غیرفعال سازی آنزیم پراکسیداز در بادمجان با استفاده از سامانه مادون‌قرمز

علیرضا اسدی امیرآبادی [1*]، مهدی کاشانی نژاد [2]، علیرضا صادقی ماهونک [3]

١- دانشجوی دکتری مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٢- استاد علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
٣- دانشیار علوم و صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(تاریخ دریافت: ٩٤/٠٢/٢٦ تاریخ پذیرش: ٩٤/٠٦/١٤)

چکیده

در این تحقیق سامانه آزمایشگاهی مادون‌قرمز جهت بررسی رفتار غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز در بادمجان طراحی و ساخته شد. غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز (کاهش ٩٠٪ فعالیت آنزیم) در برش‌های بادمجان در طی پرتودهی توسط سامانه مادون‌قرمز در توان‌های ١٥٠، ٢٥٠ و ٣٧٥ وات و ضخامت‌های ٥ و ١٠ میلی‌متر در محدوده زمانی صفر الی ٦٠٠ ثانیه بررسی شد. درطی این فرآیند تغییرات دمای نقطه سرد، رطوبت و فعالیت آنزیم پراکسیداز برش‌های بادمجان اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که در هنگام استفاده از لامپ با توان ١٥٠ وات در ضخامت‌های ٥ و ١٠ میلی‌متر، آنزیم پراکسیداز پس از گذشت ٦٠٠ ثانیه غیرفعال نشده است. به هنگام استفاده از لامپ‌های با توان ٢٥٠ و ٣٧٥ برای ضخامت ٥ میلی‌متر به ترتیب پس از گذشت ٥٠٠ و ١٥٠ ثانیه با کاهش ٥٠/٠٦ و ٣١/٦٢ درصد رطوبت اولیه و رسیدن دمای نقطه سرد به ٧٣/٧٦ و ٧٢/٤٤ درجه سانتی گراد، آنزیم پراکسیداز غیرفعال شد، درحالی‌که هنگام استفاده از لامپ‌های با توان ٢٥٠ و ٣٧٥ وات برای نمونه‌های باضخامت ١٠ میلی‌متر به ترتیب پس از ٦٠٠ و ٢٠٠ ثانیه با کاهش ٥٠/٢٦ و ٣٣/٠٤ درصد رطوبت اولیه و رسیدن دمای نقطه سرد به ٧٥/٢٧ و ٧٣/٨٦ درجه سانتی‌گراد آنزیم پراکسیداز غیرفعال شد. نتایج نشان می‌دهد با افزایش توان و کاهش ضخامت سرعت غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز افزایش یافته و همچنین به دلیل کوتاه شدن زمان فرآیند در هنگام استفاده از لامپ با توان بالاتر میزان رطوبت کمتری از نمونه خارج می‌شود.

کلید واژگان: اشعه مادون‌قرمز، غیرفعال سازی آنزیم، بادمجان، پرتودهی

*مسئول مکاتبات: a.asadiamirabadi@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۱- مقدمه

بادمجان (*Solanum melongena. L*) به‌طور گسترده‌ای در سراسر نقاط گرمسیری و معتدل جهان رشد می‌کند و به‌عنوان یکی از سبزی‌های مهم بازار کشورهای آسیایی و مدیترانه‌ای مطرح است [۱و ۲]. فرآوری پس از برداشت بادمجان برش داده‌شده یکی از مشکلات عمده برای نگهداری این محصول است(۳). محدودیت اصلی برای نگهداری برش‌های بادمجان، اکسیداسیون توسط آنزیم پلی‌فنل‌اکسیداز است که با تولید رنگ‌دانه‌های عامل قهوه‌ای شدن موجب فاسد میوه‌ها و سبزی‌ها می‌شود. پلی‌فنل‌اکسیداز در اندامک‌های درون‌سلولی ازجمله کلروپلاست، میتوکندری و پراکسی زوم‌ها به‌صورت پایدار و محکم به غشاء متصل هستند و حتی ممکن است در بخش سیتوپلاسم نیز واقع‌شده باشند [۲]. همچنین آنزیم پراکسیداز می‌تواند در حضور پراکسیدهیدروژن موجب قهوه‌ای شدن قطعات برش داده بادمجان شود. غلظت پراکسیدهیدروژن در سبزی‌ها کم است به‌طوری‌که سهم پراکسیداز در قهوه‌ای شدن بعد از برش کمتر از پلی‌فنل‌اکسیداز در نظر گرفته می‌شود [۳و٤]. برش میوه بادمجان در طی فرآوری موجب انتشار محتوای سلولی در محل برش و باعث تسهیل تماس بین سوبسترا و آنزیم‌ها (عمدتاً پکتینازها و اکسیدازها) می‌شود [۵-۷]. آنزیم‌بری یک پیش فرآیند ضروری و کوتاه است که به‌طور گسترده در مواد غذایی و محصولات کشاورزی مورداستفاده قرار می‌گیرد. به‌طورکلی فرآیند آنزیم‌بری قبل از هرگونه فرآیند نگهداری از قبیل انجماد، خشک‌کردن و کنسرو کردن میوه‌ها و سبزی‌ها استفاده می‌شود. هدف اصلی از انجام عملیات آنزیم‌بری، غیرفعال کردن آنزیم‌هایی مانند پلی‌فنل‌اکسیداز (مسئول قهوه‌ای شدن)، پراکسیداز، کاتالاز و فنلاز است که فعالیت این آنزیم‌ها منجر به ایجاد تغییرات نامطلوب در رنگ، طعم و بافت محصول در طی فرآیند و ذخیره‌سازی می‌شوند. برای تعیین کفایت فرآیند آنزیم‌بری بسیاری از آنزیم‌ها از قبیل پراکسیداز، کاتالاز و فنلاز به دلیل مقاومت حرارتی بالا، به‌عنوان شاخص فرآیند در نظر گرفته‌شده‌اند که در بین این آنزیم‌ها، آنزیم پراکسیداز مقاومت حرارتی بالاتری دارد [۸-۱۳]. آنزیم پراکسیداز تقریباً در اکثر میوه‌ها و سبزی‌ها تازه یافت می‌شود [١٤]. به همین دلیل به‌عنوان شاخص کفایت آنزیم‌بری در سیستم‌های گیاهی استفاده می‌شود، هرچند که تأثیر نقش آن در کاهش کیفیت در طول ذخیره‌سازی مواد غذایی هنوز مشخص نشده است. به‌طورکلی پذیرفته‌شده است که اگر این آنزیم در بافت‌های گیاهی غیرفعال شود، کاملاً بعید است دیگر آنزیم‌های مسئول کاهش کیفیت محصول فعال باقی‌مانده باشند [۱۵-۱۷]. مدت‌زمان موردنیاز برای غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز به عواملی مانند روش حرارت دهی (بخار، آب داغ، ماکروویو)، مقاومت حرارتی آنزیم، درجه حرارت فرآیند، و اندازه و شکل نمونه ها بستگی دارد. برای به حداقل رساندن تلفات مواد مغذی در آنزیم‌بری از دمای بالا و مدت‌زمان کوتاه استفاده می‌شود [١٦و ١٨]. آنزیم‌بری علاوه بر غیرفعال کردن آنزیم‌ها باعث کاهش حجم محصول، کاهش جمعیت میکروبی، کاهش زمان پخت‌وپز، افزایش قابلیت انعطاف محصول و تسهیل عملیات پرکردن می‌شود [۱۹].

روش‌های معمول برای آنزیم‌بری شامل فرآیند با آب داغ، بخار و اسید است که آنزیم‌بری با آب داغ به دلیل مزایایی از قبیل سادگی تجهیزات و سرمایه گزاری کم، قابلیت استفاده بیشتر صنعت، محبوبیت زیادی دارد. بااین‌وجود نقطه‌ضعف اصلی آنزیم‌بری با آب داغ از دست رفتن بیش‌ازحد مواد مغذی در حین فرآیند است. آنزیم‌بری با روش‌های معمول دارای معایبی از قبیل از دست رفتن مواد مغذی محلول در آب (به‌ویژه ویتامین‌ها)، کاهش کیفیت و مشکلات زیست محیطی است [۲۰و۲۱]. بااین‌حال فرآیند آنزیم‌بری همراه با برخی عوارض جانبی ازجمله تغییرات عطروطعم، تغییر در رنگ‌دانه‌ها، نرم شدن بافت و کاهش مواد مغذی است.

بسیاری از محققان تغییرات مقدار مواد مغذی در سبزی های مختلف را طی آنزیم‌بری موردمطالعه قرار داده‌اند، نتایج به‌دست‌آمده نشان داد میزان زیادی از مواد مغذی و خواص آنتی‌اکسیدانی (ویتامین ث و اسیدهای چرب) تخریب شده است [۲۲و ۲۳و ۱۵]. برخی از این مشکلات را می‌توان با استفاده از روش آنزیم‌بری خشک برطرف کرد. روش‌های مدرن آنزیم‌بری خشک شامل استفاده از پرتوهای الکترومغناطیس مثل ماکروویو و مادون‌قرمز است. حرارت دهی با اشعه مادون‌قرمز دارای مزایای بسیاری ازجمله حرارت دهی یکنواخت، نرخ بالای انتقال حرارت، کاهش زمان انجام فرایند و مصرف انرژی و بهبود کیفیت محصول نهایی است [٢٤]. مکانیسم انتقال حرارت اشعه مادون‌قرمز به سه حالت جابجایی، جذب در سطح (نفوذ به داخل نمونه که مقدار آن

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

کم بوده و به بافت نمونه و طول‌موج اشعه بستگی دارد) و انتقال حرارت به‌صورت هدایتی و به داخل نمونه انجام می‌شود (کریشنامورتی و همکاران، ۲۰۰۸).

بررسی منابع نشان می‌دهد سامانه مادون‌قرمز جهت آنزیم‌بری تعداد محدودی از سبزی‌ها استفاده شده است [٢٤و ٢٥و ٢٧]. اما تاکنون برای آنزیم‌بری بادمجان استفاده نشده است. لذا هدف از این مطالعه بررسی امکان استفاده از سامانه مادون‌قرمز برای آنزیم‌بری برش‌های بادمجان و بررسی تأثیر پارامترهای فرآیند (توان منبع مادون‌قرمز، ضخامت برش‌های بادمجان و زمان فرآیند) بر سرعت غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- آماده‌سازی نمونه بادمجان

بادمجان تازه (رقم قلمی با نام علمی *Solanum melongena.* var. *serpentinum*) کشت‌شده در استان گلستان، شهرستان گرگان با ۹۲ درصد رطوبت از بازار محلی خریداری و قبل از انجام آزمایش‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. قبل از برش و انجام آزمایش‌ها نمونه‌های بادمجان از یخچال خارج شده و در دمای محیط قرار داده شدند. سپس قسمت بالای میوه که عاری از دانه بود با کاتر دستی به تکه‌های مستطیل شکل هم‌اندازه با ابعاد ۱۷×۱۷ میلی‌متر به ضخامت‌های ۵ و ۱۰ میلی‌متر برش داده شد. برای هر آزمایش از نمونه‌های برش داده‌شده یک بادمجان استفاده شد. تکه‌های برش داده‌شده بلافاصله برای جلوگیری از قهوه‌ای شدن سطح در اثر تماس با هوا تحت تابش اشعه مادون‌قرمز قرار گرفتند.

۲-۲- سیستم آنزیم‌بری مادون‌قرمز

برای آنزیم‌بری نمونه‌ها با سامانه مادون‌قرمز از محفظه‌ای با ابعاد ۱۲×۱۲ سانتی‌متر که جداره‌های آن با فویل آلومینیومی (برای جلوگیری از انعکاس پرتوهای مادون‌قرمز) پوشش داده‌شده بود استفاده شد (شکل ۱). تکه‌های مکعبی شکل برش‌های بادمجان از تمام جهت‌ها به‌جز سطح زیرین نمونه در معرض تابش اشعه مادون‌قرمز قرار داده شد (شکل ۲). با توجه به اینکه قسمت پایین نمونه با سطح در تماس است و مکانیسم انتقال حرارت به آن نقطه از طریق هدایت صورت می‌گیرد دما در آن نقطه نسبت به سطح نمونه کندتر افزایش می‌یابد.

حس‌گر اندازه‌گیری دمای نمونه در این قسمت قرار داده شد و تغییرات دما توسط دیتا لاگر مدل TC-80 در فاصله‌های زمانی ۱۰ ثانیه اندازه‌گیری و ثبت شد. در این مطالعه ۳ پارامتر مؤثر بر انجام فرآیند آنزیم‌بری و کیفیت نهایی محصول شامل توان لامپ مادون‌قرمز (توان‌های ۱۵۰، ۲۵۰، ۳۷۵ وات)، ضخامت برش‌ها (۵ و ۱۰ میلی‌متر با ابعاد سطح ۱۷×۱۷ میلی‌متر مربع) و مدت‌زمان پرتودهی (در فواصل ۱۰۰الی ٦۰۰ ثانیه) در فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح منبع تولیدکننده اشعه مادون‌قرمز مورد بررسی قرار گرفت.

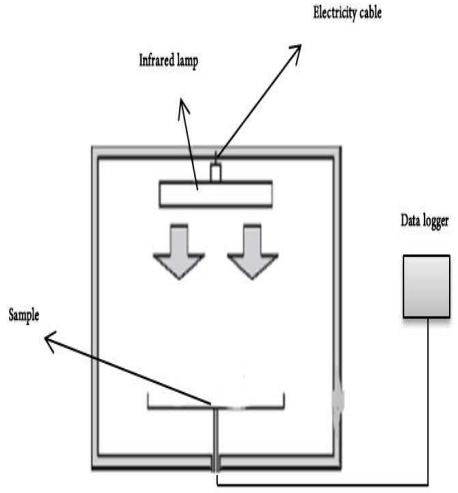

Fig 1 Schematic of infrared blanching system

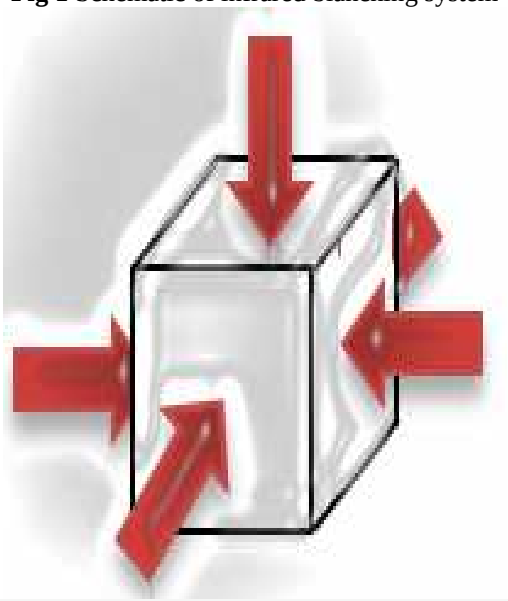

Fig2 schematic of infrared radiation on the sample surface.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

۲-۳- تغییرات رطوبت

رطوبت برش‌های بادمجان بر اساس از دست دادن وزن نمونه و مقدار رطوبت اولیه اندازه‌گیری شد. رطوبت نمونه خام قبل از آنزیم‌بری با استفاده از آون در دمای ۱۰۵ درجه به مدت ۱۸ ساعت اندازه‌گیری شد [۲۸]. رطوبت بر مبنای درصد رطوبت مرطوب گزارش شد.

۲-٤- اندازه‌گیری فعالیت پراکسیداز

۲-٤-۱- تهیه عصاره آنزیمی

ابتدا بادمجان به تکه‌هایی با ضخامت‌های موردنظر برش داده شد. سپس نمونه‌های فرآیند شده برای استخراج عصاره آنزیمی ٤۰ درصد وزن نمونه خام آب مقطر برای همگن‌سازی نمونه اضافه شد (آب ازدست رفته طی فرآیند آنزیم نیز به نمونه قبل از استخراج آنزیم اضافه گردید). سپس نمونه‌ها با هاون دستی خرد و در سانتریفیوژ با دور ۱۰۰۰۰ به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شد و مایع رویی به‌عنوان عصاره آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت [۲۹و ۳۰].

۲-٤-۲- مخلوط واکنش (سوبسترا)

مخلوط سوبسترا شامل ۱۰ میلی‌لیتر گایاکول ۱٪، ۱۰ میلی‌لیتر پراکسیدهیدروژن ۳٪ و ۱۰۰ میلی‌لیتر بافر فسفات سدیم بود که pH مخلوط روی ٦/٥ تنظیم شد.

۲-٤-۳- اندازه‌گیری تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز

برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز ۲/۸۷ میلی‌لیتر مخلوط سوبسترا، ۰/۱ میلی‌لیتر عصاره خام، ۰/۳ میلی‌لیتر آب مقطر که در مجموع ۳ میلی‌لیتر بود به کاوت منتقل و جذب نمونه به‌صورت سینتیکی در طول‌موج ٤۷۰ نانومتر توسط اسپکتروفتومتر مدل T-80 ساخت کمپانی پی جی انگلستان قرائت شد (۳۰). فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس وزن مرطوب بیان شد. برای تعیین درصد تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز از برش بادمجان تازه به‌عنوان نمونه شاهد استفاده و نتایج بر اساس درصد با استفاده از رابطه زیر محاسبه و گزارش شد.

$$\text{درصد تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز} = \frac{At}{A0} \times 100$$

A0: میزان فعالیت اولیه آنزیم پراکسیداز

At: میزان فعالیت آنزیم پراکسیداز بعد از فرآیند با سامانه مادون‌قرمز

۲-٤-۳- آنالیز آماری

به منظور تجزیه تحلیل داده ها، از طرح آماری کاملاً تصادفی با ۲ تکرار برای هر سطح تیمار استفاده شد. به منظور تجزیه تحلیل داده های بدست آمده طرح فاکتوریل مورد استفاده قرار گرفت . برای مقایسه میانگین داده ها از آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن با سطح احتمال خطای ٪ ٥ استفاده گردید.

۳- بحث و نتایج

۳-۱- تغییرات دمای نمونه در طی فرآیند آنزیم‌بری

یکی از ویژگی‌های برجسته تابش مادون‌قرمز توانایی خود در نفوذ به نمونه و گرم کردن لایه‌های درونی است. یا این وجود عمق نفوذ بستگی به خواص فیزیکی نمونه و طول‌موج اشعه تابیده‌شده بستگی دارد [۳۲]. تغییرات دمای نقطه سرد برش‌های بادمجان در دو ضخامت ٥ و ۱۰ میلی‌متر تحت تابش اشعه مادون‌قرمز در بازه زمانی مشخص به ترتیب در شکل‌های ۳ و ٤ ارائه شده است. دمای نقطه سرد برش‌های با ضخامت ٥ میلی‌متر به دلیل بیشتر بودن نسبت سطح به حجم و ضخامت کمتر نمونه نسبت به برش‌های با ضخامت ۱۰ میلی‌متر سریع‌تر افزایش پیدا کرده است، به‌طوری‌که در ضخامت ٥ میلی‌متر وقتی از لامپ با توان ۲٥۰ وات استفاده شد پس از گذشت ۳۰۰ ثانیه تابش اشعه دمای نمونه به ٦۳ درجه سانتی‌گراد رسید درحالی‌که در شرایط مشابه دمای نمونه با ضخامت ۱۰ میلی‌متر به ٥٥ درجه سانتی‌گراد رسیده است. هنگام استفاده از لامپ‌های با توان ۱٥۰ و ۳۷٥ وات برای تابش‌دهی برش‌های با ضخامت ٥ میلی‌متر نتایج نشان داد دمای نقطه سرد نمونه فرآیند شده با لامپ های مذکور بعد از گذشت ۳۰۰ ثانیه به ترتیب به ٥۳ و ۸۳ درجه سانتی‌گراد رسید. آنالیز آماری نشان داد تغییرات دمایی در نمونه ها ی با ضخامت ٥ و ۱۰ میلی متر هنگام استفاده از توان های ۱٥۰، ۲٥۰ و ۳۷٥ وات در سطح احتمال خطای ٥٪ به صورت معنی داری با یکدیگر تفاوت دارند (شکل٥). افزایش دمای نمونه های با ضخامت ٥ میلی متر نیز نسبت به نمونه های با ضخامت ۱۰ میلی متر اختلاف معنی داری در سطح احتمال خطای ٥٪ داشتند (شکل٦). زو و پان، (۲۰۰۹) آنزیم بری برش های سیب با

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

ضخامت های ۵، ۹ و ۱۳ میلی متر را با استفاده از لامپ های مادون قرمز با توان های ۳۰۰۰، ٤۰۰۰، و ۵۰۰ وات بر متر مربع بررسی کردند. نتایج نشان داد شدت تابش (توان لامپ مصرفی) و ضخامت نمونه ها اثر معنی داری بر روی سرعت افزایش دمای نمونه های تحت فرآیند داشت [۲۹].

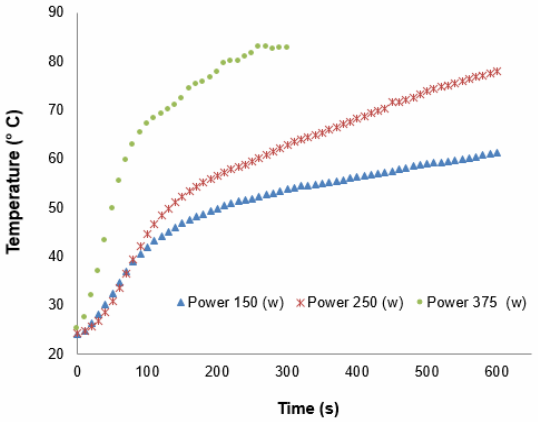

Fig 3 variations in temperature of Eggplant sample (thickness of 5 mm) in various power (375, 250 & 150 watt).

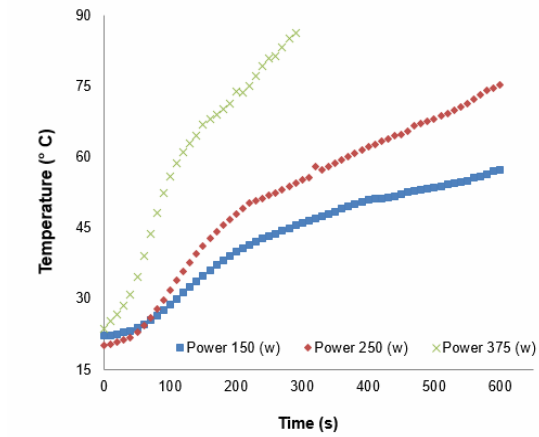

Fig 4 variations in temperature of Eggplant sample (thickness of 10 mm) in various power (375, 250 & 150 watt).

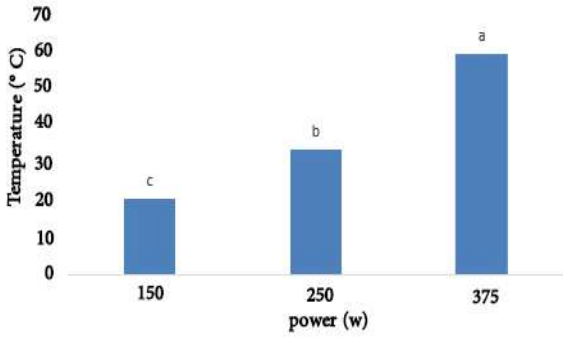

Fig 5 The effect of increasing in infrared element power on temperature changes of eggplant slices center (thickness of 5 mm, 300 seconds)

۲-٤- تغییرات رطوبت در طی آنزیم‌بری

یکی از ویژگی‌های برجسته تابش مادون‌قرمز توانایی خود در نفوذ به نمونه و گرم کردن لایه‌های درونی است. یا این وجود عمق نفوذ بستگی به خواص فیزیکی نمونه و طول‌موج اشعه تابیده‌شده بستگی دارد [۳۲].

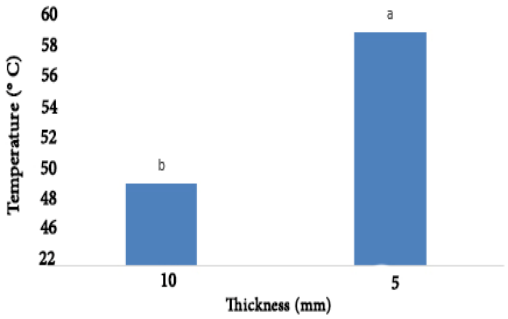

Fig 6 The effect of increasing in thickness on temperature changes of eggplant slices (375 watt, 300 seconds)

تغییرات رطوبت برش‌های بادمجان در طی فرآیند آنزیم‌بری در زمان‌های مختلف نشان داده شده است (شکل۷).

برش‌های با ضخامت کمتر در طی آنزیم‌بری در یک شرایط ثابت، درصد رطوبت بیشتری نسبت به نمونه‌های با ضخامت بیشتر از دست داده‌اند، به‌طوری‌که هنگام تابش‌دهی نمونه‌های با ضخامت ۵ و ۱۰ میلی‌متر با استفاده از لامپ با توان ۲۵۰ وات برای انجام فرآیند مشاهده شد بعد از ۳۰۰ ثانیه تابش‌دهی رطوبت نمونه به ترتیب ۲۷ و ۳٤ درصد کاهش‌یافته است. همچنین هنگام استفاده از توان‌های بالاتر در ضخامت‌های یکسان نیز مقدار بیشتری رطوبت از نمونه خارج شده است. استفاده از لامپ با توان ۱۵۰ وات رطوبت نمونه با ضخامت ۵ میلی‌متر بعد از ۳۰۰ ثانیه تابش‌دهی ۲٦ درصد درحالی‌که نمونه تابش‌دهی شده (ضخامت ۵ میلی‌متر) با لامپ ۳۷۵ وات ۳۲ درصد کاهش یافته است. آنالیز آماری نتایج با آزمون مقایسه میانگین چند دامنه ای دانکن با سطح احتمال خطای ٪ ۵ انجام شد. نتایج نشان داد اثر توان های ۱۵۰، ۲۵۰ و ۳۷۵ بر روی خروج رطوبت اختلاف معنا داری دارد (شکل۸). همچنین در شرایط یکسان خروج رطوبت از نمونه های با ضخامت ۵ میلی متر اختلاف معنا داری را نسبت به نمونه های با ضخامت ۱۰ میلیمتر نشان داد (شکل ۹). داتا و نی (۲۰۰۲) گزارش کردند افزایش توان منبع تولیدکننده مادون‌قرمز باعث افزایش سریع درجه حرارت در سطح محصول منجر به افزایش فشار بخار در

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

داخل محصول شده و درنتیجه سرعت خروج آب از محصول را افزایش می‌دهد [۳۳].

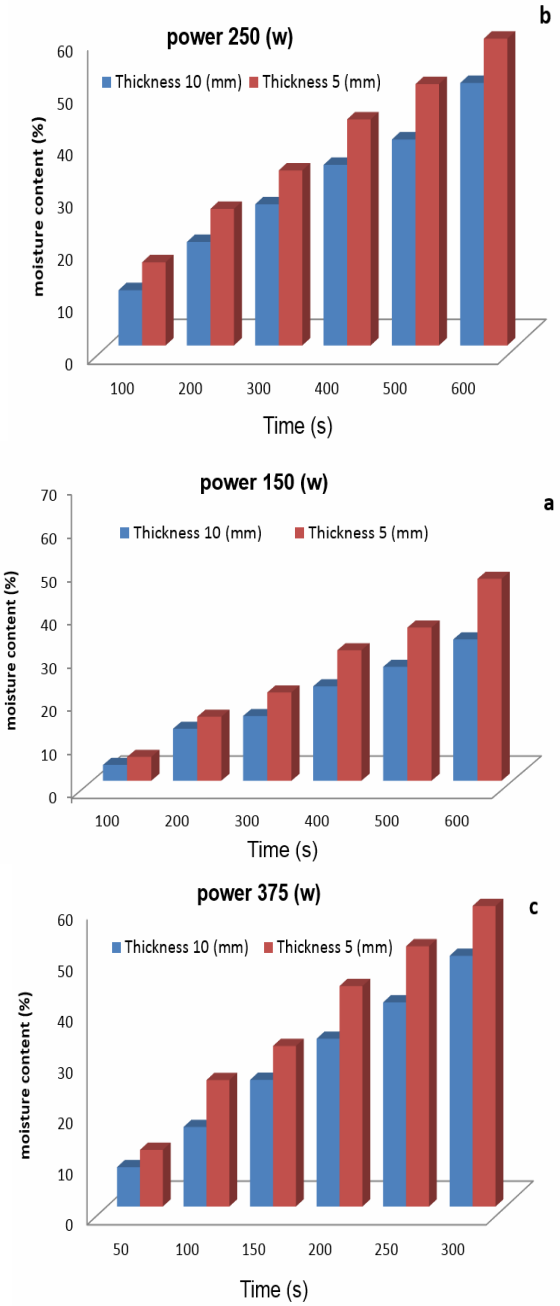

Fig 7 variations in moisture content of Eggplant sample at various power (150, 250 & 375 watts) (diagrams of a, b & c; respectively)

زو و همکاران، (۲۰۱۰) و زو و پان، (۲۰۰۹) گزارش کردند در برش های نازک سرعت کاهش رطوبت نسبت به نمونه‌های ضخیم تر بیشتر است، و دلیل آن را افزایش سریعتر دمای نمونه‌های نازک نسبت به نمونه‌های ضخیم‌تر و خروج سریعتر رطوبت داخلی از برش نازک نسبت به برش‌های ضخیم بیان کردند [۳٤].

۲-٤-۳- تغییرات فعالیت آنزیم پراکسیداز

ازآنجایی‌که آنزیم پراکسیداز از مقاومت حرارتی بالای برخوردار است، برای از بین رفتن آن زمان زیادی نیاز است. برای تمام اهداف عملی از بین رفتن ۹۰٪ از آنزیم مبنای پایان عمل آنزیم‌بری در نظر گرفته می‌شود (رامش و همکاران ۲۰۰۲). غیرفعال شدن حرارتی پراکسیداز در دمای بالای ۹۰ درجه سانتی‌گراد یک مرحله و در دمای بین ۷۰ الی ۹۰ درجه سانتی‌گراد دومرحله‌ای در نظر گرفته می‌شود. در طول آنزیم‌بری با اشعه مادون‌قرمز رطوبت با توجه به گرم شدن سریع نمونه خارج می‌شود. اگر مرحله بعد از آنزیم‌بری خشک‌کردن باشد کاهش رطوبت می‌تواند یک عامل مساعد باشد که می‌تواند زمان موردنیاز برای خشک‌کردن را کاهش یابد [۳۵].

آنزیم‌بری با اشعه مادون‌قرمز در توان‌های مختلف پرتودهی و ضخامت‌های مختلف نمونه‌های بادمجان بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد هرچه توان مصرفی منبع تولیدکننده اشعه مادون‌قرمز بالاتر باشد دمای نمونه سریع‌تر افزایش پیداکرده و درصد بیشتری از آنزیم غیرفعال می‌شود (شکل ۱۰). نمونه‌های با ضخامت ۱۰ میلی‌متر با لامپ‌هایی با توان‌های ۱۵۰ و ۲۵۰ وات به مدت ٦۰۰ ثانیه تحت تابش اشعه قرار گرفت و مشاهده شد آنزیم پراکسیداز با استفاده از لامپ با توان ۲۵۰ بعد از ٦۰۰ ثانیه کاملاً غیرفعال شده است درحالی‌که وقتی از لامپ با توان ۱۵۰ وات استفاده شد میزان غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز ۱۵ درصد اندازه‌گیری شد. هنگامی‌که از لامپ ۲۵۰ وات برای آنزیم‌بری از برش‌های با ضخامت ۵ و ۱۰ میلی‌متر استفاده شد، نتایج نشان داد نمونه‌های با ضخامت ۵ میلی‌متر آنزیم‌های پراکسیداز پس از گذشت ۵۰۰ ثانیه کاملاً غیرفعال شده درحالی‌که نمونه‌های با ضخامت ۱۰ میلی‌متر پس از گذشت ۵۰۰ ثانیه آنزیم پراکسیداز به میزان ۸۲ درصد غیرفعال شده است. میزان فعالیت باقی‌مانده پراکسیداز در شرایط مختلف فرآیند در شکل ۱۰ نشان داده‌شده است. آنالیز آماری نتایج تغییر ضخامت نمونه ها و توان های مصرفی لامپ ها در سطح احتمال خطای ۵٪ تفاوت معنی داری را در درصد غیر

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

فعال شدن آنزیم پراکسیداز نشان داد (شکل۱۱). در هنگام استفاده از لامپ‌های با توان یکسان دمای برش‌های با ضخامت کمتر نمونه سریع‌تر از برش‌های با ضخامت بیشتر آنزیم‌بری شده است (شکل ۱۲). ویش وانتان و همکاران (۲۰۱۳) آنزیم بری تکه های هویج را در ضخامت های ۵ و ۱۰ میلی متر مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد سرعت آنزیم بری در تکه های با ضخامت ۵ میلی متر به صورت معناداری بیشتر از تکه های با ضخامت ۱۰ میلی متر بود (۲٤). زو و پان (۲۰۰۹) گزارش دادند غیر فعال شدن آنزیم پراکسیداز در سیب طی آنزیم بری با اشعه مادون قرمز به شدت تابش و ضخامت نمونه ها بستگی دارد. برای غیر فعال شدن آنزیم پراکسیداز در سیب با ضخامت ۱۳ میلی متر به ۱۵ الی ۲۰ دقیقه زمان بیشتری نسبت به نمونه های با ضخامت ۵ میلی متر نیاز است [۳۱].

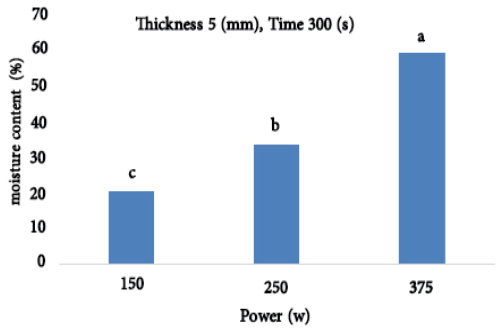

Fig 8 The effect of increasing in infrared element power on moisture content changes (%) of eggplant slices

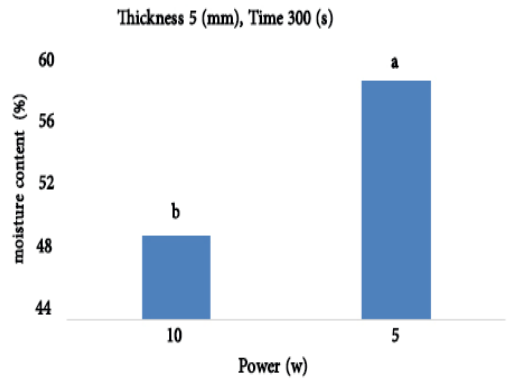

Fig 9 The effect of increasing in thickness on moisture content changes (%) of eggplant slices

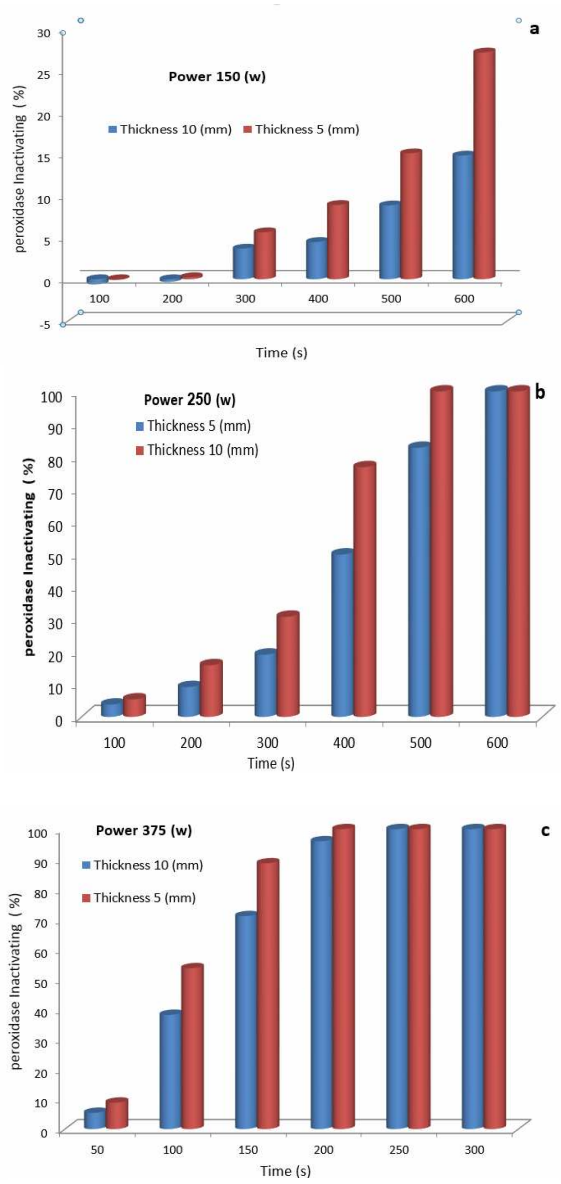

Fig 10 variations in Enzyme Activity of Peroxidase of Eggplant sample in blanching process at various power (150, 250 & 375 watts) (diagrams of a, b & c; respectively)

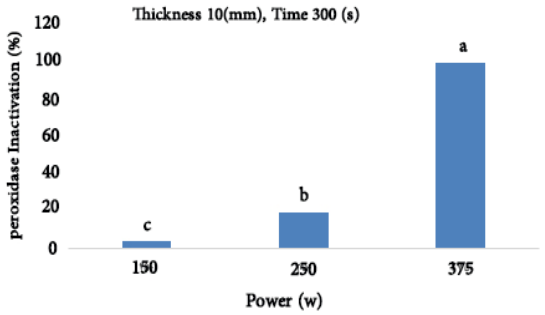

Fig 11 The effect of increasing in infrared element power on peroxidase inactivation (%)

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

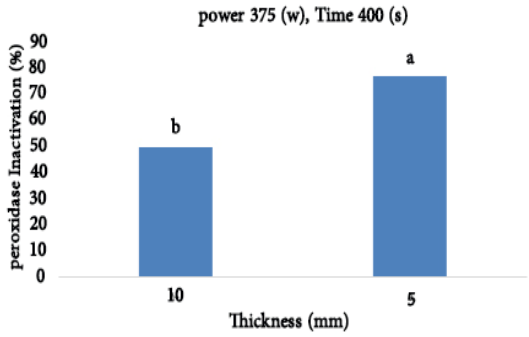

Fig 12 The effect of increasing in thickness element power on peroxidase inactivation (%)

۳- نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد پارامترهای توان لامپ مادون‌قرمز و ضخامت برش‌ها اثر قابل‌توجهی بر سرعت غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز برش‌های بادمجان دارد، به‌طوری‌که هرچه توان لامپ مادون‌قرمز مورداستفاده بالاتر باشد سرعت افزایش دمای نمونه افزایش‌یافته و درنتیجه سرعت غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز نیز سریع‌تر انجام‌شده و به دلیل کوتاه‌تر شدن زمان فرآیند میزان رطوبت کمتری نیز از نمونه خارج می‌شود. همچنین هرچه ضخامت نمونه بیشتر باشد به دلیل اینکه عمق نفوذ اشعه مادون‌قرمز کم است و انتقال حرارت به داخل نمونه کند و به‌صورت هدایتی انجام می‌شود دمای نقطه سرد نمونه سریع بالا نرفته و درنتیجه سرعت غیرفعال شدن آنزیم پراکسیداز کاهش‌یافته و به دلیل افزایش زمان فرآیند در این شرایط برای مقدار خروج رطوبت از نمونه افزایش می‌یابد.

٤- منابع

[1] Wu, L., Orikasa, T., Ogawa, Y., & Tagawa, A. (2007). Vacuum drying characteristics of eggplants. Journal of Food Engineering, 83(3), 422-429.

[2] Doymaz, I. (2011). Drying of eggplant slices in thin layers at different air temperatures. Journal of Food Processing and Preservation, 35(2), 280-289.

[3] Mishra, B. B., Gautam, S., & Sharma, A. (2012). Purification and characterisation of polyphenol oxidase (PPO) from eggplant *(Solanum melongena)*. Food chemistry, 134(4), 1855-1861.

[4] Mayer, A. M. (2006). Polyphenol oxidases in plants and fungi: Going places? A review. Phytochemistry, 67(21), 2318-2331.

[5] Mishra, B. B., Gautam, S., & Sharma, A. (2013). Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant *(Solanum melongena)*. Food chemistry, 139(1), 105-114.

[6] Castañer, M., Gil, M. I., Ruíz, M. V., & Artés, F. (1999). Browning susceptibility of minimally processed Baby and Romaine lettuces. European food research and technology, 209(1), 52-56.

[7] Dincer, B., Colak, A., Aydin, N., Kadioglu, A., & Güner, S. (2002). Characterization of polyphenoloxidase from medlar fruits *(Mespilus germanica L., Rosaceae)*. Food Chemistry, 77(1), 1-7.

[8] Ruiz-Ojeda, L. M., & Peñas, F. J. (2013). Comparison study of conventional hot-water and microwave blanching on quality of green beans. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 20, 191-197.

[9] Severini, C., Baiano, A., De Pilli, T., Carbone, B. F., & Derossi, A. (2005). Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes. Journal of Food Engineering, 68(3), 289-296.

[10] Vishwanathan, K. H., Giwari, G. K., & Hebbar, H. U. (2013). Infrared assisted dry-blanching and hybrid drying of carrot. Food and Bioproducts Processing, 91(2), 89-94.

[11] Galindo, F. G., Toledo, R. T., & Sjöholm, I. (2005). Tissue damage in heated carrot slices. Comparing mild hot water blanching and infrared heating. Journal of food engineering, 67(4), 381-385.

[12] Xiao, H. W., Bai, J. W., Sun, D. W., & Gao, Z. J. (2014). The application of superheated steam impingement blanching (SSIB) in agricultural products processing–A review. Journal of Food Engineering, 132, 39-47.

[13] Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. (2010). Carrot *(Daucus carota L.)* peroxidase inactivation, phenolic content and physical changes kinetics due to blanching. Journal of Food Engineering, 97(4), 574-581.

[14] Tijskens, L. M. M., Rodis, P. S., Hertog, M. L. A. T. M., Waldron, K. W., Ingham, L., Proxenia, N., & Van Dijk, C. (1997). Activity of peroxidase during blanching of peaches, carrots and potatoes. Journal of food engineering, 34(4), 355-370.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

[15] Gonçalves, E. M., Pinheiro, J., Abreu, M., Brandão, T. R. S., & Silva, C. L. (2007). Modelling the kinetics of peroxidase inactivation, colour and texture changes of pumpkin *(Cucurbita maxima L.)* during blanching. Journal of Food Engineering, 81(4), 693-701.

[16] Agüero, M. V., Pereda, J., Roura, S. I., Moreira, M. R., & Del Valle, C. E. (2005). Sensory and biochemical changes in Swiss chard *(Beta vulgaris)* during blanching. LWT-Food Science and Technology, 38(7), 772-778.

[17] Gökmen, V., Savaş Bahçeci, K., Serpen, A., & Acar, J. (2005). Study of lipoxygenase and peroxidase as blanching indicator enzymes in peas: change of enzyme activity, ascorbic acid and chlorophylls during frozen storage. LWT-Food Science and Technology, 38(8), 903-908.

[18] Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J., & Oliveira, J. (2007). Influence of pre-blanching on the water absorption kinetics of soybeans. Journal of Food Engineering, 78(3), 965-971.

[19] SENSOY, I., & SASTRY, S. K. (2004). Ohmic blanching of mushrooms. Journal of food process engineering, 27(1), 1-15.

[20] Wu, B., Pan, Z., Qu, W., Wang, B., Wang, J., & Ma, H. (2014). Effect of simultaneous infrared dry-blanching and dehydration on quality characteristics of carrot slices. LWT-Food Science and Technology, 57(1), 90-98.

[21] Xiao, H. W., Bai, J. W., Sun, D. W., & Gao, Z. J. (2014). The application of superheated steam impingement blanching (SSIB) in agricultural products processing–A review. Journal of Food Engineering, 132, 39-47.

[22] Hansen, L. D., Afzal, M., Breidenbach, R. W., & Criddle, R. S. (1994). High-and low-temperature limits to growth of tomato cells. Planta, 195(1), 1-9.

[23] Castro, S. M., Saraiva, J. A., Lopes-da-Silva, J. A., Delgadillo, I., Loey, A. V., Smout, C., & Hendrickx, M. (2008). Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits *(Capsicum annuum L.)*. Food Chemistry, 107(4), 1436-1449.

[24] Vishwanathan, K. H., Giwari, G. K., & Hebbar, H. U. (2013). Infrared assisted dry-blanching and hybrid drying of carrot. Food and Bioproducts Processing, 91(2), 89-94.

[25] Sandu, C. (1986). Infrared radiative drying in food engineering: a process analysis. Biotechnology progress, 2(3), 109-119.

[26] Krishnamurthy, K., Khurana, H. K., Soojin, J., Irudayaraj, J., & Demirci, A. (2008). Infrared heating in food processing: an overview. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 7(1), 2-13.

[27] Ratti, C., Majumdar, A.S., 1995. In: Majumdar, A.S. (Ed.), Handbook of Industrial Drying. Marcel Dekker, New York, pp. 567–588.

[28] AACC International. (2000d). Approved methods of the American Association of Cereal Chemists (10th ed.). Method 76-31. St. Paul, MN: The Association.

[29] Ponce, A. G., Del Valle, C. E., & Roura, S. I. (2004). Natural essential oils as reducing agents of peroxidase activity in leafy vegetables. LWT-Food Science and Technology, 37(2), 199-204.

[30] Hemeda, H. M., & Klein, B. P. (1990). Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. Journal of Food Science, 55(1), 184-185.

[31] Zhu, Y., & Pan, Z. (2009). Processing and quality characteristics of apple slices under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with continuous heating. Journal of food engineering, 90(4), 441-452..

[32] Ginzburg AS. 1969. Application of infrared radiation in food processing, chemical and process engineering series. London , U.K. : Leonard Hill.

[33] Datta, A. K., & Ni, H. (2002). Infrared and hot-air-assisted microwave heating of foods for control of surface moisture. Journal of Food Engineering, 51(4), 355-364.

[34] Zhu, Y., Pan, Z., McHugh, T. H., & Barrett, D. M. (2010). Processing and quality characteristics of apple slices processed under simultaneous infrared dry-blanching and dehydration with intermittent heating. Journal of food engineering, 97(1), 8-16.

[35] Rudra, S. G., Shivhare, U. S., Basu, S., & Sarkar, B. C. (2008). Thermal inactivation kinetics of peroxidase in coriander leaves. Food and Bioprocess Technology, 1(2), 187-195.

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]

Inactivation of the peroxidase enzyme in eggplant using infrared system

Asadi Amirabadi, A. R. [1*], Kashaninejad, M. [2], Sadeghi Mahoonak, A. R.[2]

1. MSc Graduated, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.
2. Associate Professor, Faculty of Food Science & Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

(Received: 2015/05/15 Accepted: 2015/09/05)

In this study an experimental infrared system was designed and built to investigate the deactivation behavior of peroxidase in eggplant. Deactivation of peroxidase (90% reduction in enzyme activity) in eggplant slices was investigated during infrared irradiation at powers of 150, 250 and 375 watts and thickness of 5 and 10 mm in the range of 0 to 600 seconds. During the process, changes in cold spot temperature, moisture and peroxidase activity in slices of eggplant were measured. The results showed that using 150 W lamp at a thickness of 5 and 10 mm in, peroxidase was not inactivated after 600 seconds. The peroxidase enzyme was inactivated by using lamps with powers of 250 and 375 at a thickness of 5 mm after 500 and 150 seconds, respectively in which was associated with reduction of 50.06% and 31.62% of the initial moisture content at cold spot temperature of 73.76°.C and 44.72 ° C , respectively, using lamps with powers of 250 and 375 at a thickness of 10 mm after 600 and 200 seconds was associated with a reduction of 50.26% and 33.04% of the initial moisture content at cold spot temperature of 72.27 ° C and 73.86 degrees ° C, respectively, In conclusion, increase in power and decrease in thickness, increased inactivation rate of enzyme peroxidase furthermore, because of the shortening of the processing time when using lamps with larger power the less moisture is removed from the sample.

Key words: infrared radiation, enzyme inactivation, eggplant, irradiation

* Corresponding Author E-Mail Address: a.asadiamirabadi@gmail.com

[Downloaded from fsct.modares.ac.ir on 2024-10-12]