بسم الله الرحمن الرحیم

۱۵۷۵۵۹

دانشگاه ارومیه

بهینه سازی فرایند کنترل قهوه ای شدن وآبگیری اسمزی در حلقه های سیب نیمه مرطوب توسط روش سطح پاسخ

ساناز رشیدنژاد

دانشکده کشاورزی

گروه علوم و صنایع غذایی

۱۳۸۹

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

استاد راهنما:

دکتر میر خلیل پیروزی فرد

استاد مشاور:

دکتر اشکان مددلو

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۱۵۷۵۵۹

۱۳۹۰/۳/۵

پایان نامه خانم ساناز رشید نژاد به تاریخ ۸۹/٤/۲٦ به شماره ۱٤۷-۲ک مورد پذیرش هیات محترم داوران با رتبه عالی ونمره ۱۹/۱ درجه تام قرار گرفت.

۱-استاد راهنما و رئیس هیئت داوران:

۲-استاد مشاور :

۳-داور خارجی :

٤-داور داخلی :

٥- نماینده تحصیلات تکمیلی :

حق طبع و نشر این رساله متعلق به دانشگاه ارومیه است.

تقدیم به :

پدر بی همتایم که در کنارم نیست اما حس بودنش به من شوق زیستن می دهد

مادر مهربانم که هیچ وقت ذره ای از خوبی هایش را سپاس نتوانم گفت

همسر و همدم زندگیم که سرودن از عشق بدون او هدر دادن واژه است و بس

و برادرم که بالبخندش بهترین ها را برایم هدیه می دهد

تقدیر و تشکر:

به نام یگانه لایق پرستش

سپاس و ستایش خداوند بی همتا را که توفیق پیمودن طریق علم و دانش و انجام این پژوهش را به بنده اعطا نمود. بدون شک در انجام این پروژه کمک ها و راهنمایی های اساتید بزرگوارم و دوستانم یاریگر من بودند.

سپاس بی کران از استاد راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر پیروزی فرد که با کمک های بی دریغشان در تمام مراحل این پایان نامه همراه و راهنمای من بودند .امیدوارم از نظرات و راهنمایی های ارزنده ایشان در آینده نیز بهره مند باشم و همواره افتخار شاگردی ایشان را داشته باشم.

همچنین از استاد گرامی جناب آقای دکتر مددلو که راهنمایی های ایشان در پیشبرد این پایان نامه نقش مهمی داشت متشکرم.

از مدیر گروه محترم جناب آقای دکتر علیزاده و اساتید گرامی گروه علوم و صنایع غذایی که در این مدت از محضرشان بهرمند گشتم کمال تشکر را دارم.

از دوستان و همکلاسیهای عزیزم،آقایان محمدیار حسینی، شهاب قصری، داریوش احمدی و خانمها فاطمه شریفی،الهام ملکی،راضیه ده بوره، قدسیه علیزاده و سرکار خانم مهندس اشرفی که در انجام این پروژه با اینجانب همکاری نمودند سپاسگزارم.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : مقدمه	۱
فصل دوم : کلیات وبررسی منابع	
۲ - ۱- مقدمه	۲
۲- ۲ - واکنش قهوه ای شدن	۳
۲-۲-۱- آنزیم پلی فنل اکسیداز	٤
۲-۲-۲- قهوه‌ای شدن در سیب	۸
۲-۲-۳- نقش آنزیم پراکسیداز	۸
۲-۲-٤- جلوگیری از قهوه ای شدن آنزیمی	۹
۲-۲-٥-قهوه ای شدن ثانویه	۱۰
۲-۲-٦- عوامل ضد قهوه ای شدن	۱۰
۲-۲-٦-۱- اسید سیتریک	۱۰
۲-۲-٦-۲- اسید اگزالیک	۱۱
۲-۲-٦-۳- کلریت سدیم	۱۱
۲-۲-٦-٤- سولفیت	۱۱
۲-۳- خشک کردن	۱۳
۲-٤- فرایند آبگیری اسمزی	۱٥
۲-٤-۱- مکانیزم آبگیری اسمزی	۱٦

۲-٤-۲- عوامل مؤثر بر فرآیند اسمزی ۱۷
۲-٤-۲-۱- خصوصیات محلول اسمزی ۱۷
۲-٤-۲-۲- دمای محلول اسمزی ۱۹
۲-٤-۲-۳- نسبت محلول اسمزی به ماده غذایی ۲۰
۲-٤-۲-٤- همزدن محلول اسمزی ۲۰
۲-٤-۲-٥- مدت زمان فرآیند اسمزی ۲۱
۲-٤-۲-٦- شکل و اندازه قطعات ماده غذایی ۲۱
۲-٤-۲-۷- مواد افزودنی در محلول اسمزی ۲۲
۲-٤-۲-۸-استفاده از پیش تیمارها در فرآیند اسمزی ۲۳
۲-٤-۲-۹- خصوصیات فیزیکوشیمیایی ماده غذایی ۲٤
۲-٤-۳- اثر فرآیند اسمزی بر روی سنتتیک خشک کردن به طریق جابجایی ۲٥
۲-٤-٤- اثر فرآیند اسمزی بر روی خصوصیات محصول نهایی ۲٦
۲-٥- رئولوژی ۲۷
فصل سوم: مواد و روشها ۳۰
۳-۱- مواد ۳۰
۳-۲- آماده‌سازی نمونه ۳۰
۳-۳- فرآیند اسمزی ۳۰
۳-٤- خشک کردن توسط هوا ۳۱
۳-٥- تعیین مقدار رطوبت ۳۱
۳-٦- شرایط نگهداری ۳۱
۳-۷- اندازه‌گیری رنگ ۳٤

۳-۸- اندازه‌گیری رئولوژیکی دینامیک ۳٤

۳-۹- آنالیز حسی ۳٤

۳-۱۰- آنالیز آماری و طرح آزمایشات ۳۵

فصل چهارم: نتایج و بحث ٤۰

٤-۱- پارامترهای رنگ ٤۰

٤-۱-۱- پارامتر L* ٤۱

٤-۱-۲- پارامتر a* ٤۵

٤-۱-۳- پارامتر b* ۵۰

٤-۱-٤- پارامتر ΔE* ۵۰

٤-۲- پارامترهای بافت ۵۳

٤-۲-۱- پارامتر ریشه دوم G′ ۵٤

٤-۲-۲- پارامتر ریشه دوم G* ۵۵

٤-۳- آنالیز حسی ۵٦

٤-۳-۱- امتیاز حسی رنگ ۵۷

٤-۳-۲-ریشه دوم امتیاز حسی بافت ٦۲

٤-٤- نتیجه گیری کلی ٦٤

٤-۵- بهینه‌سازی ٦٦

- منابع ٦۷

فهرست جداول

عنوان جدول	صفحه
جدول ۳-۱- طرح مرکب مرکزی	۳۲
جدول ۳-۲- پاسخها	۳۶
جدول ۳ – ۳- ضرایب رگرسیون R^2 , R^2 (adj) , مقدار p برای مدل نهایی	۳۹
جدول ٤- ۱	٦٥

فهرست شکل ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۲-۱-شماتیک واکنش آنزیم پلی فنل اکسیداز ۷

شکل ٤-۱- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل اسید سیتریک و اسید اگزالیک بر روی مقدار L^* ٤۲

شکل ٤-۲- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و اسید اگزالیک بر روی مقدار L^* ٤۳

شکل ٤-۳- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و متا بی سولفیت سدیم بر روی مقدار L^* ٤٤

شکل٤-٤- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل اسید اگزالیک و کلریت سدیم بر روی مقدار a^* ٤٦

شکل ٤-٥- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و متا بی سولفیت سدیم بر روی مقدار a^* ٤۷

شکل ٤-٦- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و غلظت محلول اسمزی بر روی مقدار a^* ٤۸

شکل ٤-۷- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه وری بر روی مقدار a^* ٤۹

شکل ٤-۸- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل اسید سیتریک و اسید اگزالیک بر روی مقدار ΔE^* ٥۱

شکل ٤-٩- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل اسید اگزالیک و کلریت سدیم بر روی مقدار ΔE^* ٥٢

شکل ٤-١٠- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و متا بی سولفیت سدیم بر روی مقدار ΔE^* ٥٣

شکل ٤-١١- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه وری بر روی مقدار ریشه دوم G' ٥٥

شکل ٤-١٢- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه وری بر روی مقدار ریشه دوم G^* ٥٦

شکل٤-١٣ - نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل اسید سیتریک و اسید اگزالیک بر روی امتیاز حسی رنگ ٥٨

شکل٤-١٤- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و اسید اگزالیک بر روی امتیاز حسی رنگ ٥٩

شکل٤-١٥- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل کلریت سدیم و متا بی سولفیت سدیم بر روی امتیاز حسی رنگ ٦٠

شکل٤-١٦- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و کلریت سدیم بر روی امتیاز حسی رنگ ٦١

شکل٤-١٧- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه وری بر روی امتیاز حسی رنگ ٦٢

شکل٤-١٨- نمودار سطحی نشان دهنده اثر واکنش متقابل غلظت محلول اسمزی و زمان غوطه وری بر روی ریشه دوم امتیاز حسی بافت ٦٣

چکیده

روش سطح پاسخ برای مطالعه تاثیر عوامل ضد قهوه ای شدن(اسید سیتریک،اسید اگزالیک،کلریت سدیم،متا بی سولفیت سدیم) و آبگیری اسمزی (غلظت و زمان غوطه وری) بر روی رنگ و خصوصیات رئولوژیکی حلقه های سیب نیمه مرطوب بکار گرفته شد. پارامترهای انتخابی برای ارزیابی رنگ $L^*, a^*, b^*, \Delta E^*$ و امتیاز حسی رنگ وپارامترهای انتخابی برای ارزیابی بافت ریشه دوم G' و G^* وامتیاز حسی بافت بود. نتایج بهینه‌سازی عددی نشان می‌دهد که شرایط اپتیمم زمانیکه غلظت اسید سیتریک $\left(\frac{W}{V}\right)$٪۰/۲۷۷، اسید اگزالیک $\left(\frac{W}{V}\right)$ ٪۰/۵۰ ، کلریت سدیم $\left(\frac{W}{V}\right)$ ٪۰/۰ ، متابی‌سولفیت سدیم $\left(\frac{W}{V}\right)$ ٪۰/۵۰ و همچنین غلظت محلول اسمزی ۳۰٪ و زمان غوطه‌وری ۱۵ دقیقه باشد حاصل می شود مقدار پاسخ‌های متناظر برای $L^*, a^*, \Delta E^*$، و ریشه دوم G'وG^* وامتیاز حسی رنگ و ریشه دوم امتیاز حسی بافت در شرایط اپتیمم به ترتیب۸٤/٦۲، ۱/۳۸-، ۳۵/۹۰، ۸/۷۵، ۸/۸۷، ۱۰/۹٦، ۲/۵۱ خواهد بود.

فصل اول: مقدمه

با توجه به اینکه میوه ها قابلیت فساد پذیری بالایی دارند، نمی توان آنها را مدت زمان زیادی نگهداری کرد. در نتیجه برای افزایش زمان نگهداری آنها عملیات فراوری صورت می گیرد. خشک کردن،کنسرو کردن وانجماد از جمله این روشهاست.

خشک کردن یکی از معمول ترین و گسترده ترین روشهای نگهداری است. مصرف کنندگان میوه های خشک را به دلیل ارزش تغذیه ای بالا و طعم مطلو بشان ترجیح می دهند. میوه های تازه رطوبت بالایی دارند در نتیجه تحت تاثیر فساد میکروبی وآنزیمی ، قهوه ای شدن و واکنشهای اکسیداسیون قرار می گیرند. برای این منظور لازم است که رطوبت آنها کاهش یابد. خشک کردن در میوه ها به منظور کاهش رطوبت و جلوگیری از تغییرات نا مطلوب صورت می گیرد.

امروزه تقاضا برای میوه های نیمه مرطوب در مقایسه با میوه های کاملا خشک شده افزایش یافته است. در میوه های نیمه مرطوب بر خلاف میوه های کاملا خشک شده که در آنها مقدار بالایی از آب خارج می شود، تنها مقداری از آب که برای کاهش یا جلوگیری از رشد میکروبها لازم است خارج می شود. به دلیل استفاده از زمان و دمای خشک کردن کمتر در تولید آنها خصوصیات حسی و تغذیه ای بهتری دارند. میوه های نیمه مرطوب، رطوبتی حدود ۲۰٪-۵۰٪ دارند. رطوبت آنها کمتر از رطوبت میوه های تازه ولی بیشتر از رطوبت میوه های کاملا خشک شده است. یکی از راههای تولید میوه های نیمه مرطوب استفاده از پیش تیمار اسمزی است. پیش تیمار اسمزی مخصوصا در میوه هایی که نسبت به حرارت حساس هستند کاربرد دارد و باعث تولید محصولاتی با کیفیت بهتر می شود. میوه های نیمه مرطوب بافتی نرم دارند و درتولید آنها معمولا از پیش تیمار ها و مواد نگهدارنده استفاده می شود.

فصل دوم : کلیات وبررسی منابع

۲-۱- مقدمه

سیب بعد از مرکبات، انگور و موز پرطرفدارترین میوه جهان است. تولید جهانی سیب بالای ٤٥ میلیون تن است. چین بزرگترین تولیدکننده سیب است. ایران بعد از کشورهای چین، آمریکا، ترکیه در مقام چهارم تولید سیب قرار دارد. سیب میوه‌ای است که علاوه بر استفاده آن به عنوان میوه تازه می‌توان آنرا کنسرو کرد و یا برای تولید آب سیب، سرکه، پکتین، دسر مورد استفاده قرار داد [۸].

در نتیجه تغییر در شیوه زندگی مصرف کنندگان و افزایش تقاضای آنان برای غذاهای تازه، مغذی و آماده، بازار محصولات غذایی آماده مصرف[1] در سالهای اخیر رو به افزایش است. برای افزایش کیفیت این محصولات لازم است که عملیات فرآوری و تولید را بهینه کنیم[٤٣]. درصد بالایی از وزن میوه‌جات تازه آب است، در نتیجه فعالیت متابولیکی نسبتاً بالایی در مقایسه با سایر مواد گیاهی دارند. این فعالیت متابولیکی که بعد از برداشت نیز ادامه دارد، سبب می‌شود که این مواد سریع فاسد شوند. یکی از ساده‌ترین روشها برای افزایش زمان نگهداری میوه‌جات، کاهش مقدار رطوبت آنها تا حدی است که میکروارگانیسم‌ها نتوانند رشد کنند. خشک کردن یکی از روشهای کلاسیک نگهداری مواد غذایی است که بطور گسترده استفاده می‌شود. طولانی شدن مدت زمان نگهداری، تنوع محصول و بطور اساسی کاهش حجم محصول دلایل اصلی محبوبیت میوه‌ها و سبزیجات خشک است که این محبوبیت می‌تواند توسط بالا بردن کیفیت آنها افزایش یابد[۳۱]. فرآیند انتقال حرارت و جرم در طی خشک کردن سبب تغییر در خصوصیات رئولوژیکی محصول، تغییر در رنگ و تغییر درارزش غذایی محصول می‌شود. همه این تغییرات سبب تغییر در کیفیت محصول نهایی می‌شود.

[1] - Ready to eat

۲-۲- واکنش قهوه ای شدن :

تغییر در رنگ و بافت محصول ۲ فاکتور اساسی در تعیین مقبولیت میوه‌ها و سبزیجات خشک است. این دو فاکتور از مهمترین خصوصیات کیفی محصول هستند که تولیدکنندگان برای افزایش زمان نگهداری محصول به آن توجه می‌کنند[۵۲].

تغییرات نامطلوب در رنگ با تغییر در طعم و کاهش ارزش غذایی در ارتباط است. واکنش قهوه‌ای شدن اصلی‌ترین اختلال فیزیولوژیکی است که بر روی خصوصیات حسی تأثیر می‌گذارد. این واکنش یا توسط فعالیت آنزیمی در مراحل نخست فرایند و یا توسط واکنشهای مایلارد در طول خشک کردن یا مراحل نگهداری اتفاق می‌افتد. قهوه‌ای شدن کیفیت محصول نهایی را کاهش می‌دهد. از اثرات زیان‌آوری که این واکنشها در مواد غذایی بوجود می‌آورند، می‌توان رنگ قهوه‌ای نامطلوب، تغییرات بافتی، تغییر در طعم، کاهش حلالیت و از دست دادن ارزش غذایی را نام برد[۲۸ و۱۵].

واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در میوه‌جات، سبزیجات و غذاهای دریایی اتفاق می‌افتد.

قهوه‌ای شدن در میوه‌جات به ۳ دلیل اتفاق می‌افتد:

۱) تکامل فیزیولوژیکی ،رسیدن میوه

۲) نگهداری در سرما

۳) پروسه‌های تکنولوژی مانند ضرب دیدگی، فشردگی و ... [۲٤].

واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی هم اثرات مثبت وهم اثرات منفی دارد. به عنوان مثال این واکنش مقبولیت مواد غذایی نظیر چای، کاکائو و میوه‌جات خشک نظیر کشمش، آلو، خرما، انجیر را افزایش می‌دهد. محصولات حاصل از قهوه‌ای شدن آنزیمی نقش‌های فیزیولوژیکی مهمی دارند. مثلاً ملانوئیدین که در نتیجه فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز تولید می‌شود، خاصیت ضد باکتری، ضد قارچ، ضد سرطان و همچنین خاصیت آنتی اکسیدانی دارد.

پلی فنل اکسیداز نقش فیزیولوژیکی مهمی در موجودات آبزی دارد. مثلاً التیام زخم و سخت شدن پوشش در حشرات بعد از پوست اندازی و در سخت پوستانی نظیر خرچنگ و میگو ناشی از فعالیت پلی فنل اکسیداز است. مکانیسم التیام زخم در موجودات آبزی نظیر آنچه است که در گیاهان اتفاق می‌افتد. در حقیقت ظاهر قهوه‌ای رنگ در میوه و سبزیجات یکی از نشانه‌های پاسخ به آسیب‌دیدگی و یا آلودگی میکروبی است.

با وجود این اثرات مثبت، واکنش قهوه‌ای شدن اثرات زیان‌باری نیز در میوه‌جات و سبزیجات دارد[۱۳].

ترکیبات فنلی نقش مهمی در طعم میوه جات تازه دارند. به هر حال، این ترکیبات تنها در میوه کامل و تازه نقش ندارند بلکه این ترکیبات نقش مهمی در خصوصیات حسی محصولات حاصل از فرآوری میوه نیز دارند. اولاً ترکیبات فنلی بطور مستقیم در کیفیت میوه و محصولات حاصل از فرآوری آن نقش دارند. خصوصیات اساسی مانند رنگ، تلخی، سفتی وابسته به ترکیبات فنلی هستند.

ثانیاً تشکیل و یا تغییر ترکیبات فنلی منجر به واکنشهای آنزیمی و یا غیرآنزیمی می‌شود.

واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی توسط اکسیداسیون ترکیبات فنلی، تحت تأثیر آنزیم پلی فنل اکسیداز در حضور اکسیژن اتفاق می‌افتد. این واکنش کیفیت میوه را هم از نظر ظاهری و هم از نظر خصوصیات تغذیه ای و حسی کاهش می‌دهد[۲٤].

برای جلوگیری و یا کنترل واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی در میوه‌جات، مطالعه سنتتیک واکنش لازم است. در واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی ٤ ماده نقش دارند: اکسیژن، آنزیم، مس و یک سوبسترا. سوبسترای آنزیم بسته به منبع، منشأ و نوع آنزیم متفاوت است.

تقریباً چند نوع از ترکیبات فنلی در میوه‌جات می‌توانند به عنوان سوبسترای آنزیم عمل کنند.

ترکیباتی با تفاوتهای مختصر ممکن است به عنوان سوبسترا عمل کنند و یا عمل نکنند. به عنوان مثال شانون و پرات[۲](۱۹٦۷) به این نتیجه رسیدند که کورستین[۳] و دی‌هیدروکورستین[٤] تنها در اتصال کربنها در موقعیت ۲ و ۳ تفاوت دارند. ولی تنها دی‌هیدروکورستین به عنوان سوبسترای آنزیم در سیب عمل می‌کند. فرض شده است که کورستین پایدارتر از دی هیدروکورستین است که علت آن وجود پیوند دوگانه متصل شده به حلقه آروماتیک است که حلالیت ترکیب را تحت تأثیر قرار می‌دهد[۲۲].

۲-۲-۱-آنزیم پلی فنل اکسیداز:

آنزیم پلی فنل اکسیداز آنزیمی است که می‌تواند توسط کاتالیز اکسیداسیون ترکیبات فنلی، کیفیت محصول را کاهش دهد. قهوه‌ای شدن وابسته به فعالیت آنزیم وهمچنین محتوای فنلی ماده غذایی است. پلی فنل اکسیداز پلی مریزاسیون فنلها و تولید

---

[2] - Shannon and Pratt
[3] - Quercetin
[4] - Dihidroquercetin

کینونها را کاتالیزمی‌کند که در نهایت باعث ایجاد پلیمرهای قهوه‌ای رنگ نامحلول به نام ملانین می‌شود[۳۳، ٥٤، ۷، ۲۲].

مارشال و همکاران[5] (۲۰۰۰) گزارش کردند که پلی فنل اکسیداز (O- دی فنل اکسیدوردوکتاز) یک اکسیدوردوکتاز است که می‌تواند ترکیبات فنلی را اکسید کند. برای این منظور از اکسیژن به عنوان پذیرنده هیدروژن استفاده می‌کند. به علت اکسیداسیون فنلها این آنزیم پلی فنل اکسیداز نامیده می‌شود. مطابق گزارشات نیومن و همکاران (۱۹۹۳) وزن مولکولی پلی فنل اکسیداز در گیاهان مابین ٥٧ KDa تا ٦٢ است.

پلی فنل اکسیداز آنزیمی است که در ساختار خود مس دارد و می‌تواند یک مولکول O_2 و ٤ الکترون را منتقل کند.

پلی فنل اکسیداز ۲ واکنش اصلی را کاتالیز می‌کند:

۱) هیدروکسیله کردن موقعیت O که مجاور گروههای هیدروکسیل موجود در مواد فنلی قرار دارد. (فعالیت منو فنل اکسیداز)

۲) اکسیداسیون دی فنل به O- بنزوکینون (فعالیت دی فنل اکسیداز) [۱۳].

مطابق گزارشات مارشال و همکاران (۲۰۰۰) مونو فنل اکسیداز در گیاهان کرسولاز[6] نامیده می‌شود که علت این نامگذاری توانایی این آنزیم در استفاده از کرسول[7] به عنوان سوبسترا است.

اکسیداسیون دی فنل به کینون در حضور اکسیژن توسط دی فنل اکسیداز صورت می‌گیرد. فعالیت دی فنلاز وابسته به ۲ آنزیم مختلف است:

۱) کاتکولاز [8] (کاتکول[9] اکسیداز)

۲) لاکاز [10]

لاکاز (P – دی فنل اکسیداز) یک نوع پلی فنل اکسیداز است که حاوی مس بوده و توانایی اکسیداسیون P دی فنل ها را دارد. سوبستراهای فنلی نظیر پلی‌فنل‌ها و متوکسی فنل‌ها سوبسترای لاکاز هستند. لاکاز در میوه‌جاتی نظیر هلو و زردآلو وجود دارد.

---

5 - Marshal et al
6 - Cresolase
7 - Cresol
8 - Catecholase
9 - Catechol
10 - Laccase

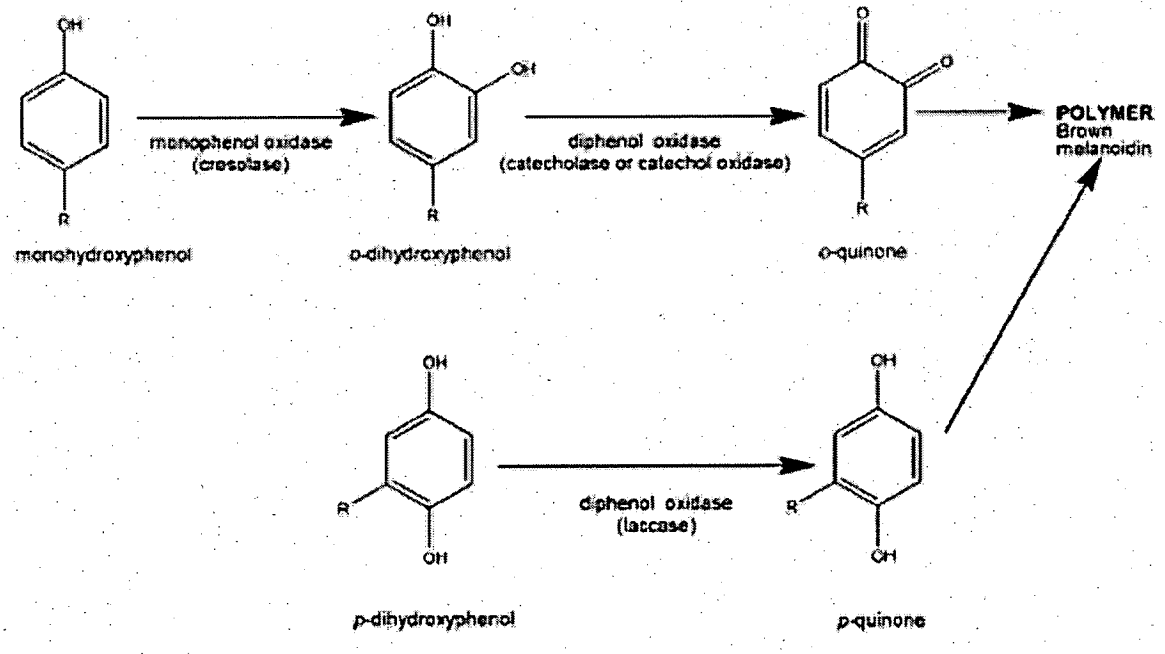
کاتکول اکسیداز و لاکاز براساس سوبسترای فنلی‌شان در مواد غذایی قابل تشخیص هستند. ماتو و پارپیا[11] (۱۹۷۱) گزارش کردند که در مواد غذایی فعالیت کاتکولاز مهمتر از فعالیت کرسولاز است. زیرا سوبستراهای فنلی در مواد غذایی بیشتر دی هیدروکسی فنلها هستند.

مایر و هارل[12] (۱۹۷۹) گزارش کردند که کینون‌های حاصل از واکنش قهوه‌ای شدن آنزیمی با گروههای آمینو و سولفیدریل پروتئین‌ها واکنش می‌دهند. این واکنشها سبب تغییرات فیزیکی، شیمیایی و تغذیه‌ای می‌شود. همچنین خصوصیات حسی محصولات غذایی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مطابق گزارشات کاتو و پارپیا (۱۹۷۱) کینون‌ها با شرکت در واکنشهای پلیمریزاسیون و تغلیظ، پیگمنتهای قهوه‌ای نامحلول تشکیل می‌دهند. واکنش تشکیل کینون‌ها که توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز کاتالیز می‌شود، برگشت پذیر است. در حالیکه پلیمریزاسیون‌های بعدی کینون‌ها غیر آنزیمی و غیر قابل برگشت است.

واکنش هیدروکسیله کردن منو فنل‌ها نسبتاً آهسته است و سبب ایجاد محصولاتی بی‌رنگ می‌شود. در حالیکه واکنش اکسیداسیون نسبتاً سریع است و کینونهای حاصل رنگی هستند. مراحل انجام واکنش‌های بعدی کینونها، که منجر به تولید محصولاتی با رنگ قهوه‌ای یا مشکلی به نام ملانین‌ها می‌شود، وابسته به ساختار سوبسترای پلی فنولیک است[۵۲].

---

[11] - Mathew and Parpia
[12] - Mayer and Harel



شکل ۲-۱- شماتیک واکنش آنزیم پلی فنل اکسیداز

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
پژوهشگاه علوم و فناوری اطلاعات ایران
IRANDOC
مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران

۲-۲-۲- قهوه‌ای شدن در سیب:

از آنجایی که سیب یکی از مهمترین میوه‌جات در دنیا است، توجه زیادی به آنزیم پلی فنل اکسیداز در سیب به عنوان عامل قهوه‌ای شدن آنزیمی شده است. در سیب رسیده، غلظت پلی فنل‌ها و فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در تعیین میزان قهوه‌ای شدن آنزیمی مؤثر است. بسته به واریته سیب، سوبسترا و یا فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز عامل تعیین کننده در قهوه‌ای شدن آنزیمی می‌باشد. تحقیقات نشان می‌دهد که انواع مختلف سیب، یک نوع پلی فنل اکسیداز دارند.

سیبهای نرسیده بصورت شدید و نامتراکم قهوه‌ای می‌شوند، در حالیکه سیبهای رسیده به مقدار کم و تنها در اطراف هسته قهوه‌ای می‌شوند. هم مقدار پلی فنلها و هم فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز در سیب نرسیده بیشتر از سیب رسیده است. در سیب رسیده، آنزیم پلی فنل اکسیداز نزدیک هسته قرار دارد. در حالیکه این آنزیم در سیب نرسیده در همه‌ی قسمتها پخش شده است. قهوه‌ای شدن در اطراف هسته و یا مغز میوه وابسته به زمان برداشت محصول است. هر چه زمان برداشت زودتر باشد، قهوه‌ای شدن بیشتر اتفاق می‌افتد[٦].

۲-۲-۳- نقش آنزیم پراکسیداز:

نیکولاس و همکاران[۱۳] (۱۹۹٤) گزارش کردند که اکسیداسیون فنلها همچنین ممکن است توسط گروه دیگری از آنزیم‌ها به نام پراکسیداز کاتالیز شود. اگرچه این آنزیم نقش مهمی در فیزیولوژی گیاهان دارد ولی نقش کمتری در واکنشهای قهوه‌ای شدن دارد. مطابق گزارشات ریچارد – فورگت و گائولارد[۱٤] (۱۹۹۷) در حضور پلی‌فنل اکسیداز، اکسیداسیون پلی فنل‌ها توسط پراکسیدازها افزایش می‌یابد. این افزایش، ناشی از تشکیل پراکسید هیدروژن در طول اکسیداسیون فنل‌ها توسط آنزیم پلی فنل اکسیداز است. پراکسید هیدروژن تولید شده، توسط آنزیم پراکسیداز به عنوان پذیرنده الکترون استفاده می‌شود تا ترکیبات فنلی بیشتری را اکسید کند.

---

[13] - Nicolas et al
[14] - Richard – Forget and Gaullard