طراحی و ساخت د طراحی و ساخت دستگاه تثبیت آنزیم های سبوس برنج

کبری تجددی طلب[1]- محمد شاهدی[2]

چکیده

هرساله مقادیر متنابهی از فرآورده های کشاورزی بنا به دلایل مختلف از قبیل فعالیت میکروارگانیسم ها (قارچ ها، مخمرها و باکتری ها) و نیز به دلیل عدم رعایت مسائل مربوط به مراحل مختلف کاشت، داشت، برداشت، انبارداری، حمل و نقل و فروش از بین می رود. روش های نوین نگهداری این امکان رامی دهد که قابلیت نگهداری مواد اولیه را در زمان انبارداری و قبل از فرآوری افزایش داده و در عین حال بتوان از آنها فرآورده های متنوع و جدیدی با ارزش افزوده برتر تولید نمود.

سبوس برنج یکی از محصولات فرعی حاصله از تبدیل شلتوک به برنج سفید است که سالیانه مقادیرقابل توجهی از آن در کارخانه های برنجکوبی مناطق برنج خیز کشور برجای مانده و یا به طور نامناسبی به مصرف خوراک دام می رسد. اکثر کشور های تولید کننده برنج از سالیان متمادی به ارزش غذایی و صنعتی سبوس پی برده و از آن به طور وسیع در تولید انواع روغن ها (خوراکی و صنعتی) ، غذای کودک، بیسکویت سازی، کنسانتره پروتئینی، خوراک دام، طیور، ماهیان و تولید انواع فرآورده های دارویی و غذایی استفاده کرده و ظرفیت سالیانه خود را افزایش می دهند.غنی بودن سبوس برنج از نظر قندها، اسیدهای آمینه آزاد، آنزیم های مختلف و نامساعد بودن شرایط نگهداری از نظر حرارت و رطوبت، بخصوص در مناطق شمالی کشور، مشکلات متعددی را در دوره انبارداری به همراه داشته و باعث محدودیت مصرف آن گردیده است.

به طور کلی تغییراتی که ممکن است در دوره انبارداری در سبوس برنج اتفاق بیافتد عبارتند از تغییرات شیمیایی و تغییرات بیولوژیکی (میکروبی و تغییراتی که در اثر فعالیت حشرات بوجود می آید). پراکندگی کارخانه های برنجکوبی و ارسال نشدن به موقع سبوس برنج به کارخانه های روغن کشی، بیسکویت سازی، خوراک دام و غیره مانعی بر سر راه بکارگیری و تبدیل آن به محصولی با ارزش افزوده برتر شده است. در حالیکه می توان با تثبیت به موقع، کنترل رطوبت سبوس و بسته بندی مناسب ترتیبی داد که باعث افزایش طول عمر نگهداری آن تا قبل از مصرف گردد. تاکنون در این خصوص روش های گوناگونی به وسیله محققان مورد بررسی قرار گرفته است کهمی توان به سیستم گرمادهی (حرارت خشک و مرطوب)، سرمادهی، بکارگیری مواد شیمیایی، پرتوتابی و انرژی میکروویو اشاره نمود. در این تحقیق با توجه به نتایج مثبت کارهای انجام شده قبلی، از روش حرارت خشک وغیر مستقیم به دلیل کاربردی و عملی بودن آن در شرایط منطقه کمک گرفته شد و پس از ارایه نقشه مربوط به ساخت دستگاه به سازنده، عملیات ساخت انجام پذیرفت و به دنبال آن تجزیه وتحلیل ها و بررسی های آزمایشگاهی به منظور تایید کارکرد دستگاه به مرحله اجرا در آمد.

۱- عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات برنج کشور
۲- استاد گروه علوم وصنایع غذایی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
واژه های کلیدی: تثبیت آنزیم ، سبوس برنج، لیپاز ، لیپواکسیداز

مقدمه :

۲۳- ۲۰ درصد وزن شلتوک برنج را پوشش خارجی تحت عنوان فل *(Husk)* تشکیل می دهد. این پوسته از دو بخش لما *(Lemma)* و پالهآ *(Palea)* تشکیل شده و برنج قهوه‌ای را از خطر حمله قارچها و حشرات طی دورهٔ نگهداری محافظت می‌نماید. بخشهای مختلف برنج قهوه ای حاصله از جداسازی پوسته اولیه عبارتند از: پریکارپ *(Pericarp)* یک تا دو درصد، آلرون *(Aleuron)* ۵ درصد، آندوسپرم نشاسته‌ای ۹۱-۸۹ درصد و جنین ۳-۲ درصد (۱۵ و ۹). امروزه در اکثر کشورهای برنج‌خیز دنیا از سبوس برنج بعنوان ماده اولیه در تولید روغن (خوراکی و صنعتی)، ساخت مواد دارویی از جمله کنسانترهٔ ویتامین *B*، استخراج فیتین، کنسانتره پروتئین بویژه تولید نوشابه‌های غنی از پروتئین‌و شبیه شیر و... استفاده می‌نمایند. در حال حاضر کشور امریکا سبوس پایدار شده را بطور وسیع در تهیه فرمولاسیون غذای کودک، تهیه نان، پنکیک، شیرینی‌جات، کیک و انواع پایها و غیره مورد استفاده قرار می‌دهند (۲۲، ۶، ۷ و ۲۰).

در اکتبر سال ۱۹۸۹، در ارتباط با مصرف سبوس برنج با کیفیت بالا استانداردهایی نیز تدوین گردیده است (۱۴). همچنین تولید خوراک ماهی از سبوس برنج بطور وسیع در کشور تایلند رواج یافته است (۱۷) غنی بودن سبوس برنج از نظر قندها، اسیدهای آمینه و آنزیم‌ها مشکلاتی را طی انبارداری به همراه دارد. در ارتباط با تولید خوراک دام و طیور و صنعت غذایی مانند بیسکویت‌سازی، تولید غذای کودک، بویژه تولید روغن خوراکی، بزرگترین مسئله، انبارمانی سبوس تا قبل از فرآیند استحصال روغن از آن می‌باشد. افزایش رطوبت سبوس، بالا بودن درجهٔ حرارت و رطوبت نسبی انبار و بسته‌بندی نامناسب موجبات فعالیت هرچه بیشتر آنزیم‌های لیپولیتیک (که طی عملیات تبدیل آزاد شده‌اند) و در نهایت فساد سبوس و تغییرات نامطلوب در روغن حاصله از آن را فراهم می‌نماید. علاوه بر آن به دلیل رانسید شدن، کاهش ویتامین، رشد میکروبها و تولید سموم توسط برخی از آنها توأم با انبارداری تحت رطوبت بالا، باعث خطرناک و غیرقابل مصرف شدن سبوس برای مصرف انسان و خوراک دام می‌گردد.

لیپازها یکی از آنزیم های مخرب سبوس برنج از گروه استراز ها هستند که باعث هیدرولیز تری‌گلیسیریدها می‌گردند. وزن مولکولی این آنزیم ۳۲۰۰۰ دالتون (۸ و ۱۰)، *PH* و درجه حرارت مناسب برای فعالیت آن به‌ترتیب ۸ ۷/۵ و۳۷ درجه سانتی‌گراد می باشد. این آنزیم ترجیحاً باندهای استری‌اسید چرب اتصال یافته در موقعیت ۱ و ۳ موجود در ۲ اولئو – ۱ ، ۳ دی‌استئارین را هیدرولیز می‌نماید. طی این واکنش ها ، غلظت دی و منوگلیسیرید افزایش می‌یابد. منوگلیسیریدهای تشکیل شده نسبت به هیدرولیز در مراحل بعدی مقاوم می‌باشند (۲۳، ۱۰، ۵ و ۸). آنزیم مذکور عموماً در لایه‌های خارجی شلتوک یعنی تگمن و زیر پریکارپ مستقر شده در حالی که روغن در آلرون تجمع یافته است. مادامی که سبوس توسط فل یا پوستهٔ خارجی محافظت شود، آنزیم مورد نظر در حالت خواب باقی مانده و هیچگونه فعالیتی از خود نشان نخواهد داد، اما به محض جدا شدن سبوس از برنج

حین عملیات تبدیل و اختلاط لایه‌های پریکارپ و آلرون، آنزیم در تماس مستقیم با گلبولهای چربی قرار گرفته و واکنشهای تخریبی آغاز می‌گردد (۸ و ۲۱). محققین بدون استثناء معتقدند که فعالیت آنزیم مذکور در سبوس برنج قابل ملاحظه بوده و آن را مهمترین عامل هیدرولیتیکی در سبوس برنج می‌دانند.

آنزیم لیپواکسیژناز یکی دیگر از آنزیم های مخرب سبوس برنج از دسته اکسیدورداکتازها و یک نوع آنزیم دی‌اکسیژناز است. وزن مولکولی آن معادل ۱۰۲۰۰۰ دالتون و pH مناسب برای فعالیت آن ۶ تا ۶/۵ می‌باشد. آنزیم مذکور دارای آهن دو ظرفیتی است که در این حالت آنزیم غیرفعال است. در اثر واکنش لینولئات هیدروپراکسید $(LOOH)$ آهن دو ظرفیتی به ۳ ظرفیتی تبدیل می‌گردد که در اینحالت اصطلاحاً به آن ً آنزیم زرد ً می‌گویند. در اثر واکنش آنزیم زرد با اسیدلینولئیک یک پروتون آزاد شده و آهن احیاء گردیده و تشکیل یک رادیکال آزاد می‌دهد. اضافه شدن اکسیژن باعث اکسیده شدن و تبدیل آهن دو ظرفیتی به ۳ ظرفیتی می‌شود. در اثر جذب یک پروتون توسط ترکیب اخیر آنزیم مجدداً فعال می‌گردد. لیپواکسیژناز فوق‌العاده اختصاصی عمل می‌کند، بدین‌معنا که سوبسترای مورد نیاز آن باید دارای خصوصیات ویژه‌ای باشد. این آنزیم بطور اختصاصی بر اسیدهای چربی که دارای حداقل یک واحد یا بیشتر سیس‌سیس پنتا ۱ و ۴ دی‌ان $(-CH=CH-CH=CH-)$ هستند اثر می‌کند. از بین ۴ ایزومر اسیدلینولئیک فقط یکی از آنها که بصورت سیس‌سیس اسیدلینولئیک است بعنوان سوبسترای این آنزیم محسوب می‌شود. اسید اولئیک با دارا بودن یک باند مضاعف نمی‌تواند بعنوان سوبسترای آن مورد استفاده قرار گیرد. ایزومر اسیدلینولئیک که باندهای آن کنژوگه و بصورت ۹، ۱۱ اکتادکاانوئیک اسید است نیز نمی‌تواند بعنوان سوبسترا مورد مصرف قرار گیرد، چون آنزیم مذکور اختصاصاً عمل خود را از انتهای متیلن حساس پنتا ۱، ۴ دی‌ان در موقعیت ω_8 آغاز می‌نماید و لذا واحدهای پنتادی‌ان در موقعیت ω_{10} یا ω_{11} نمی‌تواند سوبسترای مناسبی برای آنزیم لیپواکسیژناز باشد. محصولات حاصله از فعالیت آنزیم فوق‌الذکر و اسیدهای چرب غیراشباع، مسئول ایجاد طعم تلخ در سبوس برنج شناخته شده‌اند (۲۴ و ۲۶). با توجه به تشریح آنزیم‌های مخرب سبوس، به‌منظور جلوگیری از هرگونه اثرات نامطلوب باید به طریقی مناسب نسبت به غیرفعال‌سازی آنزیم‌های مذکور در حداقل زمان ممکن پس از جدا شدن از برنج سفید اقدام نمود. آنزیم‌ها از جنس پروتئین هستند، لذا هر فاکتوری که برروی ساختمان دوم، سوم و چهارم آنها اثر داشته باشد بر فعالیتشان نیز اثر خواهد گذاشت. از بین روشهای مختلف غیرفعال سازی آنزیم‌ها فرآیند حرارتی مطمئن‌ترین روش شناخته شده است. در واقع دمای مطلوب دو اثر متضاد به شرح زیر خواهد داشت:

۱- افزایش معمولی سرعت واکنش آنزیمی در صورت تامین گرمای لازم برای تشدید فعالیت آنزیمی

۲- افزایش سرعت واسرشتی پروتئین آنزیمی در صورت افزایش دما و تامین گرمای لازم برای واسرشت شدن آنزیم واسرشتی یا دناتوره شدن عبارت است از باز شدن تاخوردگی ویژه که در ساختمان زنجیرهٔ پلی‌پپتیدی مولکول پروتئین کروی ایجاد می‌گردد. واسرشتی در واقع شامل شکستن اتصالات کووالانسی، پلهای هیدروژنی، اتصالات هیدروفوب و نمکی می‌باشد. از مهمترین نتایج واسرشتی، کاهش جزیی یا کامل فعالیت آنزیمی است. در دمای بالاتر از دمای بحرانی، افزایش سرعت واسرشتی بسیار سریعتر از واکنشهای آنزیمی خواهد بود. تاکنون روشهای گوناگونی از جمله سیستم گرمادهی (حرارت خشک و مرطوب)، بخاردهی، اکسترودکردن، کاربرد سرما، مواد شیمیایی، پرتوتابی و انرژی میکروویو(۳، ۱۸، ۱۶ و ۴).توسط محققین مختلف مورد بررسی قرار گرفته است ولی روشحرارت دهی یکی از روش های مطمئن است و بکارگیری سیستم حرارت دهی با هوای گرم موجب ساده تر و ارزانتر شدن دستگاه می گردد. تجددی و همکارانش نشان دادند که دماهای بالا و زمان حرارت دهی

نسبتاً طولانی اثر بیشتری بر کاهش فعالیت لیپواکسیداز و ایجاد اسید چرب آزاد کمتر نسبت به نمونه با فرآیند حرارتی کوتاه مدت و شاهد داشته است. از نتایج آزمایش های فوق چنین برداشت می شود که آنزیم های لیپاز و لیپواکسیداز قادر به بازسازی ساختار تخریب شده خود می باشد و اگر حرارت کافی نباشد بلافاصله پس از سرد شدن و یا طی انبارداری مجدداً فعال می شوند(۱). هدف از این پژوهش طراحی و ساخت سیستمی مناسب و قابل اجرا در عمل برایغیر فعال کردن آنزیم های مخرب سبوس برنج که موجب فساد روغن سبوس می شود است.

مواد و روشها :

روش کار

به منظور تبدیل شلتوک به برنج سفید و بررسی مقدار پوسته و سبوس در ارقام مختلف از دستگاه‌های پوست مدل *Satake* و سفیدکن مدل *Baldor* استفاده گردید. پس از بررسی مقدماتی در ارتباط با تعیین خصوصیات و درصد سبوس در ارقام مختلف، نقشه مربوط به ساخت دستگاه تثبیت آنزیم‌های سبوس برنج طراحی و با جزئیات مربوطه در اختیار کارخانه سازنده قرار گرفت. دستگاه تثبیت آنزیم های سبوس برنج در شکل ۱ نشان داده شده است.

شکل ۱- دستگاه تثبیت آنزیم های سبوس برنج

دستگاه شامل یک نقاله مارپیچی به طول ۴/۵ متر است که برای کوتاه شدن طول، دستگاه بصورت دو نقاله موازی رفت و برگشتی طراحی شده است. قطر لوله نقاله ۲۲ سانتی متر و قطر لوله با عایقبندی حرارتی ۳۲ سانتی متر است. جریان هوای گرم تولید شده توسط مشعل در جداره نقاله حرکت کرده و نقاله ضمن حرکت دادن سبوس به

جلو موجب بهم زدن آن و گرم شدن سبوس در تماس با بدنه نقاله می گردد. ضمناً در اثر گرم شدن سبوس مقداری از رطوبت آن تبخیر شده که از دریچه منظور شده خارج می گردد. سبوس پس از طی طول رفت و برگشت نقاله به دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد رسید و پس از این مرحله ۱۰ و ۱۵ دقیقه در مخزن نگهدارنده(*Holding*) برای تکمیل عمل آنزیم بری باقی ماند. این مخزن دارای جدار عایق بندی شده برای جلو گیری از سرد شدن سبوس می باشد. پس از این مرحله سبوس سرد شده در بسته های غیر قابل نفوذ نسبت به رطوبت بسته بندی گردید.دستگاه دارای مشعل از مدل *L4B* ۱۰۰ است که جریان هوای گرم آن از انتهای نقاله وارد جداره نقاله شده و در مجاور محل تغذیه از لوله خروجی به بیرون فرستاده می شود. مجرای خروجی هوای گرم دارای دریچه قابل تنظیم می باشد سرعت نقاله قابل تنظیم بوده و می‌توا ن زمان باقی ماندن سبوس در قسمت نقاله را با تنظیم سرعت نقاله تغییر داد. برای افزایش ظرفیت دستگاه می‌توان از سرعت بیشتر دستگاه استفاده کرد. پس از عملیات ساخت دستگاه فوق به سوله صنایع غذایی موسسه تحقیقات برنج کشور منتقل و مورد تست قرار گرفت. به منظور تست دستگاه ابتدا نمونه سبوس تهیه شده از یکی از کارخانه‌های برنجکوبی وارد بخش تغذیه سیستم شد. سبوس در حال انتقال توسط هیلیس تحت حرارت غیرمستقیم قرار گرفته و آنزیم‌های آن غیرفعال گردید. پس از اندازه‌گیری درجه حرارت سبوس خروجی توسط ترمومتر آن را به دو بخش تقسیم کرده یک قسمت از آن تحت حرارت خروجی خود به مدت ۱۰ دقیقه و بخش دوم به مدت ۱۵ دقیقه در همان حرارت نگهداری گردید. سپس نمونه‌ها را پس از سرد کردن داخل کیسه‌های پلی‌اتیلن ریخته و با دستگاه دوخت حرارتی درب کیسه‌های بسته شد. متعاقب آن نمونه‌های شاهد (سبوس بدون فرآیند حرارتی)، سبوس های پایدار شد بطور جداگانه در شرایط نور و یکسری از آنها تحت شرایط نسبتاً تاریک نگهداری شدند. قبل از فرآیند حرارتی و پس از اعمال فرآیند مذکور هر ماه یکبار (۲ ماه) درصد رطوبت و اسید چرب آزاد (یکماه) اندازه گیری شد.

روشهای اندازه گیری ترکیبات سبوس برنج

اندازه گیری اسید چرب آزاد و رطوبت بر طبق روش استاندارد و استخراج روغن از نمونه های سبوس پیش از فرآیند حرارتی و پس از آن، هر ماه در طول مدت نگهداری و با روش سوکسله انجام شد (۲).

$$\text{درصد برنج قهوه‌ای} = \frac{\text{گرم وزن برنج قهوه‌ای}}{\text{گرم وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

$$\text{راندمان تبدیل} = \frac{\text{گرم وزن برنج سفید}}{\text{گرم وزن شلتوک}} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث :

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که در ارقام مختلف مقدار فل یا پوسته ۳۹ – ۱۵/۱۷ درصد و سبوس ناخالص (سبوسی که حاوی بخشی از آندوسپرم و پوسته خارجی باشد) بین ۸/۲۳ تا ۱۶/۸۹ درصد متغیر می‌باشد.
جدول ۱ – نتایج مربوط به ضرائب تبدیل و مقدار پوسته و سبوس در ارقام متداول شلتوک برنج در استان گیلان

نام رقم	درصد برنج قهوه‌ای	راندمان تبدیل	درصد پوسته اولیه (*Husk*)	درصدسبوس ناخالص (*Bran*)
طارم	۸۴/۸۲	۶۶/۷۳	۱۵/۱۷	۱۶/۸۹
شیرعلی	۸۱/۶۰	۶۷/۶۱	۱۸/۳۹	۱۲/۴۸
هاشمی	۸۰/۹۲	۶۶/۴۷	۱۶/۱۶	۱۳/۸۴
علی‌کاظمی	۸۰/۸	۶۷	۱۹/۲	۱۳/۵۶
خزر	۷۰/۵۶	۵۸/۹۱	۲۹/۴۱	۱۱/۵۶
بینام	۶۰/۹۸	۵۱/۷۵	۳۹	۹/۱۴
سپیدرود	۷۲/۹۶	۶۳/۳۶	۲۷	۹/۷
بجار	۷۶/۳۲	۶۸/۰۹	۲۳/۷	۸/۲۳

محتوی رطوبت یکی از عوامل مهم و مؤثر در فساد مواد غذایی شناخته شده است، سبوس برنج نیز مانند دانه‌های روغنی، چنانچه در شرایط مناسب (از نظر رطوبت و درجه حرارت پایین) قرار گیرد، رشد کپک‌ها و فعالیت آنزیمی در آن کمتر خواهد بود (۲۵).مبنای روشهای تثبیت آنزیم بوسیله فرآیند حرارتی نیز براساس کاهش رطوبت سبوس استوار شده است. در واقع حرارت خشک با کاهش رطوبت سبوس به ۳-۲ درصد باعث جلوگیری از فعالیت آنزیم‌ها می‌شود (۲۲).

جدول ۲- اثر فرآیند حرارتی(۱۲۰ درجه سانتی گراد ، زمان *Holding*، ۱۰ و۱۵ دقیقه) و انبارمانی بر درصد رطوبت سبوس برنج

مدت زمان انبارداری	شاهد تاریکی	شاهد روشنایی	۱۰ دقیقه تاریکی	۱۰ دقیقه روشنایی	۱۵ دقیقه تاریکی	۱۵دقیقه روشنایی
روز اول	۷/۲۵	۷/۲۵	۴	۴	۳/۵	۳
یکماه	۸/۹	۸/۴	۶/۹	۷	۶/۴۶	۵/۹
دو ماه	۹/۶۶	۹/۷۱	۷/۲۲	۷/۴۲	۶/۷۶	۶/۲۵

جدول ۲ در ارتباط با اثر فرآیند حرارتی و انبارمانی بر درصد رطوبت سبوس نشان می‌دهد که فرآیند حرارتی باعث کاهش رطوبت سبوس می‌گردد و هرچه مدت زمان نگهداری سبوس تحت حرارت خروجی خود بیشتر باشد رطوبت سبوس بیشتر کاهش می‌یابد. کمترین رطوبت در سبوس نگهداری شده به مدت ۱۵ دقیقه پس از فرآیند حرارتی (*Holding*) و بیشترین مقدار رطوبت در سبوس شاهد، مشاهده گردید. هرچه میزان آب آزاد سبوس بیشتر باشد سرعت هیدرولیز، افزایش یافته و در نتیجه اسید چرب آزاد بیشتری تولید خواهد شد. در واقع در حضور رطوبت، واکنش هیدرولیز عملی‌تر می‌شود (۱۱) لوئب و ماین (۱۳) در سال ۱۹۵۲، اظهار داشتند اگر بتوان رطوبت سبوس حرارت دیده را به اندازهٔ کافی پائین نگه داشت نتایج حاصله از فرآیند غیرفعال کردن آنزیم رضایت بخش تر خواهد بود. علاوه بر آن بدون استثناء در کلیه نمونه‌ها طی دو ماه انبارداری افزایش رطوبت دیده شد. در اینحالت نیز نمونه‌های شاهد با کسب امتیاز ۹/۶۶ و ۹/۷۱ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند. با توجه به تاثیر درصد

رطوبت در فعالیت مجدد آنزیم و میکروارگانیسم ها و به منظور تداوم اثر بخشی فرآیند حرارتی، رطوبت سبوس را کنترل نموده و تا حد امکان آن را کاهش داد.
کلیه محققین در مطالعات مربوط به بررسی اثر غیرفعال نمودن آنزیم لیپاز سبوس برنج از اندیس اسید چرب آزاد، بعنوان معیار تشخیص کیفیت روغن استفاده می‌نمایند. قابل ذکر است که عدد مذکور علاوه بر نوع فرآیند به فاکتورهای دیگر مانند آلودگی‌های ثانویه توسط میکروبهای تولید کنندهٔ آنزیم لیپاز و مقدار جذب رطوبت توسط سبوس طی دوره انبارمانی بستگی دارد (۱۲ و ۲۶).

جدول ۳- اثر فرآیند حرارتی و انبارمانی بر اسید چرب آزاد روغن سبوس برنج (درصد اسید اولئیک)

مدت زمان انبارداری	شاهد تاریکی	شاهد روشنایی	۱۰ دقیقه تاریکی	۱۰دقیقه روشنایی	۱۵ دقیقه تاریکی	۱۵ دقیقه روشنایی
روز اول	۵/۰۵	۵/۰۵	۵	۵	۵	۵
یکماه	۲۴	۲۸	۹/۷۰	۱۰/۶۷	۹/۹۵	۱۰/۶۱

نتایج جدول ۳ در ارتباط با اثر فرآیند حرارتی و انبارمانی بر فعالیت آنزیم لیپاز نشان می‌دهد که فرآیند حرارتی اعمال شده برروی مقدار اسید چرب آزاد در روز اول اثرات یکسانی داشته‌اند. نتایج پس از یکماه نگهداری کاملاً اثرات مثبت فرآیند حرارتی بر کنترل فعالیت آنزیم فوق را نشان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌گردد اسید چرب آزاد پس از یکماه نگهداری در حالت روشنایی و تاریکی حدوداً ۵ تا ۶ برابر افزایش یافته در حالی که در تیمارهای بعدی به ۲ برابر و یا کمتر افزایش یافته است. دلایل ادامه فعالیت آنزیم لیپاز می‌تواند به عدم تخریب کامل آن توسط فرآیند حرارتی، نوع بسته‌بندی، شرایط انبار و رطوبت سبوس ارتباط داشته باشد. در تحقیقی نشان داده شد که سبوس برنج فرآیند شده تحت حرارت ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت با محتوای رطوبت ۳/۷ درصد را می‌توان به مدت بیش از ۲ ماه در انبار با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد، بدون افزایش اسید چرب آزاد نگهداری نمود. البته قابل ذکر است که در این حالت نیز نمونه‌ها باید در ظروف کاملاً دربسته نگهداری شده باشد(۲۶). بنابراین به کمک بسته‌بندیهای مناسب می‌توان سرعت روند افزایش تولید اسید چرب آزاد را کنترل نمود. محققین معتقدند که در اثر فرآیند حرارتی فعالیت آنزیم‌ها کند شده و در نتیجه طی دوره انبارداری اسید چرب آزاد کمتری تولید می‌گردد(۱۲ و ۱۹) ، نتایج تحقیق اخیر نیز با مطالب مذکور هماهنگی دارد.
در نهایت نتایج مطلوب حاصله از آزمایشهای بعمل آمده کارکرد خوب دستگاه تثبیت آنزیم سبوس برنج را تأئید می‌نماید. توضیح اینکه دستگاه ضمن حرارت دادن و اثر واسرشتی روی آنزیم ها موجب کاهش رطوبت سبوس نیز می گردد و در صورتیکه سبوس تثبیت شده در بسته های غیر قابل نفوذ نسبت به رطوبت نگهداری شوند ماندگاری بهتری داشته و نتیجه بهتری حاصل خواهد شد.

بررسی منابع :

۱- تجددی‌طلب، کبری، محمد، شاهدی، رضا، شکرانی و شهرام دخانی ،۱۳۸۱، تثبیت کیفیت روغن سبوس برنج از طریق کنترل فعالیت آنزیم های لیپاز و لیپواکسیداز، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۳، شماره ۴ ، ۶۰۳-۵۹۳.

۲- حسینی، زیبا، ۱۳۶۹. روشهای متداول در تجزیه مواد غذایی، انتشارات دانشگاه شیراز.

3- Chakraverty, A., D.S.K, Davadattam.1987. Stabilization of rice bran by conduction heating i a continuous rice bran stabilizer. Agric. Mech. In Asia Africa and Latin America. 18:40-44.
4- Chakraverty,A.,N.C.Patel.1983. stabilization of rice bran by conduction and humid heat treatments. Agric. Mech. In Asia Africa and latin America. 14:72.
5- Chimpagne, E.T., R.J. Hirn and C.Abraham. 1992. Brown rice stabilization proceeding twenty- fourth. Rice Technical Working Group Little Rock, Arkansas. February. 23:49.
6- Chen,L and D.F. Houston. 1970. Solubilization and recovery of protein from defatted rice bran. Cereal Chem. 47:72-79.
7- Connor,M.A., R.M.Saunder and G.O.Kohler.1975. Rice bran protein concentrates obtained by wet alkaline extraction. Cereal Chem. 53:488-496.
8- Deman,J. 1980. Principles of food chemistry. The Avi Publishing Company INC Westport, Connecticut. New York. P: 355-357.
9- Dikeman,E., D.B.Beel and Y.Pomeranz. 1981. Distribution elements in the rice kernel determined by x-ray analysis and atomic absorption spectroscopy. Cereal Chem. 58:148-152.
10- Juliano, B.O. 1985. Rice chemistry and technology. Amer. Assoc Cereal Chems. Inc., St.Paul, Minn., 774pp.
11- Kuroda,N.M. and N. Fujino. 1977. Sterol Lipids in rice bran. Cereal Chem. 54:997.
12- Lawson, H.1994. Food oils and Fats-Chapman and Hall. An International thomson Publishing Company. NewYork.P:70.
13- Loeb, J.R. and R.Y.Mayne. 1952.Effect of moisture on the microflor and formation of rice fatty acid in rice bran. Ceral chem.29:163.
14- Luh,B.S.1991. Rice production and utilization. Avi Publishing Company, Inc. Westprot. Connecticut. USA. Vol:2. P: 51- 390.
15- Marinus,C. 1956.Nutrients in rice bran and rice polish and improvement of protein quality with amino acids.J. Agri.Food Chem. 4:170-171.
16- Nasirullah,A., M.N.Krishamurthy and K.V.Nagaraja.1989. Effect of Stabilization on the quality characteristics of rice bran oil. JAOCS. 66:661-663.
17- Pillaiyar,P. 1988. Rice post production mannual. Paddy Processing Research Centre. Tiruvarur Tamil Nadu, India. P:372-411.
18- Prabhakar, J.V and K.V.l.Venkatesh. 1986. A simple chemical method for stabilization of rice bran. JAOCS. 63: 644-646.
19- Proctor,V.M.,M.Jackson and P.K.Clark.1994.Rapid equilibrium extraction of rice bran oil at ambient temperature.JAOCS:71:1295.
20- Rice , R. D., L. S. Wel., M.P.Steinberg and A.L.Nelson. 1981. Effect of enzyme inactivation on the extracted soybean meal and oil . JAOCS . May . P:578-583
21- Sastry , B.S ., Ramakrishna and M.R.Raghavendra Rao . 1977 . Localization of lipase in the rice bran . J.Food Sci.Tech. 14:273-274.
22- Salunkhe , D. K., Chavan ., R.N. Adsule and S.S. Kadam. 1992 . Wold oilseed chemistry , technology and utilization . Van Nostrand Reinhold . New York. P:424-448.
23- Schultz , W. G., R.M . Saunders., R.V. Enochian ., P.R. Crowley and E.C. Beagle . 1980 . Rice bran stabilization by extrusion cooking proceeding. Eighteenth Rice Technical Working Group Davis California . June . P:17-19.
24- Surrey . K . 1963 . Spectrophotometric method for determination lipoxidase activity . Plant Physio. 39:65-70.
25- Swern , D. 1973 . Baileys industrial oil and fat products . Jhon Wiley and Son , New York . 1:841.
26- United nations industrial development organization . 1985 . Rice bran an under utilized raw material united nation . New York . P:50-298.