وزارت جهاد کشاورزی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات علوم باغبانی

پژوهشکده پسته

پژوهشکده پسته

مروری بر فنولوژی پس از برداشت پسته

نگارنده:

نجمه پاکدامن

عضو هیات علمی پژوهشکده پسته

۱۳۹۵

نام نشریه:مروری بر فیزیولوژی پس از برداشت پسته

نویسندگان:نجمه پاکدامن

ناشر: شورای انتشارات پژوهشکده پسته

ویراستاران علمی:مهدی بصیرت، علی تاج‌آبادی‌پور، بهمن پناهی، احمد شاکر اردکانی، رضا صداقت، امیرحسین محمدی

ویراستار ادبی:احمد شاکر اردکانی

چاپ اول: ۱۳۹۵

تیراژ: ۱۰۰۰ جلد

امور فنی: فاطمه کاظمی-غلامرضاابارقی

مسئولیت صحت مطالب با نویسنده است.

شماره ثبت در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی ۵۰۹۱۳ به تاریخ۹۵/۱۰/۵ می باشد.

قیمت:

نشانی: رفسنجان، میدان شهید حسینی، پژوهشکده پسته

صندوق پستی: ۴۳۵-۷۷۱۷۵

پژوهشکده پسته

فهرست مطالب

عنوان صفحه

مقدمه ۱

ماندگاریپسته ۲

اکسیداسیونلیپیدها ٤

آلودگی‌هایقارچی ٥

راهکارهاییبرایافزایشماندگاریپسته ۱۱

۱- بسته‌بندی ۱۱

الف) بسته‌بندیپلاستیکی ۱۲

ب) بسته‌بندیفلزی ۱۳

ج) بسته‌بندیبااتمسفراصلاح‌شده ۱۴

د) بسته‌بندیآنتی‌میکروبی ۱۵

ه) بسته‌بندیباپلیمرهایزیستی ۱۷

۲- پوششخوراکی ۱۸

۳- تابشاشعه ۱۹

٤- اُزناسیون ۲۰

جمع‌بندینهاییوپیشنهاداتکاربردی ۲۱

منابعومآخذ ۲۱

پژوهشکده پسته

مقدمه

فیزیولوژی پس از برداشت، شاخه‌ای از فیزیولوژی گیاهی است که تغییرات متابولیکی را در بافت گیاهی با جداشدن از گیاه مادری و در پی توزیع، نگهداری تا هنگام مصرف بررسی می‌کند. این دانش با گیاه و نیز اندام‌های گیاهی مثل دانه‌ها ومیوه‌ها مرتبط می‌باشد و به نگهداری بهتر محصول و بالابردن عمر انباری، کاهش ضایعات و سهولت عملیات جابجایی می‌پردازد(جلیلی مرندی، ۸۷). یکی از مهمترین دانه‌های آجیلی در سطح دنیا، پسته(*Pstacia vera* L.) می‌باشد که به دلیل ارزش غذایی بالا و همچنین پوسته شکافته خود، از محبوبیت ویژه‌ای در میان مصرف‌کنندگان برخوردار است و به‌صورت خام، بوداده و یا شور مصرف می‌شود (روسنگارتن، ۲۰۰۴؛ عباس *و همکاران*، ۲۰۱۰؛ توکلی‌پور *و همکاران*، ۲۰۱۶).

این گیاه نیمه‌گرمسیری، مقاوم به کم‌آبی و خشکی است و بعد از خرما، مقاوم‌ترین درخت در برابر شوری محسوب می‌شود (ابریشمی، ۱۳۷۳). پسته در کشورهایی با اقلیم گرم و خشک کشت می‌گردد و ایران، ایالات متحده، ترکیه، ایتالیا و سوریه، به‌ترتیب مهمترین کشورهای تولیدکننده پسته می‌باشند (فائواستات، ۲۰۱۴).

مطالعات اخیر نشان می‌دهند که پسته خواص درمانی مختلفی دارد، ازجمله آنکه موجب کنترل سطح کلسترول خون می‌شود و تأثیر مثبتی بر بیماری‌های قلبی عروقی دارد (تسانتیلی *و همکاران*، ۲۰۱۱).این محصول منبع خوبی برای عناصر معدنی مانند پتاسیم، فسفر، کلسیم، منیزیم و آهن، ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها محسوب می‌شود (کورنستینر *و همکاران*، ۲۰۰۶؛ آرنا *و همکاران*، ۲۰۰۷؛ آرکان و یمنیکیوگلو، ۲۰۰۹؛ تسانتیلی *و همکاران*، ۲۰۱۱).

ازجمله مشکلاتی که بر سر راه ذخیره و انبارداری پسته وجود دارد، درصد بالای رطوبت (در پسته تازه) و چربی می‌باشد که این محصول را در معرض فساد قرار می‌دهد و همین امر اهمیت فیزیولوژی پس از برداشت را بیشتر مشخص می‌کند(جلیلی مرندی، ۸۷). لذا در این نشریه سعی بر آن

پژوهشکده پسته

شده است تا با شناخت و معرفی فرآیندهای مؤثر در کاهش مرغوبیت پسته، راهکارهایی جهت جلوگیری از فساد، افزایش عمر انباری و حفظ ارزش غذایی و کیفیت محصول ارائه گردد.

ماندگاری پسته

باوجود اهمیت غذایی و ارزش اقتصادی چشمگیر پسته، مشکلات زیادی بر سر راه تولید، بازاریابی و فروش آن وجود دارد. ضمن این‌که عرضه محصول پسته به دو صورت تازه و خشک صورت می‌گیرد، نگهداری پسته در انبار و صادرات آن تاکنون به‌صورت خشک بوده و فروش پسته تازه، تنها به بازارهای محلی و اطراف محدود است (شاکر اردکانی، ۱۳۸۷).

همان‌گونه که در جدول ۱ نشان داده‌شده است، ترکیب شیمیایی پسته شامل حدود ۵۸ درصد لیپید، ۱۸ درصد پروتئین و ۱۶ درصد کربوهیدرات است (کمانگر و فرسام، ۱۹۷۷؛ ساتیل *و همکاران*، ۲۰۰۳؛ تسانتیلی *و همکاران*، ۲۰۱۱). بنابراین پسته جزء دانه‌های چرب محسوب می‌شود و بخش عمده اسیدهای چرب آن به‌صورت غیراشباع (۸۹ درصد کل اسیدهای چرب) می‌باشد. همین امر موجب می‌شود که این محصول نسبت به اکسیداسیون لیپیدها، فساد و آلودگی قارچی، بسیار مستعد گردد و درنتیجه مدت زمان ماندگاری آن (به‌ویژه پسته تازه) در انبار کاهش پیدا کند (توکلی‌پور، ۲۰۱۵).

پژوهشکده پسته

جدول ۱: ترکیب شیمیایی و گستره اسیدهای چرب در پسته

ترکیب شیمیایی[۱]	درصد
رطوبت	۲/۴-۵/۱
پروتئین	۲۱-۱۵/۲
لیپید	۵۵/۶۰-۲/۵
کربوهیدرات	۱۴/۱۷-۹/۷
فیبر	۱/۲-۷
مواد معدنی	۲/۲-۲/۵

اسیدهای چرب[۲]	درصد
اسید پالمتیک	۱۰/۱۱-۲۴/۲۰
اسید استئاریک	۰/۰-۷/۹
اسید پالمیتولئیک	۰/۰-۶/۷
اسید اولئیک	۵۲-۵۱
اسید لینولئیک	۲۶/۲۷-۷/۱
اسید لینولنیک	۰/۰-۳/۵

[۱] کمانگر و فرسام (۱۹۹۷)، [۲] ساتیل و *همکاران* (۲۰۰۳) و تسانتیلی و *همکاران* (۲۰۱۱).

پژوهشکده پسته

اکسیداسیون لیپیدها

بخشی ازفرآیندتخریب مغز پسته و کاهش کیفیت و عمر مفید آن در طی نگهداری در انبار به اکسیداسیون لیپیدها نسبت داده‌شده است. این نوع اکسیداسیون وابسته به تغییرات فصلی هوا (دما و رطوبت نسبی) بوده و تعداد باندهای غیراشباع، یکی از فاکتورهای مؤثر بر آن می‌باشد (بونوهی و کول، ۱۹۹۳؛ توکلی‌پور و کلباسی-اشتری، ۲۰۰۸؛ آرنا *و همکاران*، ۲۰۱۳).لیپیدهای موجود در پسته با غلظت ۶۰/۵-۵۵/۲ درصد از دو بخش اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع تشکیل یافته‌اند. ضمن اینکه غلظت کل اسیدهای چرب اشباع، شامل‌اسید پالمتیک (۲۴/۲۰-۱۰/۱۱ درصد)، اسید استئاریک(۷/۹-۰/۰ درصد) و اسید پالمیتولئیک (۶/۷-۰/۰ درصد) کمتر از ۱۲٪ است، غلظت اسیدهای چرب غیراشباع ازجمله اسید اولئیک (۵۱-۵۲ درصد)، اسید لینولئیک (۷/۱-۲۶/۲۷ درصد) و اسید لینولنیک به حدود ۸۹ درصد می‌رسد (جدول ۱) (کمانگر و فرسام، ۱۹۷۷؛ ساتیل *و همکاران*، ۲۰۰۳؛ تسانتیلی *و همکاران*، ۲۰۱۱؛ توکلی‌پور، ۲۰۱۵). جالب‌توجه است که ۳۰ درصد این اسیدهای چرب، به‌صورت زنجیره‌های اشباع‌نشده[1] هستند که نشان‌گر ارزش غذایی بالای پسته است (توکلی پور، ۲۰۱۵).درواقع طی ذخیره‌سازی، اکسیژن موجود در محیط به‌راحتی با اسیدهای چرب غیراشباعو به‌ویژه زنجیره‌های اشباع‌نشده موجود در پسته واکنش می‌دهد و ترکیبات حاصل از این فرآیند می‌توانند موجب ایجاد طعم و عطر نامطلوب شوند (توکلی پورو *همکاران*، ۲۰۱۶).مهم‌ترین واکنش‌های شیمیایی پسته (به‌ویژه فوتواکسیداسیون، اتواکسیداسیون و اکسیداسیون توسط آنزیم لیپوکسیژناز) به کمک مکانیسم‌های مختلف در طی مرحله ذخیره‌سازی رخ می‌دهند. اتواکسیداسیون لیپیدهای پسته، درواقع یک واکنش زنجیره‌ای است که به مراحل شروع، ادامه، انشعاب و خاتمه منتهی می‌شود (فنما، ۲۰۰۷). از طرفی دیگر، کلروفیل موجود در این محصول (حدود ۳۰mg/۱۰۰g)در حضور نور به فرم فعال و برانگیخته تبدیل می‌شود که قادر است فوتواکسیداسیون لیپیدها را آغاز و تسریع نماید (تاب و سینگ، ۱۹۹۷؛ بلیتز *و همکاران*، ۲۰۰۹). علاوه بر این، آنزیم فعال لیپوکسیژناز موجود در پسته موجب تسریع فرآیند اکسیداسیون اسیدهای چرب و تشکیل

[1]Polyunsaturated fatty acids

هیدرو-پروکسیدها می‌گردد. این آنزیم همچنین اسید لینولئیک (۱۸:۲ با سیستم ۱-سیس،۴-سیس-پنتادی‌ان[1])موجود در لیپیدهای پسته را اکسید نموده و آن را به فرم پراکسیدهای مزدوجسیس/ترانس[2] درمی‌آورد (فاروق گاملی و های‌اغلو، ۲۰۰۷؛ بلیتز و *همکاران*، ۲۰۰۹). بنابراین رادیکال‌های جدید برای جذب اکسیژن افزایش می‌یابند و به مولکول‌های مونو-هیدروپراکسید[3] تبدیل می‌شوند (فنما، ۲۰۰۷؛ بلیتز و *همکاران*، ۲۰۰۹).

اکسیداسیون لیپیدها در طی چندین مرحله انجام می‌شود و اولین محصولات این فرآیند شامل پراکسیدها و اسیدهای چرب آزاد می‌باشند که طی فرآیند ذخیره‌سازی به‌تدریج مقدار آن‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۱) (فاروق گاملی و های‌اغلو، ۲۰۰۷). برخی فرآورده‌های ثانویه اکسیداسیون مانند مالون آلدئید (MDA) و ۴-هیدروکسی نوننال (4-HN) با اجزای بیولوژیکی و مواد غذایی نظیر پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه و DNA واکنش داده و موجب ایجاد جهش، پیری و سرطان در بدن می‌شوند (ابریشم چی و *همکاران*، ۱۳۸۱). شووع اکسیداسیون لیپید معمولاً کند است و با سرعت نسبتاً ثابتی انجام می‌شود، این زمان به‌عنوان زمان القاء شناخته‌شده است. در پایان زمان القاء، زمانی که مقدار پراکسید به سطح مناسبی می‌رسد، سرعت اکسیداسیون به‌صورت تصاعدی افزایش می‌یابد. در این زمان یا بعد از آن، عطر و طعم نامناسب در محصول پدیدار می‌شود و همچنین تغییر سایر خواص حسی و ارزش تغذیه‌ای، تخریب اسیدهای چرب ضروری و ویتامین‌های محلول در چربی رخ می‌دهد(صداقت، ۱۳۸۳).

آلودگی‌های قارچی

پسته به‌عنوان یک بستر مناسب برای رشد گونه‌های متعدد کپک‌ها ازجمله *Aspergillus flavus* Link:Fr و *A. Parasiticus* Spear شناخته‌شده است (گونزالس و *همکاران*، ۲۰۰۵؛ کاستارلو و *همکاران*، ۲۰۱۴).درواقع قارچ‌های آسپرژیلوس (شکل ۲) تمایل زیادی برای رشد بر روی

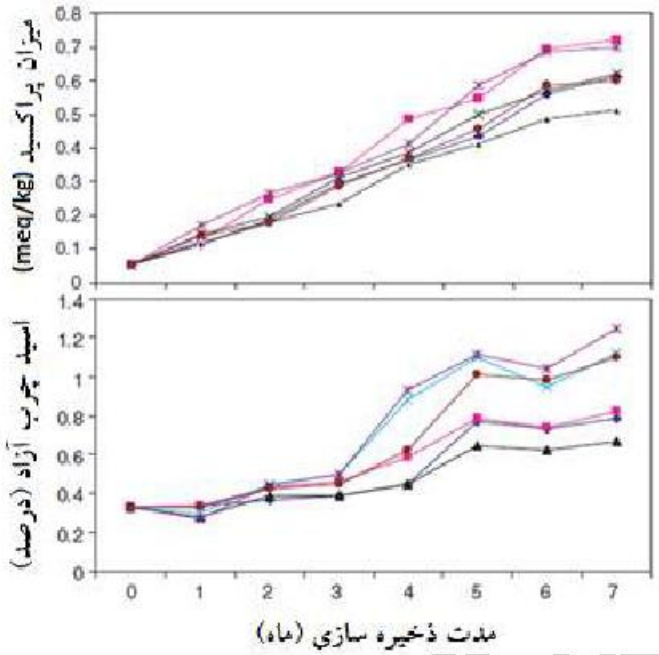
[1] 1-cis,4-cis-pentadiene

[2] Cis/trans conjugated peroxides

[3] Mono-hydro-peroxide

دانه‌ها و بذرهای روغنی دارند و این امر به دلیل محتوای بالای لیپید و کربوهیدرات آن‌ها است. اسپور این قارچ‌ها در هوا، خاک و محیط‌های کشاورزی وجود دارد (کمپبل *و همکاران*، ۲۰۰۳) و در دماهای $^{\circ}C$ ۱۰-۴۵ قادر به رشد می‌باشند و بهترین دما برای آن‌ها، $^{\circ}C$ ۲۵-۲۸ است (فائو، ۲۰۰۱؛ روبنس وکاردول، ۲۰۰۵). رشد و توسعه قارچ‌های *A. flavus* و *A. parasiticus* بر روی پسته و سایر دانه‌های چرب، موجب تولید آفلاتوکسین می‌شود که مهلک‌ترین سم قارچی شناخته‌شده است و می‌تواند مشکلات جدّی را برای انسان و حیوان به‌وجود بیاورد (بنت و کلیچ، ۲۰۰۳؛ شفرد، ۲۰۰۳؛ السنهوتی *و همکاران*، ۲۰۱۴؛ رستگار *و همکاران*، ۲۰۱۷). آفلاتوکسین‌ها درواقع یکسری مولکول‌های چربی‌دوست هستند که قادرند در کبد تجمع پیدا کنند و به‌تدریج غلظت آن‌ها در سلول‌های هپاتوسیت کبد افزایش می‌یابد و موجب بروز سرطان می‌گردد (رستگار *و همکاران*، ۲۰۱۷). انواع مختلفی از آفلاتوکسین وجود دارد که به‌ترتیب میزان سرطان‌زایی به‌صورت $B1 > G1 > B2 > G2$ می‌باشند، به‌گونه‌ای که آفلاتوکسین B1(AFB1)، مهلک‌ترین نوع آن‌ها است (کالو، ۲۰۰۱).

پژوهشکده پسته



شکل ۱: مقدار پراکسید و اسیدهای چرب آزاد در طی ذخیره‌سازی پسته (فاروق گاملی و های‌اوغلو، ۲۰۰۷)

شکل ۲: قارچ آسپرژیلوس

پژوهشکده پسته

درواقع مکانیسم عمل بدین صورت است که AFB1 توسط سیتوکروم P450 (در زنجیره انتقال الکترون)، به ترکیبات فعال AFB1-۸و۹-اگزواپوکساید[1] و AFB1-۸و۹-اندواپوکساید[2] تبدیل می‌شوند. این ترکیبات قادرند به مولکول DNA متصل شده و ۸و۹-دی‌هیدرو-۸-(N۷-گوانیل)-۹-هیدروکسی-(AFB1-N7-Gua)AFB1[3]را به‌وجود آورند (شکل ۳) (ویلد و ترنر، ۲۰۰۲). سایر متابولیت‌ها، ازجمله AFQ1، AFM1 و AFP1نیز از AFB1 منشأ می‌گیرند. این متابولیت‌ها و دیگر آفلاتوکسین‌های طبیعی (G1، B2 و G2)، ترکیبات ضعیف‌تری برای آپوکسیداسیون و در نتیجه جهش‌زایی و سرطان‌زایی می‌باشند (شکل ۳).

آلودگی‌های قارچی تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند فعالیت آب (a_w)، دما (T)، بستر و یا pH قرار می‌گیرند (داسیلوا و *همکاران*، ۲۰۰۴؛ اسورمندی و *همکاران*، ۲۰۱۵؛ لاهور و *همکاران*، ۲۰۱۶). با این حال، مطالعات نشان می‌دهند که وجود آب، به‌عنوان مهمترین فاکتور می‌باشد که بر جوانه‌زنی و رشد قارچ‌ها اثر می‌گذارد.

در پسته تازه، پوست نرم میوه[4] شامل پوست رویی[5] و پوست میانی[6]، نقش بسیار حیاتی در حفظ مغز برای جلوگیری از آلودگی آن به قارچ‌ها و حشرات ایفا می‌کند (شکل ۴). این موضوع به‌ویژه بعد از رسیدن محصول که معمولاً در پوست استخوانی[7] ترکیدگی (خندانی) ایجاد می‌شود، اهمیت پیدا می‌کند (باتیلانی، ۲۰۱۰).

در پسته از زمان رشد مغز تا مرحله بعد از رسیدن، دو نوع ترکیدگی در پوست نرم به‌وجود می‌آید (دوستر و میچایلیدس، ۱۹۹۵):

---

[1] AFB1-8,9-exo-epoxide

[2] AFB1-8,9-endo-epoxide

[3] 8,9-dihydro-8-(N7-guanyl)-9-hydroxy-AFB1

[4] Hull

[5] Pericarp

[6] Mesocarp

[7] Shell

۱- زود خندانی[1] که پوست نرم در راستای محل خندانی پوست استخوانی شکافته می‌شود. این حالت عموماً در میوه‌های نارس دیده می‌شود و این گروه از میوه‌ها را اصطلاحاً "غیرطبیعی[2]" می‌خوانند.

۲- ترکیدگی در قسمت‌های مختلف پوست رویی اتفاق می‌افتد. این نوع ترکیدگی در میوه‌های "طبیعی[3]"، بعد از مرحله بلوغ فیزیولوژیکی[4] و رسیدن میوه به‌وجود می‌آید.

پدیده زودخندانی ازجمله مهمترین عواملی است که می‌تواند شرایط آلودگی پسته به آفلاتوکسین را فراهم نماید (شکل ۵). از طرفی، خسارت پرندگان و حشرات به میوه پسته نیز می‌تواند موجب پاره شدن پوست رویی آن و در نتیجه تسهیل آلودگی‌های قارچی گردد (پیت و *همکاران*، ۲۰۱۳).

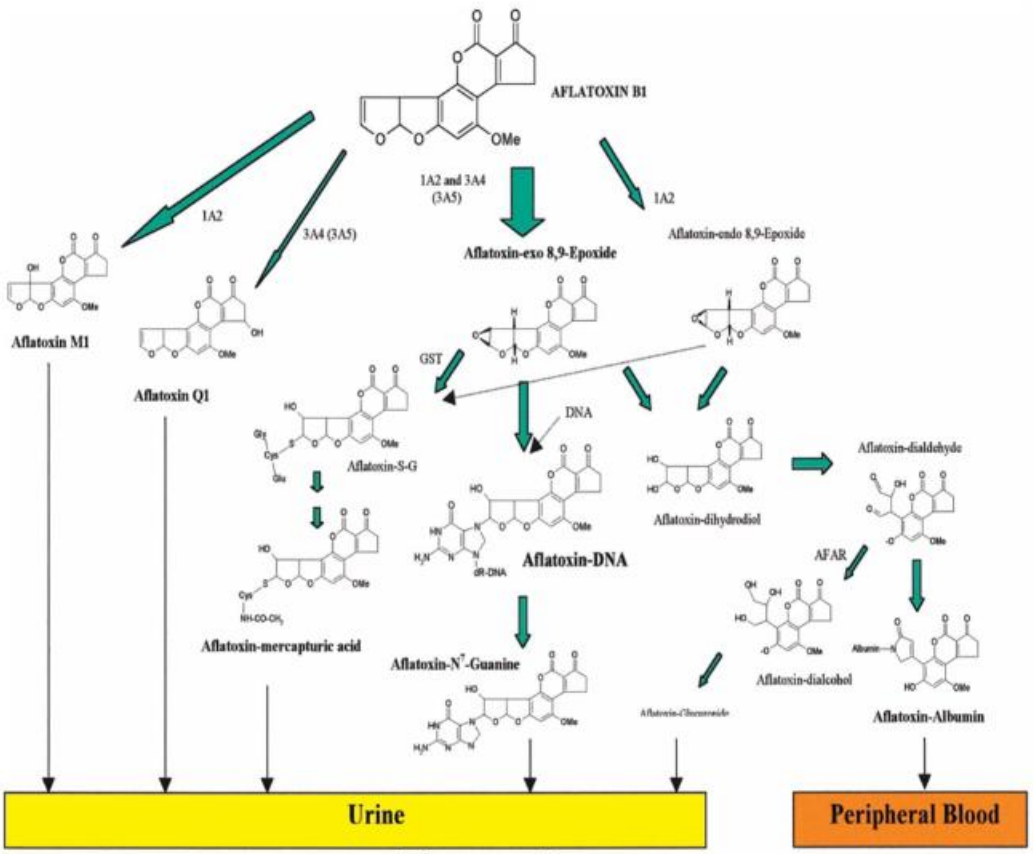
پژوهشکده پسته

[1]Early splitting

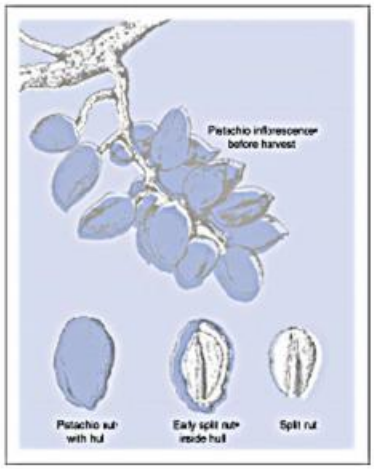
[2]Atypical

[3]Normal nuts

[4] Physiological maturity

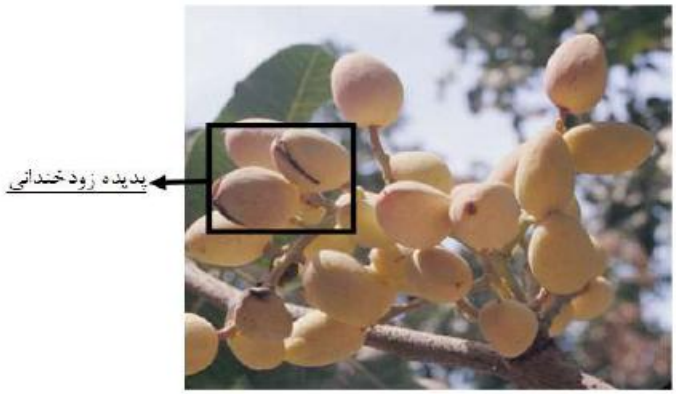


شکل ۳: متابولیسم اصلی آفلاتوکسین B1 در تولید بیومارکرها و متابولیت‌های فعال. 1A2، CYP1A2؛ 3A5، CYP3A5؛ GST، گلوتاتیون-S-ترانسفراز؛ AFAR، آفلاتوکسین آلدئید ردوکتاز؛ Aflatoxin-S-G، ترکیب آفلاتوکسین-گلوتاتیون (ویلد و ترنر، ۲۰۰۲).



شکل ۴: حفاظت مغز پسته توسط پوست خارجی در مقابل آلودگی‌های قارچی و حشرات

بدون بسته



شکل ۵- عارضه زودخندانی (این پدیده موجب تسهیل رشد قارچ‌های آسپرژیلوس بر روی محصول پسته می‌شود).

راهکارهایی برای افزایش ماندگاری پسته

مهار کامل اکسیداسیون لیپیدها (به دلیل وجود اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع مختلف) و آلودگی‌های قارچی (به دلیل درصد بالای چربی موجود در پسته و همچنین پراکندگی اسپور قارچ‌ها در محیط) امکان‌پذیر نمی‌باشد. با این‌حال، با فراهم‌سازی شرایط مناسب ذخیره‌سازی و بازرسی منظم و پیوسته،می‌توان واکنش‌های مزبور را به حداقل ممکن رساند (توکلی پورو *همکاران*، ۲۰۱۶).

۱- بسته‌بندی

به‌طورکلی، بسته‌بندی به منظور حفظ کیفیت و سلامت محصولات در طی ذخیره‌سازی و جابجایی آن‌ها صورت می‌گیرد. بسته‌بندی مواد غذایی بایستی مانع ورود و یا خروج رطوبت و همچنین آلودگی‌های میکروبی شود و علاوه بر ویژگی‌های مکانیکی، نوری و گرمایی، همانند سدی در برابر نفوذ بخار آب، اکسیژن، دی‌اکسیدکربن و سایر ترکیبات فرار مانند عطر و تانن عمل کند (شکل ۶) (سوپاکول و *همکاران*، ۲۰۰۳؛ ماوریلو و *همکاران*، ۲۰۰۵؛ مارش و بوگسو، ۲۰۰۷؛ ریم و *همکاران*، ۲۰۱۳). بنابراین به دلیل جنبه‌های سلامتی و ماندگاری کم مواد غذایی، نسبت به بسته‌بندی سایر محصولات بادوام مانند وسایل منزل و الکترونیکی و ...، کاملاً متفاوت استدرواقعبسته‌بندی مواد غذایی تنها به‌عنوان یک پوشش مطرح نمی‌باشد، بلکه یک حصار با برخی عملکردهای خلاقانه است (ریم و *همکاران*، ۲۰۱۳).

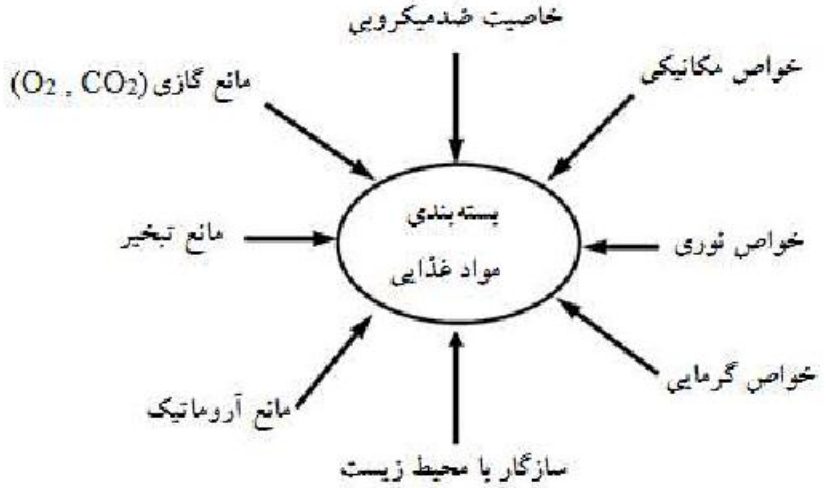
پژوهشکده پسته

بسته به نوع مواد غذایی؛ مواد اولیه مختلفی مانند کاغذ و مقوا، پلاستیک، فلز، و ترکیبی از مواد با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مختلف، برای تحقق کارکردها و الزامات بسته‌بندی، مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، همچنان تلاش بر این است که بسته‌بندی‌های جدید برای افزایش کارآیی در حفظ کیفیت مواد غذایی و بهبود مراحل فرآوری و استفاده نهایی مورد ارزیابی قرار گیرد (ریم و *همکاران*، ۲۰۱۳).

الف) بسته‌بندی پلاستیکی

از میان چهار نوع ماده اصلی برای بسته‌بندی، نوع پلاستیکی بیشترین استفاده را از اواسط قرن بیستم به بعد داشته است. دلیل آن نیز به‌علت ارزان بودن و سهولت در استفاده به همراه ویژگی‌های فرآوری مناسب، زیبایی، و همچنین خواص فیزیکی-شیمیایی منحصربه‌فرد آن می‌باشد (ریم و *همکاران*، ۲۰۱۳). راعی و جعفری در سال ۲۰۱۱ از مواد مختلفی (سلوفان، پاکت‌های ۲ و ۳ لایه و همچنین قوطی‌های فلزی) برای بسته‌بندی پسته خشک استفاده کردند و اثر آن‌ها را به همراه دماهای مختلف (۲۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد) بر ماندگاری محصول مورد ارزیابی قراردادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که افزایش دما و مدت ذخیره‌سازی موجب کاهش کیفیت پسته می‌شود. همچنین پاکت‌های پلاستیکی دولایه نقش مؤثرتری، نسبت به سایر بسته‌بندی‌ها، در جلوگیری از نفوذ اکسیژن و حفظ کیفیت چربی پسته داشت.

پژوهشکده پسته



شکل ۶: ویژگی‌های عمومی موردنیاز برای بسته‌بندی مواد غذایی (ریم *و همکاران*، ۲۰۱۳).

ب) بسته‌بندی فلزی

در این نوع بسته‌بندی، پسته در قوطی‌های فلزی بسته‌بندی می‌شود و در بسیاری از کشورهای دنیا به فروش می‌رسد اما بیشترین حجم فروش آن در کشورهای عربی است. این قوطی‌ها از جنس ورق‌های فولادی با پوشش کروم(Tin Free Steel یا TFS) و ورق‌های فولادی با پوشش قلع(Tin Plate یا TP) ساخته می‌شوند.جدار داخلی قوطی ممکن است با ترکیبات اپوکسی-فتولیک پوشانده شود و همچنین استفاده از گاز خنثی نظیر ازت می‌تواند زمان ماندگاری محصول را در این قوطی‌ها افزایش دهد (/روش-های-بسته-بندی پسته/http://karafarin24.com، ۱۳۹۵).

در تحقیقی که توسط توکلی پور در سال ۲۰۱۵ انجام گرفت، بسته‌بندی‌های پلاستیکی (سلوفان، نایلون با شرایط معمولی و نایلون با خلأ) و فلزی (قوطی فلزی با شرایط معمولی و خلأ) باهم مقایسه شدند. نتایج نشان داد که پسته‌هایی که در سلوفان بسته‌بندی‌شده بودند درواقع مانند ذخیره‌سازی توده‌ای عمل می‌کردند و به‌راحتی تحت تأثیر عوامل محیطی قرارگرفته و رطوبت خود را از دست می‌دادند. این امر به دلیل خاصیت سدکنندگی ضعیف سلوفان دربرابر رطوبت بود (شکل ۷). همچنین نتایج مبین آن بودند که بیشترین و کمترین افزایش پراکسید، به‌ترتیب در نمونه‌های داخل سلوفان و

نایلون با خلأ بود. افزایش بیشتر پراکسید در سلوفان را می‌توان به نفوذپذیری بیشتر آن به گازهایی مانند O_2 و دسترسی بیشتر به اکسیژن در مقایسه با بسته‌بندی با خلأ نسبت داد. ضمن این که، پسته‌های بسته‌بندی‌شده در قوطی فلزی نیز میزان پراکسید بالایی داشتند که نشان‌گر عدم ممانعت‌کنندگی مناسب این قوطی‌ها در برابر اکسیژن و حتی بخارآب است. برخی محققان همچنین از بسته‌بندی‌های دیگری، مانند فیلم‌های فلزی و فیلم‌های پنج لایه با گازهای N_2/CO_2 و شرایط خلأ استفاده کردند که کیفیت محصول پسته و ماندگاری آن را افزایش دادند.

ج) بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده

یکی از مؤثرترین سامانه‌های بسته‌بندی برای محصولات باغی بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح‌شده است. بسته‌بندی در شرایط مناسب اتمسفری می‌تواند رشد میکروارگانیسم‌ها را به‌طور مؤثری کنترل نماید. کاهش سطح اکسیژن تکثیر میکروارگانیسم‌های هوازی را به تأخیر می‌اندازد و همچنین غلظت بالای دی‌اکسیدکربن نیز در کاهش رشد اکثر میکروارگانیسم‌های هوازی به‌ویژه باکتری‌های گرم منفی و قارچ‌ها کاملاًمؤثر می‌باشد (برکت، ۲۰۰۶). این نوع بسته‌بندی اغلببرای محصولاتی که در معرض هوا به سرعت فاسد می‌شوند، استفاده می گردد (کالیب و *همکاران*، ۲۰۱۳). در یک مطالعه که در سال ۲۰۱۱ توسط شایان‌فرو *همکاران* انجام شد، اثر بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده و شرایط جوی متفاوت بر ماندگاری و کیفیت پسته تازه مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق، پسته‌های تازه به مدت ٤٢ روز در دمای ٥درجه سانتی‌گراد و در بسته‌بندی پلی‌پروپیلن[1] با سه شرایط جوّی (۱۰ درصد O_2، ۲۰ درصدCO_2و ۷۰ درصدN_2؛ ۱۰۰ درصدCO_2؛ و اتمسفر محیط) قرار گرفتند. نتایج آزمایشات نشان داد که کاهش مقدار O_2و افزایش CO_2در اتمسفر، وزن، شاخص قهوه‌ای شدن و آلودگی‌های قارچی را کم می‌کند. درواقع ماندگاری پسته تازه در بسته‌بندی‌هایی با ۱۰۰ درصدCO_2بیشتر از ۱۰ درصدO_2، ۲۰ درصدCO_2و ۷۰ درصدN_2بود.

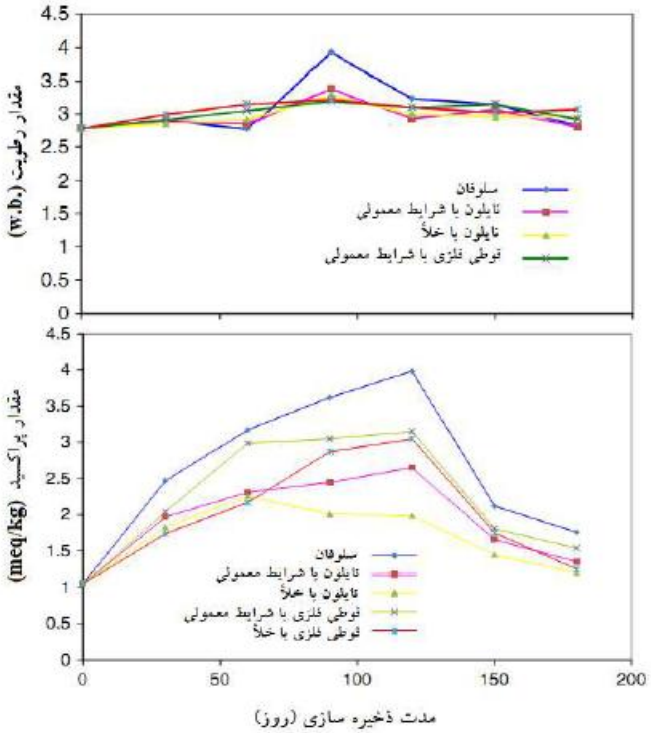
[1]Poly propylene

د) بسته‌بندی آنتی‌میکروبی

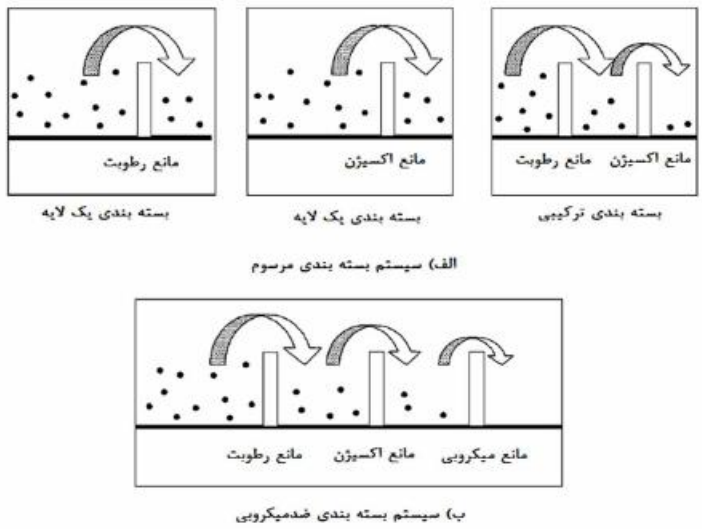
در بسته‌بندی‌های آنتی‌میکروبی، با افزودن ترکیبات فعال به سیستم بسته‌بندی و یا استفاده از پلیمرهای فعال کاربردی، ویژگی‌هایی فراتر از خواص ممانعتی پایه‌ای حاصل می‌شود (اپندینی و هاچکیس، ۲۰۰۲). در این نوع بسته‌بندی‌ها، رشد میکروارگانیسم‌های عامل فساد در محصولات، ممانعت و یا مهار می‌شود. به‌طورکلی اساس روش‌های نگه‌داری سنتی و بسته‌بندی آنتی‌میکروبی، فناوری ممانعتی است (شکل ۸) (هان، ۲۰۰۳).

نقره یکی از عوامل ضدمیکروبی است که در مقایسه با برخی عوامل دیگر، اثرات سوء کمتری بر سلامتی انسان دارد. بنابراین استفاده از نانوذرات نقره موجب حفظ مواد غذایی با رطوبت بالا در برابر آلودگی‌های میکروبی می‌گردد (شارما و *همکاران*، ۲۰۰۹). با توجه به این‌که پسته، به‌ویژه نوع تازه آن، به‌شدت در معرض آلودگی‌های قارچی و تولید آفلاتوکسیناست، استفاده از نانوذرات نقره در بسته‌بندی‌ها می‌تواند به کنترل آلودگی و افزایش ماندگاری پسته کمک شایانی نماید (http://Gtalk.ir/، ۲۰۱۲؛ پیرو موسوی و *همکاران*، ۲۰۱۶).

پژوهشکده پسته



شکل ۷: مقدار رطوبت (نمودار بالا) و پراکسید (نمودار پایین) موجود در مغز پسته با بسته‌بندی‌های مختلف (توکلی‌پور ، ۲۰۱۵)



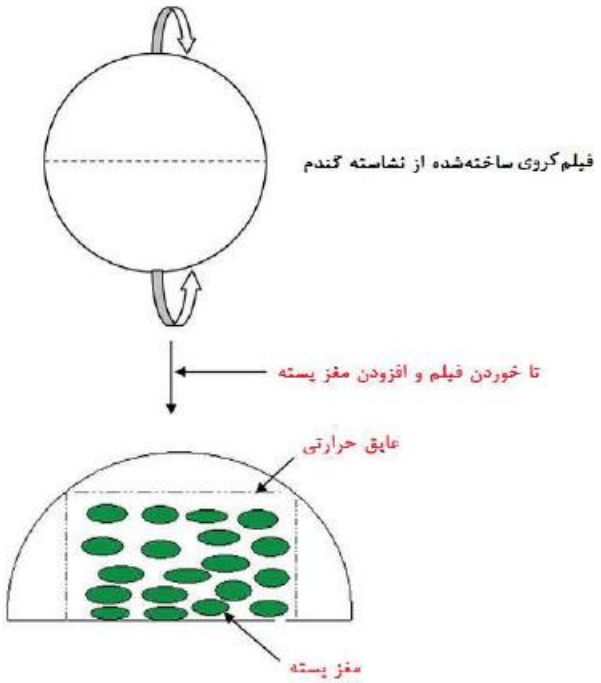
شکل ۸: فناوری ممانعتی در سیستم بسته‌بندی مرسوم (الف) در مقایسه با سیستم بسته‌بندی آنتی‌میکروبی (ب) (هان، ۲۰۰۳)

۵) بسته‌بندی با پلیمرهای زیستی[1]

موضوعی که در مورد پوشش‌های بسته‌بندی حائز اهمیت است، تجزیه‌پذیر بودن در مدت‌زمان قابل‌قبول پس از عمر مفید آن‌ها است. با توجه به نگرانی‌های روزافزون در مورد مسائل زیست-محیطی و منابع طبیعی فناپذیر که به‌واسطه کاربرد بسته‌بندی‌های پلاستیکی غیرقابل تجزیه وجود دارد، نیاز به استفاده از ترکیبات قابل بازیافت (پلیمرهای زیستی) افزایش می‌یابد (ریم *و همکاران*، ۲۰۱۳).بنابراین فیلم‌های خوراکی ساخته شده از ترکیبات زیستی تجزیه‌پذیر موردتوجه جهانی قرارگرفته‌اند. کاربرد این فیلم‌ها موجب افزایش ماندگاری و بهبود کیفیت مواد غذایی، مهار اکسیداسیون لیپیدی و کاهش تولید ترکیبات مصنوعی در صنعت بسته‌بندی می‌شوند. معمولاً پلیمرهای زیستی مورداستفاده در فیلم‌های خوراکی، از پروتئین‌ها، پلی‌ساکاریدها، لیپیدها و/یا رزین‌های خوراکی منشأ می‌گیرند و در این میان پلی‌ساکاریدها بیشترین توجه را به خود معطوف کرده‌اند (موریلون *و همکاران*، ۲۰۰۲؛ فابرا *و همکاران*، ۲۰۰۸؛ جوانمرد *و همکاران*، ۲۰۰۹؛ راموس *و همکاران*، ۲۰۱۲). جوانمرد*و همکاران* در سال ۲۰۰۹ از فیلم نشاسته گندم برای بسته‌بندی پسته خشک استفاده کردند (شکل ۹). مطالعات آن‌ها نشان داد که چنین فیلم‌هایی، جذب آب توسط محصول و همچنین تولید پراکسید را کاهش داده و موجب افزایش ماندگاری پسته می‌شوند.

پژوهشگاه پسته

[1]Biopolymers



شکل ۹:مراحلبسته‌بندی مغز پسته در پاکت‌های خوراکی ساخته‌شده از نشاسته گندم (جوانمرد و همکاران، ۲۰۰۹).

۲- پوشش خوراکی

پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی علاوه بر اینکه در صنعت بسته‌بندی کاربرد دارند، گاهی به‌صورت مستقیم نیز بر روی دانه‌های آجیلی مانند پسته پوشانده می‌شوند. این پوشش‌ها می‌توانند حامل‌های مناسبی برای مواد فعال زیستی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد مغذی و ضدمیکروبی باشند. این مواد ماندگاری و کیفیت محصول را بهبود بخشیده و خطر رشد پاتوژن‌ها را کاهش می‌دهند (پرانوتو و همکاران، ۲۰۰۵؛ مشکانی و همکاران، ۲۰۱۳).

در سال‌های اخیر توجه ویژه‌ای به استفاده از پوشش‌های خوراکی به‌منظور افزایش پایداری اکسیداسیونی دانه‌های آجیلی صورت گرفته است. بررسی خصوصیات حسی و اکسیداسیونی بادام‌زمینی پوشش داده‌شده با ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر، اثر ایزوله‌ی پروتئین آب‌پنیر حاوی اسیدآسکوربیک بر کاهش سرعت اکسیداسیون بادام‌زمینی برشته و اثر ضدقارچی پوشش خوراکی کیتوزان بر ویژگی‌های ارگانولپتیکی و جذب رطوبت پسته‌ی خام ازجمله این پژوهش‌ها می‌باشند (لی

و کروچتا، ۲۰۰۲؛ مین و کروچتا، ۲۰۰۷).پوشش‌های پروتئینی نسبت به پلی‌ساکاریدها ازنظر ممانعت‌کنندگی در برابر نفوذ گازهای اکسیژن و دی‌اکسیدکربن برتری دارند (کروچتا، ۲۰۰۲). توکلی پورو *همکاران* (۱۳۸۹) اثر ضدمیکروبی پوشش خوراکی آب‌پنیر به همراه عصاره آویشن شیرازی را در پسته رقم اکبری بررسی نمودند. نتایج نشان داد که مقادیر بالاتر از ۵۰۰۰ پی‌پی‌ام عصاره آویشن شیرازی در پوشش خوراکی کنستانتره‌ی پروتئین آب‌پنیر، باعث جلوگیری از تولید آفلاتوکسین در مغز پسته می‌گردد.

ژلاتین مخلوط ناهمگنی از پروتئین‌های محلول در آب با وزن مولکولی بالا است که از کلاژن مشتق می‌شود (نیانی و خواجه رحیمی، ۲۰۱۲). ماتریکس ژلاتین محافظ خوبی در برابر رطوبت و اکسیژن است و درنتیجه می‌تواند ماندگاری محصولات پرچرب را افزایش دهد (آنتونیوسکی و *همکاران*، ۲۰۰۷).در تحقیقی که در سال ۱۳۹۲ توسط خشنودی‌نیا و صداقت انجام گرفت، اثر پوشش خوراکی ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان‌های اسیدآسکوربیک و پروپیل‌گالات را بر روی پایداری اکسیداسیونی و ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته مطالعه کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است که اکسیداسیون در نمونه‌های پوشش داده‌شده با ژلاتین حاوی آنتی‌اکسیدان، مخصوصاً اسیدآسکوربیک، کمتر از پسته‌های برشته‌شده‌ی بدون پوشش است. این نتایج توسط آنالیزهای حسی نیز تأیید شد. با استفاده از ترکیب هر دو آنتی‌اکسیدان در کنار هم باوجود این‌که اثر آنتی‌اکسیدانی پوشش را بهبود یافته اما تأثیر تشدیدکنندگی معنی‌داری دیده نشده است.

۳-تابش اشعه

درزمینهاستفاده از اشعه و اثر آن بر ویژگی‌های کیفی مواد غذایی، مطالعات زیادی صورت گرفته است (البشیر، ۲۰۰۴؛ گولگه و اُوا، ۲۰۰۸؛ مکزیس و کونتومیناس، ۲۰۰۹). تابش اشعه گاما، به‌دلیل توانایی آن در از بین‌بردن حشرات و مهار بیوسنتز سموم قارچی در طی انبارداری، می‌تواند به‌عنوان یک فناوری مؤثر در کنترل آفات پس‌ازبرداشت مطرح باشد (البشیر، ۲۰۰۴؛ سیریسونتارالاک و نومهورم، ۲۰۰۶؛ کاباک و دابسون، ۲۰۰۶). در تحقیقی که در سال ۲۰۱۴ توسط البشیر انجام شد، اثر اشعه گامابر پسته مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج نشان داد که در این روش، تعداد کل

باکتری‌ها و قارچ‌ها به کمتر از سطح قابل‌تشخیص (کمتر از $10\ CFU\ g^{-1}$) می‌رسد. تابش دوزهای ۱، ۲ و ۳ kGy اشعه گاما، بدون تغییر قابل‌ملاحظه‌ای در ویژگی‌های حسی (بافت، عطر و طعم)، کیفیت شیمیایی(اسیدهای چرب آزاد و pH) و یا در میزان رطوبت، پروتئین، قند و لیپید، به‌عنوان تیمار ضدمیکروبی پس‌از برداشت مناسب است. بیشترین دوز موردمطالعه در این تحقیق (۳ kGy)، به میزان کمی مقدار اسیدهای چرب و pH را کاهش داد.بررسی تأثیر تابش اشعه گاما بر کیفیت لیپید پسته نشان داد که تغییراتی در اسیدهای چرب آزاد رخ می‌دهد (البشیر، ۲۰۱۴). به گونه‌ای که مقداراسیداولئیک (C18:1) کاهش و اسیدلینولئیک (C18:2) افزایش می‌یابد و در سایر اسیدهای چرب تغییری مشاهده نشد. در دوزهای ۲ و ۳ kGly نیز مقدار اسیدیته و پراکسید کاهش می‌یابد. این نتایج مبین بهبود سلامت و افزایش ماندگاری پسته پس از تابش اشعه گاما است.

٤-اُزناسیون

با توجه به این‌که یکی از آلودگی‌های شایع محصول پسته، آلودگی به آفلاتوکسیناست، توسعه روش‌هایی برای سمیت‌زدایی و تجزیهآن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.اُزناسیون روشی است که برای فرآوری مواد غذاییو کنترل رشد قارچ‌ها و آلودگی‌های مایکوتوکسین مورداستفاده قرار می‌گیرد (کیم *و همکاران*، ۱۹۹۹؛ اکباس و اُزدمیر، ۲۰۰۶). در تحقیقی که توسط اکباس و اُزدمیر در سال ۲۰۰۶ انجام گرفت، اثر غلظت‌های مختلف اُزن (۵، ۷ و ۹ میلی‌گرم در لیتر) و مدت‌زمان تیماردهی (۱۴۰ و ۴۲۰ دقیقه) بر تجزیه آفلاتوکسین و همچنین بر خواص فیزیکوشیمیایی دانه و پودر پسته مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که کارآیی اُزن در تجزیه آفلاتوکسین پسته با افزایش غلظت و مدت‌زمان تیماردهی اُزن زیاد می‌شود. همچنین زمانی‌که بذر پسته به مدت ۴۲۰ دقیقه در معرض ۹میلی‌گرم در لیتر اُزن قرار گرفت، AFB_1 و آفلاتوکسین کل به ترتیب تا حدود ۲۳ و ۲۴ درصد کاهش یافت. هنگامی‌که پودر پسته در چنین شرایطی قرار گرفت، تنها ۵ درصد کاهش در سطوح آفلاتوکسین کل و AFB_1 مشاهده شد. همچنین هیچ تغییر قابل ملاحضه‌ای در pH، رنگ، مقدار رطوبت و اسیدچرب آزاد در پسته و پودر آن ایجاد نشد وشیرینی، فساد، عطر، طعم و ظاهر کلی دانه‌های پسته نیز با اُزناسیون تغییر قابل‌ملاحظه‌ای نکردند. ضمن این‌که ویژگی‌های حسی

پژوهشکده پسته

پودر پسته، به‌جز فساد، بعد از ۱۴۰ دقیقه اُزناسیون با ۵ میلی‌گرم در لیتر تغییر کردند. بنابراین اُزناسیون در تجزیه آفلاتوکسین در دانه پسته مؤثرتر از پودرآن بود.

جمع‌بندی نهایی و پیشنهادات کاربردی

عمر انباری پسته نیز مانند سایر محصولات کشاورزی با گذر زمان کاهش می‌یابد. دانش فیزیولوژی پس از برداشت با بررسی و مطالعه تغییرات متابولیکی محصولات از زمان برداشت تا زمان مصرف، به نگهداری بهتر محصول، بالابردن ماندگاری، کاهش ضایعات و سهولت جابجایی می‌پردازد.

با توجه به اینکه پسته جزء دانه‌های چرب محسوب می‌شود، مهمترین تغییرات متابولیکی که موجب افت کیفیت آن در گذر زمان می‌شوند، اکسیداسیون لیپیدها و رشد قارچ‌ها (به‌ویژه آسپرژیلوس) می‌باشد که مهار کامل آن‌ها امکان‌پذیر نیست. اما با شناخت عوامل مؤثر و فراهم نمودن شرایط مناسب ذخیره‌سازی می‌توان واکنش‌های مزبور را به حداقل رساند. از جمله مواردی که طی مطالعات گذشته برای بهبود کیفیت پسته پس از برداشت پیشنهاد می‌شودشامل ۱-استفاده از بسته‌بندی‌های مناسب، ۲-کاربرد پوشش خوراکی (حامل مواد فعال زیستی مانند آنتی‌اکسیدان‌ها، مواد مغذی و ضد میکروبی)، ۳-تابش اشعه گاما و ۴-ازناسیون (به منظور کاهش رشد قارچ‌ها و تجزیه آفلاتوکسین) می‌باشد.

منابع

ابریشم چی، پوران، هاشم پورآذرنگ، محمدحسین حداد خداپرست و رضا فره وش. ۱۳۸۱. استخراج عصاره آنتی‌اکسیدانی برگ گیاه نوروزک (*Salvia leriifolia*) با حلال‌های آلی و بررسی خصوصیات آن. *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ۱۶(۲)، ص ۱۰۷-۱۱۳.

ابریشمی، محمد حسن. ۱۳۷۳. *پسته ایران: شناخت تاریخی*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

توکلی پور، حمید، مجید جوانمرد داخلی و لیلا برازجانی. ۱۳۸۹. اثر بازدارندگی پوشش خوراکی مغز پسته با پایه‌ی کنسانتره پروتئینی آب‌پنیر و عصاره‌ی آویشن شیرازی بر تولید سم آفلاتوکسین. *مجله‌ی علمی پژوهشی علوم و فنّاوری غذایی*، ۲(۳)، ص ۵۳-۶۳.

جلیلی مرندی، رسول. ۱۳۸۷. *فیزیولوژی بعد از برداشت*. ارومیه: جهاد داشگاهی ارومیه.

خشنودی نیا، سارا و ناصر صداقت. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش خوراکی ژلاتینی حامل آنتی‌اکسیدان بر پایداری اکسیداسیونی و ویژگی‌های حسی پسته‌ی برشته‌ی اوحدی. *مجله علوم تغذیه و صنایع غذایی ایران*، ۹(۱)، ص ۱۱-۲۰.

روش‌های بسته‌بندی پسته http://karafarin24.com/ (مشاهده‌شده در سال ۱۳۹۵).

شاکر اردکانی، احمد. ۱۳۸۷. جنبه‌هایفرهنگی‌فرآوریو بسته‌بندیپسته (قسمتاول). *فصلنامهٔعلمی،تحلیلی،خبریمؤسسهٔتحقیقات پستهکشور*، ۲(٦)، ص ۲۵-۲۹.

صداقت، ناصر، سید علی مرتضوی، مهدی نصیری محلاتی و ابراهیم نوروزی. ۱۳۸۳. بررسی کیفیت ماندگاری پسته به روش رنسیمت. *مجله علوم و صنایع کشاورزی*، ۱۸(۱)، ص ۱۵۱-۱۵۷.

Abbas, K.A., A.M. Saleh, O. Lasekan and S.K. Khalil. 2010. A review on factors affecting drying process of pistachio and their impact on product's quality. *Journal of Agricultural Science*, **2(1):3-15.**

Akbas, M.Y. and M. Ozdemir. 2006. Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physiochemical properties of pistachios. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **86(13):2099-2104.**

Al-Bachir, M. 2004.Effect of gamma irradiation on fungal load, chemical and sensory characteristics of walnuts (*Juglans regia* L.).*Journal of Stored Products Research*, **40(4):355-362.**

Al-Bachir, M. 2014. Microbiological, sensorial and chemical quality of gamma irradiated pistachio nut (*Pistacia vera* L.). *Food Technology*, **38(2):57-68.**

Antoniewski, M.N., S.A. Barringer, C.L. Knipe and H.N. Zerby. 2007. Effect of a gelatin coating on the shelf life of fresh meat. *Journal of Food Science*, **27(6):382-387.**

Appendini, P. and J.H. Hotchkiss. 2002. Review of antimicrobial food packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*,**3(2):113-126.**

Arcan, I. and A. Yemenicioğlu. 2009. Antioxidant activity and phenolic content of fresh and dry nuts with or without the seed coat. *Journal of Food Composition and Analysis*, **22(3):184-188.**

Arena, E., G. Ballistreri and B. Fallico. 2013. Effect of postharvest storage temperatures on the quality parameters of pistachio nuts. *Czech Journal of Food Sciences*, **31(5):467-473.**

Arena, E., S. Campisi, B. Fallico and E. Maccarone. 2007. Distribution of fatty acids and phytosterols as a criterion to discriminate geographic origin of pistachio seeds. *Food Chemistry*, **104(1):403-408.**

Asurmendi, P., C. Barberis, L. Pacual, A. Dalcero and L. Barberis. 2015. Influence of *Listeria monocytogenes* and environmental abiotic factors on growth parameters and aflatoxin B1 production by *Aspergillus flavus*. *Journal of Stored Product Researchs*, **60:60-66.**

Battilani, P. 2010. Mycotoxins in nuts.*XIV GREMPA Meeting on Pistachios and Almonds*.167-173.

Belitz, H.D., W. Grosch and P. Schieberle. 2009. *Food Chemistry*. Berlin: Springer.

Bennett, J.W. and M. Klich. 2003. Mycotoxins. *Clinical Microbioogy Reviews*. 16(3):497-516.

Bonvehi, J.S. and F.V. Coll. 1993.Oil content, stability and fatty acid composition of the main varieties of Catalonian hazelnuts.*Journal of Food Chemistry*, 48(3):237-241.

Brecht, J.K. 2006. Controlled atmosphere, modified atmosphere and modified atmosphere packaging for vegetables. *Stewart Postharvest Review*,2(5):1-6.

Caleb, O.J., P.V. Mahajan, F.A.J. Al-Said and U.L. Opara. 2013. Modified atmosphere packaging technology of fresh and fresh-cut produce and the microbial consequences-a review.*Food and Bioprocess Technology*, 6(2):303-329.

Calvo, A.M. 2001. Mycotoxins.In W.M. Dabrowski and Z. E. Sikorski (Eds.), *Toxins in food* (pp. 215-237). Boca Raton: CRC Press.

Campbell, B.C., R.J. Molyneux and T.F. Schatzki. 2003. Current research on reducing pre- and post-harvest aflatoxin contamination of U.S. almond, pistachio, and walnut. *Journal of Toxicology*, 22(2-3): 225-266.

Da Silva, J.B., P. Dilkin, H. Fonseca and B. Correa. 2004. Production of aflatoxins by *Aspergillus flavus* and of fumonisins by *Fusarium* species isolated from Brazilian sorghum. *Brazilian Journal of Microbiology*, 35(3):182-186.

Doster, M.A. and T.J. Michailides. 1995. The development of early split pistachio nuts and the contamination by molds, aflatoxins, and insects. *Adana-Turkey-Acta Horticulturae*, 419:359-364.

Elsanhoty, R.M., S.A. Salam, M.F. Ramadan and F.H. Badr. 2014. Detoxification of aflatoxin M1 in yoghurt using probiotics and lactic acid bacteria. *Food Control*, 43:129-134.

Fabra, M.J., P. Talens and A. Chiralt. 2008. Effect of alginate and λ-carrageenan on tensile properties and water vapour permeability of sodium caseinate-lipid based films. *Carbohydrate Polymers*, 74(3):419-426.

FAO. 2001. Manual on the application of the HACCP system in mycotoxin prevention and control. *FAO Food and Nutrition Paper*, 1-124.

FAOSTAT. 2014. Food and Agriculture Organization. Available: http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx.

Faruk Gamli, O. and I. Hayoglu. 2007. The effect of the different packaging and storage conditions on the quality of pistachio nut paste. *Journal of Food Engineering*, 78(2):443-448.

Fennema, O.R. 2007. *Food Chemistry*. Boca Raton: CRCPress.

Golge, E. and G. Ova. 2008. The effects of food irradiation on quality of pine nut kernels. *Radiation Physics and Chemistry*, 77(3):365-369.

Gonzalez, G., M.J. Hinojo, R. Mateo, A. Medina and M. Jimenez. 2005. Occurrence of mycotoxin producing fungi in bee pollen. *International Journal of Food Microbiology*, 105(1): 1-9.

Han, J.H. 2003.Antimicrobial food packaging.In R. Ahvenainen (Ed.), *Novel food packaging techniques* (pp. 50-70). Boca Raton: CRC Press.

http://Gtalk.ir/. (accessed 2012). Pistachio aflatoxin.

Javanmard, M., R. Ahangari and H. Tavakolipour. 2009. Effects of wheat starch edible films on rancidity and moisture uptake of pistachio kernels as a new package. *Journal of Food Process Engineering*, 34(4):1156-1171.

Kabak, B. and A. Dobson. 2006. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 46(8):593-619.

Kamangar, T. and H. Farsam. 1977. Composition of pistachio kernels of various Iranian origins. *Journal of Food Science*. 42(4):11-35.

Kim, J.G., A.E. Yousef and S.A. Dave. 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. *Journal of Food Protection*,62(9):1071-1087.

Kornsteiner, M., K.H. Wagner and I. Elmadfa. 2006. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, 98(2):381-387.

Kostarelou, P., A. Kanapitsas, I. Pyrri, E. Kapsanaki-Gotsi and P. Markaki. 2014. Aflatoxin b1 production by *Aspergillus parasiticus* and strains of *Aspergillus* section *nigri* in currants of Greek origin. *Food Control,* 43:121-128.

Krochta, J.M. 2002. Proteins as raw materials for films and coating: definition, current status, and opportunities. In A. Gennadios (Ed.), *Protein-based films and coatings* (pp. 1-41). Boca Raton: CRC Press.

Lahouar, A., S. Marin, A. Crespo-Sempere, S. Said and V. Sanchis. 2016. Effects of temperature, water activity and incubation time on fungal growth and aflatoxin B1 production by toxinogenic *Aspergillus flavus* isolates on sorghum seeds. *Revista Argentina De Microbiologia*, 48(1):78-85.

Lee, S.Y. and J.M. Krochta. 2002. Accelerated shelf life testing of whey-protein-coated peanuts analyzed by static headspace gas chromatography. *Agricultural Food Chemistry*, 50(7):2022-2028.

Marsh, K. and B. Bugusu. 2007. Food packaging-roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*, 72(3):38-55.

Mauriello, G., E. De Luca, A. La Satoria, F. Villani and D. Ercolini. 2005. Antimicrobial activity of a nisin-activated plastic film for food packaging. *Letters in Applied Microbiology*, 41(6):464-469.

Meshkani, M., A. Mortazavi and Z. Pourfallah. 2013. Antimicrobial and physical properties of a chickpea protein isolate-based film containing essential oil of thyme using response surface methodology. *Iranian Journal of Nutrition Sciences and Food Technology*, 8(1):93-104.

Mexis, S.F. and M.G. Kontominas. 2009. Effect of γ-irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.). *Food Science and Technology*, 42(9):1501-1507.

Min, S. and J.M. Krochta. 2007. Ascorbic acid-containing whey protein film coatings for control of oxidation. *Agricultural Food Chemistry*, 55(8):2964-2969.

Morillon, V., F. Debeaufort, G. Blond, M. Capelle and A. Voilley. 2002. Factors affecting the moisture permeability of lipid-based edible films: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42(1):67-89.

Niani, A. and A.E. Khajeh-Rahimi. 2012. Effect of gelatin coating on fatty acid composition of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) during refrigerated-storage. *World Journal of Fish and Marine Sciences*, 4(5):462-466.

Peyro Mousavi, F., H. Hashemi Pour, A. Heidari Nasab, A.A. Rajabalipour and M. Barouni. 2016. Investigation into shelf life of fresh dates and pistachios in a package modified with nano-silver. *Global Journal of Health Science*, 8(5):134-144.

Pitt, J.I., M.H. Taniwaki and M.B. Cole. 2013. Mycotoxin production in major crops as influenced by growing, harvesting, storage and processing, with emphasis on the achievement of food safety abjectives. *Food Control*, 32(1):205-215.

Pranoto, Y., V. Salokhe and K.S. Rakshit. 2005. Physical and antibacterial properties of alginate-based edible film incorporated with garlic oil. *Food Research International*, 38(3):267-72.

Raei, M. and S.M. Jafari. 2011. Influence of different packaging materials and storage conditions on the quality attributes of pistachio (*Pistacia vera* L.) cv. ohadi. *AnnalsFood Science and Technology*, 12(2): 179-185.

Ramos, O.L., J.C. Fernandes, S.I. Silva, M.E. Pintado and F.X. Malcata. 2012. Edible films and coatings from whey proteins: a review on formulation, and on mechanical and bioactive properties. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(6):533-552.

Rastegar, H., S. Shoeibi, H. Yazdanpanah, M. Amirahmadi, A. Mousavi Khanghah, F.B. Campagnollo and A.S. Sant'Ana. 2017. Removal of aflatoxin B1 by roasting with lemon juice and/or citric acid in contaminated pistachio nuts. *Food control*, 71:279-284.

Rhim, J.W., H.M. Park and C.S. Ha. 2013. Bio-nanocomposites for food packaging applications. *Progress in Polymer Science*, 38:1629-1652.

Robens, J. and K.F. Cardwell. 2005. The costs of mycotoxin management in the United States. In H. Abbas (Ed.), *Aflatoxin and Food Safety* (pp. 1-12). Boca Raton: CRC Press.

Rosengarten, F. 2004. *The book of edible nuts*. New York: Dover Publications.

Satil, F., N. Azkan and K.H.C. Baser. 2003. Fatty acid composition of pistachio nuts in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 39(4):322-324.

Sharma, V.K., R.A. Yngard and Y. Lin. 2009. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. *Advances in Colloid and Interface Science*,145(1-2):83-96.

Shayanfar, S., M. Kashaninejad, M. Khomeiri, Z. Emam Djomeh and Y. Mostofi. 2011. Effect of MAP and different atmospheric conditions on the sensory attributes and shelf life characteristics of fresh pistachio nuts. *International Journal of Nuts and Related Sciences*, 2(3):47-57.

Shephard, G.S. 2003. Aflatoxin and food safety: recent African perspectives. *Journal of Toxicology*, 22(2-3):267-286.

Sirisoontaralak, P. and A.Noomhorm. 2006. Changes to physicochemical properties and aroma of irradiated rice. *Journal of Stored Products Research*, 42(3):264-276.

Suppakul, P., J. Miltz, K. Sonnenveld and S.W. Bigger. 2003. Active packaging technologies with an emphasis on antimicrobial packaging and its applications. *Journal of Food Science*. 68:408-420.

Taub, J.A. and R.P. Singh. 1997. *Food Storage Stability*. Boca Raton: CRC Press.

Tavakolipour, H. 2015. Postharvest operations of pistachio nuts.*Journal of Food Science and Technology*, 52(2):1124-1130.

Tavakolipour, H. and A. Kalbasi-Ashtari. 2008. Estimation of moisture sorption isotherms in Kerman pistachio nuts. *Journal of Food Process Engineering*, 31(4):564-582.

Tavakolipour, H., M. Mokhtarian and A. Kalbasi-Ashtari. 2016. Lipid oxidation kinetics of pistachio powder during different storage conditions. *Journal of Food Process Engineering*, 1-8.

Tsantili, E., K. Konstantinidis, M.V. Christopoulos and P.A. Roussos. 2011. Total phenolics and flavonoids and total antioxidant capacity in pistachio (*Pistacia vera* L.) nuts in relation to cultivars and storage conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4):694-701.

Wild, C.P. and P.C. Turner. 2002. The toxicology of aflatoxins as a basis for public health decisions. *Mutagenesis*, 17(2):471-481.

پژوهشکده پسته