

دستنامه فنی:

راهنمای کاربردی برداشت، حمل و نقل، انبارداری و بسته‌بندی زیره سبز

سودابه عین افشار، محمدحسین سعیدی راد،
الهام آذرپژوه و پروین شرایعی



بسم الله الرحمن الرحيم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

دستنامه فنی:

راهنمای کاربردی برداشت، حمل و نقل،
انبارداری و بسته‌بندی زیره سبز

تهیه و تدوین:

سودابه عین‌افشار، محمدحسین سعیدی‌راد،
الهام آذرپژوه و پروین شرایعی
اعضای هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش
کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی

سال انتشار:

۱۴۰۴



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی



نوع نوشتار: دستنامه فنی
عنوان نوشتار: راهنمای کاربردی برداشت، حمل و نقل، انبارداری و
بسته‌بندی زیره سبز
نگارندگان: سودابه عین‌افشار، محمدحسین سعیدی‌راد، الهام آذریژوه و
پروین شرایعی
ویراستار ادبی: محمدرضا داهی
صفحه‌آرا: شبنم جباری
طراح جلد: سمیه وطن‌دوست
ناشر: مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
شمارگان: محدود
نوبت چاپ: اول
سال انتشار: ۱۴۰۴



مسئولیت صحت مطالب با نگارندگان است.

شماره ثبت ۶۷۸۶۵ در مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع‌رسانی کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به تاریخ ۱۴۰۴/۰۶/۰۴

مخاطبان دستنامه فنی

تولیدکنندگان و صادرکنندگان زیره سبز، کارشناسان
کشاورزی، کشاورزان نمونه پیشرو

هدفهای آموزشی

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

اصول کاربردی برداشت، حمل و نقل، بوجاری، بسته بندی
و انبارداری زیره سبز آشنا می شوید.

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
کلیات	۱
فصل اول: برداشت و حمل و نقل زیره سبز.....	۳
۱-۱- مقدمه.....	۳
۲-۱- برداشت و جمع آوری بوته‌های زیره سبز.....	۳
۳-۱- کوبش و جدا کردن دانه‌ها	۸
فصل دوم: بوجاری زیره سبز.....	۱۵
۱-۲- مقدمه.....	۱۵
۲-۲- اصول بوجاری زیره سبز.....	۱۶
۳-۲- ویژگی‌های ابعاد زیره سبز.....	۱۷
۴-۲- مقاومت در برابر جریان هوا	۱۸
۵-۲- ماشین‌های بوجاری زیره سبز	۲۰
۶-۲- نحوه کار با ماشین بوجاری زیره سبز	۲۳
فصل سوم: حمل و نقل زیره سبز.....	۲۷
۱-۳- مقدمه	۲۷
۲-۳- حمل و نقل زیره سبز.....	۲۹
۳-۳- حمل و نقل با کشتی	۳۰
۴-۳- اهمیت و مزایای حمل دریایی	۳۱
۴-۳- نحوه حمل و نقل دریایی.....	۳۲
۵-۳- روش حمل فله	۳۳
۶-۳- روش حمل و نقل هوایی	۳۴

۳-۷-روش‌های انتقال هوایی زیره‌سبز	۳۶
فصل چهارم: انبارداری و آلودگی زدایی زیره‌سبز	۳۹
۴-۱- مقدمه.....	۳۹
۴-۲- انبار نگهداری زیره‌سبز	۴۰
۴-۳- روش‌های سنتی نگهداری زیره‌سبز	۴۳
۴-۴- روش‌های مدرن نگهداری زیره‌سبز	۴۴
۴-۵- مشخصات انبار نگهداری زیره‌سبز	۴۴
۴-۶- سیستم تهویه مطبوع و سرمایش	۴۵
۴-۷- دستگاه‌های تهویه سرمایش و تنظیم رطوبت.....	۴۶
۴-۸- کف، دیوار و سقف انبار	۵۲
۴-۹- پالت و قفسه‌بندی انبار	۵۳
۴-۱۰- در و پنجرهٔ انبار	۵۴
۴-۱۱- عوامل مؤثر بر انبارداری زیره‌سبز	۵۶
۴-۱۲- کیفیت اولیهٔ زیره‌سبز.....	۵۶
۴-۱۳- نکات نگهداری صحیح زیره‌سبز	۶۱
۴-۱۴- مدت زمان نگهداری زیره‌سبز.....	۶۲
۴-۱۵- آفات انباری	۶۴
۴-۱۶- روش‌های شستشو و ضدعفونی انبارها	۶۷
۴-۱۷- استفاده از پرتو گاما برای کنترل میکروبی	۶۸
۴-۱۸- استفاده از گاز ازن در انبارداری	۷۰
۴-۱۹- استفاده از پلاسمای سرد	۷۳
فصل پنجم: بسته‌بندی زیره‌سبز	۷۷

۷۷	۵-۱- مقدمه.....
۷۹	۵-۲- ویژگی‌های مواد بسته‌بندی
۸۰	۵-۳- جنس بسته‌بندی
۸۶	۵-۴- استاندارد بسته‌بندی زیره‌سبز
۸۷	۵-۵- روش‌های بسته‌بندی.....
۸۹	۵-۶- الزام‌های واحد بسته‌بندی
۹۱	منابع

کلیات

زیره سبز گیاهی یکساله، با نام علمی *Cuminum cyminum* و یکی از گیاهان زراعی مستعد برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران است. نام محلی این گیاه در بیشتر مناطق خراسان کراویه است. بیشترین کاربرد زیره سبز در داروسازی و صنایع غذایی است به همین دلیل زیره سبز یکی از محصولات عمده و صادراتی ایران است که به لحاظ ارزش افزوده‌ای که پس از فراوری ایجاد می‌کند در بازارهای جهانی خریداران زیادی دارد. کشت آن از نظر تاریخی به صورت دیم بوده است ولی در سال‌های اخیر به دلیل افزایش قیمت، کشت آن به صورت فاریاب مرسوم شده است (خاوری خراسانی، ۱۳۷۸). زیره سبز متعلق به خانواده جعفری از پیشرفته‌ترین گیاهان گلدار نهاندانه دو لپه است. میوه گیاه زیره سبز به طول ۵ تا ۶ میلی‌متر، قطر آن ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر، کشیده و دوکی شکل است که در دو طرف باریک می‌شود. میوه دارای دو بخش به هم چسبیده است که هر بخش را مری کارپ

می‌گویند. این میوه روی انشعاب‌های باریک چتر گیاه قرار دارد (شکل ۱) (کافی و همکاران، ۱۳۸۱).



شکل ۱- بوته و دانه زیره‌سبز (عکس از عین‌افشار)

زیره‌سبز از مهم‌ترین و اقتصادی‌ترین گیاهان دارویی است که می‌تواند در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران برای الگوهای کشت به‌ویژه در شرایط کمبود آب کشت شود. از سوی دیگر، به‌کارگیری فناوری ماشین‌های کشاورزی در افزایش تولید، کاهش هزینه‌ها، کاهش سختی کار و اجرای کشاورزی پایدار به‌منظور حفظ محیط زیست اهمیت ویژه‌ای دارد. کاربرد ماشین در زراعت زیره در مراحل مختلف تولید زیره‌سبز (آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت) از ضروریات است.

هدف از این نوشتار، معرفی نحوه برداشت، فراوری، بسته‌بندی و انبارداری زیره‌سبز است. در این دستنامه سعی شده‌است تا به پرسش‌های مهمی که به ذهن گروه هدف خطور می‌کند، پاسخی علمی و منطقی داده‌شود.

فصل اول

برداشت و حمل و نقل زیره سبز

۱-۱- مقدمه

امروزه استفاده از وسایل، تجهیزات و ماشین‌ها برای کشاورزی امری ضروری است که نه تنها می‌تواند به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیات منجر شود، بلکه با کاهش سختی کار و بهبود کارایی ماشین‌آلات، فرآیندهای کشاورزی را با سرعت و دقت بیشتری هدایت کرد. کاربرد ماشین در زراعت زیره نیز از این امر مستثنا نیست و با توجه به شرایط جدید، توسعه کاربرد ماشین در مراحل مختلف تولید زیره سبز (آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت) از ضروریات خواهد بود.

۱-۲ برداشت و جمع آوری بوته‌های زیره سبز

زیره سبز در مناطق مختلف زیره کاری اعم از دیم و آبی عمدتاً از اواخر اردیبهشت تا اواخر خرداد ماه، بسته به شرایط آب و هوایی، برداشت می‌شود.

زیره سبز در زمان برداشت بسیار حساس به ریزش است. با کاهش رطوبت و خشک شدن بوته، نیروی اتصال دانه‌های زیره به بوته کاهش می‌یابد و بر اثر کوچک‌ترین ضربه یا لرزش در بوته زیره، دانه‌ها از بوته جدا می‌شوند (شکل ۲-۲) (سعیدی راد، ۱۳۸۹).



شکل ۲- دانه‌های زیره سبز رسیده و آماده برداشت هستند
(عکس از: <https://dana.ir/1126318>)

به همین دلیل زیره سبز به صورت دو مرحله‌ای برداشت می‌شود. در زمانی که هنوز بوته زیره به‌طور کامل خشک نشده است ولی دانه‌ها رسیده‌اند بوته‌ها با دست یا داس برداشت می‌شوند (شکل ۳).



شکل ۳- برداشت بوته‌های زیره سبز با دست (عکس از عین‌افشار)

بوته‌های زیره در بخشی از مزرعه به صورت خرمن جمع‌آوری می‌شوند (شکل ۴) تا به انبار یا بازار فروش منتقل شوند.



شکل ۴- بوته‌های زیره سبز به صورت خرمن جمع‌آوری می‌شوند (عکس از عین‌افشار)

برای برداشت یک هکتار زیره سبز به ۴۰-۵۰ نفر روز کارگر نیاز است که ۱۵-۱۰ درصد هزینه تولید را تشکیل می‌دهد. پایین بودن ظرفیت مزرعه‌ای در برداشت دستی موجب تاخیر در برداشت می‌شود و با توجه به گرمای هوا در خرداد ماه و خشک شدن سریع بوته‌های زیره، موجب افزایش ضایعات و ریزش دانه‌های زیره در این مرحله از برداشت

می‌گردد. به همین دلیل، ماشینی‌شدن این مرحله کمک شایانی به کاهش هزینه‌های تولید و کاهش ریزش دانه خواهد کرد.

به منظور برداشت ماشینی بوته‌های زیره، تاکنون چند دستگاه طراحی و معرفی شده است که متأسفانه هیچ‌یک از آنها تاکنون نتوانسته است به مرحله تجاری‌سازی برسد. ماشین‌های طراحی و ساخته شده به دو روش زیره را برداشت می‌کنند: برشی و کندن بوته. در روش برداشت برشی از تیغه برش شانه‌ای استفاده شده است (شکل ۵).



شکل ۵- ماشین برداشت زیره سبز (عکس از سعیدی‌راد)
در ماشین برداشت زیره سبز می‌توان از دروگر^۱ به عنوان شاسی پایه و تامین نیروی محرکه استفاده کرد و روی آن چرخ فلک، کلش کش، صفحه‌ای منحنی، دستگاه‌های رانش

^۱. دروگرها برای برداشت محصولات زراعی مانند گندم، چمن، یونجه و برنج به کار می‌روند. این دستگاه‌ها در انواع مختلف دوچرخ و سه چرخ با قابلیت نصب ادوات جانبی تولید می‌شوند. دروگرها به دلیل ساختار مقاوم، کارایی بالا و ایمنی مناسب، در زمین‌های مسطح و شیب‌دار کاربرد دارند.

و سیستم انتقال توان به اجزای محرک و سرانجام مخزن نصب کرد (جوادی و همکاران، ۱۳۷۵).

در ژنوتیپ مرسوم زیره، دانه‌ها از حدود ۳ سانتی‌متری سطح زمین بر ساقه ایجاد می‌شوند، از این رو استفاده از این روش برداشت به دلیل نزدیک‌بودن بوته‌های زیره به سطح خاک (شکل ۶) تیغه‌ها با خاک و سنگ برخورد می‌کنند.



شکل ۶- بوته‌های زیره سبز کوتاه و نزدیک به سطح خاک هستند (عکس از سعیدی‌راد)

با خشک‌شدن بوته و رسیدن رطوبت آن به کمتر از ۵۰ درصد، ساقه بسیار خشبی و سخت می‌شود و برش آن با دروگرهای شانه‌ای قابل اجرا نخواهد بود، از این رو به بوته در حین برداشت ضربه وارد می‌شود که ریزش بیشتر دانه‌ها را در پی دارد. استفاده از این نوع ماشین برداشت تنها برای مزارع مسطح و عاری از سنگ و همچنین برداشت در زمانی امکان‌پذیر است که بوته کاملاً سبز و دارای ساقه آبدار باشد.

روش دیگر برداشت کندن بوته از ریشه است که با «ماشین برداشت عدس- نخود- زیره» ممکن شده است. این ماشین یک چرخ و فلک دوار دارد که در حین چرخش بوته‌های زیره را با ریشه از خاک جدا می‌کند. نیروی مورد نیاز برای کندن بوته‌های زیره به عوامل مختلفی مانند نوع خاک، رطوبت خاک و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. بنابراین، عملکرد مناسب و بهینه این مکانیزم نیازمند فراهم‌شدن شرایط یکنواخت و کم‌شدن نیروی اتصال بوته به خاک است که در شرایط مختلف بسیار متغیر است و عملکرد ماشین را تحت تاثیر قرار می‌دهد (محمدیان، ۱۳۹۸).

۱-۳- کوبش و جداکردن دانه‌ها

پس از جمع‌آوری بوته‌های زیره، برای خشک‌کردن کامل بوته زیره و جلوگیری از فساد و تخمیر طی خرمن ایجاد شده چند مرحله با فاصله دو یا سه روز زیر و رو می‌شود. پس از خشک‌شدن کامل و یکنواخت بوته‌های زیره، با روش‌های مختلفی به بوته‌های خشک‌شده ضربه وارد می‌کنند تا دانه از بوته جدا شود. این روش‌ها مانند ضربه با چوب‌دست یا حرکت چهارپایان و تراکتورهای کوچک از روی خرمن است. پس از کوبش محصول و جداشدن دانه‌ها از بوته، با استفاده از غربال‌های دستی و باددادن محصول جدا و تمیز می‌شود (شکل ۷) (سعیدی‌راد، ۱۳۸۹).



شکل ۷- تمیز کردن با استفاده از غربال و باد دادن
(عکس از سعیدی راد)

این روش برداشت دارای معایب زیر است:

- صرف وقت و نیروی کار زیاد.

- از دست رفتن بخشی از محصول به دلیل کوبیدن

ناقص.

- کاهش کیفیت محصول به دلیل وجود کاه و کلش در

محصول تمیز شده.

- آلوده شدن محصول به فضولات حیوانی و خاک.

در پاره‌ای از مناطق، کشاورزان از کمباین غلات برای

کوبیدن و جدا کردن زیره استفاده می‌کنند. پس از اینکه

محصول خرمن شده کاملاً خشک شد، بوته‌های زیره را کارگر

تحویل پلتفرم کمباین غلات می‌دهد که به صورت درجا کار

می‌کند (شکل ۸).



شکل ۸- استفاده از کمباین غلات برای کوبش زیره سبز (عکس از سعیدی راد)

استفاده از این روش (شکل ۹) نیز به دلیل تفاوت فراوان محصول زیره با غلات (شکل بوته، ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی دانه، نحوه قرارگیری دانه روی بوته و غیره) باعث می‌شود تا کوبیدن و جدا کردن به خوبی پیش نرود و محصول از بین برود.



شکل ۹- کوبش زیره سبز با استفاده از خرمنکوب پشت تراکتوری (عکس از سعیدی راد)

نتایج یک پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی نشان داد برای کوبش زیره مناسب‌ترین رطوبت در محدوده ۵-۹ درصد

است. برای کوبش زیره‌سبز استفاده از تیغه‌های ساینده به جای تیغه‌های سوهانی رایج در کمباین‌های غلات توصیه می‌شود (شکل ۱۰). مناسب‌ترین سرعت دورانی استوانه کوبنده ۹۰۰ دور در دقیقه به‌دست آمد. با توجه به اینکه قطر استوانه کوبنده ۳۵۰ میلی‌متر بود، سرعت محیطی مطلوب برای هر اندازه استوانه کوبنده ۱۶/۵ متر بر ثانیه گزارش شد (سعیدی‌راد، ۱۳۸۸).



شکل ۱۰- تیغه‌های ساینده و سوهانی (عکس از سعیدی‌راد)

کیفیت کوبش محصول، مراحل جداکردن و تمیز کردن را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد. اگر محصول زیره به نحوی کوبیده شود که ۱- تمامی دانه‌ها از بوته جدا شوند، ۲- دانه‌های زیره خرد نشوند ۳- ساقه‌های بوته زیره زیاد خرد نشوند، آنگاه عملیات جداکردن و تمیزکردن دانه راحت‌تر خواهد بود.

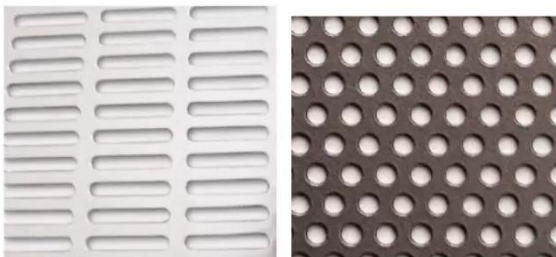
برداشت سنتی و تمیزکردن زیره با استفاده از الک‌های دستی در منطقه، علاوه بر صرف وقت و هزینه زیاد موجب

افت کیفیت محصول می شود. بوجاری دانه های زیره سبز از یک سو هزینه جداگانه ای برای بوجاری و تمیز کردن دانه صرف می کند. از سوی دیگر ماشینی شدن مراحل کوبیدن و تمیز کردن دانه مستلزم یکدیگرند و باید همزمان اجرا شوند. نتایج یک پژوهش در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی نشان داد در صورت استفاده از سیستم تمیزکننده کمباین های رایج برای جدا کردن و تمیز کردن دانه های زیره، تنظیم دقیق سرعت هوا تا $3/7$ متر بر ثانیه و استفاده از کاه بر با قطر سوراخ 14 میلی متر می تواند موجب تمیز کردن بهتر دانه ها همراه با کمترین میزان ضایعات دانه باشد (سعیدی راد، ۱۳۸۹).

دستگاه های خرمن کوب-بوجار با برندهای مختلف به بازار عرضه شده اند. این دستگاه ها اغلب مجهز به خرمن کوب استوانه ای میخی هستند که ساقه های بوته زیره را خرد می کنند. همچنین این دستگاه ها مجهز به غربال دانه هستند. سینی دانه محصول کوبیده شده را در مسیر دانه ریز جمع آوری می کند و الک دانه، وظیفه جدا کردن دانه های باقی مانده در داخل کاه را به عهده دارد. قطر سوراخ های الک قابل تعویض است. در این دستگاه ها، برای تمیز کردن دانه ها از نیروی باد استفاده می شود.

- به‌منظور کاهش تلفات دانه در مرحله کوبش و جداسازی دانه، اصلاح دستگاه‌های خرمن‌کوب بوجار موجود ویژه محصول زیره توصیه می‌شود .
- با استفاده از کوبندهٔ ساینده با تیغه‌های لاستیکی، جداسازی دانه‌ها بهتر پیش می‌رود و ساقه‌ها کمتر خرد خواهند شد.

- استفاده از الک‌های پره‌ای برای این نوع محصول مناسب نیستند. با توجه به کشیده‌بودن شکل دانه‌های زیره و طول حداکثر ۶ میلی‌متری و قطر هندسی $\frac{3}{5}$ میلی‌متری، استفاده از الک‌های با سوراخ‌های مستطیلی شکل متناسب با ابعاد دانه توصیه می‌گردد (شکل ۱۱).



شکل ۱۱- دو نوع الک با سوراخ‌های دایره‌ای و مستطیلی
(عکس از سعیدی‌راد)

فصل دوم

بوجاری زیره سبز

۱-۲ - مقدمه

زیره سبز نیز مانند دیگر دانه‌های گیاهی و غلات، پس از برداشت حاوی ناخالصی‌هایی مانند کاه، علف هرز، سنگ‌ریزه و شن است که باید پیش از بسته‌بندی و فراوری، مرحله مهم بوجاری روی آن اجرا شود. بوجاری زیره سبز باعث حذف ناخالصی‌ها و مواد خارجی از دانه‌های زیره می‌شود که محصول را برای مرحله فراوری آماده می‌کند. بوجاری زیره سبز باعث افزایش کیفیت و بازارپسندی آن می‌شود. زیره سبز پس از برداشت و پیش از مرحله بوجاری معمولاً ۲۵-۱۰ درصد ناخالصی و ضایعات دارد که پس از بوجاری به کمتر از ۲ درصد می‌رسد. زیره سبز را می‌توان طبق

استاندارد ملی شماره ۱۰۳۲ (استاندارد ادویه و چاشنی‌ها- اندازه‌گیری ناخالصی‌ها و مواد خارجی) برحسب منشأ و نسبت مواد خارجی به ۳ درجه تقسیم کرد :

درجه ۱: دارای ناخالصی کمتر از ۱ درصد

درجه ۲: دارای ناخالصی ۱-۲ درصد

درجه ۳: دارای ناخالصی بیشتر از ۲ درصد

۲-۲- اصول بوجاری زیره سبز

برای بوجاری و تمیزکردن از فناوری‌ها و ماشین‌های مختلفی استفاده می‌شود. ماشین‌های بوجاری بر اساس نوع محصول و میزان ناخالصی طراحی و ساخته شده‌اند. آشنایی با ویژگی‌های فیزیکی، آئرو دینامیکی و مکانیکی هر محصول برای طراحی و انتخاب نوع ماشین بوجاری ضروری است. به‌طور کلی، برای تفکیک و جداسازی مواد و ناخالصی‌ها از نیروها و ویژگی‌های مختلف زیر استفاده می‌شود:

☐ نیروی ثقل یا سنگینی جسم

☐ سقوط آزاد

☐ مقاومت در برابر جریان هوا

☐ ابعاد و اندازه (استفاده از الک)

☐ نیروی گریز از مرکز

☐ نیروهای الکترواستاتیکی

برای بوجاری و تمیزکردن اغلب محصولات کشاورزی مانند دانه‌های غلات و همچنین زیره از دو خصوصیت

«مقاومت در برابر جریان هوا» و «ابعاد و اندازه» استفاده می‌شود.

۲-۳- ویژگی‌های ابعادی زیره‌سبز

ابعاد و اندازه از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی محصولات کشاورزی در فرایند بوجاری هستند. تفاوت‌های موجود بین اندازه دانه و کاه و کلش می‌تواند عامل مهمی در کارایی استفاده از الک در بوجاری باشد. برای انتخاب نوع الک در فرایند بوجاری، اندازه‌گیری ویژگی‌های ابعادی هر محصول ضروری است. جدول ۱ مشخصات ابعادی دانه زیره‌سبز آورده شده است (سعیدی‌راد و همکاران، ۱۳۹۱). شکل ۱۲ دانه زیره‌سبز را نشان می‌دهد.

جدول ۱- میانگین قطر هندسی دانه‌های زیره در سه گروه طبقه‌بندی شده

اندازه دانه	دامنه قطر هندسی (mm)	میانگین قطر هندسی (mm)	کرویت ^۱ (بدون بعد)	وزن هزاردانه (گرم)
کوچک	۲/۱-۲/۵	۲/۲۷	۰/۳۵	۳/۶۳
متوسط	۲/۶-۳	۲/۸۱	۰/۳۷	۵/۶۴
درشت	۳/۱-۳/۵	۳/۳۳	۰/۳۹	۷/۵۹

^۱ قطر هندسی و کرویت دو مشخصه ابعادی هستند که با استفاده از روابط زیر به‌دست آمده‌اند. $G = \sqrt[3]{L_1 \times L_2 \times L_3}$ و $S = \frac{G}{L_1}$. در این روابط، G : قطر هندسی برحسب mm و S : کرویت، بدون بعد است. L_1 ، L_2 و L_3 : سه قطر عمود بر هم هستند و با استفاده از کولیس اندازه‌گیری می‌شوند و L_1 بزرگ‌ترین قطر است.



شکل ۱۲- اندازه دانه زیره سبز (عکس از سعیدی راد)

۲-۴- مقاومت در برابر جریان هوا (ویژگی‌های آئرودینامیکی)

تمیز کردن دانه محصولات کشاورزی به کمک نیروی باد متأثر از سرعت حد دانه و همچنین کاه و کلش ناشی از کوبش است. انتخاب سرعت دورانی و سرعت باد ایجاد شده توسط بادبزن سیستم تمیزکننده، مستلزم اندازه‌گیری سرعت حد دانه است. سرعت حد عبارت است از سرعت هوای سیال مورد نیاز برای معلق کردن یا متعادل کردن یک ذره در سقوط آزاد که میزان آن بستگی دارد به ویژگی‌های فیزیکی ذره، سیالیت محیط سقوط و نیروی شتاب دهندهٔ ثقلی. برای اندازه‌گیری سرعت حد، دانه در مسیر جریان هوای قائم قرار می‌گیرد و سرعت هوا آنقدر زیاد می‌شود تا دانه بدون حرکت و یا حرکت قائم جزئی

شناور بماند. در این حالت نیروهای مؤثر بر دانه در تعادل قرار می‌گیرند و سرعت هوا معادل سرعت حد برای آن ذره است (محسنین^۱، ۱۹۸۴). شکل ۱۳ دستگاه اندازه‌گیری سرعت حد را نشان می‌دهد.



شکل ۱۳- دستگاه اندازه‌گیری سرعت حد (عکس از سعیدی‌راد)
نتایج آزمون سرعت حد دانه زیره در جدول ۲ بر اساس
اندازه دانه آورده شده است (سعیدی‌راد و همکاران، ۱۳۹۱).

جدول ۲- سرعت حد دانه زیره

اندازه دانه (mm)	سرعت حد (m/s)
۲/۱-۲/۵	۳/۵-۵
۲/۶-۳	۴-۵/۵
۳/۱-۳/۵	۴/۵-۶

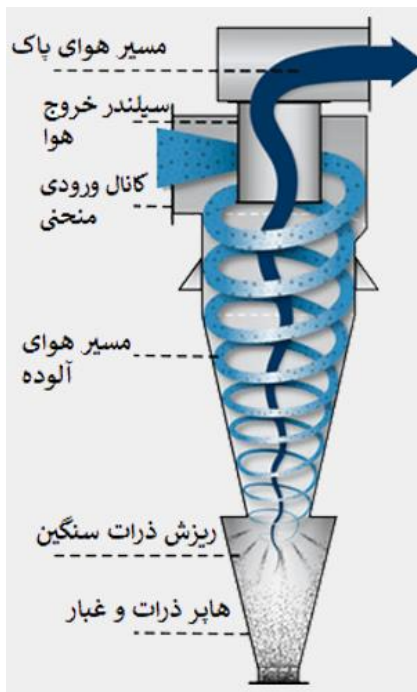
¹ Mohsenin

به همین شکل می توان براساس جرم، ابعاد، فرم و شکل و ویژگی های سطح خارجی، مواد را با توجه به سرعت حد مختلفی که دارند، از یکدیگر تفکیک کرد .

۲-۵- ماشین های بوجاری زیره سبز

در بوجاری زیره سبز از دو روش سیکلون هوا و الک کردن استفاده می شود. برای جدا کردن خاک و گرد و غبار از سیکلون هوا، و برای جدا کردن کاه و کلش از الک استفاده می شود.

وظیفه سیکلون ها غبارگیری است که در آن از دو نیروی چرخش سیال و گرانش برای جداسازی ذرات معلق استفاده می شود. گرد و غبار روی الک وارد مخزن سیکلون می شوند و با سرعت زیاد و در یک مسیر گردابی به سمت پایین حرکت می کنند. این امر نیروی گریز از مرکز ایجاد می کند. این گردابه حرکت خود را به سمت پایین تا انتهای قسمت مخروطی واحد غبارگیر ادامه می دهد و به دلیل اصل بقا، اندازه حرکت زاویه ای یک گردابه داخلی از محل انتهای مخروط در جهت عکس گردابه اولیه آغاز می شود و به سمت بالا ادامه مسیر می دهد سرانجام از مجرای خروجی، هوا عاری از غبار می شود. ذرات غبار سنگین تر به دلیل برخورد با دیواره ها، از جریان هوا جدا و از انتهای خروجی سیکلون خارج می شوند (شکل ۱۴).



شکل ۱۴- نحوه کار سیکلون هوا (عکس از سعیدی‌راد)

الک کردن روش مکانیکی جداسازی است که جنس یا محموله مورد نظر می‌تواند براساس ابعاد و درشتی و ریزی دانه تفکیک شود. جنس یا محموله‌ای که باید براساس دانه‌بندی تفکیک و جدا شود، روی صفحه‌ای که دارای منافذ یا روزنه‌های منظم و یکنواختی است (الک) قرار می‌گیرد و با توجه و اندازه (طول ضخامت و عرض) از دانه مورد نظر جدا می‌شود.

این مرحله یعنی مقایسه دانه بندی (ابعاد) از نظر اهمیت در مکان اول قرار دارد. وقتی محصول روی الک قرار گرفت، از نظر ابعاد، درشتی و ریزی با مش روزه های الک مقایسه می شود و چنانچه ابعاد دانه کوچک تر از مش الک باشد، دانه از الک عبور خواهد کرد و مرحله جداسازی و خارج شدن دانه شروع می شود. هر چه ابعاد بزرگ تر باشند، درصد عبور دانه از دستگاه الک نیز بیشتر خواهد بود البته باید اضافه کرد که مقایسه درشتی و ریزی دانه تحت تاثیر شدت جریان هوا، مخلوط شدن و غلتیدن یا چرخیدن است.

در ماشین های بوجاری برای جداسازی یا الک کردن از صفحه های مشبک یا الک های صفحه ای استفاده می شود. اغلب از دونوع الک استفاده می شود: الک گرد و الک مستطیلی (چوب کبریتی). الک های بافته شده نوع قدیمی اند و فقط برای دانه های خاص به کار می روند.

درصد نسبی مجموع مساحت روزه های الک تحتانی و مجموع سطح مفید الک که دانه از آن عبور می کند، بسیار مهم است و نقش موثری در روش الک کردن دارد. هرچه روزه یا سطح آزاد الک بیشتر باشد، امکان عبور ریزدانه در اولین مرحله الک کردن بیشتر خواهد بود. بنابراین هدف این است سطح الک دارای روزه های آزاد بیشتری باشد.

^۱ عبارت است از نسبت مجموع مساحت روزه ها به سطح مفید الک. این شاخص، تعیین کننده ظرفیت عبور ماده از الک است.

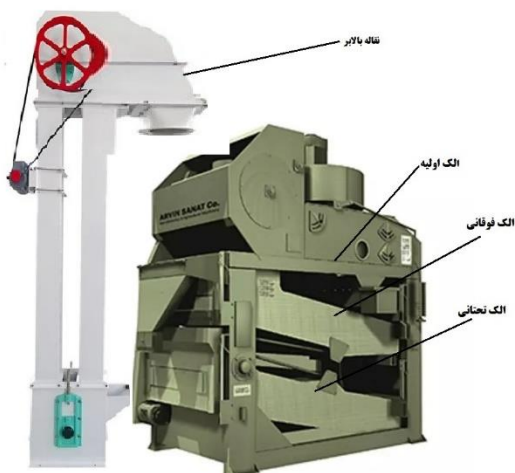
فرایند الک کردن زمانی به‌خوبی پیش خواهد رفت که محصولی که به‌صورت لایه‌ای نازک روی سطح الک قرار می‌گیرد، در مراحل الک کردن به‌خوبی بغلتد. این چرخش و غلتیدن موثر و مفید، زمانی سهل‌تر خواهد بود که حرکات و غلتیدن هر یک از دانه‌ها در سیستم الک بیشتر باشد. این شدت غلتیدن و چرخش بستگی زیادی به فرم دانه دارد. دانه هر چه گردتر و به‌کروی‌بودن نزدیک‌تر باشد (مانند دانه کزرا و نخود)، دانه راحت‌تر الک می‌شود، و هرچه کشیده و درازتر باشد (مانند زیره)، سخت‌تر می‌غلتد. حرکت یا سرخوردن دانه در سیستم جداسازی، به مقاومت غلتشی دانه بستگی دارد که اغلب با زاویه و شیب سطح الک بیان می‌شود. برای مثال، زاویه یا شیب لازم برای سرخوردن دانه کزرا ۲۵-۳۰ درجه است، درحالی‌که زاویه یا شیب سرخوردن زیره ۳۴-۴۰ درجه است.

۲-۶- نحوه کار ماشین بوجاری زیره سبز

برای بوجاری زیره، در ابتدا زیره پاک‌نشده به سیلوی اول انبار منتقل می‌شود که زیر دستگاه بوجاری اول قرار دارد. این سیلو به‌صورت کانال است و دانه‌های زیره پس از ریخته شدن در این قسمت، با بالابر از پایین به بالا، یعنی در حدود ۳ تا ۶ متر بالاتر از سطح دستگاه، منتقل می‌شوند.

نحوه عملکرد نقاله‌ها به این صورت است که در هنگام حرکت نوار، کاسه‌های فلزی با ظرفیتی در حدود ۲۵۰ گرم

پر می‌شوند و به بالا می‌روند. پس از پایین آمدن، زیره از سه الک با مش‌های متفاوت؛ که با فاصله‌های معین از هم در حالت لرزشی قرار دارند، عبور داده می‌شوند. وضعیت قرار گرفتن الک‌ها نیز به صورت زاویه دار است تا دانه‌های زیره در حالت حرکت باشند (شکل ۱۵).



شکل ۱۵- نحوه قرارگیری الک‌ها نسبت به یکدیگر
(عکس از سعیدی راد)

اندازه‌های ریزنه در الک‌های بوجاری زیره سبز نیز مانند دیگر دستگاه‌های بوجاری، از بالا به پایین ریزتر می‌شود. در بوجاری اول می‌توان بیشتر ناخالصی‌های همراه دانه‌ها و مواد خارجی بزرگ، مانند سنگ‌های درشت و کاه را از بذرهایی زیره جدا کرد. در این محفظه یک فن قدرتمند قرار دارد که

نیروی لازم برای گردش هوا را تامین می‌کند. قرارگرفتن زیره در معرض باد باعث جدا شدن خار و خاشاک و دیگر ناخالصی‌های سبک می‌شود و از طرفی وجود سوراخ‌های ریزی که امکان عبور دانه‌های زیر از آن وجود ندارد، گرد و خاک را نیز از آنها جدا خواهد کرد.

در مرحله دوم، زیره به سیلوی دوم منتقل خواهد شد و از سیلوی دوم دوباره با بالابر به داخل دستگاه بوجاری دوم ریخته می‌شود که شامل ۶ نوع الک است. الک اول در قسمت بالای دستگاه بوجاری دوم قرار دارد و مش‌هایی برای جداکردن تخم علف‌های هرز دارد. در الک دوم، کاه‌هایی که در دستگاه بوجاری زیره‌سبز اول گرفته نشده است، دوباره در این قسمت گرفته می‌شوند. الک سوم و چهارم که مش‌های آن کوچک‌تر از مش‌های الک دوم هستند، برای گرفتن کاه و کلش ریزتر استفاده می‌شود. در ادامه، زیره‌سبز پاک‌شده به یک مخزن کوچک قیف‌مانند وارد و از آن قسمت توسط بالابر دوباره به سمت بالا برده می‌شود و وارد یک مخزن دوقلو خواهد شد که متصل به دو دستگاه بوجاری در انتهای خط تولید است.

دستگاه‌های بوجاری مذکور همه دارای الک هستند و براساس وزن دانه‌ها و حالت لرزشی، دانه‌های سنگین به ترتیب در یک سمت و دانه‌های بزرگ‌تر در سمت دیگر قرار می‌گیرند. زیره پاک‌شده از دو بوجاری انتهایی به مخزن

کوچکی وارد می‌شود که در زیر آن مخزن پر کردن و توزین کیسه‌ها با کیسه‌پرکن و دستگاه توزین و اتوماتیک قرار دارد. پس از بسته‌بندی، کیسه‌ها به انبار انتقال داده می‌شوند (شکل ۱۶).



شکل ۱۶- دستگاه بوجاری زیره سبز (عکس از سعیدی راد)

فصل سوم

حمل و نقل زیره سبز

۳-۱- مقدمه

امروزه حمل و نقل یکی از اجزای مهم اقتصاد ملی محسوب می‌گردد و به دلیل داشتن نقش زیربنایی تأثیر فراوانی بر فرایند رشد اقتصادی کشور دارد. این بخش دربرگیرنده فعالیت‌هایی است که به شکلی گسترده در تمامی زمینه‌های تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات دیده می‌شود و در مجموعه فعالیت‌های اقتصادی نقش غیرقابل انکاری برعهده دارد. بدون وجود شبکه حمل و نقل، تاسیسات و تجهیزات جانبی و ناوگان مطلوب، تصور رشد و توسعه عمومی کشور ناممکن به نظر می‌رسد (عباس‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۱).

نحوه حمل و نقل مواد گیاهی برداشت شده تأثیر شگرفی بر کیفیت محصول نهایی حاصل از آن دارد. طول مدت حمل و نقل مواد گیاهی باید کاهش یابد و کمتر از ۳ ساعت باشد. البته این یک توصیه عمومی است و

کاهش کیفیت مواد گیاهی به شدت به مقدار رطوبت آنها و دمای هوا بستگی دارد. اگر دمای هوا و میزان رطوبت مواد گیاهی بالاتر باشد، مدت زمان حمل و نقل باید کمتر شود. اثرهای منفی ناشی از به تعویق انداختن عملیات خشک کردن به ویژگی‌های ماده گیاهی، میزان فشردگی دسته‌ها، ارتفاع لایه مواد گیاهی و موارد مشابه بستگی دارد. میزان رطوبت و دمای بالا شرایط مناسبی برای فعالیت باکتری‌های هوازی و بی‌هوازی هستند. افزایش دمای مواد گیاهی در اثر فعالیت باکتری‌ها قابل اندازه‌گیری است. گاهی افزایش دما می‌تواند آن قدر زیاد باشد که سبب از بین رفتن خود باکتری‌ها شود. تمامی اثرهای افزایش دما و رطوبت بررسی نشده است ولی اثرهای منفی آنها بر کیفیت مواد گیاهی اثبات شده است.

چنانچه به دلایل مختلف مدت زمان حمل و نقل مواد گیاهی دارای رطوبت بالاتر بیشتر از چند روز به طول انجامد، برای کنترل بار میکروبی باید حمل و نقل مواد گیاهی در ساعات خنک‌تر روز و یا در شب باشد. ایجاد تهویه در مواد گیاهی با استفاده از تریلرهای مخصوص می‌تواند به حفظ کیفیت آنها کمک کند ولی این کار هزینه‌های بیشتری به تولیدکنندگان تحمیل می‌کند.

۳-۲- حمل و نقل زیره‌سبز

زیره‌سبز به میزان قابل توجهی به کشورهای مختلف صادر می‌شود که عمدتاً به صورت بسته‌بندی شده و در کانتینرهای ۶ متری با وزن ۲۰ تن به بالا ارسال می‌شود. صادرات زیره‌سبز یکی از عوامل مهم در تراز تجاری کشور است. با توجه به تقاضای بالا برای زیره‌سبز در بازارهای خارجی، صادرات این محصول به عنوان منبعی برای کسب درآمد ارزی قابل توجه است. این صادرات می‌تواند نقش مهمی در تعادل تجاری کشور داشته باشد و به تحقق تعادل در مبادلات تجاری کمک کند. زیره‌سبز به کشورهای مختلف با استفاده از روش‌های حمل و نقل مختلف صادر می‌شود. بسته به شرایط و نیازهای بازارهای هدف، زیره‌سبز می‌تواند از طریق کشتی، هواپیما یا تریلر به مقصد نهایی صادر شود. این تنوع در روش‌های حمل و نقل، امکان صادرات به تمامی نقاط جهان را فراهم می‌کند و باعث افزایش قابلیت رقابت زیره‌سبز ایران در بازارهای جهانی می‌شود. تنوع مقصدهای صادراتی زیره‌سبز کشور نیز مزیتی برای کشور ایران به حساب می‌آید. صادرات این محصول به کشورهای مختلف به عنوان یک منبع درآمدی مورد توجه قرار می‌گیرد و درآمدهای حاصل از آن به تقویت اقتصاد کشور کمک می‌کند. صادرات زیره وابستگی به بازارهای داخلی را کاهش می‌دهد و امکان تعامل با بازارهای بین‌المللی را فراهم

می‌سازد. زیره‌سبز به سه روش صادر می‌شود: با کشتی، با هوایپما و با تریلر.

۳-۳ حمل و نقل با کشتی

با صرفه‌ترین روش حمل و نقل برای محموله‌های حجیم و سنگین حمل و نقل دریایی است. به‌طور کلی جابه‌جایی و حمل کالا و افراد با شناورهای مانند قایق و کشتی روی سطح آب‌های آزاد، حمل و نقل دریایی محسوب می‌شود. امروزه این نوع از حمل و نقل به یکی از بزرگ‌ترین صنایع در جهان تبدیل شده است.



شکل ۱۷- حمل و نقل دریایی (عکس از:

<https://aslforwarder.com/blog>)

۳-۴- اهمیت و مزایای حمل دریایی

جابه‌جایی کالاها از راه دریا شاخصی مهم و تأثیرگذار برای پیشرفت و توسعه هر کشور تلقی می‌شود. به دلیل اینکه بیشتر سطح زمین را آب فرا گرفته است، برای جابه‌جایی کالاها به حمل دریایی نیاز است. بیشترین اهمیت حمل دریایی به خاطر تأثیرگذاری مستقیم بر قیمت کالا است که موجبات افزایش رقابت افراد دخیل در این صنعت را فراهم می‌کند. اثرگذاری بر زنجیره اقتصاد جهانی، دلیل اصلی جایگاه مهم این روش حمل و نقل نسبت به دیگر روش‌هاست.

از دیگر مزایای پراهمیت جابه‌جایی کالاها از طریق دریا، پایداری و ثبات نرخ کرایه کشتی‌هاست. در قوانین و اصول حمل دریایی تأکید بسیاری بر تغییر نیافتن کرایه‌ها در مدت زمان‌های کوتاه شده است، به همین دلیل برای بهره‌گیری از این روش احتیاجی به بررسی و چک کردن دقیقه‌ای کرایه‌ها نیست. مزیت دیگر این روش از انواع حمل دریایی، ایمنی و امنیت بسیاری است که دارد. احتمال بروز خطر در فرایند حمل و نقل دریایی خیلی پایین است و به همین دلیل محبوبیت این روش در بین بازرگانان روز به روز افزایش می‌یابد.

۳-۴- نحوه حمل و نقل دریایی

در انواع حمل دریایی، از شناورهای تجهیز شده و دارای امکانات متنوع برای جابه جایی کالاها استفاده می شود. همچنین به امکانات و تجهیزات خاصی در بنادر مبدأ و مقصد نیاز است تا فرایند بارگیری و تخلیه بار به آسانی و در زمانی اندک صورت گیرد.

روش های حمل دریایی

روش حمل کانتینری (شکل ۱۸)

کانتینر در سایزهای مختلف کوچک تا خیلی بزرگ ساخته می شود و قابلیت استفاده مجدد را دارد.



شکل ۱۸- حمل دریایی با کانتینر (عکس از:

<https://asteria.company>)

در حال حاضر کانتینرها در سه اندازه تهیه می شوند: ۱۰ فوت (حجم ۱۵/۵ متر مکعب)، ۲۰ فوت (حجم ۳۳ متر مکعب) و ۴۰ فوت (۶۷ متر مکعب). کانتینر برای حمل بار در مسافت های طولانی دریایی بسیار مفید است و هزینه برای

جابه‌جایی بار را به صورت چشم‌گیری می‌کاهد. از دیگر مزایای پراهمیت کانتینر می‌توان به انعطاف‌پذیری و تطبیق‌پذیری بالا، افزایش سرعت حمل و نقل، و ایمنی و امنیت بالای آن اشاره کرد. امروزه روش حمل کانتینری بخش عظیمی از حمل و نقل دریایی است. از لحاظ کاربردی، کانتینرها انواع مختلفی دارند. برای صادرات زیره‌سبز از کانتینرهای کالای خشک (شکل ۱۹) که کارآمدترین نوع کانتینر است یا کانتینر حامل اقلام فله‌ای و فاقد بسته‌بندی استفاده می‌شود.



شکل ۱۹- تصویری از کانتینر کالای خشک یا فله. عکس از :

[/https://markazpanel.com/container-and-its-types](https://markazpanel.com/container-and-its-types)

۳-۵- روش حمل فله

در این روش از انواع حمل دریایی، اقلامی جابه‌جا می‌شوند که فاقد بسته‌بندی هستند و نیاز به مخازن خاصی دارند. از مزایای این روش می‌توان به تخلیه سریع بار به دلیل بی‌نیاز بودن به بسته‌بندی و پلمپ و همچنین هزینهٔ مقرون

به صرفه آن اشاره کرد. از کشتی‌های فله بر بزرگ جثه برای جابه‌جایی مواد و کالاهای فله بهره‌گیری می‌شود. این کشتی‌ها به دو دسته تقسیم می‌شوند: کشتی‌های مخصوص بار فله خشک و کشتی‌های مخصوص بار فله مایع. در کشتی‌های حمل بار فله خشک از مخازن مخصوص برای حمل زیره سبز استفاده می‌شود (شکل ۲۰).



شکل ۲۰- روش حمل فله در حمل دریایی (شکل از:

<https://asteria.company>)

۳-۶- روش حمل و نقل هوایی

حمل و نقل هوایی از یکی از راه‌های حمل و نقل بین‌المللی است. حمل و نقل هوایی این اطمینان را می‌دهند که انتقال کالا به کشورهای دیگر در کمترین زمان ممکن صورت پذیرد.

حمل و نقل هوایی زیره‌سبز از طریق هواپیماهای غیر مسافربری و تجاری (شکل ۲۱) به نقاط مختلف دنیا صورت می‌گیرد، این روش حمل و نقل کارگو^۱ نام دارد. این روش بیشتر برای صادرات زیره‌سبز در حجم بالا استفاده می‌شود.



شکل ۲۱- حمل و نقل هوایی با استفاده از هواپیماهای

مخصوص حمل بار (عکس از: [https://www.wbar.ir/wp-](https://www.wbar.ir/wp-content/uploads/2020/06/)

[content/uploads/2020/06/](https://www.wbar.ir/wp-content/uploads/2020/06/))

حمل و نقل هوایی در مقایسه با دیگر روش‌های حمل و نقل دارای مزایای عمده‌ای است که منجر به استفاده روزافزون از این روش برای جابه‌جایی کالا شده است این مزایا عبارت‌اند از:

- گنجایش واحد حمل و نقل
- سرعت واحد حمل و نقل هوایی: سرعت مهم‌ترین عامل برتری حمل و نقل هوایی نسبت به دیگر وسایل حمل و نقل بوده است.
- شعاع عمل یا شعاع پرواز مستقل هواپیماها

¹ cargo

- منظم بودن برنامه ریزی در سرویس دهی
 - آسایش و راحتی
 - ایمنی: ایمنی هواپیما به طور قابل توجهی بیشتر از ایمنی حمل و نقل زمینی (قطار و خودرو) است. اگر نرخ مرگ را به ازای هر میلیارد کیلومتر طی شده تعریف کنیم: برای حمل و نقل هوایی حدود ۰/۰۵، برای قطار حدود ۰/۲۷ و برای خودرو حدود ۴/۵ اعلام شده است. بنابراین ایمنی سفر هوایی حدود ۵ تا ۶ برابر بیشتر از سفر ریلی و حدود ۹۰ برابر بیشتر از سفر با خودرو است (عباس نژاد و همکاران، ۱۴۰۱).
 - سهولت استفاده: سهولت استفاده از هواپیما را می توان بیشتر امری درونی دانست. برای مثال، عبور راحت از اقیانوس ها و نداشتن اجبار در تعویض وسیله حمل و نقل در خشکی و دریا از نکات مثبت هواپیما به شمار می رود.
- معایب: مهم ترین عامل انتخاب وسیله حمل و نقل، هزینه های آن است. سنگین بودن هزینه های هوایی از عوامل محدود کننده است (عباس نژاد و همکاران، ۱۴۰۱)

۳-۷- روش های انتقال هوایی زیره سبز

کارگو یکی از بهترین روش های انتقال کالا بین کشورهای است که مرز زمینی ندارند. این روش برای انتقال کالا به کشورهای که به دریا راه ندارند نیز تنها روش سریع انتقال کالا محسوب می شود (شکل ۲۲).



شکل ۲۲- کارگو یکی از روش‌های انتقال بار هوایی است

(عکس از: <https://asemanexpress.com/fa/weblog/48>)

عوامل متعددی بر هزینه کارگو تأثیر می‌گذارند که عبارت-
اند از:

- وزن کالا: اولین عامل مؤثر بر هزینه کارگو، وزن کالا است. هر چه وزن کالا بیشتر باشد، هزینه آن بیشتر خواهد بود.
- ابعاد بسته‌های زیره‌سبز: عامل تأثیرگذار بعدی، ابعاد کالا است. هر چه ابعاد بسته‌های زیره‌سبز بزرگ‌تر باشد، هزینه کارگو نیز بیشتر خواهد بود.
- فاصله هوایی: عامل مهم دیگری که روی قیمت کارگو اثر دارد، فاصله هوایی بین کشور مبدأ و مقصد است. فاصله هوایی با فاصله زمینی کاملاً متفاوت است و دو کشور ممکن است فاصله زمینی کمی داشته باشند ولی فاصله هوایی آنها به دلیل نبود مسیرهای مستقیم، طولانی باشد و یا بیشتر از فاصله زمینی باشد.
- قوانین کشور مبدأ و مقصد: قوانین کشورهای مبدأ و مقصد یکی دیگر از عواملی است که روی هزینه کارگو تأثیر دارند. برای مثال، در برخی کشورها برای همه اجناس مقدار مشخصی مالیات برای

هر سفر کارگو در نظر گرفته می شود. در برخی کشورها نیز این تعرفه برای کالاهای مختلف، متفاوت است.

فصل چهارم

انبارداری و آلودگی زدایی زیره سبز

۴-۱- مقدمه

زیره سبز یکی از مهم ترین گیاهان صادراتی کشورهایی مانند هند، ایران و دیگر کشورهای آسیایی است که ارزش مالی آن پس از زعفران دومین گیاه صادراتی ایران است. کاربرد اصول نگهداری، انبارداری و فراوری آن برای حضور موفق ایران در بازارهای جهانی موثر است.

نگهداری زیره سبز به منظور حفظ و نگهداری صحیح مواد موثر آن، نیاز به انبارهای مناسب و کنترل دائمی دما، رطوبت و آفات و بیماری ها دارد (شکل ۲۳).



شکل ۲۳- نگهداری زیره سبز در گونی در انبار مناسب
(عکس از: <https://shahraranews.ir/fa/news/29260>)

انبارداری از فرایندهای مهم در مرحلهٔ پس از برداشت گیاهان دارویی است که می‌تواند سبب تامین پایدار مواد گیاهی موردنیاز صنعت فراوری گیاهان دارویی شود. مبانی بسته‌بندی و انبارداری گیاهان دارویی و معطر برکمیت و کیفیت مواد موثر گیاهان دارویی تاثیر بسزایی دارد. نگهداری درست مواد گیاهی دارویی یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار بر خواص درمانی آنهاست.

۴-۲- انبار نگهداری زیره‌سبز

انبارهای نگهداری زیره‌سبز باید در برابر حشرات و گرما نفوذ ناپذیر بوده و کاملاً ضد حریق (فولادی، بتونی یا آجری) باشند.

زیره‌سبز اگر کاملاً خشک نشده باشد و انبار شود، در مدت کوتاهی فاسد خواهد شد زیرا رطوبت زیاد سبب فعال شدن آنزیم‌ها و رشد قارچ‌ها می‌شود. به‌طور کلی، زیره‌سبز کاملاً خشک شده (با رطوبت کمتر از ۸ درصد) را می‌توان حدود ۳ تا ۱۲ ماه انبار کرد (شکل ۲۴). گاهی به‌رغم ظاهر خشک زیره‌سبز هنوز درون دانه‌ها مقداری رطوبت باقی مانده‌است که اگر در انبار کردن دقت نشود، کالا فاسد خواهد شد. نور پلاریزه^۱ و نور انعکاس یافته (که

^۱ منابع نور پلاریزه در انبارها عبارت‌اند از چراغ‌های فلورسنت، لامپهای LED، فیلترهای نوری، سطوح بازتابنده مانند سطوح فولادی یا شیشه‌ای، دستگاه‌های تصویربرداری و نور خورشید.

تأخوردی خواص نور پلاریزه را دارد)، نیز تغییراتی در مواد مؤثر ایجاد خواهد کرد و فساد آن‌ها را تسریع می‌کند.



شکل ۲۴- انبار زیره سبز

(عکس از: <https://www.mazraehno.com>)

اکسیژن هوا و آنزیم‌ها (اکسیدازها) سبب اکسید شدن مواد مؤثر زیره می‌شوند، از این رو لازم است انبارهای نگهداری زیره خنک و تاریک باشند و تهویه با هوای خشک در آنها به خوبی صورت گیرد. محافظت زیره در مقابل حشرات گوناگون از تیرهٔ بال پولک‌داران، قاب‌بالان و دوبالان، که اغلب دوران لاروی خود را روی گیاهان دارویی می‌گذرانند، نباید از نظر دور داشت.

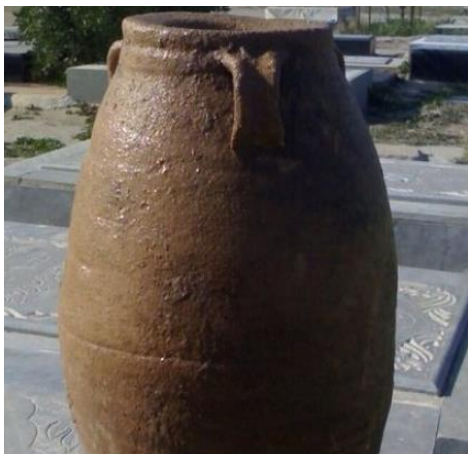


شکل ۲۵- حشرات تیره قاب بالان (تصویر بالا) و دو بالان (تصویر میانی)، بال پولک‌داران (تصویر پایین)، (عکس از <https://fa.wikipedia.org/wiki>)

انبارهای نگهداری زیره باید نسبت به ورود حشرات و گرما نفوذناپذیر باشند و ضد حریق (فولادی، بتونی یا آجری) باشند. انواع مواد خام معطر و گیاهان بودار و بدون بو را باید از زیره سبز به طور جداگانه انبار کرد.

۴-۳- روش‌های سنتی نگهداری زیره‌سبز

در گذشته، زیره‌سبز به روش‌های سنتی نگهداری می‌شد. یکی از این روش‌ها، نگهداری زیره در ظروف سفالی یا گلی (شکل ۲۶) بود که از نفوذ هوا و رطوبت جلوگیری می‌کند.



شکل ۲۶- کوزه سفالی نگهداری زیره‌سبز (عکس از:

<https://www.mehrnews.com/news/2487149>)

دست‌اندرکاران زیره را در انبارهای خشک و خنک قرار می‌دادند و از تماس آن با نور خورشید جلوگیری می‌کردند. این روش‌ها همچنان در برخی مناطق روستایی و سنتی استفاده می‌شود و می‌تواند تا حدی موثر باشد. کنترل‌نشدن دما و رطوبت در این انبارها ممکن است باعث تغییراتی در کیفیت و زمان ماندگاری زیره‌سبز شود.

۴-۴- روش های مدرن نگهداری زیره سبز

با پیشرفت فناوری، روش های مدرن تری برای نگهداری زیره سبز به وجود آمده است. استفاده از سردخانه های صنعتی و بسته بندی های پیشرفته به حفظ کیفیت زیره سبز کمک شایانی می کنند. کنترل دما و رطوبت به صورت خودکار و پایش مداوم نیز می تواند به بهبود فرایند انبارداری کمک کند. استفاده از بسته بندی های با تکنولوژی نانو و مواد ضد میکروبی نیز از جمله روش های مدرن برای افزایش ماندگاری زیره سبز است.

۴-۵- مشخصات انبار نگهداری زیره سبز

انبار یا سالن نگهداری زیره سبز باید دارای سیستم تهویه مطبوع و سرمایش مناسب و کافی باشد تا هوای گرم داخل انبار، که از اکسایش مواد داخل آن ایجاد می شود، خارج گردد و محصول به مدت طولانی بدون آسیب دیدگی و تا زمان فروش نگهداری شود. به این منظور باید رطوبت و دمای سالن و نیز میزان نور به انبار به دقت کنترل شود. باید از فعالیت آفات و هجوم بیماریزها جلوگیری کرد. چنانچه شرایط نگهداری زیره سبز در انبار مناسب نباشد درصد ضایعات محصول افزایش می یابد که مقدار آن بسیار بیشتر از ضایعاتی است که طی برداشت ایجاد می شود. بهترین دما برای نگهداری زیره سبز ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۷۰ درصد است. به این منظور باید دمای مناسب

و گردش هوا را در سالن‌های نگهداری محصول ایجاد کرد. رسیدن به این امر مهم مستلزم استفاده از سیستم تهویه مطبوع مناسب با قابلیت نگهداشت سطح رطوبت نسبی و دمای هوای داخل سالن نگهداری دانه زیره‌سبز در حد استاندارد و نیز گردش مناسب هوا در آن است. نکته قابل توجه این است که تعبیه هواکش باید مناسب و متناسب با مساحت و فضای موجود باشد (پشت قاب هواکش باید به توری با اندازه مش ۱ تا ۲ میلی‌متر، ضدزنگ و قابل شستشو مجهز باشد و هوای انبار عاری از رطوبت زیاد و عاری از بو باشد) (شکل ۲۷).



شکل ۲۷ نمونه‌ای از سیستم تهویه انبارها

(عکس از: <https://karapump.ir>)

۴-۶- سیستم تهویه مطبوع و سرمایش

سیستم تهویه انبار باید به گونه‌ای کنترل شود که منجر به جوانه‌زدن دانه نشود (شکل ۲۷). مهم‌ترین عوامل

جلوگیری از جوانه زدن محصول در انبار عبارت‌اند از ثابت نگه داشتن رطوبت در حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد، دمای انبار در حدود ۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس و نیز جلوگیری از تابش مستقیم نور به داخل انبار. یکی دیگر از هدف‌های مهم این‌گونه نگهداری این است که محصول از گزند آفات و عوامل بیماری در امان باشد.

۴-۷- دستگاه‌های تهویه، سرمایش و تنظیم رطوبت

برای تهویه مطبوع و مناسب هوای انبار و سالن‌های نگهداری دو دستگاه هواساز و هوادهی سقفی^۱ پیشنهاد می‌شود:

سیستم چیلر و هواساز

هواساز تنها دستگاهی است که می‌تواند تهویه سالن یا انبار را به بهترین شکل به‌انجام برساند. یعنی اینکه هم هوای تازه را وارد سالن یا انبار مورد نظر کند و هم دما و میزان رطوبت هوا را تنظیم کند. هواساز در واقع محفظه‌ای بزرگ فلزی است که تجهیزات فیلتراسیون، فن دمنده هوا و تجهیزات تنظیم کننده دما و رطوبت را در خود جای داده‌است (شکل ۲۸).

^۱ Rooftop package

برای تعیین توان یا دبی دمنده (فن) دستگاه تهویه در انبار زیره‌سبز، عواملی مانند ابعاد انبار، نیازهای تهویه، دما و رطوبت مورد نظر باید در نظر گرفته شود.

۱. محاسبه دبی^۱:

یک قانون عمومی برای انبارها این است که حداقل ۴ تا ۶ بار تعویض هوا در ساعت باید صورت گیرد. برای مثال، اگر حجم انبار ۱۰۰ متر مکعب باشد، دبی مورد نیاز هوای ورودی می‌تواند به این صورت محاسبه شود:

$$\text{دبی} = \text{حجم انبار} \times ۴ \quad (\text{تعویض هوا در ساعت}) = ۱۰۰ \times ۴ = ۴۰۰ \text{ متر مکعب در ساعت}$$

محاسبه توان:

توان فن بستگی به دبی و فشار استاتیک دارد. با استفاده از فرمول‌های مربوط به فن‌ها و بررسی مشخصات فن‌ها می‌توان به قدرت مناسب دست یافت. به‌طور کلی، اگر سرعت جریان هوا ۴۰۰ (مترمکعب بر ساعت) مدنظر باشد، نیاز خواهد بود فن با توان حدود ۱۰۰-۲۰۰ وات (بسته به راندمان فن و فشار) به کار گرفته شود.

زمان فعالیت:

مدت زمان فعالیت فن باید به شرایط دما و رطوبت محیط بستگی داشته باشد. معمولاً برای نگهداری بهینه، بهتر است فن‌ها در تمام ساعات روز کار کنند یا به صورت دوره‌ای

¹ Airflow

(مثلاً ۸-۱۲ ساعت) فعال باشند تا دما و رطوبت مناسب حفظ شود.

تجهیزات مورد نیاز:

الف. سیستم‌های تهویه مطبوع

کولرهای گازی: برای کاهش دما در فصل‌های گرم.
پکیج‌های هوادهی: مخصوصاً هوادهی سقفی که می‌تواند گرما و سرما را در کنار تهویه فراهم کند.

ب. دستگاه‌های کنترل رطوبت

رطوبت‌سنج: برای اندازه‌گیری سطح رطوبت هوا و حصول اطمینان از حفظ آن در محدوده مناسب.

دستگاه‌های رطوبت‌زدا: برای کاهش رطوبت در صورت نیاز، به ویژه در مکان‌های مرطوب.

ج. سیستم‌های گرمایش

بخاری‌های برقی یا بخاری‌های گازی: برای تأمین گرما در شرایط سرد.

جت هیترها: که می‌توانند به سرعت دما را در انبار بالا ببرند.

د. دوربین‌های نظارتی و سنسورهای دما و رطوبت

برای رصد مداوم شرایط محیطی و ارسال هشدار در صورت خروج از محدوده تعیین شده.

۲. روش‌های تنظیم دما و رطوبت

الف. کنترل دما

تنظیم ترموستات: با استفاده از ترموستات‌ها می‌توان دما را در محدوده ایده‌آل (۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس) نگه داشت.

استفاده از عایق‌ها: عایق‌کاری دیوارها و سقف انبار برای جلوگیری از تغییرات دمایی ناخواسته.

ب. کنترل رطوبت

استفاده از رطوبت‌سنج: برای پیگیری سطح رطوبت و تنظیمات لازم برای حفظ آن در حد ۶۰ تا ۷۰ درصد.

تهویه مناسب: حصول اطمینان از وجود جریان هوای مناسب به منظور جلوگیری از تجمع رطوبت و حفظ کیفیت زیره.

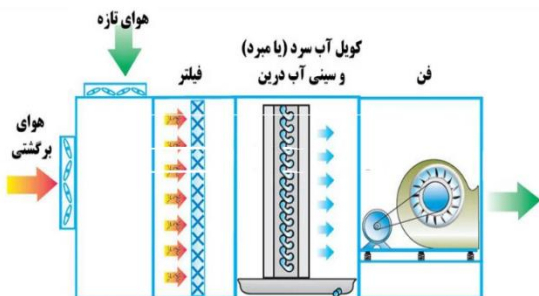
جلوگیری از ورود آب: جلوگیری از نشت آب یا رطوبت از طریق دیوارها و کف انبار.

ج. تنظیم شرایط محیطی

چک کردن و پاک‌سازی: تجهیزات باید به طور منظم بررسی و پاک‌سازی شوند تا از کارایی بهینه آنها اطمینان حاصل شود.

نظارت مداوم: پایش مداوم دما و رطوبت به کمک سنسورها و دستگاه‌های مربوط برای جلوگیری از تغییرات ناگهانی.

بخشی از هوای ورودی به هواساز هوایی است که از هوای خروجی انبار یا سالن به هواساز برگشت داده شده است و با هوای تازه مخلوط می‌شود. این هوا در اولین مرحله با برخورد با چند لایه صافی آلومینیمی و کیسه‌ای پاکسازی و پس از آن با برخورد به کویل آب سرد خنک می‌شود. رطوبت هوا نیز روی کویل آب سرد به صورت مایع تقطیر می‌گردد و در سینی زیر کویل جمع و از آنجا تخلیه یا زهکشی می‌شود. فن نیز نقش سرعت دادن به هوا را بر عهده دارد.



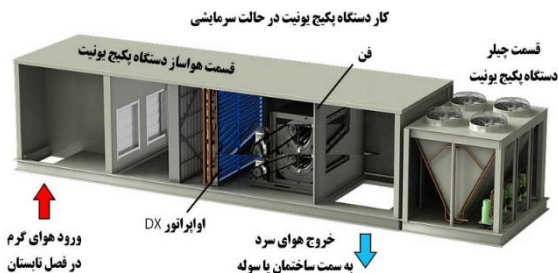
شکل ۲۸- نمونه‌ای از سیستم تهویه انبارها

(عکس از: <https://makh-co.com>)

دستگاه روفتاپ پکیج (پکیج یونیت)

در سیستم چیلر، آب در چیلر سرد به هواساز فرستاده می‌شود. وجود آب دو اشکال مهم در سیستم ایجاد می‌کند اول اینکه برای جلوگیری از یخ زدن آب در لوله‌ها (وقتی که دمای هوای بیرون زیر صفر است) باید ضدیخ به آب اضافه شود که هر چه ضدیخ بیشتر باشد راندمان سرمایش سیستم

کم‌تر می‌شود و دوم اینکه وقتی آب توسط مبرد (گاز فرئون) سرد می‌شود و مجدداً برای استفاده در هواساز برای کاهش دمای هوا به کار می‌رود، یک مرحله اتلاف حرارتی بیشتر وجود خواهد داشت. برای تهویه، سردکردن و تنظیم رطوبت هوای داخل سالن یا انبار نگهداری دانه، آب سرد حذف می‌گردد و قطعات و تجهیزات چیلر و هواساز در یک دستگاه جاسازی می‌شود. با این کار دیگر نیازی نیست تا آب در چیلر سرد شود، به جای آن، مبرد به‌طور مستقیم به کویل هواساز فرستاده می‌شود تا دمای کویل کاهش یابد، هوا با برخورد با کویل سرد (که این بار به جای آب سرد در آن مبرد جاری است) خنک می‌شود. با این کار ضمن صرفه‌جویی بیشتر در مصرف انرژی، قیمت دستگاه روفتاپ پکیج (یا همان پکیج یونیت) نسبت به حاصل جمع قیمت‌های چیلر و هواساز کمتر می‌شود (شکل ۲۹) به جای کویل آب سرد یک اواپراتور DX وجود دارد که در واقع کوبلی است که مبرد در آن جاری می‌شود.



شکل ۲۹- نمونه‌ای از سیستم تهویه انبارها (عکس از:

<https://makh-co.com>

دمای محیط انبار نباید بیشتر از ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس باشد. انبار باید مجهز به ترمومتر باشد و انباردار موظف است همواره دمای انبار را در محدوده ذکر شده حفظ کند. تهویه انبار باید به گونه ای باشد که حداقل در یک ساعت ۱۰ بار هوای آن عوض شود و همواره هوای خشک و خنک داشته باشد (شکل ۳۰).



شکل ۳۰- نمونه ای از دستگاه کولر آبی بزرگ مخصوص انبارها
(عکس از: <http://garماسard.com>)

۴-۸- کف، دیوار و سقف انبار

✓ دیوارهای انبار باید تا ارتفاع ۲ متر کاشی یا سرامیک باشد. به عبارت دیگر دیوار مقاوم و قابل شستشو و غیر قابل نفوذ برای موجودات موذی باشد.

✓ کف انبار باید از جنس قابل شستشو مانند سنگ،
سرامیک یا موزائیک باشد.

✓ کف انبار باید کف شوی داشته باشد و در پوش آن
توری داشته باشد.

سقف انبار باید دارای رنگ آمیزی روغنی به رنگ
روشن باشد (شکل ۳۱).



شکل ۳۱- انبار سرد نگهداری زیره سبز (عکس از عین افشار)

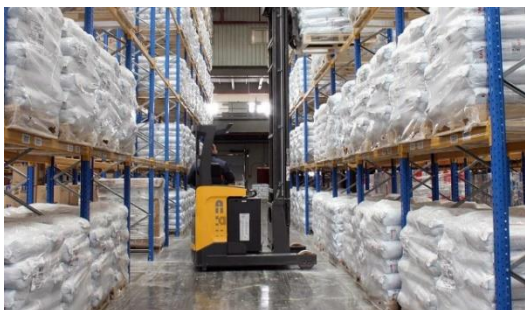
۴-۹- پالت و قفسه بندی انبار

✓ در انبار باید قفسه به تعداد کافی وجود داشته باشد.
قفسه‌ها معمولاً به طور موازی و پشت سر هم قرار گیرند و
فاصله‌ای به اندازه $1/5 - 1/2$ متر برای عبور و مرور و حمل و
نقل کالا در بین قفسه‌ها در نظر گرفته شود.

✓ ارتفاع قفسه‌ها و کف انبار در حدود ۴۰ تا ۴۵
سانتی‌متر باشد.

✓ مواد چیده شده باید حداقل ۳۰ سانتی‌متر تا دیوار
فاصله داشته باشند.

- ✓ پالت‌ها یا قفسه‌بندی‌ها باید از جنس فلزی یا پلاستیک فشرده و قابل شستشو باشند.
- ✓ پالت‌های ضد زنگ (فلز گالوانیزه)، مشبک و محکم برای نگهداری زیره‌سبز به تعداد کافی و متناسب با مواد موجود در انبار وجود داشته‌باشد و کلیه مواد باید روی پالت قرار داشته‌باشند (شکل ۳۲).

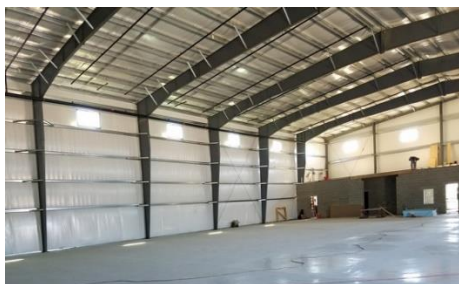


شکل ۳۲- پالت و قفسه بندی انبار (عکس از عین‌افشار)

۴-۱۰- در و پنجره انبار

- ✓ در انبار باید مجهز به توری فنردار ضد زنگ باشد و در صورت وجود پنجره در انبار، آنها نیز باید با توری مش ریز (با مش ۱۶ میلی متر) پوشانده شوند.
- ✓ بهتر است برای جلوگیری از نفوذ حشرات موزی در کلیه درهای ورودی انبار از پرده هوا استفاده شود.
- ✓ درها باید مجهز به فتر یا در بند پنوماتیک باشد و خود به‌خود بسته شوند.

- ✓ اتاق‌ها و انبار باید دارای پنجره کافی باشند (ابعاد پنجره‌ها 120×100 سانتی‌متر اتاق‌ها و انبار 120×50 سانتی‌متر)
- ✓ در اصلی انبار باید به نحوی باشد که ورود و خروج دستگاه‌های حمل بار به آسانی صورت گیرد.
- ✓ معمولاً حداقل ارتفاع در اصلی $3/5$ متر و عرض درها حداقل 3 متر است و ترجیحاً از درهای کشویی یا کرکره‌ای استفاده شود.
- ✓ وجود و نصب درهای کوک برای عبور و مرور افراد ضروری است.
- ✓ کلیه پنجره‌های بیرونی با حفاظ باشند.
- ✓ جلو پنجره تحویل کالا به صورت شیروانی یا سقف دار باشد برای افراد مراجعه کننده.
- ✓ انبارها بهتر است دارای دو درِ بزرگ (برای تردد خودرو یا تریلر) و کوچک (محل عبور پرسنل) باشد (شکل ۳۳).



شکل ۳۳- در و پنجره انبار (عکس از:

<https://www.anbaronline.ir/p/1049>

۴-۱۱ - عوامل مؤثر بر انبارداری زیره سبز

مدت نگهداری زیره سبز در انبار به نوع دانه و شرایط محیطی انبار بستگی دارد. به طور کلی برخی از مهم ترین عوامل مانند کیفیت اولیه، عوامل ژنتیکی، ترکیبات شیمیایی، رطوبت و دما بر طول مدت انبارداری تأثیر می گذارند.

۴-۱۲ - کیفیت اولیه زیره سبز

تولیدکنندگان باید سعی کنند تنها زیره سبز با کیفیت بالا (شکل ۳۴) را ذخیره کنند و از نگهداری زیره سبز با کیفیت پایین در انبار خودداری کنند. شرایط فیزیکی و وضعیت فیزیولوژیکی زیره سبز بر مدت انبارداری آنها تأثیر می گذارد. دانه های شکسته، ترک خورده و چروکیده نسبت به دانه های سالم، قابلیت انبارداری کمتری دارند. شرایط محیطی حاکم طی نمو زیره و طی رسیدگی بر قابلیت انبارداری آن تأثیرگذار هستند. دانه زیره سبز بیشترین توان انبار داری خود را در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی به دست می آورد.



الف



ب

شکل ۳۴- شکل الف: زیره سبز با کیفیت پایین ب: زیره سبز با کیفیت بالا (عکس از: عین‌افشار)

قابلیت انبارداری زیره سبز با کاهش دما و رطوبت، افزایش می‌یابد. رطوبت این زیره را بدون اینکه صدمه ببیند به میزان ۵ درصد می‌توان کاهش داد و این زیره‌ها قادر به تحمل دماهای یخ زدگی هستند.

دانه‌های زیره سبز در دماهای حدود ۴- تا ۶- درجه سلسیوس ممکن است یخ بزنند و آسیب ببینند.

رطوبت

رطوبت زیره را باید پس از برداشت و پیش از انبار کردن تا حد مناسب کاهش داد. کاهش ندادن رطوبت در حد مناسب، میزان رشد قارچ‌ها، تنفس و گرما را افزایش می‌دهد و منجر به زوال شدیدتر دانه‌ها طی انبارداری می‌گردد. کاهش بیش از حد رطوبت نیز با آسیب رساندن به آنزیم‌های موجود در دانه و تجزیه ساختار غشا، سرعت پیری زیره را بالا می‌برد و در نتیجه فاسد شدن زیره را تسریع می‌بخشد. درصد رطوبت زیره سبز به عواملی مانند درجه رسیدگی آن و موقعیت اقلیم منطقه و زمان برداشت محصول و شرایط نگهداری در انبار، به‌ویژه درصد رطوبت نسبی انبار بستگی دارد. به منظور کاهش رطوبت زیره سبز از روش‌های زیر می‌توان استفاده کرد:

۱. کاربرد رطوبت‌زداها

رطوبت‌زدهای الکتریکی: این دستگاه‌ها می‌توانند رطوبت اضافی را از هوا خارج کنند و محیط را خشک نگه‌دارند.

مواد جاذب رطوبت: استفاده از موادی مانند سیلیکاژل، کلرید کلسیم یا پودر زغال‌چوب که رطوبت را جذب می‌کنند، می‌تواند به کاهش رطوبت در انبار کمک کند.

۲. بهبود تهویه

جریان هوا: انبار باید به خوبی تهویه شود. استفاده از فن‌ها یا دستگاه‌های تهویه مطبوع می‌تواند به حرکت هوا و کاهش رطوبت کمک کند.

باز کردن پنجره‌ها و درها: در صورت امکان، در روزهای خشک و گرم، پنجره‌ها و درهای انبار باز شوند تا رطوبت اضافی خارج شود.

۳. کنترل دما

استفاده از سیستم‌های تهویه مطبوع: تنظیم دما در محدوده مناسب (۱۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس) به کاهش رطوبت کمک می‌کند. هوای گرم معمولاً قادر به نگهداری رطوبت بیشتری است، بنابراین کنترل دما می‌تواند مفید باشد. عایق‌بندی: باید اطمینان حاصل شود از عایق‌بندی مناسب دیوارها و سقف انبار تا از ورود رطوبت اضافی جلوگیری شود.

۴. پایش مداوم

استفاده از رطوبت‌سنج: نصب دستگاه‌های رطوبت‌سنج در انبار برای نظارت بر سطح رطوبت و درپیش گرفتن روش‌های سریع در صورت افزایش آن.

چک کردن منظم: بررسی منظم شرایط انبار و تجهیزات برای کسب اطمینان از عملکرد صحیح آنها و جلوگیری از مشکلات احتمالی.

دما

میزان دمای محیط در طول عمر زیره سبز مؤثر است. با کاهش دمای انبار تا حد معینی طول عمر دانه افزایش می یابد. در ازای کاهش هر ۵ درجه سلسیوس (دمای دانه زیره سبز بین صفر تا ۴۴/۵ درجه سلسیوس) طول عمر دانه دو برابر می شود. دماهای زیر صفر نیز موجب افزایش عمر انبارداری می شوند به شرطی که رطوبت نسبی انبار نگهداری دانه زیره سبز از ۷۰ درصد کمتر نباشد، و گر نه بلورهای یخ در فضای بین سلولی ایجاد و موجب گسیختگی نظم سلولی می شوند. بنابراین، رطوبت نسبی مناسب موجب کاهش خسارت دمای پایین می شود.

سیستم تهویه مطبوع و سرمایش

انبار یا سالن نگهداری دانه زیره سبز باید دارای سیستم تهویه مطبوع و سرمایش مناسب و کافی باشد تا بتوان محصول را به مدت طولانی و بدون آسیب دیدن و تا زمان فروش نگهداری کرد و راه حل آن کنترل شرایطی است که منجر به جوانه زدن دانه زیره سبز نشود (شکل ۳۵).



شکل ۳۵- انبار نگهداری زیره‌سبز مجهز به سیستم تهویه
(عکس از: عین‌افشار)

مهم‌ترین عوامل جلوگیری از جوانه‌زدن و رویش محصول در انبار عبارت‌اند از ثابت نگه‌داشتن رطوبت و دمای سالن در حد استاندارد و نیز کنترل میزان تابش نور به داخل آن. یکی دیگر از هدف‌های مهم چنین نگهداشتی این است که محصول از گزند آفات و عوامل بیماری در امان باشد.

۴-۱۳- نکات نگهداری صحیح زیره‌سبز

✓ سالن یا انبار محل نگهداری باید خشک و خنک باشد و سیستم تهویه مطبوع و سرمایش آن به شکل مطلوب طراحی شده باشد.

✓ دانه زیره‌سبز باید پیش از انتقال به انبار به درستی خشک شود و میزان رطوبت درون دانه‌ها در حد استاندارد و ۱۲-۹ درصد باشد (بی‌نام، ۱۳۹۲). اگر میزان رطوبت موجود درون دانه زیره‌سبز بیش از حد باشد (یعنی دانه به اندازه کافی خشک نشده باشد)، زیره با سرعت زیادی فاسد می‌شود و

قارچ‌ها (از جمله آسپرژیلوس و پنی‌سیلیوم) رشد خواهند کرد. این قارچ‌ها مواد سمی تولید می‌کنند که موجب نابودی سلول‌های دانه زیره سبز می‌شود.

✓ حتی‌الامکان فقط دانه‌های زیره با کیفیت ذخیره‌سازی شوند و کلیه عملیات پاکسازی و بسته‌بندی مناسب اجرا شوند. بهترین حالت نگهداری این است که زیره سبز را درون کیسه و به روش خلأ بسته‌بندی کرد و بسته‌ها را در دمای ۱۵ تا ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۳۰ تا ۵۰ درصد نگهداری کرد.

✓ اصول نگهداری محصول در برابر آفات به‌طور کامل رعایت گردد.

✓ کلیه اصول مربوط به رعایت بهداشت در سالن‌های نگهداری به‌طور دقیق اعمال شود.

✓ فاصله مناسب بین قفسه‌های انباشت محصول و دیوارها و سقف در نظر گرفته شود تا هوا بتواند به‌خوبی گردش کند و نیز ارتفاع محصولات انباشته شده روی یکدیگر نباید بیشتر از ۳ متر باشد زیرا باعث آسیب‌دیدگی دانه‌های زیرین بر اثر نیروی وزن می‌شود.

۴-۱۴- مدت زمان نگهداری زیره سبز

با ذخیره‌سازی دانه زیره سبز در انبار به شکل صحیح می‌توان در شرایط خاص تا ۱۰ سال (و بیشتر) هم محصول را به شکل سالم نگهداری کرد. مناسب و در حد استاندارد

نبودن دما یا رطوبت نسبی هوای داخل انبار یا سالن و نیز بالا بودن رطوبت داخل دانه زیره‌سبز (خشک نبودن به حد کافی) مهمترین عامل فاسدشدن زودرس هستند که با خشک کردن صحیح و نیز طراحی سیستم تهویه سرمایشی و گرمایشی مناسب برای انبار یا سالن نگهداری دانه می‌توان به مدت طولانی از سالم ماندن محصول مطمئن شد.

اگر دانه زیره‌سبز مورد نظر در ظرف‌ها و بسته‌بندی‌های ضد رطوبت (مقاوم در برابر نفوذ رطوبت هوا به درون آن) قرار نگیرد، رطوبت نسبی هوای انبار (بخار آب موجود در هوا) می‌تواند رطوبت درون زیره‌سبز را بالا برد. برای مثال وقتی رطوبت نسبی هوا ۱۵ درصد باشد می‌توان رطوبت درون زیره‌سبز را که خشک شده است تا ۶ درصد و در مدتی بسیار طولانی ثابت نگه داشت ولی اگر برای مثال رطوبت نسبی هوای سالن نگهداری زیره‌سبز در حدود ۹۰ درصد باشد نهایتاً رطوبت درون زیره‌سبز را می‌توان تا ۱۹ درصد افزایش داد. بنابراین، رطوبت داخل دانه‌ها وابسته به رطوبت نسبی هوا است. از طرفی، دمای هوا نیز تعیین‌کننده میزان رطوبتی است که هوا می‌تواند در خود نگه دارد. بنابراین یکی از اصولی‌ترین راه‌ها برای کاهش رطوبت داخل دانه‌ها این است که آنها را در معرض هوای با رطوبت پایین قرار داد تا رطوبت درون دانه‌ها به هوا منتقل گردد که بسیاری از دستگاه‌های خشک

کن مدرن نیز بر همین اساس ساخته می‌شوند (تهویه، سرمایش و تنظیم رطوبت انبار و سالن نگهداری بذر و دانه، ۱۴۰۴).

۴-۱۵- آفات انباری

طبق گزارش‌های مجامع بین‌المللی خسارت آفات در انبارها هر سال بالغ بر ۳۰ درصد تولید است. آفات انباری علاوه بر زیان مالی باعث خسارت کیفی زیره‌سبز انبارشده نیز می‌شوند. اگر شرایط اکولوژیک برای فعالیت آفات مختلف فراهم باشد محصول به مدفوع و پوسته‌های لاروی حشرات و کنه‌ها یا به فضولات جوندگان آلوده شده و از مرغوبیت آن کاسته می‌شود و تغذیه از چنین محصولاتی نیز بهداشت مصرف‌کننده را به خطر می‌اندازد.

کنترل آفات انباری با سموم شیمیایی تدخینی مهم-ترین روش کنترل است ولی مشکلات عمده‌ای مانند باقیمانده سموم در محصولات غذایی، بروز مقاومت در آفات و اثر سوء زیست‌محیطی را به‌وجود می‌آورد (لی^۱ و همکاران، ۲۰۰۱). ازجمله این سموم متیل بروماید است که کاربرد آن در سال‌های اخیر در کشورهای پیشرفته ممنوع شده است (رسولی^۲ و همکاران، ۲۰۰۶).

کنترل آفات انباری دانه‌های زیره‌سبز بدون باقی‌ماندن سموم شیمیایی در آن نیازمند استفاده از روش‌های کم‌خطر

¹ Lee

² Rasooli

و سازگار با محیط زیست است. در زیر چند روش موثر برای کنترل آفات انباری زیره‌سبز معرفی می‌شود:

۱. استفاده از تله‌ها و کنترل فیزیکی و مکانیکی

تله‌های چسبنده: این تله‌ها را می‌توان در نقاط مختلف انبار نصب کرد تا آفات را جذب و کنترل کنند.

تله‌های رنگی: استفاده از تله‌های رنگی می‌تواند به کاهش جمعیت آفات کمک کند. برای مثال، تله‌های زرد برای جذب حشرات پروازی مفید هستند.

۲. کنترل فیزیکی و مکانیکی

غربالگری و تمیزکاری: تمیز کردن منظم انبار و حذف دانه‌های آلوده یا خراب می‌تواند کمک کننده باشد.

۳. استفاده از ترکیبات طبیعی

روغن‌های گیاهی: برخی از روغن‌های طبیعی مانند روغن نعنائی یا روغن درخت چای می‌توانند آفات را دور کنند. این روغن‌ها می‌توانند به عنوان اسپری‌های طبیعی روی دانه‌ها و در هوا استفاده شوند.

عصاره‌های گیاهی: عصاره‌هایی مانند عصاره نعنا یا سیر به عنوان حشره‌کش‌های طبیعی قابل استفاده هستند و عموماً برای سلامت انسان بی‌خطرند.

۴. محصولات بیولوژیک

استفاده از حشرات مفید: استفاده از حشرات مفید مانند زنبورهای پارازیتوئید^۱ می تواند کمک کند که جمعیت آفات کاهش یابد بی آنکه آسیبی به دانه ها برسد. میکروارگانیسیم ها: برخی از باکتری ها (مانند *باسیلوس تورینگینسیس*^۲) و قارچ ها (مانند *بوریاسیانا*^۳) نیز می توانند برای کنترل آفات استفاده شوند.

۵. روش های پیشگیری

کنترل رطوبت: حفظ رطوبت در حد مطلوب و دور نگه داشتن دانه ها از رطوبت زیاد می تواند از بروز آفات جلوگیری کند.

بسته بندی مناسب: استفاده از بسته بندی های مناسب و ایمن برای نگهداری دانه ها می تواند از تاثیر آفات بر دانه های زیره سبز جلوگیری کند.

به دام اندازی انبوه

مطالعه فعالیت حشرات نقش اصلی در مدیریت آفات در انبار دارد و عوامل مختلفی همچون شرایط نوری، سن، وضعیت جفتگیری و تغذیه و تولید مثلی در به دام اندازی حشرات آفت نقش دارند. انواعی از جلب کننده های فیزیکی و شیمیایی می توانند در ردیابی حشرات آفت موجود و کاهش جمعیت آفات در انبار استفاده شوند.

¹ Parasitic Wasps

² *Bacillus thuringiensis* (Bt)

³ *Beauveria bassiana*

لازم است گفته شود که این روش به عنوان روش ریشه کنی آفت محسوب نمی‌شود و می‌تواند در ترکیب با دیگر روش‌ها یا برای کاهش جمعیت و سپس کاربرد دیگر روش‌ها موثر واقع شود.

۴-۱۶- روش‌های شستشو و ضدعفونی انبارها

استفاده از حرارت

استفاده از هوای گرم و به‌خصوص آب و بخار آب گرم برای شستشوی دیوارها و کف ساختمان توصیه می‌شود. استفاده از آب گرم پرفشار و برخورد با شدت آن به دیوارها و کف (شکل ۳۵) باعث مرگ حشرات در کلیه مراحل زندگی می‌شود. دمای بالاتر از ۴۶ درجه سلسیوس با حذف واکس از کوتیکول حشرات، موجب از دست دادن سریع آب بدن و به دنبال آن مرگ حشره می‌شود اما دمایی که توصیه می‌شود دمای بالای ۵۲ درجه سلسیوس است تا بتوان اطمینان داشت که آب قبل از رسیدن به بدن حشرات سرد نشود. استفاده از آب موتورخانه‌ها و غیره که به طور طبیعی همیشه در دسترس هستند با داشتن دمای بالاتر کشتن حشرات را در کلیه مراحل رشدی (حتی تخم و شفیره و یا سوسک‌های انباری) تضمین می‌کند.



شکل ۳۵- استفاده از هوای گرم و بخار آب برای ضد عفونی کردن انبار (عکس از: <https://www.anbaronline.ir/p/11267>)

۴-۱۷- استفاده از پرتو گاما برای کنترل میکروبی زیره سبز

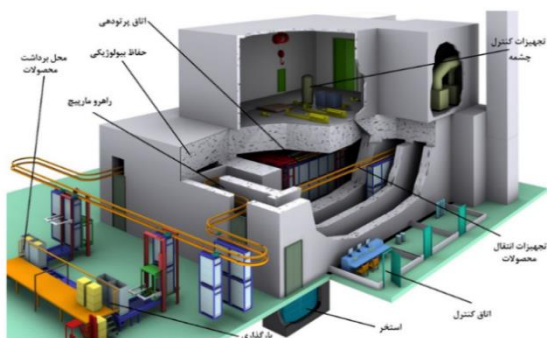
کاربرد پرتو گاما یکی از روش‌ها برای ضد عفونی کردن مواد و از بین بردن میکروارگانیسم‌های زیان‌بار در محصولات غذایی است. این روش به دلیل کارایی بالا و تاثیر کم بر کیفیت حسی محصولات، به‌ویژه در ادویه و گیاهان دارویی، مورد توجه قرار گرفته است. پرتو گاما نوعی از پرتوهای یونیزان است که از هسته‌های ناپایدار رادیواکتیو گسیل می‌شود. منابع معمول پرتو گاما شامل کبالت-۶۰ و سزیم-۱۳۷ هستند. پرتو گاما دارای انرژی بالا و طول موج کوتاه است و می‌تواند به عمق محصولات نفوذ کند. در میان پرتوها، پرتو ایکس و پرتو گاما در فراوری مواد غذایی کاربرد بیشتری دارند. به‌طور کلی پرتو دهی روی آفات اثر کشندگی

دارد و در دُرُ پایین آفات را عقیم می‌کند. پرتو فرا بنفش، نور معمولی و پرتو لیزر، با توجه به شدت یا مقادیر متفاوت، بر آفات اثر فلج‌کنندگی دارند. قدرت نفوذ پرتو فرابنفش و نیز پرتو فروسرخ بسیار کم است و روی محموله، برای سطح معینی مؤثر است.

استفاده از روش پرتودهی محدودیت‌هایی نیز دارد. سلامت غذاهای پرتو دیده، هنوز مورد بحث است و این در ایجاد محدودیت استفاده از این فناوری بی‌تأثیر نیست. امروزه پرتودهی مواد غذایی خشک به خصوص گیاهان دارویی، بسیار رایج است براساس گزارش‌های منابع مختلف کشاورزی در سراسر جهان، گیاهان دارویی از جمله زیره‌سبز در معرض انواع مختلف آلودگی‌های میکروبی و قارچی از جمله آفلاتوکسین B1 قرار دارند. پرتودهی با کاهش تعداد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا و مخرب باعث افزایش کیفیت بهداشتی و مدت نگهداری آنها می‌گردد (ماهیندرو^۱، ۲۰۱۳).

در یک تحقیق اثر دزهای مختلف پرتو گاما بر مراحل چهار گانه رشدی تعدادی از حشرات انباری مهم کشور بررسی و نشان داده شد که حداکثر دز تا ۰/۷ کیلوگری می‌تواند کلیه مراحل رشدی آنها را متوقف کند. در شکل ۳۷ شماتیک پرتودهی به همراه اجزای آن نشان داده شده است.

¹ Mahindru

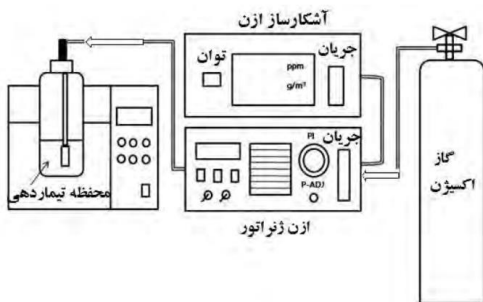


شکل ۳۷- شماتیک پرتودهی به همراه اجزای آن منبع: (

شرکت توسعه کاربرد پرتوهای ایران)

۴-۱۸- استفاده از گاز ازن در انبارداری زیره‌سبز و کاهش بار میکروبی

گاز ازن (O_3) یکی از عوامل ضدعفونی‌کننده قوی است که به دلیل خواص اکسایشی بالا، به‌طور گسترده‌ای برای کاهش بار میکروبی در انبارداری محصولات غذایی استفاده می‌شود. ازن یک جایگزین ایمن و موثر برای مواد شیمیایی سنتی در ضدعفونی و نگهداری زیره‌سبز است. ازن مولکولی متشکل از سه اتم اکسیژن است که در دما و فشار استاندارد به‌صورت گاز وجود دارد. این گاز دارای خاصیت اکسیدکنندگی بسیار قوی است که می‌تواند با مواد آلی و معدنی واکنش دهد و میکروارگانیسم‌ها را از بین ببرد. شماتیک ازن دهی در شکل ۳۸ نشان داده شده است.



شکل ۳۸- شماتیک سامانه ازن دهی به همراه اجزای آن

(عکس از: سونگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۴)

ازن به‌طور طبیعی در لایه استراتوسفر زمین تشکیل می‌شود و می‌تواند به‌صورت مصنوعی نیز تولید شود. ازن از طریق اکسیداسیون و تخریب دیواره سلولی و مواد ژنتیکی میکروارگانیسم‌ها عمل می‌کند. هنگامی که ازن با میکروارگانیسم‌ها تماس پیدا می‌کند، واکنش‌های اکسیداسیونی منجر به تخریب دیواره سلولی، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک آنها می‌شود، که به مرگ سلول‌ها می‌انجامد. ازن یک آلوتروپ نسبتاً ناپایدار از اکسیژن است که از سه مولکول اکسیژن تشکیل شده است و به عنوان ضدعفونی کننده آب، غذا، سطوح فراوری غذا و تجهیزات است که با مواد غذایی در تماس مستقیم هستند، پیشنهاد شده است. ازن میکروارگانیسم‌های مختلف مانند انواع باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، مخمرها و همچنین اسپورهای منتشر

¹ Sung

شونده از طریق آب و هوا را از بین می‌برد و به نحو بسیار مؤثری انواع آلودگی‌های میکروبی را کاهش می‌دهد. ازن پس از هر واکنش به اکسیژن تبدیل می‌شود و هیچ گونه باقی‌مانده شیمیایی در زیره‌سبز ایجاد نمی‌کند. ازن در غلظت‌های مناسب تأثیر کمی بر طعم، رنگ و بوی زیره‌سبز دارد. استفاده از ازن می‌تواند به کاهش خطر آلودگی‌های ثانویه در حین نگهداری و انبارداری کمک کند. ازن به دلیل تجزیه سریع و تبدیل به اکسیژن، اثرهای زیست‌محیطی کمتری نسبت به مواد شیمیایی دارد (نیودیتا^۱ و همکاران، ۲۰۲۱). ازن را سازمان غذا و داروی ایالات متحده (FDA، ۲۰۰۱) به عنوان مواد افزودنی مجاز^۲ تایید کرده است و برای چندین دهه به عنوان عاملی ضد میکروبی برای استفاده مستقیم روی محصولات غذایی مانند آب میوه، آب آشامیدنی، میوه‌ها و سبزی‌ها توصیه می‌شده است (لیما^۳ و همکاران، ۲۰۱۸) ازن توانایی کاهش بار میکروبی بیش از ۲ لگاریتم را در گیاهان دارویی و ادویه داراست. این میزان کاهش را نهادهای نظارتی ایمنی مواد غذایی در خصوص عوامل ضد میکروبی اعلام کرده‌اند (تیواری و رایس^۴ ۲۰۱۲).

¹ Niveditha

² Generally recognized as safe

³ Lima

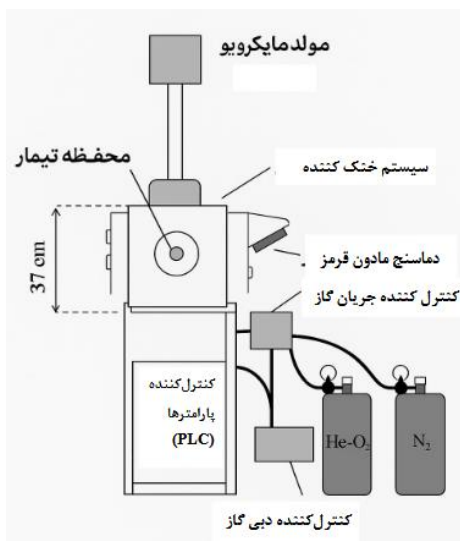
⁴ Tiwari and Rice

۴-۱۹- استفاده از پلاسمای سرد برای کنترل میکروبی زیره‌سبز

استفاده از پلاسمای سرد یکی از فناوری‌های نوین و پیشرفته‌ای است که در دهه‌های اخیر برای کنترل میکروبی و افزایش ماندگاری محصولات غذایی در پیش گرفته شده است. این روش غیرحرارتی، از طریق ایجاد و استفاده از گازهای یونیزه شده در دماهای پایین، قادر به از بین بردن میکروارگانیسم‌ها و آلودگی‌های میکروبی سطح مواد غذایی است. پلاسمای سرد حالتی از ماده است که در آن گازها با یک منبع انرژی مانند تخلیه الکتریکی به حالت یونیزه در می‌آیند. این فرایند در دماهای پایین (کمتر از ۶۰ درجه سلسیوس) طی می‌شود و باعث تولید ذرات باردار، الکترون‌های آزاد، یون‌ها، اتم‌های خنثی و مولکول‌های فعال می‌گردد. این اجزای فعال قادر به تعامل با دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها و نابودسازی آنها هستند. پلاسمای سرد با استفاده از اجزای فعال خود از جمله الکترون‌های آزاد، یون‌ها، و مولکول‌های فعال اکسیژن می‌تواند به دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها هجوم برد و ساختار آنها را تخریب کند. این تخریب منجر به از بین رفتن سلول‌ها و کاهش بار میکروبی می‌شود. پلاسمای سرد همچنین قادر به تولید گونه‌های فعال اکسیژن^۱ است که می‌تواند باعث اکسایش و نابودی

1 Reactive Oxygen Specie (ROS)

میکروارگانیسم‌ها شوند. در شکل ۳۹ شماتیک سامانه ضد عفونی با پلاسمای سرد نشان داده شده است.



شکل ۳۹- شماتیک سامانه ضد عفونی با پلاسمای سرد (عکس از: هرتویگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۵)

پارامترهای فنی توصیه شده برای کاربری پلاسمای سرد در زیره سبز:

۱- گاز مورد استفاده

پلاسمای اتمسفری با گاز آرگون

پلاسمای هوا

که هر دو موجب افزایش بازده عصاره گیری، تهیه عرق

و اسانس زیره سبز می شود (شکوئی^۲ و همکاران ۲۰۲۴)

1 Hertwig

2 shokoohi

۲- زمان تخریب^۱

سه دقیقه در ولتاژ ۲ کیلوولت موجب افزایش میزان جوانه‌زنی زیره‌سبز از ۴۲ درصد به ۷۴ درصد می‌شود. برای افزایش بازده عصاره‌گیری و استخراج اسانس، زمان‌های متفاوتی بین چند ده ثانیه تا چند دقیقه پیشنهاد شده‌است. به‌منظور ترکیب فرآیند خشک‌سازی با پلاسمای سرد+ اولتراسونیک، زمان بهینه ۲۵ ثانیه توصیه شده است (نامجو^۲ و همکاران، ۲۰۲۲ و شاشیکانتالو^۳ و همکاران، ۲۰۲۰).

¹ Exposure Time

² Namjoo

³ Shashikanthalu

فصل پنجم

بسته‌بندی زیره‌سبز

۵-۱- مقدمه

بسته‌بندی گیاهان دارویی فراوری نشده شامل گیاهان دارویی یا بخشی از اندام‌های آنها است که پس از تمیز و خشک کردن، بسته‌بندی شده باشند. بسته‌بندی گیاهان دارویی یکی از فرایندهای مهم در مرحلهٔ پس از برداشت است که سبب حفظ کمیت و کیفیت آنها در مدت انبارداری می‌شود، زمان نگهداری را افزایش می‌دهد، سرعت کاهش کیفیت مواد مؤثر را در مدت نگهداری کند می‌کند، از جذب رطوبت جلوگیری می‌کند، خطر فساد درونی و بیرونی و اکسایشی را پایین می‌آورد و حمل و نقل را آسان می‌سازد. شکل ۴۰ نمونه‌هایی از بسته‌بندی مناسب زیره‌سبز را نشان می‌دهد.



شکل ۴۰- نمونه‌هایی از بسته‌بندی مناسب زیره‌سبز
(عکس از: <https://medplant.ir/33101>)

بسته‌بندی زیره‌سبز در کیسه‌های آلوده به مواد آلی، کودهای شیمیایی، کودهای دامی و ... با تغییر و کاهش مواد مؤثر سبب کاهش کیفیت فرآورده‌های غذایی- دارویی و ایجاد نارضایتی مصرف‌کنندگان خواهد شد. بسته‌بندی عاملی مهم در جذب مشتری در بازارهای رقابتی داخلی و خارجی است (روسادو^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). اندازه، استحکام، جنس مواد بسته‌بندی، زیبایی، هزینه و روش بسته‌بندی از جنبه‌های مورد توجه در صنعت بسته‌بندی گیاهان دارویی است. شکل ۴۱ نمونه‌ای از بسته‌بندی زیره‌سبز در پلاستیک از جنس پلی‌اتیلن را نشان می‌دهد.

¹ Rosado



شکل ۴۱- دانه زیره‌سبز در بسته‌ای از جنس پلی اتیلن (عکس از عین‌افشار)

۵-۲- ویژگی‌های مواد بسته‌بندی

به‌طور کلی، بسته‌بندی هنر و علم آماده‌سازی محصولات برای انبارکردن و فروش است و پوششی است که سلامت کالای موجود در آن را از تولید تا مصرف حفظ می‌کند. برخی از عوامل موثر در انتخاب نوع ماده بسته‌بندی زیره‌سبز عبارت‌اند از:

- عایق بودن در برابر عوامل محیطی مانند نور، رطوبت و هوا. بهتر است محتویات بسته قابل رویت باشد و در صورت نیاز با قراردادن پنجره در یک طرف بسته امکان رویت محتویات آن برای مصرف‌کننده فراهم شود.
- نداشتن تاثیر نامطلوب روی کیفیت میکروبی محتویات بسته‌بندی شده. بسته‌بندی باید کالا را از مخاطرات میکروبی محافظت کند.
- مقاوم بودن در برابر ضربه و فشار.

- سبک بودن. بسته‌بندی به گونه‌ای طراحی شود که حجم کمی را اشغال کند.
- داشتن قابلیت چاپ‌پذیری.
- باصرفه بودن از لحاظ اقتصادی.

۳-۵- جنس بسته‌بندی

نوع مواد بسته‌بندی گیاهان دارویی و ادویه‌ای در ۲۰ سال گذشته، تغییر چندانی نکرده است و معمولاً پوشش‌های عایق نسبت به گاز، بخار آب، ترکیبات معطر و نور، با توجه به شرایط نگهداری و حمل و نقل برای بسته‌بندی این محصولات، انتخاب می‌شوند. شکل ۴۲ نمونه‌هایی از بسته‌های کم وزن زیره‌سبز را نشان می‌دهد.



شکل ۴۲- انواع بسته‌بندی کم وزن زیره‌سبز

(عکس از: <https://www.modiseh.com/mv3245>)

- برای بسته‌بندی زیره‌سبز در حجم بالا و برای انتقال آن از مزرعه به محل بوجاری یا پس از بوجاری، به جهت انبار کردن یا حمل و نقل، معمولاً از گونی‌های کنفی استفاده

می‌شود. دانه‌های زیره‌سبز باید در کیسه گونی‌های ۴۰ کیلوگرمی کنفی، که قابلیت تبادل هوا را داشته باشند، کیسه‌گیری شوند (شکل ۴۳). هنگام دوخت سر کیسه‌ها ضروری است اتیکت مخصوص در سر کیسه‌ها دوخته شود. اتیکت مشخص‌کننده کارخانه تولیدکننده، سال تولید و نوع کالا باشد.



شکل ۴۳: کیسه گونی کنفی مناسب حمل و نقل زیره‌سبز
(عکس از: <https://www.kishehyab.ir/c-7737/a-2005596>)

در سال‌های اخیر، پوشش‌های BOPP، پلی‌استر، نایلون‌های چندلایه دارای سلفان، پلی‌اتیلن و پلی‌استر، پوشش‌های مشتق‌شده از اتیل‌وینیل الکل برای بسته‌بندی زیره‌سبز یا پودر آن مورد توجه قرار گرفته‌اند (عبادی^۱، ۲۰۱۵) (شکل ۴۴).

¹ Ebadi



شکل ۴۴- بسته‌بندی مناسب دانه یا پودر زیره سبز

(عکس از: <https://lotus-attari.com/product>)

انتخاب نوع بسته‌بندی مناسب بر کیفیت زیره سبز در طول انبارداری و حمل و نقل، تاثیر بسزایی دارد. به‌طور مثال، مشخص شده است که بسته‌بندی‌هایی از جنس پلی‌اتیلن با چگالی بالا یا پایین، در جلوگیری از خروج اجزای فرار و معطر زیره سبز موثر نیستند (چالیها^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). برای بسته‌بندی مقادیر کم وزن و کوچک زیره سبز از کارتن و برای بسته‌بندی مقادیر زیاد از گونی‌های کنفی (شکل ۴۵) و جعبه‌های چوبی استفاده می‌شود.



شکل ۴۵- بسته‌بندی زیره سبز در گونی عکس از:

((<https://www.iribnews.ir/fa/news/2982406>))

¹ Chaliha

انواع پوشش‌های متداول بسته‌بندی زیره‌سبز به شرح زیر است (پیتر^۱، ۲۰۰۶).

کاغذ و مقوای نازک: کاغذ و مقوای نازک از ارزان‌ترین مواد بسته‌بندی گیاهان دارویی هستند که در صورت کاربرد پوشش پلی‌اتیلنی در سطوح خارجی، به رطوبت، گازها و ترکیبات معطر مقاوم می‌شوند. شکل ۴۶ بسته‌بندی زیره‌سبز در کاغذ و پوشش پلی‌اتیلن را نشان می‌دهد.



شکل ۴۶- بسته‌بندی زیره‌سبز در کاغذ و پوشش پلی‌اتیلن

(عکس از: [https://darukade.com/products/supplement-](https://darukade.com/products/supplement-stuffing-1225/powder-camin-seeds-powder-22771)

[stuffing-1225/powder-camin-seeds-powder-22771](https://darukade.com/products/supplement-stuffing-1225/powder-camin-seeds-powder-22771))

فویل آلومینیم: این نوع بسته‌بندی برای زیره آسیاب‌شده مناسب است (شکل ۴۷). فویل آلومینیم به ضربه و سوراخ شدن حساس است و در صورت کاربرد یک لایه پلی‌اتیلن در سطوح داخلی، نسبت به گرما عایق می‌شود.

¹ Peter



شکل ۴۷: بسته‌های از جنس آلومینیم مناسب بسته‌بندی زیره‌سبز (عکس از: <https://persian.esdsafematerials.com/>)

شیشه: شیشه از نظر شیمیایی خنثی است و واکنشی نشان نمی‌دهد که موجب تغییر در عطر و طعم کالای داخل آن شود. شکل ۴۸ بسته‌بندی زیره‌سبز را در بسته شیشه‌ای نشان می‌دهد.



شکل ۴۸- بسته شیشه‌ای مناسب برای زیره‌سبز (عکس از: <https://torob.com/p/b7cb1f85-b73d-4fd6-b4c3-2cf598f09d8f>)

شیشه شفاف است و از این رو اجازه می‌دهد محتویات آن در هنگام بسته‌بندی و فروش در سوپر مارکت‌ها دیده

شود. ظرف‌های شیشه‌ای استحکام زیادی دارند و در شکل‌ها، اندازه‌ها و رنگ‌های مختلف طراحی می‌شوند. گیاهان دارویی نگهداری شده در شیشه طول عمر بیشتر و قابلیت نگهداری بالاتری دارند.

پوشش‌های سلولزی: پوشش‌های شفاف و برآقی هستند که به راحتی در طبیعت تجزیه می‌شوند. هرچند به ضربه و سوراخ شدن مقاوم هستند، اما به سادگی پاره می‌شوند. این پوشش‌ها عایق حرارت نیستند و در مقابل رطوبت هم نفوذپذیر هستند (شکل ۴۹).



شکل ۴۹- پوشش سلولزی مناسب برای بسته‌بندی زیره‌سبز

(عکس از: <https://damirco.com/products/687>)

پلی‌پروپیلن: پوششی است شفاف، مقاوم به کشش و سوراخ شدن که تا حدودی به رطوبت، گازها و ترکیبات معطر نفوذپذیر است.

پلی اتیلن ترفتالات: این پوشش مقاومت بسیار خوبی به رطوبت و تبادلات گازی دارد و در دامنه دمایی ۷۰- تا ۱۳۵+ درجه سلسیوس شکل و حالت خود را حفظ می‌کند.

پلی اتیلن با چگالی پایین: این ماده خاصیت عایق بودن به حرارت و تبادلات گازی را دارد و از لحاظ شیمیایی نیز خنثی است. پلی اتیلن با چگالی پایین به دلیل پایین بودن بهای آن به‌طور گسترده‌ای در بسته‌بندی گیاهان دارویی و ادویه‌ای کاربرد دارد. باید توجه داشت بسته‌بندی گیاهان دارویی کاملاً خشک نشده در مواد پلاستیکی مانند پلی‌اتیلن، مناسب نیست زیرا تعرق گیاه سبب فساد می‌شود (بارالا و همکاران، ۲۰۲۳).

پلی اتیلن با چگالی بالا: این پوشش نسبت به پلی‌اتیلن با چگالی پایین، دارای استحکام بیشتر، انعطاف‌پذیری کمتر و شکننده‌تر است. این ماده نسبت به رطوبت کاملاً عایق است و از لحاظ شیمیایی نیز خنثی است.

۵-۴- استاندارد بسته‌بندی زیره‌سبز

زیره کامل و ساییده شده باید در بسته‌های تمیز، سالم، خشک و تهیه‌شده از موادی بسته‌بندی شود که بر فراورده اثر نامطلوب ندارند. جنس بسته‌بندی زیره ساییده شده باید به‌گونه‌ای باشد که مانع از خروج مواد فرار شود و مناسب برای مواد غذایی باشد (ایزو ۶۴۶۵).

به‌طور معمول بیشینه وزن بسته‌های زیره برای مصارف خانوار ۱ کیلوگرم و برای مصارف صادرات یا عمده فروشی ۵۵ کیلوگرم است.

۸-۲ نشانه‌گذاری

اطلاعات زیر باید روی هر بسته درج شود:

۸-۲-۱ نام محصول و نام تجاری (در صورتی که نام تجاری وجود داشته باشد).

۸-۲-۲ نام و نشانی تولیدکننده یا بسته‌بندی‌کننده.

۸-۲-۳ شماره سری ساخت.

۸-۲-۴ درجه محصول.

۸-۲-۵ وزن خالص.

۸-۲-۶ کشور تولیدکننده.

۸-۲-۷ تاریخ تولید یا بسته‌بندی به روز و ماه و سال.

۸-۲-۸ سال برداشت در صورت مشخص بودن.

۸-۲-۹ شرایط نگهداری.

۸-۲-۱۰ سایر اطلاعات مورد درخواست خریدار.

۸-۲-۱۱ شماره پروانه ساخت یا بسته‌بندی از وزارت

بهداشت، درمان و آموزش پزشکی (استاندارد ملی ایران به شماره ۸۰۵۲).

۵-۵- روش‌های بسته‌بندی

بسته‌بندی با هوای معمولی: ساده‌ترین نوع

بسته‌بندی است که اتمسفر داخل بسته‌بندی با اتمسفر فضای

باز تفاوتی از لحاظ درصد گازهای تشکیل دهنده ندارد و برای دامنه وسیعی از گیاهان دارویی قابل کاربرد است.

- بسته‌بندی تحت خلأ: نوعی بسته‌بندی است که در آن هوا به طور کامل از درون بسته خارج می‌شود. این نوع بسته‌بندی، با هدف جلوگیری از رشد میکروارگانیسم‌های هوازی و کاهش ابعاد ظرف بسته‌بندی برای گیاهان دارویی، استفاده می‌شود.

- بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته (کنترل شده یا بهینه شده): این نوع بسته‌بندی معمولاً برای محصولات تازه استفاده می‌شود. در این روش بسته‌بندی، غلظت اکسیژن بسیار پایین نگه‌داشته می‌شود تا با کاهش تنفس، مدت زمان ماندگاری محصولات افزایش یابد. این نوع بسته‌بندی برای گیاهان دارویی و ادویه‌ای خشک شده کاربرد چندانی ندارد (مردافکن و گل زاده، ۱۳۹۳).

- بسته‌بندی با گاز نیتروژن: در واقع نوعی بسته‌بندی با اتمسفر تغییر یافته است که تنها از گاز نیتروژن به عنوان یک گاز خنثی و بی اثر داخل بسته استفاده می‌شود. استفاده از این نوع بسته‌بندی در نگهداری گیاهان دارویی به دلایل زیر است:

- به تاخیر انداختن اکسایش به دلیل استفاده از گاز نیتروژن به جای اکسیژن.

- به تاخیر انداختن رشد میکروارگانیسم‌های فاسد کننده.

- به عنوان یک پرکننده که مانع از شکستگی اندام‌های گیاهی در اثر ضربات احتمالی به بسته‌بندی می‌شود (ایرانی و همکاران، ۱۳۹۲).

۵-۶- الزام‌های واحد بسته‌بندی

واحد بسته‌بندی گیاهان دارویی باید در خارج از شهر و دور از تجمع مردم و آلودگی هوا باشد. احداث کارخانه در محل‌هایی که جاده خاکی دارند، نزدیک کارخانه‌هایی که مولد دود و گرد و غبار هستند، نزدیک دامداری، مرغداری، بیمارستان‌ها یا در مجاورت فاضلاب‌های آلوده مجاز نخواهد بود.

- مساحت زیربنای مفید برای این واحدها حداقل ۵۰۰ مترمربع در نظر گرفته شود. تقسیمات ساختمان باید طوری در نظر گرفته شود که حدود دو پنجم آن به سالن‌های تولید و بسته‌بندی و دو پنجم آن به انبارها اختصاص یابد.

- به منظور جلوگیری از آلودگی یا به هم ریختگی برای هر یک از عملیات تولید مانند بوجاری، خردکردن و آسیاب کردن و بسته‌بندی گیاهان دارویی، فضای جداگانه و معین در نظر گرفته شود.

- دیوارها باید تا سقف کاشی، قابل شستشو، بدون درز، یکنواخت و مقاوم باشند.

- کف انبارها و سالن‌های تولید و بسته‌بندی باید سنگ یا موزاییک، مقاوم و با کف شوی و شیب مناسب باشد.
- سرویس‌های بهداشتی کارگران باید کاملاً از انبارها و سالن‌های تولید و بسته‌بندی جدا یا فاصله داشته باشند.
- تمامی قسمت‌های تولید باید نور کافی داشته باشند و دارای کانال‌های تهویه با دریچه‌های مناسب باشند.
- تمامی درها و پنجره‌های بازشو برای جلوگیری از ورود حشرات و پرندگان مجهز به توری باشند.
- کارگران ملبس به روپوش و کلاه به رنگ روشن و کفش کار باشند و در هنگام تولید از ماسک مناسب و دستکش استفاده کنند.
- کارگران این واحدها در موقع استخدام باید معاینه پزشکی شوند و آزمایش‌های طبی لازم روی آنها اعمال شود و گواهی سلامت و بهداشت داشته‌باشند.

منابع:

آمارنامه کشاورزی سال ۱۴۰۱ (جلد دوم). ۱۴۰۲.
معاونت برنامه ریزی و اقتصادی دفتر آمار و فناوری اطلاعات
وزارت جهاد کشاورزی.

ایرانی، م، صداقت، ن و عطایی صالحی، ا.
(۱۳۹۲). ایمنی کاربرد بسته بندی با اتمسفر اصلاح شده در
صنایع غذایی. دومین همایش ملی علوم و صنایع غذایی
(دانشگاه آزاد اسلامی واحد قوچان)، ۱۶-۱.

بی نام. ۱۳۹۹. سیمای کشاورزی استان خراسان
رضوی سال زراعی ۱۳۹۹-۱۳۹۸. اداره آمار و برنامه ریزی
سازمان جهاد کشاورزی خراسان.

بی نام، ۱۳۹۲. زیره سبز- ویژگیها و روشهای آزمون،
استاندارد شماره ۱۲. سازمان ملی استاندارد ایران.

تهویه، سرمایه و تنظیم رطوبت انبار و سالن نگهداری بذر و دانه ۱۴۰۴.
قابل دستیابی در: <https://makh-co.com/>. مرداد
۱۴۰۴.

جوادی، ا.، م. بهروزی لار و م. لغوی. ۱۳۷۵. طراحی
و ساخت ماشین برداشت زیره. گزارش پژوهشی نهایی طرح،
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، نشریه شماره ۶۱
خاوری خراسانی، س. ۱۳۷۸. نشریه ترویجی زیره سبز.
مدیریت ترویج سازمان جهاد کشاورزی خراسان.

- سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۸۹). ادویه و چاشنی‌ها - اندازه - گیری ناخالصی‌ها و مواد خارجی، شماره ثبت، ۱۰۳۲۳.
- سازمان ملی استاندارد ایران (۱۳۸۳). اسانس زیره سبز - ویژگی‌ها، شماره ثبت، ۸۰۵۲.
- سعیدی راد، م. ۱۳۸۸. بررسی عوامل موثر بر کوبش زیره سبز. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی، موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، شماره ثبت: ۸۸/۲۹۷.
- سعیدی راد، م. ح.، عمادی، ب.، ناصری، م. و ظریف نشاط، س. ۱۳۹۱. تاثیر شرایط مختلف کاه بر، الک و سرعت جریان هوا بر کیفیت تمیز کردن دانه‌های زیره سبز. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، (۲) ۱۳، ۱۱۸-۱۰۹.
- سعیدی راد، م. ح. طباطبائی فر، ا. بدیعی، ف. ۱۳۸۹. عوامل موثر بر نیرو و انرژی برای جدا کردن زیره از بوته. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی، (۲) ۱۱، ۵۸-۴۹.
- شرکت توسعه کاربرد پرتوهای ایران، ۱۴۰۴. قابل دستیابی در <https://www.wins.org/event> مرداد ۱۴۰۴.
- عباس نژاد، ا. مصلی نژاد، ع. جعفرزادگان جهرمی، م. ۱۴۰۱. نقش حمل و نقل هوایی در توسعه اقتصادی کشور. اولین همایش بین‌المللی دانشجویان هوا و فضا، تهران. صفحه ۱ تا ۱۰.
- کافی، م.، راشد محصل، م.، کوچکی، ع و ملافیلابی، ع. ۱۳۸۱. زیره سبز. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

مردافکن، ن و گل زاده، ح. (۱۳۹۳). تکنولوژی‌های نوین در بسته‌بندی مواد غذایی. تهران: انتشارات سروا، ۵۷۳ ص.

محمدیان، ل. ۱۳۹۸. دستگاه برداشت محصولات بوته‌ای کوتاه نظیر نخود، عدس و زیره با استفاده از تیغه برش، (اظهارنامه ثبت اختراع به شماره ۳۰۱۵۰۱۱۰۳۰۰۰۱۴۰۵۰۳۹۶۵). اداره ثبت اسناد و املاک کشور.

Chaliha, M., Cusack, A., Currie, M., Sultanbawa, Y. and Smyth, H. (2013). Effect of packaging materials and storage on major volatile compounds in three Australian native herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(24): 5738 - 5745.

Ebadi, M.T. 2015. Principles of Medicinal and Aromatic Plants Packaging and Storage. *Baghdad Magazine*. 97: 19-26.

Hertwig, C., Meneses, N., & Mathys, A. (2018). Cold atmospheric pressure plasma and low energy electron beam as alternative nonthermal decontamination technologies for dry food surfaces: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 77, 131-142.

International Organization for Standardization. (1987). *ISO 6465:1987, Information processing – Character sets – ISO 646-8: Basic Set for Latin Alphabet*. International Organization for Standardization

- Lee, B. H., Choi, W. S., Lee, S. E., & Park, B. S. (2001). Fumigant toxicity of essential oils and their constituent compounds towards the rice weevil, *Sitophilus oryzae* (L.). *Crop protection*, 20(4), 317-320.
- Lima, F., Vieira, K., Santos, M., & de Souza, P. M. (2018). Effects of radiation technologies on food nutritional quality. *Descriptive food science*, 1(17), 10-5772.
- Mahindru, S. N. (2013). *Food preservation and irradiation*. APH Publishing.
- Mohsenin, N. N. (1984). *Electromagnetic radiation properties of foods and agricultural products*. CRC Press.
- Namjoo, M., Moradi, M., Dibagar, N., Taghvaei, M., & Niakousari, M. (2022). Effect of green technologies of cold plasma and airborne ultrasound wave on the germination and growth indices of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. *Journal of Food Process Engineering*, 45(12), e14166.
- Niveditha, A., Pandiselvam, R., Prasath, V. A., Singh, S. K., Gul, K., & Kothakota, A. (2021). Application of cold plasma and ozone technology for decontamination of *Escherichia coli* in foods-a review. *Food Control*, 130, 108338.
- Öztekin, S., Zorlugenç, B., & Zorlugenç, F. K. (2006). Effects of ozone treatment on microflora of dried figs. *Journal of food engineering*, 75(3), 396-399.

- Pandiselvam, R., Kaavya, R., Jayanath, Y., Veenuttranon, K., Lueprasitsakul, P., pesticide residues in foods—a review. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 38–54
- Peter, K.V. (2006). *Handbook of Herbs and Spices*. Vol. 3. Oxford: Woodhead publishing, England.
- Pina-Perez, M. C., Martinet, D., Palacios-Gorba, C., Ellert, C., & Beyrer, M. (2020). Lowenergy short-term cold atmospheric plasma: Controlling the inactivation efficacy of bacterial spores in powders. *Food Research International*, 130.
- Rasooli, I., Rezaei, M. B., & Allameh, A. (2006). Growth inhibition and morphological alterations of *Aspergillus niger* by essential oils from *Thymus eriocalyx* and *Thymus x-porlock*. *Food control*, 17(5), 359-364.
- Rees, D. P. (2004). *Insects of stored products*. CSIRO publishing.
- Rosado, L.D.S., Pinto, J.E.B.P., Bertolucci, S.K.V., Jesus, H.C.R.D. and Alves, P.B. (2013). Changes in the content and composition of the essential oil of *Ocimum basilicum* L. during storage. *Journal of Essential Oil Research*, 25(3): 227 - 232.
- Shashikanthalu, S. P., Ramireddy, L., & Radhakrishnan, M. (2020). Stimulation of the germination and seedling growth of *Cuminum cyminum* L. seeds by cold plasma. *Journal of Applied Research on*

- Medicinal and Aromatic Plants, 18, 100259.
- Shokoohi, F., Ebadi, M. T., Ghomi, H., Rezaeinezhad, A. R., & Faghih Haghani, S. (2024). Increasing the efficiency of cumin essential oil extraction using cold plasma pretreatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 104(9), 5001-5009.
- Sung, H. J., Song, W. J., Kim, K. P., Ryu, S., & Kang, D. H. (2014). Combination effect of ozone and heat treatments for the inactivation of *Escherichia coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, and *Listeria monocytogenes* in apple juice. *International journal of food microbiology*, 171, 147-153.
- Tiwari, B. K., & Rice, R. G. (2012). Regulatory and legislative issues. *Ozone in food processing*, 7-17.