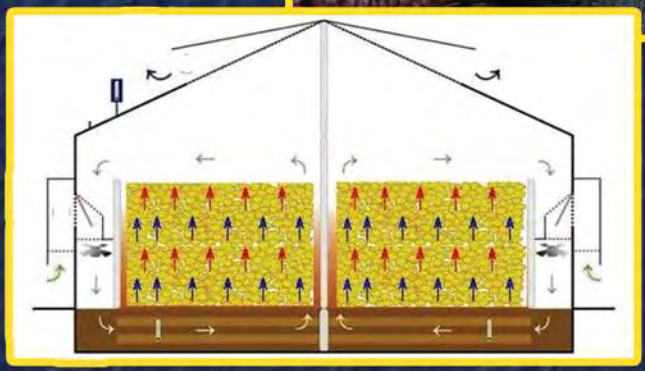
وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
AERI

اصول فنی نگهداری سیب زمینی در انبار



نگارش
فرزاد گودرزی

نشریه فنی، شماره ٤٤، سال ١٣٩٢

بسم الله الرحمن الرحیم

مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی

اصول فنی نگهداری سیب‌زمینی در انبار

تهیه و تدوین:

فرزاد گودرزی

سال انتشار:

۱۳۹۲

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

عنوان نشریه:	اصول فنی نگهداری سیب‌زمینی در انبار
نگارش:	فرزاد گودرزی
ناشر:	مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
زمان انتشار:	۱۳۹۲
ویراستار:	حامد فاطمیان
صفحه‌آرایی:	سمیه وطن‌دوست

آدرس: کرج، بلوار شهید فهمیده، صندوق پستی: ۸۴۵-۳۱۵۸۵،
مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی
تلفن: ۳۲۷۰۵۳۲۰، ۳۲۷۰۵۲۴۲ و ۳۲۷۰۸۳۵۹ (۰۲۶)، دورنگار: ۳۲۷۰۶۲۷۷ (۰۲۶)

پایگاه اطلاعاتی مؤسسه: www.aeri.ir

مخاطبان نشریه:

تولیدکنندگان سیب‌زمینی، کارشناسان، مروجان و صاحبان صنایع فرآوری سیب‌زمینی

اهداف آموزشی:

شما خوانندگان گرامی در این نشریه با:

- علت‌های عمده فساد و ایجاد ضایعات سیب‌زمینی در انبار
- نکات مهم در ساخت یک انبار مناسب نگهداری سیب‌زمینی
- مراحل آماده سازی سیب‌زمینی برای نگهداری طولانی مدت
- نکات مهم برای کاهش مصرف انرژی در انبارهای سیب‌زمینی

آشنا خواهید شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
مقدمه	۱
عوامل تأثیرگذار بر ضایعات انباری سیب‌زمینی	٤
نکات مهم در ساختمان انبار سیب‌زمینی	۱۳
مراحل آماده سازی سیب‌زمینی برای انبارداری و مـدیریت انبـارداری سیب‌زمینی	۲۵
مصرف انرژی در انبارهای سیب‌زمینی	۳۲
نگهداری سیب‌زمینی در فضای باز	۳٦
منابع مورد استفاده	۳۸

مقدمه:

موضوع ذخیره‌سازی محصولات کشاورزی به صورتی که فسادپذیری آن‌ها به میزان قابل توجهی کاهش یافته و عمر مفید آن‌ها افزایش یابد، بنا به دلایل مختلف از قبیل اضطرار، کمیابی، احساس امنیت و آسایش برای برخورداری از مواد غذایی از دیرباز مورد توجه بشر بوده است.

انسان باتوجه به اقلیم و شرایط آب و هوایی، نوع غذاهای قابل حصول و آداب و سنن، عادات و اعتقادات مذهبی، قومی و قبیله‌ای، مواد خوراکی خود را به روش‌های متنوعی در زمان‌های متفاوت ذخیره می‌کند که در این میان ذخیره مواد غذایی اساسی و پایه مانند غلات، حبوبات و انواع غده‌ها و ریشه‌های خوراکی نظیر سیب‌زمینی و پیاز همواره بر نگهداری مواد و محصولات دیگر اولویت داشته و از اهمیت خاصی برخوردار بوده‌است. امروزه با بالارفتن سطح بهداشت عمومی و متوسط طول عمر افراد و کاهش مرگ و میر اطفال و دیگر عوامل افزاینده جمعیت بشری با سرعت زیادی در حال افزایش است و هرساله میلیون‌ها مصرف‌کننده جدید مواد غذایی به جمعیت کنونی افزوده می‌شود. هرچند که افزایش سطح زیر کشت محصولات زراعی و ارتقاء عملکرد یا بکارگیری شیوه‌های مدرن علمی و فنی باعث تولید بیشتر در سطح جهان شده‌است، لیکن افزایش بیش از حد جمعیت و کمبود شدید محصولات کشاورزی به خصوص در کشورهای در حال توسعه میزان فقر و گرسنگی را در بین مردم گسترش داده است.

متأسفانه به علت عدم توجه و عقب ماندگی فنی و تکنولوژیک این گروه از کشورها حتی همین محصولات کشاورزی تولید شده نیز به علل مختلف، کاهش شدید کمی و کیفی داشته و در نتیجه سیمای فقر غذایی را در بین این کشورها روز به روز کریه‌تر جلوه می‌دهد. مطابق آمار سازمان خوار و بار جهانی سالانه

حدود ۴۳/۵ درصد محصولات کشاورزی اساسی در کشورهای عقب‌افتاده در اثر آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز در مزارع و انبارها از بین می‌رود که از این میزان حدود ۱۳ درصد خسارت مربوط به آفات، ۱۲/۹ درصد مربوط به بیماری‌ها و ۱۵/۶ درصد مربوط به علف‌های هرز است. این ارقام جدای از افت کیفی این محصولات در انبار است (Goudarzi *et al*., 2010).

در ایران براساس برآورد وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۸۸، نزدیک به ۳۰ درصد فرآورده‌های کشاورزی توسط عوامل فوق‌الذکر در مراحل کاشت تا برداشت و انبارداری از بین می‌رود که حدود ۵ تا ۱۵ درصد آن مربوط به ضایعات انباری است (Goudarzi *et al*., 2003). در بسیاری ازموارد نه تنها مقدار وزنی ضایعات مواد غذایی در مراحل ذخیره‌سازی و فرآوری از درصد فوق بسیار فراتر می‌رود، بلکه زیان کیفی وارده به محصول نیز به دلیل عدم وجود سیستم مناسب برای نگهداری و عمل‌آوری مناسب بسیار سنگین بوده و گاه باعث می‌شود که تمامی محصول غیر قابل مصرف شود. حال اگر زیان وزنی سیب‌زمینی را در شرایط ذخیره‌سازی و فرآوری موجود حداقل ۱۲ درصد فرض کنیم با احتساب تولید سالانه ۵ میلیون تن محصول، حدود ۶۰۰ هزار تن سیب زمینی از دست می‌رود. این مقدار سیب‌زمینی معادل مصرف سالانه حدود ۸ میلیون نفر جمعیت کشور است.

کنترل و کاهش ضایعات محصولات کشاورزی از دیدگاه‌های مختلف و به شرح زیر دارای اهمیت حیاتی است (World Food Summit, 1996):

۱- از دیدگاه امنیت غذایی

امنیت غذایی هنگامی وجود دارد که همه مردم در تمامی ایام به غذای کافی،

سالم و مغذی دسترسی فیزیکی و اقتصادی داشته باشند و غذای در دسترس نیازهای رژیم تغذیه‌ای سازگار با ترجیحات آنان را برای زندگی سالم و فعال فراهم سازد.

۲- از دیدگاه اقتصادی

میزان تولید را کاهش می‌دهد. نیاز به واردات را افزایش می‌دهد. نهاده‌های لازم برای تولید را که به سختی تهیه می‌شوند، هدر می‌دهد.

۳- از دیدگاه سیاسی و استراتژیک

کشورهای سلطه طلب همواره از نیازمندی و عدم استقلال غذایی کشورهای هدف به عنوان یک اهرم فشار کارآمد و مؤثر برای نیل به مقاصد خود استفاده کرده‌اند. از این رو کاهش ضایعات به عنوان ابزاری مؤثر برای افزایش امنیت غذایی اهمیت زیادی دارد.

در شرایط آب و هوایی ایران فصل کاشت و برداشت سیب‌زمینی نسبتاً کوتاه است و بخش زیادی از ۵ میلیون تن سیب‌زمینی تولیدی طی ۲ تا ۳ ماه برداشت می‌شود (Yearbook of Iran Agricultural Statistic, 2010). از آنجا که محصول تولیدی می‌بایست نیاز جمعیت کشور را در تمام سال تأمین کند، پس انجام فرآیندهای صحیح ذخیره‌سازی اهمیت حیاتی می‌یابد.

نگهداری یا ذخیره‌سازی به مجموعه عملیاتی گفته می‌شود که پس از برداشت محصول یا زمان مصرف آن به هدف حفظ کیفیت محصول و محافظت از آن در برابر شرایط نامطلوب خارجی انجام می‌شود تا تلفات مربوط به فرایندهای تبخیر و تنفس و پوسیدگی به حداقل برسد. ذکر این نکته ضروری است که محصول دارای کیفیت نامناسب نه تنها به خوبی در انبار قابل نگهداری نیست بلکه هزینه نگهداری آن نسبت به محصول سالم بسیار بالاتر است. بدیهی است

انبارداری مناسب تنها به حفظ کیفیت محصول تولیدی کمک می‌کند و نه به بهبود آن. هدف از انبارداری مناسب سیب‌زمینی نیز حفظ غده در بهترین شرایط ممکن و با حداقل افت کیفی و کمی است. در این نوشتار به بررسی عوامل اثرگذار بر کیفیت سیب‌زمینی انبارشده پرداخته و به روش‌هایی کاربردی برای انبارداری صحیح این محصول اشاره می‌شود.

عوامل تأثیرگذار بر ضایعات انباری سیب‌زمینی:

۱ـ رسیدگی غده:

انبارداری تنها در صورتی موفقیت آمیز است که غده‌ها سالم و رسیده بوده و دارای آسیب پوستی نباشند. غده‌هایی که از نظر فیزیولوژیکی رسیده باشند پوست ضخیم وکاملی داشته، تبخیر رطوبت و تنفس کمتری دارند و بافت آن‌ها در برابر صدمات مکانیکی و آفات انباری مقاومت بیشتری خواهد داشت. با تکمیل شدن مراحل رسیدگی فیزیولوژیکی غده، قند احیا در کمترین مقدار خود بوده و میزان ماده خشک به اوج خود می‌رسد. طی انبارداری نیز تجمع قند احیا در غده کمتر خواهد بود. سنجش توام ماده خشک و قند احیای غده‌ها کمی قبل و یا هنگام برداشت، معیار مناسبی برای تصمیم گیری در مورد انتخاب توده سیب‌زمینی برای انبارداری بلند مدت است. چنین غده‌هایی برای فرآوری مناسب‌ترند. به این دلیل تنها باید غده‌های سالم و رسیده را انبار کرد. توصیه می‌شود برداشت محصول هنگامی انجام شود که قند احیای غده‌ها کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم (بر مبنای وزن تر) باشد تا در طول دوره ذخیره سازی، قند احیای کمتری در آن تجمع یابد. اگر به دلایلی برداشت و انبارکردن غده‌های نارس مدنظر است توصیه می‌شود حداقل ۱۰ روز قبل از خارج کردن محصول از

خاک، بخش رویشی گیاه (شاخ و برگ بوته) قطع شود. این عمل باعث تحریک پوست‌گیری سیب‌زمینی می‌شود. در مواردی دیده شده است که انبار کردن موقتی غده‌ها به شکل فله و قبل از انبار کردن دائمی مفید است. این دوره موقتی به التیام‌دهی موسوم است که در بخش‌های آتی به آن پرداخته خواهد شد (Herrman *et al*, 1995; Pritchard & Adam, 1992; Nelson & Shaw, 1976).

۲- رطوبت:

غده‌های سیب‌زمینی باید به صورت خشک در انبار نگهداری شوند. ولی از کاهش بیش از حد رطوبت آن‌ها جلوگیری شود. نکته مهم این است که رطوبت نسبی هوای انبار نباید از ۸۵ درصدکمتر و از ۹۳ درصد بیشتر باشد. البته رطوبت و دما باید با یکدیگر هم‌خوانی داشته باشند تا از نشستن مازاد رطوبت هوای انبار بر روی غده‌های سیب‌زمینی به شکل قطرات آب (میعان) در دماهای نزدیک ۱ درجه سلسیوس و یا کمتر از آن جلوگیری شود. بالا بردن رطوبت در انبارها از طریق استفاده از دستگاه رطوبت زن (مه پاش)، ریختن آب در کانال‌های تهویه هوا و یا پاشش آب روی کف انبار یا گونی‌های کنفی آویخته از سقف و دیوار انبار تأمین می‌شود (Goudarzi *et al*., 2003; Smith, 1987).

۳- دما:

عامل درجه حرارت در حفظ و نگهداری سیب‌زمینی و تعیین سطح فعالیت عوامل زنده مخرب در شرایط مختلف جغرافیایی و اقلیمی به ویژه در نواحی گرمسیر نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. عامل درجه حرارت از دیدگاه حفظ و نگهداری محصولات انباری از دو جنبه دارای اهمیت (Copp *et al*., 2000; Rushing *et al*.,2011; shuten *et al*.,1986; Goudarzi *et al*., 2003):

الف) طی دوره انبارداری، غده سیب‌زمینی انرژی لازم برای فعالیت متابولیک و سوخت و ساز خود را از راه مصرف قندهای ساده حاصل از تجزیه کربوهیدرات‌های پیچیده تأمین می‌کند. فعالیت‌های متابولیک و تنفسی محصولات انباری که با مصرف اکسیژن و دفع گازکربنیک و بخار آب همراه است به خودی خود عملی گرمازا بوده و حرارت داخل انبار و توده محصول را بالاتر می‌برد. نگهداری بلند مدت سیب‌زمینی در انبارهای با دمای بالاتر از ۲۲ درجه سلسیوس نیز می‌تواند به افزایش قند احیا در محصول (خصوصاً ساکارز) منتهی شود. بدیهی است که دماهای بالاتر انبار، شدت تنفس، سرعت فعالیت‌های متابولیک، تجزیه نشاسته و غلظت‌های بالاتر قند و به دنبال آن‌ها افت وزنی و پلاسیدگی بیشتر محصول را در پی دارد. این تغییرات از دمای ۱۶ درجه به شکل ملایم آغاز و در ۲۸ درجه به بیشترین حد خود (Hughes,1986; Richardson *et al*.,1990; Edwards *et al*.,2002) . دمای بالای محیط و افزایش فعالیت‌های زیستی محصول به ویژه در رطوبت نسبی بالا (که در انبارهای مرطوب این شرایط فراهم است) ممکن است شرایط را چنان مساعد کند که جوانه‌زدن محصول آغاز شود و محیط کاملاً مناسبی را برای رشد و تکثیر دیگر عوامل زیان‌آور زنده فراهم آورد. در عین حال تشدید تنفس و دفع گازکربنیک امکان خفگی محصول و تسریع فسادهای بی هوازی و خسارات ناشی از کمبود اکسیژن را نیز ممکن می‌سازد (Burton & Hartmans,1992) . کاهش دمای محیط انبار نیز مشکلات دیگری را برای محصول ایجاد می‌کند. هنگام ذخیره سازی سیب‌زمینی در دمای کمتر از ۶ درجه تجزیه نشاسته و تجمع قندهای گلوکز و فروکتوز و ساکارز درون غده با شدتی بیشتر از نیاز غده برای تأمین انرژی زیستی اتفاق می‌افتد. این حالت را که شیرین شدن سرد سیب زمینی می‌نامند از روز چهارم ذخیره سازی آغاز شده و در

محدوده دمای ۱ تا ۲/۵ درجه با شدت بیشتری رخ می‌دهد. دمای انبار و سن فیزیولوژیکی غده این فرایند را کنترل می‌کند. عارضه شیرین شدن سرد با انبار کردن غده‌ها در دمای ۱۵ تا ۱۸ درجه قابل برگشت است. دمای متعادل انبار (۸ تا ۱۲ درجه) بروز این پدیده را کند می‌کند (Edwards *et al*., 2002 ; Burton & Hartmans,1992).

ب) موجوداتی که عامل ضایع شدن محصول در انبار هستند (حشرات، کنه‌ها، جوندگان و میکروارگانیسم‌ها) برای شروع و ادامه فعالیت‌های زیستی نیاز به اکسیژن، آب و گرما دارند. میزان گرمای محیط انبار و داخل محصول در محدوده معینی رابطه مستقیم با فعالیت‌های حیاتی و تکثیر و تولید مثل این عوامل و افزایش ضایعات دارد. معمولاً عوامل زنده یاد شده برای ادامه فعالیت‌های زیستی نیازمند دمای مساعد و معینی هستند که در آن درجه حرارت، عامل زنده بیشترین فعالیت زیستی متعادل را داراست. این درجه حرارت بنام دمای بهینه (optimum) معروف است. هر عامل زنده دارای یک محدوده دمای معین به نام دمای کمینه و بیشینه است که بالاتر یا پائین‌تر از این دو درجه حرارت برای عامل زنده قابل تحمل نبوده و از بین می‌روند. این سه درجه حرارت بسته به عوامل زنده مختلف متغیر است، ولی در مورد حشرات انباری به طور کلی تا ۴۲ درجه سلسیوس فعالیت‌های زیستی افزایش می‌یابد و یا کم و بیش به نحو رضایت بخشی انجام می‌شود و با بالا رفتن دما، روند رشد و تکامل آن‌ها با اشکالاتی مواجه شده و یا متوقف می‌شود. از سوی دیگر در صورت کاهش درجه حرارت انبار تا ۱۵ درجه سلسیوس، در اکثر موارد توقف رشد و تغذیه و دیگر اعمال حیاتی حشرات دیده می‌شود. اگر درجه حرارت انبار در محدوده دمای ۱۰ تا ۱۲ درجه سلسیوس تنظیم شود، نه تنها رشد و تکثیر و تغذیه آفات انباری در همه مراحل متوقف

می‌شود، بلکه اکثر آن‌ها دیر یا زود نابود می‌شوند. با این حال پایین نگه‌داشتن درجه حرارت انبار تا حد ذکر شده (۱۰ تا ۱۲ درجه سلسیوس) مانع رشد و تکثیر اکثر قارچ‌ها و میکروارگانیسم‌های انباری و کاهش ضایعات حاصل از فعالیت آن‌ها می‌شود.

افزایش درجه حرارت در داخل توده محصول انباری و محیط انبار عامل مهمی در رشد و تکثیر عوامل زنده زیان‌آور و نیز افزایش فعالیت‌های متابولیک غده‌ها و در نتیجه بالارفتن میزان ضایعات و خسارات است. این افزایش درجه حرارت ناشی از حرارت محیطی، فعالیت‌های تنفسی و متابولیکی غده‌ها و حشرات، کنه‌ها، قارچ‌ها و باکتری‌ها و مخمرها است که با مصرف اکسیژن و تولید گازکربنیک و افزایش گرما و رطوبت در داخل توده محصول همراه است. تشدید تنفس و سایر فعالیت‌های متابولیکی و زیستی محصول و یا میکروارگانیسم‌های همراه محصول، درجه حرارت در داخل توده را به طور موضعی بالا می‌برد. این افزایش درجه حرارت ممکن است به حدود ۴۲ درجه سلسیوس نیز برسد. درصورت افزایش درجه حرارت به بیش از این مقدار، فعالیت عوامل زیان‌آور و به خصوص حشرات ممکن نبوده و آن‌ها را وادار به مهاجرت به قسمت‌های خنک‌تر توده محصول می‌کند. به این ترتیب آلودگی در داخل توده محصول گسترش می‌یابد. باتوجه به مسایل ذکر شده روشن می‌شود که ممانعت از افزایش درجه حرارت در محیط انبار اثر مفیدی در جلوگیری از فعالیت‌های حشرات و کنه‌ها و قارچ‌ها و باکتری‌ها دارد. به این منظور اقداماتی نظیر تهویه و جابجایی هوا در انبارها از اصول مهم حفاظت محصول است (Smith,1987; Rushing *et al*., 2011).

در پایان این بخش گفتنی است که برای انجام اقدامات مختلف پیشگیری و یا مبارزه با عوامل مخرب محصولات انباری، اندازه‌گیری درجه حرارت داخل انبار و

مخصوصاً داخل توده محصول انبار شده ضرورت دارد.

۴- نور:

در انبارداری غده‌های بذری، نور عامل بسیار مناسبی برای ممانعت ازجوانه‌زنی غده‌ها است. با نگهداری غده‌های بذری در زیر نور پراکنده می‌توان آن‌ها را برای مدت طولانی‌تری انبارداری نمود. غده‌های بذری که در شرایط نور پراکنده انبار شده‌اند در مقایسه با انواعی که در تاریکی و دمای بالا انبار می‌شوند بوته‌های قوی‌تری پدید می‌آورند. این نور را می‌توان با قرار دادن یک لامپ حبابی ۱۰۰ وات به ازای هر ۱۸۰-۲۰۰ متر مربع انبار ایجاد کرد (shuten *et al.*,1986).

۵- جوانه‌زنی غده:

خواب یک مرحله فیزیولوژیکی از زندگی غده سیب‌زمینی است که در آن رشد جوانه‌های مستقل غده حتی در شرایط مطلوب جوانه‌زنی نیز اتفاق نمی‌افتد. طول دوره خواب تحت تأثیر ژنتیک و شرایط محیطی قرار دارد. جوانه‌زنی یا شکستن خواب با شروع هیدرولیز نشاسته و ایجاد تغییر در ترکیب قندهای غده آغاز و تا گسترش جوانه‌زنی و افزایش قند احیا در غده ادامه می‌یابد. هنگامی که مقدار قند احیا در غده به بالاترین سطح خود رسید جوانه‌های بخش انتهایی غده شروع به فعالیت کرده و مرحله شکستن خواب آغاز می‌شود. سطح قند احیا در اطراف جوانه‌های میانی غده بیش از جوانه‌های انتهایی است. با رشد جوانه‌ها و طویل شدن آن‌ها سطح قند احیا در غده کاهش می‌یابد. این وضعیت باعث ایجاد تأخیر در شیرین شدن سیب‌زمینی‌های جوانه زده می‌شود (Wiltshire & Cobb, 1996).

استفاده از دماهای پایین در انبار سیب‌زمینی علیرغم افزایش طول دوره خواب، تجمع قند احیا در غده‌ها را تحریک می‌کند. استفاده از موادی مانند

مالیک هیدرازید (قبل از برداشت)، کلروپروفام (پس از برداشت) و یا روش‌هایی مانند پرتودهی غده‌ها با اشعه گاما و بتا راه‌های جایگزینی هستند که به شکل وسیعی استفاده می‌شوند (Caldiz *et al*., 2001; Sonnewald, 2001).

اگرچه مصرف مالیک هیدرازید باعث افزایش رنگ تیره فراورده‌های سرخ شده سیب‌زمینی می‌شود اما بین مصرف آن و مقدار قند احیای غده‌ها رابطه معنی‌داری یافت نشده است. کلروپروفام (CIPC) ترکیبی است که در سطح تجاری برای جلوگیری از جوانه‌زنی سیب‌زمینی‌های غیر بذری در انبارها استفاده می‌شود. این ماده شیمیایی یا به صورت پودر (گرد پاشی روی غده هنگام انتقال به انبار) و یا به صورت آئروسل (مه پاشی) واز طریق اسپری نمودن آن به درون مجاری و کانال‌های تهویه انجام می‌شود. مصرف کلروپروفام تا ۵ ماه اثری بر افزایش قند احیای غده‌های انبار شده در دمای ۱۰ درجه ندارد اما با نگهداری طولانی‌تر، قنداحیای غده‌ها افزایش می‌یابد. افزایش قند غده در اثر مصرف کلروپروفام کمتر از قند تولیدی به دلیل نگهداری در انبار سرد است. این ماده در دمای بالاتر از ۱۸-۱۵ درجه سلسیوس اثر ضد جوانه‌زنی خود را از دست می‌دهد. مصرف کلروپروفام پس از زمان شکستن خواب باعث تجمع شدید قند احیا در سیب‌زمینی می‌شود (Caldiz *et al*., 2001; Goudarzi & Zolfagharieh, 2010; Yada *et al*., 1991).

۶- تهویه هوای انبار:

غده سیب زمینی طی دوره انبارداری دارای فعالیت زیستی بوده و با محیط اطراف خود به تبادل اکسیژن و دی اکسیدکربن می‌پردازد. دما و هوای انبار شدت تنفس غده را تحت تأثیر قرار می‌دهند. طی دوره انبارداری برای جلوگیری از افزایش دمای انبار، تنظیم رطوبت نسبی هوای انبار در محدوده ۸۵ تا ۹۳ درصد،

خروج دی‌اکسیدکربن و تأمین اکسیژن لازم برای تنفس غده‌ها، تهویه هوای انبار ضروری است (Voss *et al*., 1998). تهویه می‌تواند به صورت طبیعی (با باز کردن در و پنجره‌های انبار) یا به کمک نیروی محرکه (بادبزن و پنکه) انجام شود. غده‌هایی که به شکل یک توده فله‌ای متمرکز شده‌اند در اثر تنفس، حرارت تولید می‌کنند و دمای غده‌ها و هوای بین آن‌ها افزایش می‌یابد. این هوای گرم به قسمت بالای توده صعود کرده و هوای سرد که سنگین‌تر از هوای گرم است جایگزین آن می‌شود. از آنجایی که در تهویه طبیعی مقدار هوایی که می‌تواند جا به جا شود محدود و حداکثر ۱۲ متر مکعب در ساعت به ازای هر تن غده است، اثر خنک کنندگی آن کم است. در چنین حالتی دمای بخش بالائی توده بیش از بخش پائینی آن خواهد بود. این اختلاف دما در حدود ۲-۱/۵ درجه سلسیوس به ازای هر متر ارتفاع توده است. سیب‌زمینی را می‌توان به صورت فله یا کیسه شده انبار کرد. در حالت کیسه‌ای عبور جریان هوا از لابه لای کیسه‌ها آسان‌تر است؛ به شرط آن‌که ارتفاع کل کیسه‌ها از ۱/۵ الی ۲ متر بیشتر نبوده و فاصله بین کیسه‌ها نیز ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر باشد. غده‌ها را می‌توان روی یک سطح صاف، سیمانی یا تخته‌های چوبی صاف وتمیز که در کف آن مجاری مناسب عبور هوا قرار داشته باشد، تا ارتفاع۳ متر انبار کرد. اگر دمای هوای اطراف غده‌ها بالاتر از ۱۳ درجه بوده و غده‌ها تازه برداشت شده باشند، ارتفاع توده نباید بیشتر از یک متر باشد وکیسه‌های محتوی محصول نیز باید به صورت منفرد و یا دوتائی روی هم قرار گیرند (Goudarzi *et al*., 2003).

اگر پوشاندن توده برای محافظت از نور، دمای بالا یا پایین ضرورت داشته باشد باید از موادی استفاده کرد که مقاومت ناچیزی در برابر جریان هوا داشته باشند. به عنوان مثال کاه بهتر از علوفه خشک است. پوشاندن قسمت زیرین توده

با کاه بهتر است. این حالت تا اندازه‌ای امکان تهویه هوا را فراهم می‌آورد. قرار دادن هواکش روی قسمت بالائی توده، سرعت تهویه هوا را افزایش می‌دهد. این شیوه اغلب در شرایطی که حجم توده بزرگ باشد به کار می‌رود. هر چه ارتفاع هواکش از سقف بیشتر وضخامت آن کمتر باشد قدرت مکش وجابجایی هوا در آن بیشتر می‌شود. وجود پنجره‌های شرقی– غربی در انبار به جابه‌جایی بیشتر هوا کمک می‌کند. برای غلبه بر محدودیت‌های موجود در روش تهویه طبیعی هوا، تقسیم کردن یک توده بزرگ به واحدهای کوچک‌تر ضرورت دارد. در این حالت سطح انبار بیشتری مورد نیاز است. در تهویه با نیروی محرکه موثر، هوا توسط یک یا چند پنکه به حرکت درآمده و از طریق کانال‌های موجود در زیر توده به لابه‌لای غده‌ها هدایت می‌شود؛ به طوری که مقدار یکسانی هوا در تمام کومه پخش شود. در این نوع تهویه میزان گردش هوا بین توده بسیار بهتر و بیشتر و کنترل دما و رطوبت موثرتر انجام می‌شود. با استفاده از یک سیستم تهویه با نیروی محرکه که به خوبی طراحی شده باشد می‌توان اختلاف دما بین سطح فوقانی و تحتانی توده سیب‌زمینی را به حدود ۱ تا ۱/۵ درجه سلسیوس رساند (Williams & Cobb, 1992; Copp *et al*., 2000).

۷- بیماری‌ها و آفات انباری:

استفاده از ترکیب بنزیمیدازول و یا ترکیبی از بنزیمیدازول و ایمازالیل بر روی غده‌ها پیش از انبارکردن آنها تلفات ناشی از فوزاریوم (fusarium) ضایعات قارچی دیگر را کاهش می‌دهد. چند ماده شیمیایی برای کنترل شب پره در انبار وجود دارد که از آن جمله می‌توان به پاراتیون دسیس ۲ درصد، سوین و اکتیلیک اشاره کرد (Burton & Hartmans, 1992).

نکات مهم در ساختمان انبار سیب‌زمینی :

۱- مساحت انبار:

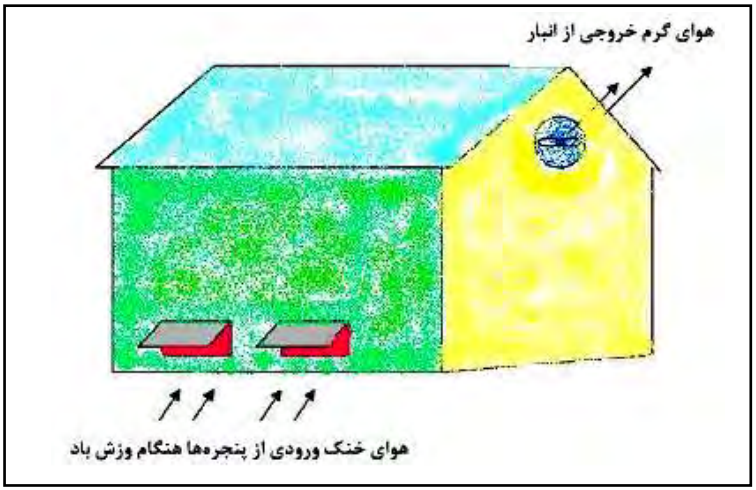
برای محاسبه مساحت مورد نیاز برای انبار کردن سیب‌زمینی، ابتدا وزن توده (بر حسب کیلوگرم) را بر عدد ۶۵۵ (جرم حجمی سیب‌زمینی فله برحسب کیلوگرم بر متر مکعب) تقسیم کرده تا حجم توده حاصل شود. سپس حجم به دست آمده بر عدد ۳ (حداکثر ارتفاع توده برحسب متر) تقسیم می‌شود تا مساحت تئوری مورد نیاز به دست آید. به مساحت حاصل از طریق محاسبه، ۱۰ درصد برای تهویه و عملیات درجه بندی سیب‌زمینی اضافه می‌شود. معمولاً مساحت تقریبی مورد نیاز برای نگهداری هر تن سیب‌زمینی ۰/۵۳ متر مربع در نظر گرفته می‌شود (Kitinoja & Kader, 1995).

۲- دیوارها، درب و پنجره‌های انبار :

دیوارهای انبار باید از استحکام لازم برخوردار باشند، زیرا از سوی توده محصول فشار زیادی بر دیوارها وارد می‌شود. به طوری که اگر ارتفاع توده ۳ متر در نظر گرفته شود نیرویی معادل ۸۹۲ کیلوگرم بر متر مربع برانتهای دیوار وارد می‌شود. برای به حداقل رساندن تبادل حرارت بین داخل و خارج انبار بهتر است دیوارهای انبار در برابر عبور حرارت عایق باشند. در انبارهای بزرگ دو درب ورودی در دو سوی انبار برای بارگیری و تخلیه محصول تعبیه می‌شود. یک درب ورودی کوچک نیز برای ورود افراد به درون انبار در نظر گرفته می‌شود. درب‌ها از سمت داخل با عایق پوشش داده می‌شود. دریچه‌ها و پنجره‌های تعبیه شده در انبار باید در جهت وزش بادهای محلی باشند تا در مواقع لازم از وزش بادهای طبیعی برای تهویه هوای انبار و صرفه جویی در مصرف انرژی استفاده شود. بهتر است پنجره‌ها دوجداره و دارای شیشه مات باشند. مساحت کل پنجره‌ها و

دریچه‌ها در یک انبار نباید از ۱۰ درصد سطح انبار فراتر رود. بهتر است دریچه‌های در نظر گرفته شده برای ورود هوای تازه به داخل انبار در ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متری سطح زمین و دریچه‌های خروجی هوا در فاصله ۱ تا ۱/۵ متری زیر سقف تعبیه و با توری‌های مناسب پوشش داده شوند تا خطر نفوذ جانوران موذی به داخل انبار از آن محل‌ها منتفی شود. کف انبار می‌بایست با بتن پوشش داده شود تا توانایی تحمل وزن وسایل حمل و نقل را داشته و کنترل نظافت آن نیز به سهولت میسر باشد.

در برخی انبارها با نصب سقف کاذب در زیر سقف اصلی، فضای مفید انبار را که هوای آن می‌بایست تهویه شود کوچک می‌کنند. این امر علاوه بر صرفه جویی در مصرف انرژی در سیستم تهویه، به کنترل بهتر دما و رطوبت در فضای انبار کمک می‌شود (Olsen *et al.*, 2011).

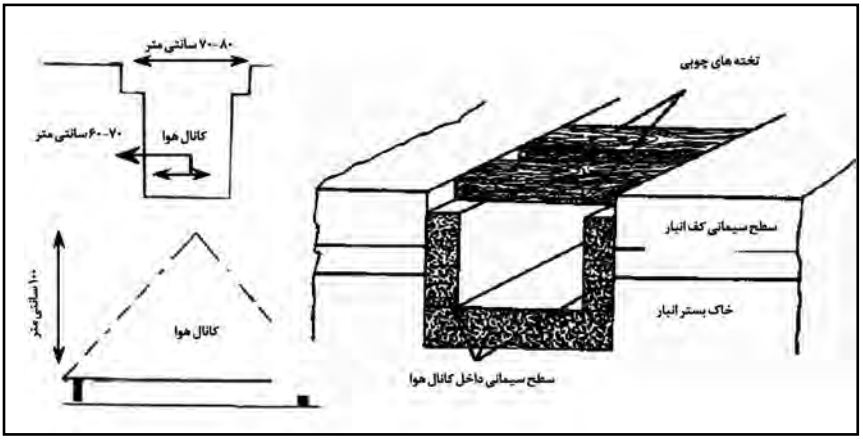


شکل ۱ – استفاده از پنجره‌ها برای تهویه طبیعی هوای انبار در ساعات خنک.

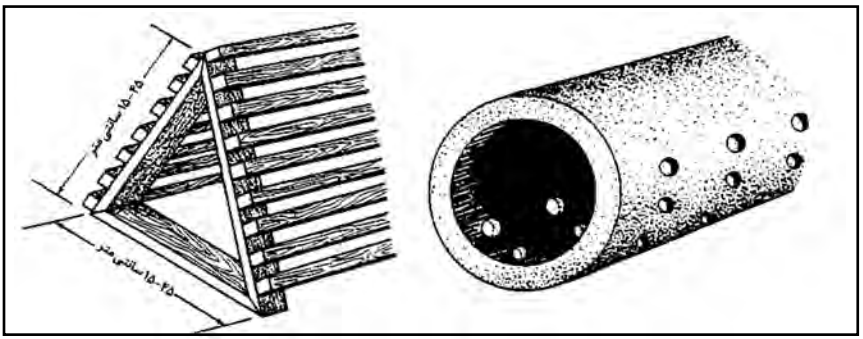
۳- سیستم تهویه انبار:

در کف انبار و در زیر توده محصول انبار شده مجموعه‌ای از کانال‌های اصلی به پهنای ۷۰ تا ۸۰ و عمق ۶۰ سانتی‌متر و کانال‌های فرعی عبور هوا به پهنای ۵۰ تا ۶۰ و عمق ۵۰ سانتی‌متر تعبیه می‌شود. فاصله مرکز کانال‌ها از یکدیگر ۲/۵ متر و تا دیوارهای جانبی انبار ۱/۲۵ متر در نظر گرفته می‌شود. کانال اصلی هوا بسته به عرض انبار می‌تواند به شکل مرکزی و یا در یک سمت انبار قرار گیرد. معمولاً در انبارهایی که کانال اصلی در و سط قرار د اشته و کانال‌های فرعی هوا از دو طرف آن منشعب می‌شوند، تهویه و یکنواختی توزیع هوا بهتر صورت می‌گیرد. کانال‌ها باید به سمت پنکه‌ها دارای شیب ملایمی (در حدود۹-۵ درجه) باشد؛ به طوری که با دور شدن از پنکه‌ها عمق کانال‌ها کاهش یابد. این وضعیت تاحد زیادی کم شدن سرعت هوا در بخش انتهائی کانال را جبران کرده و به حرکت بهتر و یکنواخت‌تر هوا در سراسر مسیر تهویه کمک می‌کند. کانال‌های حفر شده در کف انبار با تخته‌های چوبی به عرض ۱۲-۱۰ سانتی‌متر که حدود ۳ تا ۴ سانتی‌متر از یکدیگر فاصله دارند پوشانده می‌شود؛ بطوریکه درحدود ۲۵ تا ۳۵ درصد سطح کانال‌ها برای خروج هوا باز باشد. تخته‌های چوبی به شکلی روی کانال قرار می‌گیرد که سطح تخته‌ها با سطح کف انبار در یک راستا قرار گرفته و مانعی برای عبور پرسنل و ادوات در داخل انبار ایجاد نشود. برای عبور بهتر هوا لازم است کف کانال‌ها هموار و عاری از خاک و خاشاک باشد (شکل ۲). اگر ارتفاع توده چندان زیاد نیست (کمتر از ۲ متر) می‌توان به جای حفرکانال، از لوله‌های مثلثی شکل یا گرد و مشبک در زیر توده استفاده کرد. اضلاع این مثلث معمولاً بین ۱۵ تا ۴۵ سانتی‌متر است (شکل ۳). در این حالت شبکه تهویه

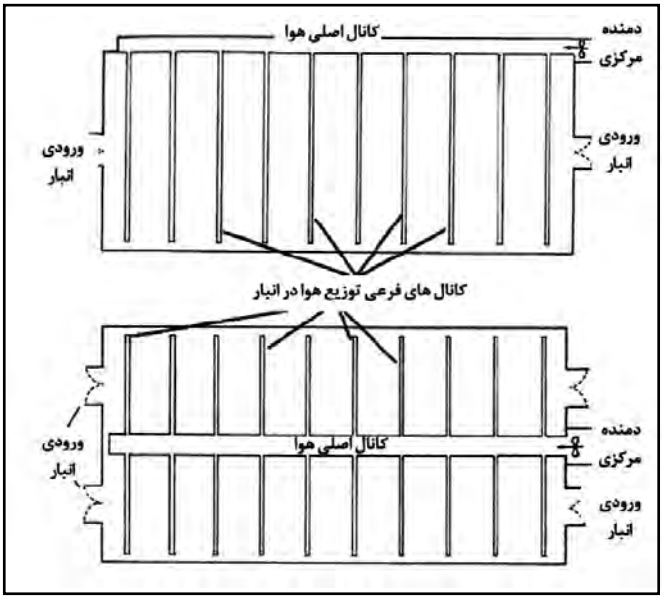
می‌تواند به دمنده متصل نبوده و جابجایی هوا به شکل طبیعی انجام شود (Kitinoja & Kader, 1995).



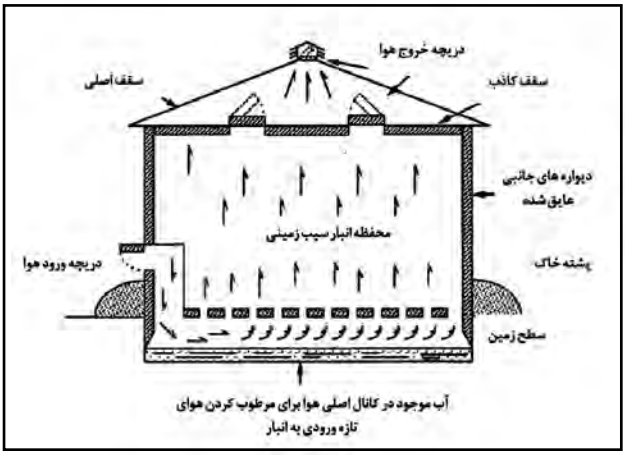
شکل ۲- نماهایی از ابعاد کانال هوای مورد استفاده در کف انبار سیب‌زمینی.



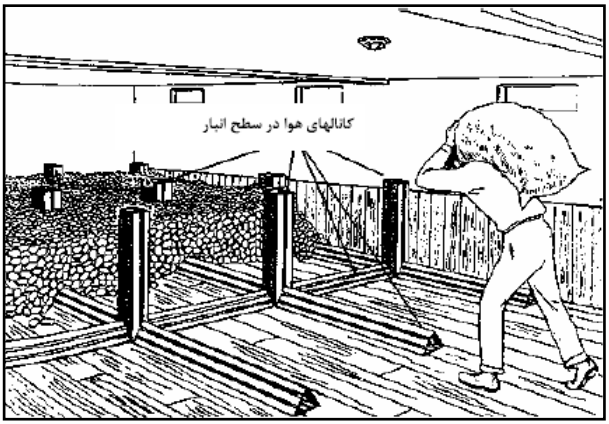
شکل ۳- نمونه‌هایی از کانال‌های تهویه سطحی مورد استفاده انبار سیب‌زمینی.



شکل ٤- نحوه استقرار کانال هوای اصلی و فرعی در انبار سیب‌زمینی.



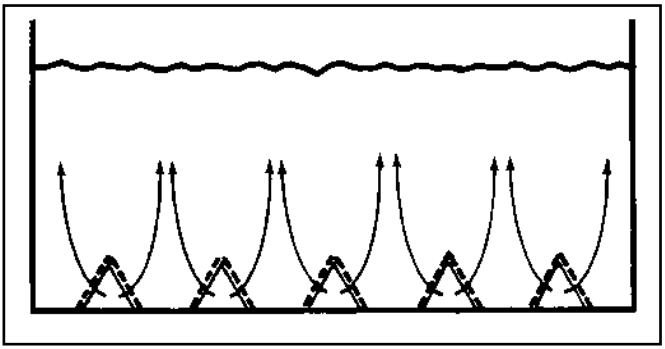
شکل ٥- استفاده از سقف کاذب در انبار سیب‌زمینی کنترل شرایط انبار را آسان‌تر می‌کند.



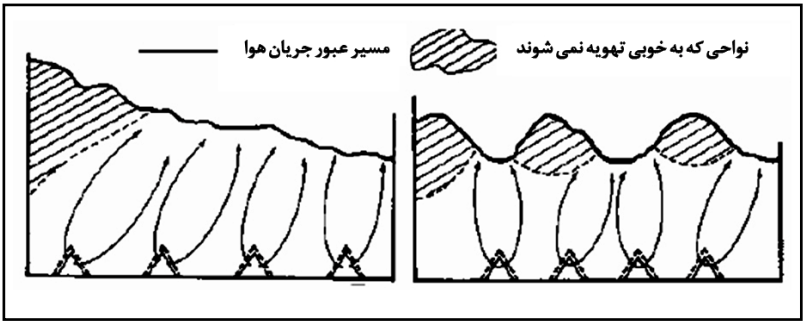
شکل ٦- نمایی از نحوه استقرار کانال‌های تهویه مثلثی در سطح انبار سیب‌زمینی.

برای ایجاد سهولت در توزیع یکنواخت هوا در سراسر توده انبار شده، باید دقت شود که تا حد امکان توده سیب‌زمینی در تماس مستقیم با زمین نبوده و ارتفاع توده در سراسر انبار در یک حد باشد. در غیر این صورت گردش هوا در بخش‌هایی از توده که ارتفاع بیشتری دارند به دلیل مقاومت بیشتر در برابر عبور جریان هوا به شکل کامل انجام نمی‌شود و هوا را به سمت مسیرهای کوتاه‌تر و دارای مقاومت کمتر منحرف می‌شود (شکل‌های ۷، ۸، و ۹).

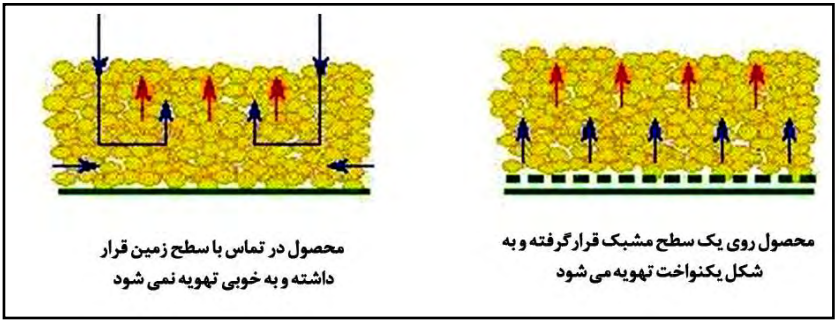
قرار داشتن توده محصول در سطح زمین و نگهداری به شکل فله باعث عدم دسترسی مناسب جریان هوا به بخش‌های عمقی توده می‌شود. این نواحی دارای تهویه ضعیف و یا حتی بدون تهویه باقی می‌مانند. چنین بخش‌هایی محل مناسبی برای فعالیت آفات و قارچ‌های انباری و شروع فساد توده سیب‌زمینی خواهند بود (Rama, 1990).



شکل ۷- ارتفاع یکسان توده در انبار باعث تهویه هوا به شکل یکنواخت می‌شود.



شکل ۸- یکسان نبودن ارتفاع توده باعث تهویه هوا نامناسب بخش‌های مرتفع می‌شود.



شکل ۹- جدا بودن توده از سطح زمین به تهویه بهتر آن کمک می‌کند.

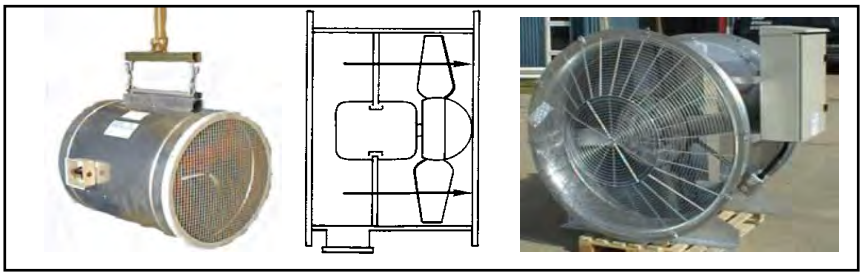
سرعت تهویه هوا و حجم هـوای در گـردش بایـد متناسـب بـا نیـاز تـوده بـه هوادهی باشد. هوادهی بیش از اندازه علاوه بالا بردن هزینه انرژی مصرفی، کاهش رطوبت، پلاسیدگی و افت وزنی غده‌ها را به دنبال دارد. از سوی دیگر تهویه هوا بـا حجم کمتر از مقدار مورد نیاز هم باعث افزایش دمای هوای انبـار، تجمـع گـاز دی اکسید کربن و کاهش اکسیژن محیط خواهد شد. توده‌های تمیز سیب‌زمینـی کـه خاک وکلوخه و مواد خارجی کمتری به همراه دارند با سرعت‌هـای کمتـر هـوا بـه خوبی تهویه می‌شود. زیرا مجاری عبور هوای موجود در لابلای غده‌هـا بـاز اسـت. در توده‌های دارای مواد خارجی فراوان فضای لابه‌لای غده‌ها تاحدی مسـدود شـده است. بنابراین عبور هوا بـا دشـواری امکـان پـذیر بـوده و در ایـن شـرایط تهویـه انبار تنها با شدت بیشتر جریان هـوا و صـرف انـرژی بیشـتر قابـل اجـرا مـی‌باشـد (Kitinoja & Kader, 1995).

شکل ۱۰- ۱- نحوه استقرار صحیح سیب‌زمینی به شکل بسته‌بندی کیسه در انبار.

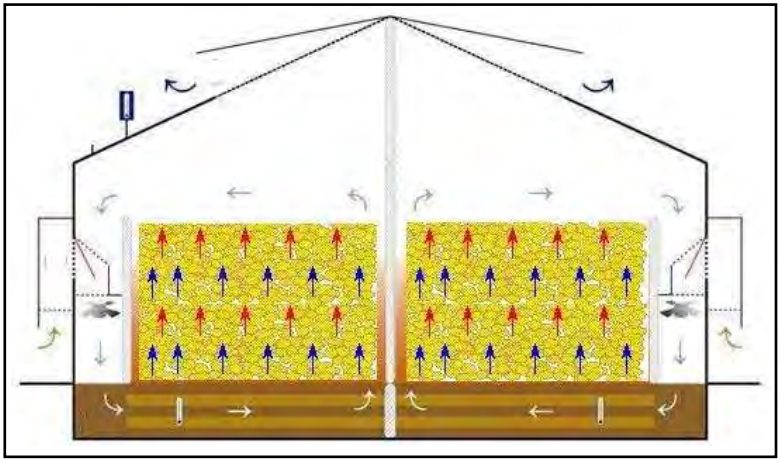
شکل ۱۰-۲- نحوه استقرار صحیح سیب‌زمینی به شکل بسته‌بندی جعبه در انبار.

حجم پرشده انبار نیز پارامتر مهمی است که باید مورد توجه قرار گیرد. برای جلوگیری از پلاسیدگی غده‌ها و صرفه جویی در فضا و امکانات، بهتر است حداقل ۶۵ درصد حجم انبار توسط محصول پر شود (Goudarzi *et al*., 2003).

به طور تقریبی می‌توان هوای لازم برای هوادهی توده سیب‌زمینی را ۱۴۵ متر مکعب هوا در ساعت به ازای هر تن محصول موجود در انبار در نظر گرفت. دمنده باید بتواند حداقل فشار استاتیک معادل ۲۰ میلی‌متر ستون آب را تأمین کند. به شرط مدیریت مناسب انبار (تمیز بودن توده محصول و عدم وجود موانع فراوان در مسیر عبور هوا در داخل کانال‌های تهویه) دمنده‌های پره محوری (Axial) با دور موتور ۱۵۰۰ تا ۲۲۰۰ دور در دقیقه برای این کار مناسبند (Fellows & Hampton, 1992).



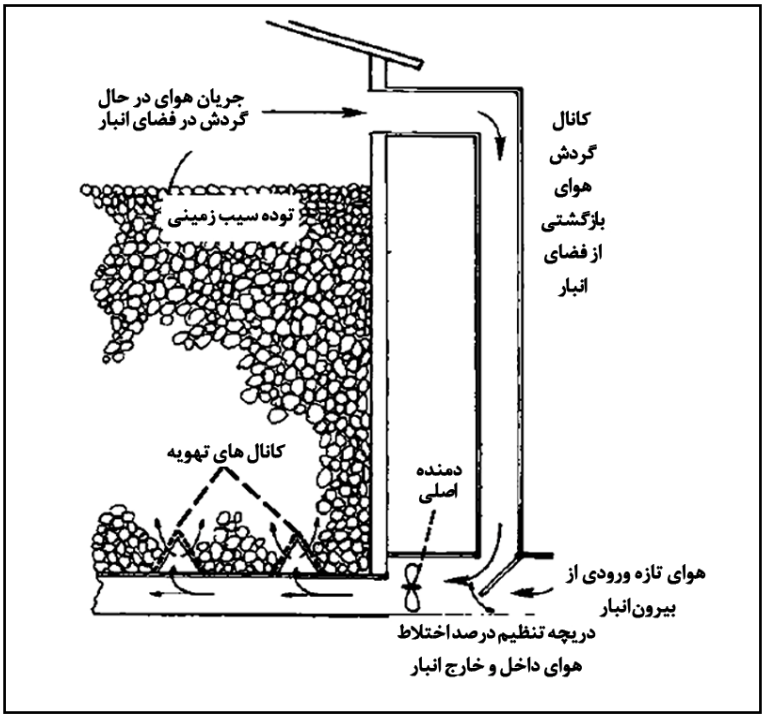
شکل ۱۱- دمنده‌های پره محوری مورد استفاده در کانال هوا در انبارهای سیب‌زمینی.



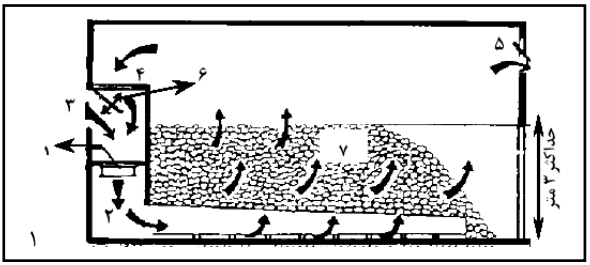
شکل ۱۲- نمای یک انبار سیب‌زمینی با تهویه مناسب.

سیستم تهویه باید به شکلی باشد که کاربر بتواند مقدار هوای داخل و خارج انبار را به نسبت دلخواه با یکدیگر مخلوط و در داخل انبار به گردش درآورد. یکی از مناسب ترین این روش‌ها استفاده از یک ساختار حلقه‌ای (Loop) در مسیر گردش هوای انبار است (شکل۱۲). در این سیستم به کمک یک دریچه چند حالته میزان اختلاط هوای بیرون و داخل انبار قابل کنترل است. به کمک این

سیستم می‌توان دما و میزان اکسیژن هوای انبار را با تنظیم حجم هوای تازه ورودی به انبار در هنگام تهویه کنترل کرد. با اضافه کردن گرمکن به این مجموعه و قرار دادن آن در مکانی بعد از دمنده اصلی و قبل از کانال‌های فرعی توزیع هوا، امکان گرم کردن هوای انبار همزمان با جایگزینی هوای آن با هوای تازه میسر می‌شود.



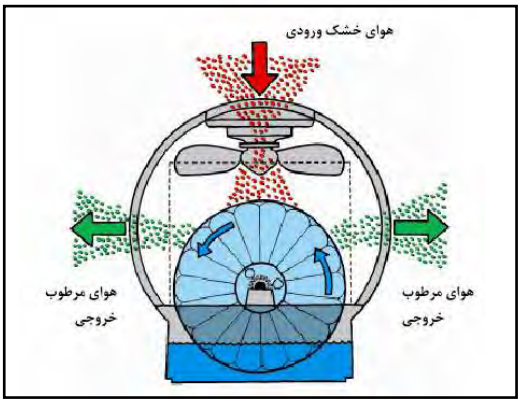
شکل ۱۳- نمای یک سیستم تهویه هوای انبار سیب‌زمینی با دریچه تنظیم هوای متحرک.



۱- دمنده، ۲- کانال شیب‌دار هوا، ۳- دریچه ورود هوا به درون انبار، ۴- دریچه گردش هـوای داخـل انبـار، ۵-دریچه خروج هوای انبار، ۶- صفحه تنظیم کننده حجم هوای ورودی به انبار، ۷- توده سیب‌زمینی

شکل ١٤- نمایی از یک سیستم کامل گردش هوای انبار سیب‌زمینی.

با استقرار یک دستگاه رطوبت زن در داخل انبار امکان افزایش رطوبـت هـوای انبار در زمان‌هایی که رطوبت داخل انبار کمتر از ۸۵ درصد است، خطر پلاسـیدگی و کاهش وزن سیب‌زمینی‌ها در داخل انبار منتفی می‌شود. این دستگاه‌ها آب را به شکل مه پاشی به هـوای در حـال گـردش وارد کـرده و باعـث افـزایش یکنواخـت رطوبت هوای درون انبار می‌شوند (Walker, 1992).



شکل ١٥- نمایی از یک دستگاه رطوبت‌زن هوای انبار سیب‌زمینی.

مراحل آماده سازی سیب‌زمینی برای انبارداری و مدیریت انبارداری سیب‌زمینی :

هر نوع عملیات دستی روی سیب‌زمینی برداشت شده بسته به عکس‌العمل و مقدار آسیب وارده به غده، قند احیای محصول را افزایش می‌دهد. بنابراین هر یک از مجموعه مراحل آماده سازی تا انتقال به محل نگهداری بلند مدت سیب‌زمینی باید با احتیاط و دقت کافی انجام شود. شدت تنفس و تجمع قند احیا در غده‌هایی که پریدرم آنها آسیب دیده باشد بالاتر است. غده‌های پیر نیز حساسیت بیشتری به آسیب‌های مکانیکی دارند (Pritchard,1992; Sowokinos *et al*.,1987). دوره انبار داری سیب‌زمینی را می‌توان به هشت مرحله تقسیم کرد. این مراحل عبارتند از :

۱- نم‌گیری غده‌ها:

بلافاصله بعد از برداشت سیب‌زمینی باید عمل خشک کردن به عنوان اولین مرحله انبارداری انجام گیرد. این عمل به منظور خشک کردن رطوبت موجود در سطح سیب‌زمینی و گل چسبیده به آن انجام می‌شود. مزایای خشک کردن عبارتند از :

- جلوگیری از گسترش پوسیدگی نرم.
- جداسازی آسان‌تر خاک چسبیده به محصول ودر نتیجه عبور بهتر هوا از لابه‌لای غده‌ها.
- جلوگیری از گسترش فعالیت باکتری‌ها و آفات.

برای این منظور لازم است :

الف) سیب‌زمینی‌ها بسته به وضعیت برداشت وشرایط آب و هوایی ۲ تا ۶ روز و هر روز به مدت ۶ تا ۸ ساعت از طریق روشن نمودن پنکه‌ها یا باز کردن درب و پنجره‌های انبار تهویه شوند. بهتر است عمل هوادهی، در زمان‌هایی انجام شود که

هوا دارای رطوبت بالایی بوده و نیز دمای هوای بیرون به دمای تـوده سـیب‌زمینـی نزدیک یا کمی از آن خنک‌تر باشد. زمان مناسب برای اجرای این مرحلـه ابتـدای صبح و یا اوایل غروب است. هوادهی در ساعات میانی روز به دلیل بالا بودن دمـا و پائین بودن رطوبت نسبی هوا توصیه نمی‌شود.

ب) هوای به کار رفته برای خشک کردن سیب‌زمینی از فضای انبارخارج شود.

ج) هنگامی که وضعیت رطوبتی قسمت‌های بالای توده (تا عمق ۴۵ سانتی‌متر) بـه حد مناسب رسید عملیات خشک کردن متوقف شود (Voss *et al.*, 1998).

۲- التیام‌دهی:

التیام‌دهی بعد از خشک کردن غده‌ها انجـام شـده و سـبب بهبـود زخـم‌هـا و صدمات مکانیکی ایجاد شده بـر روی غـده در اثـر برداشـت و جابجـایی نامناسـب می‌شود. همچنین کاهش وزن غده‌ها را به حداقل مـی‌رسـاند. در اجـرای مرحلـه التیام‌دهی باید به نکات زیر توجه کرد:

الف) التیام‌دهی با هوایی که از نظر دمایی نزدیک دمای خشک کردن سیب‌زمینـی است (۲۲- ۱۵ درجه) و حداکثر برای ۳-۲ ساعت در روز انجام شـود. بهتـر اسـت هوا در این مدت از انبار خارج نشود؛ برای این منظور نیازی به باز بودن دریچه‌های خروج هوای انبار نیست و هوا تنها درون انبار جابه‌جا می‌شود.

ب) التیام‌دهی غدها حداکثرتا ۲ هفته پس از برداشت سیب‌زمینی ادامـه مـی‌یابـد. با در نظر گرفتن دوره خشک کـردن، مرحلـه التیـام‌دهـی بـین ۶ تـا ۱۰ روز طـول می‌کشد (Voss *et al.*, 1998).

ج) درصورتی که رطوبت یا دمای هوای درون انبار تا حد زیادی بالا بـرود، مجـاری ورود هوای تازه به انبار تا حد امکان بـاز شـده تـا اخـتلاف دمـای داخـل و بیـرون انبارکاهش یابد (Sowokinos *et al.*, 1987).

۳- جلوگیری از جوانه‌زنی غده‌ها:

برای ممانعت از جوانه‌زنی غده‌های غیر بذری از روش‌ها و مواد شیمیایی متفاوتی استفاده می‌شود. این مواد سه هفته بعد از برداشت به کار می‌روند. یعنی زمانی‌که سیب‌زمینی‌ها التیام یافته‌اند. متداول‌ترین ماده مهار کننده جوانه‌زنی سیب‌زمینی کلروپروفام (CIPC) است. میزان مصرف آن ۱ تا ۱/۵ گرم ماده تجاری برای هر کیلوگرم سیب‌زمینی است. هنگام مصرف این کلروپروفام سطح غده‌ها باید خشک و عاری از کلوخه باشد. دما و زمان مناسب انجام این کار ۱۰ تا ۱۵ درجه و حداکثر تا ۴ هفته پس از برداشت محصول است. به منظور تماس یکنواخت توده سیب‌زمینی با کلروپروفام، بلافاصله پس از پاشش آن سیستم تهویه هوای انبار بدون تبادل با هوای بیرون به مدت ۳ تا ۴ ساعت فعال شود. بهتر است ۶ تا ۸ ساعت پس از اعمال تیمار کلروپروفام، هوادهی انبار با هوای تازه صورت پذیرد. ذکر این نکته ضروری است که نباید در نگهداری غده‌ای بذری از هیچ نوع ماده ضد جوانه‌زنی استفاده شود.

پرتودهی غده‌های سیب‌زمینی با اشعه گاما یا بتا و دوز ۱۰۰ تا ۱۲۰ گری، جوانه‌زنی غده‌های سیب‌زمینی را برای مدت ۷ تا ۸ ماه به خوبی (بیش از ۹۰ درصد) کنترل می‌کند. غده‌های پرتودهی شده قابلیت استفاده به عنوان بذر را نخواهند داشت (Liu *et al*., 1990; Goudarzi & Zolfagharieh, 2010).

جوانه‌زنی در غده‌های بذری تنها با استفاده از نور پراکنده و پائین بردن دمای هوای انبار کنترل می‌شود.

شکل ۱۶- سیب‌زمینی شاهد رقم آگریا پس از ۸ ماه نگهداری.

شکل ۱۷- سیب‌زمینی رقم آگریا پرتودهی شده با دوز ۰/۱۲ کیلوگری پس از ۸ ماه نگهداری.

شکل ۱۸- پودر کلروپروفام (CIPC).

۴- سرد کردن:

دراجرای عملیات سرد کردن محصول سیب‌زمینی دقت به نکات زیر مفید است:

الف) تا سه هفته پس از برداشت نباید اقدام به خنک نمودن توده کرد.

ب) سرد کردن غده‌ها با تهویه شبانه هوای انبار به مدت ۷- ۶ ساعت انجام می‌شود. بهتر است این عمل در زمان‌هایی که رطوبت هوا بالا است اجرا شود.

ج) باید از سرد کردن سریع و یک‌باره توده خودداری و دمای غده‌ها به آرامی و در هر روز حدود ۱ تا ۲ درجه کاهش داده شود.

د) در هر روز هوای داخل انبار برای مدت ۱ الی ۲ساعت جابه‌جا شود تا درجه حرارت بخش‌های بالایی و پایینی توده یکنواخت و به هم نزدیک شود. در این حالت نیازی به ورود هوای تازه از بیرون به داخل انبار نیست.

هـ) لازم است دمای توده براساس الگوی زیر تعیین شود (Edwards *et al*., 2002):

- ۷- ۶ درجه سلسیوس برای سیب‌زمینی‌های خوراکی
- ۵-۳ درجه سلسیوس برای سیب‌زمینی‌های بذری
- ۱۰–۶ درجه سلسیوس برای سیب‌زمینی‌هایی که مصرف صنعتی وتولید نشاسته دارند.

و) توده نباید با هوایی که اختلاف دمای آن با توده محصول بیشتر از ۳ درجه سلسیوس است تهویه شود.

ز) زمان‌های تهویه باید به طور مرتب کنترل شود.

۵- حفظ درجه حرارت مناسب :

رعایت موارد زیر به کنترل دمای انبار کمک می‌کند:

الف) هر روز هوای درون انبار برای چند ساعت جابه جا شود تا اختلاف درجه حرارت بخش‌های بالا و پایین توده بیش از ۱ درجه سلسیوس نباشد.
ب) نباید دمای توده بیش از ۰/۵ الی ۱ درجه سلسیوس در روز بالا برود (Williams & Cobb, 1992).

۶- هوادهی:

در دورهٔ انبارداری هوای داخل انبار مطابق روش زیر با هوای بیرون تعویض شود:

الف) هوادهی یک تا دوبار در هفته و هر بار به مدت ۱ الی ۱/۵ ساعت انجام شود. در صورتی که قسمت فوقانی توده سیب‌زمینی رطوبت بالایی داشته باشد، لازم است هوادهی ۳ الی ۴ بار در هفته و هر بار به مدت ۲ تا ۲/۵ ساعت تکرار شود.
ب) هنگامی که دمای هوای داخل انبار ۶-۴ درجه سلسیوس است، به کمک پنکه‌ها، هوای انبار به صورت مختصر جابه‌جا شود. در این حالت نیاز به وارد کردن هوای بیرون به داخل انبار نیست.
ج) اگر دمای هوای محیط کمتر از ۱/۵ درجه باشد، بهتر است هوادهی انجام نشود یا درصورت نیاز به هوادهی از دستگاه گرمکن (هیتر) برای افزایش دمای هوای ورودی استفاده شود (Williams *et al.*, 2003).

۷- جلوگیری از نشستن رطوبت بر روی محصول (مَیَعان):

میزان رطوبت هوای انبار و دمای آن تحت تأثیر یکدیگر قرار دارند. به این ترتیب که با افزایش دمای هوا، ظرفیت نگهداری رطوبت توسط هوا افزایش یافته و رطوبت نسبی هوا کاهش پیدا می‌کند. عکس این حالت زمانی رخ می‌دهد که هوا سرد شود. در هوای سرد شده ظرفیت نگهداری رطوبت توسط هوا کاهش یافته و به دنبال آن مقدار رطوبت نسبی افزایش می‌یابد. هرگاه کاهش دمای هوا به

میزانی باشد که رطوبت نسبی هوا تا حد بالاتر از حالت اشباع (رطوبت نسبی ۱۰۰ درصد) افزایش یابد، در این حالت مازاد رطوبت به شکل قطره‌های آب از هوا جدا و بر سطح اجسام ظاهر می‌شود. جدا شدن رطوبت از هوا تا آنجا ادامه می‌یابد که رطوبت نسبی هوا به کمتر از حد اشباع بازگردد. دمایی که در آن رطوبت موجود در هوا به صورت قطره‌های آب بر روی سطوح پدیدار می‌شوند، به نقطه شبنم موسوم است. بروز این پدیده که به آن میعان یا کندانس شدن رطوبت گفته می‌شود سبب فراهم آمدن محیط مساعد برای رشد قارچ‌ها در سطح محصول انبارشده می‌شود. این پدیده در ساختمان‌های غیر قابل نفوذ به هوا بیشتر رخ می‌دهد. برای کنترل این رخداد نامطلوب و دور نگه داشتن دمای محیط از نقطه شبنم توجه به موارد زیر مفید است:

الف) در زمان سرد کردن توده، باید هوای مرطوب را از فضای انبارخارج کرد.

ب) اگر دمای هوا تا نزدیک صفر درجه پایین آمده باشد، درب‌های خروج هوا تا ۵۰ درصد و درب‌های ورودی را تا ۱۰ درصد برای مدت نیم ساعت باز کرده و هوادهی همزمان با استفاده از گرم کن انجام شود. سپس هوای داخل انبار به مدت ۲۰ تا ۳۰ دقیقه بدون گرم شدن در فضای انبار جابه جا شود (Rushing *et al*., 2011).

۸-گرم کردن:

قبل از خروج توده سیب‌زمینی از انبارسرد، دمای آن باید به آرامی و حداکثر ۲ تا ۳ درجه در روز بالا برده شود.گرم کردن توده سیب‌زمینی برای حفظ آن در مقابل زخم‌هایی که در حین حمل و نقل ایجاد می‌شوند ضروری است. اگر هوای بیرون برای گرم کردن سیب‌زمینی مساعد نباشد، هوا به وسیله تهویه و نیز جابه‌جایی محدود آن در داخل انبار، گرم شود. با وارد کردن هوای تازه بیرون به

داخل انبار، از قهوه ای شدن مغز غده‌ها که حاصل کمبود اکسیژن لازم برای تنفس محصول است جلوگیری می‌شود. دمای هوای دمیده شده نباید از ۲۰ درجه بالاتر باشد و توده نیز بیشتر از ۸ الی ۱۲ درجه گرم نشود (Goudarzi *et al*., 2003; Williams & Cobb, 1992).

مصرف انرژی در انبارهای سیب‌زمینی:

با توجه به حجم عظیم توده نگهداری شده در انبارهای سیب‌زمینی و لزوم انجام برخی عملیات طی دوره انبارداری، مصرف انرژی در انبارهای سیب‌زمینی به یکی از اقلام پرهزینه در مدیریت مالی یک انبار سیب‌زمینی بدل شده است. مهمترین فعالیت‌های مصرف کننده انرژی در یک انبار سیب‌زمینی همراه با مقدار مصرف تقریبی انرژی آن‌ها به قرار زیر است (Taylor *et al*., 2010):

جدول۱ – میزان مصرف انرژی در فعالیت‌های مختلف یک انبار سیب‌زمینی

نوع فعالیت	منابع مصرف کننده انرژی	انرژی مصرفی (کیلو وات ساعت بر تن)
بار گیری انبار	نقاله – لیفتراک- لامپ روشنایی	۰/۱ – ۰/۲
درجه بندی- تمیز کردن	نقاله – خاک گیر – ماشین سایز بندی – روشنایی	۱ -۲
شستن	نقاله – برس شستشو – پمپ آب	۲-۵
خشک کردن	پنکه – سرد کن – گرم کن	۱ -۳
نگهداری کوتاه یا میان مدت	سیستم گردش هوا- رطوبت زن- لامپ روشنایی	۱۰ -۲۰
نگهداری بلند مدت	سیستم گردش هوا- سرد کن- رطوبت زن- روشنایی	۵۰ -۱۰۰
کاربرد مواد شیمیایی	سیستم گردش هوا	۰/۲ – ۰/۵
تخلیه انبار	نقاله – لیفتراک- دستگاه بسته بندی- روشنایی	۰/۲ – ۱/۵

اقدامات زیر می‌تواند صرفه خوبی قابل ملاحظه‌ای را در انرژی مصرفی یک انبار سیب‌زمینی به دنبال داشته باشد.

۱- عایق‌کاری دیوارها و سقف:

ضریب هدایت حرارتی دیوارهای جانبی انبار باید کمتر یا مساوی ۰/۳ وات بر متر مربع باشد. عایق‌های حرارتی اورتان (Urethane) با ضخامت ۱۵۰ میلی‌متر، اسپری کفی (Spray Foam) ۸۵ میلی‌متری و یا کف استیرنی (Styran foam) به ضخامت ۹۰ میلی‌متر می‌تواند برای این منظور استفاده شود.

۲- درزگیری دیوارها، سقف و مبادی ورود و خروج هوا:

به دلیل پرهزینه بودن تامین دما و رطوبت مورد نیاز در هوای انبار سیب‌زمینی، انجام هر عملیاتی به منظور جلوگیری از خروج بدون برنامه ریزی هوا از انبار و یا ورود کنترل نشده هوای بیرون به داخل انبار باعث اتلاف انرژی در انبار می‌شود. از این رو بازبینی مداوم انبار به منظور مسدود کردن و مرمت مکان‌های باز در انبارها ضروری است.

۳- نظارت دقیق بر کنترل شرایط انبار:

جلوگیری از ایجاد نوسانات زیاد در دما و رطوبت انبار، نیاز به استفاده مداوم از وسایلی مانند سردکن، گرم‌کن و ادوات رطوبت‌زنی را کاهش می‌دهد. برای کنترل بهتر شرایط انبار، نصب و استفاده از حسگرهای دما و رطوبت در نقاط مختلف انبار مفید است. انجام عملیاتی مانند هوادهی در ساعاتی از شبانه روز که تعرفه مصرف انرژی در آن زمان‌ها پایین‌تر است و یا استفاده از هوای خنک و مرطوب بامداد برای هوادهی، هزینه مصرف انرژی را کاهش می‌دهد.

۴- استفاده از الکتروموتورهای با راندمان بالا:

اگرچه هزینه سرمایه گذاری اولیه و خرید ادوات برقی با راندمان بالا زیاد است اما مصرف کمتر انرژی در آنها این هزینه اولیه را به سرعت جبران می‌کند. تعمیر و بازبینی مداوم این وسایل در کارکرد بهتر آنها و مصرف کمتر انرژی، موثر است.

۵- استفاده از دمنده‌های با دبی متغیر:

رابطه بین میزان دبی دمنده‌ها و سرعت دوران آن‌ها خطی نیست بلکه حالتی نمایی و یا تواندار دارد. براین اساس چنان‌چه میزان سرعت دوران و در نتیجه مصرف انرژی دمنده را به ۱/۳ یا ۱/۴ مقدار اسمی کاهش یابد، حجم هوای جابجا شده در سیستم تهویه به ۱/۲ کاهش می‌یابد. این بدان معنی است که درصد صرفه جویی حاصل از مصرف انرژی در این حالت بیشتر از میزان درصد کاهش دبی جریان تهویه است.

۶- استفاده از لامپ‌های کم مصرف:

لامپ‌های کم مصرف علاوه بر آنکه کمتر انرژی را به شکل مستقیم مصرف می‌کنند، به دلیل تولید گرمای کمتر نیاز به استفاده از ادوات خنک کننده را نیز کاهش می‌دهند.

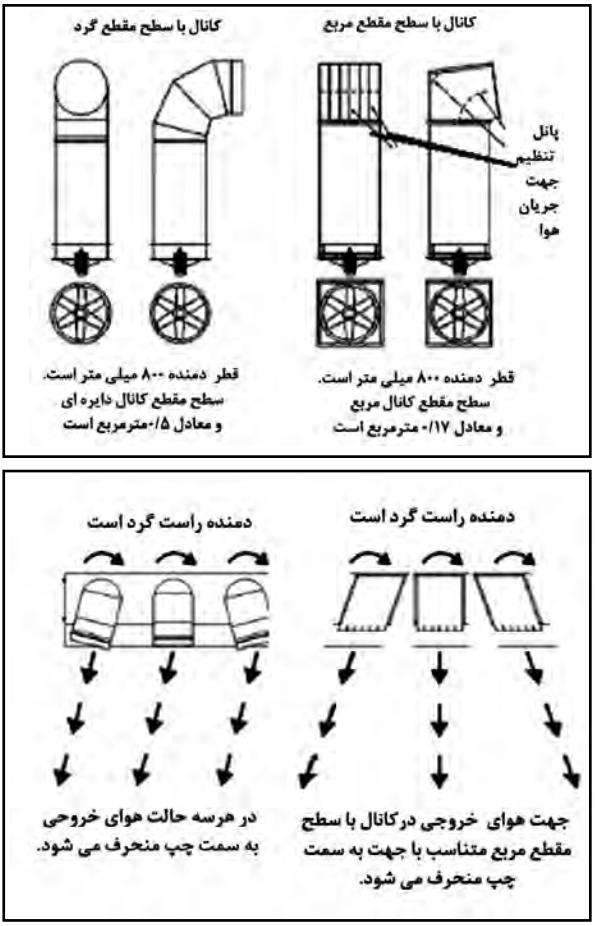
۷- طراحی مناسب سیستم‌های هوادهی:

باید دقت شود که سطح مقطع کانال‌هایی که هوای دمیده شده توسط پنکه‌ها را به داخل توده سیب‌زمینی انبار شده هدایت می‌کند یا باعث تهویه هوای انبار می‌شود به شکل مربع طراحی شود، زیرا:

الف) با فرض یکسان بودن قدرت و قطر پره‌های دمنده، کانال‌های با سطح مقطع

مربع نسبت به انواع دایره‌ای حدود ۶۵ درصد وسیع‌تر هستند. بنابراین در کانال‌های با مقطع مربع مقاومت و اصطکاک کمتری در راه عبور هوا ایجاد می‌شود. همین امر سبب می‌شود که فشار هوای کمتری بر الکتروموتور دمنده اعمال شده و مصرف برق کمتری داشته باشد.

ب) در کانال‌های با مقطع گرد امکان تنظیم جهت جریان هوای خروجی وجود ندارد و صرف نظر از جهت دریچه‌های کانال، هوای خروجی بسته به راست گرد یا چپ گرد بودن پره‌های دمنده، به سمت راست یا چپ منحرف خواهد شد. در کانال‌های با مقطع مربع، گوشه‌ها و زوایای مسیر، باعث تخریب این ساختار پیچشی هوا شده و در نتیجه هوا به شکل مستقیم و متناسب با جهت پره‌های تنظیم جهت هوا و دریچه خروجی حرکت خواهد کرد. در نتیجه امکان توزیع یکنواخت جریان هوای در حال گردش در سراسر انبار مهیا خواهد شد (Taylor *et al*., 2010).

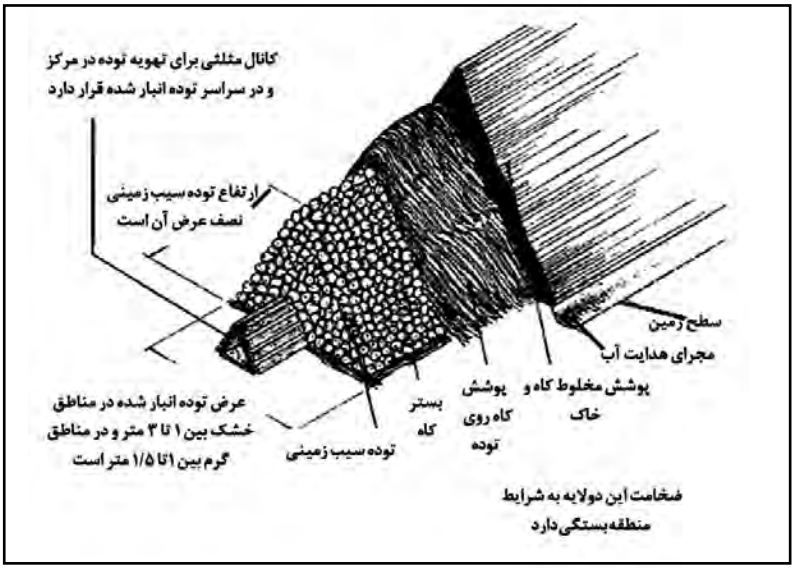


شکل ۱۹- وضعیت رابطه جهت خروج هوا از دهانه کانال با شکل سطح مقطع کانال.

نگهداری سیب‌زمینی در فضای باز:

در مناطقی که امکان دسترسی به انبارهای مناسب برای نگهداری میان مدت یا بلند مدت سیب‌زمینی فراهم نیست، می‌توان محصول را به ترتیبی که در شکل ۲۰ نشان داده شده است آماده نگهداری کرد.

مطابق شکل ۲۰ پس از انتخاب زمین مناسب برای نگهداری سیب‌زمینی، سطح آن بسته به دمای محیط با دو یا سه لایه کاه و کلش پوشیده می‌شود. سپس توده سیب‌زمینی تمیز شده بر روی آن ریخته می‌شود. عرض توده در مناطق با آب و هوای خنک حداکثر تا ۳ متر و در مناطق گرم ۱/۵ متر در نظر گرفته شود. ارتفاع کومه نباید از نصف عرض آن بیشتر باشد زیرا کار هوادهی با اشکال مواجه می‌شود. بسته به عرض توده انبار شده یک یا دو کانال مشبک تهویه هوا در مرکز توده قرار داده می‌شود. این کانال باید در سرتاسر طول توده سیب‌زمینی امتداد داشته باشد تا امکان هوادهی توده فراهم شود. توده سیب‌زمینی باید به شکلی قرار گیرد که امتداد آن در راستای جهت وزش باد غالب منطقه باشد. این کار برای استفاده بهتر از نیروی طبیعی جریان هوا ضرورت دارد. طول این توده‌ها تا ۱۰ الی ۱۲ متر قابل گسترش است (Voss *et al.*, 2010).



شکل ۲۰- نمایی از نحوه صحیح انبار کردن سیب‌زمینی به شکل فله در فضای خارج از انبار.

منابع مورد استفاده:

Annon. 2010. Yearbook of irania agricultural statistic. Ministry of Agriculture, Tehran, Iran. (In Farsi).

Annon. 1996. Rome declaration on world food security and world food summit plan of action . Agriculture Organization of the United Nations, World Food Summit. 13-17 November. Rome, Italy.

Burton, W. G. and Hartmans, K. J. 1992. The physics and physiology of storage. In The Potato Crop, p. 690. Ed. PHarris. London: Chapman & Hall.

Caldiz, D.O., Fernandez, L.V. and Inchausti, M. H. 2001. Maleic hydrazide effects on tuber yield, sprouting characteristics, and French fry processing quality variation in potato (Solanumtuberosum L) cultivars grown under Argentinean conditions.American Journal of Potato Research 78:119-128.

Copp, L. J., Blenkinshop, R. W., Yada, R.Y. and Marangoni, A. G. 2000. The relationship between respiration and chip color during long-term storage of potato tubers. American Journal of Potato Research 77:279-287.

Edwards, C. G., Engler, J. W., Brown, C. R., Peterson, J. C. and Sorensen, E. J. 2002. Changes in colour and sugar content of yellow-fleshed potatoes stored at three different temperatures. American Journal of Potato Research 79:49-53.

Fellows, P. and Hampton, A. 1992. Small-scale food processing, A guide to appropriate equipment. London: Intermediate Technology Publications.

Goudarzi, F., Sayeden S. M. and Bagheri, A. 2003. Effect of condition of potato stores on quantity of wastes.Case study: Hamedan province. AERI Final Report. No:249. (In Farsi).

Goudarzi, F. and Zolfagharieh, H. R. 2010. Effect of cipc and different dose of fast electron beems on the qualitative and quantitative changes of potato during of storage . AERI Final Report. No:1208.(In Farsi).

Herrman, T. J., Shafii, B., Love, S. L. and Dwelle, R. B. 1995. Influence of crop management factors on chipping potato maturity and storage processing performance. Journal of the Science of Food and Agriculture 68:51-58.

Hughes, J. C. 1986. The effects of storage temperature, variety and mineral nutrition on sugar accumulation. Aspects of Applied Biology 13, Crop Protection of Sugar Beet and Crop Protection and Quality of Potatoes, pp. 28-33. Wellesbourne, UK:Association of Applied Biologists.

Kitinoja, L. and Kader, A. A. 1995. Small-scale post-harvest handling practices-A manual for horticultural crops. 3th edition. Postharvest horticulture series no. 8. University of California-Davis, California.

Liu, M., Chen, R. and Tsai, M. 1990. Effect of low temperature storage, gamma irradiation and iso-propyl-N-(3-chlorophenyl carbamate) treatment on processing quality of potatoes. Journal of the Science of Food and Agriculture 53:1-13.

Nelson, D. C. and Shaw, R. 1976. Effect of planting and harvest dates, location in hill and tuber size on sugar content of Kennebec potatoes. American Potato Journal 53:15-21.

Olsen, N., Woodell, L., Hines, S. and Chahine, M. 2011. Potato good agricultural practices audit organizational material. Idaho center for potato research and education. University of Idaho. Available at:http://www.kimberly.uidaho.edu/potatoes/gap.htm

Pisarczyk, J. M. 1982. Field harvest damage affects potato tuber respiration and sugar content. American Potato Journal 59:205-211.

Pritchard, M. K. and Adam, L. R. 1992. Preconditioning and storage of chemically immature Russet Burbank and Shepody potatoes. American Potato Journal 69:805-815.

Rama, M. V. 1990. Evaporative cooling storage of potato in two model storage structures. J.Food.sci & teach Ind, 27:66-74.

Richardson, D. L., Davies, H. V. and Ross, H. A. 1990. Potato tuber sugar content during development and storage (10°C): possible predictors of storage potential and the role of sucrose in storage hexose accumulation. Potato Research 33:241-245.

Rushing, J.W., Bihn, E. A., Brown, A .E., Martin, L. Y. and Suslow, T.V. 2011. Improving the Safety and Quality of Fresh Fruits and Vegetables: A training manual for trainers. Extension service , University of Maryland, College Park 20740, Maryland, USA.

shuten, S.P., Abewaring, C. and Vien, V. 1986. Effect of some factors on potato losses in storage .Report No:1995. Sperenger Institute wageningen.

Sonnewald, U. 2001. Control of potato tuber sprouting. Trends in Plant Science 6:333-335.

Sowokinos, J. R., Orr, P. H., Knoper, J. A. and Varns, J. L. 1987. Influence of potato storage and handling stress on sugars, chip quality and integrity of the starch (amyloplast) membrane. American Potato Journal 64:213-226.

Smith, O. 1987. Effect of cultural and environmental conditions on potato processing. In Potato Processing, pp. 73-74. Ed: W. F. Talburt and O. Smith. New York:Van Nostrand Reinhold Company.

Taylor, C., Dudfield, T. and Jackson, P. Farm Electronics. 2010. Available at: http://www.farmelectronics.co.uk/PotatoStoreDucting.php

Voss, R. E., Baghott, K. G. and Timm, H. 1998. Proper environment for potato storage. The University of Californians Cooperative Extension programs .

Walker, D. J. 1992. World Food Programme Food Storage Manual Chatham, UK:Natural Resources Institute

Williams, R. O. and Cobb, A. H. 1992. The relationship between storage temperature, respiration, reducing sugar content and reconditioning regime in stored potato tubers. Aspects of Applied Biology 33, Production and Protection of Potatoes, pp. 213-220. Wellesbourne, UK:Association of Applied Biologists.

Wiltshire, J. J. and Cobb, A. H. 1996. A review of the physiology of potato tuber dormancy. Annals of Applied Biology 129:553- 569.

Yada, R. Y., Coffin, R. H., Keenan, M. K., Fitts, M., Dufault, C. and Tai, G. C. C. 1991. The effects of maleic hydrazide (potassium salt) on potato yield, sugar content and chip color of Kennebec and Norchip cultivars. American Potato Journal 68:705-709.