دانشکده کشاورزی

گروه علوم و صنایع غذایی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد رشته علوم و صنایع غذایی

مطالعه اثر بسته‌بندی، پوشش خوراکی کیتوزان و سطح رطوبت بر خواص فیزیکوشیمیایی اسلایس‌های سیب

اساتید راهنما:

دکتر میرخلیل پیروزی‌فرد

دکتر محمد علیزاده

نگارش

سامان عزیزی‌زاده

بهمن ۹۳

حق چاپ برای دانشگاه ارومیه محفوظ است

تقدیم به:

وجود مقدس پدر عزیزم و مهربان مادرم

آنان که ناتوان شدند تا من به توانایی برسم و مو، سپید کردند تا من روسفید شوم.

برادران گرانقدر و خواهر نازنینم

که سعادت و کامیابی را برایشان آرزو دارم.

تقدیر و تشکر:

سپاس ذات مقدس حضرت حق را که همواره سایه لطفش بر زندگی‌ام وجود داشته و نور عظمتش روشنی‌بخش راه زندگی‌ام بوده است.

پژوهش پیشرو، حاصل کمک‌ها و الطاف گرانمایگان بسیاری بوده که از آنها نهایت سپاس‌گذاری را دارم:

جناب آقایان دکتر میر خلیل پیروزی‌فرد و دکتر محمد علیزاده اساتید راهنما که روشنایی‌بخش تاریکی جان هستند و ظلمت اندیشه را نور می بخشند.

از سرکار خانم دکتر فریبا زینالی و جناب آقای دکتر هادی الماسی که زحمت داوری این پژوهش را بر عهده داشتند

و همچنین آقایان دکتر محمدیار حسینی، مهندس علیرضا حسین‌پور، دکتر زانا شهابی، دکتر میلاد دباغی، مهندس کیوان نیلی، هومان عزیزی‌زاده، پورمان عزیزی‌زاده، دکتر محسن زندی، صنعان لطفی، یاسین پیروزی‌فرد، نادر قهرمان‌نژاد، فیروز مطلم نازلو،

و خانم‌ها پونه بابایی، مهتا بابایی، دکتر مینا طاعتی، ندا مؤمنی، سارا بیک‌زاده، شکوفه ملکی،

که در انجام این کار بسیار مرا یاری کردند کمال تشکر و سپاسگذاری را دارم.

چکیده

به دلیل تولید زیاد سیب و نبودن یک بازار عرضه مناسب مخصوصاً در آذربایجان غربی، تولید محصولاتی که سیب ماده اولیه آنها باشد مد نظر قرار گرفته است. سیب Ready to eat یکی از این محصولات است و در تولید تجاری به آن متا بی سولفیت سدیم اضافه می‌شود. هدف ما از این پژوهش تولید سیب Ready to eat بدون افزودن ماده شیمیایی است. برای این کار سیب ابتدا در خشک‌کن تا رطوبت ۳۰ تا ۳۵ درصد خشک شد. بعد از آن سیب‌ها در داخل محلول ۱٪ (m/V) کیتوزان و ۱٪ اسید سیتریک به مدت یک دقیقه غوطه‌ور شده و سپس در ۶ گروه بسته‌بندی شد؛ ۱- بدون پوشش + بسته‌بندی معمولی، ۲- پوشش کیتوزان + بسته‌بندی معمولی، ۳- بدون پوشش + بسته‌بندی خلا، ۴- پوشش کیتوزان + بسته‌بندی خلا، ۵- بدون پوشش + بسته‌بندی MAP، ۶- پوشش کیتوزان + بسته‌بندی MAP. بعد از دوره‌ی ۴۱ روزه آزمایش، میزان رطوبت ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. اسیدیته افزایش و بعد از آن شروع به کاهش یافتن کرد. قند کل و ویتامین C هم طی دوره‌ی نگهداری کاهش یافت.

کلید واژه: سیب Ready to eat، کیتوزان، بسته‌بندی MAP

۱ مقدمه..... ل

۲ کلیات و مروری بر منابع..... ۵

۲-۱سیب ۶

۲-۱-۱میزان تولید سیب در ایران و جهان..... ۶

۲-۱-۲ترکیبات تشکیل دهنده‌ی سیب..... ۷

۲-۱-۳ارزش تغذیه ای میوه سیب ۷

۲-۱-۴ارقام سیب و دسته بندی انواع آن ۸

۲-۲خشک کردن ۹

۲-۲-۱روش‌های خشک کردن ۱۰

۲-۲-۲خشک کردن صنعتی با هوای داغ: ۱۱

۲-۳فیلم‌های خوراکی ۱۱

۲-۳-۱عوامل ایجاد کننده فیلم ها و پوشش های خوراکی ۱۴

۲-۳-۱-۱ماکرومولکولی ترمو پلاستیک ۱۴

۲-۳-۱-۲حلال ۱۶

۲-۳-۱-۳وجود یک عامل نرم کننده..... ۱۶

۲-۳-۲افزودنی های فیلم ها یا پوشش های خوراکی..... ۱۸

۲-۳-۳کیتوزان ۱۹

۲-۴بسته‌بندی ۲۱

۲-۴-۱تاریخچه بسته‌بندی ۲۱
۲-۴-۲تعریف بسته بندی ۲۲
۲-۴-۳نقش بسته بندی در کاهش فساد مواد غذایی ۲۳
۲-۴-۴کنترل رطوبت و گازها ۲۴
۲-۴-۵بسته‌بندی خلاء: ۲۴
۲-۴-۶بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP): ۲۴
۲-۴-۶-۱گازهای مورد استفاده در MAP ۲۵
۲-۴-۶-۲اثر MAP روی میوه‌ها و سبزیجات ۲۵
۲-۴-۷بسته بندی با مواد پلاستیکی ۲۶
۲-۴-۷-۱انواع پلاستیک ها ۲۷
۲-۴-۷-۲پلی اتیلن ترفتالات (PET) ۲۷
۲-۵مروری بر منابع ۲۸
۳ مواد و روش‌ها ۳۱
۳-۱مواد ۳۲
۳-۲تجهیزات و لوازم آزمایشگاهی مورد استفاده: ۳۳
۳-۳روش‌ها ۳۳
۳-۳-۱آماده سازی نمونه: ۳۳
۳-۳-۲آماده سازی محلول کیتوزان: ۳۳

۳-۳-۳اندازه‌گیری رطوبت ۳۴
۳-۳-۴اندازه‌گیری اسیدیته قابل تیتر ۳۴
۳-۳-۵اندازه‌گیری قند کل ۳۵
۳-۳-۶تعیین شاخص‌های رنگ ۳۵
۳-۳-۷اندازه‌گیری مقدار ویتامین C: ۳۵
۳-۴طرح آماری ۳۵
۴ نتایج و بحث ۳۷
۴-۱رطوبت ۳۸
۴-۲اسیدیته ۴۰
۴-۳قند کل ۴۲
۴-۴رنگ ۴۳
۴-۴-۱مقدار L ۴۳
4-4-2مقدار a ۴۴
۴-۴-۳مقدار b ۴۴
۴-۵ویتامین C ۴۴
۵ نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۴۷
۶ منابع ۴۹
۷ پیوست‌ها و ضمائم ۵۷

فهرست جداول

جدول ۳-۱: خواص شیمیایی سیب خام..... ۳۲

جدول ۳-۲: طرح آماری مورد استفاده..... ۵۱

فهرست اشکال

شکل ۲-۱: ساختار شیمیایی کیتوزان..... ۲۰

شکل ۲-۲: ساختار شیمیایی پلاستیک PET..... ۲۸

شکل ۴-۱: اثر متقابل زمان و کیتوزان بر رطوبت..... ۳۸

شکل ۴-۲: اثر متقابل بسته‌بتدی و کیتوزان بر رطوبت..... ۴۰

شکل ۴-۳: تغییرات اسیدیته در زمان..... ۴۱

شکل ۴-۴: اثر متقابل زمان و کیتوزان بر قند کل..... ۴۲

شکل ۴-۵: اثر متقابل زمان و بسته‌بندی بر ویتامین C..... ۴۶

امقدمه

سیب، درختی با نام علمی malus domstica است و به طور تجاری در نواحی معتدل جهان رشد می‌کند. سیب حاوی ۸۵ در صد آب ، ۱۲ تا ۱۴ در صد کربوهیدرات، ۰/۳ در صد پروتئین و مقدار ناچیزی لیپید است. همچنین منبع ارزشمندی از فلاوونوئیدهای گیاهی است که متابولیت‌های ثانویه با خواص آنتی‌اکسیدانی می‌باشد. ثابت شده است که این متابولیت‌های ثانویه می‌توانند به حذف رادیکال‌های آزاد که ممکن است منجر به کهنسالی، پیشرفت سرطان و بیماری‌های کرونری قلب شوند، کمک کند.

اعمال فرآیند کم بر روی سیب‌ها به دلیل ایجاد زخم و یا خرابی سلول‌ها باعث افزایش سرعت تنفس و کم شدن shelf life نسبت به سیب تازه می‌شود و خرابی سلول‌ها ناشی از slice کردن باعث آزاد شدن محصولات داخل سلولی از قبیل آنزیم‌ها می‌شود که اثر منفی بر روی رنگ، طعم وبافت سیب بریده شده دارد.

استفاده از پوشش خوراکی می‌تواند باعث کاهش سرعت تنفس و افزایش shelf life محصول شود به دلیل اینکه این پوشش مانع نیمه تراوایی غشا در برابر اکسیژن ، کربن دی‌اکسید، رطوبت و حرکت مواد محلول می‌شود.

استفاده از فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی به دلیل خوراکی بودن ، سازش با محیط زیست، ظاهر زیبا ، ممانعت از نفوذ هوا، غیر توکسینی بودن، عدم ایجاد آلودگی و قیمت پایین زیاد شده است. همچنین فیلم‌ها وپوشش های خوراکی، یا خودشان و یا به عنوان حامل افزودنی‌های غذایی (آنتی اکسیدان‌ها و آنتی میکروبیال‌ها و ...) و نیز به دلیل تواناییشان در افزایش shelf life در نگهداری مواد غذایی مورد توجه قرار گرفته‌اند.

کیتوزان پلی‌ساکاریدی است که از داستیله شدن کیتین بدست می‌آید. کیتین شبیه سلوز و مشتشکل از واحدهای β-D-گلوکوپیرانوز است وساختاری نیمه بلورین دارد. تنها تفاوت واحدهای ساختاری آن

با سلولز، وجود گروه‌های ۲-استامید به جای ۲- هیدروکسیل است. کیتین از اسکلت خارجی سخت پوستان (میگو) و دیواره‌ی سلولی قارچ‌ها استخراج می‌شود. پوست میگو به صورت متوالی با اسید وباز مخلوط و پس از صاف کردن کیتین ناخالص بدست می‌آید. پس از شست وشو و رسوب گیری، آن را با سود مجاور نموده و کیتوزان خالص می‌گردد.

کیتوزان از لحاظ فراوانی، در دسترس بودن، ارزانی واینکه از جمله پلی ساکاریدهای حاوی گروه عاملی نیتروژن‌دار است، منحصر بفرد می‌باشد. در محلول‌های اسیدی بار مثبت پیدا می‌کند که یک خاصیت خیلی مهم برای آن به شمار می‌رود، زیرا که اغلب پلی ساکارید های مشابه خنثی بوده یا بار منفی دارند.

هدف استفاده از بسته‌بندی با اتمسفر اصلاح شده (MAP) ساختن حالت تعادل با کاهش اکسیژن و افزایش کربن دی‌اکسید برای بدست آمدن بیشترین کارایی است. تکنیک MAP به طور گسترده در غذاها استفاده می‌شود و نتایجی مانند تأخیر در رسیدن و پیر شدن محصولات باغبانی،کنترل بعضی از فعالیت‌های بیولوژیکی مثل حشرات، باکتری‌ها، فساد و . . . دارد. MAP اکثراً برای میوه هایی که روی آن ها فرآوری انجام نشده یا به میزان کم انجام شده به کار می رود. گازهای مورد استفاده در MAP معمولاً O_2 ، CO_2 و N_2 هستند که برای نگهداری غذاها نسبت بین این گازها تغییر داده می‌شود. کاهش سطح O_2 و افزایش سطح CO_2 باعث کاهش سرعت رسیدن در میوه‌ها و سبزی‌ها ، کاهش در سرعت تنفس و تولید اتیلن و کاهش تغییرات مواد که طی دوره رسیدن اتفاق می‌افتد، می‌شود.

به دلیل تواید زیاد سیب مخصوصاً در آذربایجان غربی و وجود نداشتن یک بازار عرضه مناسب، باید به فکر تبدیل به سیب به محصولات دیگر مانند مربا، کمپوت و ... بود. هدف ما از انجام این تحقیق تولید سیب Ready to eat است که در آن مواد شیمیایی استفاده نشده باشد. در سیب‌های Ready to eat متا بی سولفیت سدیم برای افزایش ماندگاری و جلوگیری از رشد میکروب‌ها اضافه می‌شود. Ready

to eat به غذاهایی گفته می‌شود که بدون آماده‌سازی مصرف می‌شوند و رطوبت آنها بین ۳۰ با ۳۵ درصد است.

۲ کلیات و مروری بر منابع

۲-۱ سیب

سیب و میوه‌های هم ردیف آن (pome fruit) از اعضای خانواده‌ی گل سرخیان بوده و شامل سیب، گلابی، به و ازگیل می‌باشد. اینکه منشأ سیب کجا بوده، معلوم نیست. اما تصور می‌شود که این میوه بومی ناحیه‌ی جنوب کاکاس در استان گیلان تا ناحیه تربیزوند در کنار دریای سیاه می‌باشد. احتمالاً این میوه از دوران ما قبل تاریخ از دریای خزر تا اقیانوس اطلس وجود داشته است و در ۱۰۰ سال پیش از میلاد، به آسانی در دسترس بوده است (ابراهیمی, ۱۳۸۴).

سیب فراوان‌ترین میوه از گروه میوه‌های مناطق معتدله است که از عهد باستان در اروپا و آسیا کشت می‌شده است. سیب توسط یونانیان و رومی‌ها شناخته شده توسط تئوفراستوس در قرن سوم قبل از میلاد ثبت شده است. تقریباً از آن موقع به بعد سیب در تمام نقاط جهان گسترش یافت. تنوع ژنتیکی موجود در سیب آن‌را قادر می‌کند تا با شرایط محیطی مختلف، سازگار شده و قابلیت کشت یابد. بر همین اساس انواع سیب برای مناطق گرمسیر و سردسیر گزینش طبیعی شده است و در حال حاضر باغ‌های سیب در سیبری و شمال چین نیز یافت می‌شوند، جاییکه در زمستان تا ۴۰- درجه سانتی‌گراد نیز می‌رسد. از طرف دیگر، سیب در نواحی مرتفع کلمبیا و اندونزی نیز کشت می‌شود، جاییکه در یکسال ۲ بار می‌توان محصول تولید کرد (پیرمحمدی, ۱۳۸۳).

۲-۱-۱ میزان تولید سیب در ایران و جهان

امروزه در مقایسه با سایر محصولات باغی سیب نقش مهمی در اقتصاد کشورهای تولید کننده‌ی را به خود اختصاص داده است. به طوری که تولید سیب دنیا در دهه‌ی اخیر ۱۷ در صد افزایش یافته است. بر اساس آمار سازمان خوارو بار جهانی FAO در سال ۲۰۰۸ ایران با تولید ۲۷۱۸۷۷۵ تن مقام چهارم را در بین کشورهای تولید کننده سیب به خود اختصاص داده است. گفتنی است تولید جهانی سیب

در سال ۲۰۰۸ میلادی حدود ۶۹۱۸۹۳۲۴ تن بر آورد شده است، به طوری که کشور چین مهم ترین تولید کننده‌ی این محصول بوده است(FAO, 2008) .

بر اساس آمارهای ارائه شده، سطح زیر کشت سیب دنیا حدود ۴ میلیون هکتار است که در ایران معادل ۲۰۲ هزار هکتار می‌باشد (FAO, 2008). استان آذربایجان غربی مقام اول در سطح کشت سیب ایران را به خود اختصاص داده و بعد از آن استان‌های خراسان، آذربایجان شرقی، تهران و اصفهان قرار دارند (پیرمحمدی, ۱۳۸۳).

سیب علاوه بر تأمین داخلی یکی از اقلام صادرات غیر نفتی به شمار می‌رود. سیب به صورت تازه و یا به صورت فرآورده‌های مختلفی مثل کنسانتره و آبمیوه به سایر نقاط جهان صادر می‌شود (پیرمحمدی, ۱۳۸۳).

۲-۱-۲ ترکیبات تشکیل دهنده‌ی سیب

به طور معمول سیب رقم گلدن حاوی ۸۵٪ آب، ۱۴-۱۲ ٪ کربوهیدرات، حدود ۰.۳٪ پروتئین، مقدار ناچیزی از لیپیدها، مواد معدنی و ویتامین‌ها است (Timoumi et al., 2007). به دلیل تفاوت در محل رویش، گونه، میزان رسیدگی میوه در هنگام برداشت و شرایط زراعی و محیطی، تغییرات در مقادیر این ترکیبات قابل پیش‌بینی است (Hui, 2006). تقریباً ۸۰٪ کربوهیدرات‌های موجود را، قندهای محلول، ساکارز (حدود ۲٪)، گلوکز (حدود ۲.۴٪) و فروکتوز (۶ ٪) تشکیل می‌دهند. میزان فیبر در حدود ۲٪ است. اسید مالیک، اسید آلی اصلی در سیب می‌باشد (در حدود ۱-۰.۳ ٪). ترکیبات فرار سیب را عمدتاً استرها و در مقادیر کمتری الکل‌ها تشکیل می‌دهند.

۲-۱-۳ ارزش تغذیه ای میوه سیب

سیب‌ها منبع ارزشمندی از فلاونوئیدهای گیاهی که متابولیت‌های ثانویه گیاهی با خواص آنتی‌اکسیدانی هستند. ثابت شده است که این متابولیت‌های ثانویه می‌توانند به حذف رادیکال‌های

آزاد که ممکن است منجر به کهن‌سالی، پیشرفت سرطان و بیماری‌های کرونری قلب شوند، کمک کنند. سیب و محصولات حاصل از آن دارای فلاونول‌ها،گلوکوزیدهای کوئرسیتین، کاتشین، آنتوسیانیدین‌ها و اسیدهای هیدروکسی سینامیک هستند (Hui, 2006). فلاونول‌ها بیشتر در پوست و هیدروکسی سینامیک‌هایی از قبیل اسید کلروژنیک بیشتر در گوشت میوه حضور دارند (Tsao et al., 2003).

علاوه بر فلاونوئیدهای گیاهی موجود در سیب، قندهای طبیعی، فیبرهای رژیمی (۸۰ درصد فیبرهای محلول)، مواد معدنی مختلف و ویتامین‌ها نیز در سیب حضوردارند. همچنین سیب منبع خوبی از پتاسیم بوده که در تنظیم فشار خون نقش مفیدی ایجاد می‌کند (Hui, 2006).

۲-۱-۴ ارقام سیب و دسته بندی انواع آن

طبق آمار، متجاوز از ۶۰۰۰ رقم سیب شناخته شده است (بهفر, ۱۳۷۸). البته اکثر این واریته‌ها جنبه محلی داشته و فقط از اهمیت منطقه‌ای برخوردارند. تعداد ارقام معروف جهانی که معروفیت تجاری دارند، شاید از ۱۰۰ رقم تجاوز نکند. هیچ کدام از میوه‌ها به اندازه‌ی سیب در جهان گستردگی ندارد. در بین همه‌ی ارقام، تنها درختان ۷ یا ۸ رقم هستند که در تمام ممالک دنیا کم و بیش پرورش داده می‌شوند (ابراهیمی, ۱۳۸۴).

از جنبه‌های مختلف می‌توان سیب را دسته بندی کرد: از نظر تاریخ رسیدن (تابستانه و زمستانه)؛ از نظر کیفیت (ممتاز، درجه ۱، درجه ۲)؛ و از نظر مصرف میوه که خود به ۳ دسته تقسیم می‌شود. سیب‌های تازه خوری یا دسر که به صورت تازه یا بلافاصله بعد از رسیدن، یا بعد از مدتی نگهداری در انبار به حالت طبیعی به مصرف می‌رسند، سیب‌های پختنی یا صنعتی که در صنایع تبدیلی از قبیل کمپوت، مربا، آب سیب، کنسانتره، مشروبات کم الکل مثل سایدر استفاده می‌کنند و مصرف چندگانه که هم به صورت تازه و هم صنعتی مصرف می‌شوند (ابراهیمی, ۱۳۸۴).

در حال حاضر، بزرگترین سطح و بالاترین تولید سیب کشور اختصاص به ارقام خارجی، به ویژه رقم گلدن دارد. سیب گلدن دلیشز در ایران، در سال‌های قبل از ۱۳۳۰ به نام سیب زرد لبنانی معروف بوده است و مهمترین رقم سیب کشور در شرایط فعلی بوده، ۹۰٪ تولید سیب کشور را به خود اختصاص داده است.

ارقام دیگر سیب در ایران شامل: رد دلیشز، گرانی اسمیت، جاناتان، اسپارتان، گراونشتاین، مک اینتاش، کاکس اورنژ و بعضی ارقام دیگر می‌باشد (پیرمحمدی, ۱۳۸۳).

۲-۲ خشک کردن

به طور کلی بیشتر میوه ها به علت داشتن آب زیاد فسادپذیرند و پس از برداشت باید بلافاصله مصرف شوند و یا اینکه به روش خاصی نگهداری شوند. یکی از این روش‌ها خشک کردن میوه ها می باشد. خشک کردن میوه ها و سبزی ها یکی از قدیمی ترین روش های حفظ مواد غذایی بوده و هم اکنون نیز یک شیوه کاربردی برای افزایش طول عمر نگهداری آن ها است. هنگامی که مقدار قابل توجهی رطوبت از یک میوه خارج شود زمان نگهداری آن از طریق مهار کردن رشد میکروبی و کاهش فعالیت آنزیمی افزایش می‌یابد. مزیت دیگر خشک کردن میوه ها که می توان از آن به عنوان مهم ترین مزیت خشک کردن نام برد، افزایش ظرفیت نگهداری ماده خشک است. به عبارت دیگر خشک کردن میوه کاهش اندازه ی آن را در برداشته که این امر برای حمل و نقل و ذخیره سازی قابل اهمیت است. از سوی دیگر با خشک کردن میوه ها دیگر نیازی به سیستم سردخانه ی گران قیمت برای حفظ آنها نیست (Moradi and Zomorodian, 2009).

از میان میوه ها خشک کردن انگور، انجیر، آلو، زرد آلو و هلو مرسوم بوده و در سطح تجاری انجام می شود. خشک کردن سیب، گلابی، موز و آناناس با توجه به سود آوری آن ها اخیراً مورد توجه خاص قرار گرفته است (Woods and Phoungchandang, 2000). روش تجاری خشک کردن میوه ها با عبور

دادن هوای گرم از روی محصول در خشک کن های قفسه ای صورت می گیرد (Yagcioglu et al., 1999).

۲-۲-۱ روش‌های خشک کردن

انواع مختلفی از خشک کن و روش خشک کردن به صورت تجاری برای حذف رطوبت در طیف گسترده‌ای از میوه ها و سبزیجات استفاده می‌شود که برای شرایط خاص مناسب‌تر هستند (Somogyi and Luh, 1986). در حالی که خشک کردن آفتابی محصولات میوه‌ای هنوز هم برای میوه‌های خاص مانند آلو، انگور، خرما، سیب و چند مورد از سبزیجات به کار می‌رود. فرآیندهای پیوسته از قبیل تونلی، تسمه‌ای و بستر سیال (FB)، عمدتا برای سبزیجات مورد استفاده قرار می‌گیرد. خشک کردن پاششی برای کنسانتره‌های آبمیوه و فرآیندهای آبگیری تحت خلا برای میوه‌های با ساکارز بالا و رطوبت کم مناسب است (Arun, 2006).

عواملی که در انتخاب یک نوع خشک‌کن یا روش خشک کردن خاص مهم هستند شامل شکل مواد خام و ویژگی‌های آنها (شکل فیزیکی مطلوب و مشخصه‌های محصول)، شرایط عملیاتی لازم و هزینه‌های عمل‌آوری هستند (Arun, 2006).

انواع اصلی فرآیندهای خشک کردن میوه‌ها و سبزیجات به صورت زیر شناخته شده است: خشک کردن سنتی و آفتابی؛ خشک کردن با جریان هوا به صورت فرآیندهای بچ (خشک‌کن‌های کوره‌ای، برجی و کابینتی) و مداوم (تونلی، تسمه‌ای، بستر سیال، پاششی، غلطکی، مایکروویو گرم، explosion puff و foam mat)؛ و آبگیری اتمسفری (خشک‌کن‌های تحت خلا غلطکی و تسمه‌ای، و freeze drying). همچنین استفاده از خشک‌کن‌هایی با دمای کم و مصرف انرژی پایین مانند آبگیری اسمزی گسترش یافته است (Arun, 2006).

۲-۲-۲ خشک کردن صنعتی با هوای داغ:

در خشک کردن صنعتی، فرآیند تحت شرایط کنترل شده‌ی درجه‌ی حرارت، رطوبت، سرعت جریان هوا و ... انجام می‌گیرد. روش‌های صنعتی در مقیسه با روش‌های سنتی در زمان‌های کوتاه‌تری صورت گرفته و محصول مرغوب‌تر و با کیفیت بهتر مشابه با فرآورده تازه تولید خواهد شد. خشک کردن صنعتی با هوای داغ معمولاً در تونل یا قفسه‌های خشک‌کن صورت می‌گیرد که نوع تونلی برای خشک کردن میوه‌جات رایج‌تر است. در این خشک‌کن‌ها محصول درون سینی‌هایی که به صورت چندتایی در واگن‌های مخصوص قرار دارند، وارد تونل با جریان هوای داغ می‌شوند. جهت حرکت هوا و محصول در اکثز سیستم‌ها مخالف یکدیگر است. به این ترتیب محصول مرطوب ابتدا با هوای داغ برخورد می‌کند و رطوبت سریع‌تر حذف می‌شود و در ادامه‌ی مسیر، محصول نیمه خشک شده که حساس‌تر است، با هوای داغی که درجه حرارتش پایین‌تر آمده برخورد می‌کند و از آسیب رسیدن به محصول جلوگیری به عمل می‌آید. مدت زمان عبور محصول از تونل را می‌توان با تغییر سرعت واگن‌ها، بسته به میزان رطوبت محصول تغییر داد. از دیگر سیستم‌های خشک‌کن که با هوای داغ کار می‌کنند می‌توان به خشک‌کن‌های کابینتی و خشک‌کن با بستر سیال اشاره کرد.

۲-۳ فیلم‌های خوراکی

فیلم، پوششی یکنواخت و یکپارچه با ضخامت کمتر از ۰.۰۱ اینچ است (Ouattara et al., 2000). فیلم های خوراکی که در ارتباط با مواد غذایی کاربرد دارند، زیست‌کافت هستند؛ یعنی قابلیت تجزیه شدن به عناصر ساد ه سازنده را به وسیله موجودات ذره بینی و ریز زنده‌های خاک دارند. به عبارت دیگر، با چرخه‌های زیستی طبیعی واپاشیده می‌شوند (Liu et al., 2004Figueiro et al., 2004 ;). این فیلم‌ها ممکن است تجزیه پذیر یا تجزیه ناپذیر باشند .ترکیبات سلولزی، پکتین، کیتین و کیتوزان از جمله مواد خوراکی هضم ناپذیر به شمار می‌آیند (Liu et al., 2004). فیلم های خوراکی در اثر گستردن محلول های فیلم ساز روی یک سطح و خشک کردن آن پدید می آیند .پوشش های خوراکی در اثر