تأثیر ضخامت فیلم ، آرایش میوه (یک لایه یا دو لایه)، و اندازه بسته بندی بر عمر انباری زردآلو[1]

زهرا شیخ‌الاسلامی و محمد علی شاه بک[2]

۱– چکیده:

میوه و سبزی به شدت فساد پذیرند و به همین جهت نیازمند عملیات پس از برداشت و اِعمال روش‌های حمل و نقل، بسته بندی، و انبار داری مناسب برای به حداقل رسیدن ضایعات هستند. این تحقیق با هدف کاهش ضایعات میوهٔ تازه (زردآلو) و افزایش زمینهٔ صادرات آن در سه مرحلهٔ اصلی شامل: فرآیندهای بعد از برداشت و قبل از بسته بندی؛ فرآیندهای مربوط به بسته بندی، و فرآیندهای بعد از بسته بندی انجام پذیرفت. فرآیندهای قبل از بسته بندی شامل سرد کردن اولیه؛ ضدعفونی و خشک کردن قطره‌های آب سطحی از روی میوه است که برای تمام تیمارها یکسان بود . تیمارهای بسته بندی شامل: ۱- استفاده از ظروف غیر قابل انعطاف و تعیین مناسب‌ترین انباشتگی لایه های میوه ۲- تعیین بهترین نوع پوشش از نوع پلی اتیلن با دانسیتهٔ پایین ۳- تعیین مناسب‌ترین تعداد منفذ بسته جهت نگهداری میوه بود. فرآیندهای بعد از بسته بندی نیز برای تمام تیمارها یکسان و شامل: سردخانه ۰/۵- درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰-۹۵ درصد؛ گرمخانه ٤۰ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد؛ سردخانه‌گذاری ۰/۵- تا ۰/۵ و رطوبت نسبی ۹۵ درصد بود. نمونه‌ها آزمون کیفی فیزیکی و شیمیایی و ارزیابی حسی شدند و در مجموع پس از تجزیه آماری و با در نظر گرفتن مسایل اقتصادی و در دسترس بودن پوشش، تیماری که در آن از ظرف ۵۰۰ گرمی استفاده شده بود ، میوه به صورت دو لایه چیده شده بود، ضخامت فیلم ۲۵ میکرومتر و تعداد منافذ ۱۰۰ و هر یک به قطر دو میلی‌متر بود به عنوان تیمار بهینه بسته‌بندی برای زردآلو انتخاب شد.

۲– واژه‌های کلیدی:

بسته بندی، زردآلو، سردخانه، ضخامت فیلم، عملیات پس از برداشت، گرمخانه

۱- برگرفته از طرح تحقیقاتی انتخاب بهترین شرایط بسته بندی گیلاس سیاه مشهد و زردآلو جهت افزایش عمر انباری و توسعه صادرات

۲- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان؛ مجتمع کشاورزی طرق صندوق پستی ٤۸۸-۹۱۲۷۵ و عضو هیئت علمی موسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی کرج

۳- مقدمه:

بر اساس برنامه‌های توسعهٔ اقتصادی کشور و کمبود منابع نفتی، توسعهٔ صادرات غیر نفتی از اولویت‌های اصلی برنامهٔ دولت است. در بین مواد قابل صدور، محصولات کشاورزی به خصوص محصولات باغی اهمیت خاص دارد. انواع تازهٔ این محصولات دارای ارزآوری خوبی هستند ولی به علت سریع الفساد بودن ضایعات سنگین نیز دارند که موجب ضرر تولید کنندگان و صادر کنندگان می‌شود. یکی از محصولات باغی که مشکلات زیادی در سر راه صادرات آن وجود دارد زردآلوست. این محصول با وجودی که از محصولات بی‌نظیر کشور ما و به ویژه در استان خراسان است، صادرات آن با کیفیت عالی و ضایعات کم ممکن نیست یا بسیار اندک است [۲ و ۳].

سطح زیر کشت زردآلو طبق آمار FAO در دنیا ٤۳۳۹٦٦ هکتار و میزان تولید آن ۲۷٥٤۲٥٦ تن است. بر اساس آمار موجود، در سال زراعی ۷۹-۸۰ سطح زیر کشت زردآلو در کشور ۲۹۰۲٤/٦ هکتار بوده است که استان خراسان پس از آذربایجان شرقی مقام دوم را از نظر سطح زیر کشت با ۳٤٥۷/٥ هکتار داراست. کل تولید زردآلو در کشور ۲٦٦۰٥۰ تن و برای استان خراسان حدود ۷ تن می‌باشد [۳].

کارلوس و قادر (Carlos and Kader, 2000) محدودهٔ ضایعات میوه در مرحلهٔ پس از برداشت متغیر و بین ٥ تا ٥۰ درصد و حتی بیشتر برآورد کرده‌اند. در کشورهای در حال توسعه، به‌علت نبود امکانات و آگاهی ناقص از نحوهٔ برداشت، جا به جایی، درجه بندی، بسته بندی مناسب، و نگهداری میوه ضایعات پس از برداشت این محصولات بسیار بالاست و عمر انباری آنها نیز بسیار کوتاه است ضمن آنکه مصرف کنندگان نیز محصول را با کیفیت پایین و ارزش تغذیه‌ای کمتر تهیه و مصرف می‌کنند. لذا عملیات پس از برداشت مناسب، فنی، و برنامه ریزی شده سبب افزایش کیفیت محصول می‌شود به ویژه اگر میوه به مسافت‌های دور و به بازارهای بین المللی صادر شود.

این محققان همچنین عملیات پس از برداشت زردآلو را در مرحلهٔ درجه بندی یکی از عملیات اصلی در زنجیرهٔ تولید تا مصرف می‌دانند و می‌گویند در کالیفرنیا محصول را پس از برداشت (که عمدتاً با دست است) طبقه بندی، و درجه‌بندی، و کنترل می‌کنند تا از نظر اندازه یکنواخت باشند زیرا در هر محموله نباید میوه‌هایی باشد که درصد آنها بیش از ٦ میلی‌متر اختلاف دیده شود.

تونینی و کاسیونی (Tonini and Caccioni,1990) در تحقیقات سه ساله خود روی تأثیر پیش سرد کردن (Precooling) بر افت وزنی و فساد زردآلو، دو روش پیش سرد کردن با استفاده از هوای سرد و آب سرد را بررسی کردند. آنها نمونه‌های برداشت شدهٔ زردآلو را که از نظر درجهٔ رسیدگی یکسان بودند در شرایط مناسب نگهداری کردند. نتایج تحقیقات آنها نشان می‌دهد که پیش سرد کردن زردآلو باعث کاهش افت وزنی

و کاهش فساد می‌شود. آنها روش پیش سرد کردن با هوای سرد را مؤثرتر از آب سرد می‌دانند .میازاکی (Miyazaki, 1983) تأثیر بسته بندی را بر عمر انبارمانی میوهٔ زردآلو بررسی کرد. وی در این تحقیق واریته‌های ژاپنی زردآلو را در بسته‌های پلی اتیلن بسته بندی و گزارش کرد که عمر انباری میوه در دمای ۲۲ درجهٔ سانتی‌گراد حدود ۲ تا ۳ روز است.

زانک و همکاران (Zhangs, *et al*. 1991) تأثیر بسته بندی پلی اتیلن با ضخامت ۰/۰۲ میلی‌متر و حاوی مواد جاذب اتیلن را بر خواص زردآلو بررسی کردند. و نتیجه گرفتند که فعالیت آنزیم‌های تولید کنندهٔ اتیلن در بسته‌های پلی‌اتیلن بسیار کم است به ویژه اگر در بسته‌ها مواد جاذب اتیلن استفاده شده باشد.

مؤسسه بسته بندی (Geo Cot) سه نوع استاندارد بسته بندی را برای زردآلو معرفی کرده است که شامل:

بسته بندی یک لایه و ۲۸ تا ۳۸ میوه در هر جعبه میانگین وزن خالص ۳/۳ کیلوگرم؛ بسته بندی ۲ لایه (پتاپک) با ٦٤ تا ۹٦ میوه در هر کارتن و میانگین وزن خالص ٦/۸ کیلوگرم؛ جعبه هایی که تمام حجم آن پر و وزن هریک حدود ۱۱ کیلوگرم است که در صورت استفاده از این ابعاد استاندارد میوه کمترین آسیب را حین حمل ونقل و نگهداری متحمل می‌شود [۵].

اشری (انجمن مهندسی گرمایش و سرمایش آمریکا)[1] پوشاندن بسته‌های محتوی زردآلو را با پوشش‌های پلی‌اتیلن توصیه می‌کند. زیرا این پوشش می‌تواند از کاهش رطوبت جلوگیری کند. همچنین توصیه شده است که زردآلو در موقع بسته بندی از اول در ظروف مخصوص فروش بسته بندی شود. جنس این ظروف از پلی اتیلن است و اجازه تبادل گازهای اکسیژن و CO_2 و همچنین بخار آب را نیز فراهم می‌کند. در صورتی که این تبادل گازها به اندازه کافی نباشد، تجمع CO_2 موجب فساد بیشتر میوه می‌شود [٦].

حساسیت به سرما در میوهٔ زردآلو در دمای ۳- درجهٔ سانتی‌گراد اتفاق می‌افتد و نشانه‌های این سرمازدگی[2] به صورت قهوه‌ای شدن بافت، از دست رفتن طعم[3]، و شکستن حالت ژله‌ای بافت ظاهر می‌شود. بنابراین نگهداری میوه در دمای صفر درجهٔ سانتی‌گراد تأثیرات مضر سرمازدگی را به حداقل می رساند. در این تحقیق همچنین از قارچ‌های بیماریزای مونیلیا (*Monilia fruticola*) و رایزوپوس (*Rhizopus stolonifer*) به عنوان بیماری‌هایی متداول این میوه ذکر شده است [۱].

برای نگهداری زردآلو در سردخانه، انجمن مهندسی گرمایش و سرمایش آمریکا می‌گوید این میوه باید سالم و عاری از آسیب دیدگی باشد، فساد باکتریایی، قارچی، یا ناهنجاری فیزیولوژیکی نداشته و آثار کپک یا حملهٔ آفات در آن دیده نشود، میوه‌ها پس از برداشت نیز در کوتاه‌ترین زمان ممکن به سردخانه انتقال یابد و در دمای ۰/۵± درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد نگهداری شود [٦].

1- ASHREA 2- Chilling injury 3- Off- flavour

اگزما (Exama, 1993) در تحقیقی خواص پوشش‌های مورد استفاده در بسته بندی میوه و سبزی را بررسی و فرمول زیر را پیشنهاد کرد [٨]:

$$P_x^R = \left[(WR_x * L)/\, Ap(y_x^e - y_x^o)\right]$$

که در آن:

P_x^R = نفوذ پذیری مورد احتیاج گاز

W= وزن محصول

R_x= شدت تنفسی محصولات کشاورزی بر حسب اکسیژن

L= ضخامت فیلم

A= سطح فیلم

y_x^e = قسمت حجمی گاز خارجی

y_x^o = غلظت بهینه گاز

۴– مواد و روش‌ها:

- مواد

در این پژوهش، از میوهٔ درختان سه سالهٔ زردآلو واریتهٔ شاهرودی استفاده شد. برای پیش سرد کردن میوه، روش استفاده آب و یخ به کار گرفته شد. برای ضد عفونی از مادهٔ ضدعفونی کنندهٔ پرکلرین (٤ درصد) استفاده شد. برای بسته بندی، ظروف غیر قابل انعطاف از جنس پلی استیرن و با ضخامت ۰/۷ میلی‌متر و بدون در با گنجایش ۲۵۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرم و همچنین فیلم پلی اتیلن (LDPE) با دانسیته ۰/۹۱ در سه ضخامت ۲۵، ۷۰، و ۱٤۰ میکرومتر جهت پوشش سر بسته‌ها به کار برده شد. پوشش دادن با دست و دوخت با دستگاه دوخت حرارتی انجام شد. میوه‌ها در سردخانه توس مشهد و اتاق مخصوص نگهداری زردآلو در دمای ۰/۵– تا ۰/۵ درجهٔ سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۰–۹۵ درصد نگهداری شدند.

- روش‌ها

در سال اول، پس از انتخاب باغ در اسفند ماه درختان علامت گذاری شدند. در تاریخ ۷۸/۳/۲۰ میوه‌های زردآلو با دقت برداشت و میوه‌های آسیب دیده و آلوده از میوه‌های سالم جدا شدند. سرد کردن اولیه[1] میوه با کمک آب و یخ و سپس ضدعفونی انجام شد. میوه‌ها با بادبزن برقی هوادهی شدند. برای بسته بندی در این مرحله، از ظروف غیر قابل انعطاف بدون در و با گنجایش ۲۵۰، ۵۰۰، و ۱۰۰۰ گرم استفاده شد. ظرف‌های حاوی میوه با فیلم پلی‌اتیلن با ضخامت‌های متفاوت (که پیشتر توضیح داده شد) پوشیده شدند. نمونه‌های شاهد فقط در فیلم بسته بندی شدند. برای تعیین مناسب‌ترین ارتفاع انباشته شدن محصول در حجم ثابت، میوه‌ها یک لایه و دولایه روی هم چیده شدند. پس از بسته بندی با شرایط فوق، میوه‌ها ابتدا در سردخانه ۰/۵– درجهٔ سانتی‌گراد با رطوبت نسبی ۹۰–۹۵ درصد به مدت ۱۲ ساعت و سپس در دمای ٤۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۷۰ درصد به مدت ۱۲ ساعت نگهداری شدند. پس از ۱۲ ساعت نگهداری در گرمخانه بسته‌ها مجدداً به سردخانه منتقل و در دمای ۰/۵– تا ۰/۵+ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۹۵ درصد نگهداری شدند. نمونه ها هر دو هفته یک بار از سردخانه خارج می‌شدند و آزمایش‌ها و ارزیابی‌های مخصوص روی آنها صورت گرفت.

1- Precooling

انـدازه‌گیـری‌هـا در ایـن مرحلـه شـامل: تعیـین میـزان افـت وزنـی بـا اسـتفاده از محاسـبه درصـد کـاهش وزن هـر بسـته از ابتـدا تـا تـاریخ خـروج از سـردخانه، مشـاهدهٔ مسـتقیم علائـم ظـاهری فسـاد میکروبـی و ارزیـابی آنهـا، تعیـین اسـیدیته، pH و میـزان مـواد جامـد انحـلال پـذیر (TSS) و همچنـین آزمـون ارزیـابی حسـی (۵ تـایی) بـود که خصوصیاتی از قبیل ظاهر عمـومی میـوه، عطـر، مـزه، رنـگ و بافـت را شـامل مـی‌شـد. پـس از بررسی‌های فوق، جمـع آوری اطلاعـات، و تجزیـه و تحلیل آماری آنهـا، ۲ تیمـار بـه‌عنـوان تیمارهـای بهینـه انتخـاب شـدند کـه یکـی تیمـار بـا ضخامت پوشش ۲۵ میکرومتـر بـا وزن ۲۵۰ گـرم و ارتفـاع چیـدن دو لایـه و دیگـری تیمـار بـا ضخامت ۲۵ میکرومتـر بـا وزن ۵۰۰ گـرم و ارتفـاع چیدن دو لایه.

در سـال دوم اجـرای طـرح، تیمـار تعیـین تعـداد سـوراخ‌هـای مـورد نیـاز سـطح بسـته‌هـا انجام گرفت. به ایـن منظـور روی دو تیمـار بهینـه، عامل تعداد سوراخ انجـام شـد کـه بـرای هـر نـوع فـیلم ٤ سـطح شـامل۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، و ٤۰۰ عدد سوراخ در واحـد سـطح بـه قطـر ۲ میلـی‌متـر وجود داشـت. ایـن تیمارهـا هـم مشـابه تیمارهـای سـال قبـل مراحـل سـردخانه، گرمخانـه و سـردخانه گـذاری نهـایی را طـی کـرد و پـس از انجـام آزمـایش‌هـای کیفـی و کمـی و جمـع آوری داده‌هـا و تجزیـه و تحلیـل آمـاری، تیمارهـای بهینهٔ بسته بندی انتخاب و معرفی شدند.

- طرح آماری

به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها در سـال اول، از طرح کامل تصادفی در قالـب طـرح فاکتوریـل سـه عاملی استفاده شد و میانگین‌هـای حاصـل بـه روش آزمون دانکن مقایسه شدند.

٥٤ =R×A×B×C= جامعه آماری زردآلو

٥٤= ۲× ۳×۳×۳= تعداد نمونه های زردآلو

R= تکرار

A= ضخامت فیلم (۲۵، ۷۰، و۱٤۰ میکرومتر)

B= وزن ظـرف بسـته بنـدی (۲۵۰، ۵۰۰، و ۱۰۰۰ گرم)

C= نحوه چیدن و ارتفاع میوه‌ها (تک لایه، دو لایه)

همچنین جهت تجزیهٔ و تحلیل داده‌ها در سـال دوم، از طرح کاملاً تصادفی جهت مقایسـه تیمارهـا استفاده شد و میانگین‌های حاصل بـه روش آزمـون دانکن مقایسه شدند. در این بخـش حـرف d بـرای این تیمار انتخاب شـد کـه چهـار تیمـار ۱۰۰= d_1 ، ۲۰۰= d_2 ، ۳۰۰= d_3 و ٤۰۰= d_4، تعـداد سـوراخ در واحد سطح (متر مربع) نامگذاری شدند.

۵- نتایج و بحث:

نتایج این طرح شامل نتایج آزمایش‌های اولیـه و نتایج سال اول و دوم و همچنین نتایج آزمایش‌هـای حسی زردآلوست که در جدول‌هـای شـمارهٔ ۱ تـا ۵ آمده است.

- خصوصیات نمونه ها پس از برداشت

در جدول شمارهٔ ۱ نتایج آزمایش‌های اولیه پـس از برداشت میوهٔ زردآلو ارائه شده است.

جدول شمارهٔ ۱- خصوصیات کیفی میوه زردآلو پس از برداشت

میوه	تاریخ برداشت	بریکس اولیه	pH اولیه	اسید قابل تیتر (درصد)
زردآلو	۷۸/۳/۲۰	۱٦/۹	٤/٤٦	۰/۸۷٤

اعداد میانگین سه تکرار هستند.

- نتایج حاصل از آزمایش‌های اصلی طرح در سال اول

نتایج سال اول آزمایش‌ها شامل تأثیر متقابل سه عامل ضخامت لایه، وزن بسته، و ارتفاع چیدن میوه بر خصوصیات میوهٔ زردآلو در جدول شمارهٔ ۲ داده شده است.

جدول شمارهٔ ۲- تأثیر متقابل ضخامت لایه، ارتفاع، و وزن بسته بر خصوصیات زردآلو

ضخامت لایه (میکرومتر)	وزن بسته (گرم)	ارتفاع بسته (تعدادلایه)	کاهش وزن (درصد)	وزن آفت زده (درصد)	pH	بریکس	اسید قابل تیتر (درصد)
		تک لایه	۱/۲۰۳ f*	٦/۰۷۷ fg	٤/۸٦۷ c	۱٥/۰۰ r	۰/۸۰۳l
	۲٥۰	دو لایه	۰/٤۹۳fgb	۳/۰۷۷ fg	٤/٦۳۳ o	۱٦/۸۱ o	۰/۸۷۲ c
		تک لایه	۰/٤٤۳ fgb	۱۹/۳۱ d	٤/۳۱۰ p	۲۰/۰۰ d	۰/۹۰۳ a
۲٥	٥۰۰	دو لایه	۰/٤۲۰ fgb	۷/۷٦ fg	٤/٦۰۰ h	۲۰/۸۱ c	۰/۸۷۲c
		تک لایه	۲/٥۹۰e	۱۱/۱۰ef	٤/۷۰۳ e	۱۷/۸۰ m	۰/۸۷ cd
	۱۰۰۰	دو لایه	۱/۲۲۳ f	۱/۷۷ g	٤/۹۱۰ b	۱۷/۳۰ n	۰/۷۸٦ n
		تک لایه	۰/٦۳۰ fgb	۹/٦۰ fg	٤/٤٦۷ n	۱۹/۷٤ g	۰/۸۷٦ b
	۲٥۰	دو لایه	۰/٥۲٦ fgb	۳۲/۲۸ab	٤/٥۹۷ i	۲۱/۲۱ e	۰/۸۳۳j
		تک لایه	۱/۱۱۷fg	۲۰/٦٦cd	٤/٥۰۰m	۱۹/۹٤ e	۰/۸٥۳ f
۷۰	٥۰۰	دو لایه	۰/۲۸۰gh	٥/۳۰ fg	٤/۸۰۷ d	۲۱/٤۰ a	۰/۸۰m
		تک لایه	۳/٥۸۰d	۹/۹٥ fg	٤/٥۰۳ l	۱۹/۸٤ f	۰/۸۳٦ i
	۱۰۰۰	دو لایه	۰/۳۸٦ fgb	۳۷/۳۰ a	٤/٦۰۳ g	۱۹/۷۰ h	۰/۸۲٦ k
		تک لایه	۱۰/٦٥ b	۸/٦٥ fg	٤/٥۱۰k	۱۹/۲۰ j	۰/۸٦٦ d
۱٤۰	۲٥۰	دو لایه	۱۲/۹۰a	۱۰/۷۲ ef	٤/٦۳۷ f	۱۹/۳۰ i	۰/۸٤۳h
		تک لایه	٤/٥۷c	۲۲/۳۹ cd	٤/٥۸۷j	۱٦/۳٦ q	۰/۸٦۰ e
	٥۰۰	دو لایه	۰/۲٥۳h	٦/٦۸ fg	٤/٥۹۷ i	۱٦/٤۱ p	۰/۸۳٦ i
		تک لایه	۰/۳٤۰ gh	۱۸/۱٤ de	٤/٤۹۳ a	۱۹/۰۰ k	۰/۸٦٦d
	۱۰۰۰	دو لایه	۰/٤۸٦ fgb	۲۸/٥٤ bc	٤/٥۹۷i	۱۸/۰۰l	۰/۸٥۰۰ g
		شاهد	۱۲/۰۰ a	۳٥/٤۰ ab	٤/٤۷ n	۱۷/۸۳ m	۰/۸٥۰۰ g

* حروف مشترک نشانهٔ نبود اختلاف معنی دار تیمارها درهر ستون در سطح ٥ درصد است.

جدول شمارهٔ ۳ مقایسهٔ میانگین رنگ نمونه‌ها را در ارتباط با عوامل مورد آزمایش نشان می‌دهد. لازم است گفته شود که مقایسه‌های میانگین سایر خواص حسی به دلیل معنی دار نبودن ذکر نشده است.

جدول شمارهٔ ۳- مقایسه میانگین تأثیر برهمکنش ضخامت لایه، وزن بسته و تعدادلایه بر رنگ

ضخامت لایه (میکرومتر)	وزن بسته (گرم)	ارتفاع بسته (تعداد لایه)	رنگ (درصد)
		تک لایه	٤/٢٥٠ab*
	٢٥٠	دو لایه	٤/٥٠ a
٢٥		تک لایه	٤/٢٥ ab
	٥٠٠	دو لایه	٤/٧٥ a
		تک لایه	٤/٢٥ ab
	١٠٠٠	دو لایه	٢/٢٥fgh
		تک لایه	٣/٠٠def
	٢٥٠	دو لایه	٣/٢٥cde
		تک لایه	٣/٥٠bcd
٧٠	٥٠٠	دو لایه	١/٧٥gh
		تک لایه	٤/٠٠abc
	١٠٠٠	دو لایه	١/٥٠b
		تک لایه	٣/٢٥cde
	٢٥٠	دو لایه	٢/٥٠efg
		تک لایه	٢/٥٠ efg
١٤٠	٥٠٠	دو لایه	٢/٥٠ efg
		تک لایه	٢/٧٥def
	١٠٠٠	دو لایه	٢/٥٠ efg
	شاهد		٢/٧٥def

* حروف مشترک هر ستون نشانه نبود اختلاف معنی دار تیمارها در سطح ۵ درصد است.

- نتایج آزمایش‌های میوهٔ زردآلو در سال دوم

در سال دوم، برای میوهٔ زردآلو عامل تعداد سوراخ در واحد سطح فیلم بسته بندی روی تیمارهای بهینهٔ انتخاب شده از سال اول اجرا شد. آزمایش‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. نتایج آماری نشان داد که اعمال تیمار در تمام خصوصیات در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری دارند و مقایسه‌های میانگین در جدول شمارهٔ ۵ مشاهده می‌شود. در این قسمت، عامل تعداد سوراخ به عنوان تیمار (d) در نظر گرفته شد و در چهار سطح اعمال گردید. در جدول شمارهٔ ٤، منظور از (۱) و (۲) تیمارهای بهینهٔ انتخاب شده از نتایج سال قبل در مورد میوهٔ زردآلوست که در بخش روش‌ها معرفی شدند. این دو تیمار با توجه به نتایج به دست آمده و بررسی شرایط اقتصادی تفاوت معنی‌دار ندارند و می‌توان هر دو آنها را در نظر گرفت.

جدول شمارهٔ ٤- مقایسهٔ اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات کیفی زردآلو

تیمار	کاهش وزن (درصد)	وزن افت زده (درصد)	pH	بریکس (درصد)	اسید قابل تیتر (درصد)
(۱) d_1	۰/٦۲۳c*	۲/۲۳c	۳/۹٥b	۱٦/۰۰bc	۰/۸۰ab
(۱) d_2	۰/٤٦٦dc	۲/۱۰c	۳/۹۱b	۱٥/۸٦cde	۰/۷٦٦c
(۱) d_3	۰/۹٤۳b	۲/٦۰bc	۳/۹٦b	۱٦/۱۰bc	۰/۷٦٦c
(۱) d_4	۱/۰۲٦b	۲/٦٦bc	۳/۹٦b	۱٦/۲۰bc	۰/۷٥۳c
(۲) d_1	۰/٥٥٦dc	۲/۰٦c	۳/۸٤b	۱٥/۸۳cd	۰/۸۰ab
(۲) d_2	۰/۲۳۰dc	۰/٦۳۳d	٤/۲۰a	۱٤/۸۳e	۰/۷۳۳d
(۲) d_3	۱/۳۸a	۱/٦۳cd	۳/۹۳b	۱٦/۰۰bc	۰/۷٦٦c
(۲) d_4	۱/۲٦ab	۱/۸۳c	۳/۸٥b	۱٥/۹۳c	۰/۷۹۰b
(۱)**	۰/٤۹٦dc	۳/٤b	۳/۹۱b	۱۷/۱٦a	۰/۷۹۳ab
(۲)**	۰/۳۱dc	٦/۱a	۳/۹٦b	۱٦/٥۰b	۰/۸۰٦a

* حروف مشترک نشانه نبود اختلاف معنی دار تیمارها درهر ستون در سطح ۵ درصد است.

** شاهد (تیمارهای بهینهٔ سال قبل)

جدول شمارهٔ ۵، مقایسهٔ ویژگی‌های حسی میوهٔ زردآلو در اثر اِعمال تیمار تعداد سوراخ را نشان می دهد.

جدول شمارهٔ ۵ – مقایسهٔ اثر تیمارهای مختلف بر ویژگی‌های حسی میوه زردآلو

تیمار	بافت	عطر	رنگ	مزه	مقبولیت کلی میوه
(۱) d_1	۳/۷۵ab*	٤/۰۰ab	٤/۰۰a	٤/۵۰a	٤/۷۵a
(۱) d_2	۳/۲۵bc	۳/۲۵bcd	۳/۵۰a	۳/۷۵abc	۳/۷۵bc
(۱) d_3	۳/۰۰bc	۳/۰۰cd	۳/۲۵ab	۳/۲۵bcd	۳/۲۵cd
(۱) d_4	۲/۲۵c	۲/۷۵cd	۲/۵۰b	۲/۷۵cd	۲/۵۰d
(۲) d_1	٤/۵۰a	٤/۵۰a	٤/۰۰a	٤/۲۵ab	٤/۵۰ab
(۲) d_2	۳/۵۰ab	۳/۵bc	۳/۷۵a	۳/۵۰abcd	۳/۵۰c
(۲) d_3	۳/۰۰bc	۳/۲۵bcd	۳/۵۰a	۲/۷۵cd	۳/۲۵cd
(۲) d_4	۳/۰۰bc	۲/۵۰d	۲/۵۰b	۲/۵۰d	۲/۵۰d
(۱)**	۳/۰۰bc	۳/۰۰cd	۳/۲۵ab	۳/۲۵bcd	۳/۲۵cd
(۲)**	۳/۲۵bc	۲/۷۵cd	۳/۲۵ab	۳/۲۵bcd	۳/۲۵cd

*حروف مشترک نشانه نبود اختلاف معنی‌دار تیمارها درهر ستون در سطح ۵ درصد است.

** شاهد (تیمارهای بهینه سال قبل)

تأثیر متقابل سه عامل ضخامت، ارتفاع، و وزن بسته بر افت وزنی میوهٔ زردآلو در جدول شمارهٔ ۲ نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین درصد کاهش وزن مربوط به تیمار شاهد و تیمار با ضخامت پوشش ۱٤۰ میکرومتر؛ ارتفاع دو لایه و وزن ۲۵۰ گرم است که می‌تواند مربوط به ارتباط مستقیم نفوذ پذیری لایه با ضخامت پوشش باشد. در مورد وزن بسته نیز می‌توان استدلال کرد که وزن بسته با نفوذ پذیری رابطهٔ مستقیم دارد و هرچه نفوذپذیری نسبت به گاز بیشتر شود کاهش وزن بیشتر است. این نتایج با تحقیقات اگزما (۱۹۹۳) مطابقت دارد.

بر اساس فرمول اگزما، نفوذ پذیری لایه با ضخامت لایه و مقدار و وزن میوه ارتباط مستقیم دارد. بنابراین با افزایش ضخامت لایه، نفوذ پذیری آن نسبت به گازها افزایش می‌یابد و در نتیجه کاهش وزن آن بیشتر است.

$$P_x^R = \left[(WR_x * L) / Ap(y_x^e - y_x^o) \right]$$

همچنین مشاهده می‌شود که هرچه ارتفاع چیدن میوه بیشتر شود کاهش وزن بیشتر است. البته

همین تیمار در ارتفاع تک لایه هم افت وزنی بالایی را نشان می‌دهد که این تغییرات به دلیل شرایط نگهداری نمونه در سردخانه و ایجاد قطره‌های بخار آب داخل بسته است که نفوذپذیری را تغییر و سرعت تنفس محصول را افزایش می‌دهد. بعضی از نمونه‌ها به دلیل باز و بسته شدن و گاهی بازماندن در سردخانه دچار تغییرات دما شده بودند و در نتیجهٔ تعرق و ایجاد قطره‌های آب در بسته می‌نماید.

نتایج این بخش نیز با اطلاعات منتشره شده از سوی موسسهٔ Geo Cot مطابقت دارد که استاندارد بسته بندی زردآلو را یک لایه و دو لایه معرفی می‌کند.

بیشترین وزن میوهٔ آفت زده مربوط به پوشش دارای ضخامت ۷۰ میکرومتر است و کمترین آن مربوط به ۲۵ میکرومتر. همچنین در مورد حجم بسته، بیشترین وزن میوهٔ آفت زده مربوط به ۱۰۰۰ گرم و کمترین آن مربوط به وزن ۲۵۰ گرم است. با افزایش وزن و تودهٔ میوه وزن آفت زده افزایش می‌یابد، زیرا با افزایش وزن و توده میوه امکان آفت زدگی و انتقال آن به میوه‌های سالم بیشتر است. در مورد ارتفاع چیدن میوه، نتایج آزمون t نشان داد که اختلاف معنی‌دار بین تک لایه و دو لایه در مورد وزن آفت زده میوه زردآلو وجود ندارد ولی به طور کلی هرچه ارتفاع چیدن میوه بیشتر باشد، وزن میوهٔ آفت‌زده به دلیل تماس بیشتر میوه‌های سالم و معیوب افزایش می‌یابد. بیشترین وزن میوهٔ آفت زده مربوط به تیمار با ضخامت ۷۰ میکرومتر با وزن ۱۰۰۰ گرم و ارتفاع دو لایه و سپس شاهد بود و کمترین مقدار مربوط به تیمار به ضخامت ۲۵ میکرومتر و وزن ۱۰۰۰ گرم و ارتفاع دو لایه بود.

نزدیکترین pH به pH اولیهٔ میوه (٤/٤٦) مربوط به تیمار ۲۵ میکرومتر است و دورترین آن مربوط به ۱٤۰میکرومتر است. اصولا میزان pH به دلیل کاهش اسیدهای آلی پس از برداشت افزایش می‌یابد که این در مورد میوه‌های کلایمکتریک سریع‌تر و در مورد غیر کلایمکتریک‌ها کندتر انجام می‌شود. که در مورد زردآلو این افزایش محسوس‌تر و سریع‌تر است. کاهش اسیدیته و افزایش pH به علت شرکت اسید در تنفس یا تبدیل آن به قند است. این کاهش درمورد تمام میوه‌ها به غیر از موز و آناناس وجود دارد [٤]. از لحاظ بسته‌های میوه، نزدیک‌ترین pH به pH اولیه مربوط به بسته‌های ۲۵۰ گرمی است و در مورد ارتفاع چیدن میوه‌ها، ارتفاع دو لایه نزدیک‌ترین pH را داشت. در جدول شمارهٔ ۲ مشاهده می‌شود که نزدیک‌ترین pH به مقدار اولیه مربوط به ضخامت۲۵ میکرومتر، بستهٔ دارای وزن ۲۵۰ گرم، و ارتفاع دو لایه است.

نزدیک‌ترین اسیدیته به مقدار اسیدیته اولیه مربوط به ضخامت۲۵ میکرومتر است. اسیدیته نیز، همان‌طور که در مورد pH توضیح داده شد، با افزایش زمان نگهداری کاهش می‌یابد. بسته‌های ۵۰۰ گرمی نزدیک‌ترین اسیدیتهٔ را به نمونهٔ اولیه نشان می‌دهند. و در مورد ارتفاع بسته نیز ارتفاع دو لایه این حالت را دارد. جدول شمارهٔ ۲ تأثیر متقابل عوامل را بر اسیدیته نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود تیمارهای ۲۵ میکرومتر با وزن ۲۵۰ و ۵۰۰ گرم و ارتفاع دو لایه نزدیکترین اسیدیته را

به نمونهٔ اولیه نشان می‌دهند.

در جدول شمارهٔ ۲ تأثیر ضخامت لایه بر بریکس مشخص شده است. مشاهده می‌شود که نزدیک‌ترین بریکس به بریکس اولیهٔ میوه زردآلو مربوط به ضخامت۲۵ میکرومتر است همچنین در مورد وزن بسته که در جدول شمارهٔ ۲ مشاهده می‌شود نزدیک‌ترین بریکس مربوط به بسته‌های ۲۵۰ گرمی است و در مورد ارتفاع چیدن میوه نیز تیمار دو لایه نزدیک‌ترین بریکس را نشان می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، در مورد زردآلو که میوه‌ای کلایمکتریک است به دلیل تبدیل نشاسته به قند و افزایش قند (شاخص اصلی بریکس در میوه‌ها) بریکس افزایش می‌یابد [٤] نتایج این تحقیق هم دلالت بر این مسئله دارد.

در مورد ویژگی‌های حسی میوه زردآلو، نتایج تجزیهٔ واریانس نشان داد که تنها عامل رنگ است که در تیمارها تأثیری معنی‌دار دارد. بیشترین امتیاز از نظر رنگ به تیمارهای پوشش با ضخامت ۲۵ میکرومتر با وزن ۲۵۰ و۵۰۰ گرم و نحوه چیدن دو لایه برابر٤/٥ است. در مورد بافت نیز تیمار پوشش با ضخامت ۲۵ میکرومتر با وزن۲۵۰ گرم و ارتفاع یک لایه بیشترین امتیاز یعنی٤/٥ را دارد. در مورد عطر هم پوشش با ضخامت ۲۵ میکرومتر با وزن ۲۵۰ گرم و ارتفاع دولایه بیشترین امتیاز (٤/۲٥) را دارد. در مورد مزه و ظاهر عمومی نیز همین تیمار بیشترین امتیاز (٤/٥ و ٤/۷٥) را به خود اختصاص می‌دهد.

با جمع بندی نتایج خصوصیات کیفی و ویژگی‌های حسی میوهٔ زردآلو در سال اول، دو تیمار به‌عنوان تیمار بهینه انتخاب شدند که حائز تمام شرایط هستند که عبارت اند از: تیمار با ضخامت ۲۵ میکرومتر با وزن ۲۵۰ گرم و ارتفاع چیدن دو لایه و تیمار با ضخامت پوشش۲۵ میکرومتر با وزن ۵۰۰ گرم و ارتفاع چیدن دو لایه.

بیشترین افت وزنی، مربوط به تیمار $d_{۳}$ (۲) است و کم‌ترین آن به تیمار $d_{۲}$ (۲) اختصاص دارد. $d_{۲}$ (۲) تیماری است که در آن ضخامت لایه ۲۵ میکرومتر، وزن بسته ۲۵۰ گرم با ارتفاع دو لایه و تعداد سوراخ ۲۰۰ است. تیمارهای $d_{۳}$ (۱) و $d_{٤}$ (۱) که به ترتیب ۳۰۰ و ٤۰۰ سوراخ در واحد سطح دارند اختلافی معنی‌دار با این تیمار ندارند. کم‌ترین افت وزنی مربوط به تیمار $d_{۱}$ (۲) است. $d_{۱}$ (۲) تیماری است که در آن ضخامت پوشش۷۰ میکرومتر، وزن ۵۰۰ گرم و ارتفاع دو لایه و تعداد سوراخ در واحد سطح ۱۰۰ است. مشاهده می‌شود که هر چه تعداد سوراخ بیشتر شود افت وزنی بیشتر می‌شود و این به دلیل تبادلات گازی با محیط خارج و افزایش نفوذ پذیری پوشش است، منتها وقتی تعداد سوراخ ۱۰۰ است به دلیل اینکه تعادل و تبادلات به حد مناسب و بهینه رسیده است و بسته‌بندی حالت MAP[1] از نوع انفعالی را ایجاد می‌کند افت وزنی کم‌ترین است. بیشترین وزن آفت زده مربوط به تیمار ۲ شاهد و کمترین آن مربوط به تیمار $d_{۲}$ (۲) است. نزدیک‌ترین pH به pH اولیهٔ زردآلو درسال دوم (۳/۸۹)، تیمار (۱) شاهد و $d_{۲}$ (۱) است البته بین تیمارها $d_{۱}$ (۱) $d_{۲}$ (۱)، $d_{۳}$ (۱)، $d_{٤}$ (۱)، $d_{۱}$ (۲) و $d_{۳}$ (۱) اختلافی معنی‌دار وجود ندارد. نزدیک‌ترین اسیدیته به اسیدیتهٔ اولیهٔ نمونهٔ زردآلو در سال دوم (۰/۸۷٤) مربوط به تیمارهای $d_{۱}$ (۲) و (۲) شاهد و دورترین اسیدیته مربوط به $d_{۳}$

1- Modified Atmosphere Packaging

(۲) است. مقایسهٔ میانگین بریکس نشان می‌دهد که نزدیک‌ترین بریکس به نمونه اولیه (۱۵/۸) مربوط به تیمار d_1 (۲) و دورترین مقدار تیمار (۱) شاهد است.

در مورد بافت بیشترین امتیار به تیمار d_1 (۲) (٤/٥) تعلق دارد. در مورد عطر نیز بیشترین امتیاز را همین تیمار دارد (٤/٥). در مورد ویژگی رنگ بیشترین امتیاز به تیمار d_1 (۲) و d_1 (۱) داده شد و کمترین امتیاز را تیمار d_4 (۲) و d_4 (۱) دارند. در مورد مزه و ظاهر عمومی، بیشترین امتیاز به تیمار d_1 (۱) داده شد.

۶- نتیجه‌گیری:

پس از بررسی نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و ویژگی‌های حسی، بهترین تیمار جهت بسته بندی زردآلوی شاهرودی به شرح زیر انتخاب شد: تیماری که در آن از پوششی با ضخامت ۲۵ میکرومتر استفاده شود، وزن بسته۵۰۰گرم، ارتفاع چیدن دو لایه، و مقدار سوراخ در واحد سطح ۱۰۰ باشد.

۷- مراجع:

۱- ایماندل، ک.، صادق زاده، ع. ۱۳۷٤. عوامل فساد و شرایط نگهداری مواد غذایی در سردخانه، دانشگاه تهران.

۲- بلوریان تهرانی، م. ۱۳۷۳. راهنمای بسته بندی کالاهای صادراتی (میوه ها و سبزیهای تازه). مؤسسه مطالعات و پژوهشهای بازرگانی .

۳- آمارنامه کشاورزی وزارت جهاد کشاورزی. ۱۳۸۰ . معاونت برنامه ریزی و اقتصادی. دفتر آمار و فن آوری اطلاعات شماره (۸۰/۰۳).

٤- میدانی، ج. دزفولی، س. ا. ۱۳۷٦. فیزیولوژی پس از برداشت. نشر آموزش کشاورزی کرج.٤۰۳ صفحه.

5- Anon. 1995. Packaging and packing. Geo Cot. Internet 2002.

6- ASHRAE. Handbook. 1986. Refrigeration systems and applications. ASHRAE, inch. Pound. Edition American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.

7-Carlos, H. and Kader, A. 2000. Apricots; Post-harvest quality maintenance guidelines. http:\\Postharvest. UCDavis. Edu/produce/producefacts.

8-Exama, J. 1993. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. J. of Food. Sci. 58 (6): 1365-1370.

9-Miyazakis, T. 1983. Effects of seal packaging and ethylene removal in the sealed bags on the shelf life of Japanese apricot. J. Japanese Society for Horticultural Science. 60 (1): 183- 190.

10- Tonini, G. and Caccioni, D. 1990. Precooling of apricot, influence on rot, ripening and weight loss. http:\\www. actahort. org.

11- Zhang, S., Chachir, K. and Iwato, T. 1991. Effects of polyethylene packaging and ethylene absorbent on storage of mature - green mume. Journal Japanese Society for Horticultural Science. 60 (1): 185-190.

Effects of Film Thickness, Fruit Arrangement (One or Two Layer) and Packaging Size on Apricot Shelf Life

Z. Sheikhol eslami and M. A. Shahbake

Fruits and vegetables are highly perishable and require proper post harvest management, using appropriate techniques for handling, packaging and storage to minimize loss. This study was ran to minimize loss and export development of fresh fruit (apricot), and carried out in three steps; 1. Post harvest process for all treatments was precooling, disinfection and removing water drop 2. Packaging treatments were also: different thicknesses of films, size and heights of packages 3. Storage after packaging. Condition of storage after packaging for all treatments was: cold storage with 90-95% relative humidity and -0.5ºC, curing room with 70% relative humidity and 40ºC and cold storage with 90-95% relative humidity and -0.5 to +0.5ºC. Treatments were evaluated by chemical, physical and organoleptic tests. Data compared with statical analysis. Results showed that the best treatment for apricot packaging was: pack size 500gr, fruit high in pack 2 layer, film thickness 25 μm and 100 holes on area unit.

Key words: Apricot, Cold Storage, Film Thickness, Packaging, Post harvest Practices