



پژوهشکده خرما و
میوه‌های گرمسیری



سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات علوم باغبانی

نشریه فنی

برداشت و پس از برداشت پاپایا



نگارندگان:

انسیه قربانی

۶۱۲۸۰

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی
پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری

نشریه فنی

برداشت و پی از برداشت پایا

نگارندگان:

انسیه قربانی

عضو هیات علمی پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، اهواز، ایران

عنوان نشریه فنی: برداشت و پس از برداشت پاپایا

نگارندگان: انسیه قربانی

ویراستاران: ابراهیم سابکی، محمدرضا پورقیومی، بابک مدنی

لشر: مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شمارگان: ۱۵ نسخه

تلویخ انتشار: ۱۴۰۰

مسئولیت درستی مطالب با نگارندگان است.

این نشریه با شماره ۶۱۲۸۰ مورخ ۱۴۰۰/۱۲/۲۲ از مرکز فناوری اطلاعات و اطلاع رسانی کشاورزی به ثبت رسیده است.

نشانی: اهواز، کیلومتر ۱۰ جاده قدیم اهواز- خرمشهر، روبروی روستای امالتیر، پژوهشکده خرما و میوه‌های گرمسیری

شماره تلفن و دورنگار: ۰۶۱-۹۱۰۰۱۱۲۹ نشانی سایت: <http://drc.hsri.ac.ir>

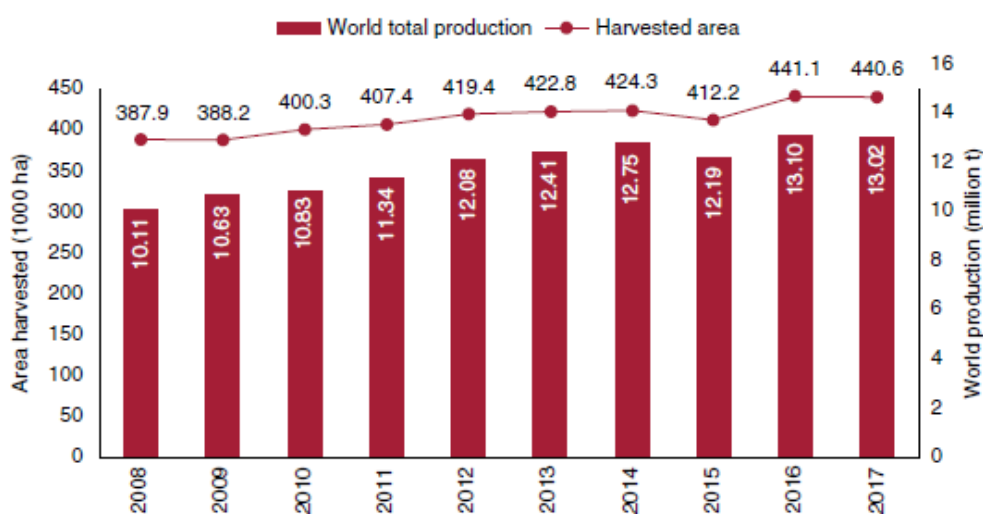
فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه.....
۳	برداشت میوه.....
۴	شاخصهای بلوغ.....
۴	در جهبندی.....
۵	بستهبندی.....
۵	آب از دست دهی و کاربرد پوشش.....
۶	حساسیت به اتیلن.....
۷	انبارداری و حمل و نقل.....
۷	دمای انبار.....
۷	دمای رسیدن.....
۷	اتیلن، ۱- متیل سیکلو پروپان و مواد معطر در رسیدن میوه.....
۹	انبار با اتمسفر کنترل شده و اصلاح شده.....
۱۰	کاهش کیفیت پس از برداشت.....
۱۱	نگهداری پس از برداشت و بیماریهای مربوط به انبارمانی.....
۱۱	صدمات مکانیکی.....
۱۱	عارضه سرمازدگی.....
۱۳	تفاوت در نرم شدن مزوکارپ.....
۱۳	بیماریها.....
۱۶	کنترل بیماریهای پس از برداشت.....
۱۷	نتیجهگیری.....
۱۸	مهمترین پیام نشریه.....
۱۹	منابع.....

مقدمه

پاپایا (*Carica papaya* L.) از خانواده کاریکاسه است. اعتقاد بر این است که بومی جنوب مکزیک، گواتمالا و کاستاریکاست (تکزریا داسیلوا^۱ و همکاران، ۲۰۰۷). کشت آن بیشتر توسط هندیها به جنوب گسترش یافته است و با اکتشاف اسپانیاییها به دریای کارائیب رسیده است. اسپانیاییها نیز میوه را به فیلیپین و از آنجا بذرهای پاپایا را به جزایر اقیانوس آرام و هند بردند. تا اواسط قرن هفدهم پاپایا در سراسر جهان توزیع شد. امروزه، این میوه تقریباً در تمام مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان پرورش مییابد و برنامههای اصلاحی فشرده پاپایا در سراسر جهان تنوع زیادی از ارقام را تولید کرده است (راموس گارشیا^۲ و همکاران، ۲۰۰۹).

تولید جهانی پاپایا با نرخ سالانه ۳/۲ درصد از ۱۰/۱۱ میلیون تن در سال ۲۰۰۸ به ۱۳/۰۲ میلیون تن در سال ۲۰۱۷ افزایش یافته است. عوامل مهم افزایش تولید شامل افزایش سطح برداشت و افزایش عملکرد به ترتیب با متوسط رشد سالانه ۱/۵۱ و ۱/۴۸ درصد است (شکل ۱). آسیا پیشروترین منطقه تولید پاپایا است که ۵۴/۹۸ درصد از کل تولید جهان را در سالهای ۲۰۱۷-۲۰۰۸ به خود اختصاص داده است، و پس از آن قاره آمریکا و کارائیب (۳۳/۴۶ درصد)، آفریقا (۱۱/۴۳ درصد) و اقیانوسیه (۰/۱۲ درصد) قرار دارند (فائو، ۲۰۱۹).



شکل ۱. تولید جهانی و سطح برداشت پاپایا از سال ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۷. برگرفته از فائو ۲۰۱۹.

پاپایا تقریباً در ۶۰ کشور جهان تولید میشود، اما تولید آن همچنان متمرکز در کشورهای هند و برزیل است. سه کشور برتر تولید کننده پاپایا که ۶۰/۷۸ درصد از تولید جهانی را بین سال های ۲۰۱۵ تا ۲۰۱۷ تشکیل میدهند، به ترتیب هند (۴۳/۱۳ درصد)، برزیل (۱۰/۳۵ درصد) و مکزیک (۷/۳۰ درصد) هستند. به دنبال آنها، اندونزی (۶/۸۷ درصد)،

¹ Teixeira da Silva

² Ramos-García

نیجریه (۶/۶۵ درصد)، جمهوری دومینیکن (۶/۵۰ درصد)، جمهوری دموکراتیک کنگو (۱/۶۹ درصد)، کلمبیا (۱/۳۹ درصد)، تایلند (۱/۳۵ درصد) و فیلیپین (۱/۳۱ درصد) از دیگر کشورهای تولید کننده عمده پاپایا هستند (فائو، ۲۰۱۹). چندین رقم مختلف پاپایا برای مصرف در بازارهای داخلی کشت می‌شود. برای بازارهای بین‌المللی، "سولو"^۱ و "مارادول"^۲ ارقام اصلی پاپایا هستند که تجارت می‌شوند. میوه‌های رقم سولو نسبتاً کوچک هستند و از ۲۵۰ گرم تا ۵۰۰ گرم وزن دارند، در حالی که رقم مارادول بسیار بزرگتر است و از ۱۰۰۰ گرم تا ۲۰۰۰ گرم یا بیشتر وزن دارد (ایوانس و بالن^۳، ۲۰۲۰).

به دلیل علاقه روزافزون به محصولات غذایی کاربردی، فرصت برای افزایش بازار پاپایا وجود دارد. این میوه سرشار از آنتی‌اکسیدانها (کاروتنها، ویتامین C و فلاونوئیدها)، ویتامینهای گروه B (فولات و پانتوتنیک اسید)، مواد معدنی (پتاسیم و منیزیم) و فیبر است (ماهاتاناووی^۴ و همکاران، ۲۰۰۶). علاوه بر خواص تغذیه‌ای، این میوه سرشار از مواد فیتوشیمیایی فعال زیستی است که پتانسیل استفاده در مبارزه با سرطان را دارند (ایوانس و بالن، ۲۰۲۰). میوه پاپایا علاوه بر مصرف تازه‌خوری به صورت سبز یا رسیده در غذاهای مختلف و همچنین برای تهیه آب میوه، مربا، کنسرو و میوه خشک استفاده می‌شوند. میوه پاپایا به صورت سبز و خام به دلیل بافت خیار مانند و طعم ملایم برای سالاد مناسب است. این میوه همچنین در بین افرادی که رژیم غذایی دارند محبوب است زیرا دارای چربی کم (۰/۱ درصد)، کربوهیدرات (۷-۱۳ درصد) و کالری (۳۵-۵۹ کیلو کالری در ۱۰۰ گرم) است (مودا^۵ و همکاران، ۲۰۲۰). میوه‌های سبز پاپایا در جنوب شرقی آسیا به صورت خام و یا پخته استفاده می‌شود. برگ‌های جوان و گل‌های نر آن نیز مصرف می‌شود و از تنه آن برای تهیه کمپوست در برخی از کشورهای تولید کننده استفاده می‌شود. هم گیاه پاپایا و هم میوه سبز مقدار قابل توجهی لاتکس تولید می‌کنند که در لاکتیفرها^۶ استخراج شده است. لاتکس حاوی پروتئاز پاپائین است که در صنایع غذایی به عنوان نرم کننده گوشت و در صنایع دارویی و پزشکی استفاده می‌شود (اولیویرا و ویتوریا^۷، ۲۰۱۱).

¹ Solo

² Maradol

³ Evans and Ballen

⁴ Mahattanatawee

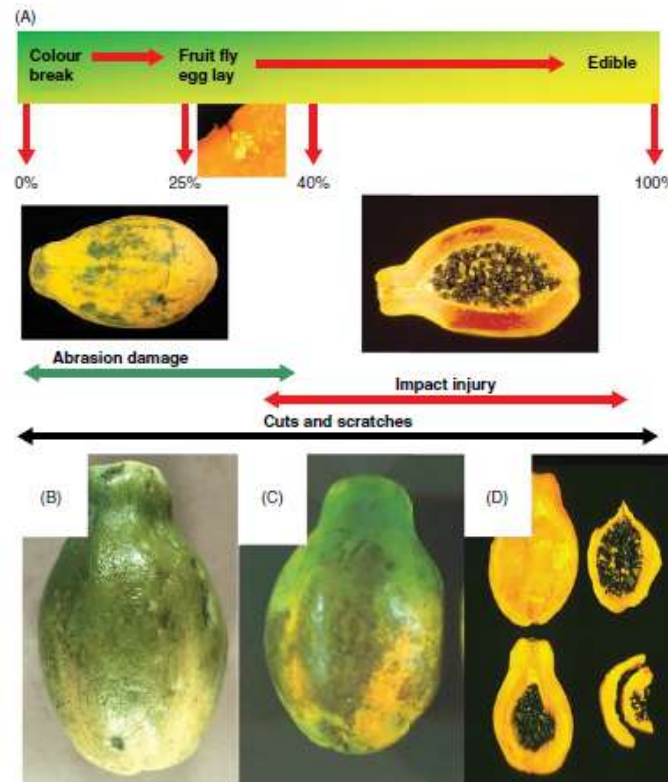
⁵ Muda

⁶ lactifers

⁷ Oliveira and Vitoria

برداشت میوه

میوه هایی که برای سالاد سبز و سایر غذاها تهیه میشوند زمانی که هنوز سبز و بالغ هستند برداشت میشوند، در حالی که میوههایی که برای تازهخوری مصرف می شوند در مرحله تغییر رنگ¹ (CB) یا بعد از آن برداشت میشوند. برداشت با دست انجام میشود و فرد برداشتکننده میوه مورد نظر را انتخاب و آن را در کیسه پارچه‌ای، صندوق یا سطل جمع آوری میکند. هنگام برداشت دقت و مراقبت لازم است زیرا پوست در این مرحله بسیار مستعد آسیبهای ناشی از خراش و ساییدگی است (شکل ۲- A). آسیب ساییدگی در میوهها در مرحله تغییر رنگ مشخص و آشکار نیست و طی مرحله رسیدگی ظاهر میشود. به دلیل رشد گیاه امکان برداشت میوهها از زمین نیست و به وسایل کمکی برداشت (پله، نردبان و ...) نیاز است و این زمان برداشت را تقریباً دو برابر میکند. اگر از سکوهای مکانیکی متحرک برای برداشت میوه از گیاهان بلند استفاده شود، زمان برداشت یک منطقه حدود ۲۵ درصد بیشتر از برداشت دستی بدون استفاده از سکوهای متحرک است (زمان برداشت طولانیتر است) (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).



شکل ۲. بلوغ پس از برداشت، درجه بندی و مشکلات انباری. (A) مرحله رسیدگی و دلایل اصلی که کیفیت را تحت تأثیر قرار میدهند- آسیب ساییدگی در میوههایی که کمتر از ۲۵ درصد زرد شده‌اند، تخمگذاری مگس میوه در میوههایی که بیش از ۲۵ درصد زرد شده‌اند و آسیب ضربه و فشرده شدن در میوههایی که بیش از ۴۰ درصد زرد شده‌اند. (B) کاهش براقیت و چروکیده شدن به خاطر شرایط رطوبت نسبی پایین انبار، (C) علائم قهوه‌ای-زیتونی آسیب سرمازدگی روی میوه پاپایا در حال رسیدن، و (D) توده‌های سخت و اختلال در نرم شدن بافت به خاطر تیمارهای گرمایی.

¹ Color Break

شاخصهای بلوغ

میوه پاپایا جهت تازهخوری تا زمانی که رنگ پوست میوه شروع به زرد شدن نکند (مرحله تغییر رنگ)، برداشت نمیشود. میوههای "سولو" باید قبل از برداشت شروع به رسیدن کرده باشند، که به صورت زرد شدن مقداری از پوست در قاعده میوه مشخص میشود، تا نیاز مواد جامد محلول^۱ با درجه ۱۱/۵ درصد را برآورده کند (آکامین و گوو^۲، ۱۹۷۱). میوههای کمتر بالغ با میزان مواد جامد محلول کمتر و طعم ضعیف خوب نمی‌رسند و بنابراین باید قبل از بسته‌بندی حذف شوند. اگر میوه پس از مرحله تغییر رنگ برداشت شود، مواد جامد محلول با قندهای وارد شده از فتوسنتز برگ به افزایش خود ادامه خواهد داد، زیرا مزوکارپ میوه حاوی نشاسته‌های نیست که در طول رسیدن به قند تبدیل شود. بنابراین درجه زرد شدن پوست معیار اصلی مورد استفاده در مزرعه برای انتخاب میوه جهت برداشت است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

میوههای رسیده بیشتر مستعد ضربه و کبودی ناشی از فشرده شدن هستند (مارتینز و فورنازی^۳، ۲۰۱۵) (شکل ۲). تغییر رنگ لاتکس تراوش شده از سفید به بی رنگ نیز به عنوان معیار مناسبی در برداشت پیشنهاد شده است. تنوع زیاد در خواص آکوستیک میوه پاپایا (مانند سرعت و جذب صدا) در مرحله رسیدن، مانع استفاده از آن برای سورتینگ میشود (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

درجه بندی

مهمترین ویژگیهای کیفی قابل مشاهده در مورد میوه پاپایا اندازه، رنگ، شکل، پوست صاف، براق و عدم وجود لکه است. رنگ پوست بسته به واریته، شرایط محیطی و عملیات کشت از سبز به زرد با مقداری نارنجی و قرمز تغییر میکند (اولیویرا و ویتوریا^۴، ۲۰۱۱). تغییرات رنگ پوست خارجی از انتهای گلگاه و اغلب با رگههایی از رنگ زرد در کناره‌های میوه شروع میشود. تغییر رنگ و نرم شدن گوشت داخلی از اندوکارپ شروع و به سمت خارج پیش میرود. با این حال، تغییرات رنگ خارجی همیشه مرحله داخلی نمو رنگ را دنبال نمیکند، و در این زمینه شرایط محیطی نقش مهمی ایفا میکند. در هاوایی، با توجه به درجه تغییر رنگ گوشت، پوست میوه‌هایی که در فصل خنک برداشت می‌شوند، سبزتر از میوه‌های مشابهی است که در فصل گرم برداشت می‌شوند. علاوه بر این، پاپایای "مارادول" رسیده روی درخت، دارای پوست قرمز نارنجی است اما معمولاً زمانی که میوه سبز و بالغ برداشت می‌شود و جدا از درخت میرسد، رنگ زرد متمایل به نارنجی پیدا می‌کند (فوگات^۵ و همکاران، ۲۰۱۰). مشکلات در درجه بندی دقیق بر اساس رنگ پوست اغلب منجر به این میشود که زمان رسیدن میوهها، در کارتنهای بسته بندی طیفی از رنگ پوست (الگوی شطرنجی) مشاهده میشود.

¹ Total soluble solids

² Akamine and Goo

³ Martins and Fornazier

⁴ Oliveira and Vitoria

⁵ Fuggate

علاوه بر رنگ، شیرینی گوشت میوه مهمترین فاکتور کیفی حسی است که مصرف کنندگان از آن استقبال میکنند (سیواکومار و وال^۱، ۲۰۱۳). در هاوایی حداقل مواد جامد محلول معادل ۱۱/۵ درصد استفاده میشود. استاندارد مواد جامد محلول معادل ۱۱/۵ درصد بر اساس تست پنل طعم مصرفکننده است که نشان میدهد این نقطه گسست بین میوه‌های است که میتواند شیرین تلقی شود و یا نشود. افزایش ۲-۱/۵ درصدی مواد جامد محلول در میوه‌های برداشت شده در مرحله تغییر رنگ که بعد از برداشت رسیده‌اند رخ میدهد که به احتمال زیاد به دلیل حل شدن اجزای دیواره سلولی است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

یکی دیگر از ویژگی‌های مهم حسی در میوه پاپایا، رنگ گوشت آن است. گوشت نابالغ سبز مایل به سفید است و بسته به رقم در هنگام رسیدن به زرد مایل به نارنجی کم رنگ، صورتی یا قرمز تغییر میکند. رنگ گوشت به دلیل تجمع کاروتنوئیدها است و بسته به رقم و شرایط رشد متفاوت است. کاروتنوئیدها به دلیل فعالیت آنتی اکسیدانی مورد توجه مصرفکنندگان هستند (وال، ۲۰۰۶).

بسته‌بندی

رایجترین اندازه بسته‌بندی برای پاپایای "سولو" یک کارتن ۴/۵ کیلوگرمی (۱۰ پوند) است، اگرچه کارتنهای بزرگتر، ۱۰ کیلوگرمی (۲۲ پوند) نیز استفاده میشود. کارتن‌های مناطقی که نیاز به ضدعفونی جهت از بین بردن حشرات دارند، برای برآورده کردن الزامات قانونی کاملاً مهر و موم شده‌اند، در حالی که میوه‌های مناطق دیگر را می‌توان در کارتن‌هایی سر باز (بدون روکش) قرار داد. بین ۶ تا ۱۸ میوه داخل هر کارتن بسته به اندازه میوه و اندازه کارتن قرار داده میشود. میوه‌ها به صورت «تغییر رنگ» و ۱/۴، ۱/۲ و ۳/۴ رسیده به بازار عرضه میشوند. میوه معمولاً زمانی آماده مصرف است که بسته به رقم رنگگیری پوست آن ۷۵ درصد یا بیشتر باشد. ورقهای فومهای مشبک، بالشتک فوم ته کارتنها، یا الیاف کاغذی از آسیب ناشی از سایش جلوگیری می‌کند. این نوع آسیب یک مشکل بزرگ در میوه‌هایی است که هنوز مناطق سبز در پوست خود دارند.

آب از دست‌دهی و کاربرد پوشش

میوه‌های پاپایای سبز بالغ با از دست دادن حدود هشت درصد وزن اولیه، میوه‌هایی با براقیت کم و ظاهری چروکیده با بافت "لاستیکی" تولید میکنند (شکل ۲-B). سرعت کاهش وزن میوه پاپایا در حال رسیدن حدود ۰/۱ درصد وزن اولیه / روز / میلی بار است. بیشترین میزان کاهش وزن از طریق شکاف یا زخم ساقه اتفاق می‌افتد (تقریباً ۳۵۰۰ میلی گرم / سانتی متر مربع / روز) در حالی که ۴/۴ میلی گرم / سانتی متر مربع / روز از طریق پوست از دست می‌رود. مسیر اصلی کاهش آب، پوست میوه است، زیرا پوست میوه دارای سطح مقطع بزرگتری است. مقاومت پوست در برابر حرکت آب در ابتدای رسیدن افزایش می‌یابد، سپس بدون تغییر آشکاری در میزان از دست دادن آب کاهش می‌یابد. بخشی از کاهش مقاومت به از هم گسیختگی کوتیکول توسط لاتکس تراوش شده به ویژه پس از طی ۵۰ درصد مرحله رسیدن

¹ Sivakumar and Wall

مرتبط است که منجر به کاهش وزن قابل توجهی در اواخر رسیدن میشود. بخش اصلی کاهش وزن به دلیل از دست دادن آب است. بنابراین، حفظ رطوبت نسبی بالا (بیش از ۹۰ درصد) برای کمتر کردن کاهش وزن توصیه شده است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰). پوشش‌های میوه‌ای (واکس) بسته به ترکیب پوشش، از ۱۴ تا ۴۰ درصد در جلوگیری از کاهش وزن میوه موثرند، در حالی که روکش‌های پلاستیکی تا ۹۰ درصد در جلوگیری از کاهش وزن میوه تاثیر دارند. پس از انبارداری میوه‌های پاپایا تا دو هفته در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد برخی از پوشش‌ها و پوشش‌های پلاستیکی می‌توانند رسیدن را ۱ تا ۲ روز در دمای محیط به تاخیر بیندازند. گاهی اوقات، زمانی که سطح CO₂ در حفره میوه در مرحله رسیدن کامل از هفت درصد فراتر رفت، در میوه‌های پوشش داده شده و بسته‌بندی شده، طعم نامطلوب ایجاد میشود. فیلم‌های پلاستیکی (پوشش‌های خوراکی و پلاستیکی) در محدود کردن کاهش وزن، افزودن براقیت در مورد واکسها و جلوگیری از چروک شدن پوست مزیت دارند (پاول و چن^۱، ۱۹۸۹؛ دینگ و محمد^۲، ۲۰۱۳). پوشش‌ها، زمانی که به دقت انتخاب شوند، اتمسفر متفاوتی^۳ در میوه ایجاد می‌کنند و عمر پس از برداشت را چند روز افزایش می‌دهند. تلاش قابل توجهی برای افزودن اسانسها به این پوشش‌های خوراکی برای افزایش کنترل بیماری‌های پس از برداشت انجام شده است (سرخوش^۴ و همکاران، ۲۰۱۸؛ مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

نشان داده شده است که کیتوزان به دلیل اثرات ضد میکروبی، عدم سمیت، تجزیه پذیری زیستی و خواص بیوشیمیایی، یکی از بهترین پوشش‌های خوراکی و بیولوژیکی ایمن برای میوه‌هاست. استفاده از محلول‌های کیتوزان (۱۵۰KDa) روی میوه‌های ذخیره‌شده در دمای اتاق (۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد، با رطوبت نسبی ۶۰ تا ۸۰ درصد)، عمر پس از برداشت میوه‌های پاپایا را بین ۴ تا ۷ روز افزایش داد. پوشش کیتوزان در جلوگیری از کاهش وزن، حفظ سفتی و به تاخیر انداختن تغییرات رنگ پوست و مواد جامد محلول طی پنج هفته نگهداری میوه "Eksotika II" در دمای هشت درجه سانتیگراد موثر است. موفقیت کمتری برای روغن نباتی گزارش شده است، اگرچه هنگامی که با کربوکسی متیل سلولز و کاراگینان^۵ مخلوط میشود، رسیدن به تاخیر می‌افتد (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

حساسیت به اتیلن

پاپایا میوه‌های فرازگراست، بنابراین میزان تنفس و تولید اتیلن آن طی رسیدن میوه افزایش می‌یابد. میزان تنفس و تولید اتیلن به عوامل بسیاری از قبیل رقم، بلوغ میوه و شرایط انبار بستگی دارد. اوجهای تنفسی و تولید اتیلن با نمو رنگ پذیرگی کامل پوست منطبق است. اوج تولید اتیلن عموماً قبل از اوج تنفسی طی رسیدن میوه پاپایا قرار دارد. در پاپایا دو روز بعد از برداشت در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد، میزان تنفس و تولید اتیلن در مرحله تغییر (رنگ زرد کمتر از ده درصد کل سطح میوه) رنگ افزایش می‌یابد و بعد از ۱۰ روز به بیشترین میزان خود میرسد. کاربرد خارجی ترکیبات

¹ Paull and Chen

² Ding and Muhammad

³ Modified atmosphere

⁴ Sarkhosh

⁵ carrageenan

کلسیم، میزان تنفس و تولید اتیلن را در میوه پاپایا کاهش می‌دهد، بنابراین باعث تأخیر در رسیدن میوه میشود (مدنی و بروجردنیا، ۱۳۹۸).

انبارداری و حمل و نقل

دمای انبار

نگهداری در محدوده دمای ۷ تا ۱۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد توصیه شده است. در حالی که نتایج تحقیقات با استفاده از معیارهای مختلف برای عمر قابل عرضه در بازار، دمای ۱۳-۱۲ درجه سانتیگراد را توصیه میکند. در حالی که در دمای ۱۰ تا ۱۳ درجه سانتیگراد میوه به آرامی میرسد و رسیدن آن عمر ذخیره سازی را محدود میکند (چن و پاول، ۱۹۸۶؛ سیواکومار و وال، ۲۰۱۳). میوه‌های رسیده‌ای که به طور کامل رنگ گرفتند را می‌توان بیش از یک هفته در دمای ۱ تا ۳ درجه سانتیگراد نگهداری کرد، اگرچه میوه‌ها به دلیل از دست دادن آب براق و چروکیده می‌شوند و حساسیت بیشتری به فشار و آسیب ضربه دارند. در خرده فروشها اگر میوه کاملاً رسیده نباشد نباید در دمای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد نگهداری شوند (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

دمای رسیدن

دمای مطلوب برای رسیدن میوه بین ۲۲/۵ تا ۲۷/۵ درجه سانتیگراد است و میوه‌ها ۱۰ تا ۱۸ روز طول میکشد تا از مرحله تغییر رنگ به زردی کامل پوست برسد. کاهش وزن شدید و ناهنجاریهای خارجی در دمای بالاتر از ۲۷/۵ درجه سانتیگراد قابل توجه است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

اتیلن، ۱- متیل سیکلوپروپان و مواد معطر در رسیدن میوه

پاپایای‌های تیمار شده با اتیلن سریع‌تر و یکنواخت‌تر از نظر رنگگیری پوست، نرم شدن و رنگ گوشت می‌رسند. از آنجایی که پاپایا از داخل به سمت بیرون میرسد، اثر تیمار با اتیلن تسریع سرعت رسیدن بافت مزوکارپ نزدیک به پوست است که شروع به نرم شدن نکرده است. اتیلن میوه پاپایای نابالغ را به طور کامل از نظر نمو رنگ پوست و گوشت نمیرساند. قسمت بیرونی گوشت میوه تیمار شده با اتیلن، با ردیابی تولید کاروتنوئید و سرعت نرم شدن، سرعت رسیدن سریع‌تری داشت، در حالی که همان ناحیه از گوشت در میوه‌های تیمار نشده با اتیلن هنوز سفید کم رنگ باقی مانده بود. اتیلن از نظر تجاری برای رساندن میوه توصیه نمیشود زیرا نرم شدن سریع مدت زمان قابلیت بازاریابی را به شدت محدود میکند (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

نشان داده شده است که افزودن کیسه‌های جاذب اتیلن حاوی پرمنگنات پتاسیم اکسیدکننده به کارتنهای بسته‌بندی، رسیدن پاپایا را زمانی که در یک کیسه پلاستیکی محصور میشود به تاخیر می‌اندازد (باستوس^۱ و همکاران، ۲۰۱۴) و

¹ Bastos

میتواند محتوای اتیلن را به نصف کاهش دهد (کورا^۱ و همکاران، ۲۰۰۵). با این حال، مشخص نیست که آیا اتمسفر تغییر یافته طی نگه داشتن میوه در یک کیسه پلاستیکی با حضور اکسید کننده اتیلن اثر متقابل داشته است یا خیر. تخریب نوری اتیلن در انبار با استفاده از اشعه ماوراء بنفش ممکن است رویکرد موثرتری باشد (لورنکو^۲ و همکاران، ۲۰۱۷).

میوه‌هایی که با غلظت‌های مختلف 1-MCP (بازدارنده عمل اتیلن) به مدت ۲۴ ساعت تیمار شده بوند، سفت‌تر بودند و زمان رسیدن آنها به مرحله رسیدن خوراکی طولانی‌تر از گروه شاهد بود (ارگان و هوبر^۳، ۲۰۰۴؛ مانوی^۴ و همکاران، ۲۰۰۷). تیمار میوه به مدت ۴ یا ۲۴ ساعت با 1-MCP اثرات مشابهی بر تمام پارامترهای رسیدن دارد. برای به حداقل رساندن بیماری‌های پس از برداشت و تعیین اثر ناشی از 1-MCP، به مدیریت دقیق، تیمار آب گرم و قارچ کش نیاز است. با تیمار 1-MCP بیماری دیرتر بروز میکند و در صورت بروز، شدت کمتری نسبت به میوه شاهد دارد. در میوه‌های تیمار شده با 1-MCP شروع تولید اتیلن و افزایش سرعت تنفس به تاخیر افتاده و متوقف میشود. هنگامی که میوه در مرحله تغییر رنگ تیمار شده با 1-MCP در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد میرسد، حدود هفت روز نرم شدن و نمو رنگ پوست به تأخیر میافتد، اما فقط تأثیر کمی بر مواد جامد محلول و کاهش وزن دارد. با این حال، پاپایای تیمار شده با 1-MCP در مرحله تغییر رنگ سفت‌تر است و در مرحله رسیدن دارای بافت لاستیکی است، که مطلوب نیست. میوه تیمار شده با 1-MCP زمانی که بیش از ۲۵ درصد پوست زرد است، به طور طبیعی رسیده و نرم میشود. نگهداری میوه‌هایی که ۱۰ درصد زرد شدند در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد به مدت هفت روز قبل یا بعد از تیمار با 1-MCP تأثیری بر واکنش نرم شدن 1-MCP ندارد. تیمار 1-MCP قبل یا بلافاصله بعد از تیمار اتفون نیز تفاوتی در الگوی نرم شدن نشان نمیدهد. انبار با اتمسفر اصلاح شده پس از تیمار با 1-MCP باعث افزایش بیشتر تاخیر در رسیدن شد. نتیجه این است که میوه پاپایا که با 1-MCP تیمار شده است، زمانی که بیش از ۲۵ درصد رسیده باشد، تاخیری در نرم شدن نشان میدهد که ممکن است سودمندی تجاری داشته باشد. استفاده از 1-MCP برای میوه‌هایی که کمتر از ۲۵ درصد زرد شده‌اند توصیه نمیشود زیرا اغلب در زمان رسیدن بافت گوشت میوه لاستیکی میشود (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

تیمار اکسید نیتریک (NO) (۳ ساعت، ۶۰ میکرو لیتر در لیتر، انبار در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد) به طور موثری طی ۲۰ روز انبارمانی تولید اتیلن و تنفس را متوقف میکند، کاهش وزن را کاهش میدهد، سفتی را حفظ میکند و تغییرات رنگ پوست و محتوای جامد محلول میوه سبز بالغ را به تاخیر میاندازد (لی^۵ و همکاران، ۲۰۱۴). تاخیر در رسیدن پس از تیمار با NO حدود دو روز است؛ مشخص نیست که مدت طولانی‌تر در معرض قرار گرفتن و یا به صورت مداوم باعث تاخیر بیشتر در رسیدن میشود. تاخیر در رسیدن با تنظیم آنزیم‌های نرم کننده دیواره سلولی و برهمکنش با سایر

¹ Correa

² Lourenço

³ Ergun and Huber

⁴ Manenoi

⁵ Li

تنظیمکنندههای رشد گیاه مرتبط است (گواو^۱ و همکاران، ۲۰۱۴). بخارات متیل جاسمونات^۲ از پوسیدگی قارچی جلوگیری کرد و باعث کاهش آسیب ناشی از سرما و از دست دادن سفتی در طول نگهداری پاپایا در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد و چهار روز در دمای ۲۰ درجه سانتیگراد شد (گنزالز-آکویلا^۳ و همکاران، ۲۰۰۳).

انبار با اتمسفر کنترل شده و اصلاح شده

زمانی که پاپایا در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد در شرایط ۱ تا ۱/۵ درصد O₂ به مدت ۶ روز نگهداری شود، ماندگاری ۱ تا ۱/۵ روز افزایش مییابد. O₂ کم (۱ تا ۵ درصد) با یا بدون CO₂ بالا (۲ تا ۱۰ درصد) پوسیدگی را کاهش میدهد و رسیدن را به تاخیر میاندازد. CO₂ بسیار بالا (۳۰٪) بر رنگ داخلی، عطر و طعم تأثیر میگذارد. ۱۰ درصد CO₂ هیچ اثری در کنترل پوسیدگی ندارد اما رنگگیری پوست به تأخیر میافتد. در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، میوه را میتوان به مدت ۳۶ روز در هشت درصد CO₂ و سه درصد O₂ ذخیره کرد، به طوری که هنوز ۵ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی-گراد برای خرده فروشی فرصت دارد. حذف اتیلن قبل از انبارداری نتایج متغیری را نشان داده است. میوه ذخیره شده در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی ۹۸ درصد و فشار پایین ۲۰ میلیمتر جیوه، کندتر از میوه در شرایط فشار معمولی میرسد. زمانی که میوه در معرض سطوح بسیار پایین O₂ کمتر از دو درصد یا سطح CO₂ بالاتر از هشت درصد باشد، بوی نامطلوب ایجاد میشود. این بوی نامطلوب زمانی که میوه به شرایط محیطی باز میگردد از بین میرود (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

اتمسفر کنترل شده در محدوده ۲-۵ درصد O₂ به اضافه ۳-۸ درصد CO₂ در دمای ۱۳-۱۰ درجه سانتیگراد توصیه شده است (یاهیا^۴، ۱۹۹۸). تحقیقات بعدی منجر به تغییر در این توصیهها نشده است. هیچ استفاده تجاری در مقیاس بزرگ تاکنون گزارش نشده است که احتمالاً به دلیل افزایش هزینهها و فقدان مزیت مشخص هزینه-سود است. مسئله مهم دیگر این است که میوه در طول سال برداشت میشود و اگرچه عرضه ممکن است هفته به هفته متفاوت باشد، استفاده از اتمسفر کنترل شده در طول بازاریابی با هزینه اضافی آن ممکن است تضمینی نباشد (مودا و همکاران، ۲۰۲۰). فنآوریهای جدید اتمسفر کنترل شده (چایکس^۵ و همکاران، ۲۰۱۴؛ جاکوم^۶ و همکاران، ۲۰۱۶) که در کانتینرهای حمل و نقل یخچالدار ادغام میشوند، مستلزم ارزیابی مجدد هزینهها و مزایای اتمسفر کنترل شده برای پاپایا هستند. نیاز بهینه گاز اتمسفر کنترل شده (O₂:CO₂) ممکن است در مراحل مختلف رسیدن متفاوت باشد و بنابراین سیستمهای کنترل جوی جدیدتر می توانند این نیازهای مختلف را در طول حمل و نقل با رسیدن میوه برطرف کنند. الزامات نسبت O₂:CO₂ میتواند با کاهش ضریب انتشار گاز در سرتاسر رسیدن میوه پاپایا سازگار شود و بنابراین از غلظتهای پایین و

¹ Guo

² Methyl jasmonate

³ Gonzalez-Aquilar

⁴ Yahia

⁵ Chaix

⁶ Jochum

بالای O₂ و CO₂ جلوگیری میکند. مقادیر اندک پاپایا که در تجارت بین‌المللی جابجا می‌شوند و در دسترس بودن پاپایا در تمام طول سال ممکن است تحلیل هزینه- سود استفاده از این فناوری اتمسفر کنترل شده را تضمین نکند (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

افزایش عمر انبارداری به چهار هفته برای میوه‌های بسته‌بندی شده در پلی اتیلن با تراکم پایین (۰/۰۴ میلیمتر) با تغییر غلظت گاز در ۲۴ ساعت به ۴-۵ درصد دی‌اکسید کربن و ۲-۳ درصد اکسیژن در دمای ۱۰-۲ درجه سانتیگراد گزارش شده است (روحانی و زایپون^۱، ۲۰۰۷). خنک‌سازی تبخیری^۲ ساده همراه با نگهداری میوه در کیسه‌های پلاستیکی نیز عمر ذخیره‌سازی پس از برداشت را افزایش می‌دهد (آزن^۳ و همکاران، ۲۰۱۴).

کاهش کیفیت پس از برداشت

سه علت عمده تلفات پس از برداشت عبارتند از: (۱) آسیب مکانیکی (شکل ۲-A)، (۲) شرایط انباری نامناسب (شکل ۲-B، C)، و (۳) بیماری. میوه در مرحله تغییر رنگ زمانی که هنوز تا حدی سبز است (شکل ۲-A) بسیار مستعد آسیب سایش است که منجر به ایجاد مناطق فرورفته مایل به سبز در میوه رسیده میشود که با شروع رسیدن میوه آسیب مگس میوه مشکل ساز است. سایش به کوتیکول آسیب میرساند، سرعت از دست دادن آب را افزایش میدهد و محلی را برای توسعه بیماری فراهم میکند. همانطور که میوه‌ها بیشتر از مرحله تغییر رنگ می‌رسند، نرم‌تر می‌شوند و به احتمال بیشتری تحت آسیب فشار یا ضربه قرار می‌گیرند (شکل ۲-A) (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

آلودگیهای قبل از برداشت اغلب منجر به بیماری‌های پس از برداشت می‌شوند و با شیوه‌های مدیریت ضعیف مزرعه همراه هستند. اختلالات پاتولوژیک اصلی در پاپایا آنتراکنوز (*Colletotrichum gloeosporioides*)، پوسیدگی انتهای ساقه سیاه (*Phoma caricae-papayae*)، پوسیدگی فوموپسیس^۴ (*Phomopsis caricae-papayae*)، پوسیدگی انتهای ساقه فایتوفترا (*Phytophthora nicotianae var. parasitica*) و پوسیدگی آلترناریا هستند (سامر^۵ و همکاران، ۲۰۱۱). آلودگی پنهان، آنتراکنوز، یکی از دلایل اصلی تلفات پس از برداشت است. برخی از بیماری‌ها مانند پوسیدگی سیاه انتهای ساقه و پوسیدگی فوموپسیس اغلب از دمگل شکسته شروع می‌شوند و با ارگانسیم‌هایی که ساپروفیت‌های فرصت‌طلب هستند مرتبط هستند. موارد دیگری مانند پوسیدگی آلترناریا پس از نگهداری میوه در دمای کمتر از ۱۲ درجه سانتیگراد بیشتر مشاهده میشود. اکثر بیماری‌ها زمانی که میوه بیش از ۲۵ درصد رسیده باشد به سرعت بروز می‌کنند. آسیب مکانیکی و آسیب ناشی از سرما می‌تواند توسعه بیماری‌های پس از برداشت را افزایش دهد (باوتیستا-بانوس^۶ و همکاران، ۲۰۱۳؛ سیواکومار و وال، ۲۰۱۳).

¹ Rohani and Zaipun

² Evaporative cooling

³ Azene

⁴ Phomopsis

⁵ Sommer

⁶ Bautista-Baños

نگهداری پس از برداشت و بیماریهای مربوط به انبارمانی

محموله‌های پاپایا که به بازارهای هدف می‌رسند طیفی از اختلالات مرتبط با آسیب مکانیکی، رسیدن بیش از حد و بیماری‌های انگلی دارند. سایر اختلالات مشاهده شده در بازار به دلیل عوامل پیش از برداشت است. ارتباط متقابل آسیب مکانیکی و اختلالات ذخیره سازی (یعنی آسیب سرماخوردگی) بر بروز بیماری پس از برداشت به طور کامل مشخص نشده است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

صدمات مکانیکی

آسیب مکانیکی ناشی از ساییدگی در حالی که پوست میوه سبز است، و آسیب ضربه و فشار هنگام رسیدن و نرم شدن میوه یک مشکل پس از برداشت برای پاپایاهایی است که از هاوایی به ایالات متحده فرستاده شده‌اند. میوه‌های رسیده پاپایا در بازارها اغلب نواحی فرورفته پوست را نشان می‌دهند که رنگ نگرفته‌اند. این لکه‌های میوه‌ای ناخوشایند که به آنها «جزایر سبز»^۱ می‌گویند باعث نگرانی حمل‌کنندگان می‌شوند. این آسیب پوستی با شکستگی کوتیکول همراه است (شکل ۲- A)، با این حال، وقوع آن با وجود لاتکس تراوش شده از زخم تشدید نمی‌شود. میوه در مرحله (۱۵-۱۰ درصد زرد) هنگامی که روی کاغذ سنباده مش ۲۰۰ از ارتفاع پنج سانتیمتری انداخته می‌شود علائم آسیب پوستی مشابه "جزایر سبز" را نشان می‌دهد که در سطح خرده فروشی مشاهده می‌شود. در حین جابجایی، این آسیب ساییدگی ناشی از کناره‌های صندوق‌های چوبی یا تخت‌های چند لایه، سطوح کثیف و کیسه‌های برداشت مورد استفاده در هنگام برداشت و جمع‌آوری میوه است. آسیب ساییدگی و سوراخ شدن برای میوه پاپایا در مرحله تغییر رنگ مهمتر از آسیب ضربه است (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

حرارت دادن میوه در دمای ۴۸ درجه سانتیگراد برای بیش از ۶ ساعت یا تا زمانی که دمای مرکز میوه به ۴۷/۵ درجه سانتیگراد برسد، شدت این آسیب ساییدگی پوست را تشدید می‌کند. تأخیر در اعمال عملیات حرارتی پس از افتادن، شدت آسیب پوست را کاهش نداد، به جز میوه‌هایی که ۲۴ ساعت پس از افتادن گرم شده‌اند. عملیات واکس میوه چه قبل یا چه بعد از عملیات حرارتی، شدت آسیب پوست را کاهش می‌دهد، که بیانگر نقش از دست دادن آب در کوتیکول آسیب دیده است. میوه‌هایی با رنگ ۴۰ درصد یا بیشتر در برابر ضربه و آسیب فشرده شدن بسیار حساس هستند (شکل ۲- A). این آسیب اغلب در بازارهای منطقه‌های برزیل، مکزیک، آسیای جنوب شرقی و هند دیده می‌شود (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

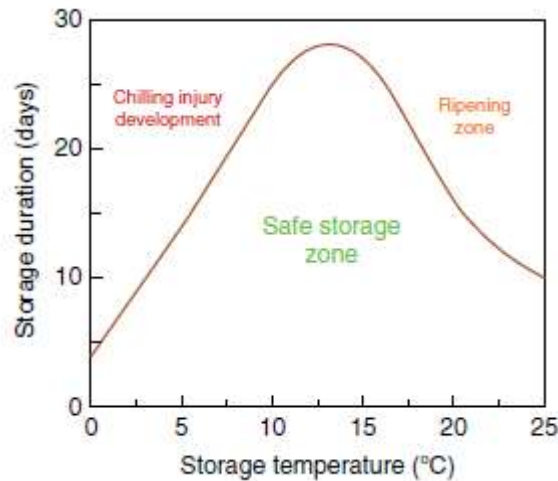
عارضه سرمازدگی

میوه پاپایا در مرحله تغییر رنگ را می‌توان در دمای کمتر از ۷ درجه سانتیگراد به مدت کمتر از ۱۴ روز نگهداری کرد که معمولاً در این شرایط می‌رسد (سیواکومار و وال، ۲۰۱۳؛ گومز^۲ و همکاران، ۲۰۱۶). علائم آسیب ناشی از سرمازدگی عبارتند از: سوختگی پوست (شکل ۲- C)، توده‌های سخت در گوشت میوه در اطراف دستجات آوندی،

¹ Green islands

² Gomes

رسیدن غیر یکنواخت، طعم نامطلوب میوه، آبکی شدن گوشت میوه^۱، و افزایش حساسیت به عوامل بیماریزا پس از برداشت (سیواکومار و وال، ۲۰۱۳). شدت بروز علائم به رقم و مدت قرار گرفتن در معرض دماهای کمتر از ۱۰ درجه سانتیگراد بستگی دارد (شکل ۳). با پیشرفت مراحل رسیدن از حساسیت میوهها به استرس سرمازدگی کاسته میشود (چن و پاول، ۱۹۸۶).



شکل ۳: ارتباط بین دمای انبار و طول مدت انبارمانی و آسیب سرمازدگی که به دمای کمتر از ۱۰-۱۲ درجه سانتیگراد محدود میشود و رسیدن در دمای بالاتر رخ میدهد.

علائم آسیب سرمازدگی در دمای پنج درجه سانتیگراد پس از ۱۴ روز برای میوه سبز بالغ و ۲۱ روز برای میوه‌های که ۶۰ درصد زرد شده است رخ میدهد (شکل ۳). کاهش حساسیت میوه به سرمازدگی به مرحله فراز گرای میوه مربوط میشود (چان^۲، ۱۹۸۸). قبل از ظهور علائم آسیب دیدگی ناشی از سرما، افزایش نشت الکترولیت و تولید اتیلن همراه با تغییرات در وضعیت انرژی میوه رخ میدهد (پان^۳ و همکاران، ۲۰۱۷). افزایش پوسیدگی آلترناریا در پاپایای سبز بالغ به مدت ۴ روز در دمای ۲ درجه سانتیگراد، ۶ روز در دمای ۵ درجه سانتیگراد، ۱۰ روز در دمای ۷/۵ درجه سانتیگراد یا ۱۴ روز در دمای ۱۰ درجه سانتیگراد مشاهده میشود. نگهداری پاپایا در دمای سرد پایین (کمتر از ۱۰ درجه سانتی-گراد) که از آستانه ذخیره سازی برای ایجاد علائم سرمایش تجاوز نمیکند، یک روش معمول در حمل و نقل پاپایا در فواصل طولانی به بازار است (شکل ۳) (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

بروز آسیب سرمازدگی را میتوان با تیمارهای آب گرم پس از برداشت کاهش داد. تیمار دوبار غوطه‌وری در آب گرم (اولین غوطه‌ور کردن میوه در آب با دمای ۴۲ درجه سانتیگراد به مدت ۳۰ دقیقه و سپس غوطه‌وری فوری در آب با دمای ۴۹ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه) در میوه پاپایا 'Frangi' قبل از نگهداری در دمای شش درجه سانتی-گراد به طور قابل توجهی بروز آسیب سرمازدگی را کاهش داد (شادمانی^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین گرم کردن میوه

¹ water soaking of flesh

² Chan

³ Pan

⁴ Shadmani

تا دمای ۳۸ درجه سانتیگراد برای ۶ تا ۲۴ ساعت قبل از نگهداری در دمای پایین نیز گزارش شده است که آسیب ناشی از سرما را کاهش می‌دهد (علی^۱ و همکاران، ۲۰۰۰).

تفاوت در نرم شدن مزوکارپ

نرم شدن مزوکارپ طی ۶ تا ۱۲ روز پس از برداشت میوه در مرحله تغییر رنگ رخ می‌دهد. مزوکارپ میوه در داخل از سبز- سفید به زرد نارنجی یا مایل به قرمز بسته به نوع آن تغییر رنگ می‌دهد و این تغییر رنگ به تدریج از آندوکارپ کنار حفره بذر به سمت پوست حرکت می‌کند. طی این فرآیند گوشت میوه دستخوش تغییرات قابل توجهی در بیان ژن و اصلاح دیواره سلولی می‌شود که منجر به نرم شدن می‌شود. گوشت میوه پاپایای رسیده عمدتاً از سلول‌های پارانشیم، با حجم زیادی از دیواره‌های سلولی نازک تشکیل شده است که در برابر فشار یا ضربه فیزیکی بسیار مقاوم نیستند. تفاوت واریته‌های در الگوی زمانی نرم شدن رخ می‌دهد، به طوری که برخی از واریته‌ها تا زمانی که میوه‌ها تقریباً به طور کامل زرد شوند، با تاخیر نرم می‌شوند. برخی از واریته‌ها در طول رسیدن به نرم شدن ادامه می‌دهند و بسیار نرم می‌شوند، در حالی که گونه‌های دیگر تا مرحله‌ای نرم می‌شوند که کمی سفت‌تر است و راحت‌تر با قاشق خورده می‌شوند (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

تامین نیتروژن بیش از حد در مزرعه می‌تواند منجر به کاهش زود هنگام سفتی میوه شود (سامز^۲، ۱۹۹۹). با این حال، این تغییر بافت ناشی از نیتروژن به دلیل اثر غیرمستقیم نیتروژن (بیش از حد) بر ظرفیت بافت مزوکارپ برای تجمع کلسیم است. طی رسیدن میوه، از دست دادن سفتی گوشت میوه با از دست دادن کلسیم از محلهای اتصال آن در ساختار دیواره سلولی و لایه میانی پیش می‌آید (کیو^۳ و همکاران، ۱۹۹۵). نشان داده شده است که کلسیم بالاتر مزوکارپ، منجر به استحکام بیشتر، کاهش تنفس و تولید اتیلن شده و سرعت رسیدن کندتر می‌شود (مدنی^۴ و همکاران، ۲۰۱۴). پتاسیم ارتباط مستقیمی با بافت میوه پاپایا ندارد اگرچه نقش مهمی در پتانسیل تورگر (فشاری) بافت دارد.

بیماریها

ضایعات ناشی از بیماریهای پس از برداشت بسته به فرآیند حمل و نقل و بسته بندی از یک تا ۹۳ درصد متغیر است. بیماریهای پس از برداشت به سه دسته کلی تقسیم می‌شوند: پوسیدگیهای سطح میوه، پوسیدگیهای انتهای ساقه و اختلالات درون میوه (الوارز و نیشیجیما^۵، ۱۹۸۷).

¹ Ali

² Sams

³ Qiu

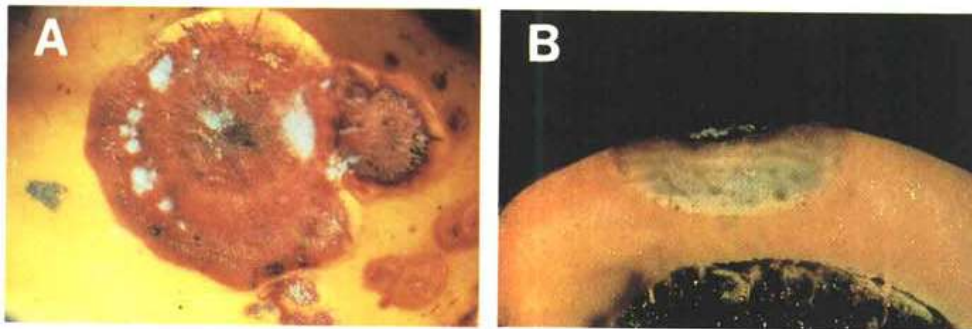
⁴ Madani

⁵ Alvarez and Nishijima

پوسیدگیهای سطح میوه

دو نوع کلی پوسیدگی سطح میوه در پاپایا وجود دارد. اولین شامل بیماریهایی است که توسط قارچهایی ایجاد میشود که میوه سالم، نابالغ و سبز را که هنوز به درخت متصل است، آلوده میکند. پوسیدگیهای آنتراکنوز، فایتوفترا، لکههای شکلاتی^۱ و لکه سیاه سرکوسپورا^۲ نمونههای این نوع پوسیدگی هستند (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

آنتراکنوز: این بیماری توسط *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc ایجاد میشود. آلودگیها معمولاً در اوایل نمو میوه در باغ آغاز میشود، اما پاتوژن تا زمانی که میوه به فاز فرازگرا برسد خاموش میماند. هنگامی که میوه شروع به رسیدن میکند قطرات لاتکس در سطح میوه تراوش میکند و لکههای آبکی کوچک ظاهر میشوند. زمانی که آلودگی گسترش پیدا کند یک ضایعه آبکی گرد با حاشیه قهوه‌ای روشن شفاف تشکیل میشود. قارچها توده‌های اسپور صورتی یا نارنجی روشن در بخش مرکزی ضایعه تولید میکنند (شکل ۴- A). بافت درونی منطقه آلوده شده سفت و به رنگ سفید خاکستری است که بعد شروع به قهوه‌ای شدن میکند (شکل ۴- B). لایه‌های از کالوس در سلولهای پارانشیمی تشکیل میشود که اجازه میدهد منطقه آلوده به صورت یک توپ یا قاچ از سطح میوه بلند شود (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).



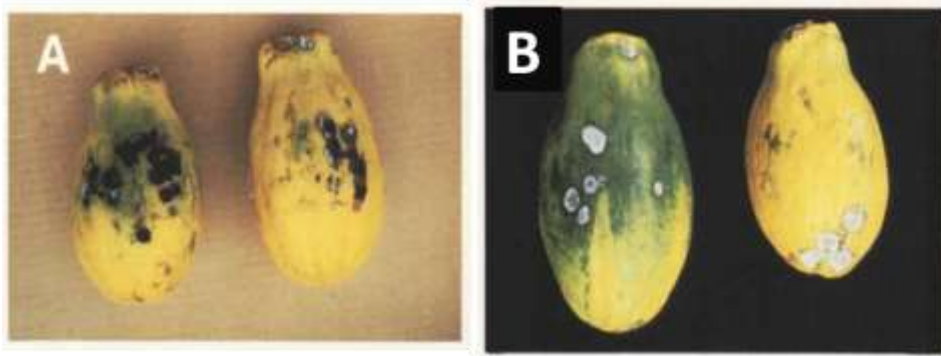
شکل ۴: (A) ضایعه آبکی آنتراکنوز که توسط *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc ایجاد میشود. (B) برش عرضی ضایعه آنتراکنوز که رنگ سفید خاکستری گوشت پاپایا را نشان میدهد. بافت محکم کالوس در مرز ضایعه نیم دایره‌ای و نرم تشکیل میشود.

لکه میوه آلترناریا: این بیماری با ضایعات دایره‌ای تا بیضی‌ای که با توده‌های هاگ سرخ رنگ *Alternaria alternate* (Fr.) Keissler پوشانده می‌شود شناخته میشود (شکل ۵- A). این ضایعات معمولاً به سطح میوه محدود میشوند و سبب گسترش پوسیدگی به بافت‌های پارانشیمی نمیشوند (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

پوسیدگی فوزاریومی: ضایعات خشک و کوچک روی سطح میوه گسترش میابند و بعد توسط یک بافت (حصیر مانند) میسیلیومی سفید و نسبتاً فشرده پوشانده میشوند (شکل ۵- B). پاتوژن به عنوان *Fusarium solani sensu* Snyder & Hans. شناسایی شد. این بیماری گاهی پس از برداشت روی میوه رخ می‌دهد (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

¹ Chocolate spot

² Cercospora black spot



شکل ۵: (A) بیماری ایجاد شده توسط *Alternaria alternata* که توده‌های سیاه اسپور را نشان می‌دهد. (B) پوسیدگی ایجاد شده توسط *Fusarium solani* که در آن بافت (حصیر مانند) میسیلیومی سفید و نسبتاً فشرده در بالای ضایعه تشکیل می‌شود.

پوسیدگی انتهای ساقه

پوسیدگی انتهای ساقه پاپایا زمانی رخ می‌دهد که قارچها پس از برداشت به دمگل بر پیچیده شده حمله می‌کنند. اسپورها همچون ممکن است از طریق شکافها یا بطنی دمگل و گوشت پاپایا نفوذ کنند تا از طریق زخمهای کوچکی که در هنگام برداشت ایجاد می‌شود حمله کنند. پوسیدگی انتهای ساقه در ابتدا فقط به *Ascochyta sp.* نسبت داده می‌شد. سپس، جنسهای دیگر شامل *Phomopsis*، *Botryodiplodia* و گاها *Fusarium* در بافتهای بیمار شناسایی شدند. تاکنون چندین قارچ دیگر شامل *C. gloeosporioides*، *A. alternata*، *S. lycopersici* و *Mycosphaerella sp.* نیز شناسایی شده‌اند که ممکن است سبب پوسیدگی انتهای ساقه شوند (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

آلودگیهای درون میوه

لکه سیاه داخلی^۱ اصطلاحی برای تودههای اسپور قارچی است که حفره میوه را پر می‌کند. بیماری گاها زمانی که انتهای گلگاه میوه به طور کامل بسته نشده باشد رخ می‌دهد (شکل ۶). قارچهایی مانند *Cladosporium sp.*، *Penicillium sp.* و *Fusarium spp.* ممکن است از طریق گذرگاه باریک منتهی به حفره بذر وارد شوند و بذر و همچون بافت اطراف آن را از بین ببرند. میوههای آلوده معمولاً دارای یک حفره کوچک در انتهای گلگاه هستند که اغلب با یک هاله سبز روشن همراه است. میوههای دارای چنین علائمی معمولاً به طور غیریکنواخت میرسند و قبل از عملیات بسته‌بندی حذف میشوند. ظاهراً اختلال آناتومیکی منشا ژنتیکی دارد و انتخاب بذر معمولاً برای دور زدن این مشکل کافی است. بذر معمولاً از درختانی که بیماری در آنها رخ نمیدهد جمع‌آوری میشوند (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

¹ Internal Smut



شکل ۶: لکه سیاه داخلی ایجاد شده توسط *Cladosporium* sp.

کنترل بیماریهای پس از برداشت

به دلیل این که بسیاری از بیماریهای پس از برداشت در مزرعه شروع میشوند، اقدامات لازم برای کنترل نیز باید از مزرعه آغاز شود. کاهش منبع آلودگی و کاربرد قارچکشهای محافظ راهکارهای بسیار موثر برای کنترل بیماری هستند و مواد شیمیایی مختلفی برای این منظور تست شدهاند. در مورد پاپایا بهترین نتیجه با محلولپاشی فراوان مانکوزب یا کلروتالونیل از ابتدای اولین تشکیل میوه، حدود ۸-۶ ماه بعد از کاشت حاصل میشود. حذف تمام میوههای آلوده برای کاهش آلودگی بیماریهای پس از برداشت ضروری است. اگرچه حذف برگهای بی از مزرعه عملی نیست، اما با این آنها را به طور منظم از درخت جدا کرد تا مسی بدون مانع بپاش و میوهها ایجاد شود و همین طور به دلیل این که چرین برگها بی به عنوان منبع آلودگی در مجاورت گنجه عمل می کنند (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

غوطه وری در آب داغ یا اسپری با آب داغ و به دنبال آن استفاده از قارچ کشها در واکس میوه، به طور قابل ملاحظه‌ای پوسیدگی پس از برداشت را حتی برای انبارمانی طولانی مدت در طول حمل و نقل سطحی کاهش می‌دهد. تیمار آب گرم رسیدن را نیز به تاخیر می‌اندازد (شکل ۶) (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷). صادرات پاپایا به مقصد بازار آمریکا مستلزم آن است که صادرکنندگان میوه را انتخاب کنند، کنترل قرنطینه‌ای را انجام دهند و واکس را روی میوه بمالند، که هدف همگی کنترل لارو مگس میوه و اسپوره‌های قارچ است. تیمارهای قرنطینه‌ای شامل تیمار آب گرم یا هوای گرم یا پرتودهی است. تیمار قدیمی حرارتی غوطه‌وری ۲۰ دقیقه‌ای در آب (یا حرارت بخار یا هوای گرم) در دمای 48 ± 1 درجه سانتیگراد بود، روشی که اغلب باعث آسیب گرمایی میشد. شدت آسیب بسته به حساسیت میوه به عملیات حرارتی در طول سال و شرایط قبل از برداشت که ممکن است باعث آسیب گرمایی شود متفاوت است. میزان آسیب حرارتی تابعی از دما، مدت زمان و سرعت سرد شدن میوه پس از تیمار حرارتی است. شایعترین علائم آسیب عبارتند از تیره شدن یا تغییر رنگ پوست، تسریع پیری و ناتوانی مزوکارپ میوه در نرم شدن کامل یا نرم شدن با سرعت کم، افزایش از دست دادن آب و تیره شدن رنگ گوشت میوه (مودا و همکاران، ۲۰۲۰).

ضد عفونی روزانه خطوط بسته‌بندی و مخزنهای حاوی آب برای به حداقل رساندن تلفات مجدد میوه‌های تیمار شده

با آب گرم به ویژه کاهش آلودگی ریزوپوس لازم است (الوارز و نیشیجیما، ۱۹۸۷).

نتیجه‌گیری

به دلیل افزایش آگاهی مصرف‌کنندگان در سراسر جهان از مایه پاپایا و همچنین گسترش تولید و صادرات آن تحقیقات مربوط به رسیدن و مدیریت پس از برداشت مایه پاپایا اهمیت بیشتری دوباره پیدا کرده است. مسائل اصلی مورد هدف تحقیقات حفظ کیفیت و عمر پس از برداشت است که محدودیت‌هایی را برای بازاریابی ایجاد می‌کند. مشکلات کیفی که در بازارها مشاهده می‌شود شامل اندازه و شکل متغیر میوه‌ها، آسرب مکانیکی، لکه‌ها، کم آبی، و اگرچه دیده نمی‌شود، طعم آن که بر اساس شیمی تعین می‌شود، می‌باشد. یکی دیگر از مشکلات را حجج بھاری‌های پس از برداشت است که در برخی موارد با آسرب ناشی از سرما همراه است. جهت تجمع قند در میوه پاپایا زمان صحیح برداشت بسیار حائز اهمیت است و میوه‌ها باید پس از رسیدن برداشت شوند که این زمان با توجه به تغییر رنگ پوست تعیین می‌شود. زمان برداشت با توجه به نوع مصرف تعیین می‌شود، به طوری که میوه‌هایی که برای سالاد و سایر غذاها تهیه می‌شوند زمانی که هنوز سبز و بالغ هستند برداشت می‌شوند، در حالی که میوه‌هایی که برای تازه‌خوری مصرف می‌شوند در مرحله تغییر رنگ یا بعد از آن برداشت می‌شوند. تخم‌گذاری مگس میوه و حساسیت به آسبهای مکانیکی نیز عمر پس از برداشت میوه پاپایا را با محدودیتهایی مواجه می‌کند. آب از دست‌دهی نیز از عوامل کاهش کیفیت و بازارپسندی میوه پاپایاست که استفاده از واکسها و پوششهای مناسب و حفظ رطوبت نسبی بالای انبار در کاهش آن مؤثر است. بر اساس نتایج حاصل از تحقیقات مختلف نگهداری در محدوده دمای ۱۲ تا ۱۳ درجه سانتیگراد و رطوبت نسبی ۹۰ تا ۹۵ درصد توصیه شده است. بیماریها و آلودگیهای پس از برداشت نیز ناشی از مدیریت ضعیف مزرعه قبل از برداشت و عدم رعایت اصول بهداشتی و شرایط مناسب انباری و حمل و نقل است که سبب ضایعات بالای پس از برداشت میوه می‌شود.

تلاشها برای اصلاح رسیدن و در نتیجه افزایش عمر پس از برداشت میوه پاپایا ادامه دارد. ارقام پاپایا از نظر الگوهای رسیدن متفاوتند و این راهکار دیگری را برای به‌تأخیر انداختن رسیدن مایه ارائه می‌دهد. بازدارنده گلیکولید (I-MCP) به‌طور گسترده مطالعه شده است و نوبی بخش است، اگرچه مشکلاتی در استفاده از آن در مراحل خاصی از رسیدن پاپایا وجود دارد.

مهمترین پیام نشریه

پاپایا یک میوه گرمسیری است و پس از برداشت در دمای معمولی عمر کمی داشته و حساس به بیماری و آسیبهای مکانیکی است. از این رو افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت و بازارپسندی آن نیازمند مدیریت صحیح قبل از برداشت مانند تغذیه مناسب و پس از برداشت مانند استفاده از سردخانهها و شرایط حمل و نقل مناسب است.

- مدنی، ب. و بروجردنیا، م. ۱۳۹۸. فیزیولوژی پس از برداشت پاپایا. نشریه علمی یافته‌های تحقیقاتی در گیاهان زراعی و باغی، ۸(۱): ۱۰۶-۱۱۵.
- Akamine, E.K. and Goo, T. 1971. Relationship between surface color development and total soluble solids in papaya. *HortScience*, 6: 567-568.
- Ali, Z.M., Ng, C.H., Chua, S.T., Othman, R. and Lazan, H. 2000. Heat treatment alleviates chilling injury symptoms, retards texture changes and maintains the capacity to produce ethylene in papaya fruits. In: Artcs, F., Gil, M.I. and Conesa, M.A. (eds) *Improving Postharvest Technologies of Fruits, Vegetables and Ornamentals*. International Institute of Refrigeration, Paris, pp. 519-524.
- Azene, M., Workneh, T.S. and Woldetsadik, K. 2014. Effect of packaging materials and storage environment on postharvest quality of papaya fruit. *Journal of Food Science and Technology*, 51(6): 1041-1055.
- Bastos, V.F.A., Wanderley, J., Andrade, P.M.L. and Costa, V.F. 2014. Effect of ethylene absorber sachets during storage of papaya (*Carica papaya*). *Magistra*, 26(CBPFH): 1418-1423.
- Chaix, E., Guillaume, C. and Guillard, V. 2014. Oxygen and carbon dioxide solubility and diffusivity in solid food matrices: a review of past and current knowledge. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13: 261-286.
- Chan, H.T. 1988. Alleviation of chilling injury in papaya. *HortScience*, 23: 868-870.
- Chen, N.M. and Paull, R.E. 1986. Development and prevention of chilling injury in papaya fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 111: 639-643.
- Corrêa, S.F., Da Silva, M.G., Oliveira, J.G., Aroucha, E.M.M., Silva, R.F., Pereira, M.G. and Vargas, H. 2005. Effect of the potassium permanganate during papaya fruit ripening: ethylene production. *Journal de Physique IV (Proceedings)*, 125: 869-871.
- Ding, P. and Muhammad, Z.A.L. 2013. Prolonging postharvest life of 'Frangi' papaya using shrink film. *Acta Horticulturae*, 1012: 1347-1352.
- Ergun, M. and Huber, D.J. 2004. Suppression of ethylene perception extends shelf-life and quality of 'Sunrise Solo' papaya fruit at both pre-ripe and ripe stages of development. *European Journal of Horticultural Science*, 69: 184-192.
- Evans, E.A. and Ballen, F.H. 2020. Production and Trade, In: Sisir, M. (eds). *The papaya, Botany, Production and Uses*. CABI, pp. 1-269.
- FAO. 2019. *Crop Production and Trade Statistics*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. Available at: <http://www.fao.org/faostat/en/#data> (accessed 12 December 2018).
- Fuggate, P., Wongs-Aree, C., Noichinda, S. and Kanlayanarat, S. 2010. Quality and volatile attributes of attached and detached 'Pluk Mai Lie' papaya during fruit ripening. *Scientia Horticulturae*, 126: 120-129.
- Gomes, B.L., Fabi, J.P. and Purgatto, E. 2016. Cold storage affects the volatile profile and expression of a putative linalool synthase of papaya fruit. *Food Research International*, 89: 654-660.
- Gonzalez-Aguilar, G.A., Buta, J.G. and Wang, C.Y. 2003. Methyl jasmonate and modified atmosphere packaging (MAP) reduce decay and maintain postharvest quality of papaya 'Sunrise'. *Postharvest Biology and Technology*, 28: 361-370.
- Guo, Q., Wu, B., Chen, W., Zhang, Y., Wang, J. and Li, X. 2014. Effects of nitric oxide treatment on the cell wall softening related enzymes and several hormones of papaya fruit during storage. *Food Science and Technology International*, 20: 309-317.
- Jochum, T., Rahal, L., Suckert, R.J., Poppa, J. and Frosch, T. 2016. All-in-one: a versatile gas sensor based on fiber enhanced Raman spectroscopy for monitoring postharvest fruit conservation and ripening. *Analyst*, 141: 2023-2029.
- Madani, B., Mohamed, M.T.M., Watkins, C.B., Kadir, J., Awang, Y. and Shojaei, T.R. 2014. Preharvest calcium chloride sprays affect ripening of 'Eksotika II' papaya fruits during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 171: 6-13.

- Mahattanatawee, K., Manthey, J.A., Luzio, G., Talcott, S.T., Goodner, K. and Baldwin, E.A. 2006. Total antioxidant activity and fiber content of select Florida-grown tropical fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 7355–7363.
- Manenoi, A., Bayogan, E.R.V., Thumdee, S. and Paull, R.E. 2007. Utility of 1-methylcyclopropene as a papaya postharvest treatment. *Postharvest Biology and Technology*, 44: 55–62.
- Martins, D.S. and Fornazier, M. 2015. Systems approach enables exporting Brazilian papayas to USA. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/282859008> (accessed 12 November 2018).
- Muda, P., Jung Chen, N. and Paull, R.E. 2020. Postharvest handling, Storage and Quality, In: Sisir, M. *The papaya, Botany, Production and Uses*. CABI, pp. 1-269.
- Oliveira, J.G. and Vitoria, A.P. 2011. Papaya: nutritional and pharmacological characterization, and quality loss due to physiological disorders. An overview. *Food Research International* 44, 1306–1313.
- Pan, Y.G., Yuan, M.Q., Zhang, W.M. and Zhang, Z.K. 2017. Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. *Postharvest Biology and Technology*, 125: 181–187.
- Paull, R.E. and Chen, N.J. 1989. Waxing and plastic wraps influence water loss from papaya fruit during storage and ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114: 937–942.
- Qiu, Y., Nishina, M.S. and Paull, R.E. 1995. Papaya fruit growth, calcium uptake, and fruit ripening. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120: 246–253.
- Ramos-García, M., Bautista-Baños, S., Troncoso-Rojas, R., Bosquez-Molina, E., Alia-Tejagal, I., Guillén-Sánchez, D., Guitiérrez-Martínez, P. 2009. Papaya Postharvest Handling in Mexico: Use of Chitosan and Isothiocyanates to Control Postharvest Diseases. *Fresh produce*, 4(1): 21-28.
- Rohani, M.Y. and Zaipun, M.Z. 2007. MA storage and transportation of ‘Eksotika’ papaya. *Acta Horticulturae*, 740: 303–311.
- Sams, C.E. 1999. Preharvest factors affecting postharvest texture. *Postharvest Biology and Technology*, 15: 249–254.
- Sarkhosh, A., Schaffer, B., Vargas, A.I., Palmateer, A.J., Lopez, P., Soleymani, A. and Farzaneh, M. 2018. Antifungal activity of five plant-extracted essential oils against anthracnose in papaya fruit. *Biological Agriculture & Horticulture*, 34: 18–26.
- Shadmani, N., Ahmada, S.H., Saari, N., Dinga, P. and Tajidin, N.E. 2015. Chilling injury incidence and antioxidant enzyme activities of *Carica papaya* L. ‘Frangi’ as influenced by postharvest hot water treatment and storage temperature. *Postharvest Biology and Technology*, 99: 114–119.
- Sivakumar, D. and Wall, M.M. 2013. Papaya fruit quality management during the postharvest supply chain. *Food Reviews International*, 29: 24–48.
- Teixeira da Silva, J.A., Ranhid, Z., TanNhut, D., Sivakumar, D., Gera, A., Souza Jr, M.T. and Tennant, P.F. 2007. Papaya (*Carica papaya* L.) biology and biotechnology. *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 1(1): 47–73.
- Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carica papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 434–445.

**پژوهشکده خرما
و میوه‌های گرمسیری**

اهواز: کیلومتر ۱۰ جاده ساحلی

اهواز - خرمشهر

تلفن: داخلی ۹ - ۰۶۱-۹۱۰۰۱۱۲۹

دورنگار: داخلی ۵ - ۰۶۱-۹۱۰۰۱۱۲۹

صندوق پستی ۱۶ - ۶۱۳۵۵

www.khorma.arcco.ac.ir

