

پیش‌بینی بلوغ برداشت در ارقام گلابی آسیایی و اروپایی به روش‌های مختلف آماری

زینب شفائی‌چروش^۱، کاظم ارزانی^۲، نیما احمدی^۳، مهدی عیاری^۴ و حمید عبداللهی^۵

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۴ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱/۱۵)

چکیده

پیش‌بینی بلوغ برداشت برای نگهداری و کاهش تلفات پس از برداشت اهمیت دارد. از آنجایی که بلوغ اپتیمم برداشت، ماهیتی پیچیده دارد و عمدتاً تحت تأثیر چندین عامل قرار می‌گیرد، استفاده از روش‌های آماری مانند تحلیل عاملی (MFA) و مدل‌سازی مسیر با حداقل مربعات جزئی (PLS-PM) به دلیل ارزیابی همزمان بسیاری از عوامل مرتبط با بلوغ برداشت می‌توانند درک بهتری از تکامل بلوغ ارائه دهند. هدف از این پژوهش، بررسی رابطه بین شاخص برداشت، شاخص‌های مورفولوژیک، ماده خشک و رنگدانه به منظور تعیین میزان تأثیر هر یک از آن‌ها در توسعه شاخص‌های برداشت‌های مناسب‌تر است. بدین منظور از میوه ارقام گلابی آسیایی KS7 و گلابی اروپایی درگزی کشت شده در باغ پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس و یک باغ تجاری واقع در آبیگ قزوین استفاده گردید. نتایج نشان داد متغیرهای مورفولوژیک، ماده خشک و رنگدانه ۸۱/۳ و ۸۶/۶ درصد از تغییرات شاخص برداشت را به ترتیب در رقم KS7 و درگزی تبیین کردند. نتایج حاکی از آن بود که در رقم KS7 متغیرهای مورفولوژیک و رنگدانه بیشترین اثر را روی روند بلوغ داشتند درحالی‌که در رقم درگزی، شاخص ماده خشک با شاخص برداشت همبستگی بیشتری داشت. در پژوهش‌های آینده استفاده از داده‌های بیشتر و با تاریخ نمونه‌برداری گسترده‌تر اطمینان کاربرد مدل حاضر را بهبود خواهد داد.

کلمات کلیدی: رنگدانه، شاخص برداشت، ماده خشک، MFA، PLS-PM

۱- دانشجوی دکتری، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۲- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳- دانشیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۴- استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۵- دانشیار، پژوهشکده میوه‌های معتدله و سردسیری، مؤسسه علوم تحقیقات باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی کرج، کرج، ایران.

* پست الکترونیک: arzani_k@modares.ac.ir

مقدمه

رسیدن یکی از فرآیندهای مهم در میوه است، طی این فرایند تعدادی تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ساختاری شامل تخریب نشاسته یا دیگر پلی‌ساکاریدهای ذخیره‌ای، تولید قندها، سنتز رنگدانه‌ها، ترکیبات فرار و تجزیه دیواره سلولی رخ می‌دهد که منجر به رسیدن و نرم شدن میوه می‌گردد و آن را برای مصارف خوراکی مناسب می‌سازد. درک این تغییرات در هنگام رسیدن در بررسی تلفات پس از برداشت برای توسعه فن‌آوری‌ها در افزایش ماندگاری میوه اهمیت دارد. حفظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی که کیفیت میوه را به ارمغان می‌آورد به‌طور عمده به بلوغ برداشت و تا حدودی به توانایی اعمال شرایطی که تغییرات این صفات را به حداقل می‌رساند، بستگی دارد. تعیین زمان برداشت بهینه، برای به دست آوردن یک میوه با کیفیت بالا با پتانسیل انبارمانی مناسب از فاکتورهای اساسی در مدیریت نگهداری میوه است (ارزانی^۱، ۲۰۱۹؛ دیپتی^۲، ۲۰۱۷؛ وانگ و ارزانی^۳، ۲۰۱۹).

به‌طور کلی فیزیولوژی قبل از برداشت میوه‌ها در مقایسه با فیزیولوژی و بیوشیمی پس از برداشت کمتر مورد توجه قرار گرفته است و مطالعات زیادی در مورد تغییرات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی در طول بلوغ و رسیدن میوه گزارش نشده است به‌همین دلیل تحقیقات بیشتری برای درک فرآیندهای فیزیولوژیک رسیدن میوه به‌ویژه برای گلابی، مورد نیاز است (ویلایام و بنکبلیا^۴، ۲۰۱۸). گلابی اروپایی (*Pyrus communis* L.) و آسیایی (*Pyrus serotina* Rehd.) دو گونه مهم و تجاری گلابی هستند (سورت^۵، ۲۰۲۰). رسیدن و بلوغ میوه در گلابی آسیایی و اروپایی متفاوت است. تحقیقات زیادی در مورد بلوغ تجاری میوه گلابی و شاخص‌های تعیین‌کننده آن انجام شده است. تعداد روز بعد از تمام‌گل می‌تواند تاریخ برداشت تقریبی را نشان دهد اما به‌دلیل ریزاقلم بین سال‌ها و مکان‌های متفاوت وجود دارد. در گلابی آسیایی، شاخص‌های برداشت رایج مانند شیرینی، ویژگی‌های طعم و رنگ پوست برای تعیین بلوغ بهینه

برداشت در نظر گرفته می‌شود (ارزانی، ۲۰۱۹). رنگ پوست شاخص بلوغ ارزشمندی برای گلابی آسیایی است و با توجه به‌رقم از سبز تا قهوه‌ای‌طلایی تا سبز مایل به زرد روشن متفاوت است (اسکوروپینسکا^۶ و همکاران، ۲۰۱۹). در گلابی اروپایی نیز می‌توان از شاخص رنگ پوست به‌عنوان راهنمای تعیین بلوغ تجاری استفاده کرد با این حال، شاخص رنگ پوست میوه به‌تنهایی برای تعیین برداشت بهینه، کافی نیست (کینگستون^۷، ۱۹۹۲). سفتی گوشت در حال حاضر به‌عنوان یک شاخص تجاری و قابل‌اعتماد برای زمان برداشت مناسب در گلابی اروپایی استفاده می‌شود اما به‌طور کلی، سفتی میوه شاخص خوبی برای بلوغ گلابی آسیایی نیست (ارزانی، ۲۰۱۹). ماده خشک نیز به‌سرعت در حال تبدیل شدن به یک شاخص مناسب سنجیدن کیفیت میوه است و برای سبب پیشنهاد شده است. این شاخص از کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول (کربوهیدرات‌های ساختاری و نشاسته) تشکیل شده است (گوک^۸ و همکاران، ۲۰۱۸). علاوه بر این، ماده خشک میوه شامل متابولیت‌های اولیه و پیش‌سازهای متابولیت ثانویه است که در طول رسیدن میوه دچار تغییرات قابل توجهی می‌شود و در نتیجه می‌تواند بر کیفیت میوه بالغ تأثیر بگذارد (نوردی^۹ و همکاران، ۲۰۱۹).

به‌طور کلی بلوغ بهینه دارای مفهومی پیچیده و چندبعدی است که ممکن است تحت تأثیر یک عامل واحد قرار نگیرد، بنابراین ارزیابی و اندازه‌گیری آن چالش برانگیز است. علاوه بر این، تجزیه و تحلیل تک‌متغیره از ارزیابی هم‌زمان متغیرهای مختلف جلوگیری می‌کند و همچنین محدودیت‌هایی را اعمال می‌کند که تعمیم نتایج را دشوار می‌سازد. بنابراین، اخیراً محققان بر توسعه و استفاده از شاخص‌های ترکیبی متمرکز شده‌اند (کاتالدو^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷؛ ریش^{۱۱} و همکاران، ۲۰۲۳). تجزیه و تحلیل آماری مجموعه داده‌ها با استفاده از تکنیک‌های چندمتغیره مانند تحلیل چندعاملی (MFA^{۱۲}) و مدل‌سازی مسیر با حداقل مربعات جزئی (PLS-PM^{۱۳}) درک

8. Goke

9. Nordey

10. Cataldo

11. Rish

12. Multiple Factor Analysis

13. Partial Least Squares-Path modeling

1. Arzani

2. Deepthi

3. Arzani and Wang

4. Williams and Benkeblia

5. Sauret

6. Skorupńska

7. Kingston

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و نمونه‌برداری میوه

این مطالعه در فصل رشدی ۱۳۹۸ بر روی میوه‌های گلابی آسیایی (KS7) و گلابی اروپایی (درگزی) کاشته شده در باغ تحقیقاتی گروه علوم باغبانی، دانشگاه تربیت مدرس و باغ تجاری کوثر واقع در آبیگ قزوین، انجام شد. نمونه‌های میوه هر دو رقم در سه محدوده زمانی ۲۰ روز قبل از برداشت تجاری (DBH^۵)، ۱۰ روز قبل و هنگام برداشت تجاری جمع‌آوری شدند. طبق نظر کارشناسان زمان برداشت تجاری ارقام KS7 و درگزی به ترتیب ۱۱۱ و ۱۷۹ روز پس از تمام‌گل (DAFB^۶) تخمین زده شد. برای مطالعه صفات مورد نظر، میوه‌ها به صورت تصادفی از قسمت‌های مختلف تاج درختان چیده شدند و بلافاصله به آزمایشگاه انتقال داده شدند.

ارزیابی صفات

اندازه‌گیری وزن تر، خشک و سفتی میوه

وزن میوه‌ها با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم انجام شد. از دستگاه کولیس دیجیتال به منظور اندازه‌گیری طول و قطر میوه استفاده گردید. وزن خشک با قرار دادن یک میوه کامل در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان ثابت شدن وزن که حدود ۷۲ ساعت بود، محاسبه شد و نتایج به صورت درصد بیان شد. میزان سفتی بافت میوه با سفتی‌سنج (Penetrometer, CNS FARNELL) دارای پروب ۸ میلی‌متر اندازه‌گیری و براساس کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع گزارش گردید.

اندازه‌گیری مواد جامد محلول و اسیدیت قابل

تیتراسیون

از رفراکتومتر برای تعیین میزان مواد جامد محلول کل (TSS) مدل HSR-500 2340 ساخت کشور ژاپن استفاده و به صورت درجه بریکس (°Brix) قرائت شد. اسیدیت قابل تیتراسیون (TA) به روش تیتراسیون عصاره میوه با سدیم هیدروکسید ۰/۱ نرمال محاسبه و برحسب درصد اسیدمالیک بیان شد.

اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول و نشاسته

برای تعیین غلظت کربوهیدرات‌های محلول در نمونه‌های

بهتر و عمیق‌تری از متغیرهای مربوطه ارائه می‌دهند که می‌تواند برای محاسبه سیستم‌های شاخص ترکیبی استفاده شود. (داسیلوا^۱ و همکاران، ۲۰۲۰؛ ریش و همکاران، ۲۰۲۳). MFA یک روش کاملاً توصیفی است. در این روش چندین گروه از متغیرها یک ساختار چندبعدی را تشکیل می‌دهند و ارتباط متغیرها (شاخص‌های ترکیبی) از طریق ابعاد مشترک شان معلوم می‌شود. برای مدل‌سازی روابط علی بین متغیرها، از PLS-PM استفاده می‌شود. مدل PLS به ما اجازه می‌دهد تا شاخص‌ها را با در نظر گرفتن عضویت شاخص‌ها در بلوک‌ها و روابط علی بین بلوک‌ها، جمع‌بندی کنیم. یکی از مهمترین مزایای استفاده از PLS این است که دو نوع وزن را فراهم می‌کند: اندازه‌گیری تأثیر هر شاخص (تک‌متغیر) بر شاخص ترکیبی مربوطه و دیگری تأثیر شاخص‌های ترکیبی را بر شاخص پیچیده (شاخص برداشت) اندازه‌گیری می‌کند. این دو سطح وزن کمک می‌کند تا مشخص شود که کدام شاخص مهمترین شاخص در ساخت شاخص‌های ترکیبی است و همچنین کدام مجموعه متغیر محرک اصلی در محاسبه شاخص پیچیده است. در نتیجه با توجه به این نقاط مشترک و تفاوت‌ها این دو روش در ساختن یک رویکرد توصیفی و مدل‌سازی برای یک مسئله مهم، مکمل یکدیگر هستند (ترینچرا^۲ و همکاران، ۲۰۱۰). شاه‌محمدی^۳ و همکاران (۲۰۲۰) برای بررسی ارتباط خصوصیات زیست‌شیمیایی، ریخت‌شناسی، گلدهی و عملکرد میوه توت‌فرنگی از آنالیز چندمتغیره PLS-PM استفاده کردند. آن‌ها ویژگی‌های گل آذین، گلدهی و میوه‌دهی را به عنوان مهم‌ترین عوامل مؤثر بر عملکرد میوه گزارش کردند. همچنین وو^۴ و همکاران (۲۰۱۸) از مدل‌سازی PLS-PM در علوم مرتبط با کشاورزی استفاده کردند.

هدف از این پژوهش بررسی تغییرات پارامترهای کیفی مختلف طی دوره برداشت در ارقام گلابی درگزی و KS7 و بررسی همبستگی آن‌ها با استفاده از تکنیک‌های چندمتغیره MFA و PLS-PM برای پیش‌بینی شاخص‌های برداشت مناسب‌تر بود.

4. Wu

5. Days before harvest

6. Days after full bloom

1. Da Silva

2. Trinchera

3. Shahmohammadi

تجزیه و تحلیل آماری

در این آزمایش داده‌های مربوط به هر رقم به‌صورت جداگانه تجزیه شدند. صفات وزن تر، وزن خشک، سفتی، مواد جامد محلول، pH و اسیدیته قابل تیتراسیون میوه به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار (هر تکرار شامل سه درخت) و یک فاکتور مرحله برداشت (سه مرحله) و کلروفیل، کاروتنوئید، کربوهیدرات‌های محلول و نشاسته به‌صورت اندازه‌گیری در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و یک فاکتور بافت میوه (پوست و گوشت به‌عنوان عامل اصلی) و مرحله برداشت (عامل فرعی) آنالیز شدند. مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون SNK در سطح احتمال ۵٪ و با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 انجام گردید.

برای همبستگی بین متغیرها از روش MFA انجام شد. تجزیه MFA به‌غیر از ارائه یک فضای مشترک برای نمونه‌ها و متغیرها (فضایی که توسط ابعاد تعریف شده که در آن نمونه‌ها و متغیرها نشان داده می‌شود)، رابطه بین مجموعه‌های مختلف متغیرها را نیز نشان می‌دهد و همچنین به‌عنوان یک تکنیک توضیحی قبل از ساخت مدل PLS استفاده می‌شود (داسیلوا و همکاران، ۲۰۲۰).

تجزیه و تحلیل چند عاملی (MFA) با استفاده از نرم‌افزار R Studio و بسته FactoMineR انجام شد (لی ۴ و همکاران، ۲۰۰۸). ۲۱ صفت اندازه‌گیری شده در ۴ گروه صفات مورفولوژی، رنگدانه، ماده خشک و شاخص برداشت طبقه بندی شدند. یک گروه طبقه‌بندی تکمیلی^۵ مرحله برداشت برای کمک به تفسیر تجزیه تحلیل به گروه‌بندی‌ها اضافه شد. این روش همبستگی متغیرها را در یک فضای مشترک نشان می‌دهد. از متغیرهای مورفولوژی، رنگیزه، ماده خشک و شاخص برداشت برای ساخت فضای مشترک و تأثیرگذاری بر فاصله بین نمونه‌ها استفاده شد، در حالی که گروه تکمیلی تنها برای تسهیل تفسیر آنالیز معرفی شد. برای تصمیم‌گیری در مورد تعداد ابعادی که باید در مدل حفظ شود، یک نمودار اسکری پلات^۶ ساخته شد. مدل‌سازی مسیر با حداقل مربعات جزئی (PLS-PM) با استفاده از بسته plsmpm ایجاد شد

پوست و گوشت میوه از روش فنل-سولفوریک اسید استفاده شد (فاکس و رابیت^۱، ۱۹۹۱). بدین منظور ۰/۰۲ گرم از نمونه خشک شده با ۱ میلی‌لیتر اتانول ۸۰ درصد مخلوط شد، سپس به مدت ۲۰ دقیقه با سرعت ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و مایع رویی خارج شد. این فرآیند چهار بار تکرار و مواد رویی با هم ترکیب شدند. عصاره اتانولی (۵۰ میکرولیتر) با محلول فنل ۵ درصد (۵۰ میکرولیتر) مخلوط شد و پس از آن اسید سولفوریک (۲۵/۰ میلی‌لیتر) به آن اضافه شد. مخلوط به مدت ۳۰ دقیقه در حمام آب در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد و میزان جذب در طول موج ۴۹۰ نانومتر با دستگاه میکرو پلیت ریدر قرائت گردید.

غلظت نشاسته در بافت پوست و گوشت میوه به‌روش مک کریدی^۲ و همکاران (۱۹۵۰) تعیین شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۶۲۰ نانومتر خوانده شد. نتایج کمی نشاسته و کربوهیدرات‌های محلول بر اساس منحنی کالیبراسیون گلوکز به‌صورت میلی‌گرم بر گرم وزن خشک نمونه بیان شد.

اندازه‌گیری کلروفیل و کاروتنوئید کل

جهت تعیین مقادیر کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید کل، ۰/۱۵ گرم نمونه پودر شده با ۲ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) همگن و سپس در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴ ساعت انکوبه شد. سپس میزان جذب در طول موج‌های ۶۴۵، ۶۶۳، ۴۸۰ و ۵۱۰ نانومتر قرائت گردید. با استفاده از معادلات زیر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل محاسبه گردید (بارنز^۳ و همکاران، ۱۹۹۲).

$$\begin{aligned} \text{Chlorophyll a} = \text{Chl a} &= 12.7 (A663) - 2.69 (A645) \times V/1000 \times W \\ \text{Chlorophyll b} = \text{Chl b} &= 22.9 (A645) - 4.68 (A663) \times V/1000 \times W \\ \text{Total Chlorophyll} = \text{TChl} &= 20.2 (A645) + 8.02 (A663) \times V/1000 \times W \\ \text{Total Carotenoid} = \text{TCar} &= 7.6 (A480) - 1.49 (A510) \times V/1000 \times W \end{aligned}$$

در معادلات بالا A، V و W نشان‌دهنده میزان جذب نوری طول موج مورد نظر، حجم عصاره و وزن ماده خشک گیاهی می‌باشد و Chl a، Chl b، TChl و TCar به ترتیب به کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کاروتنوئید کل اشاره دارد.

4. Lê

5. Supplementary

6. Screeplot

1. Fox and Robyt

2. McCready

3. Barnes

مراحل اولیه رشد میوه تشکیل شده و عموماً در کلروپلاست وجود داشته اما توسط کلروفیل پوشش داده شده است. این‌گونه استنباط می‌شود که ایجاد رنگ زرد گلایی ناشی از تجزیه کلروفیل موجود در پوست و در نتیجه کاهش غلظت آن و ظاهر شدن کارتنوئیدها است، همانطور که در میوه گلایی گزارش شده است (چاروئنچونگ‌سوک^۶ و همکاران، ۲۰۱۸). دامنه تغییرات وزن میوه در رقم درگری بین ۱۶۴/۸۹ تا ۲۱۶/۵۷ و در رقم KS7 بین ۵۵/۳۳ تا ۷۰ گرم مشاهده شد. قطر میوه از ۶۳/۶۹ تا ۱۸/۷۰ در رقم درگری و از ۴۸/۲۳ تا ۴۴/۵۲ میلی‌متر برای رقم KS7 متغیر بود (شکل‌های ۳ و ۴). در هر دو رقم وزن تر و قطر میوه در مرحله سوم نسبت به مرحله اول افزایش یافته است. طی بلوغ میوه نشاسته به قندهای محلول تجزیه شده و منجر به افزایش فشار اسمزی شده و این عمل باعث نفوذ آب به سلول‌های میوه و انبساط آن‌ها و افزایش وزن در اواخر بلوغ می‌شود (اولات و گودیلر^۸، ۱۹۹۶). وانگ^۹ و همکاران (۲۰۲۲) همچنین در مطالعه‌ای روی بهینه‌سازی زمان چیدن گلایی کورلا دریافتند که وزن تک‌میوه و قطر آن طی دوره برداشت به‌تدریج افزایش یافت. وزن خشک در رقم KS7 از ۱۶/۵۰ در مرحله اول (20DBH) به ۱۴/۹۰ در مرحله سوم (0DBH) و در رقم درگری از ۱۶/۳۶ در مرحله اول (20DBH) به ۱۴/۶۰ درصد در مرحله سوم (0DBH) کاهش یافت (C-۳ و C-۴). کاهش قابل ملاحظه درصد وزن خشک احتمالاً به دلیل آبدار شدن گلایی در مراحل آخر برداشت می‌باشد که با یافته‌های شکتر^{۱۰} و همکاران (۱۹۹۳) مطابقت دارد. دوله و همکاران (۱۳۸۹) نیز کاهش درصد وزن خشک را در ارقام دوشس و شاه‌میوه در مرحله بلوغ تجاری گزارش کردند. بنابراین ماده خشک پتانسیل تبدیل شدن به یک شاخص قابل اعتماد کیفیت را دارد زیرا امکان ارزیابی همزمان کربوهیدرات‌های محلول و نامحلول از جمله نشاسته را فراهم می‌کند و به پیش‌بینی بهتر مواد جامد محلول پس از برداشت کمک می‌کند. در پژوهش حاضر مواد جامد محلول در هر دو رقم و اسیدیت

(سانچز^۱، ۲۰۱۳). این مدل ترکیبی از دو مدل اندازه‌گیری و ساختاری است. مدل اندازه‌گیری روابط بین متغیرهای مشاهده شده (تک‌متغیرها) و متغیرهای پنهان (متغیرهای ترکیبی) در داخل بلوک (گروه) را تعریف می‌کند. مدل ساختاری روابط بین متغیرهای پنهان را با استفاده از رویکرد رگرسیون خطی بررسی می‌کند (دوران-بسرت^۲ و همکاران، ۲۰۲۰). تک‌بعدی بودن هر بلوک بازتابی در مدل PLS-PM با استفاده از ضریب دی‌گلدشتاین (RHO^2) بررسی شد و متغیرهای مشاهده شده با ضریب با بیشتر از ۰/۵ در مدل نگه داشته می‌شوند. برای ارزیابی کیفیت مدل داخلی از ضرایب تبیین (R^2) متغیر وابسته استفاده شد (گوتز^۴ و همکاران، ۲۰۰۹). در نهایت، آزمون توانایی پیش‌بینی (GOF^5) برای ارزیابی استحکام کلی مدل‌ها استفاده شد (مختصی‌بیدگلی^۶ و همکاران، ۲۰۲۳).

نتایج و بحث

از نظر ظاهری، رنگ پوست رقم KS7 به‌تدریج از سبز به زرد و در رقم درگری از رنگ سبز به رنگ سبز متمایل به زرد تبدیل شد. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بافت، مرحله برداشت و اثر متقابل آن‌ها بر کلروفیل‌ها و کارتنوئید هر دو رقم معنی‌دار بود (جدول‌های ۱ و ۲). غلظت کلروفیل‌ها و کارتنوئیدها در پوست نسبت به گوشت میوه افزایش معنی‌داری نشان دادند. غلظت کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید کل در مرحله سوم برداشت نسبت به مرحله اول برداشت، به‌ترتیب ۶۵/۹۲، ۵۳/۲۸، ۶۲/۴۶ و ۴۴/۲۷ درصد در پوست میوه رقم KS7 کاهش یافت، اما در گوشت میوه این متغیرها کاهش جزئی نشان دادند (شکل ۱). محتوای کلروفیل کل پوست درگری در آخرین مرحله برداشت نسبت به اولین مرحله برداشت کاهش معنی‌داری داشت اما میزان کارتنوئید، کلروفیل a و کلروفیل b در پوست این رقم کاهش جزئی نسبت به اولین مرحله برداشت داشت و در کل تغییرات آن‌ها قابل توجه نبود (شکل ۲). میزان کارتنوئید طی بلوغ افزایش نیافته است، بنابراین نشان می‌دهد کارتنوئید در

6. Mokhtassi-Bidgoli
7. Charoenchongsuk
8. Ollat and Gaudillere
9. Wang
10. Schechter

1. Sanchez
2. Durand-Bessart
3. Dillon-Goldstein
4. Götz
5. Goodness of Fit

میزان مواد جامد محلول در هر دو رقم هماهنگ با بلوغ میوه روند صعودی داشت (شکل‌های A-5 و B-6). بیشترین میزان مرحله برداشت مشاهده شد. این روند افزایش مواد جامد محلول طی بلوغ در میوه‌های هلو، زغال‌اخته و گلابی نیز در تحقیقات مختلف گزارش شده است (دروگودی^۲ و همکاران، ۲۰۱۶؛ لین و همکاران، ۲۰۲۰؛ یو^۳ و همکاران، ۲۰۲۲). بین زمان اول و سوم براساس شکل D-5 شاخص طعم (TSS/TA) در رقم KS7 بین برداشت 20DBH و 0DBH دارای تفاوت قابل توجهی بود که این تغییرات می‌تواند بخاطر افزایش TSS و کاهش TA طی این مدت باشد (فنگ^۴ و

قابل تیتراسیون در رقم KS7 تحت تأثیر مراحل برداشت قرار گرفت در صورتیکه اسیدیته قابل تیتراسیون طی مراحل مختلف برداشت تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول‌های ۳ و ۴). شکل C-5 اثر زمان برداشت بر مواد اسیدیته قابل تیتراسیون در رقم KS7 را نشان می‌دهد که بیانگر اختلاف معنی‌داری می‌باشد که عمدتاً به دلیل مصرف اسیدهای آلی به‌عنوان پیش‌ماده در مکانیسم‌های تنفسی طی بلوغ می‌باشد (لین^۱ و همکاران، ۲۰۲۰)، در حالیکه درصد اسیدیته طی مراحل برداشت ثابت ماند و این می‌تواند تأییدی بر کاهش تنفس در رقم KS7 باشد.

جدول ۱- تجزیه واریانس تغییرات کلروفیل (a, b و کل)، کاروتنوئید کل، کربوهیدرات‌های محلول و نشاسته در پوست و گوشت میوه در گزی طی مراحل مختلف برداشت

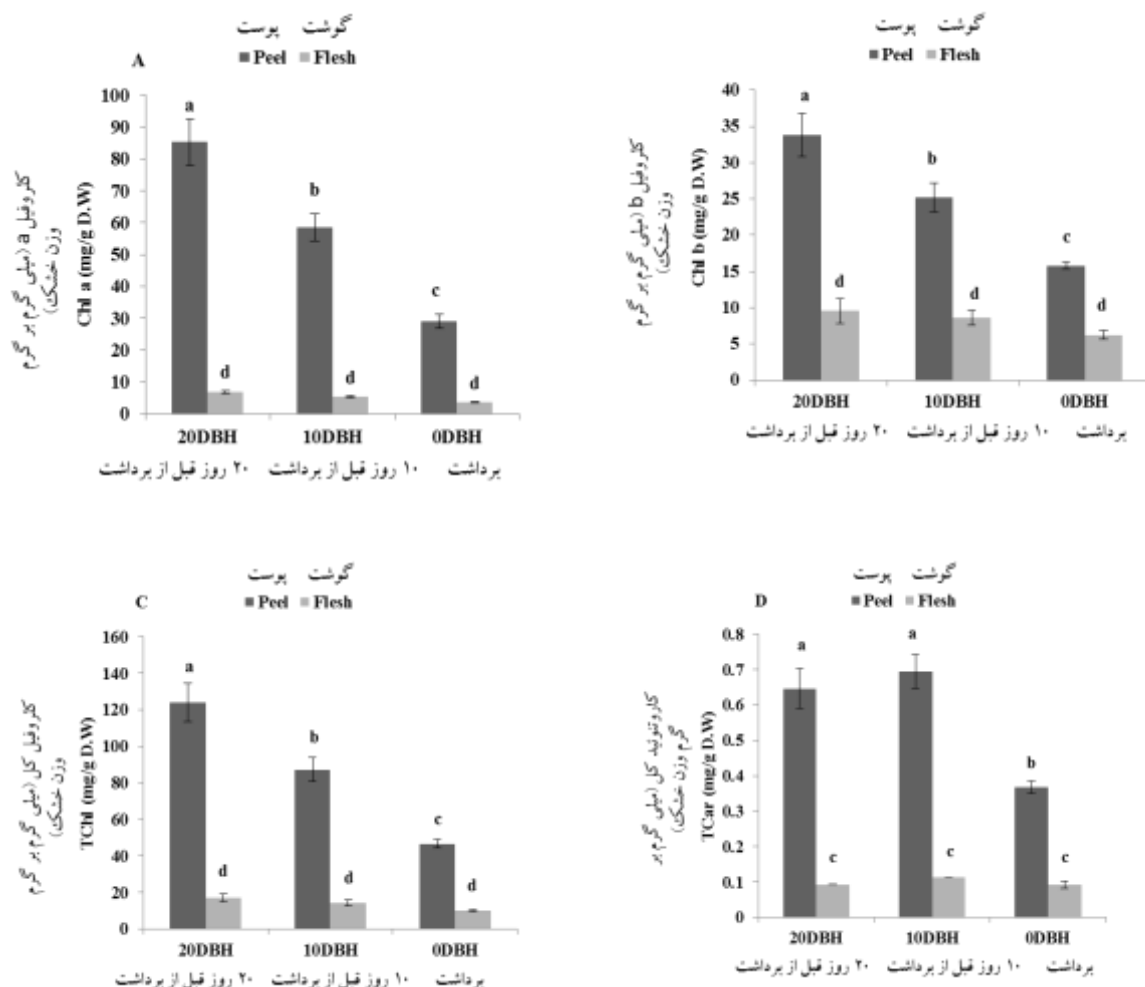
میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل TChl	کاروتنوئید کل TCar	کربوهیدرات‌های محلول
بلوک	۳	۱۳/۵۴*	۱/۶۴	۲۵/۴۰	۰/۰۰۰۴	۲۳۹۶/۵
بافت	۱	۵۳۵۳/۳**	۱۲۷۸/۶**	۱۲۷۹۷/۳**	۰/۵۲۷**	۲۸۲۲۰۶/۷**
خطای اصلی	۳	۱۷/۸۲	۷/۹۷	۵۳/۰۶	۰/۰۰۰۲	۸۱۲۵/۶
مرحله برداشت	۲	۶۰۳/۵**	۲۵۱/۹**	۱۷۴۸/۱**	۰/۰۶۱**	۳۷۰۱۴/۷**
مرحله برداشت × بافت	۲	۴۱۴/۹**	۱۴۱/۸**	۱۱۱۹/۷**	۰/۰۳۶**	۸۱۲۵/۶*
خطای فرعی	۱۲	۲/۹۱	۶/۴۹۶	۱۱/۰۰۴	۰/۰۰۰۲	۱۹۱۴/۴
ضریب تغییرات (/)	-	۹/۵۶	۲۱/۶	۱۰/۸۱	۷/۱۹	۸/۸۶

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۲- تجزیه واریانس تغییرات کلروفیل (a, b و کل)، کاروتنوئید کل، کربوهیدرات‌های محلول و نشاسته در پوست و گوشت میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت

میانگین مربعات						
منبع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a Chl a	کلروفیل b Chl b	کلروفیل کل TChl	کاروتنوئید کل TCar	کربوهیدرات‌های محلول
بلوک	۳	۶۶/۴۲	۲۲/۸۱	۱۷۳/۲۴	۰/۰۰۵۱	۵۳۱/۹۹
بافت	۱	۱۶۴۰۰/۴**	۱۶۹۱/۰۲**	۳۱۱۲۱/۲**	۱/۳۲۷**	۵۰۲۱۲/۱۵**
خطای اصلی	۳	۵۷/۶۰	۹/۵۱	۱۲۱/۶۹	۰/۰۰۵۶	۶۱۶/۳
مرحله برداشت	۲	۱۷۶۹۰/۷**	۲۲۸/۱۳**	۳۵۴۵/۰۸**	۰/۰۶۷۴**	۲۴۳۵۳/۱**
مرحله برداشت × بافت	۲	۱۴۰۴/۶**	۱۰۷/۳**	۲۴۹۳/۲**	۰/۰۵۷۳**	۱۷۴۹۷/۰۷*
خطای فرعی	۱۲	۴۴/۸۷	۹/۲۶	۹۴/۶۹	۰/۰۰۳۲	۳۱۸۶/۳
ضریب تغییرات (/)	-	۲۱/۲۶	۱۸/۴۳	۱۹/۵۲	۱۶/۹۳	۱۵/۸۱

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

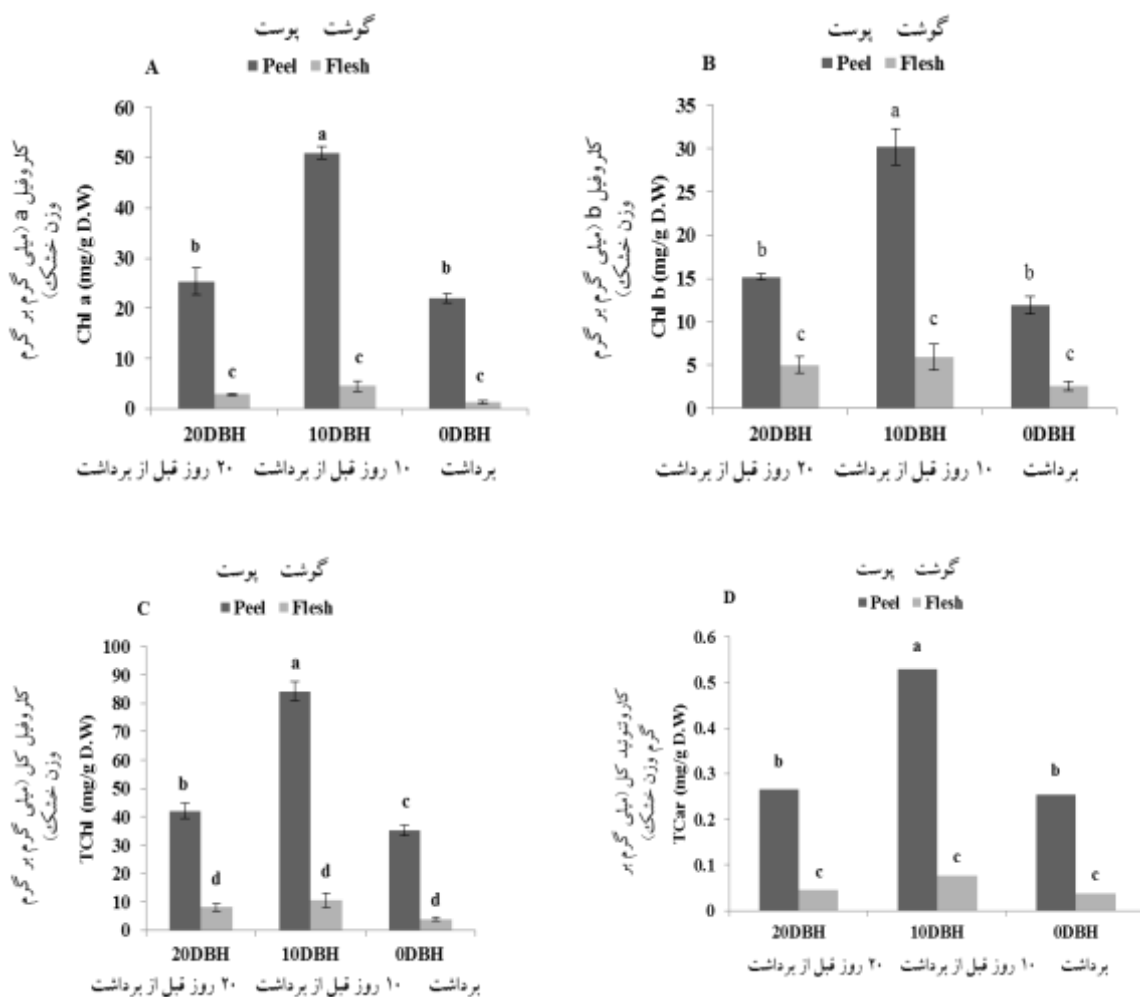


شکل ۱- کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کلروفیل کل (C) و کاروتنوئید کل (D) در پوست و گوشت میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.

بافت شاخص معتبری برای بلوغ تجاری KS7 نمی‌باشد در حالیکه شاخص مطلوبی برای تعیین زمان برداشت میوه رقم درگری است.

همانطور که در شکل‌های A-۷ و A-۸ مشاهده می‌شود تغییرات کربوهیدرات‌های محلول در بافت گوشت رقم KS7 و پوست درگری از روند افزایشی برخوردار است اما در گوشت درگری و پوست KS7 دارای روند ثابتی می‌باشد. در رقم KS7، مراحل مختلف بلوغ اثر قابل توجهی روی محتوای نشاسته داشت و غلظت آن از ۱۸۶/۱ به ۱۵۸/۱۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک کاهش یافت. این متغیر در رقم درگری تحت تأثیر بافت میوه و مراحل برداشت قرار گرفت و با پیشرفت بلوغ

همکاران، ۲۰۰۶). سفتی یک شاخص مهم کیفیت گلابی اروپایی است که به‌صورت تجاری برای پیش‌بینی زمان برداشت استفاده می‌شود (وانگ و سوگر^۱، ۲۰۱۵). بلوغ و رسیدگی میوه منجر به تخریب تیغه میانی و ساختار دیواره سلولی در اثر فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزکننده می‌شود و باعث کاهش سفتی میوه می‌شود (ریس و دریک^۲، ۲۰۰۰). تفاوت معنی‌داری از نظر سفتی بافت میوه بین مراحل مختلف برداشت رقم KS7 مشاهده نشد اما در رقم درگری سفتی بافت میوه با تأخیر در برداشت کاهش یافت (A-۶). ثابت ماندن سفتی در رقم KS7 ممکن است با رقم ارتباط باشد و در ارقام آسیایی طی بلوغ اندکی تغییر کند و به‌همین دلیل سفتی



شکل ۲- کلروفیل a (A)، کلروفیل b (B)، کلروفیل کل (C) و کاروتنوئید کل (D) در پوست و گوشت میوه درگزی طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات فیزیکی و شیمیایی میوه درگزی طی مراحل مختلف برداشت

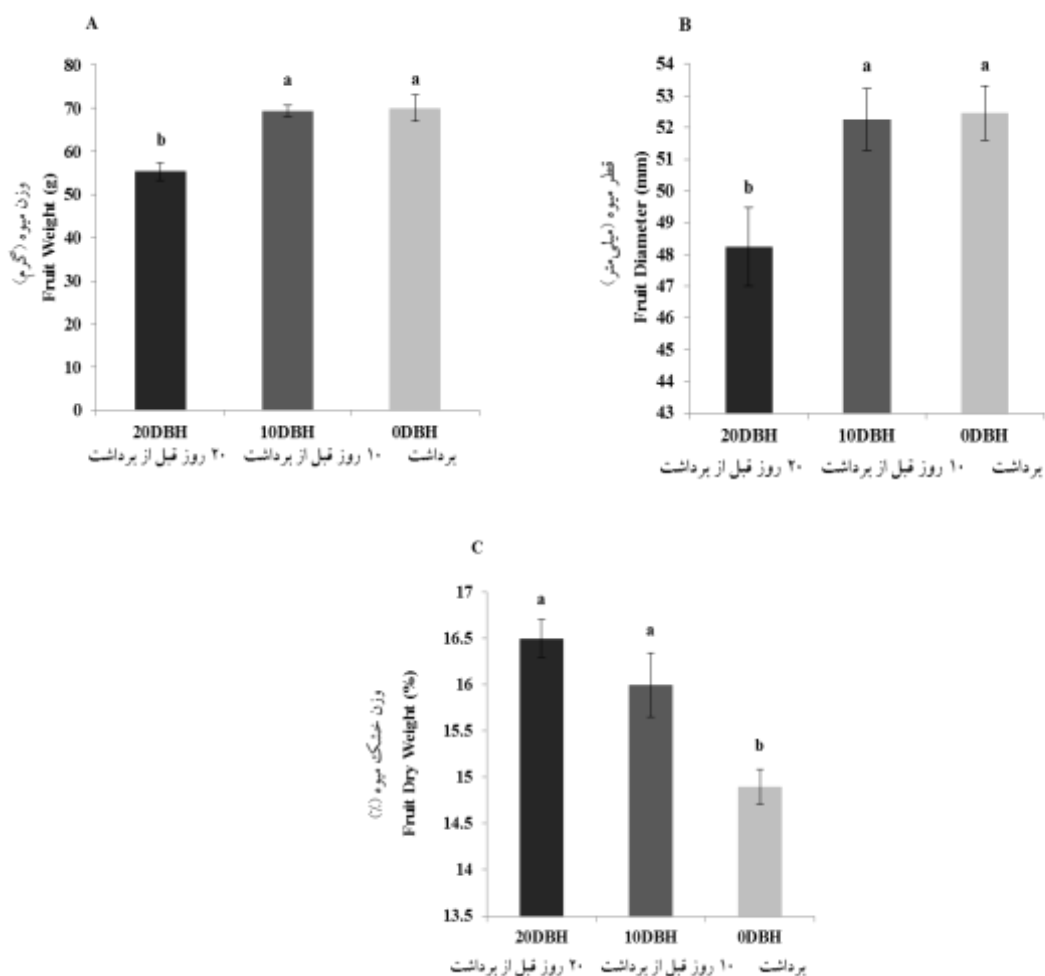
میانگین مربعات										
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	وزن خشک میوه	سفتی میوه	مواد جامد محلول (TSS)	اسیدیته میوه (pH)	اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)	مواد جامد محلول/اسیدیته قابل تیتراسیون TSS/TA
بلوک	۳	۱۰۰۷/۸	۳۲/۶۹	۱۵/۰۱	۰/۸۵۹	۱/۵۷۵	۱/۱۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۰۴	۱۸۷/۱۴
مرحله برداشت	۲	۳۳۷۶/۰۷**	۲۵/۸۷	۶۳/۰۲*	۳/۵۷۹*	۲/۴۱۸**	۲/۸۶۳**	۰/۱۴۶	۰/۰۰۱۲	۲۳۷/۶۰
خطا	۶	۲۷۲/۴	۹/۹۰	۱۰/۰۶	۰/۴۰۱۹	۱/۵۷۵	۰/۱۰۷	۰/۰۴۳۲	۰/۰۰۰۳	۵۲/۳۳
ضریب تغییرات (%)	-	۸/۳۲	۴/۳۴	۴/۶۴	۴/۰۴۲	۴/۸۴۰	۳/۰۲۸	۴/۹۱۸	۱۱/۴۵	۱۰/۳۲

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

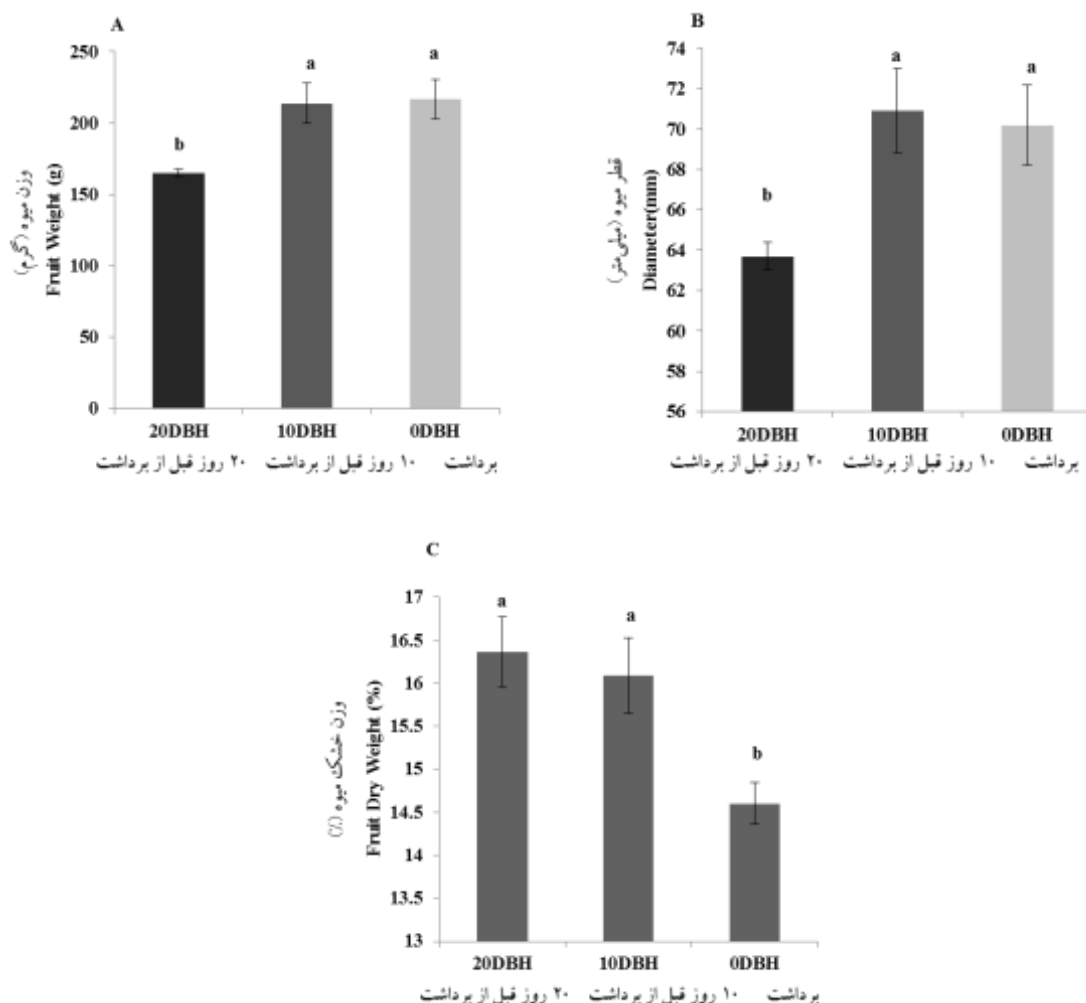
جدول ۴- تجزیه واریانس صفات فیزیکوشیمیایی میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت

میانگین مربعات										
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	وزن خشک میوه	سفیدی میوه	مواد جامد محلول (TSS)	اسیدیته میوه (pH)	اسیدیته قابل تیتراسیون (TA)	مواد جامد محلول/اسیدیته قابل تیتراسیون TSS/TA
بلوک	۳	۴۰/۰۰۷	۲/۸۰۸	۶/۰۵	۰/۱۰۶	۰/۳۰۹	۱/۵۱۴	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۰۷	۸۹۸/۶
مرحله برداشت	۲	۲۷۴/۶۴**	۷/۳۶	۲۲/۵۶*	۲/۶۸*	۰/۸۴۰	۱۲/۸۷**	۰/۴۰۷**	۰/۰۰۰۵*	۷۵۷۱/۶*
خطا	۶	۱۱/۱۲	۳/۳۶۷	۳/۴۵	۰/۳۴۱	۰/۳۹۵	۱/۲۰۲	۰/۰۲۰	۰/۰۰۰۰۴	۷۴۰/۳
ضریب تغییرات (%)	-	۵/۱۳۹	۴/۲۸۴	۳/۶۴	۳/۶۹	۸/۴۵	۱۱/۰۴	۲/۶۹۸	۲۰/۴۹	۲۵/۷۵

* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد



شکل ۳- وزن (A)، قطر (B) و وزن خشک (C) میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.



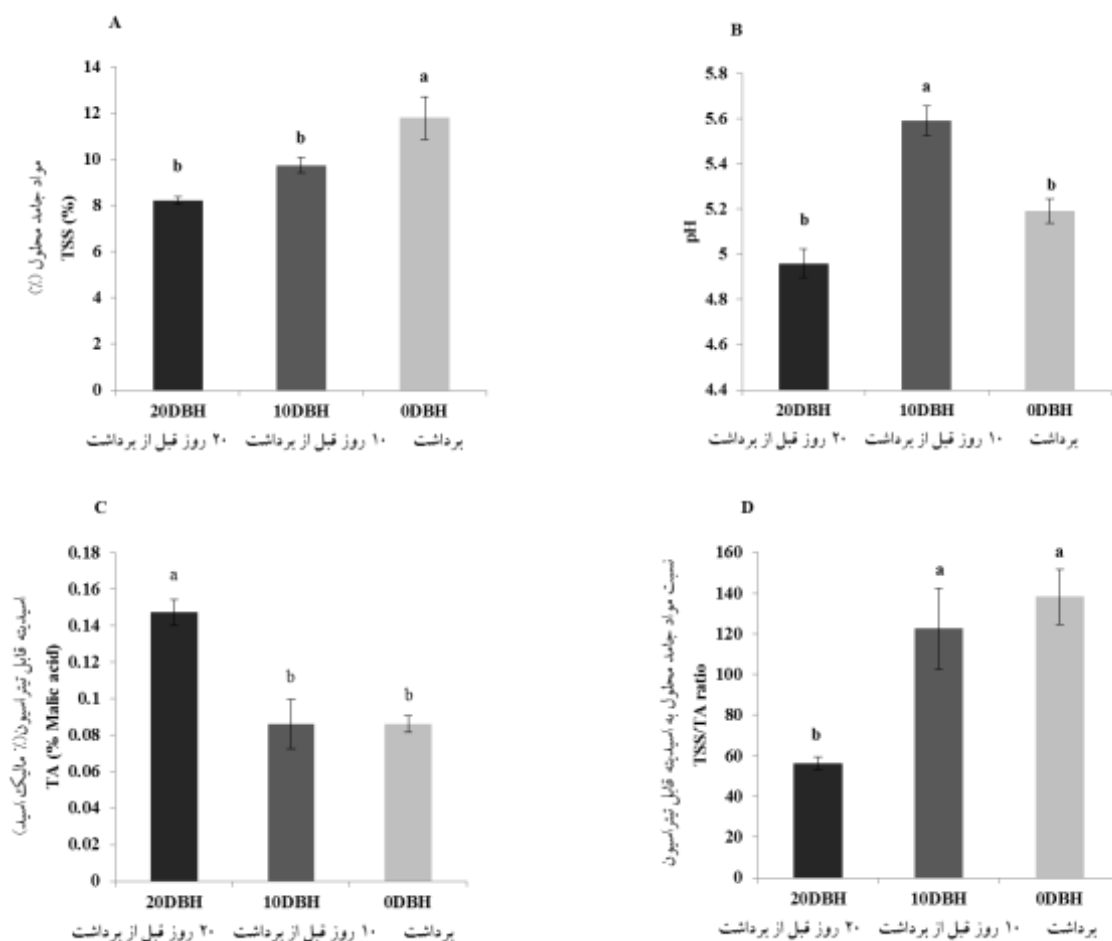
شکل ۴- وزن (A)، قطر (B) و وزن خشک (C) میوه در گزنی طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.

نمونه را خلاصه می‌کنند. بای‌پلات متغیرهای ترکیبی در آنالیز MFA نشان می‌دهد که متغیرهای مورفولوژیک، ماده خشک و شاخص برداشت در هر دو رقم و رنگدانه در رقم KS7 با بعد اول همبستگی بیشتری دارند در حالی که رنگدانه در رقم درگزنی تنها با بعد دوم از همبستگی بالایی برخوردار است. متغیر تکمیلی هیچ تأثیری روی ابعاد ندارد اما به تفسیر نتایج کمک می‌کند. همبستگی بالای متغیر برداشت با هر دو بعد MFA نشان می‌دهد بعد اول و دوم بهترین توضیح را برای مرحله برداشت ارائه می‌دهند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که متغیرهای رنگدانه، مورفولوژیک، ماده خشک و شاخص برداشت برای تمایز بین مراحل برداشت (روند بلوغ) مهم

در پوست و گوشت میوه روند نزولی نشان داد (شکل‌های B-۷ و B-۸).

تجزیه MFA برای ارزیابی همبستگی مجموعه‌های مختلف متغیرها با تکامل بلوغ برای هر رقم، انجام شد. تکامل بلوغ با متغیر تکمیلی برداشت که تاریخ‌های نمونه‌گیری را گروه‌بندی می‌کند، نمایش داده می‌شود. نتایج تجزیه MFA در شکل ۹ ارائه شده است. نتایج اسکری‌پلات در هر دو رقم نشان داد که دو بعد اول بیشترین واریانس را نشان دادند.

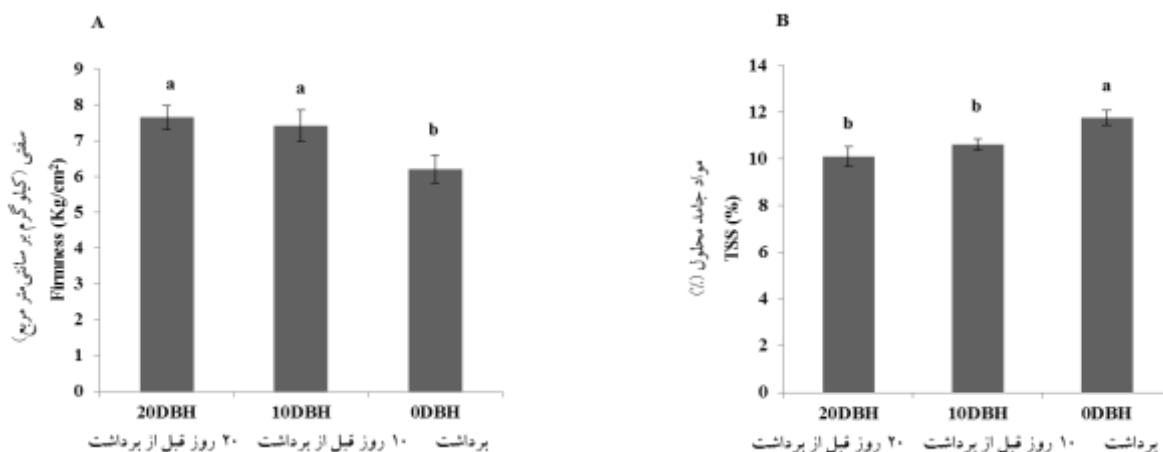
در مجموع بعد اول و دوم ۶۷/۲۷ و ۶۲/۱۲ درصد از کل واریانس را به‌ترتیب در ارقام KS7 و درگزنی توصیف کردند. این بدان معناست که دو بعد اول بیش از نیمی از تغییرات بین



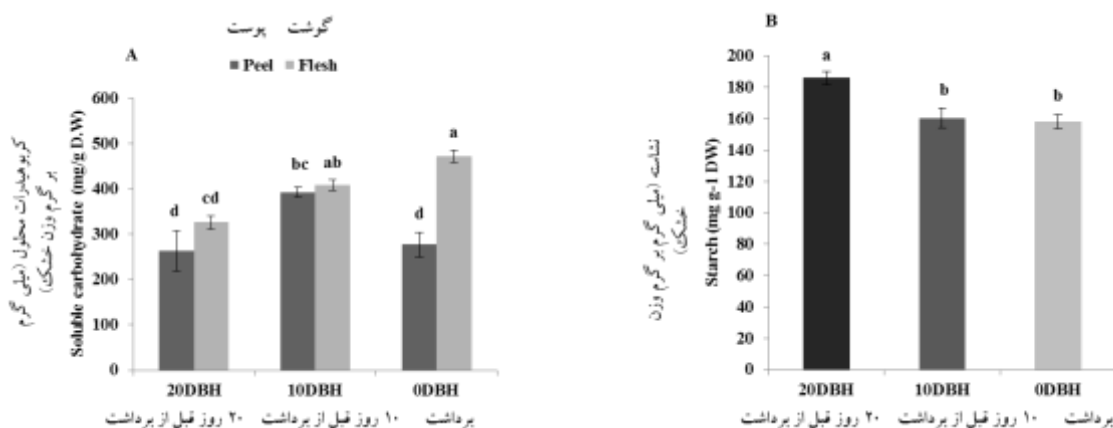
شکل ۵- مواد جامد محلول (A)، pH (B)، اسیدیته قابل تیتراسیون (C) و نسبت مواد جامد محلول به اسیدیته قابل تیتراسیون (D) میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.

داشتند در حالیکه طول میوه تنها در رقم درگزی ارتباط بالایی با بعد اول داشت. برای رقم KS7 شاخص‌های رنگدانه مثل کلروفیل a، کلروفیل کل بافت‌های پوست و گوشت و کلروفیل b پوست با بعد اول و دوره برداشت مرتبط بودند در حالیکه کاروتنوئید کل پوست و گوشت با بعد دوم و مراحل برداشت همبستگی داشتند (C-۹). در رقم درگزی تمام متغیرهای رنگدانه ارتباط خوبی با بعد دوم و مراحل نمونه‌برداری داشتند (D-۹). در رقم KS7، تک‌متغیرهای کربوهیدرات گوشت، نشاسته پوست و وزن خشک به‌ترتیب بالاترین همبستگی را با بعد اول و مراحل برداشت داشتند در حالیکه در رقم درگزی تمام متغیرهای ماده خشک با بعد اول و مراحل برداشت ارتباط زیادی داشتند.

هستند، در واقع شاخص‌های خوبی از بلوغ هستند، به‌ویژه در رقم KS7 که با همبستگی بیشتر آن‌ها با بعد اول نشان داده می‌شود. در رقم درگزی به‌دلیل اینکه تنها با بعد دوم همبستگی داشت ممکن است برخی از متغیرهای رنگدانه در تکامل بلوغ برداشت در طول تاریخ‌های نمونه‌گیری نقش داشته باشند. بنابراین، تجسم نقشه عامل در سطح تک‌متغیر برای بررسی روابط بین متغیرهای مختلف مورد نیاز است. شکل‌های C-۹ و D-۹ روابط تک‌متغیرها را با توجه به همبستگی آن‌ها با ابعاد مهم نشان می‌دهد. فلش‌ها جهت رشد متغیرهای مذکور را در فضای عامل نشان می‌دهند که مشخص می‌کنند کدام متغیرها بیشترین وزن را در هر بعد دارند. در هر دو رقم وزن و قطر میوه همبستگی قابل توجهی با بعد اول



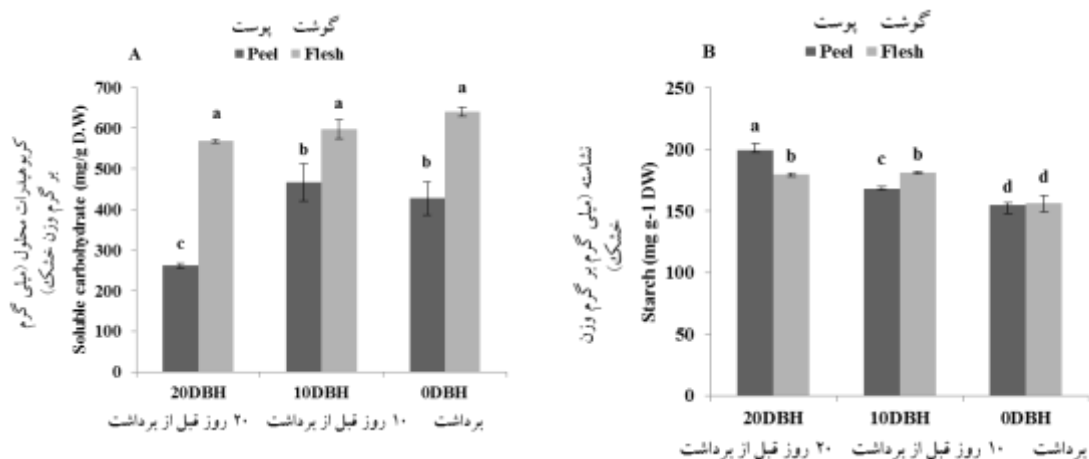
شکل ۶- سفتی (A) و مواد جامد محلول (B) میوه در گز طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.



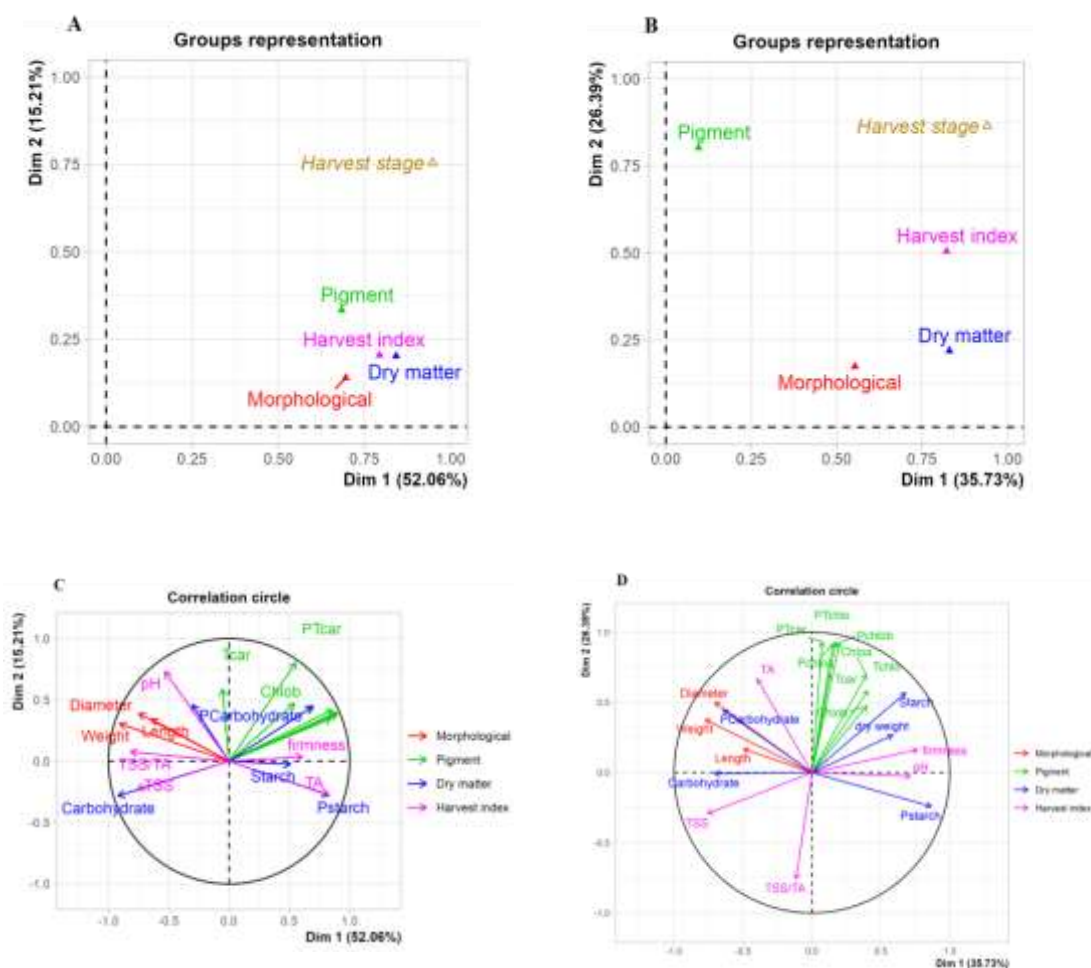
شکل ۷- کربوهیدرات محلول (A) و نشاسته (B) در پوست و گوشت میوه KS7 طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK است.

بنابراین کاهش در کلروفیل میوه‌ها طی بلوغ، ممکن است به عنوان یک عامل کلیدی برای تعیین کیفیت میوه استفاده شود. کاستا^۲ و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که محتوای کلروفیل با TSS مرتبط است و بنابراین می‌تواند به عنوان یک شاخص رسیدن استفاده شود. در صورتیکه در رقم درگزی ارتباط ضعیف‌تری بین پارامترهای رنگدانه و شاخص برداشت مشاهده شد و همانطور که در بای‌پلات تک‌متغیرها مشاهده می‌شود متغیرهای مربوط به شاخص برداشت و ماده خشک

در این روش گروهی از متغیرها یک ساختار چند بعدی را تشکیل می‌دهند و ارتباط متغیرها (شاخص‌های ترکیبی) از طریق ابعاد مشترک آن‌ها معلوم می‌شود. نزدیکی در مجموعه داده‌ها ممکن است نشان‌دهنده شباهت بین آن‌ها باشد (پژز^۱، ۲۰۰۵). در این مطالعه نزدیکی بین متغیرهای شاخص برداشت و رنگدانه در رقم KS7 نشان می‌دهد که تک متغیرهای این دو پارامتر با هم مرتبط‌تر هستند به‌ویژه TSS و TSS/TA با کلروفیل همبستگی منفی بالایی داشتند



شکل ۸- کربوهیدرات محلول (A) در پوست و گوشت میوه در گز طی مراحل مختلف برداشت. نشاسته (B) در میوه در گز طی مراحل مختلف برداشت. حروف مختلف نشان‌دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ بر اساس آزمون SNK ست.



شکل ۹- بای‌پلات مشارکت متغیرهای ترکیبی بر اساس مؤلفه ۱ و ۲ پس از آنالیز گروه‌های مورفولوژیک، رنگدانه، وزن خشک و شاخص برداشت و متغیر تکمیلی مراحل برداشت در ارقام A: KS7 و B: در گز، بای‌پلات متغیرهای تک مورفولوژیک، رنگدانه، وزن خشک و شاخص برداشت بر اساس مؤلفه ۱ و ۲ در ارقام C: KS7 و D: در گز

نسبت به متغیرهای رنگدانه همبستگی بیشتری با یکدیگر دارند (متغیرهای برداشت با متغیرهای ماده‌خشک بهتر توصیف می‌شوند).

به‌دلیل توصیفی بودن روش MFA رابطه بین شاخص برداشت و ابعاد را نمی‌توان در سطح شاخص ترکیبی و سطوح تک متغیری به صورت کمی اندازه‌گیری کرد، یک مدل PLS برای هر رقم جهت اندازه‌گیری ارتباط بین تک‌متغیرها، متغیرهای ترکیبی و ارزیابی کیفیت برداشت ساخته شد. هدف اولیه استفاده از رویکردهای مختلف برای ارزیابی روند بلوغ، افزایش هم‌افزایی بین عوامل برای تولید پیش‌بینی‌های بهتر است (داسیلوا و همکاران، ۲۰۲۰).

متغیرهای مورفولوژی، رنگدانه، ماده‌خشک و شاخص برداشت چهار بلوک (گروه) بودند که مدل را توصیف کردند. در این مطالعه متغیرهای مورفولوژی، رنگیزه و ماده‌خشک به‌عنوان متغیرهای مستقل (برون‌زا) و شاخص برداشت به‌عنوان متغیر وابسته (درون‌زا) در نظر گرفته شد، به این معنی که متغیرهای مستقل می‌توانند شاخص برداشت را تحت تأثیر قرار دهند.

با مشاهده بای‌پلات تک‌متغیرها، مشخص شد متغیرهای ناشسته گوشت، کربوهیدرات پوست و کلروفیل b گوشت در رقم KS7 و همچنین طول میوه و کلروفیل b گوشت در رقم درگزی که p-value ضریب همبستگی ابعاد معنی‌دار نبود از مدل PLS حذف شدند. سفتی و طول میوه در KS7 و TSS، TA، pH و TSS/TA در رقم درگزی برای مدل در نظر گرفته نشدند، زیرا مقادیر آنها بین اولین و آخرین مرحله نمونه‌برداری تفاوت محسوسی نداشت.

همان‌طور که سانچز (۲۰۱۳) توصیه کرد، ساختار بلوک‌ها بازتابنده در نظر گرفته شد. علامت متغیرهای دارای بار منفی معکوس شده تا فقط متغیرهایی با همبستگی مثبت در همان بلوک ادغام گردد. در KS7، کربوهیدرات گوشت با سایر متغیرهای ماده‌خشک و TA با متغیرهای شاخص برداشت ارتباط منفی نشان داد. همچنین سفتی، کربوهیدرات گوشت و پوست رقم درگزی دارای ضریب بار بنابراین، مقادیر کربوهیدرات و TA در ۱- ضرب شدند تا یک بعدی بودن بلوک آن‌ها افزایش یابد (سانچز، ۲۰۱۳).

با توجه به نتایج مدل اندازه‌گیری، همه بلوک‌های رنگدانه، مورفولوژیک، ماده‌خشک و شاخص برداشت، در هر دو رقم، مقادیر دیلون-گلدشتاین بالاتر از ۰/۷ را نشان دادند (جدول ۵). همه متغیرها دارای ضریب بار بالاتر از مقدار توصیه شده (۰/۵) بودند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که متغیرهای پنهان و قابل مشاهده برای ساخت مدل قابل اعتماد بودند (شکل ۱۰ و ۱۱). همان‌طور که مشاهده می‌شود، قدرت پیش‌بینی مدل‌ها به‌ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸۶ در KS7 و درگزی بود (شکل ۱۲).

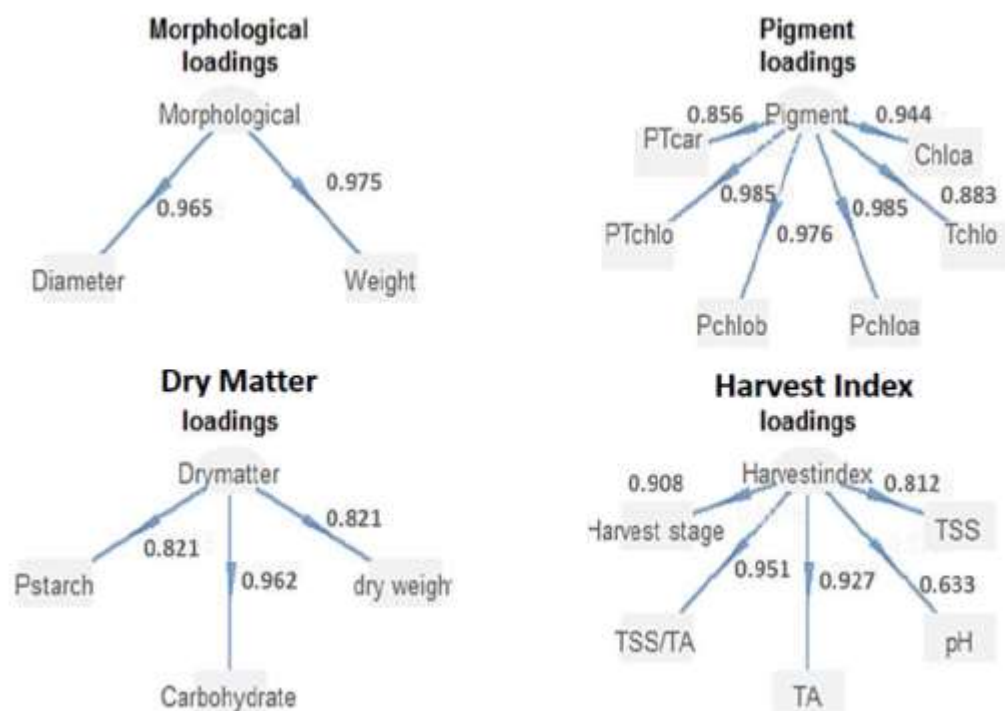
با ارزیابی ضریب بار^۱ در هر بلوک به‌صوت جداگانه، میزان ارتباط پارامترها با متغیر پنهان خود سنجیده شد (شکل‌های ۱۰ و ۱۱). نتایج MFA با شکل‌های ۱۰ و ۱۱ تأیید شدند. در هر دو رقم، برای متغیر رنگدانه، کلروفیل پوست ضریب بار بیشتری نسبت به کاروتنوئید پوست داشت. متغیرهای وزن و قطر میوه ضریب بار بالایی برای متغیر پنهان مورفولوژی داشتند. در رقم KS7، کربوهیدرات گوشت (متغیر مشاهده شده) بیشترین ضریب بار را برای ماده‌خشک (متغیر پنهان) داشت، در حالیکه برای درگزی، متغیر مشاهده شده ناشسته پوست اثر بالاتری روی ماده‌خشک گذاشت. این بدان معناست که این متغیرها بیشترین وزن را در شکل‌گیری متغیر پنهان خود داشتند و بنابراین، به‌طور غیرمستقیم بیشترین تأثیر را بر شاخص برداشت دارند.

ضریب R^2 برای متغیر درون‌زای شاخص برداشت در ارقام درگزی و KS7 به‌ترتیب ۰/۸۶۶ و ۰/۸۱۳ بود. شاخص R^2 نشان می‌دهد که چه مقدار از واریانس متغیر نهفته درون‌زا توسط متغیرهای نهفته برون‌زای آن توضیح داده می‌شود (کوینیو^۲ و همکاران، ۲۰۱۷). با توجه به ضریب تبیین (R^2) برای هر دو رقم، متغیر پنهان شاخص برداشت به‌خوبی توسط متغیرهای پنهان برون‌زا توصیف شد.

در رقم درگزی، بلوک شاخص برداشت با بلوک رنگیزه (۰/۲۳۹-) و ماده‌خشک (۰/۶۳۳-) همبستگی منفی و با بلوک مورفولوژی (۰/۳۳۷) همبستگی مثبت نشان داد. برای رقم KS7، ارتباط منفی بین رنگیزه (۰/۶۲۳-) و شاخص برداشت مشاهده شد در حالیکه ارتباط مثبتی بین شاخص برداشت و شاخص‌های مورفولوژی (۰/۵۴۴) و ماده‌خشک (۰/۱۲۰) نشان داده شد (شکل ۱۲).

جدول ۵- ضریب گلدشتاین متغیرهای پنهان ارقام درگزی و KS7

رقم	متغیرهای پنهان			
	مورفولوژیک Morphological	رنگدانه Pigment	ماده خشک Dry matter	شاخص برداشت Harvest index
KS7	۰/۹۷۰	۰/۹۷۸	۰/۹۰۴	۰/۹۳۱
Dargazi	۰/۹۸۱	۰/۹۶۷	۰/۸۷۵	۰/۸۹۸

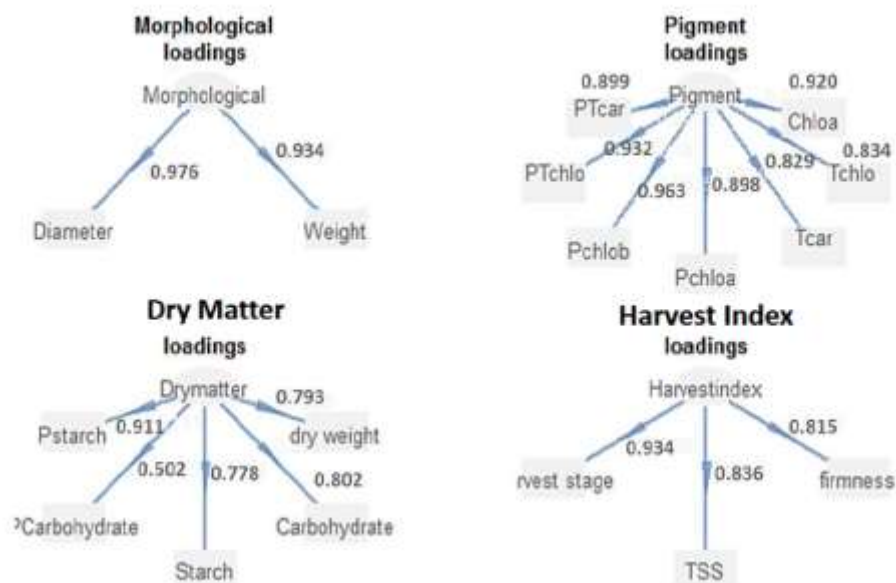


شکل ۱۰- ضریب بار بین متغیرهای مورفولوژیک، رنگدانه، ماده خشک و شاخص برداشت و متغیرهای مرتبط با آن‌ها در مدل PLS رقم KS7

یک تک‌متغیر رنگدانه یا مورفولوژیک می‌تواند بهتر از ماده خشک شاخص برداشت را پیش‌بینی کند و در رقم درگزی شاخص ماده خشک نسبت به دو شاخص مورفولوژیک و رنگدانه مناسب‌تر است. داسیلوا و همکاران (۲۰۲۰) مجموعه متغیرهای مربوط به ارزیابی کیفیت برداشت را در دو رقم کیوی تجزیه و تحلیل کردند و دریافتند که یک شاخص رنگ، بلوغ را بیشتر از یک شاخص تغذیه‌ای پیش‌بینی می‌کند. به‌طور کلی، استفاده از PLS-PM امکان همبستگی همزمان

این مدل تأیید کرد که در رقم KS7 کلروفیل‌ها اجزا اصلی بلوک رنگدانه هستند که با تکامل بلوغ کاهش می‌یابند همبستگی منفی ماده خشک با شاخص برداشت در رقم درگزی به این معنی است که با افزایش بلوغ برداشت، ماده خشک کاهش می‌یابد. با تجزیه نشاسته به قندهای محلول، رطوبت آزاد می‌شود و در گوشت میوه تجمع می‌یابد که منجر به کاهش ماده خشک می‌شود (آدی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). این یافته‌ها نشان می‌دهد که در یک مدل ترکیبی برای رقم KS7

1. Adi



شکل ۱۱- ضریب بار بین متغیرهای مورفولوژیک، رنگدانه، ماده خشک و شاخص برداشت و متغیرهای مرتبط با آن‌ها در مدل PLS رقم درگزی

مورفولوژی در KS7 و شاخص ماده خشک در درگزی، مؤثرترین عوامل بر شاخص برداشت بودند که توسط MFA و PLS-PM تأیید شد. با این حال، پژوهش‌های تکمیلی در آینده با داده‌ها و تاریخ‌های نمونه‌برداری بیشتر برای ارقام مختلف به بهبود عملکرد مدل پیشنهادی کمک خواهد کرد.

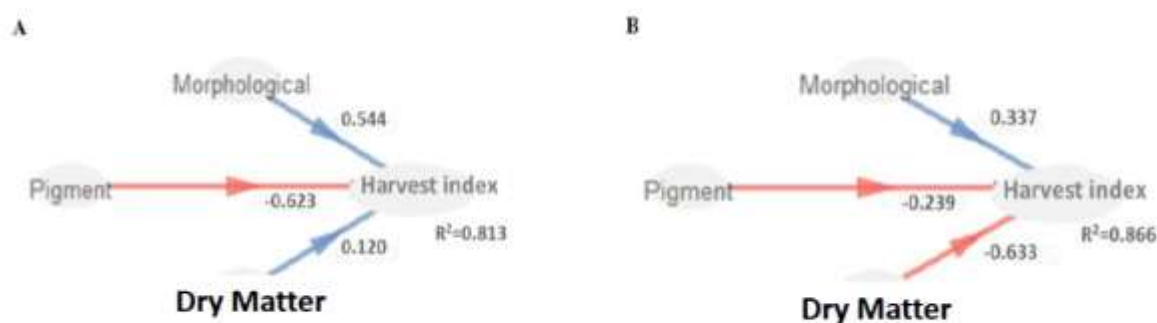
سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد که در آزمایشگاه درختان میوه (پومولوژی) و باغ پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه تربیت مدرس انجام شده است که بدینوسیله از حمایت‌های انجام شده، قدردانی می‌شود. همچنین از مدیریت باغ تجاری کوثر به خاطر فراهم نمودن امکان نمونه‌برداری از این باغ سپاسگزاری می‌شود.

بسیاری از مؤلفه‌های مربوط به بلوغ را در سطوح متغیرهای مشاهده‌پذیر و پنهان را فراهم می‌کند. این روش در مقابل داده‌های غیرعادی توزیع شده، گم شده و با اندازه کوچک سازگار است (پوچ^۱ و همکاران، ۲۰۱۵).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه دیدگاه‌های جدیدی را ارائه می‌دهد که روند بلوغ میوه و کیفیت درخت را در ارقام گلابی KS7 و درگزی متمایز می‌کند. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه و تحلیل چندمتغیره PLS نشان داد که در رقم گلابی آسیایی KS7، متغیر شاخص برداشت با شاخص‌های مورفولوژی و ماده خشک رابطه مثبت و با رنگدانه رابطه منفی داشت. در حالیکه در رقم گلابی اروپایی درگزی شاخص برداشت با متغیرهای ماده خشک و رنگدانه ارتباط منفی و با متغیر مورفولوژی همبستگی مثبت داشت. به‌طور کلی، شاخص رنگدانه و



شکل ۱۲- مدل ساختاری رابطه بین بلوک‌های ارقام A: KS7 و B: درگزی را نشان می‌دهد. ضرایب مثبت و منفی به ترتیب با فلش‌های آبی و قرمز نشان داده می‌شوند. ضریب R^2 برای بلوک درون‌زا نیز نشان داده شده است.

منابع

- دوله، ل.، پوراصیل‌معظم، ح. و عبداللہی، ح. ۱۳۸۹. عوامل مؤثر تعیین بلوغ تجاری میوه در ارقام مختلف گلابی (*Pyrus communis* L.). مجله علوم باغبانی ایران، ۴۱(۲): ۱۸۹-۱۹۶.
- Adi, D.D., Oduro, I.N. and Tortoe, C. 2019. Physicochemical changes in plantain during normal storage ripening. Scientific African, 6: 00164.
- Arzani K. 2019. Asian Pear In: Sergio Tonetto de Feritas and Sunil Pareek (eds.) Postharvest Physiological Disorders in Fruits and Vegetables. (pp.329-345). 1st Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, London, United Kingdom and New York, USA.
- Barnes, J.D., Balaguer, L., Manrique, E., Elvira, S. and Davison, A.W. 1992. A reappraisal of the use of DMSO for the extraction and determination of chlorophylls a and b in lichens and higher plants. Environmental and Experimental Botany, 32(2): 85-100.
- Cataldo, R., Grassia, M.G., Lauro, N.C. and Marino, M. 2017. Developments in Higher-Order PLS-PM for the building of a system of Composite Indicators. Quality and Quantity, 51: 657-674.
- Charoenchongsuk, N., Matsumoto, D., Itai, A. and Murayama, H. 2018. Ripening characteristics and pigment changes in russeted pear fruit in response to ethylene and 1-MCP. Horticulturae, 4(3): 1-22.
- Costa, G., Fiori, G., Noferini, M. and Ziosi, V. 2006. Internal fruit quality: how to influence it, how to define it. In IV International Conference on Managing Quality in Chains-The Integrated View on Fruits and Vegetables Quality 712, pp. 339-346.
- Deepthi, V.P. 2017. Physiological and biochemical changes during fruit growth, maturity and ripening of guava: A review. Journal of Postharvest Technology, 5: 1-6.
- Drogoudi, P., Pantelidis, G.E., Goulas, V., Manganaris, G.A., Ziogas, V. and Manganaris, A. 2016. The appraisal of qualitative parameters and antioxidant contents during postharvest peach fruit ripening underlines the genotype significance. Postharvest Biology and Technology, 115: 142-150.
- Durand-Bessart, C., Tixier, P., Quinteros, A., Andreotti, F., Rapidel, B., Tauvel, C. and Allinne, C. 2020. Analysis of interactions amongst shade trees, coffee foliar diseases and coffee yield in multistrata agroforestry systems. Crop Protection, 133: 105137.
- Feng, J., Maguire, K.M. and MacKay, B.R. 2006. Discriminating batches of 'Hayward' kiwifruit for storage potential. Postharvest Biology and Technology, 41(2): 128-134.
- Fox, J.D. and Robyt, J.F. 1991. Miniaturization of three carbohydrate analyses using a microsample plate reader. Analytical biochemistry, 195(1): 93-96.
- Goke, A., Serra, S. and Musacchi, S. 2018. Postharvest dry matter and soluble solids content prediction in d'Anjou and Bartlett pear using near-infrared spectroscopy. HortScience, 53(5): 669-680.

- Götz, O., Liehr-Gobbers, K. and Krafft, M. 2009. Evaluation of structural equation models using the partial least squares (PLS) approach. In Handbook of partial least squares: Concepts, methods and applications (pp. 691-711). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kingston, C.M., 1992. Maturity indices for apple and pear. Horticultural Reviews, 13: 407-432.
- Lê, S., Josse, J. and Husson, F. 2008. FactoMineR: an R package for multivariate analysis. Journal of Statistical Software, 25: 1-18.
- Lin, Y., Huang, G., Zhang, Q., Wang, Y., Dia, V.P. and Meng, X. 2020. Ripening affects the physicochemical properties, phytochemicals and antioxidant capacities of two blueberry cultivars. Postharvest Biology and Technology, 162: 111097.
- McCready, R.M., Guggolz, J., Silveira, V. and Owens, H.S. 1950. Determination of starch and amylose in vegetables. Analytical Chemistry, 22(9): 1156-1158.
- da Silva, T.M., Briano, R., Peano, C. and Giuggioli, N.R. 2020. The use of a new explanatory methodology to assess maturity and ripening indices for kiwiberry (*Actinidia arguta*): Preliminary results. Postharvest Biology and Technology, 163: 111122.
- Mokhtassi-Bidgoli, A., Sharafi, M. and Benson, J.D. 2023. Optimizing bull semen cryopreservation media using multivariate statistics approaches. Animals, 13(6): 1077.
- Ollat, N. and Gaudillère, J.P. 1995. Investigation of assimilate import mechanisms in berries of *Vitis vinifera* var. 'Cabernet Sauvignon'. Strategies to Optimize Wine Grape Quality 427: 141-150.
- Pagès, J. 2005. Collection and analysis of perceived product inter-distances using multiple factor analysis: Application to the study of 10 white wines from the Loire Valley. Food Quality and Preference, 16(7): 642-649.
- Nordey, T., Davrieux, F. and Léchaudel, M. 2019. Predictions of fruit shelf life and quality after ripening: Are quality traits measured at harvest reliable indicators?. Postharvest Biology and Technology, 153: 52-60.
- Puech, C., Poggi, S., Baudry, J. and Aviron, S. 2015. Do farming practices affect natural enemies at the landscape scale?. Landscape Ecology, 30: 125-140.
- Quinio, M., De Waele, M., Dessaint, F., Biju-Duval, L., Buthiot, M., Cadet, E., Bybee-Finley, A.K., Guillemain, J.P. and Cordeau, S. 2017. Separating the confounding effects of farming practices on weeds and winter wheat production using path modelling. European Journal of Agronomy, 82: 134-143.
- Raese, J.T. and Drake, S.R. 2000. Effect of calcium sprays, time of harvest, cold storage, and ripeness on fruit quality of 'Anjou' pears. Journal of Plant Nutrition, 23(6): 843-853.
- Rish, A.J., Huang, Z., Siddiquee, K., Xu, J., Anderson, C.A., Borys, M.C. and Khetan, A. 2023. Identification of cell culture factors influencing afucosylation levels in monoclonal antibodies by partial least-squares regression and variable importance metrics. Processes, 11(1): 223.
- Sanchez, G. 2013. PLS path modeling with R. Berkeley: Trowchez Editions, 383(2013), p.551.
- Sauret, L.T. 2020. Changes in quality parameters during growth, cold storage and shelf life of 'Conference' pears: from orchard to consumer, Doctoral dissertation, Universitat de Lleida.
- Schechter, I., Proctor, J.T.A. and Elfving, D.C. 1993. Characterization of seasonal fruit growth of 'Idared' apple. Scientia Horticulturae, 54(3): 203-210.
- Shahmohammadi, M., Arminian, A., MohammadKhani, A. and Azizian, A. 2020. Evaluating the quantitative and qualitative characteristics of some strawberry genotypes using PLS-PM approach. Journal of Plant Production Research, 27(1): 243-262.
- Skorupinska, A., Kruczynska, D.E., Konopacka, D., Kaczmarek, U., Rutkowski, K.P. and Józwiak, Z.B. 2019. Fruit quality and storability of some Asian pear cultivars collected in the gene bank of the Research Institute of Horticulture, central Poland. Journal of Horticultural Research, 27(2).
- Trinchera, L. and Russolillo, G. 2010. On the use of Structural Equation Models and PLS Path Modeling to build composite indicators. University of Macerata, Italy, 30: 1-44.
- Wang Y. and Arzani K. 2019. European Pear In Sergio Tonetto de Feritas and Sunil Pareek (eds.) Postharvest Physiological Disorders in Fruits and Vegetables. (pp. 305-328). 1st Edition. CRC Press, Taylor and Francis Group, London, United Kingdom and New York, USA.

- Wang, Y. and Sugar, D. 2015. 1-MCP efficacy in extending storage life of 'Bartlett' pears is affected by harvest maturity, production elevation, and holding temperature during treatment delay. *Postharvest Biology and Technology*, 103: 1-8.
- Wang, Z., Tang, Y., Jin, X., Liu, Y., Zhang, H., Niu, H. and Lan, H. 2022. Comprehensive evaluation of Korla fragrant pears and optimization of plucking time during the harvest period. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(3): 242-250.
- Williams, R.S. and Benkeblia, N. 2018. Biochemical and physiological changes of star apple fruit (*Chrysophyllum cainito*) during different "on plant" maturation and ripening stages. *Scientia Horticulturae*, 236: 36-42.
- Wu, Z., Liu, Q., Li, Z., Cheng, W., Sun, J., Guo, Z., Li, Y., Zhou, J., Meng, D., Li, H. and Lei, P. 2018. Environmental factors shaping the diversity of bacterial communities that promote rice production. *BMC Microbiology*, 18(1): 1-11.
- Yu, S., Tang, Y., Lan, H., Li, X., Zhang, H., Zeng, Y., Niu, H., Jin, X. and Liu, Y. 2022. Construction method of quantitative evaluation model for the maturity of Korla fragrant pear. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 15(4): 243-250.