مهندسی بیوسیستم ایران دوره ۴۴، شماره ۱، بهار ۱۳۹۲
(۱-۸)

تعیین برخی خصوصیات فیزیکی میوهٔ توت‌فرنگی (*رقم سلوا*)

سعیدعلی عسگریان نجف‌آبادی[۱*]، حمیدرضا قاسم‌زاده[۲] و جعفر حاجی‌لو[۳]
۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲. استاد، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳. استادیار، دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۵/۱۶- تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۲/۳۱)

چکیده

در تحقیق حاضر خصوصیات فیزیکی، تغذیه‌ای، و رنگی توت‌فرنگی (*Fragaria x ananassa*) رقم سلوا مطالعه شده است. مقادیر جرم، قطر، طول، قطر متوسط هندسی، و کرویت در محتوای رطوبتی ۹۱/۰۷ درصد (محتوای رطوبتی اولیه) به‌ترتیب برابر ۱۱/۸۸۵ گرم، ۲۶/ ۲۸ میلی‌متر، ۲۹/۷۰ میلی‌متر، ۲۸/۵۹ میلی‌متر و ۰/۹۷۱ به‌دست آمد. مقادیر حجم، دانسیتهٔ حقیقی، دانسیتهٔ ظاهری، تخلخل، سطح تصویر و سفتی میوه در محتوای رطوبتی مشابه به‌ترتیب برابر ۱۲/۳۳ سانتی‌متر مکعب، ۱۰۶۸/۸۸۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۴۷۴/۳۳۰ کیلوگرم بر متر مکعب، ۵۱/۱۱ درصد، ۸/۶۱ سانتی‌متر مربع و ۳/۶۳ نیوتن تعیین شدند. مقادیر ضریب اصطکاک استاتیک میوهٔ توت‌فرنگی روی سطوح فولاد، آهن گالوانیزه، تخته چندلا، و لاستیک به‌ترتیب برابر ۰/۴۱۵، ۰/۴۳۹، ۰/۴۷۳ و ۰/۵۷۵ اندازه‌گیری شد. تجزیهٔ واریانس ضرایب اصطکاک استاتیک وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح از جنس‌های گوناگون را نشان داد و فقط ضریب اصطکاک روی سطوح فولاد و آهن گالوانیزه فاقد اختلاف معنی‌دار بود. میزان پارامترهای رنگی L^*، a^*، b^* و شدت رنگ به‌ترتیب برابر ۲۴/۳، ۳۰/۴، ۳۰/۵ و ۴۳/۰۶ به‌دست آمد. مقادیر pH، مادهٔ جامد محلول (TSS)، اسیدیته، ویتامین C، مادهٔ خشک، و خاکستر توت‌فرنگی به‌ترتیب برابر ۳/۶، ۷ درصد، ۳/۸ درصد، ۶۴/۱۳ (mg/۱۰۰g)، ۸/۹۰ (mg/۱۰۰g) و ۰/۷۸۷ (mg/۱۰۰g) محاسبه شد.

کلیدواژگان

اسیدیته، توت‌فرنگی، سفتی، شدت رنگ، ضریب اصطکاک ایستایی.

■ مقدمه

توت‌فرنگی گیاهی چندساله با نام علمی *Fragaria x ananassa* و از خانوادهٔ Rosaceae است. این میوه به‌منزلهٔ محصولی خوراکی، دارویی، و آرایشی در جهان شناخته می‌شود که حاوی ویتامین‌های E، C، و B و برخی محافظت‌کننده‌ها مانند آنتی‌اکسیدان‌هاست (Samimi Akhijahani and Khodaei, 2011).

میوهٔ توت‌فرنگی با کیفیت مطلوب به رنگ قرمز یکنواخت، سفت، خوش‌بو، و فاقد هرگونه آسیب و بیماری است(Kader, 1991). توت‌فرنگی به‌صورت خام و یا فراوری‌شده استفاده می‌شود. از جملهٔ محصولات تولیدی از میوهٔ توت‌فرنگی می‌توان به فراورده‌هایی مثل مربا، شربت، کمپوت، ژل، و طعم‌دهنده‌ها اشاره کرد.

براساس آخرین آمارهای ارائه‌شدهٔ سازمان خواربار

* نویسندهٔ مسئول Email: sa_ir_al@yahoo.com
تلفن: ۰۳۳۱۲۷۲۶۷۹۴

جهانی (FAO) ایران از نظر سطح زیر کشت و میزان توت‌فرنگی تولیدی به‌ترتیب در رتبهٔ چهاردهم و هجدهم جهانی قرار دارد. استان کردستان با دراختیارداشتن بیش از ۵۰ درصد تولید کل کشور بزرگترین تولیدکنندهٔ توت‌فرنگی در کشور است. گوناگونی مکان‌های کشت در ایران، ازنظر سطح زیر کشت و نیز مقدار محصول تولیدشده، به پایین‌بودن عملکرد و بالابودن تلفات محصول (حدود ۲۵ درصد) در کشور می‌انجامد (Salami, *et al*., 2010).

خصوصیات فیزیکی محصولات کشاورزی بر چگونگی فراوری، انتقال، انبارسازی، و مصرف آن‌ها مؤثر است و برای طراحی صحیح فرایندهای کاشت، برداشت، و عملیات پس از برداشت مانند تمیزکردن، حمل، و ذخیره‌سازی به آن‌ها نیاز است. (Masoumi and Tabil, 2003). در زمان حاضر عملیات انتقال پس از برداشت و فراوری توت‌فرنگی به شکل دستی انجام می‌شود و طراحی ابزار، تجهیزات، و ماشین‌هایی برای انجام این عملیات ضروری است. اما قبل از طراحی و ساخت این ماشین‌ها برخی خصوصیات فیزیکی توت‌فرنگی شایان توجه بیشتر است. همچنین به این خصوصیات برای طراحی و ارزیابی تجهیزات و سیستم‌های استفاده‌شده برای حمل و ذخیره‌سازی ، نیاز است.

تکنیک‌های فراوری و حمل صحیح محصولات کشاورزی به فهم دقیق خصوصیات فیزیکی مانند شکل، اندازه، تخلخل، مساحت سطح، و دانسیتهٔ ظاهری نیاز دارد (Alabadan, 1996). دانسیتهٔ ظاهری و تخلخل، بارهای ساختاری را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و پارامترهای مهمی در طراحی سیستم‌های ذخیره‌سازی و خشک‌کن هستند (Mpotokwane *et al*., 2008). همچنین، تعیین ضریب اصطکاک ایستایی بر سطوح گوناگون در طراحی ساختارهای انبارسازی و انتقال نقاله‌ای ضروری است (Taser *et al*., 2005). پارامتر سفتی ممکن است به‌منزلهٔ شاخصی برای آسیب‌پذیری محصولات کشاورزی استفاده شوند. وزن، حجم، دانسیته، و قطر هندسی متوسط در توصیف محصولات کشاورزی به‌کار می‌روند (Mpotokwane *et al*., 2008).

تاکنون مطالعات متعددی در مورد خصوصیات فیزیکی محصولات گوناگون کشاورزی مانند گیلاس (Demir and Kalyoncu, 2003)، گوجه‌فرنگی (Taheri-Garavand *et al*., 2011)، زردآلو (Hacıseferogullari *et al*., 2007)، و گلابی (Kabas *et al*., 2006) گزارش شده است. نوعی میوهٔ توت‌فرنگی نیز، با نام علمی *Arbutus unedo L.* در ترکیه مطالعه و ترکیبات شیمیایی، خصوصیات فیزیکی، و محتوای معدنی آن تعیین شده است (Ozcan and Haciseferogullari, 2007).

حفظ رنگ طبیعی محصول در هنگام فرایندهای متفاوت پس از برداشت از جمله انبارداری و فراوری محصول، از شاخص‌های کیفی مهم به‌شمار می‌آید که همواره مد نظر کارشناسان و مصرف‌کنندگان بوده است (Caner *et al*., 2008). به همین دلیل در بیشتر مطالعات مربوط به ارزیابی کیفی محصول تعیین مشخصه‌های رنگی فاکتوری مهم است. پژوهشگرانی همچون Caner *et al*. (2008) و Musto and Satriano (2010) در کاربردهای مختلفی مشخصه‌های رنگی میوهٔ توت‌فرنگی را تعیین کرده‌اند.

هدف از این مطالعه، تعیین برخی خصوصیات مهم فیزیکی توت‌فرنگی رقم سلوا به‌منظور شناسایی بیشتر این محصول و فراهم‌آوردن اطلاعات لازم برای مطالعات بعدی در زمینهٔ برداشت و پس‌ازبرداشت این محصول بوده است. برخی از خصوصیات مهم تغذیه‌ای و رنگی این محصول نیز مطالعه شده است.

▪ مواد و روش‌ها

مواد

این پژوهش روی میوهٔ توت‌فرنگی رقم سلوا، از ارقام تجاری عمدهٔ موجود در ایران، انجام شده است که برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ میلادی در دانشگاه کالیفرنیای آمریکا تولید شده است و ۳۰ روز بعد از کاشت به باردهی می‌رسد (Bertelsen, 1995). توت‌فرنگی‌های مورد نیاز از گلخانه‌ای واقع در روستای جانقور از توابع شهر باسمنج غرب تبریز تهیه شدند. میوه‌های مورد نیاز در مرحلهٔ رسیدگی کامل برداشت، و به آزمایشگاه انتقال یافت. سپس هرگونه مواد خارجی و میوه‌های نارس یا آسیب‌دیده کنار گذاشته شدند. به‌منظور جلوگیری از تأثیرات نامطلوب، میوه‌های سالم درون ظروف شیشه‌ای نفوذناپذیر گذاشته شدند و تا زمان استفاده‌شدن برای آزمایش درون یخچال در دمای ۵ درجهٔ سلسیوس

نگهداری شدند. محتوای رطوبتی اولیهٔ میوه‌های تازه با استفاده از روش آون تعیین شد. برای به‌دست آوردن جرم خشک، نمونه‌های ۲۰ گرمی در چهار تکرار به‌مدت ۲۴ ساعت درون آون با دمای ۲ ±۷۵ درجهٔ سلسیوس قرار داده شدند (Doymaz, 2007). محتوای رطوبتی اولیه در حدود ۹۱/۰۷ درصد (بر اساس وزن خشک) بود. برای اندازه‌گیری وزن نمونه قبل و بعد از قراردادن آن در آون از ترازوی دقیق (مدل AND سری GF1000) با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. اندازه‌گیری خصوصیات توت‌فرنگی در همان رطوبت طبیعی اولیه صورت گرفت.

تعیین خصوصیات فیزیکی

برای انجام آزمون‌ها ۱۰۰ نمونه به‌صورت تصادفی انتخاب شد. خصوصیات ابعادی توت‌فرنگی‌ها شامل طول (L) و دو قطر (D_1 و D_2) عمود بر هم با استفاده از کولیس دیجیتال (مدل *Helios- Preisser*) با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

سطح تصویر (P_a) میوه‌ها با استفاده از دوربین دیجیتال(Sony Cyber-Shot DSC-W200) با رزولوشن ۲۰۴۸ در ۱۵۳۶ پیکسل و نرم‌افزار *Image Analysis 3- Bitmap Gray Scale Analyzer* تعیین شد. تصویربرداری از هر میوه در سه بعد و در راستای محورهای اصلی مختصات انجام شد. تصاویر مربوط به هر نمونه در محیط نرم‌افزار Image Analysis 3 پردازش و در نهایت از سه سطح تصویر به‌دست‌آمده برای هر نمونه میانگین گرفته شد. برای تعیین جرم (M) نمونه‌ها از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد.

حجم نمونه‌ها با استفاده از روش پلات‌فرم تعیین شد (Mohsenin, 1986). با توجه به جرم و حجم تعیین‌شده برای هر نمونه دانسیتهٔ حقیقی ($\boldsymbol{\rho_t}$) میوه‌ها به‌دست آمد.

برای تعیین دانسیتهٔ ظاهری ($\boldsymbol{\rho_b}$) میوه‌ها از ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری بالای ظرفی دولیتری به درون ظرف ریخته شدند و سپس میوه‌های اضافی از سطح ظرف کنار زده شدند و جرم میوه‌های باقیمانده درون ظرف تعیین شد. با استفاده از رابطهٔ ۱ دانسیتهٔ ظاهری میوه تعیین شد(Deshpande *et al*., 1991).

$$\rho_b = \frac{m}{v_b} \qquad \text{رابطه ۱)}$$

در رابطهٔ ۱، m جرم تودهٔ میوه و V_b حجم ظرف آزمایش است.

تخلخل (ε) نمونه‌ها با استفاده از رابطهٔ ۲ به‌دست آمد.

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_t} \qquad \text{رابطه ۲)}$$

که در این رابطه ρ_b و ρ_t به‌ترتیب دانسیتهٔ ظاهری و دانسیتهٔ حقیقی هستند(Mohsenin, 1986).

میزان قطر متوسط هندسی (D_g) و کرویت (Ø) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ محاسبه شدند (Mohsenin, 1986).

$$Dg = (LD^2)^{0.333} \qquad \text{رابطه ۳)}$$

$$\varnothing = (LD^2)^{0.333} / L \qquad \text{رابطه ۴)}$$

اندازه‌گیری سفتی میوهٔ توت‌فرنگی با استفاده از دستگاه اینسترون (مدل ۱۱۴۰ ساخت کمپانی اینسترون) مجهز به لودسل با قابلیت اندازه‌گیری نیرو در گسترهٔ صفر تا ۵ نیوتن و دقت ۰/۰۲۵ نیوتن انجام شد. بارگذاری با سرعت ۵۰ میلی‌متر بر دقیقه صورت پذیرفت. برای اندازه‌گیری سفتی، میوه به‌حالت طبیعی بر روی سکوی ثابت دستگاه قرار داده شد و حداکثر نیروی مورد نیاز برای فشردن میوه به اندازهٔ ۱۰ درصد ارتفاع میوه، به‌عنوان میزان سفتی میوه ثبت شد (Bourne, 1982). برای تعیین سفتی میوه ۳۰ نمونه آزمایش شد.

تعیین ضریب اصطکاک استاتیک میوه‌ها با استفاده از دستگاه سطح شیب‌دار با قابلیت تنظیم شیب و تغییر سطح اصطکاکی انجام شد. میوه‌های توت‌فرنگی درون چارچوبی چوبی فاقد کف قرار داده شدند و چارچوب روی سطح اصطکاکی قرار گرفت. قبل از شروع آزمایش چارچوب کمی (تقریباً ۳ میلی‌متر) از روی سطح اصطکاکی بلند می‌شد تا تماس آن با سطح قطع شود و فقط میوه‌ها با سطح در تماس باشند. سپس با افزایش تدریجی میزان شیب سطح مجموعهٔ چارچوب و میوه در آستانهٔ حرکت قرار گرفتند. با جای‌گذاری زاویهٔ نهایی سطح شیب‌دار ($\boldsymbol{\alpha}$) در رابطهٔ ۵ میزان ضریب اصطکاک استاتیک نمونه‌ها محاسبه شد (Mohsenin, 1986).

رابطه۵) $$\mu_s = \tan\alpha$$

آنالیز آماری داده‌ها بر مبنای طرح کاملاً تصادفی (CRD) با ده تکرار و فاکتور اصلی جنس سطح تماس (در چهار سطح) انجام گرفت.

تعیین خصوصیات رنگی

برای تعیین رنگ توت‌فرنگی، از مدل رنگی *CIE Lab* بهره گرفته شد. مدل *CIE Lab* استانداردی جهانی برای اندازه‌گیری رنگ است. این مدل شامل مؤلفهٔ روشنایی (مقدار L^*)، به همراه دو مؤلفهٔ رنگی از سبز تا قرمز (مقدار a^*) و از آبی تا زرد (مقدار b^*) است. برای انجام آزمایش‌ها از دستگاه آزمایش رنگ ساخته‌شده در گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی دانشگاه تبریز استفاده شد. این دستگاه شامل محفظهٔ ذوزنقه‌ای مجهز به دو لامپ فلورسنت *D65* به‌منزلهٔ منبع روشنایی برای روشن‌سازی نمونه‌ها بود. دوربین آنالوگ (*PR-565S,Proline, Lancashire, U.K.*) برای تصویربرداری از نمونه‌ها به‌کار گرفته شد. نمونه‌ها درون محفظه قرار داده شدند و پس از زوم‌کردن لنز و تنظیم وضوح، تصویربرداری انجام شد. فریم‌گربر (*MATRIX VISION, HD-SDI PCI- E .X4*) سیگنال‌های تصویرگرفته‌شده را به‌صورت سیگنال‌های دیجیتالی روی حافظهٔ کامپیوتر شخصی ذخیره کرد. برای هر تصویر مقادیر متوسط شاخص‌های L^*، a^* و b^* با استفاده از نرم‌افزار MATLAB تعیین شد و در نهایت، از مقادیر به‌دست‌آمده برای هر شاخص میانگین گرفته شد. همچنین مقدار مشخصهٔ دانسیتهٔ رنگ (C) برای هر نمونه با استفاده از رابطهٔ ۶ تعیین شد (Nalbandi *et al*., 2011).

رابطه۶) $$C=\sqrt{a^{*2}+b^{*2}}$$

تعیین خصوصیات تغذیه‌ای

اندازه‌گیری ترکیبات تغذیه‌ای متداول میوهٔ توت‌فرنگی با استفاده از روش‌های استاندارد آنالیز مواد انجام شد (AOAC, 1990). میزان مادهٔ خشک با قراردادن مقداری توت‌فرنگی در آون در دمای ۷۰±۱ °C و جرم باقی‌مانده پس از رسیدن وزن نمونه‌ها به مقدار ثابت اندازه‌گیری شد. مقدار مادهٔ جامد محلول (TSS) و pH نمونه‌ها با استفاده از رفرکتومتر (ATAGO- 1T) و pH متر (Testo- *PH* 206) اندازه‌گیری شد. اسیدیتهٔ توت‌فرنگی با استفاده از سود ۰/۱ نرمال برای تیتراسیون به‌صورت گرم اسیدسیتریک در هر ۱۰۰ گرم وزن میوه (درصد اسیدسیتریک) بیان شد. در پایان تیتراسیون، *pH* عصاره در حدود ۸/۲ بود. برای تعیین میزان خاکستر، نمونه‌ها در دمای ۵۵۰°C در داخل کوره قرار داده شدند. بعد از تبدیل‌شدن به خاکستر، جرم نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. مقدار ویتامین C توت‌فرنگی بر اساس استاندارد AOAC اندازه‌گیری شد. تمام آزمایش‌ها در چهار تکرار انجام گردید. تجزیه و تحلیل نتایج با استفاده از نرم افزار SPSS16 و مقایسات میانگین بر اساس آزمون دانکن انجام گرفت.

▪ نتایج و بحث

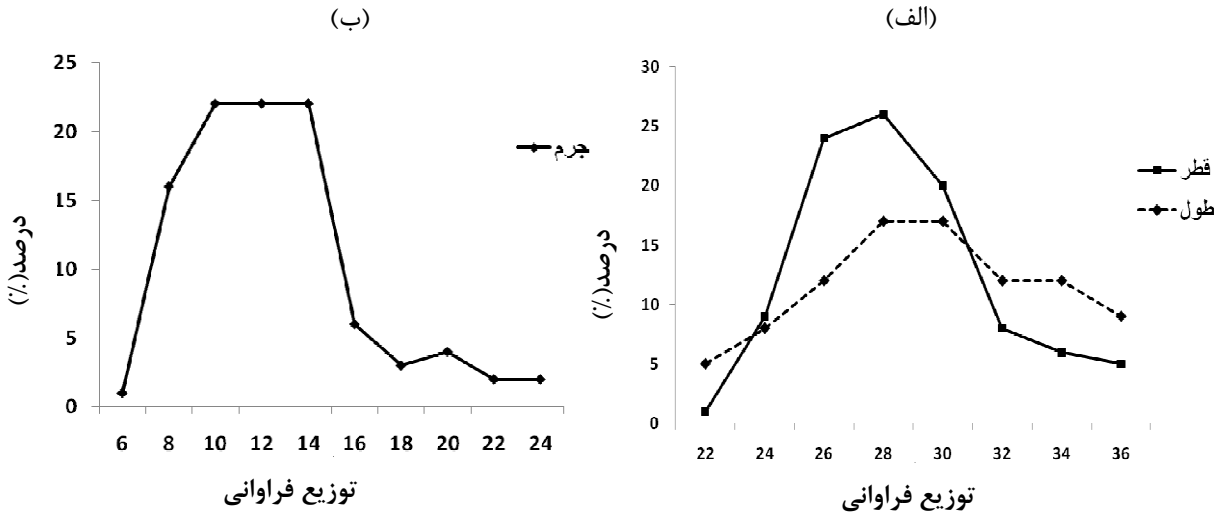
خصوصیات فیزیکی

مقادیر مربوط به خصوصیات ابعادی توت‌فرنگی رقم سلوا در جدول ۱ آورده شده است. ۹۰ درصد توت‌فرنگی‌ها از نظر طول در بازهٔ ۲۱- ۳۵ میلی‌متر و ۹۱ درصد آن‌ها ازلحاظ قطر در گسترهٔ ۲۳- ۳۳ میلی‌متر قرار دارند. همچنین ۸۶ درصد توت‌فرنگی‌ها دارای گسترهٔ جرمی ۷- ۱۵ گرم هستند.

جدول ۱. میانگین خصوصیات ابعادی توت‌فرنگی رقم سلوا

خصوصیت	مقدار (انحراف معیار، میانگین)
جرم (g)	(۱۱/۸۸۵ ,۰/۳۷۲)
قطر (mm)	(۲۸/۲۶ ,۰/۳۵۲)
طول (mm)	(۲۹/۷۰ ,۰/۴۶۹)
قطر متوسط هندسی (mm)	(۲۸/۵۹ ,۰/۳۴۹)
کرویت	(۰/۹۷۱ ,۰/۰۰۸)

توزیع فراوانی مربوط به خصوصیات ابعادی و جرم به‌ترتیب در شکل ۱ (الف) و (ب) نشان داده شده است. در مشخصه‌های جرم و قطر تمایل به‌سمت توزیع نرمال مشاهده شد.



شکل ۱. منحنی توزیع فراوانی برای (الف) طول و قطر و (ب) جرم توت‌فرنگی در محتوای رطوبتی ۹۱/۰۷ درصد

رابطهٔ عمومی ۷ ارتباط بین خصوصیات ابعادی میوهٔ توت‌فرنگی رقم سلوا در محتوای رطوبتی ۹۱/۰۷ درصد (بر مبنای وزن خشک) را توصیف می‌کند.

رابطهٔ ۷)

$$D=۰/۹۶۴\times L=۲/۵۲۸\times M=۰/۹۸۹\times D_g=۲۹/۲۵۹\times Ø$$

ضریب همبستگی این روابط در جدول ۲ آورده شده است. ارتباط بین *D/L*، *D/M* و D/D_g از نظر آماری معنی‌دار شده‌اند و تنها رابطهٔ D/Ø فاقد اختلاف معنی‌دار بود. Marakoglu *et al.* (2005) و Cahsir *et al.* (2005) نتایج تقریباً مشابهی برای میوه‌های آلوچه جنگلی و آلوی وحشی را گزارش کردند.

جدول ۲. ضریب همبستگی روابط خصوصیات ابعادی توت‌فرنگی

خصوصیت	درجهٔ آزادی	ضریب همبستگی
D/L	۹۸	۰/۶۱۵**
D/M	۹۸	۰/۶۸۸**
D/D_g	۹۸	۰/۹۳۸**
D/Ø	۹۸	۰/۱۹۰

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد

معنی‌داری و مثبت‌بودن ضرایب، همبستگی قطر با طول نشان می‌دهد، قطر متوسط هندسی و جرم تغییرات هر جفت متغیر به‌هم وابسته و هم‌سو است و در کاربردهایی مانند پردازش تصویر و یا مدل‌سازی جرمی، براورد هر خصوصیت با استفاده از خصوصیت دیگر محصول امکان‌پذیر است. مدل‌سازی جرمی تولیدات کشاورزی امری معمول و در اهداف طراحی استفاده می‌شود (Tabatabaeefar and Rajabipour, 2005).

برخی خصوصیات فیزیکی تعیین‌شده برای توت‌فرنگی‌های آزمایش‌شده در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۳. میانگین خصوصیات فیزیکی میوهٔ توت‌فرنگی در رطوبت نسبی ۹۱/۰۷ درصد

خصوصیت	مقدار(انحراف معیار، میانگین)
حجم (cm^3)	(۱۲/۳۳ ,۰/۴۱)
دانسیتهٔ حقیقی (kg/m^3)	(۱۰۶۸/۸۸۰ ,۵/۲۰)
دانسیتهٔ ظاهری (kg/m^3)	(۴۷۴/۳۳۰ ,۱/۸۸)
تخلخل (٪)	(۵۱/۱۱ ,۰/۷۹)
سطح تصویر (cm^2)	(۸/۶۱ ,۰/۲۱)
سفتی میوه (N)	(۳/۶۳ ,۰/۱۲)

در مطالعه‌ای که Samimi Akhijahani and Khodaei (2011) روی توت‌فرنگی رقم کردستان در رطوبت نسبی ۹۰/۲۰ درصد انجام دادند، میزان طول، قطر و قطر متوسط هندسی به‌ترتیب برابر ۲۴/۲۷، ۲۰/۹۴ و ۲۱/۹۷ میلی‌متر، مقدار کرویت برابر ۰/۹۱ و میزان سطح تصویر این محصول برابر ۱۵/۱۷ سانتی‌متر مربع تعیین شده است. البته شایان توجه است که در مطالعهٔ مذکور سطح تصویر به‌شکل غیرمستقیم و با توجه به خصوصیات دیگر براورد شده است.

همچنین Samimi Akhijahani and Khodaei (2011) میزان دانسیتهٔ ظاهری و دانسیتهٔ حقیقی توت‌فرنگی رقم کردستان را به‌ترتیب برابر ۵۵۱/۸۰ و ۱۵۴۵/۲۴ کیلوگرم بر متر مکعب و تخلخل میوه را برابر ۶۴/۲۸ درصد به‌دست آورده‌اند.

سفتی، مقدار نیروی مورد نیاز برای ایجاد تغییر شکلی معین، به‌شدت تحت تأثیر تلفات آبی و فساد توت‌فرنگی قرار دارد و در طول دورهٔ پس از برداشت و انبارداری به‌طور مداوم کاهش می‌یابد (Caner *et al*., 2008). بنابراین، محصولات با سفتی اولیه بالاتر به‌دلیل مقاومت بیشتر در برابر صدمات مکانیکی و آلودگی‌های قارچی، پس از برداشت از شرایط بهتری برخوردار خواهند بود (Mirahmadi *et al*., 2011). توت‌فرنگی رقم سلوا به‌دلیل داشتن مشخصات بافتی مطلوب و مقاومت بالا دربرابر صدمات فیزیکی برای انبارسازی در محیط سرد و انتقال مناسب است.

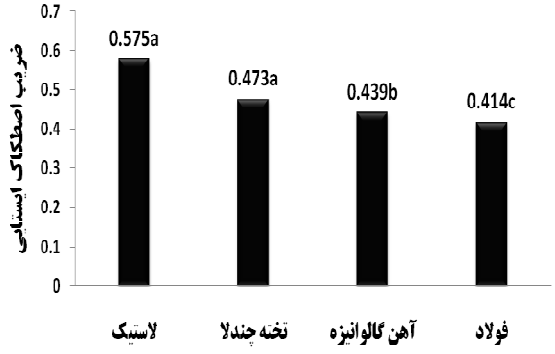
نتایج تجزیهٔ واریانس ضرایب اصطکاک استاتیک برای سطوح گوناگون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد.

جدول ۴ با توجه به نتایج مقایسهٔ میانگین براساس آزمون دانکن (P=۰/۰۱) فقط سطوحی از جنس لاستیک و تخته چندلا از نظر ضریب اصطکاک استاتیک فاقد اختلاف معنی‌دار بودند (شکل ۲).

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس ضریب اصطکاک ایستایی

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات
جنس سطح	۳	۰/۰۵۰**
خطا	۳۶	۰/۰۰۱

** معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد را نشان می‌دهد



شکل ۲. مقادیر متوسط ضریب اصطکاک ایستایی

خصوصیات تغذیه‌ای

مقادیر مادهٔ خشک، pH، TSS، اسیدیته، خاکستر، و ویتامین C توت‌فرنگی در ارائه شده است. مقدار خاکستر، pH، و اسیدیتهٔ میوهٔ توت‌فرنگی (Arbutus unedo L.) به‌ترتیب برابر ۲/۸۲۴ درصد، ۴/۶، و ۰/۴ درصد تعیین شده است (Özcan and Hacıseferoğulları, 2007). Tulipani *et al*. (2008) مقادیر آنتی‌اکسیدان‌ها، ترکیبات فنولیک، و کیفیت تغذیه‌ای نه رقم توت‌فرنگی را مطالعه کردند. آن‌ها مقدار ویتامین C رقم سلوا را حدود ۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم میوهٔ تازه به‌دست آوردند که این میزان نسبت به محتوای ویتامین C ارقامی مثل آلبا و آدریا بالاتر بود. مقدار ویتامین C به‌دست‌آمده برای رقم سلوا در این تحقیق برابر ۳۶/۴۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بود.

محققان متعددی مقادیر همبستگی بسیار ضعیف را برای مقدار مادهٔ جامد محلول (TSS) و مواد قندی و نیز اسیدیته و مقدار اسیدهای ارگانیک گزارش کرده‌اند. بنابراین، این پارامترها شکل مطلوبی برای ارزیابی کیفیت توت‌فرنگی ندارند. استفاده از TSS و اسیدیته فقط به مطالعات مقایسه‌ای با تغییرات کم در ارقام و محیط محدود می‌شود (Kays, 1991; Sturm *et al*., 2003).

جدول ۵. مقدار میانگین خواص تغذیه‌ای برای میوهٔ توت فرنگی

خواص	ویتامین C (mg/۱۰۰g)	اسیدیته (درصد)	pH	TSS (٪)	ماده خشک (g/۱۰۰g)	خاکستر (g/۱۰۰g)
میانگین	۳۶/۴۱	۳/۸	۳/۶	۷	۸/۹۰	۰/۷۸۷
انحراف استاندارد	۰/۱۴	۰/۰۴۰	۰/۰۷۰	۰/۰۴۰	۰/۰۳۸	۰/۰۴۲

خصوصیات رنگی

مقادیر مشخصه‌های شفافیت (L^*)، قرمزی و سبزی (a^*)، زردی و آبی‌بودن (b^*) و شدت رنگ برای نمونه‌های توت‌فرنگی به‌ترتیب برابر ۲۴/۳، ۳۰/۴، ۳۰/۵ و ۴۳/۰۶ تعیین شد. توت‌فرنگی منبعی غنی از ترکیبات فنولیک با فعالیت آنتی‌اکسیدانی است. عامل قرمزی توت‌فرنگی تازه وجود ترکیبات فنولیک و آنتی‌اکسیدان‌هاست (Mazza and Miniati, 1993). Weber and Hai Liu, (2002) گزارش کرده‌اند که رنگ تمشک ارتباط معنی‌داری با محتوای فنولیک و آنتی‌اکسیدان آن دارد. آنان نشان دادند ارقامی که دارای مقادیر a/b بالاتری هستند و رنگ تیره‌تری دارند، دارای بیشترین مقدار فنولیک و آنتی‌اکسیدان هستند و این نسبت می‌تواند شاخص محتوای فنولیک و آنتی‌اکسیدان تمشک در نظر گرفته شود (Weber and Hai Liu, 2002). Martinez-Romero *et al*. (2004) از مشخصهٔ a/b به‌منزلهٔ شاخصی در تعیین کوفتگی استفاده کرده‌اند.

■ نتیجه‌گیری

توت‌فرنگی رقم سلوا دارای کرویت بالایی (۰/۹۷۱) است و کمترین و بیشترین میزان ضریب اصطکاک ایستایی به‌ترتیب مربوط به فولاد (۰/۴۱۴) و لاستیک (۰/۵۷۵) است که این ویژگی‌ها باید در طراحی سیستم‌های انتقال، جابه‌جایی، و درجه‌بندی در نظر گرفته شود. مقدار دانسیتهٔ حقیقی نشان می‌دهد که توت‌فرنگی‌های رقم سلوا سنگین‌تر از آب هستند و این خصوصیت در طراحی فرایندهای تمیزکردن و جداسازی قابل استفاده‌اند. با توجه به مشخصه‌های رنگی تعیین‌شده رنگ توت‌فرنگی رقم سلوا متمایل به قرمز تیره است. با توجه به آنچه دربارهٔ تمشک گفته شد، شاید بتوان از مشخصهٔ a/b همچون شاخصی برای جداسازی توت‌فرنگی ازلحاظ مشخصه‌های کیفی مانند خواص تغذیه‌ای استفاده کرد.

REFERENCES

1. Alabadan, B.A., (1996). Physical properties of selected biomaterials as related to their postharvest handling. Proceeding of the *Nigerian Society of Agricultural Engineers*, 18, 328–331.
2. AOAC. (1990). Official method of analysis. Association of Official Analytical Chemists. No.934.06.
3. Bertelsen, D. (1995). The U.S. strawberry industry. Available at:

   http://www.nal.usda.gov/pgdic/Strawberry/ers/ers.htm
4. Bourne, M. C. (1982). Food texture and viscosity: concept and measurement: Academic Press.
5. Calısır, S., Ozcan, M., Hacıseferogulları, H., & Arslan, D. (2005). Some nutritional and technological properties of wild plum (Prunus spp.) fruits in Turkey. *Journal of Food Engineering,* 66, 233–237.
6. Caner, C., Aday, M. & Demir M. (2008). Extending the quality of fresh strawberries by equilibrium modified atmosphere packaging. European Food Research and Technology, 227(6), 1575-1583.
7. Demir, F. & Kalyoncu, I. H. (2003). Some nutritional, pomological and physical properties of cornelian cherry (Cornus mas L.). *Journal of Food Engineering*, 60, 335–341.
8. Deshpande, S. D., S. Bal, & T. P. Ojha. (1991). Physical properties of soybean. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 89-98.
9. Doymaz, I. (2007). Influence of pretreatment solution on the drying of sour cherry. *Journal of Food Engineering,* 78 (2), 591-596.
10. Hacıseferoğulları, H., Gezer, İ., Özcan, M. M. & MuratAsma, B. (2007). Post-harvest chemical and physical–mechanical properties of some apricot varieties cultivated in Turkey. *Journal of Food Engineering,* 79(1), 364-373.
11. Kabas, O., Ozmerzi, A. & Akinci. I. (2006). Physical properties of cactus pear (Opuntia ficus india L.) grown wild in Turkey. *Journal of Food Engineering,* 73(2), 198-202.
12. Kader, A. A. (1991). Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry. In The strawberry into the 21st. Portland, Oregon: Timber Press, 145-152.
13. Kays, S. J. (1991). Postharvest physiology of perishable plant products: Van Nostrand Reinhold.
14. Marakoglu, T., Arslan, D., Ozcan, M., & Hacıseferogulları, H. (2005). Proximate

composition and technological properties of fresh blackthorn (Prunus spinosa L. subsp dasyphylla (Schur.)) fruits. *Journal of Food Engineering*, 68, 137–142.

15. Martinez-Romero, D., Serrano, M., Carbonell, A., Castillo, S., Riquelme, F. & Valero, D. (2004). *Mechanical Damage During Fruit Post-Harvest Handling: Technical and Physiological Implications Production Practices and Quality Assessment of Food Crops*, edited by R. Dris and S. M. Jain: Springer Netherlands, 233-252.
16. Masoumi, A.A., & Tabil, L., (2003). Physical properties of chickpea (C. arientinum) cultivers. Paper No. 036058 for 2003 ASAE Annual Meeting, Las Vagas, Nevada, USA, 27–30 July 2003. *ASAE*, St. Joseph, MI, USA.
17. Mazza, G. & Miniati, E. (1993). Anthocyanins in fruits, vegetables, and grains: CRC Press.
18. Mirahmadi, F., Hanafi, Q. M., Alizadeh, M., Mohamadi, H. & Sarsaifee, M. (2011). Effect of low tempereture on physico- chemical properties of different strawberry cultivars. *African Journal of Food Science and Technology*, 2(5), 109-115.
19. Mohsenin, N. N. (1986). Physical properties of plant and animal materials: structure, physical characteristics, and mechanical properties: Gordon and Breach.
20. Mpotokwane, S. M., Gaditlhatlhelwe, E., Sebaka, A. and Jideani, V. A. (2008). Physical properties of bambara groundnuts from Botswana. *Journal of Food Engineering,* 89(1), 93-98.
21. Musto, M. & Satriano, L. M. (2010). Fruit responses to postharvest heat treatment time: characterisation of heat-treated strawberry (Fragaria x ananassa) cv. 'Candonga' fruits. Agronomy research (Tartu), 8(1), 815-826.
22. Nalbandi, H., Seiiedlou, S., Hajilou, J., Moghaddam, M. & Adlipour, M. (2011). Physical properties and color characteristics of iranian genotypes of cornelian cherry. *Journal of Food Process Engineering*, 34(3), 792-803.
23. Ozcan, M. & Haciseferogullari, H. (2007). The Strawberry (Arbutus unedo L.) fruits: Chemical composition, physical properties and mineral contents. *Journal of Food Engineering,* 78(3), 1022-1028.
24. Salami, P., Ahmadi, H., Keyhani, A. & Sarsaifee, M. (2010). Strawberry post-harvest energy losses in Iran. Researcher, 67-53.
25. Samimi Akhijahani, H. & Khodaei, J. (2011). Some Physical properties of strawberry (Kurdistan Variety). *World Applied Sciences Journal*, 13(2), 206-212.
26. Sturm, K., Koron, D. & Stampar, F. (2003). The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food Chemistry*, 83(3), 417-422.
27. Tabatabaeefar, A., & Rajabipour, A., (2005). Modeling the mass of apples by geometrical attributes. *Scientia Horticulturae*, 105, 373–382.
28. Taheri-Garavand, A., Rafiee, Sh. & Keyhani, A. (2011). Study on some morphological and physical characteristics of tomato used in characterize best post harvesting options. *Australian Journal of Crop Science*, 5(4), 433-438.
29. Taser, O.F., Altuntas, E., & Ozgoz, E., 2005. Physical properties of Hungarian and Common Vetch seeds. *Journal of Applied Sciences*, 5 (2), 323–326.
30. Tulipani, S., Mezzetti, B., Capocasa, F., Bompadre, S., Beekwilder, M. J., Vos, C. H. d., Capanoglu, E., Bovy, A. G. & Battino, M. (2008). Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 696-704.
31. Weber, C. & Hai Liu, R. (2002). Antioxidant capacity and anticancer properties of red raspberry. *Acta Hort*. (ISHS), 585, 451-457.