مطالعه و بررسی برخی خواص فیزیکی و شیمیایی چهار رقم آلو(*Prunus domestica L.*)

قاسم یوسفی [1]، زهرا امام جمعه [2*]

[1] دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران
[2] استاد گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، کرج، ایران

تاریخ دریافت: 93/2/10 تاریخ پذیرش: 93/7/19

چکیده

آلو یکی از میوه‌هایی است که سرشار از ترکیبات ریز مغذی و سلامت‌زا می‌باشد. تعیین خواص مختلف آلوهای تولیدی در کشور به عنوان مبنایی برای طراحی و ساخت ماشین‌ها و تجهیزات انتقال، درجه‌بندی و فرآوری است که تعیین آنها در راستای کاهش ضایعات و افزایش ماندگاری، کیفیت و توان رقابت با محصولات خارجی ضروری است. در این تحقیق برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سه رقم آلوی کشت شده در ایران (شابلون ریز، شابلون درشت و شایرو) و یک رقم وارداتی (شیلیایی) تعیین گردید. خواص فیزیکی شامل طول، عرض، ارتفاع، قطر هندسی، قطر حسابی، قطر معادل، حجم، سطح، وزن، زاویه لغزش، چگالی توده، تخلخل، رنگ و بافت اندازه‌گیری شدند. همچنین برخی از خصوصیات شیمیایی مانند آنتوسیانین‌ها، پلی‌فنول‌ها، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، پروتئین، اسیدهای میوه (اسید مالیک، سیتریک، آسکوربیک و فوماریک)، ترکیبات قندی (گلوکز، فروکتوز، ساکارز و سوربیتول)، محتوای آب، میزان خاکستر و مواد معدنی تعیین گردید. نتایج نشان داد که رقم شابلون درشت دارای بیشترین طول، عرض، ارتفاع، سطح، قطر هندسی، وزن، حجم و تخلخل بوده که مقادیر آنها به ترتیب 68/38، 58/12، 52/06 میلی‌متر، 3075/55 میلی‌متر مربع، 67/93 گرم، 66/23 سانتیمتر مکعب و 42/04 درصد است و رقم شابلون ریز با 91/47 درصد و 70/59 گرم در سانتیمتر مکعب به ترتیب بیشترین مقدار درصد کرویت و چگالی توده را دارا می‌باشند. در بین چهار رقم مورد بررسی رقم شیلیایی دارای بیشترین مقدار پلی‌فنول (134/74 میلی‌گرم در 100 گرم) و رقم شایرو بیشترین مقدار آنتوسیانین (27/85 میلی‌گرم در 100 گرم) و فعالیت آنتی اکسیدانی (0/0017 گرم) می‌باشد.

واژه های کلیدی: آلو، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی

مسوول مکاتبه: emamj@ut.ac.ir

1- مقدمه

آلو متعلق به خانواده Rosaceae، زیر خانواده Pronoideae و جنس Prunus می‌باشد. آلو یکی از متنوع‌ترین میوه‌های موجود در بین هسته‌داران می‌باشد که در محدوده وسیعی از شرایط آب و هوایی و جغرافیایی رشد می‌کند. محققان 20 تا 40 گونه مختلف از آلو را شناسایی کرده‌اند که بسیاری از آنها گونه‌های وحشی می‌باشد. از مهم‌ترین گونه‌هایی که امروزه به آن توجه زیادی می‌شود می‌توان به آلوهای اروپایی، ژاپنی و آمریکایی اشاره کرد (1). وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی 1390، سطح زیر کشت آلو و گوجه سبز در ایران را حدود 44 هزار هکتار و میزان تولید را 365 هزار تن اعلام کرده است. همچنین طبق گزارش فائو در سال 2011 تولید جهانی آلو و گوجه سبز بیش از 11 میلیون تن بوده است و ایران پس از چین (5/9 میلیون تن)، صربستان (581 هزار تن)، رومانی (573 هزار تن)، آمریکا (560 هزار تن) و شیلی (293 هزار تن) با تولید 288 هزار تن در جایگاه ششم جهان قرار دارد.

آلوها از میوه‌هایی هستند که نه تنها طعم عالی دارند، بلکه حاوی برخی ترکیبات شیمیایی با ارزشی هستند که موجب بهبود و تعدیل سلامت می‌شوند. این میوه سرشار از قندها و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی می‌باشد و با توجه به رنگ گوشت آن (زرد یا قرمز)، کاروتن و آنتوسیانین بالایی دارند (2). علاوه بر این، دارای ویتامین‌های A، C، تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین و مواد معدنی همچون پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، آهن و روی می‌باشد. البته میزان پتاسیم بسیار بیشتر از بقیه بوده و در حدود 120 تا 190 میلی‌گرم در 100 گرم میوه است. آلوها دارای مقادیر زیادی از ترکیبات فنولی، مانند فلاونوئیدها و اسیدهای فنولیک می‌باشند. نئوکلروژنیک و کلروژنیک دو ترکیب فنولی غالب در آلو بوده که دارای قدرت آنتی اکسیدانی بالایی می‌باشند. میزان کل فنول انواع واریته‌های آلو در حدود 174 تا 375 (میلی گرم/ 100 گرم میوه تازه) بر اساس اکی‌والان اسید گالیک و غلظت کل فلاونوئید نیز در حدود 118 تا 237 (میلی گرم/ 100 گرم میوه تازه) بر اساس اکی‌والان کاتکین[1] گزارش شده است (3 و 4).

از جمله خواص مفید این میوه برای سلامتی می‌توان به جلوگیری از سرطان، کاهش بیماری‌ها و حملات قلبی، جلوگیری از آلرژی و خواص ضد جهش‌زایی اشاره کرد. بر همین اساس آلوها (به ویژه آلو قرمز) دارای قدرت آنتی اکسیدانی بالایی می‌باشند و در نتیجه می‌توانند ریسک ابتلا به سرطان و بیماری‌های قلبی- عروقی را کاهش دهند (5).

شناخت و اطلاعات کافی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی محصولات کشاورزی در طراحی تجهیزات فرآوری، انتقال، سورت کردن، جدا کردن، بسته‌بندی و... از اهمیت خاصی برخوردار است. استفاده از سیستم‌هایی که بدون توجه به این خصوصیات و قسمت‌های بحرانی مراحل کار طراحی و ساخته می‌شوند و در خط تولید بکار گرفته می‌شوند عموماً کارایی کافی را نداشته و علاوه بر کاهش راندمان کار، افت محصول نیز زیاد می‌باشد. از اینرو در طراحی و ساخت تجهیزات فراوری و نگهداری محصولات کشاورزی داشتن اطلاعات کافی در مورد خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن از اهمیت خاصی برخوردار است (1).

هدف از انجام این تحقیق مطالعه و بررسی برخی از مهم‌ترین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی سه رقم آلوی کشت شده در ایران و یک رقم وارداتی به منظور ارزیابی فرایندهای مختلف پس از برداشت می‌باشد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- تهیه محصول و روش آماده‌سازی

چهار رقم آلو *(Prunus domestica)* شامل شابلون ریز *Damson* (*P. domestica ssp. insititia*) ، شابلون درشت *Maynard* (*P. domestica ssp. insititia*)، یک نوع آلو قرمز (رقم شایرو *Shiro* (*P. domestica ssp. italica*) معروف به آلو خاکی و یک نوع وارداتی از شیلی *(Angeleno P. domestica ssp. insititia*) از بازار تجریش تهران تهیه گردید. برای هر رقم آلو 100 عدد از 20 کیلوگرم به صورت تصادفی انتخاب گردید و به منظور جلوگیری از اتلاف رطوبت، آنها را درون کیسه های پلی‌اتیلنی قرار داده شد. سپس به سردخانه‌ای با دمای 4 درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند و برای انجام هر آزمایش آنها را از سردخانه خارج نموده و جهت هم‌دما سازی قبل از انجام آزمایش آنها را به مدت دو ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند.

[1] Catechin

2-2- خصوصیات فیزیکی

2-2-1- وزن و ابعاد

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، جرم واحد میوه با ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی (کوبوس[1]، آلمان) با دقت 0/01 گرم با استفاده از 30 نمونه تصادفی تعیین گردید. ابعاد خطی سه‌گانه 100 عدد از آنها یعنی طول (L)، عرض (W) و ضخامت (T) بوسیله کولیس دیجیتالی (میتوتویو[2]، ژاپن) با دقت 0/01 میلی‌متر اندازه گیری شد. قطر میانگین هندسی (Dg)، متوسط حسابی (Da) و معادل (De) با استفاده از معادله‌های زیر تعیین گردید (6).

معادله (1) $D_g = (LWT)^{1/3}$

معادله (2) $D_a = \frac{L+W+T}{3}$

معادله (3) $Da = [\frac{L(W+T)^2}{4}]^{1/3}$

همچنین ضریب کرویت با معادله 4 تعیین گردید.

معادله (4) $S_p = \frac{D_g}{L} 100.$

نسبت ابعاد نیز با استفاده از معادله‌های زیر محاسبه شد:

معادله (5)

$R_b = T/L$

معادله (6)

$R_a = W/L$

سطح میوه با دو روش فرمولی و دستگاهی اندازه‌گیری شد. در روش فرمولی با استفاده از قطر میانگین هندسی طبق فرمول زیر تعیین گردید و در روش دوم با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح (Delta-T Devices Ltd, Burwell, Cambridge, England)، سطوح تصاویر عمود بر قطرهای محوری L، W و T با دقت 0/05 میلی‌متر مربع اندازه‌گیری گردید.

معادله (7) $S = \pi(D_g^2).$

2-2-2- حجم و چگالی

حجم میوه با استفاده از روش جابجایی مایع تعیین می‌گردد که در آن حجم از تقسیم نیروی شناوری (جرم مـــــایع جابجا شده) بر دانسیته مایع بدست می آید (6). در این روش از تولوئن به عنوان مایع استفاده گردید. مزیت تولوئن نسبت به آب این است که کمتر از سطح محصول جذب شده و کشش سطحی کمتری نیز دارد. همچنین با استفاده از حجم (V) و وزن نمونه (m) چگالی واحد میوه (ρ_p) با استفاده از رابطه زیر تعیین گردید.

معادله (8) $\rho_p = m/V$

چگالی توده(ρ_b) بیانگر نسبت وزن نمونه‌های داخل یک بسته (m) به حجم بسته (V_0) که با فرمول ذیل تعیین می‌گردد. همچنین میزان تخلخل بیانگر نسبت حجم فضاهای خالی بین نمونه‌های داخل یک بسته (V) به حجم بسته (V_0) که با استفاده از فرمول ذیل تعیین می‌گردد.

معادله (9)

$\rho_b = m/V_0$

معادله (10)

میزان تخلخل = $1- V/ V_0$

2-2-3- زاویه لغزش

جهت اندازه‌گیری زاویه لغزش از یک سطح متحرک که توسط یک اهرم (جک) زاویه (شیب) آن نسبت به سطح تغییر می‌کرد، استفاده گردید. در این آزمایش از سه سطح متحرک از جنس شیشه، فلزی و چوب استفاده گردید. روش تعیین زاویه بدین صورت بود که پس از قرارگیری نمونه در یک طرف سطح، زاویه سطح از حالت مبنا (صفر درجه) شروع به افزایش نموده و زاویه‌ای از سطح مبنا که نمونه شروع به غلتیدن نموده آن را بعنوان زاویه لغزش در نظر می‌گیریم.

2-2-4- بافت

به منظور ارزیابی بافت از بافت سنج اینسترون مدل Hounsfield-H5KS ساخت انگلستان استفاده شد. بدین طریق نیروی لازم برای نفوذ یک پروب با انتهای استوانه‌ای با ضخامت سه میلی‌متر و با سرعت 30 میلی‌متر بر دقیقه و لودبار 50 کیلوگرم نیوتن به داخل آلو تا 10 میلی‌متر محاسبه گردید. بیشینه مقدار نیروی وارد شده نشانه سفتی بافت نمونه می‌باشد.

[1] COBOS, Germany
[2] Mitutoyo

2-2-5- رنگ

رنگ پوست و بافت نمونه‌ها بوسیله سه شاخص *L، *a و *b توسط دستگاه هانترلب مدل Chroma meter CR-400 ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد. اندازه گیری رنگ مستقیماً بر روی سطح انجام شد. فاکتورهای *L، *a و *b به ترتیب بیانگر میزان روشنی، زردی - آبی و قرمزی - سبزی می‌باشد (7).

2-3- خصوصیات شیمیایی

2-3-1- اندازه‌گیری ماده خشک، خاکستر و مواد معدنی

10 عدد از هر رقم آلو به طور تصادفی انتخاب شد و پس از جداسازی هسته‌ها، نمونه‌ها با یک خردکن ریز گردیدند و مقدار 50 گرم از آنها توزین و در آون 100 درجه قرار داده تا به وزن ثابت برسند. درصد محتوای آب و ماده خشک با استفاده از اختلاف دو توزین قبل و بعد از خشک کردن تعیین گردید. جهت تعیین خاکستر و مواد معدنی (سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر، ازت، آهن، روی، منگنز و مس) از روش Skughnsو همکاران (1986) استفاده گردید (8).

2-3-2-تعیین و اندازه‌گیری قندهای ساده و اسیدهای آلی

به منظور شناسایی و تعیین کمی قندهای گلوکز، فروکتوز، سوربیتول و ساکارز و اسیدهای آلی مالیک، سیتریک، آسکوربیک و فوماریک از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا Knauer ساخت کشور آلمان با حجم تزریق 20 میکرولیتر استفاده شد. در تعیین قندها و اسیدها به ترتیب از اسید سولفوریک 0/01 و 0/001 نرمال به عنوان فاز متحرک و با نرخ جریان 0/5 و 0/2 میلی‌لیتر در دقیقه در دمای 30 درجه سانتی‌گراد استفاده شد. جداسازی طبق روش‌های Usenik و همکاران (2008) و Miguel و همکاران (2004) با اندکی تغییر صورت گرفت (9 و 10).

2-3-3-استخراج و سنجش آنتوسیانین کل با روش اسپکتروفتومتری

استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (ترکیبات فنولی و آنتوسیانین) توسط اتانول همراه با اسید کلریدریک 0/1 مولار با نسبت 15:85 طبق روش‌های Stojanovic & Silva (2006) و Tibor (1967) انجام شد (11 و 12)

اندازه‌گیری آنتوسیانین توسط روش pH افتراقی در دو pH، 1 و 4/5، در دو طول موج، 510 و 700 نانومتر توسط اسپکتروفتومتر (سسیل[1]، مدل CE 2502 ، ساخت انگلستان) طبق معادله ذیل سنجیده شد.

جذب نمونه با استفاده از معادله(11) و آنتوسیانین کل با استفاده از معادله(12)، محاسبه گردیدند:

معادله(11)

$$A=\left(A_{l\,510\max}-A_{700}\right)_{pH1.0}-\left(A_{l\,510\max}-A_{700nm}\right)_{pH4.5}$$

معادله(12)

$$Totalanthocyamis\left(mg/L\right)=\left(A\times MV\times DF\times 1000\right)/e$$

A: جذب نمونه؛ MW: وزن مولکولی(449/2 گرم بر مول)؛ DF: فاکتور رقت؛ e: جذب مولار (23900)

MW و e به آنتوسیانین غالب در نمونه بستگی دارد که در اینجا بر حسب سیانیدین 3- گلوکوزید است (13).

2-3-4- اندازه‌گیری ترکیبات فنولی کل

برای تعیین محتوای فنولی کل از واکنشگر فولین - سیوکاتیو[2] طبق روش لین و تانگ (2007) استفاده شد. به این منظور 0/5 میلی‌لیتر از هر عصاره نمونه با 0/5 میلی‌لیتر محلول واکنشگر فولین سیوکاتیو و 0/05 میلی‌لیتر از محلول 10 درصد کربنات سدیم مخلوط شده و به مدت یک ساعت هم زده شد. سپس جذب آن در 750 نانومتر اندازه‌گیری گردید و بر حسب یک ترکیب فنولی انتخاب شده (اسیدگالیک) به صورت میلی‌گرم در گرم بیان می‌گردد. منحنی استاندارد اسید گالیک در محدوده صفر تا 200 میلی‌گرم در لیتر و با تعداد نه نقطه تهیه گردید (14).

2-3-5- تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی

جهت تعیین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها از محلول 2 و 2-دی‌فنیل1-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) طبق روش لیکو و همکاران (2009) و کیم و همکاران (2007) استفاده گردید (15). مقدار غلظت عصاره که باعث کاهش 50 درصدی غلظت 2 و 2-دی‌فنیل1-پیکریل‌هیدرازیل (DPPH) شد تحت عنوان غلظت مؤثر (EC_{50}) بیان می‌گردد که بیان کننده فعالیت آنتی‌اکسیدانی عصاره است.

[1] -Cecil
[2] Folin-Ciocalteu

2-4- آنالیز آماری

هر کدام از آزمایش‌ها حداقل 3 بار تکرار شد و میانگین آنها بدست آمد. ارزیابی واریانس نتایج (ANOVA) به کمک نرم‌افزار SPSS (SPSS17 Inc., Armonk , NY, USA) انجام گرفت. مقایسه میانگین‌های بدست آمده از هر سری از داده‌ها با استفاده از آزمون مقایسه میانگین‌های دانکن به صورت تصادفی مقایسه و گروه‌بندی شدند.

3- نتایج و بحث

3-1- ویژگی‌های فیزیکی

برخی از ویژگی‌های فیزیکی چهار رقم آلوی شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلیایی اندازه‌گیری گردید و میانگین و انحراف معیار آنها در جدول 1 آورده شده است.

3-1-1- وزن

نتایج حاصل از مقایسه میانگین وزن نشان دهنده اختلاف معنادار بین این چهار رقم است ($p<0.01$). رقم شابلون درشت بیشترین وزن (67/93 گرم) و شابلون ریز کمترین وزن (10/60 گرم) را در بین این چهار رقم داشتند. مقایسه وزن آلو در این مطالعه با مطالعات قبلی نشان می‌دهد که داده‌های بدست آمده از آلوهای مورد بررسی در محدوده نرمالی قرار دارند. Ertekin و همکاران (2006) برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی دو رقم آلو Frenze 90 و Stanley را مورد مطالعه قرار دادند. آنها مشاهده کردند که وزن تک و 1000 دانه آلوی Frenze 90 به ترتیب 71/99 و 52313 گرم و برای آلوی رقمStanley به ترتیب 27/97 و 28569/60 گرم می‌باشد (1).

3-1-2- ابعاد

طبق نتایج بدست آمده اندازه ابعاد یعنی طول، عرض و ارتفاع برای رقم شابلون ریز به ترتیب 32/59، 31/75 و 28/39 میلی‌متر در حالیکه برای رقم شابلون درشت 63/38، 58/12 و 52/06، برای رقم شایرو 48/95، 45/40 و 43/10 و برای رقم شیلیایی 55/60، 53/81 و 45/40 میلی‌متر می‌باشد. تفاوت این مقادیر بین این چهار رقم در سطح احتمال 99% ($p<0.01$) معنادار می‌باشد بطوریکه شابلون درشت و ریز به ترتیب بزرگترین و کوچکترین ابعاد را در بین این چهار رقم به خود اختصاص داده است. Ertekin و همکاران (2006) نیز بیان کردند که در رقم Stanley، طول 92% آنها بین 42 تا 54 میلی‌متر و عرض 70% آنها بین 31 تا 35 میلی‌متر و ارتفاع 91% آنها بین 28 تا 34 میلی‌متر است. همچنین در رقم Frenze 90 طول 84% آنها بین 55 تا 63 میلی‌متر و عرض 88% آنها بین 45 تا 51 میلی‌متر و ارتفاع 86% آنها بین 43 تا 49 میلی‌متر می‌باشد (1).

با استفاده از ابعاد سه‌گانه نسبت ابعاد (عرض به طول و ارتفاع به طول) بدست آمد. نسبت ابعاد یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که در زمینه بسته‌بندی استفاده می‌شود. این نسبت‌ها هر چه به عدد یک نزدیکتر باشد نشان از کروی بودن آنها دارد و هرچه از عدد یک فاصله بگیرد به شکل مکعبی نزدیکتر می‌شود. همانگونه که در جدول 1 مشخص است این نسبت‌ها در دو رقم شابلون ریز و شایرو نسبت به دو رقم دیگر به یک نزدیکتر بوده که دارای ضریب درصد کرویت بالاتری (به ترتیب 91/47 و 88/67 درصد) هستند. در دو رقم شابلون درشت و شیلیایی با وجود اینکه نسبت عرض به طول بالا می‌باشد ولی انحراف نسبت ارتفاع به طول از عدد یک باعث شده که ضریب کرویت آنها کاهش یابد (6).

میانگین قطرهای هندسی، معادل و حسابی با استفاده از ابعاد اصلی تعیین گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که میانگین قطرهای این چهار رقم در سطح خطای 1% با همدیگر تفاوت معناداری دارند. میانگین قطرهای هندسی، معادل و حسابی برای رقم شابلون ریز 29/65، 29/81 و 30/94، برای رقم شابلون درشت 56/05، 55/53 و 57/95، برای رقم شایرو 44/12، 44/15 و 45/82 و برای رقم شیلیایی 50/32، 49/68 و 51/52 می‌باشد. همچنین مساحت سطح میوه با دو روش دستگاهی (بر اساس محاسبه سطح تصاویر در سه محور) و فرمولی تعیین گردید.در روش محاسباتی با فرمول بیشترین ضریب تبیین (R^2=0/91) و کمترین خطای استاندارد (RSE =0/56) مربوط به نمونه شابلون ریز می‌باشد و کمترین ضریب تبیین (R^2=0/79) و بیشترین خطای استاندارد (RSE =4/31) مربوط به نمونه شیلیایی می‌باشد ولی در روش محاسباتی با دستگاه بیشترین ضریب تبیین (R^2=0/94) و کمترین خطای استاندارد (RSE =0/48) مربوط به نمونه شایرو می‌باشد و کمترین ضریب تبیین (R^2=0/83) و بیشترین خطای استاندارد (RSE =7/05) مربوط به نمونه شیلیایی می‌باشد. نتایج بدست آمده با هر دو روش بیانگر این است که اندازه مساحت سطح این چهار رقم از بیشترین به کمترین به ترتیب شابلون درشت،

شیلیایی، شایرو و شابلون ریز است ولی از لحاظ مقدار بدست آمده بین این دو روش اختلافی وجود دارد که این اختلاف به این علت است که در روش فرمولی از قطر میانگین هندسی استفاده شده که بصورت تقریبی بوده و از قطر میانگین هندسی بیشتر برای محاسبه اجسام کروی استفاده می‌شود. همانگونه که در جدول 1 نیز مشخص است در رقم‌هایی که ضریب کرویت بالاتری دارند اختلاف بین مساحت سطح محاسبه شده با دو روش ذکر شده کمتر است. طی تحقیق مشابهی که Calisir و همکاران (2005) بر روی خواص فیزیکی آلوی وحشی انجام دادند، طول، جرم، قطر، میانگین هندسی قطر و کرویت میوه آلو وحشی تعیین گردید که به ترتیب 28/14 میلی‌متر، 15/33 گرم، 30/16 میلی‌متر، 29/47 میلی‌متر و 1/04 بود که به آلوی رقم شابلون ریز تحقیق حاضر بسیار نزدیک است (16).

3-1-3- حجم، چگالی توده و تخلخل

حجم میوه‌ها را بر اساس روش جابجایی بدست آمد که بیشترین حجم میوه در رقم شابلون درشت (66/23 سانتیمتر مکعب) و کمترین در رقم شابلون ریز (11/32 سانتیمتر مکعب) مشاهده گردید. این نتایج نشان می‌دهد که ارتباط نزدیک و مثبتی بین حجم و وزن میوه وجود دارد (17). همچنین چگالی ارقام را با استفاده از حجم و وزن تعیین گردید که اختلاف معناداری ($p<0.01$) بین آنها مشاهده نگردید (جدول 1). برخلاف چگالی دانه‌ای میوه، چگالی توده و تخلخل آنها اختلاف معناداری ($p<0.001$) با یکدیگر دارند. چگالی توده برای ارقام شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلیایی به ترتیب705/9، 606/1، 655/6 و 623/3 کیلوگرم در متر مکعب و تخلخل آنها نیز به ترتیب 30/41، 42/04، 37/97 و 40/75 درصد می‌باشد. این یافته‌ها نشان می‌دهد که با افزایش حجم میوه، تخلخل بیشتر می‌شود (18). مطالعه‌ای توسط Calisir (2005) بر روی یک‌سری از ویژگی‌های فیزیکی آلوی وحشی مانند حجم، چگالی توده، تراکم میوه، تخلخل، سختی میوه، ضریب اصطکاک انجام شد که مقادیر آنها به ترتیب $17/02 cm^3$، $515/12 kg/m^3$، $1057/99 kg/m^3$، 50/20 % و 7/8 نیوتن، 0/625 - 0/499 تعیین گردید (16). این داده‌ها نشان می‌دهد که این نمونه از لحاظ اندازه کمی بزرگتر از شابلون ریز بوده ولی از نظر چگالی و تخلخل به شابلون درشت نزدیکتر می‌باشد.

3-1-4- زاویه لغزش

زاویه لغزش از سه سطح چوب، فلز و شیشه برای آلوی شابلون ریز به ترتیب 12/80، 12/05 و 11/55، برای رقم شابلون درشت، 6/35، 5/55، 5/15 برای رقم شایرو، 7/20، 6/35 و 5/85 و برای رقم شیلیایی 12/55، 11/25 و 10/45 می‌باشد که اختلاف معناداری بین سطوح و ارقام وجود دارد ($p<0.01$). همانگونه که مشخص است زاویه لغزش در سطح چوب بیشتر از سطح فلز و شیشه برای تمام ارقام می‌باشد. از بررسی این داده‌ها با داده‌های اندازه ابعاد مشخص است که علاوه بر نوع سطح، شکل و اندازه میوه در زاویه لغزش تاثیرگذار است بطوریکه آلوهایی که به شکل کره نزدیکتر و درشت‌تر باشند زاویه لغزش کمتری دارند. برای مثال بین نمونه‌های شابلون ریز و شایرو که هر دو دارای ضریب کرویت تقریباً نزدیکی با یکدیگر دارند زاویه لغزش رقم شایرو به علت درشت بودن آن نسبت به شابلون ریز کمتر است. جهت اندازه‌گیری ضریب اصطکاک و زاویه لغزش مطالعات زیادی بر روی سطوح مختلفی مانند فلز، چوب، شیشه، لاستیک صورت گرفته که بیشترین ضریب اصطکاک بر روی سطوح لاستیک و سپس چوب گزارش گردیده است (19 و 20).

3-1-5- بافت

در این تحقیق نیروی لازم جهت نفوذ پروب سه میلی‌متری به داخل بافت به میزان 10 میلی‌متر برای ارقام شابلون ریز، درشت، شایرو و شیلی به ترتیب 2/437، 2/371، 1/682 و 0/991 نیوتن بود در حالی که جهت نفوذ از سطح میوه به علت وجود پوسته به نیروی بیشتری که به ترتیب برابر 6/271، 7/699، 11/559 و 4/368 نیوتن است نیاز می‌باشد. رفتارهای بافتی تا حدود زیادی به ساختمان میوه بستگی دارد و ویژگی‌های بافتی به خصوصیات شیمیایی و بیوفیزیکی محصول وابسته است (21). سفتی بافت محصولات کشاورزی تا حدود زیادی تحت تأثیر میزان کلسیم، محتوای آب و قابلیت باند کردن آب در بین ساختارهای داخلی بافت می‌باشد. همان‌گونه که در نتایج قسمت‌های محتوای رطوبت و مواد معدنی مشخص است بافت نمونه‌هایی که محتوای آب کمتر و کلسیم بیشتری دارند از استحکام بالاتری برخوردار می‌باشد. مطالعات صورت گرفته بر روی 8 رقم آلو نشان داده شد که سفتی بافت آنها بین 9/93-5/42 نیوتن بوده و بعد از 35 روز

نگهداری به 1/62- 3/24 نیوتن رسید که تقریباً در محدوده داده‌های ما بود (22).

3-1-6- رنگ

رنگ محصول یکی از مهم‌ترین فاکتورهایی است که تاثیر زیادی در پذیرش آن توسط مصرف کننده دارد. روشی که در حال حاضر جهت اندازه‌گیری رنگ مواد غذایی بیشتر مرسوم است استفاده از سه فاکتور رنگ L*، a* و b* که به ترتیب بیانگر میزان شفافیت، میزان قرمزی- سبزی و زردی-آبی می‌باشد. اندازه‌گیری این سه فاکتور از سطح پوست و بافت داخلی میوه توسط دستگاه هانترلب صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد که رنگ بافت داخلی رقم‌های شابلون ریز، شابلون درشت و شیلیایی زرد بوده و شدت رنگ‌های دیگر در آن کمتر است ولی اکثریت رنگ بافت داخلی رقم شایرو قرمز بوده و در برخی نقاط به صورت جزئی زرد می‌باشد. رنگ سطح پوست تمام ارقام قرمز مشاهده گردید (جدول 2) که شدت آنها به غیر از رقم شایرو تفاوت معناداری نداشتن ($p<0.01$). این مقدار رنگ متفاوت از گزارشات سایر محققان می‌باشد که دلیل اصلی آن می‌تواند نوع رقم و شرایط محیطی باشد.

Rupasinghe (2006) سه شاخص رنگ 20 ژنوتیپ مختلف آلو متشکل از ارقام وحشی و اصلاح یافته اروپایی را تعیین کردند آنها میزان شفافیت این 20 رقم را بین 23 تا 49/8 گزارش نمودند (23).

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی برای چهار رقم آلو

نوع رقم	شابلون ریز	شابلون درشت	شایرو	شیلی
طول (mm)	32/59^{d}	63/38^{a}	48/95^{c}	55/61^{b}
عرض (mm)	31/75^{d}	58/12^{a}	45/42^{c}	53/81^{b}
ارتفاع (mm)	28/39^{c}	52/06^{a}	43/10^{b}	45/40^{b}
سطح محاسباتی با فرمول (mm^2)	1116/46^{d}	3756/45^{a}	2437/82^{c}	3163/93^{b}
سطح محاسباتی با دستگاه(mm^2)	1016/01^{d}	3075/55^{a}	1934/65^{c}	2420/95^{b}
قطر هندسی (mm)	29/65^{d}	56/05^{a}	44/12^{c}	50/32^{b}
قطر متوسط حسابی (mm)	30/94^{d}	57/95^{a}	45/82^{c}	51/52^{b}
قطر معادل (mm)	29/81^{d}	55/53^{a}	44/15^{c}	49/68^{b}
عرض به طول	0/960^{a}	0/905^{c}	0/927^{b}	0/953^{ab}
ارتفاع به طول	0/872^{a}	0/823^{b}	0/880^{a}	0/793^{c}
کرویت (%)	91/47^{a}	86/60^{c}	88/67^{b}	86/34^{c}
وزن (g)	10/60^{d}	67/93^{a}	34/16^{c}	48/29^{b}
حجم (cm^3)	11/32^{d}	66/23^{a}	31/03^{c}	46/84^{b}
چگالی واحد میوه (g/cm^3)	1/021^{a}	1/045^{a}	1/057^{a}	1/052^{a}
چگالی توده (g/cm^3)	70/59^{a}	60/61^{c}	65/56^{b}	62/33^{bc}
تخلخل(%)	30/86^{c}	42/04^{a}	37/97^{b}	40/75^{ab}

جدول 2- رنگ پوست و بافت

نوع رقم	پوست			بافت		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
شابلون ریز	24/75[b]	2/44[b]	-0/11[c]	42/58[a]	0/84[c]	17/46[b]
شابلون درشت	25/03[b]	7/30[a]	1/15[b]	45/26[a]	5/61[b]	26/86[a]
شایرو	35/87[a]	6/16[a]	16/02[a]	23/24[c]	11/38[a]	3/83[d]
شیلی	24/71[b]	2/37[b]	0/55[bc]	31/98[b]	3/38[bc]	11/40[c]

2-3- ویژگی‌های شیمیایی

1-2-3- درصد ماده خشک و آب

بر اساس نتایج بدست آمده اختلاف معنی‌داری ($p<0.01$) بین محتوای رطوبت و ماده خشک ارقام مورد بررسی وجود دارد. در میان این چهار رقم، رقم شابلون ریز با 78/80% و رقم شایرو با 86/86 % به ترتیب از کمترین و بیشترین محتوای رطوبت برخوردار بوده است (جدول 3). طبق گزارشات محققان ارتباط نزدیکی بین محتوای رطوبت میوه با اندازه و چگالی آن دارد بطوریکه هر چه اندازه میوه بزرگتر باشد و چگالی کمتر باشد درصد محتوای رطوبت آن نیز بیشتر است که با نتایج ما هم‌خوانی دارد (24).

جدول 3- محتوای آب و ماده خشک

نوع رقم	% محتوای آب	% ماده خشک
شابلون ریز	78/8[c]	21/2[a]
شابلون درشت	80/7[c]	19/3[a]
شایرو	86/9[a]	13/1[c]
شیلی	82/0[b]	18/0[b]

2-2-3- درصد خاکستر

خاکستر نمونه‌ها را بعد از کوره گذاری در دمای 550 درجه سانتی‌گراد تعیین گردید. همان‌گونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود میزان خاکستر در ارقام شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلی به ترتیب 0/11، 0/15، 0/21 و 0/23 درصد میوه تازه می‌باشد. سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر از جمله مواد معدنی موجود در میوه آلو می‌باشد که به مقدار فراوان در آن موجود است که در این بین پتاسیم بالاترین مقدار را در تمام نمونه‌ها دارد.

علاوه بر این ترکیبات مواد معدنی دیگری مانند آهن، روی، مس و منگنز به مقدار ناچیز در آن موجود می‌باشد (جدول 4). رقم شایرو با مقدار 1/121 گرم و رقم شابلون درشت با 0/543 گرم به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار ازت در 100 گرم ماده خشک را در میان این چهار رقم آلو به خود اختصاص داده‌اند. از مهمترین علل تفاوت در مقدار این عناصر در آنها می‌توان به تفاوت در نوع رقم، شرایط محیطی مانند محل کشت، نوع آب و هوا و تیمارهایی نظیر کود دهی اشاره کرد. پنج عنصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر از لحاظ مقدار در 12 رقم آلو تعیین شد که بیشترین مقدار این عناصر در آنها به ترتیب برابر 1/1± 21/4، 60/2 ±3976/3، 2/2±117، 2/0±108/8 و 12/7 ± 369/5 میلی‌گرم در کیلوگرم بود (25).

3-2-3- پروتئین

در ارقام مورد مطالعه از نظر مقدار ترکیبات ازت‌دار اعم از پروتئین‌ها، آمینو اسیدها، ترکیبات پپتیدی و ... اختلاف معناداری ($p<0.001$) با یکدیگر داشتند (جدول 5). رقم شابلون ریز، شابلون درشت، شیلیایی و شایرو با مقدار 997/50، 813/96، 796/22 و 26/ 694 میلی‌گرم در 100 گرم به ترتیب از بیشترین مقدار ترکیبات پروتئینی برخوردار هستند.

نتایج حاصل از مطالعه Rop و همکاران 2009 بر روی 12 رقم آلوی محلی و تجاری نشان داد که میزان پروتئین آنها در محدوده 0/63 تا 0/79 درصد می‌باشد و مؤید صحت داده‌های ما می‌باشد (25).

3-2-4- قند و اسیدهای آلی

جهت بررسی بهتر ترکیبات اسیدی و قندی و تعیین مقدار آنها از روش کروماتوگرافی HPLC استفاده گردید. طبق نتایج حاصل چهار قند ساکارز، گلوکز، فروکتوز و سوربیتول به ترتیب بیشترین مقدار قند موجود در 4 رقم آلوی مورد بررسی را تشکیل می‌دهد. از مهم‌ترین ترکیبات اسیدی موجود می‌توان به مالیک، سیتریک، آسکوربیک و فوماریک اسید اشاره کرد که مقدار اسید مالیک نسبت به سایر اسیدها محسوس‌تر می‌باشد و تا 5-2/5 برابر از مجموع سه اسید دیگر بیشتر می‌باشد (جدول 5).

Usenik و همکاران (2008) به بررسی ترکیبات اسیدی و قندی 4 رقم آلوی Valor، Cacanska rodna، Cacanska najbolja و Jojo پرداختند.

آنها چهار قند ساکارز، گلوکز، فروکتوز و سوربیتول و سه اسید مالیک، فوماریک و شیکیمیک را شناسایی نمودند. در بین قندها گلوکز با مقدار 115-38/2 گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار و بعد از آن ساکارز 71/9 - 21/2 و فروکتوز 34/8 - 19/1 و سوربیتول 27/8 - 3/5 گرم در کیلوگرم وجود داشتند. در بین اسیدها اسید مالیک بیشترین مقدار را داشت و در بین ارقام رقم Jojo بالاترین مقدار ترکیبات اسیدی را دارا می‌باشد. همچنین در رقم اوسلونی Autochtonous مقدار فرکتوز 19/5 - 10/1 و گلوکز 41/8-29/8 و ساکارز 53/6 - 37/4 و سوربیتول 50/7- 34/0 گرم در گیلوگرم تعیین گردید (26).

3-2-5- ترکیبات آنتی‌اکسیدانی

سیانیدین 3- گلوکوزید مهم‌ترین و بیشترین آنتوسیانین موجود در آلو می‌باشد که مقدار آنها در ارقام شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلیایی به ترتیب 18/97، 23/78، 27/84 و 25/36 میلی‌گرم در 100 گرم میوه تازه می‌باشد و تفاوت معناداری ($p<0.01$) با یکدیگر دارند.

Usenik و همکاران (2008) در 4 رقم آلوی Valor، Cacanska rodna، Cacanska najbolja و Jojo مقدار آنتوسیانین‌ها و دو نوع پئونیدین و سیانیدین را اندازه‌گیری کردند که مقدار آنها بین 2/9 تا 23/7 میلی‌گرم در 100 گرم میوه تازه بود و مقدار نوع سیانیدین به مراتب بیشتر از پئونیدین می‌باشد (26).

علاوه بر آنتوسیانین، ترکیب سلامت‌زا دیگری به نام پلی‌فنولها که به مراتب بیشتر از آنها در آلو وجود دارند. مقدار آنها نیز در ارقام شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلیایی به ترتیب 32/82، 23/15، 109/37 و 134/73 میلی‌گرم در 100 گرم میوه تازه می‌باشد. همانگونه که مشخص است مقدار این دو ترکیب در دو رقم شایرو و شیلیایی به مراتب بیشتر از دو رقم شابلون ریز و درشت می‌باشد. مقدار ترکیبات فنولی موجود در 12 رقم مورد مطالعه Rop و همکاران (2009) بین 2/27 تا 4/95 میلی‌گرم اسید گالیک در گرم میوه تازه می‌باشد که در مقایسه با رقم‌های تحقیق حاضر بیشتر می‌باشد.

با این حال تعداد زیادی از نویسندگان (Chun et al., 2003; Diaz-Mula et al., 2008; Jurikova and Matuskovic, 2007; Moyeret al., 2002) به مقدارهای مشابه و حتی بیشتر از این نیز نموده‌اند که علت اصلی این اختلاف مربوط به نوع رقم و عدم رشد و پرورش آنها تحت شرایط یکسان می‌باشد.

در این مطالعه، فعالیت آنتی‌اکسیدانی ارقام مذکور توسط روش DPPH اندازه‌گیری شد که با شاخص EC_{50} بیان شده است. به عنوان یک اصل کلی، مقدار کمتر EC_{50} نشان دهنده ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بسیار قوی می‌باشد.

همان گونه که مشخص است نمونه‌های ارقام شایرو و شیلیایی به علت وفور ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (پلی فنولها و آنتوسیانین‌ها) نسبت به دو رقم دیگر از فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتر و دارای کمترین شاخص EC_{50} برخوردار است (جدول 5).

Rupasinghe و همکاران (2006) فعالیت آنتی‌اکسیدانی و مقدار ترکیبات فنولیک 20 رقم آلوی اروپایی را اندازه‌گیری نمایند. مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی این 20 رقم آلوی اروپایی در محدوده 105 تا 424 میلی‌گرم بر حسب آسکوربیک اسید و مقدار ترکیبات فنولیک 86 تا 413 میلی‌گرم بر حسب اسید گالیک در 100 گرم میوه تازه تعیین گردید.

آنها بیان کردند که ارتباط نزدیکی بین ترکیبات فنولیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی وجود دارد (23).

جدول 4- ترکیبات معدنی($mgkg^{-1}$)

نوع رقم	خاکستر	Na	K	Ca	Mg	P	N	Fe	Zn	Mn	Cu
شابلون ریز	0/11	0/027	0/992	0/248	0/080	/080	0/731	2/3	6/7	3/2	26/9
شابلون درشت	0/15	0/028	0/968	0/175	0/072	0/057	0/543	4/1	7/5	3/2	29/5
شایرو	0/21	0/029	1/482	0/241	0/115	0/075	1/121	9/8	8/3	2/8	27/5
شیلی	0/23	0/038	1/066	0/211	0/110	0/097	0/672	9/5	11/4	6/1	18/7

جدول 5- ترکیبات شیمیایی

ترکیب شیمیایی	واحد	شابلون ریز	شابلون درشت	شایرو	شیلی
پروتئین	mg/100g	997/50^{a}	813/96^{b}	694/26^{c}	796/22^{b}
آنتوسیانین	mg/100g	18/9741^{c}	23/7887^{b}	27/8492^{a}	25/3632^{ab}
پلی فنول‌ها	mg/100g	32/828^{b}	23/154^{b}	109/376^{a}	134/739^{a}
EC_{50}	g	0/0031^{b}	0/0053^{a}	0/0017^{c}	0/0018^{c}
سوربیتول	g/100g	2/8733^{b}	4/9787^{a}	2/8518^{b}	1/7684^{c}
فروکتوز	g/100g	3/9992^{c}	6/1889^{a}	5/9779^{ab}	5/5825^{b}
گلوکز	g/100g	5/6605^{a}	5/5918^{ab}	5/5920^{ab}	5/3951^{b}
ساکارز	g/100g	6/9633^{a}	5/1342^{b}	7/2102^{a}	2/9236^{c}
اسید فوماریک	g/100g	0/00058^{d}	0/00107^{c}	0/00187^{b}	0/00346^{a}
اسید اسکوربیک	g/100g	0/18596^{b}	0/19707^{ab}	0/20008^{a}	0/19594^{ab}
اسید مالیک	g/100g	1/008^{c}	1/838^{b}	1/552^{b}	2/448^{a}
اسید سیتریک	g/100g	0/21979^{c}	0/31644^{a}	0/20591^{c}	0/27993^{b}

4- نتیجه‌گیری

در این تحقیق برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی چهار رقم آلو شامل شابلون ریز، شابلون درشت، شایرو و شیلیایی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که هر چهار رقم از لحاظ ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی با یکدیگر تفاوت دارند، لذا در طراحی ماشین‌ها و خطوط فراوری باید به این نکته توجه شود.

آلوی شابلون درشت نسبت به سه رقم دیگر از لحاظ ابعاد به طور محسوسی از سه رقم دیگر بزرگتر می‌باشد؛ لذا این رقم می‌تواند بازارپسندی بیشتری را از لحاظ شکل و اندازه نسبت به ارقام دیگر دارا باشد.

آلوی شابلون ریز با نسبت عرض به طول 91% و نسبت ارتفاع به طول 87/2% از بیشترین کرویت (91/47%) نسبت به سایر ارقام برخوردار است در حالی که رقم شیلیایی از کمترین کرویت (86/4%) برخوردار است.

شابلون درشت بیشترین جرم (67/93 گرم)، حجم (23/ 66 سانتیمتر مربع) و تخلخل (42/04%) و شابلون ریز بیشترین چگالی توده (70/59 گرم در سانتیمتر مکعب) را به خود اختصاص داده‌اند ولی از لحاظ چگالی دانه‌ای بین ارقام مورد بررسی تفاوت معناداری وجود ندارد.

رقم شایرو با 27/34 میلی‌گرم آنتوسیانین در 100 گرم میوه تازه و 109/37 میلی‌گرم ترکیبات فنولی در 100 گرم میوه تازه بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را دارا می‌باشد.

بیشترین اختلاف بین ترکیبات اسیدی و قندی در دو رقم شیلیایی و شابلون درشت مشاهده گردید. بیشترین ترکیبات قندی و کمترین ترکیبات اسیدی در رقم شیلیایی و کمترین ترکیبات

قندی و بیشترین ترکیبات اسیدی در رقم شابلون درشت مشاهده گردید.

در بین ارقام بیشترین محتوای آب در رقم شایرو (86/9%) و کمترین در رقم شابلون ریز (78/8%)، بیشترین مقدار خاکستر در رقم شیلیایی (0/23%) و کمترین مقدار در رقم شابلون ریز (0/11%)، بیشترین مقدار پروتئین در رقم شابلون ریز (997/5 میلی‌گرم در 100 گرم) و کمترین مقدار در رقم شایرو (694/3 میلی‌گرم در 100 گرم)، بیشترین سفتی بافت در رقم شابلون ریز (2/43 نیوتن) و کمترین در رقم شیلیایی (0/99 نیوتن) مشاهده گردید.

رنگ بافت داخلی آلوی شایرو قرمز بوده ولی در رقم شابلون ریز، شابلون درشت و شیلیایی زرد می‌باشد. رنگ سطح پوست تمام ارقام قرمز مشاهده گردید که شدت آنها به غیر از رقم شایرو تفاوت معناداری نداشتند ($p<0.01$).

در مجموع بر اساس نتایج این تحقیق بررسی صفات یاد شده نشان می‌دهد که برخی از پارامترها می‌توانند ارقام را جهت مصرف تازه خوری یا فرآوری از یکدیگر متمایز کنند.

با توجه به نتایج بدست آمده رقم شابلون درشت برای تازه خوری، رقم شایرو جهت آبگیری و رقم شابلون ریز و شیلیایی جهت خشک کردن مناسب می‌باشد.

5- منابع

1- Ertekin, C., Gozlekci, S., Kabas, O., Sonmez, S. and Akinci, I. 2006. Some physical, pomological and nutritional properties of two plum (Prunus domestica L.) cultivars. Journal of Food Engineering, 75: 508–514.

2- Kim, D.O., Chun, O. K., Kim, Y. J., Moon, H.-Y. and Lee, C. Y. 2003. Quantification of polyphenolics and their antioxidant capacity in fresh plums. Journal of Agricultural and Food Chemistry,51: 6509–6515.

3- Donovan, J. L., Meyer, A. S. and Waterhouse, A. L. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (Prunus domestica). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46: 1247–1252.

4- Heo, H. J., Kim, Y. J., Chung, D. and Kim, D.-O. 2007. Antioxidant capacities of individual and combined phenolics in a model system. Food Chemistry, 104: 87–92.

5- Crisosto, C. H., Garner, D., Crisosto, G. M. and Bowerman, E. 2004. Increasing 'Blackamber' plum (Prunus salicina L.) consumer acceptance. Postharvest Biology and Technology, 34, 237–244.

6- Mohsenin NN. 1986. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach 1.

7- Maskan. M. 2001. Kinetics of color change of kiwifruits during hot air and microwave drying.Jornal of Food Engineering, 48: 169-175.

8- Skujins, S. 1998. Handbook for ICP-AES (Varian-Vista). A short guide to vista series ICP-AES operation. Varian Int. AG, Zug, Version 1.0, Switzerland Soc. Food Sci. Technol, 29: 221-227.

9- Miguel, G., Dandlen, S., Antunes, D., Neves, A. and Martins, D. (2004). The effect of two methods of pomegranate (Punica granatum L) juice extraction on quality during storage at 4 °C. Journ al of Biomedicine and Biotechnology, 5: 332 – 337.

10- Usenik, V., Fajt, N., and Stampar, F. 2007. Pomological and phonological characteristics of some Slovenian plum cultivars. Acta Horticulturae, 734: 53–59.

11- Stojanovic, J. and L. silva, J. 2006. Influence of osmotic concentration, continuous high frequency ultrasound and dehydration on antioxidants, colour and chemical properties of rabbiteye blueberries. Food chemistry, 101: 898-906.

12- Tibor, F. 1967. Development of quantitative methods for individual anthocyanins in cranberry and cranberry products. Thesis for degree of Doctor, university of Massachusetts.

13- Serrano, M., Martinez-Romero, D., Guillen, F., Valero, D., 2003. Effects of exogenous putrescine on improving shelf life of four plum cultivars. Postharvest Biol.Technol. 30, 259–271.

14- Lin, J.Y. and Tang, C.Y. 2007. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. Food Chemistry, 101:140-147.

15- Cam, M., Hisil, Y. and Durmaz, G. 2009. Classification of eight pomegranate juices based on antioxidant capacity measured by four methods. Food Chemistry, 112: 721-726.

16- Calisir, S., Haciseferogullari, H., Ozcan, M. and Arslan, D. 2005. Some nutritional and technological properties of wild plum fruits in Turkey. Journal of Food Engineering, 66 , 233–237.

17- Gozlekci S. and Kayank L. 2000. Physical and chemical changes during fruit development and flowering in pomegranate (Punica granatum L.) cultivar "Hicaznar" gr own in Antalya region, Turkey. CIHEAM-Options Mediteraians, 42: 79-85.

18- Salah, A. and Ahmad D. 2002. Changes in physical and chemical properties during

pomegranate (Punica granatum L.) fruit maturation. Food Chemistry, 76: 437–441.
19- Akinci, I., Ozdemir, F., Topuz, A., Kabas, O. and Canakci, M. 2004. Some physical and nutritional properties of Juniperus drupacea fruits. Journal of Food Engineering, 65 , 325–331.
20- Demir, F. and Kalyoncu, H. I. 2003. Some nutritional, pomological and physical properties of cornelian cherry (Cornus mas L.). Journal of Food Engineering, 60 , 335–341.
21- Mujumdar, A. S. 2000. Drying technology in agricultural and food science. Publishers Inc. Plymoth, UK. Pp 61-98 and pp 253-286.
22- Diaz-Mula, H.M., Zapata, P.J., Guillen, F., Martinez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. and Valero, D. 2009. Hanges in hydrophilic and lipophilic antioxidant activity and related bioactive compounds during postharvest storage of yellow and purple plum cultivars. Postharvest Biology and Technology, 51: 354–363.
23- Rupasinghe, R.H.P., Jayasankar, S. and Lay, W. 2006. Variation in total phenolics and antioxidant capacity among European plum genotypes. Scientia Horticulturae 108 , 243–246.
24- Davise F.S., and albrigo L.g. 1994. Citrus CAB. International, 10:11-37.
25- Rop, O., Jurikova, T., Mlcek, J., Kramarova, D, and Sengee. Z. 2009. Antioxidant activity and selected nutritional values of plums (Prunus domestica L.) typical of the White Carpathian Mountains. Scientia Horticulturae, 122: 545–549.
26- Usenik, V., Kastelec, D., Veberic, R. and Stampar, F. 2008. Quality changes during ripening of plums (Prunus domestica L.). Food Chemistry, 111: 830–836.