

شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش بر اساس ویژگی‌های میوه در منطقه جنوب ایران

Identification of Superior Lime Genotypes Based on Fruit Characteristics in Southern Region of Iran

سمانه راهب^۱، محمود قاسم‌نژاد^۲، بهروز گل‌عین^۳، مرتضی گل‌محمدی^۴ و عاطفه صبوری^۵

۱، ۲ و ۵- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳ و ۴- به ترتیب دانشیار و استادیار، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، مؤسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۹/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۲/۲۰

چکیده

راهب، س.، قاسم‌نژاد، م.، گل‌عین، ب.، گل‌محمدی، م. و صبوری، ع. ۱۳۹۶. شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش بر اساس ویژگی‌های میوه در منطقه جنوب ایران. *مجله به‌نژادی نهال و بذر* ۱-۳۳: ۵۰۹-۴۸۷. 10.22092/spij.2018.117871

به منظور شناسایی ژنوتیپ‌های برتر لیموترش در منطقه جنوب ایران، خصوصیات میوه ۳۵ ژنوتیپ طی سال‌های ۹۴-۱۳۹۳ مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه صفات ضخامت پوست، وزن، طول و قطر میوه، میزان مواد جامد محلول، تعداد بذر، حجم و چگالی میوه، درصد آب‌میوه، pH آب‌میوه، میزان ویتامین ث و اسیدیتنه قابل تیتر اندازه‌گیری شد. نتایج آمار توصیفی نشان داد که بالاترین ضریب تغییرات به حجم میوه، چگالی میوه، تعداد بذر و وزن میوه مربوط بود (به ترتیب ۸۳، ۷۷، ۷۵ و ۶۱ درصد)، که نشان می‌دهد بین ژنوتیپ‌ها تفاوت وجود دارد. همچنین تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را به سه گروه تقسیم کرد. گروه اول با ضخامت پوست کمتر، درصد آب‌میوه بالاتر و میزان اسیدیتنه بیشتر در گروه برتر قرار گرفتند. در مجموع، نتایج نشان داد میوه برخی از ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه خصوصیات کمی و کیفی بالایی داشتند و بسته به هدف (در صنایع تبدیلی یا غذایی)، بسیاری از آن‌ها را می‌توان جهت بهبود صفات مختلف در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: لیموترش، برنامه‌های اصلاحی، تجزیه خوشه‌ای، صنایع تبدیلی.

مقدمه

لایم‌ها گروهی از مرکبات را شامل می‌شوند که موطن اصلی آن‌ها جزایر هند شرقی بوده و از آنجا به اروپا منتقل شده‌اند (Davies and Albrigo, 1994). برعکس منشا لمون‌ها به‌طور دقیق شناسایی نشده و این احتمال می‌رود که حاصل تلاقی بالنگ و لایم باشند (Barrect and Rhods, 1976). کشورهای عمده تولیدکننده لیموترش در جهان شامل هند، مکزیک، چین، آرژانتین، برزیل، آمریکا، ترکیه، اسپانیا و ایران هستند. طبق آمار فائو در سال ۲۰۱۶ سطح زیر کشت لمون‌ها و لایم‌ها در کشور ایران ۲۹۰۱۵ هکتار و میزان تولید آن‌ها ۴۵۷۲۷۰ تن بود (Anonymous, 2018). استان‌های فارس، بوشهر، کهگیلویه و بویراحمد، هرمزگان و سیستان و بلوچستان برای کشت لایم مناسب هستند (Golein and Adouli, 2011). لیموترش در صنایع دارویی و همچنین در صنایع تبدیلی (جهت تولید آبلیمو و لیمو خشک) کاربرد دارد (Sherestha et al., 2012). ویتامین ث یا اسید آسکوربیک، یکی از مهم‌ترین ویتامین‌های شناخته‌شده در آب لیموترش است. مقدار این ویتامین در آب لیموترش، در شرایط آب و هوایی مختلف تغییر می‌کند. ویتامین ث نقش مهمی در تغذیه انسان دارد و بدون شک قسمت قابل توجهی از ویتامین ث مورد نیاز بدن، از خوردن میوه‌ها به‌خصوص مرکبات تأمین می‌شود.

یکی از دلایل اصلی استفاده از مرکبات در رژیم غذایی تامین ویتامین‌ها است (Ladaniya, 2008). ویتامین ث، ویتامین اصلی مرکبات بوده که به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالای خود مورد توجه بسیاری از پژوهشگران قرار گرفته و همبستگی بالای آن با قدرت احیاکنندگی رادیکال‌های آزاد به اثبات رسیده است (Rekha et al., 2012)؛ (Barros et al., 2012). چوکو و همکاران (Chuku et al., 2012) مقدار ویتامین ث در برگ، پوست تنه، ریشه و میوه لیموترش را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند که بیشترین میزان این ماده در برگ و سپس در میوه مرکبات یافت می‌شود. لیموترش همچنین دارای اسیدهای آلی فراوانی است که عمده‌ترین آن اسید سیتریک است (Sheresta et al., 2012). میزان اسید موجود در آب میوه لایم‌ها یکی از شاخص‌های مهم در تعیین بلوغ میوه محسوب می‌شود (Koehler-Santos et al., 2003). با وجود مزایای ذکر شده از لیموترش، یکی از مشکلات اصلی کشت و پرورش این درخت وجود بیماری جاروک است. این بیماری در سال‌های اخیر تعداد بسیار زیادی از درختان لایم را در جنوب ایران از بین برده است و تهدید اصلی برای تولید لایم محسوب می‌شود. بیماری جاروک ناشی از نوعی فیتوپلازما به نام *Candidatus Phytoplasma aurantifolia* بوده و مهم‌ترین بیماری درختان لایم‌ترش است (Bove et al., 2000).

ها، بالاترین میزان ویتامین ث (۷۹/۶ میلی گرم در صد گرم وزن تر)، در میوه‌های قسمت جنوبی و کمترین میزان ویتامین ث (۶۲/۸ میلی گرم در صد گرم وزن تر)، در میوه‌هایی قسمت مرکزی درخت مشاهده شد. قبادی و همکاران (Ghobadi et al., 2013) خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه را در سه رقم لایم‌ترش شامل دورگ خرم‌آباد، پرشین لایم و لیمو آب شیراز بررسی کردند. در این بررسی با وجود این که رقم دورگ خرم‌آباد کیفیت فیزیکی بهتری داشت، اما پرشین لایم به دلیل درصد آب‌میوه و خواص آنتی‌اکسیدانی بیشتر، به‌عنوان بهترین رقم برای مصرف معرفی شد.

طی دهه‌ی گذشته با تلاش پژوهشگران، تعدادی از ژنوتیپ‌های لیموترش از مناطق جنوبی کشور جهت دست‌یابی به ارقام متحمل به جاروک، جمع‌آوری و ارزیابی شدند. در این پژوهش خصوصیات کمی و کیفی تعدادی از این ژنوتیپ‌ها جهت کاربرد در صنایع تبدیلی، غذایی و برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی یا معرفی رقم جهت بهبود صفات مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۳۵ ژنوتیپ طبیعی لایم‌ترش از مناطق اصلی کاشت آن، واقع در کلکسیون ایستگاه‌های تحقیقات مرکبات جنوب کشور از استان‌های فارس (داراب و جهرم)، هرمزگان

مقدار ویتامین ث در لیموترش، پرتقال و گریپ‌فروت به ترتیب معادل ۴۷/۹، ۴۷/۷ و ۳۵/۱ میلی گرم در صد گرم وزن تر میوه گزارش شده است (Gorinstein et al., 2001). پرز- پرز و همکاران (Perez-Perez et al., 2005)، مقدار اسیدیته قابل تیتر (TA) میوه را در لیموی اورکا و لیسبون به ترتیب ۷/۸ و ۶/۱۳ درصد گزارش کردند. در این تحقیق مقدار مواد جامد محلول (TSS) در رقم اورکا، ۹/۱۵ درصد و در رقم لیسبون، ۸ درصد گزارش شد. پنستون و همکاران (Penniston et al., 2008)، در ارزیابی کمی میزان اسید سیتریک در آب میوه لیمون، لایم و بعضی از ارقام تجاری مرکبات، به این نتیجه رسیدند که در آب‌میوه و کنسنتره لیمون‌ها و لایم‌ها در مقایسه با آب‌میوه گریپ‌فروت و سایر ارقام مرکبات، میزان اسید سیتریک بیشتری وجود دارد. در پژوهشی دیگر، میزان TSS در لیموترش معادل ۱۰/۹۲ درصد و TA، ۶/۱۱ درصد گزارش شد (Xu et al., 2008). با توجه به مطالعات باروس و همکاران (Barros et al., 2012)، روی ارقام تجاری مرکبات برزیل شامل پرتقال پرا، انواع لیموترش، لیمو شیرین و نارنگی پونکن، مقدار pH، TSS و TA در رقم پرشین لایم به ترتیب معادل ۲/۳۲، ۹/۸ و ۴/۳۷ درصد برآورد شد. شرستا و همکاران (Shrestha et al., 2012)، تنوع ترکیبات فیزیکیوشیمیایی میوه‌های لایم‌ترش را در قسمت‌های مختلف درخت در نپال مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آن-

کردن بذر و پالپ به دست آمد و نسبت به جرم میوه بر حسب درصد محاسبه شد (Fattahi Moaghadam *et al.*, 2011). میزان مواد جامد محلول (TSS) توسط دستگاه رفرکتومتر چشمی (مدل Atago-ATC-20) اندازه‌گیری شد. به‌منظور اندازه‌گیری میزان اسیدیته (TA)، ده میلی‌لیتر از عصاره میوه با بیست میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط شد و با استفاده از دو قطره شناساگر فنل فتالین با سود یک دهم نرمال تا ظهور رنگ صورتی روشن تیترا شد و از حاصل ضرب عدد تیتراسیون در ۰/۰۶۴ میزان TA بر حسب درصد اسید سیتریک به‌دست آمد (Anonymous, 1998). غلظت اسید آسکوربیک از عصاره‌های میوه بر اساس احیا معرف رنگی ۲ و ۶-دی کلروفنل ایندوفنل (DCPIP) به‌وسیله اسید آسکوربیک تعیین شد (Ladaniya, 2008). تغییرات رنگ پوست با استفاده از دستگاه کرومومتر مدل CR 400-Minolta و در سه نقطه‌ی پوست میوه اندازه‌گیری شد. در این روش مقادیر L (درخندگی)، a (سبزی [-] به قرمزی [+]) و b (آبی [-] به زردی [+])، زاویه رنگ (h) و کروما (C) اندازه‌گیری شد. حجم میوه به طریق جابجایی با آب به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری حجم، ابتدا جرم میوه (m_1) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. سپس جرم آب داخل بشر و خود بشر (m_2) نیز یادداشت شد. در مرحله بعد میوه داخل بشر حاوی آب به حالت غوطه‌ور قرار داده شد و جرم بشر، آب و میوه

(میناب) و کرمان (جیرفت) که همگی روی پایه‌های یکسان پیوند زده شده بودند و از شرایط یکسان باغبانی نیز برخوردار بودند، انتخاب شدند. ژنوتیپ‌های مذکور هفت ساله بوده و به ازاء هر ژنوتیپ پنج اصله درخت در کلکسیون مورد بررسی موجود بود. خصوصیات کمی و کیفی ژنوتیپ‌ها طی دو سال متوالی (۹۴-۱۳۹۳) ارزیابی شد. بر اساس مناطق کشت، زمان برداشت میوه ژنوتیپ‌های مختلف طی ماه‌های تیر تا شهریور بود. به‌طوری‌که سی عدد میوه به‌طور تصادفی از قسمت‌های مختلف درخت در زمان رسیدن باغبانی میوه بر اساس شاخص برداشت لایم‌ها که میزان آب میوه و رنگ قابل قبول است، انتخاب شدند.

نمونه‌های مورد نظر طی دو سال با حفظ اصول قرنطینه‌ای، جهت ارزیابی صفات کمی و کیفی به آزمایشگاه پژوهشگاه مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری رامسر منتقل شدند. صفات مورد بررسی شامل طول و قطر میوه، ضخامت پوست و درصد عصاره کل آب‌میوه، میزان مواد جامد محلول (TSS)، میزان اسیدیته آب میوه (TA)، ویتامین ث، رنگ میوه، جرم، حجم و چگالی میوه، میزان pH و میزان هدایت الکتریکی (EC) بودند.

اندازه میوه با اندازه‌گیری طول (قطر محور طوقه به دم میوه) و قطر میوه به وسیله کولیس دیجیتال محاسبه شد. ضخامت پوست میوه نیز توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. آب‌میوه با دستگاه آبمیوه‌گیر دستی پس از جدا

آماره توصیفی متغیرهای مورد بررسی از جمله مقادیر حداقل، حداکثر، میانگین و انحراف معیار به همراه ضریب تغییرات صفات مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفات حجم میوه، چگالی، تعداد بذر میوه و وزن میوه به ترتیب به میزان، ۸۳، ۷۷، ۷۵ و ۶۱ درصد و پایین‌ترین ضریب تغییرات مربوط به صفت h (زاویه رنگ پوست) به میزان پنج درصد بود. با توجه به این که هر چه ضریب تغییرات بالاتر باشد، نشانگر تنوع موجود در آن صفت در بین ژنوتیپ‌های مختلف است، لذا تنوع موجود می‌تواند به نحو مطلوبی مورد استفاده به نژادگران قرار گیرد (Naroui Rad *et al.*, 2008). در پژوهش حاضر نیز بالا بودن ضریب تغییرات صفات مذکور، به علت تنوع بالای موجود بین ژنوتیپ‌های انتخابی لیموترش بود، به طوری که امکان انتخاب بیشتر و دقیق‌تری را برای صفت مورد نظر فراهم می‌کند (Falconer, 1989). میزان آب میوه، اسیدیته، ویتامین ث، ضخامت پوست و شکل میوه از جمله صفاتی هستند که بیشتر از سایر صفات در تعیین کیفیت لیموترش اهمیت دارند (Sherestha *et al.*, 2012)؛ (Ladaniya, 2008). نوع پایه، رقم، میزان بلوغ و مرحله رشدی، شرایط آب‌وهوایی، ارتفاع و دمای محیط، نوع خاک و موقعیت قرارگیری میوه در تاج درخت صفات مذکور را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Sherestha *et al.*, 2012).

داخل آن (m_3) یادداشت شد. در نهایت با استفاده از فرمول زیر حجم میوه (V) بر حسب سانتی‌متر مکعب به دست آمد:

$$V = m_3 - m_2 / \rho_w$$

در فرمول فوق $m_3 - m_2$ برابر جرم آب جابجا شده و ρ_w چگالی آب است (Razavi and Akbari, 2012). چگالی میوه نیز با تقسیم وزن میوه‌ها بر حجم آن‌ها، بر اساس گرم بر سانتی‌متر مکعب، محاسبه شد. برای اندازه‌گیری pH، عصاره میوه‌ها به طور جداگانه در داخل ظرفی ریخته شد و پس از کالیبره کردن دستگاه، pH آن‌ها به طور مستقیم با استفاده از دستگاه pH متر (مدل Mettler) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری EC آب میوه، عصاره میوه‌ها به طور جداگانه در داخل ظرفی ریخته شد و EC عصاره‌ها بر اساس میلی‌موس بر سانتی‌متر توسط دستگاه EC متر (مدل Seneneasy Mettler Toledo) اندازه‌گیری شد. جهت محاسبه آماره‌های توصیفی صفات مورد بررسی و همچنین ضریب همبستگی ساده، از نرم‌افزار SPSS 21.0 استفاده شد (Anonymous, 2012). برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از تجزیه خوشه‌ای با روش حداقل واریانس وارد (Ward) استفاده شد (Ward, 1963).

نتایج و بحث

ویژگی‌های میوه ژنوتیپ‌های مختلف لایم در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های میوه ژنوتیپ‌های مختلف لایم
Table 1. The characteristics of different lime genotypes

ردیف	نام عمومی	نام علمی	مکان جمع آوری	زمان رسیدن میوه	شکل درخت بالغ	شکل سر میوه	شکل میوه	بافت گوشت میوه	تراکم تیغ	شکل پهنک برگ	رنگ نوک شاخه
Number	Common name	Scientific name	Location	Fruiting season	Tree shape	Shape of fruit apex	Fruit shape	Pulp texture	Spine density on adult tree	Leaf lamina shape	Shoot tip color
1	6 Darab (MH1)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
2	1-1 (MH2)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
3	2-2-MX(MH3)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
4	Binam(MH4)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
5	5-2(MH5)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
6	4- Darab (MH6)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
7	4-5(MH7)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
8	1-10 (MH8)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
9	4-2(MH9)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
10	1-13 (MH10)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
11	1-14(MH11)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
12	1-7 (MH12)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
13	5-1 (MH13)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
14	1-4 (MH14)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
15	1-3 (MH15)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
16	2-8 (MH16)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
17	2-10 (MH17)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی
18	1-5 (MH18)	Citrus sp.	میناب	میان‌رس	کروی	نوک تیز	بیضی- کروی	گوشتی آبدار	متوسط	بیضی و کشیده	سبز- ارغوانی

Table 1. Continued

ادامه جدول ۱

ردیف	نام عمومی	نام علمی	مکان جمع آوری	زمان رسیدن میوه	شکل درخت بالغ	شکل سر میوه	شکل میوه	بافت گوشت میوه	تراکم تیغ	شکل پهنک برگ	رنگ نوک شاخه
Number	Common name	Scientific name	Location	Fruiting season	Tree shape	Shape of fruit apex	Fruit shape	Pulp texture	Spine density on adult tree	Leaf lamina shape	Shoot tip color
19	Mesri- Kamali (nMH3)	<i>Citrus</i> sp.	جهرم Jahrom	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
20	Kharkolu(nMH5)	<i>Citrus</i> sp.	جهرم Jahrom	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	نوک تیز Acute	بیضی- کروی Ellipsoid- Spheroid	گوشتی آبدار Fleshy	متوسط Medium	بیضی و کشیده Elliptic	سبز- ارغوانی Green- Purple
21	Hybrid 5 (TD1)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
22	Hybrid 6 (TD2)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
23	Hybrid 7 (TD3)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
24	Limequat (TD4)		داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
25	Hybrid 8 (TD5)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
26	Hybrid 2 (TD6) ^a	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
27	Hybrid 3 (TD7) ^b	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
28	Cucumber-shaped lime of Farood (TD8)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
29	Sweet lime Forg (TD9)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
30	Curly lime of Farood (TD10)	<i>Citrus</i> sp.	داراب Darab	میان‌رس Midseason	بیضی Ellipsoid	گرد Rounded	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز Green
31	G6	<i>Citrus</i> sp.	چیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
32	G7	<i>Citrus</i> sp.	چیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
33	G11	<i>Citrus</i> sp.	چیرفت Jiroft	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
34	(C4) Persian lime	<i>Citrus latifolia</i> Tanaka	رامسر Ramsar	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple
35	(C10) Mexican lime	<i>Citrus aurantifolia</i> Swingle	رامسر Ramsar	میان‌رس Midseason	کروی Spheroid	پستانکی Mammiform	بیضی Ellipsoid	ترد Crispy	کم Low	تخم مرغی Ovate	سبز- ارغوانی Green- Purple

a: *Citrus aurantifolia* × *Bakraee* (*Citrus* sp.);b: *Citrus aurantifolia* × *Citrus sinensis*

جدول ۲- آماره‌های توصیفی متغیرهای مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لیموترش جنوب ایران (میانگین دو سال)

Table 2. Descriptive statistics of studied variables in lemon genotypes in the south of Iran (The means of two years)

Traits	صفات	حداقل Minimum	میانگین Mean	حداکثر Maximum	دامنه تغییرات Range	انحراف معیار Std. deviation	ضریب تغییرات (%) C.V. (%)
Peel thickness (mm)	ضخامت پوست میوه	0.91	1.58	4.88	3.97	0.72	46.00
Fruit weight (g)	وزن میوه	11.00	32.69	86.86	75.86	20.00	61.00
Fruit length (mm)	طول میوه	24.94	41.21	66.59	41.66	10.15	25.00
Fruit diameter (mm)	قطر میوه	20.2	36.16	60.5	40.31	8.78	24.00
Length to diameter ratio of fruit	نسبت طول به قطر میوه	0.92	1.17	1.85	0.92	0.21	18.00
Fruit TSS (%)	میزان مواد جامد محلول میوه	8.00	9.16	13.75	5.75	1.46	16.00
Seed number of fruit	تعداد بذر میوه	1.00	15.00	29.00	28.00	6.03	75.00
Fruit volume (cm ³)	حجم میوه	1.05	27.77	95.50	94.45	23.16	83.00
Fruit density (g.cm ⁻³)	چگالی میوه	0.39	1.53	7.28	6.89	1.18	77.00
Juice percent of fruit (%)	درصد آب میوه	13.83	31.34	51.92	38.09	11.94	38.00
pH	بی اچ میوه	2.20	2.87	4.79	2.59	0.42	15.00
L	درخشندگی پوست	33.61	51.16	63.65	30.04	6.76	0.13
C	کروما	36.44	47.08	58.23	21.79	5.07	0.11
h	زاویه رنگ پوست	91.77	109.05	115.83	24.06	5.15	0.05
a	سبزی به قرمزی	-17.83	-15.03	-3.17	14.66	3.42	-0.23
b	آبی به زردی	33.21	44.68	56.47	23.26	5.48	0.12
Acidity (%)	اسیدیته آب میوه	0.71	5.02	7.05	6.34	1.45	0.29
Vitamin C (mg.100g ⁻¹ FW)	ویتامین ث	18.62	28.76	45.62	27.00	6.78	0.24
Electrical conductivity (mmhos.cm ⁻¹)	هدایت الکتریکی	2.48	3.70	4.61	2.13	0.49	0.13

ترکیبات شیمیایی مهم در پوست و آب میوه بعضی از ارقام مرکبات، میانگین وزن میوه لیموترش را ۷۶/۶ گرم گزارش کردند. میانگین طول میوه‌ها، عرض آن‌ها و نسبت طول به عرض در پژوهش حاضر، به ترتیب ۴۱/۲۱، ۳۶/۱۶ و ۱/۱۷ میلی‌متر بود. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhdani *et al.*, 2016)، طول، عرض و نسبت طول به عرض را در مکزیکن لایم ۳۶، ۳۴ و ۱/۰۵ میلی‌متر عنوان کردند. میانگین مواد جامد محلول در تحقیق حاضر ۹/۱۶ درصد بود. طبق گزارش حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani *et al.*, 2016)، این مقدار بین ۷ تا ۹ درصد و شرستا و همکاران (Sherestha *et al.*, 2012) بین ۷/۴ تا ۸/۳ درصد گزارش شده است. میانگین تعداد بذر در این تحقیق ۸/۰۳ بود. حسن زاده و همکاران تعداد بذر لایم اسیدی را ۵ عدد گزارش کردند. میانگین حجم و چگالی میوه‌ها در این پژوهش به ترتیب ۲۷/۷ مترمکعب و ۱/۵۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب بود. سید قاسمی و همکاران (Seyed Ghasemi *et al.*, 2013) میانگین حجم لمون‌ها را ۸۹/۴۷ متر مکعب اندازه‌گیری کردند. میانگین درصد آب‌میوه در این پژوهش ۳۱/۳۴ درصد اندازه‌گیری شد. شرستا و همکاران (Sherestha *et al.*, 2012)، درصد آب‌میوه لایم اسیدی را بین ۳۶/۶ تا ۴۵/۷ درصد و لادانیا (Ladaniya, 2008) ۵۰ تا ۵۵ درصد ارزیابی کردند.

با توجه به جدول ۲، میانگین ضخامت پوست میوه ۱/۵۸ میلی‌متر بود. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani *et al.*, 2016) ضخامت پوست مکزیکن لایم را بین ۱/۵ تا ۲ میلی‌متر و لادانیا (Ladaniya, 2008)، این ضخامت را دو میلی‌متر گزارش کردند. کابرا و همکاران (Cabrera *et al.*, 2010)، لیموترش را جز دسته مرکبات پوست نازک دانسته است. پیناس و الیزر (Pinhas and Elizer, 1996) بیان کردند که ضخامت پوست در ارقام مختلف مرکبات متفاوت بوده و علاوه بر اختلاف ژنتیکی، شرایط محیطی نیز بر میزان ضخامت پوست نقش مؤثر دارد. اغلب ضخامت پوست تحت تأثیر ژنوتیپ، شرایط محیطی، نوع پایه و تغذیه مرکبات است. هم‌چنین تنش آبی منجر به تولید میوه‌های کوچک‌تر، با رنگ روشن‌تر، پوست ضخیم‌تر همراه با محتوای آب کمتر می‌شود (Ritenour *et al.*, 2003). از سوی دیگر استفاده از ارقام با پوست ضخیم می‌تواند جهت استفاده در فرآوری سودمند باشد (Mortazavi and Ziaalghagh, 2004). وزن میوه‌های مورد بررسی نیز بین ۱۱ تا ۸۶/۸۶ گرم متغیر بود. این دامنه تغییرات بزرگ به علت تنوع فنوتیپی زیاد موجود در جمعیت مورد نظر بود. در بررسی سید قاسمی و همکاران (Seyed Ghasemi *et al.*, 2013)، وزن میوه‌ها در ارقام مختلف لیموترش بین ۷۵/۹۳ و ۱۳۱ گرم برآورد شده است. گیمارز و همکاران (Guimaraes *et al.*, 2010) در بررسی

به‌عنوان پارامتر منفی محسوب می‌شود. خاک مناطق جنوبی کشور شور است و میزان EC بالاتری نیز دارد. بنابراین آب‌میوه نمونه‌های لیموترش مورد بررسی نیز نسبت به سایر ارقام مرکبات که در شمال کشت می‌شوند دارای EC بالاتری هستند. میزان EC بیان‌کننده میزان نشت الکتروولت‌های سلولی به فضای بین سلولی، به دلیل بی‌ثباتی غشای پلاسمایی است که در حین رسیدن و انبارداری دستخوش تغییراتی قرار می‌گیرد (Feng and Yangb, 2005). از لحاظ صفات رنگ میوه میانگین میزان درخشندگی پوست (L) ۵۱/۱۶، میانگین کروما (C) ۴۷/۰۸، میانگین زاویه رنگ پوست (h) ۱۰۹/۰۵، میانگین سبزی به قرمزی (a)، ۱۵/۰۳- و میانگین آبی به زردی (b)، ۴۶/۶۸ بود. با توجه به مقادیر به‌دست آمده از عامل‌های a و b، مشخص شد که لیموها در شرایطی که در رنگ سبز-زرد هستند برداشت شده و به بازار عرضه می‌شوند. بر اساس گزارش راکس و باری (Roux and Barry, 2006) مقادیر سه شاخص روشنایی، کروما و زاویه رنگ پوست پرتقال به ترتیب ۶۵-۷۰، ۶۰ > و ۸۰ > تعیین شد. اگرچه تغییر رنگ پوست یک شاخص ضعیف از رسیدن است، ولی رنگ بیشتر تحت تأثیر آب و هوا است. همچنین قدرت درخت، روی رنگ میوه اثر دارد. درختان با رشد بالا نسبت به درختان با رشد کم، میوه‌های با رنگ ضعیف تولید می‌کنند (Mouhan Jain and Priyadarshan., 2009).

میانگین میزان pH و اسیدیته آب لیموترش نیز در این پژوهش به ترتیب ۲/۸ و ۵/۰۲ درصد برآورد شده است. حسن زاده و همکاران (Hasanzadeh Khankhadani et al., 2016)، میزان اسیدیته لیموترش را بین ۶ تا ۷ درصد و شرس‌تا و همکاران (Sherestha et al., 2012) بین ۶/۸ تا ۷/۹ درصد گزارش کردند. پژوهش رخا و همکاران (Rekha et al., 2012)، نشان داد که آب‌میوه‌های نارس بعضی از ارقام مرکبات از جمله لیمو، اسید آسکوربیک بیشتری در مقایسه با آب‌میوه‌های رسیده دارند. در این بررسی میزان ویتامین ث در آب‌میوه‌های رسیده ۱۰/۶ و در آب‌میوه‌های نارس ۱۲/۷ گرم بر صد میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد. نجوگو و همکاران (Njoku et al., 2011) در بررسی تأثیر دماهای مختلف در میزان ویتامین ث لیموترش مقدار این ماده را در دماهای مختلف بین ۲۲/۲ تا ۲۷ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند. در این پژوهش میانگین میزان هدایت الکتریکی برای آب میوه، ۳/۷ میلی‌موس بر سانتی‌متر برآورد شده است. میزان EC یا هدایت الکتریکی آب میوه عاملی است که تحت تأثیر میزان ترکیبات موجود در آب میوه همچون میزان شکر، نمک و pH آن قرار می‌گیرد. بنابراین میزان EC یک محلول با میزان نمک‌ها و املاح محلول نسبت مستقیم و با مقاومت الکتریکی نسبت عکس دارد (Lamsal and Jindal, 2014). بنابراین افزایش املاح در آب میوه به علت افزایش فشار اسمزی

همزمان با بلوغ میوه مرکبات، تغییر در رنگ پوست به دلیل کاهش کلروفیل و افزایش غلظت کاروتنوئید اتفاق می‌افتد. چنانچه هدف از فرآوری میوه، استخراج رنگدانه‌های پوست که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند، باشد می‌توان بیوتیپ‌هایی که دارای رنگدانه‌های بیشتر هستند را انتخاب کرد. مقایسه نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر و نتایج گزارش‌های سایر محققین بیانگر این مطلب است که علی‌رغم مطابقت بین نتایج، در برخی متغیرها عدم همخوانی بین نتایج وجود دارد. با توجه به اینکه علاوه بر ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی و عملیات کاشت و داشت، نوع مدیریت باغ، نوع پایه، آبیاری، نحوه کوددهی، هرس، زمان برداشت حضور آفات و بیماری و نحوه کنترل آن‌ها هم روی صفات کمی و کیفی لیموترش اثر می‌گذارند (Cabrera et al, 2010)، لذا تفاوت موجود بین مقادیر به‌دست آمده امری طبیعی بوده و چندان دور از انتظار نیست.

ضرایب همبستگی ساده صفات

در جدول ۳ ضرایب همبستگی ساده میان صفات درج شده است. شناخت همبستگی بین صفات برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر ضروری است. همچنین همبستگی یک متغیر با سایر متغیرها رابطه‌ای را نشان می‌دهد که هر چند از نوع تأثیر محسوب نمی‌شود، اما اندازه‌گیری غیرمستقیم آن را امکان پذیر می‌سازد. از این رو

در برخی موارد که اندازه‌گیری صفتی، مشکل و یا پیچیده و پر هزینه باشد می‌توان از صفت‌های دیگری که با این صفت همبستگی معنی‌دار بالایی دارند، برای اندازه‌گیری غیرمستقیم آن استفاده کرد (Mahdavian et al., 2007). نتایج همبستگی پیرسون بین متغیرها نشان داد که بین برخی از صفات همبستگی معنی‌داری وجود دارد. بین وزن، طول، قطر و حجم میوه همبستگی مثبت و بسیار معنی‌داری مشاهده شد. از طرفی بین حجم میوه و چگالی همبستگی منفی و معنی‌دار وجود داشت. میزان TA همبستگی منفی و معنی‌داری با pH عصاره داشت. هر چقدر میزان عصاره میوه اسیدی‌تر باشد و TA بیشتری از خود نشان دهد، به علت بالا بودن میزان اسیدیته، pH پایین‌تری خواهد داشت. این نتایج با پژوهش آهنکوب و همکاران (Ahankoub et al., 2013) و سید قاسمی و همکاران (Seyad Ghasemi et al., 2013)، مطابقت داشت. همبستگی منفی pH و TA از این جهت است که pH فعالیت یون H آزاد را اندازه‌گیری می‌کند، در حالی که TA، غلظت اسید قابل تیتراسیون را مشخص می‌کند (Sadler and Murphy, 2010).

تجزیه خوشه‌ای

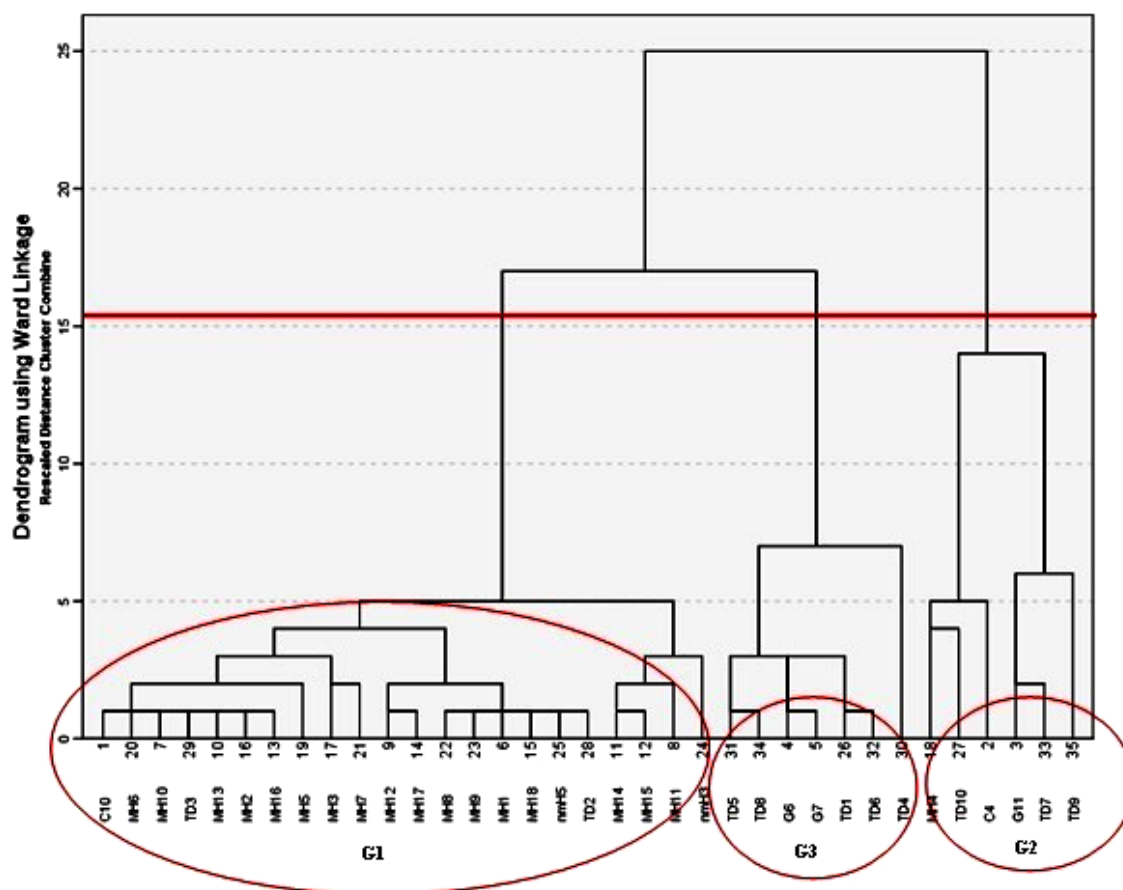
تجزیه خوشه‌ای بر اساس تمام صفات کمی و کیفی اندازه‌گیری شده به روش حداقل واریانس وارد صورت گرفت (شکل ۱).

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده میان صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های لیموترش
Table 3. Pearson correlation coefficients between studied traits in Lime genotypes

Traits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
وزن میوه (۱) Fruit weight (1)	0.602**																	
طول میوه (۲) Fruit length (2)	0.442**	0.749**																
قطر میوه (۳) Fruit diameter (3)	0.464**	0.894**	0.723**															
نسبت طول به قطر (۴) Length/ diameter (4)	-0.098	-0.182	0.425*	-0.256														
مواد جامد محلول (۵) Fruit TSS (5)	0.046	0.034	0.350*	0.007	0.538**													
تعداد بذر (۶) Seed number (6)	0.032	-0.147	-0.179	-0.119	-0.16	-0.043												
حجم میوه (۷) Fruit volume (7)	0.445**	0.813**	0.682**	0.697**	-0.032	0.344*	-0.158											
چگالی میوه (۸) Fruit density (8)	-0.054	-0.083	-0.145	-0.068	-0.027	-0.281	-0.046	-0.366*										
درصد آب میوه (۹) Juice percent (9)	-0.221	-0.062	-0.390*	-0.098	-0.499**	-0.629**	0.16	-0.28	-0.044									
بی اچ میوه (۱۰) pH (10)	0.273	0.286	0.307	0.291	0.065	0.124	-0.114	0.427*	-0.039	-0.519**								
درخشندگی پوست (۱۱) L (11)	0.159	0.074	0.048	0.092	-0.092	-0.317	0.081	-0.091	0.181	0.239	-0.161							
کروما (۱۲) C (12)	0.119	-0.086	-0.214	-0.064	-0.345*	-0.450**	0.215	-0.222	-0.118	0.391*	-0.24	0.669**						
زاویه رنگ پوست (۱۳) h (13)	-0.500**	-0.432**	-0.251	-0.388*	0.199	-0.015	0.029	-0.418*	0.227	-0.064	0.005	-0.595**	-0.551**					
سبزی به قرمزی (۱۴) a (14)	0.539**	0.480**	0.468**	0.421*	0.075	0.336*	-0.015	0.581**	-0.243	-0.231	0.046	0.418*	0.213	-0.879**				
آبی به زردی (۱۵) b (15)	0.159	-0.009	-0.172	0.024	-0.388*	-0.461**	0.235	-0.159	-0.136	0.399*	-0.217	0.663**	0.936**	-0.637**	0.315			
اسیدیته آب میوه (۱۶) Acidity (16)	-0.337*	-0.449**	-0.548**	-0.495**	-0.2	-0.530**	0.289	-0.638**	0.247	0.659**	-0.666**	0.233	0.431**	0.196	-0.398*	0.388*		
ویتامین ث (۱۷) Vitamin C (17)	-0.055	0.284	0.056	0.321	-0.350*	-0.266	-0.141	0.266	-0.13	0.203	0.24	0.064	0.217	-0.095	-0.107	0.15	-0.002	
هدایت الکتریکی EC	-0.202	-0.371*	-0.072	-0.356*	0.324	0.429*	0.208	-0.155	-0.057	-0.323	-0.328	-0.067	-0.149	0.254	0.015	-0.205	0.13	-0.417*

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های لیموترش بر مبنای صفات کمی و کیفی آن‌ها

Fig. 1. Dendrogram obtained from cluster analysis of lime genotypes based on their quantitative and qualitative traits

داد که سه گروه از لحاظ همه صفات، به جز تعداد بذر، چگالی، pH و L (درخشندگی پوست) دارای اختلاف معنی داری هستند.

بر اساس نتایج به دست آمده از تجزیه خوشه‌ای (جدول ۵)، بیشترین تعداد ژنوتیپ مورد بررسی در گروه اول (G1) دیده شد که شامل ۲۲ ژنوتیپ بود. این گروه ژنوتیپ‌های C10، MH6، MH10، TD3، MH13، MH2، MH16، MH5، MH3، MH7، MH12، MH17، MH14، MH22، MH8، MH9، MH1، MH18، MH5، TD2، MH14، MH15، MH11، MH13، TD5، TD8، G6، G7، TD1، TD6، TD4، MH18، TD10، C4، G11، TD7، TD9

نقطه برش دندروگرام به نحوی انتخاب شد که کل ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه را به سه گروه تقسیم‌بندی کند (شکل ۱). با این برش، ژنوتیپ‌های هر گروه شاخصه‌های متمایزی داشتند که آن‌ها را از سایر گروه‌ها جدا کرد. در جدول ۴ به طور خلاصه به خصوصیات برتر گروه‌های مختلف لیموترش (حاصل از تجزیه خوشه‌ای) اشاره شده است. از سوی دیگر نتایج تجزیه واریانس یک طرفه برای گروه‌های مذکور از لحاظ کلیه صفات ارزیابی شده نشان

جدول ۴- خصوصیات برتر گروه‌های مختلف لیموترش حاصل از تجزیه خوشه‌ای
Table 4. Superior characteristics of different limes groups obtained from cluster analysis

گروه	ژنوتیپ	خصوصیات برتر
Group	Genotypes	Superior characteristics
1	C10, MH6, TD3, MH10, MH16, MH2, MH13, MH5, MH3, MH7, MH12, MH17, MH8, MH18, MH1, MH9, TD2, nMH5, MH14, MH15, MH11, nMH3	دارا بودن ضخامت پوست کمتر، میزان بالاتر درصد آب میوه، میزان اسیدیته بیشتر و میزان بیشتر شاخص‌های L (درخشندگی)، C (کروما) و b (زردی) Having smaller peel thickness, more juice percent, more acidity and higher indices of L (brilliance), C (chroma) and b (yellowish)
2	MH4, TD10, C4, G11, TD7, TD9	داشتن میوه‌هایی با طول، عرض، وزن و حجم بیشتر، داشتن pH و ویتامین C بالاتر و میزان بیشتر شاخص a (رنگ سبز میوه‌ها) Having fruits with more length, diameter, weight and volume, with more pH, vitamin C and higher index of a (green color of fruit)
3	TD5, TD8, G6, G7, TD1, TD6, TD4	داشتن میوه‌هایی با نسبت طول به عرض بالاتر (کشیده‌تر بودن میوه‌ها)، داشتن چگالی و EC بیشتر و میزان بیشتر شاخص h (زاویه رنگ) Having fruits with higher L/D (more elliptical), more density and EC and higher index of h (color angle)

جدول ۵- میانگین‌های صفات بررسی شده گروه‌های مختلف لیموترش حاصل از تجزیه خوشه‌ای
Table 5. The means of studied traits of different limes groups obtained from cluster analysis

گروه	The means of traits																			
	تعداد ژنوتیپ	ضخامت پوست	وزن میوه	طول میوه	قطر میوه	نسبت طول به قطر	مواد جامد محلول	تعداد بذر	حجم میوه	چگالی میوه	درصد آب میوه	پی اچ میوه	درخشندگی پوست	کروما	زاویه رنگ پوست	سبزی به قرمزی	آبی به زردی	اسیدیته آب میوه	ویتامین ث	هدایت الکتریکی
Group	Genotype number	Peel thickness (mm)	Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Length to diameter	TSS (%)	Seed number	Fruit volume (cm ³)	Fruit density (g.cm ⁻³)	Juice percent	pH	L	C	h	a	b	Acidity (%)	Vitamin C (mg.100g ⁻¹ FW)	EC (mmhos.cm ⁻¹)
1	22	<u>1.38</u>	27.86	37.02	34.76	1.08	8.37	<u>8.64</u>	17.79	1.58	<u>38.53</u>	2.75	<u>51.90</u>	<u>48.72</u>	109.77	-16.47	<u>46.41</u>	<u>5.74</u>	30.16	3.57
2	6	2.67	<u>64.73</u>	<u>53.36</u>	<u>48.54</u>	1.10	10.35	7.33	<u>68.74</u>	1.01	21.38	<u>3.18</u>	51.85	46.40	102.55	<u>-9.75</u>	44.54	3.09	<u>30.78</u>	3.62
3	7	1.28	19.28	43.94	29.95	<u>1.48</u>	<u>10.63</u>	7.00	24.05	<u>1.79</u>	17.25	2.97	48.24	42.48	<u>112.38</u>	-15.01	39.35	4.40	22.61	<u>4.17</u>
Mean	35	1.58	32.47	41.21	36.16	1.17	9.16	8.09	27.77	1.53	31.34	2.87	51.16	47.08	109.05	-15.03	44.68	5.02	28.76	3.70

میانگین‌هایی که زیر آن‌ها خط کشیده شده است، بیانگر بیشترین ارزش آن گروه در بین سه گروه است.

The means with line drawn beneath had the highest value among the three groups.

کروی و تخم مرغی میوه، قطر میوه حدود ۳۵ تا ۴۰ میلی‌متر، میزان اسیدیته حدود ۷ تا ۸ درصد و میزان آب حدود ۵۰ تا ۵۵ درصد را از ویژگی‌های برتر لایم‌های اسیدی دانسته است. با توجه به اطلاعات جدول ۴، گروه یک تقریباً اکثر صفات مذکور را دارد. از لحاظ میانگین درصد آب میوه، اگرچه گروه اول با میانگین ۳۸/۵۳ درصد، بالاترین میانگین درصد آب میوه را به دست آورده است اما باید خاطر نشان کرد در گروه اول ژنوتیپ‌هایی با درصد آب میوه بیشتر هم وجود داشت؛ از جمله نمونه‌های لایم ترش (ژنوتیپ‌های MH1، MH5، MH9، MH13 و MH17) که درصد آب میوه آن‌ها بین ۴۳ تا ۵۲ درصد بود. همچنین از لحاظ میزان اسیدیته نیز ارزش آن‌ها بین ۵ تا ۷ درصد متغیر بود. نمونه‌های این گروه با توجه به داشتن طول و قطر نزدیک‌تر به هم و کمتر بودن نسبت طول به عرض میوه نسبت به سایر گروه‌ها، تا حدودی دارای میوه‌های گردتری بود. گردی میوه در مرکبات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و به علت دسته‌بندی راحت‌تر، سبب افزایش بهره‌وری در صنایع تبدیلی می‌شود (Fotouhi and Fattahi, 2010؛ Hui et al., 2006). با توجه به جدول ۴، میانگین سه شاخص رنگی شامل شاخص‌های L (درخشندگی)، C (کروما) و همچنین b (شاخص رنگ زردی) نیز در گروه اول (G1) بیشتر از سایر گروه‌ها است. شاخص L و C از عوامل مهم تعیین کیفیت ظاهری میوه محسوب می‌شوند (Pan and Shu, 2007). این

MH5، TD2، MH14، MH15، MH11 و nMH3 را در خود جای داد. طبق اطلاعات جدول ۱، اکثر نمونه‌های موجود در گروه یک (۱۷ ژنوتیپ) همگی از شهرستان میناب و استان هرمزگان جمع‌آوری شده بودند. با توجه به این که از شرایط آب و هوایی تقریباً یکسانی برخوردار بودند، بنابراین قرارگیری آن‌ها در یک گروه طبیعی به نظر می‌رسد. به علت شباهت موجود بین آن‌ها، به نظر می‌رسد از منابع ژنتیکی یکسانی تهیه شده باشند. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، علاوه بر ژنوتیپ، شرایط آب و هوایی و عملیات کاشت هم روی صفات کمی و کیفی میوه‌ها اثر می‌گذارند (Lee and Kader, 2000). با توجه به اینکه ژنوتیپ C10 (مکزیکن لایم) نیز در این گروه قرار گرفته است، لذا به نظر می‌رسد ژنوتیپ‌های موجود در این گروه و اکثر ژنوتیپ‌های جمع‌آوری شده از استان هرمزگان شباهت خیلی زیادی از لحاظ خصوصیات کمی و کیفی به مکزیکن لایم دارند. خصوصیات برتر این گروه (G1)، دارا بودن ضخامت پوست کمتر نسبت به سایر گروه‌ها (۱/۳۸ میلی‌متر)، میزان بالاتر درصد آب میوه (۳۸/۵۳ درصد)، میزان اسیدیته بیشتر (۵/۷۴ درصد) و همچنین میزان شاخص‌های L (شاخص درخشندگی، ۵۱/۹۰)، C (میزان کروما بیشتر، ۴۸/۷۲) و همچنین b (شاخص رنگ زردی، ۴۶/۴۱) بیشتر بود. لادانیا (Ladaniya, 2008)، مواردی از جمله داشتن ضخامت پوست میوه حدود ۲ میلی‌متر، شکل

(هدایت الکتریکی) در برخی ارقام مرکبات در حین رسیدن انجام دادند، دریافتند که میزان EC عصاره با رسیده شدن میوه‌ها افزایش می‌یابد. همان‌طور که ذکر شد میزان EC به‌طور غیرمستقیم، نشان‌دهنده استحکام بافت میوه است، بنابراین افزایش این شاخص می‌تواند نشان‌دهنده نرم شدن بافت میوه باشد که در مورد مرکبات، یک خصوصیت منفی محسوب می‌شود. یکی از ویژگی‌های مثبت این گروه داشتن میوه‌هایی با بذر کمتر نسبت به سایر گروه‌ها است، که می‌توان در برنامه‌های اصلاحی آینده از این ویژگی مطلوب بهره گرفت.

با توجه به جدول ۴ و ۵، برتری گروه اول (G1) در مقایسه با سایر گروه‌ها مشهود است. گروه اول از نظر صفاتی همچون میزان آبمیوه، میزان اسیدیته، مقدار ویتامین ث، ضخامت پوست و شکل میوه که بیشتر از بقیه صفات کمی و کیفی در تعیین کیفیت لیموترش اهمیت دارند (Sherestha *et al.*, 2012؛ Ladaniya, 2008)، نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها و گروه‌ها از موقعیت برتری برخوردار بود. مقادیر صفات مذکور در ژنوتیپ‌های لیموترش مورد بررسی در جدول ۶ آورده شده است.

در نهایت، با توجه به وجود تنوع کافی بین ژنوتیپ‌های لیموترش مورد مطالعه، می‌توان در آینده با انتخاب مواد گیاهی مناسب در بین گروه‌ها برای انجام برنامه‌های اصلاحی با اهداف متعدد استفاده کرد.

موضوع سبب برتری گروه اول (G1) نسبت به سایر گروه‌ها است. گروه دوم (G2)، شامل شش ژنوتیپ متشکل از ژنوتیپ‌های MH4، TD10، C4، G11، TD7 و TD9 است. از مشخصه‌های بارز گروه دوم داشتن میوه‌هایی با طول، عرض، وزن و حجم بیشتر است. همچنین دارای pH و ویتامین ث بالاتر هستند و میزان a یا همان رنگ سبز میوه‌ها در آن بالاتر از گروه‌های دیگر است. سه ژنوتیپ از این گروه (TD7، TD9 و TD10) متعلق به نمونه‌های استان فارس و داراب هستند. ژنوتیپ C4 همان پرشین لایم است و G11 نمونه لایمی است که از جیرفت گرفته شده است. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های TD10، TD9، TD7، MH4 و TD10 در کنار پرشین لایم در یک گروه مجزا قرار گرفته‌اند، شباهت‌هایی از لحاظ ظاهری با آن دارند. با توجه به داده‌های جدول ۴، این گروه درشت‌ترین میوه‌ها را دارد چرا که میوه‌ها دارای طول و عرض بیشتری نسبت به میوه‌های سایر گروه‌ها هستند. هفت ژنوتیپ شامل TD5، TD8، G6، G7، TD1، TD6 و TD4 در گروه سه (G3) قرار گرفتند. میوه‌هایی که در گروه سوم قرار گرفتند، دارای نسبت طول به عرض بالاتر بودند که نشان‌دهنده کشیده‌تر بودن میوه‌ها در این گروه نسبت به دو گروه دیگر است. همچنین این گروه چگالی، EC و میزان h یا زاویه رنگ بالاتر داشتند. فتاحی‌مقدم و همکاران (Fattahi Moghadam *et al.*, 2011) با تحقیقی که بر روی تغییرات میزان EC

جدول ۶- صفات مهم بررسی شده در ژنوتیپ‌های لیموترش

Table 6. Studied important traits in limes genotypes

ژنوتیپ Genotype	ضخامت پوست Peel thickness (mm)	وزن میوه Fruit weight (g)	تعداد بذر Seed number	درصد آب‌میوه Juice percent of fruit (%)	اسیدیته Acidity (%)	ویتامین ث Vitamin C (mg.100g ⁻¹ FW)
1	1.58	23.68	8	43.64	6.41	25.82
2	1.52	18.74	8	38.17	5.94	28.07
3	1.26	15.88	8	38.51	7.05	44.84
4	4.88	56.17	9	18.41	3.55	22.28
5	1.23	18.76	29	51.92	6.47	26.81
6	1.41	21.25	16	39.22	6.18	31.54
7	1.28	14.52	8	34.46	6.21	31.88
8	1.47	25.95	3	41.12	5.61	29.01
9	1.45	20.76	7	43.77	6.25	29.23
10	1.42	22.96	8	40.21	6.22	30.64
11	2.29	60.72	8	35.35	6.26	33.40
12	1.18	31.89	14	40.68	6.27	23.40
13	1.35	35.02	8	43.58	6.65	26.56
14	1.19	31.68	3	40.25	5.56	42.06
15	0.99	28.49	7	38.74	5.90	41.32
16	2.23	24.61	8	36.36	5.31	23.26
17	1.65	47.94	17	43.75	5.64	25.67
18	0.95	26.75	3	39.56	3.64	22.50
19	1.25	51.50	3	31.19	4.36	31.79
20	1.33	27.00	4	30.12	4.31	28.26
21	0.91	11.00	3	18.05	4.67	20.06
22	0.98	20.65	3	30.99	5.25	23.74
23	0.94	23.94	7	36.12	5.00	31.13
24	1.24	11.00	8	13.90	6.12	21.00
25	1.61	40.74	17	20.98	5.24	21.49
26	1.63	11.78	8	14.95	2.54	18.62
27	2.30	62.36	16	15.05	2.20	34.91
28	1.21	27.89	8	23.04	5.54	22.50
29	2.12	75.75	3	15.30	0.71	45.62
30	1.90	31.60	16	13.83	4.11	22.83
31	1.10	19.14	3	15.11	3.03	24.82
32	1.31	20.64	3	14.72	3.70	29.78
33	2.31	75.68	1	14.91	3.77	29.15
34	2.52	86.86	1	50.79	4.23	29.89
35	1.45	20.27	17	30.05	5.88	32.59

ترکیب‌های زیست‌فعال و نقش دفاعی آن‌ها در برابر انواع تنش‌ها با اهمیت هستند. نتایج این پژوهش نشان داد که در بین ۳۵ ژنوتیپ لیموترش انتخابی از نظر خصوصیات کمی و کیفی میوه، تفاوت‌های قابل توجهی وجود دارد. بالاترین درصد تغییرات مربوط به خصوصیات مانند وزن میوه، حجم میوه، چگالی و تعداد بذر میوه بود. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سه گروه قرار گرفتند. گروه اول با بیشترین

به‌طوری که می‌توان انتظار داشت هیبریدهای حاصل از تلاقی گروه اول (G1) با گروه دوم (G2) و سوم (G3) بتوانند از لحاظ صفات مورد بررسی مطلوب‌تر و برتر از ژنوتیپ‌های موجود ظاهر شوند. تغییر صفات کمی و کیفی میوه تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و شرایط محیطی همچون نوع پایه، مدیریت باغ، آبیاری، کوددهی، هرس، زمان برداشت، حضور آفات و بیماری‌ها و نحوه کنترل آن‌ها قرار می‌گیرد. این تغییرات به دلیل دارا بودن ارزش غذایی بعضی از

معرفی رقم پس از ارزیابی و تعیین تحمل نسبت به بیماری جاروک مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

این تحقیق بخشی از طرح کلان دانش فنی دست‌یابی به لیموترش متحمل به بیماری جاروک بوده و منابع مالی آن از طرف معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری تأمین شده است. بدین وسیله از مجری طرح و سایر همکاران پژوهشگر مرکبات و میوه‌های نیمه‌گرمسیری تقدیر و تشکر می‌شود.

تعداد، بالاترین ارزش میانگین صفات را به خود اختصاص داد. همچنین بر اساس نتایج تجزیه واریانس یک طرفه، سه گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای، از لحاظ کلیه صفات به جز تعداد بذر، چگالی، pH و L (درخشندگی پوست) در بقیه موارد تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. بنابراین، انتظار می‌رود بتوان از لحاظ شاخص‌های کمی و کیفی میوه، تنوع قابل توجهی را بین ژنوتیپ‌های حاضر استنتاج نمود. وجود تنوع در ژرم پلاسماهای لیموترش مورد مطالعه، می‌تواند در برنامه‌های اصلاحی و یا

References

- Ahankoub, M., Fotouhi Ghazvini, R., and Fattahi Moghadam, J. 2013. Investigation on fruit physical, chemical and bioactive characteristics of several citrus biotypes during growth stages. Ph. D. Thesis. University of Guilan, Iran (in Persian).
- Anonymous. 1998. Official Methods of Analysis of AOAC International Gaithersburg, MD: AOAC International.
- Anonymous. 2012. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. IBM Corp., Armonk, New York.
- Anonymous. 2018. Crop statistics, FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Available at <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
- Barrect, H. C., and A. M. Rhods. 1976. A numerical taxonomic study of affinity relationship in cultivated Citrus and its closed relatives. Systematic Botany 1: 105-136.
- Barros, H. R. D. M., Ferreira, T. A. P. D. C., and Genovese, M. I. 2012. Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil. Food Chemistry 134:1892-1898.

- Bove, J. M., Danet, J. L., Bananej, K., Hassanzadeh, N., Taghizadeh, M., Salehi, M., and Garnier, M. 2000.** Witches broom disease of lime (WBDL) in Iran. Proceedings of the 14th IOCV Conference, pp. 207- 212.
- Cabrera, F. R., Valadez, M. P., Diaz Del Leon Sanchez, F., Moter, A.V., and Perez-Flores, L. J. 2010.** Acid lime. A review. Global Science Books. pp. 116-122.
- Chuku, L. C., Obara, L., and Chinaka, NC. 2012.** Comparison of vitamin C content of lemon leaf, bark, root and fruit juice extract. *Discovery Life* 2(4): 5-7.
- Davies F. S., and Albrigo, L. G. 1994.** Taxonomy Cultivars and Breeding, In: Davis, F. S., and Albrigo, L. G. (eds) *Citrus*, Wallingford, CAB International, pp. 12- 23.
- Falconer, D. S. 1989.** Introduction to Quantitative Genetics. (3rd edition) Longman, New York. 257 pp.
- Fattahi Moghadam, J., Hamidoghli, Y., and Fotouhi Ghazvini, R. 2011.** Improved antioxidant capacity and quality of fruits of different varieties of citrus. Ph.D. Thesis. University of Guilan, Iran (in Persian).
- Feng, G. H., and Yangb, Y. L., 2005.** Kinetics of relative electrical conductivity and correlation with gas composition in modified atmosphere packaged bayberries. *Food Science and Technology* 38(3): 249-254.
- Fotouhi Ghazvini, R., and Fattahi Moghadam, J. 2010.** Citrus Cultivation in Iran. University of Guilan Press. pp. 247-250 (in Persian).
- Ghobadi, N., Rahdari, p., Fatthi Moghadam, J., Seyed Ghasemi, S., and Kiaeshkevarian, M. 2013.** Comparing the physicochemical properties and antioxidant capacity fruit of three varieties of limes. 8th Iranian Horticultural Science Congress. pp. 3855-3858 (in Persian).
- Golein, B., and Adouli, B. 2011.** Citrus (Cultivation), Novin Pooya. 160 pp. (in Persian).
- Gorinstein, S., Martin-Belloso, O., Park Y. S., Haruenkit, R., Lojek, A., and Ciz, M. 2001.** Comparison of some biochemical characteristics of different citrus fruits. *Food Chemistry* 74: 309-315.
- Guimaraes, R., Barros, L., Barreira, J. C. M., Sousa, M. J., Carvalho, A. M., and Ferreira, I. C. F. R. 2010.** Tangerin excessive free radicals with peels and juices of citrus fruits: Grapefruit, Lemon, Lime and orange. *Food and Chemical Toxicology* 48: 99-106.

- Hasanzadeh Khankhadani, H., Golmohammadi, M., and Golein, B. 2016.** *Citrus latifolia* Tanaka. Technical Publication. Citrus and Subtropical Fruits Research Center Press. 20 pp. (in Persian).
- Hui, Y. H., Barta, J. Cano, M. P., Gusek, T. W., Sidhu, J. S., and Sanha, N. K. 2006.** Handbook of Fruits and Fruit Processing. Blackwell Publishing Ltd, USA.
- Koehler-Santos, P., Dornelles, A. L. C., and de Freitas, L. B. 2003.** Characterization of mandarin citrus germplasm from southern Brazil by morphological and molecular analyzes. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira* 38: 797-806.
- Ladaniya, M. 2008.** Citrus Fruit Biology, Technology and Evaluation. Academic Press. 558 pp.
- Lamsal, B. P., and Jindal, V. k. 2014.** Variation in electrical conductivity of selected fruit juices during continuous ohmic. *Food Science and Human Nutrition* 7(1): 47-56.
- Lee, S. K., and Kader, A. A. 2000.** Preharvest and postharvest factor influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20: 207-220.
- Mahdavian, M., Lessani, H., Ebadi, A., and Fatah, R. 2007.** Morphological study of genetic variation among Iranian figs (*Ficus carica* L.) cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi* 80: 144-158 (in Persian).
- Mortazavi, a., and Ziaalghagh, H. R. 2004.** Citrus- Products Processing Technology. Ferdowsi University of Mashhad Press. 331 pp. (in Persian).
- Mouhan Jain, S., and Priyadarshan, P. M. 2009.** Breeding Plantation Tree Crops: Temperate Species. Springer Science. 290 pp.
- Naroui Rad, M. R., Aghaei, M. J., Fanaei, H. R., and Mohammad Ghasemi, M. 2008.** The study of genetic variation of some morphologic and phenological characters in lentil germplasms of warm and dry regions. *Pajouhesh & Sazandegi* 78: 173-181 (in Persian).
- Njoku, P. C., Ayuk, A. A., and Okoye, C. V. 2011.** Temperature effects on vitamin C content in citrus fruits. *Pakistan Journal of Nutrition* 10 (12): 1168-1169.
- Pan, H. H., and Shu, Z. 2007.** Temperature affects color and quality characteristics of 'Pink' wax apple fruit discs. *Scientia Horticulturae* 112: 290-296.
- Penniston, M. D., Stephen, Y., Nakada, m. d., Ross, P., Holmes, Ph. D., Dean, G., and Assimios, M. D. 2008.** Quantitive assessment of citric acid in Lemon juice, Lime

- juice and commercially available fruit juice products. *Journal of Endourology* 22(3): 567- 570.
- Perez-Perez, J. G., Porrás Castillo, I., García-Lidon, A., Botia, P., and García-Sánchez, F. 2005.** Fino lemon clones compared with the lemon varieties Eureka and Lisbon on two rootstocks in Murcia (Spain). *Scientia Horticulturae* 106 (4): 530-538.
- Pinhas, S., and Elizer, E. 1996.** *Biology of Citrus*. Cambridge University Press. 230 pp.
- Rekha, C., Poornima, G., Manasa, M., Abhipsa, V., Pavithra Devi, J., Vijay Kumar, H. J., and Prashith Kekuda, T. R. 2012.** Ascorbic acid, total phenol content and antioxidant activity of fresh juices of four ripe and unripe Citrus Fruits. *Chemical Science Transactions* 1(2): 303-310.
- Razavi, S., and Akbari, R. 2012.** Biophysical properties of agricultural products and foodstuffs. Ferdowsi University of Mashhad. pp. 21-14 (in Persian).
- Roux, S. L., and Barry, G. H. 2006.** Preharvest manipulation of rind pigments of *Citrus* spp. Department of Horticultural Science. M. Sc. Thesis in Agriculture. University of Stellenbosch. 202 pp.
- Ritenour, M. A., Wardowski, W. F., and Tucker, D. P. 2003.** Effects of Water and Nutrients on the Postharvest Quality and Shelf Life of Citrus. Florida Cooperative Extension Service. USA. pp 1-3.
- Sadler, G. D., and Murphy, P. A. 2010.** pH and titratable acidity. In: Nielsen, S. S. (ed). *Food Analysis* 221-233.
- Seyed Ghasemi, S., Babakhani, B., and Fattahi Moghadam, J. 2013.** Study on bioactive compounds and antioxidant capacity of different Lime varieties during ripening. Ph.D. Thesis. Azad University, Tonekabon Branch, Iran. 131 pp. (in Persian).
- Sherestha, R. L., Dhakal, D. D., Gautum, D. M., Paudya, K. P., and Sherestha, S. 2012.** Variation of physiochemical components of acid Lime (*Citrus aurantifolia* Swingle) fruits at different sides of the tree in Nepal. *American Journal of Plant Sciences* 3: 1688-1692.
- Ward, J. H. 1963.** Hierarchical grouping to optimize an objective function. *Journal of the American Statistical Association* 58 (12): 236-244.

Xu, G., Liu, D., Chen, J., Ye, X., Ma, Y., and Shi, J. 2008. Juice components and antioxidant capacity of citrus varieties cultivated in China. *Food Chemistry* 106: 545-551.