

بررسی توابع همبستگی قانونی صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی انگور یاقوتی سیستان

فاطمه بیدرنامنی^{۱*}، زینب محکمی^۲ و مهدی شعبانی‌پور^۳

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۳)

چکیده

انگور یاقوتی سیستان زودرس‌ترین انگور ایران است و با توجه به شرایط آب و هوایی خاص این منطقه بهترین محصول اقتصادی و تجاری را تولید می‌کند. این پژوهش برای تبیین همبستگی توابع قانونی بین صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی انگور رقم یاقوتی سیستان در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل مواد جامد محلول، اسیدیت کل، شاخص طعم، اسید آسکوربیک (صفات بیوشیمیایی) و کیفیت میوه، درصد پوسیدگی، درصد ریزش حبه‌ها، درصد کاهش وزن خوشه‌ها و ماندگاری پس از برداشت (صفات مورفوفیزیولوژی) بود. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار ویژه برای آزمون همبستگی قانونی مربوط به آزمون Hotelling-Lawley Trace و کمترین مقدار ویژه مربوط به آزمون Wilks' Lambda به ترتیب ۲/۷۶ و ۰/۱۹ است. در بین متغیرهای تابع قانونی مربوط به صفات بیوشیمیایی، متغیر قانونی سوم با ۵۸ درصد بیشترین سهم را در تبیین صفات نشان داد. دو متغیر قانونی اول و دوم به ترتیب دارای ۲۲ و ۱۵ درصد سهم بودند. متغیرهای تابع قانونی مربوط به صفات مورفوفیزیولوژی به ترتیب ۳۲، ۲۳ و ۱۳ درصد را تبیین کردند. به‌طور کلی نتایج معادلات قانونی صفات متقابل نشان داد هر چه میزان مواد جامد محلول در انگور سیستانی بالا باشد، کیفیت میوه و ماندگاری پس از برداشت انگور یاقوتی بالاتر می‌رود در حالی که درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه و درصد ریزش حبه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین هر چه اسیدیت کل در میوه بالا می‌رود، میزان ماندگاری پس از برداشت بیشتر و درصد کاهش وزن خوشه کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: اسیدیت کل، توابع، درصد پوسیدگی، شاخص طعم، ضرایب

۱- استادیار پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۲- استادیار پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- دانشجوی دکترای حشره‌شناسی کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران.

* پست الکترونیک: f.bidarnamani65@uoz.ac.ir

مقدمه

فیزیولوژی پنج رقم ارکیده فالانوپسیس (*Phalaenopsis spp.*) انجام شد دو متغیر کانونی اول معنی دار شدند. اولین متغیر کانونی صفات فیزیولوژیک همبستگی مثبتی با صفات تعداد روز تا اولین علائم گرده افشانی (TCS) و تعداد روز تا اولین علائم پر شدن کپسول نشان داد، بنابراین هرچه تعداد روز تا پر شدن کپسول کمتر باشد، تعداد روز تا اولین علائم گرده افشانی (TPS) و تعداد روز تا رسیدن کپسول (CR) نیز کمتر می شود (بیدرنامنی^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). در مطالعه ارتباط کانونی بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های مختلف گندم، سه متغیر کانونی برای این صفات معنی دار شد (علوی‌سینی و صبا، ۱۳۹۳). در مطالعه‌ای بر روی همبستگی کانونی دو رقم از انگور *V. vinifera* که در ایالت شمالی سانفرانسیسکو آمریکا انجام شد، دو متغیر کانونی اول دارای همبستگی قابل توجه بودند. آزمون بین دو گروه صفات شامل عملکرد میوه، تعداد خوشه، وزن خوشه، تعداد میوه و وزن حبه‌ها (صفات زراعی) و صفات مواد جامد محلول، اسیدیته میوه و اسیدیته قابل تیتراسیون (صفات بیوشیمیایی) انجام شد. بر اساس نتایج کانونی بین دو گروه متغیر، نتیجه‌گیری شد تعداد حبه بیشتر در هر خوشه و تعداد خوشه بیشتر در هر گیاه منجر به افزایش مقدار مواد جامد محلول و افزایش اسیدیته میوه شدند. بوته‌های دارای خوشه بیشتر و وزن کمتر حبه، تمایل به تولید مقدار مواد جامد محلول بیشتری دارند، در حالی که گیاهان دارای وزن خوشه بالاتر و تعداد حبه بیشتر ممکن است pH کمتری داشته باشند، بنابراین کیفیت و کمیت مواد اولیه مورد استفاده در تولید نوشیدنی‌های مرغوب رابطه معکوس دارند (کارگنین، ۲۰۱۹). با استفاده از آنالیز همبستگی کانونی مشخص شد که ارتباط کمی بین گروه صفات رویشی و میوه وجود دارد. به همین دلیل در خانواده گوآوا برخی از گروه‌ها نباید برای پیش‌بینی رفتار دیگری استفاده شوند. ضریب همبستگی کانونی معنی‌داری بین صفات رویشی و میوه در اولین جفت متغیر کانونی تشخیص داده شد. نتایج نشان داد در بین صفات رویشی، عرض برگ صفتی بود که بیشترین سهم را در بیان واریته‌های کانونی در خانواده گوآوا داشت. از بین صفات میوه نیز تعداد دانه، عرض میوه و ضخامت گوشت داخلی جزو صفاتی بودند که

انگور از خانواده Vitaceae با نام علمی *Vitis vinifera* به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات باغی در طیف وسیعی از مناطق معتدله تا گرمسیری است (گودا^۱ و همکاران، ۲۰۰۸). سطح زیر کشت انگور در دنیا ۷ میلیون و در ایران ۳۰۰ هزار هکتار و میزان تولید بر اساس سطح کشت در دنیا و ایران به ترتیب ۷۵ میلیون تن و ۳/۲ میلیون تن گزارش می‌شود (فائو^۲، ۲۰۱۸). انگور از نظر کیفیت غذایی، دارای خواص ارزشمندی است که مهم‌ترین مواد قندی موجود در حبه‌های انگور، ساکارز، گلوکز و دکستروز می‌باشند. از مهم‌ترین اسیدهای آلی به اسید فرمیک، اسید مالیک، اسیدسیتریک و اسید تارتاریک می‌توان اشاره کرد (اینست^۳ و همکاران، ۱۹۷۵). ارتباط خطی بین دو صفت معمولاً در ضرایب همبستگی نشان داده می‌شود و گاهی در ضرایب همبستگی برخی صفات ضرایب بالاتری نشان می‌دهند که می‌تواند نتیجه وجود گروهی از صفات باشد که بر این صفات تأثیر می‌گذارند. تکنیک همبستگی کانونی با شناسایی و کمی کردن مجموعه بین دو گروه صفت، مشکل را حل می‌کند (دانتمن^۴، ۱۹۸۴). تحلیل همبستگی کانونی، اولین بار توسط هتلینگ^۵ (۱۹۶۳) به‌منظور تعیین الگوهای هم‌تغییر و تشخیص روابط بین متغیرهای مستقل و وابسته ارائه گردید که یکی از روش‌های پیشرفته آماری و تکنیک تحلیل چندمتغیره است (لدنت^۶، ۱۹۸۲). در واقع با استفاده از همبستگی کانونی می‌توان میزان ارتباط و وجود ارتباط را در بین دو دسته متغیر تأیید کرد (کارگنین^۷، ۲۰۱۹). در مطالعه‌ای که بر روی ارزیابی تغییرات فیتوشیمیایی، مورفولوژیک و فعالیت اکسیدانی جمعیت گیاه بیلهر (*Dorema aucheri*) انجام شد دو متغیر کانونی اول معنی‌دار شدند و ۱۰٪ تغییرات صفات را توجیه کردند. تجزیه همبستگی کانونی جمعیت‌های بیلهر براساس صفات فیتوشیمیایی، ویژگی‌های خاک و اقلیم مناطق کشت گیاه نشان داد ضریب همبستگی متغیر کانونی اول در رابطه با صفات محیطی نشان داد سیلتی‌بودن خاک و دما بیشترین همبستگی مثبت و ارتفاع، رسی‌بودن خاک و بارندگی بیشترین تأثیر منفی را با این متغیر داشتند (اکبریان، ۱۳۹۵). در مطالعه دیگر که بر روی صفات مورفولوژی و

5. Hotelling
6. Ledent
7. Cargnin
8. Bidarnamani

1. Gowda
2. FAO
3. Einset
4. Dunetman

سپس در پایان کار نیز وزن خوشه‌ها محاسبه شد و درصد کاهش وزن خوشه‌ها که در واقع ناشی از کاهش رطوبت حبه‌ها می‌باشد طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

=درصد کاهش وزن خوشه‌های انگور

$100 * \frac{\text{وزن پس از انبارداری خوشه انگور} - \text{وزن قبل از انبارداری خوشه انگور}}{\text{وزن قبل از انبارداری خوشه انگور}}$

وزن قبل از انبارداری خوشه انگور

ریزش حبه‌ها

برای تعیین درصد ریزش حبه‌ها، خوشه‌ها به مدت ۵ ثانیه با دست تکان داده شد و تعداد حبه‌های ریزش کرده، شمارش و سپس با تقسیم بر تعداد کل حبه‌ها در پایان کار، درصد حبه‌های ریزش یافته اندازه‌گیری شد (رضازادباری و همکاران، ۱۳۹۳).

درصد پوسیدگی

تعداد حبه‌های پوسیده در طول آزمایش شمارش شده و با تقسیم آن بر تعداد کل حبه‌ها درصد پوسیدگی در هر خوشه محاسبه شد.

وضعیت ظاهری میوه‌ها

برای سنجش وضعیت ظاهری میوه‌ها امتیازدهی بصری (رنگ حبه‌ها، میزان چروکیدگی و ظاهر خوشه) به صورت زیر انجام گرفت:

(۱ نامناسب، ۲ متوسط، ۳ خوب، ۴ خیلی خوب و ۵ عالی

ماندگاری پس از برداشت

تعداد روزهای نگهداری خوشه‌های انگور با حفظ کیفیت تازه‌خوری محصول به‌عنوان ماندگاری انباری محصول در نظر گرفته شد.

مواد جامد محلول (TSS)

اندازه‌گیری مواد جامد محلول با روش رنگاناً^۳ (۱۹۷۹) و با دستگاه رفرکتومتر دستی مدل MC-05000105 انجام شد. به این صورت که با چندقطره عصاره حبه‌ها، عدد مربوطه روی ستون مدرج برحسب درجه بریکس قرائت شد.

اسید قابل تیتراسیون میوه (TA)

مقدار ۲۰ میلی‌لیتر از عصاره هر تیمار با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای تیتراسیون اسیدیته میوه از سود ۰/۱ نرمال استفاده و برای مشاهده تغییر رنگ تیتراسیون، چند قطره فنل‌فتالین به محلول اضافه شد. به‌محض مشاهده تغییر رنگ، مقدار سود مصرفی یادداشت

بیشترین سهم را در برآورد وارسته‌های کانونی داشتند (پیلی^۱ و همکاران، ۲۰۱۹). همبستگی خطی و کانونی بین صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و عملکرد تمشک بر اساس فصل برداشت متفاوت بود. صفات فنولوژیک و مورفولوژیک همبستگی خطی بیشتری با صفات عملکرد در پاییز نسبت به بهار داشتند. بر اساس نتایج این پژوهش برای به دست آوردن ژنوتیپ پاربارتر تمشک، سطح برگ گیاه و عملکرد خشک هرس باید در اولویت انتخاب غیرمستقیم قرار گیرد (مارچی^۲ و همکاران، ۲۰۲۰).

هدف از انجام این پژوهش مشخص کردن ارتباط بین صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی در انگور سیستانی با استفاده از روش همبستگی کانونی و تعیین سهم نسبی هر یک از این متغیرها و میزان تأثیرپذیری و تأثیرگذاری بین صفات است.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر به‌منظور بررسی اثرات محلول‌پاشی اتفن و کلرید کلسیم بر خصوصیات انبارمانی انگور یا قوتی سیستان در باغ انگور پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل واقع در مجتمع بقیه‌الله الاعظم چاه نیمه به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۶ تیمار در ۳ تکرار اجرا گردید. میوه‌ها روی بوته با کلرید کلسیم در چهار سطح ۰، ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد؛ اتفن در غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در دو زمان ۱۰ و ۲۰ روز قبل از برداشت محصول محلول‌پاشی شدند. پس از برداشت، خوشه‌های انگور به آزمایشگاه پژوهشکده کشاورزی با شرایط دمایی حدود ۳ تا ۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰-۵۰ درصد منتقل شدند. صفات مورفوفیزیولوژی چون درصد ریزش حبه‌ها در طول انبارداری، درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه، ماندگاری پس از برداشت و کیفیت میوه در پایان انبارداری و صفات بیوشیمیایی همچون مواد جامد محلول (TSS)، اسیدهای قابل تیتراسیون (TA)، شاخص طعم و میزان اسید آسکوربیک اندازه‌گیری شد.

درصد کاهش وزن

پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه وزن اولیه همه نمونه‌ها با استفاده از ترازوی حساس دیجیتالی اندازه‌گیری گردید،

3. Rangana

1. Pelea
2. Marchi

V_2 و ... بُعد مستقلى از رابطه بين دو مجموعه متغير X و Y را نشان می‌دهند (لیو^۴ و همکاران، ۲۰۰۹).
آنالیز آماری داده‌ها به کمک نرم‌افزار آماری SAS version 9.1.0 از گزاره (PROC CANCORR) صورت گرفت. تعیین تعداد متغیرهای کانونی و انتخاب همبستگی کانونی مناسب بر مبنای مقادیر همبستگی کانونیک تصحیح شده و آزمون-های Hotelling- Pillai's Trace، Wilks' Lambda و Lawley Trace و Roy's Greatest Root انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۱ نتایج بررسی آزمون معنی‌داری برای تمام مدل‌ها در همبستگی کانونی را نشان می‌دهد. در تمام آزمون‌ها همبستگی کانونی برای صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی معنی‌دار شد. بیشترین مقدار ویژه برای آزمون همبستگی مربوط به آزمون Hotelling-Lawley Trace و کمترین مقدار ویژه مربوط به آزمون Wilks' Lambda به ترتیب ۲/۷۶ و ۰/۱۹ است. در تمام آزمون‌های آماری مورد اشاره همبستگی کانونی برای صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمی معنی‌دار شد. معنی‌داری مقادیر لامبدای ویلکز ($\lambda=0/19, F=8/97, P<0/000$) نشان می‌دهد که در سطح احتمال یک درصد همبستگی کانونی بین صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی معنی‌دار هست با توجه به این نکته که $\lambda-1$ میزان اثر مدل کامل را در ماتریس r نشان می‌دهد (کلانتری، ۱۳۹۵)، بر این اساس، مقدار اثر این دو تابع کانونی $1-0/19=0/81$ است. که این مقدار به نحوی مناسب همبستگی کانونی بین دو متغیر را تأیید می‌کند. نتایج این مطالعه با نتایجی دیگر مبنی بر بیشتر بودن مقدار Roy's Greatest Root مطابقت نداشت (بیدرنامی و همکاران، ۲۰۲۰).

بررسی تجزیه ضرایب همبستگی کانونی صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژی انگور سیستانی نشان داد که سه متغیر کانونی اول معنی‌دار است (جدول ۲). اولین متغیر کانونی با بیشترین مقدار ویژه برابر ۲/۲۳، متغیر دوم با مقدار ویژه برابر ۰/۳۱ و متغیر سوم کانونی با مقادیر ویژه برابر ۰/۲۱ بود. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، برای بررسی این ارتباط، همبستگی بین متغیرهای کانونی و متغیرهای اصلی در تجزیه همبستگی کانونی برای دو جفت

شد. اسید تارتاریک به‌عنوان اسید مبنای محاسبه درصد اسیدیته لحاظ شد (آیالا‌زاولا^۱ و همکاران، ۲۰۰۷).

میلی‌گرم اسید در ۱۰۰ سی‌سی آب‌میوه
100×حجم سود مصرفی×نرمالیته سود×گرم اسید
وزن نمونه 100×

شاخص طعم یا رسیدگی میوه

شاخص طعم از تقسیم میزان مواد جامد محلول بر اسیدیته قابل تیتراسیون محاسبه گردید.

اسید آسکوربیک

برای اندازه‌گیری ویتامین ث مقدار ۱/۲۷ گرم ید را با ۱۶/۶ گرم یدید پتاسیم در آب مقطر حل کرده و محلول به حجم یک لیتر رسانده شد. سپس ۵ سی‌سی از عصاره صاف شده با ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط و یک سی‌سی محلول نشاسته ۱ درصد به آن اضافه شد و تیتراسیون با محلول یدور پتاسیم تا ظهور رنگ تیره انجام شد. در نهایت با فرمول زیر مقدار ویتامین ث هر تیمار محاسبه گردید (اسکینر^۲، ۱۹۹۷).

ویتامین ث (اسید آسکوربیک) (میلی‌گرم اسید آسکوربیک در ۱۰۰ / ۵ میلی‌لیتر یدور پتاسیم مصرفی $\times 0/88 =$ میلی‌لیتر آب‌میوه) ایده همبستگی کانونی، به‌وجود آوردن مجموعه‌ای از متغیرهای جدید از طریق دو گروه داده اصلی است که دارای ترکیب خطی و با همبستگی خیلی بالا ظاهر می‌شوند. اگر دو مجموعه داده اصلی در گزارش با عنوان‌های Y و X تعیین گردند، متغیرهای جدید به‌صورت ماتریسی با عنوان-های U و V ظاهر می‌شوند که همبستگی بالایی با X و Y دارند. به‌عبارتی هدف از همبستگی کانونی دستیابی به یک ترکیب خطی از متغیرهای مستقل (صفات بیوشیمیایی) با حداکثر همبستگی با یک ترکیب خطی از متغیرهای وابسته (صفات مورفوفیزیولوژی) است. برای ارزیابی همبستگی کانونی از نظر روابط کانونی بین دو متغیر از روش کروز و همکاران^۳ (۲۰۰۴) که در زیر شرح داده می‌شود استفاده شد:

$$a_1x_1+a_2x_2+\dots+a_mx_m=ax=X=V_1$$

$$b_1y_1+b_2y_2+\dots+b_py_p=bx=Y=U_1$$

نحوه انتخاب معادلات به صورتی است که به‌ترتیب همبستگی بین U_1 و V_1 ماکزیمم باشد و پس از آن همبستگی بین U_2 و V_2 و بقیه جفت‌ها به‌ترتیب کمتر می‌شود، هر یک از جفت متغیرهای کانونی (U_1 و V_1) و (U_2 و V_2)

3. Cruz
4. Liu

1. Ayala-Zavala
2. Skinner

جدول ۱- آزمون‌های معنی‌داری همبستگی کانونی برای صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی رقم انگور یاقوتی سیستان

آزمون	مقادیر ویژه	F	درجه آزادی	سطح معنی‌داری
Wilks' Lambda	۰/۱۹۳	۸/۹۷	۲۰	<۰/۰۰۰۱
Pillai's Trace	۱/۱۰۸	۶/۶۷	۲۰	<۰/۰۰۰۱
Hotelling-Lawley Trace	۲/۷۶	۱۱/۴۸	۲۰	<۰/۰۰۰۱
Roy's Greatest Root	۲/۲۳	۳۸/۹۵	۵	<۰/۰۰۰۱

همکاران، ۲۰۰۱؛ پاجک^۵ و همکاران، ۲۰۰۶؛ وال^۶، ۲۰۰۶، قیاسوند^۷ و همکاران، ۲۰۰۶).

با استفاده از نتایج جدول ۳، سه متغیر کانونی اول صفات بیوشیمی، ۹۵/۹۷ درصد از داده‌ها را برازش می‌کند. بیشترین سهم در تبیین صفات بیوشیمیایی مربوط متغیر کانونی سوم با ۵۸ درصد است که می‌توان نتیجه گرفت در همبستگی کانونی صفات بیوشیمیایی متغیر کانونی سوم بهتر می‌تواند ارتباط این صفات را نشان دهد. متغیر کانونی اول ۲۲ درصد از صفات بیوشیمی را برازش نمود. در این متغیر بالاترین ضریب همبستگی در صفات بیوشیمیایی مربوط به کل مواد جامد محلول ($r=0/75$) و کمترین ضریب مربوط به میزان اسید آسکوربیک ($r=0/3$) بود. کمترین میزان برازش داده‌ها در صفات بیوشیمیایی مربوط به تابع کانونی دوم با ۱۵ درصد مشاهده شد. در متغیر کانونی دوم درصد برازش داده‌ها بسیار کم‌تر از متغیر کانونی اول بود. در این متغیر میزان اسید آسکوربیک با ضریب (-۰/۶۴) بیشترین و اسیدیته کل با کمترین ضریب (۰/۲) همبستگی را تبیین می‌کنند. در متغیر کانونی سوم صفات بیوشیمیایی، بیشترین سهم در تبیین صفات با میزان ضرایب بالاتر، از دو متغیر کانونی اول و دوم بوده است، به طوری که بیشترین ضریب (-۰/۷۹) مربوط به شاخص طعم و کمترین ضریب (-۰/۳۶) مربوط به میزان اسید آسکوربیک به دست آمد.

نتایج (جدول ۴) نشان داد سه متغیر کانونی اول صفات مورفوفیزیولوژی، ۶۹/۵۸ درصد از برازش داده‌ها را همپوشانی کرد که این میزان برازش نسبت به صفات بیوشیمیایی پایین‌تر بوده است. بیشترین سهم در تبیین صفات مورفوفیزیولوژی مربوط به متغیر کانونی سوم با ۳۲/۴۴ درصد بود که می‌توان نتیجه گرفت در همبستگی کانونی صفات مورفوفیزیولوژی متغیر کانونی سوم بهتر می‌تواند ارتباط این صفات را نشان دهد. متغیر کانونی دوم ۲۳

متغیر کانونی اول مقایسه شد. مجذور همبستگی‌های توابع کانونی اول تا چهارم به ترتیب ۰/۶۹، ۰/۲۳، ۰/۱۷ و ۰/۰۰ می‌باشد. طبق قانون همبستگی‌های کانونی توابعی که ۱۰ درصد و کمتر از واریانس را تبیین کنند حذف می‌شوند و قابل تفسیر نیستند (شری و هنسون^۱، ۲۰۰۵). بنابراین تابع اول با ۰/۶۹، تابع دوم با ۰/۲۳ و تابع سوم با ۰/۱۷ درصد از واریانس مشترک را برازش می‌کند و تابع چهارم برازش نمی‌شود. نتایج این مطالعه با نتایج سایر محققین که دو متغیر کانونی را قابل تفسیر می‌دانند، مطابقت داشت (اکبریان، ۱۳۹۵؛ بیدرنامی و همکاران، ۲۰۲۰). البته نتایج با محقق دیگر که سه متغیر کانونی را بر اساس مطالعه خود قابل تفسیر می‌دانست، مطابقت نداشت (علوی‌سینی و صبا، ۱۳۹۳). همچنین نتایج جدول ۲ نشان می‌دهد که تابع اول تا سوم به ترتیب با درصد ۸۰، ۱۱ و ۷ در تمام صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیکی مورد برازش قرار می‌گیرد. همچنین نتایج نشان داد سه تابع کانونی اول تا سوم ۹۹ درصد از متغیرها را مورد برازش قرار می‌دهد.

ترکیبات بیوشیمیایی فراری که در سبزی‌ها و میوه‌ها یافت می‌شوند از نظر کمی فاقد اهمیت بوده اما با توجه به تأثیرات در طعم، مزه و بو دارای اهمیت بسیاری می‌باشند (فلاحی و همکاران، ۱۳۹۱). انگور تازه دارای ترکیباتی مانند اسیدهای آلی، ترکیبات ازت‌دار، فروکتوز، املاح معدنی است و در مقایسه با سیب، گوجه، پرتقال و گریپ‌فروت بیش از ۲ برابر فعالیت آنتی‌اکسیدانی دارد (وانگ^۲ و همکاران، ۱۹۹۶). تحقیقات نشان می‌دهد که انگور در درمان بیماری‌های پوستی و عصبی، سرطان، قلبی و عروقی، آلزایمر، جلوگیری از تشکیل لخته خون توسط پلاکت‌ها، بهبود عملکرد فیزیکی و روانی در پیری و حافظه کوتاه مدت نقش بسزایی دارد (اکتس^۳ و همکاران، ۲۰۰۵؛ آپریکیان^۴ و

5. Pajk,
6. Wall
7. Ghiasvand

1. Sherry and Henson
2. Wang
3. Aktas,
4. Aprikian,

جدول ۲- همبستگی کانونی و سطح احتمال معنی دار بودن صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژیک

متغیر کانونی	همبستگی کانونی	مربع همبستگی کانونی	مقادیر ویژه	درصد	درصد تجمعی	سطح احتمال
۱	۰/۸۳	۰/۶۹	۲/۲۳	۸۰/۰۸	۸۰/۸۷	۰/۰۰۰۱
۲	۰/۴۸	۰/۲۳	۰/۳۱	۱۱/۳۹	۹۲/۲۶	۰/۰۰۰۱
۳	۰/۴۱	۰/۱۷	۰/۲۱	۷/۶۰	۹۹/۸۶	۰/۰۰۹۵
۴	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۱۴	۱۰۰	۰/۸۴۱۱

جدول ۳- همبستگی کانونی صفات بیوشیمی با سه متغیر کانونی معنی دار صفات بیوشیمیایی

صفات بیوشیمیایی	متغیرهای کانونی		
	کانونی اول	کانونی دوم	کانونی سوم
کل مواد جامد محلول	۰/۷۵	-۰/۲۲	-۰/۶۲
اسیدپته کل	۰/۶۳	۰/۲۰	۰/۶۸
شاخص طعم	-۰/۴۸	-۰/۳۵	-۰/۷۹
میزان اسید آسکوربیک	۰/۳	-۰/۶۴	-۰/۳۶
Proportion	۲۲/۲۷	۱۵/۱۲	۵۸/۰۹
Cumulative	۲۲/۲۷	۳۷/۸۸	۹۵/۹۷

بررسی معادلات متغیرهای کانونی استاندارد شده در نتایج جدول ۵ نشان داد که تابع کانونی اول بین صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژی مهم ترین متغیر برای ارزیابی و تبیین این صفات می باشد و پس از آن تابع دوم و سوم برای تعیین و ارزیابی این صفات مورد ارزیابی قرار می گیرند. نتایج بررسی معادله BIO_1 در جدول ۵ نشان می دهد که BIO_1 بیان کننده معادله ای است که برای مقایسه X_1 (کل مواد جامد محلول) با سایر متغیرهای X به کار می رود. می توان گفت BIO_1 بیان کننده میزان سختی مواد جامد محلول در انگور یاقوتی سیستان است. از طرفی دیگر $PHEN_1$ دارای ضرایب مثبت برای صفات کیفیت میوه، درصد پوسیدگی میوه، درصد کاهش وزن خوشه و ماندگاری پس از برداشت می باشد. در معادله دوم همبستگی کانونی BIO_2 عبارت است از معادله ای که برای ارزیابی X_2 با سایر متغیرهای X به کار می رود. پس X_2 بیان کننده اسیدپته کل در انگور یاقوتی است و $PHEN_2$ دارای ضریب مثبت برای

درصد از صفات مورفوفیزیولوژی را می توان برآزش کند. در این متغیر بالاترین ضریب همبستگی در صفات مورفوفیزیولوژی مربوط به شاخص ماندگاری پس از برداشت ($r=0/07$) و کمترین ضریب مربوط به کیفیت میوه ($r=0/01$) به دست آمد. کمترین میزان برآزش داده ها در صفات مورفوفیزیولوژی مربوط به تابع کانونی سوم با ۱۳ درصد بود. در متغیر کانونی سوم درصد برآزش داده ها بسیار کم تر از متغیر کانونی دوم مشاهده شد. در این متغیر کیفیت میوه با ضریب ($-0/57$) بیشترین و ماندگاری پس از برداشت با کمترین ضریب ($0/28$) همبستگی را تبیین کرد. در متغیر کانونی اول از صفات مورفوفیزیولوژی با بیشترین سهم در تبیین صفات میزان ضرایب بالاتر از دو متغیر کانونی دوم و سوم بود. به طوری که بیشترین ضریب مربوط به درصد پوسیدگی با ($0/68$) و کمترین ضریب با ($0/28$) مربوط به میزان درصد کاهش وزن خوشه تعیین شد.

جدول ۴- همبستگی کانونی صفات مورفوفیزیولوژی با سه متغیر کانونی معنی دار صفات مورفوفیزیولوژی

صفات مورفوفیزیولوژی	متغیرهای کانونی		
	کانونی اول	کانونی دوم	کانونی سوم
کیفیت میوه	۰/۶۷	۰/۰۱	-۰/۵۷
درصد پوسیدگی	۰/۶۸	۰/۱۱	۰/۳۸
درصد ریزش حبه ها	-۰/۵۲	-۰/۲۳	۰/۴۱
درصد کاهش وزن خوشه	۰/۲۷	-۰/۴۸	۰/۴۵
عمر پس از برداشت	۰/۲۴	۰/۷۰	-۰/۲۸
Proportion	۳۲/۴۴	۲۳/۴۵	۱۳/۶۹
Cumulative	۳۲/۴۴	۵۵/۸۹	۶۹/۵۸

جدول ۵- معادلات متغیرهای کانونی استاندارد شده

معادله	فرمول
BIO ₁	$+0/62X_1+0/52X_2-0/40X_3+0/24X_4$
PHEN ₁	$+0/55Y_1-0/56Y_2-0/43Y_3-0/23Y_4+0/45Y_5$
BIO ₂	$-0/11X_1+0/09X_2-0/17X_3+0/31X_4$
PHEN ₂	$+0/10Y_1+0/05Y_2-0/11Y_3-0/23Y_4+0/34Y_5$
BIO ₃	$-0/25X_1+0/28X_2-0/33X_3+0/15X_4$
PHEN ₃	$+0/24Y_1+0/16Y_2+0/17Y_3+0/18Y_4-0/11Y_5$

با توجه به تحلیل همبستگی کانونی صفات بیوشیمیایی نتیجه گرفته می‌شود که سومین متغیر کانونی با بیشترین درصد برآزش با کل مواد جامد محلول، شاخص طعم، میزان اسید آسکوربیک همبستگی منفی و با اسیدیته کل همبستگی مثبت داشت. یکی از دلایل کاهش مقدار اسیدهای آلی در میوه در مدت انبارداری می‌تواند مصرف اسیدهای موجود هم‌زمان با تنفس میوه باشد. همچنین تفاوت میزان مواد جامد محلول در ارقام مختلف انگور به شرایط رشدی گیاه و تاج پوششی آن بستگی دارد که با افزایش سطح برگ فتوسنتز بیشتری انجام و به تبع آن مواد قندی منتقل شده به حبه‌های انگور بیشتر می‌گردد. از دیگر دلایل افزایش مواد جامد محلول در دوره انبارداری میوه‌ها می‌توان کاهش آب‌میوه و همچنین تجزیه قندهای مرکب به ساده را ذکر کرد. نتیجه گرفته می‌شود که هر چه مقدار اسید میوه کمتر و در مقابل مقدار اسید آسکوربیک، مواد جامد محلول و قند میوه بیشتر باشد، طعم بهتری خواهد داشت.

نتایج تحلیل همبستگی صفات مورفوفیزیولوژی نشان داد که در صفات مورفوفیزیولوژی بیشترین درصد برآزش مربوط به متغیر کانونی اول است که با کیفیت میوه، درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه‌ها و ماندگاری پس از برداشت همبستگی مثبت و با درصد ریزش حبه‌ها همبستگی منفی داشت. بنابراین با نزدیک شدن به سمت کانون اول همبستگی‌ها افزایش مقادیر صفات کیفیت میوه، درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه و ماندگاری پس از برداشت باعث نزدیک شدن به کانون همبستگی این صفات می‌شود. با توجه به اینکه آنزیم پلی‌فنل اکسیداز مهم‌ترین عامل پوسیدگی و تغییر رنگ میوه است و پوسیدگی بر شکل ظاهری، طعم و کیفیت میوه تأثیر دارد، حضور اسید آسکوربیک به‌عنوان یک صفت بیوشیمیایی از فعالیت این آنزیم جلوگیری و مانع پوسیدگی میوه می‌شود (کوزتانگ و

ماندگاری پس از برداشت و ضریب منفی برای درصد کاهش وزن خوشه است. بررسی نهایی معادله سوم نشان داد که BIO₃ عبارت است از معادله‌ای که برای ارزیابی X₃ با سایر متغیرهای Y به کار می‌رود. پس X₃ بیان‌کننده شاخص طعم است و PHEN₃ دارای ضرایب منفی برای ماندگاری پس از برداشت و ضریب مثبت برای کیفیت میوه است.

میزان اثر لامبدای ویلکز برابر ۰/۸۱ نشان داد که مدل کامل قادر به تبیین میزان اثر واریانس مشترک بین دو دسته متغیر است. مدل به‌دست آمده از لامبدای ویلکز نشان داد که یک منبعی از واریانس مشترک بین صفات مورفوفیزیولوژی و بیوشیمیایی وجود دارد که همپوشانی بین این دو دسته متغیر را با کانون‌های همبستگی تبیین می‌کنند. در این مطالعه ۰/۸۱ واریانس بین کیفیت میوه، درصد پوسیدگی خوشه، درصد ریزش حبه‌ها، درصد کاهش وزن خوشه، ماندگاری پس از برداشت، مواد جامد محلول، اسیدیته کل، شاخص طعم و میزان اسید آسکوربیک را تبیین می‌کند. آزمون معنی‌داری برای سه تابع اول نشان می‌دهد که سه تابع اول بر اساس سطح احتمال یک درصد برای صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژی معنی‌دار است که با نتیجه مربع همبستگی کانونی مبنی بر معنی‌داری این سه تابع مطابقت دارد. متغیرهای کانونی صفات بیوشیمیایی ۹۵ درصد واریانس کل متغیرهای بیوشیمیایی را برآزش می‌دهد، در حالی که متغیرهای کانونی صفات مورفوفیزیولوژی ۶۹ درصد از واریانس صفات مورفوفیزیولوژی را برآزش می‌کند، بنابراین صفات بیوشیمیایی بهتر از صفات مورفوفیزیولوژی می‌تواند واریانس کل را تبیین کند. اولین جفت متغیر کانونی بیشترین همبستگی ۰/۸۳ دارد، در حالی که متغیرهای کانونی دوم با ۰/۴۸ و متغیر کانونی سوم با ۰/۴۱ کمترین همبستگی را دارند. معنی‌دار بودن هر سه همبستگی کانونی بین دو گروه متغیر بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژی ارتباط بین صفات را تبیین می‌کند.

نتیجه‌گیری کلی

هدف از این مطالعه تعیین رابطه بین صفات بیوشیمیایی و مورفوفیزیولوژی بین مجموعه متغیرهای کانونی می‌باشد. بر اساس نتایجی که از این مطالعه به دست آمد، زمانی که یک رابطه قوی مجموعه متغیرهای مختلف را تبیین کنند و بتوانند مجموعه متغیرها یکدیگر را پیش‌بینی کنند، می‌توان تشخیص داد مجموعه متغیرهای نامتجانس اطلاعات مشابهی را نشان دهند. این در حالی است وقتی مجموعه متغیرها همدیگر را پیش‌بینی نکنند، نتیجه گرفته می‌شود که اطلاعات مشابهی از مجموعه متغیرهای نامتجانس دریافت نخواهد شد. بر این اساس رابطه بین دو مجموعه متغیر مذکور مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. تحلیل همبستگی کانونی بیان‌کننده این مطلب است عوامل بیوشیمیایی (میزان مواد جامد محلول، اسیدیته کل، شاخص طعم و مقدار اسید آسکوربیک) در سطح بسیار قوی دارای اطلاعات مشترکی هستند یعنی واریانس تبیین‌کننده مؤلفه‌های بیوشیمیایی ۹۶ درصد و برای عوامل مورفوفیزیولوژی ۶۹/۶ درصد ارزیابی شد. با استفاده از نتایج همبستگی کانونی می‌توان بیان کرد که هر چه اسیدیته کل در میوه بالا می‌رود میزان ماندگاری پس از برداشت بیشتر و درصد کاهش وزن خوشه هم کمتر می‌شود و هر چه میزان سختی مواد جامد محلول در انگور سیستانی بالا باشد، کیفیت میوه و ماندگاری پس از برداشت انگور یاقوتی بالاتر می‌رود در حالی که درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه و درصد ریزش حبه‌ها کاهش می‌یابد.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۱۰۰۰۱۱۱ و با حمایت معاونت پژوهشی دانشگاه زابل اجرا شده است.

لی^۱، (۱۹۸۷). با عنایت به دو معادله BIO_1 و $PHEN_1$ هر چه میزان سختی مواد جامد محلول در انگور یاقوتی سیستان بالا باشد، کیفیت میوه و ماندگاری پس از برداشت انگور یاقوتی بالاتر می‌رود درحالی که درصد پوسیدگی، درصد کاهش وزن خوشه و درصد ریزش حبه‌ها کاهش می‌یابد. پس می‌توان گفت میزان سختی مواد محلول به‌عنوان فاکتور مهمی در ارزیابی کیفیت میوه و ماندگاری پس از برداشت می‌باشد. از آنجایی که کاهش وزن خوشه‌ها در انبار می‌تواند به دلیل تبخیر از سطح خوشه، تعرق و تنفس میوه است که با توجه به معادله ۱ این پژوهش افزایش سختی مواد جامد محلول در نتیجه تسریع کاهش وزن خوشه می‌باشد. تبادل آب بین اتمسفر درونی و خارجی باعث کاهش وزن میوه‌ها در انبار می‌شود که سرعت از دست دادن آب‌میوه متأثر از دمای محیط، فشار بخار بین بافت میوه و اتمسفر هوای محیط است (هرناندز-مونز^۲ و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به دو معادله BIO_2 و $PHEN_2$ می‌توان بیان کرد که هر چه اسیدیته کل در میوه بالا می‌رود میزان ماندگاری پس از برداشت بیشتر و درصد کاهش وزن خوشه هم کمتر می‌شود. در مطالعه محققین دیگر مشخص شد که میزان pH با اسید آسکوربیک و اسیدیته همبستگی منفی دارد به‌طوری که با افزایش اسیدیته میزان pH کاهش می‌یابد. از طرف همبستگی مثبت بین pH با املاح محلول همبستگی مثبت دارد. یعنی کاهش اسیدیته منجر به افزایش مواد محلول می‌شود (کوشش‌صبا و مرادی، ۱۳۹۴). محققینی دیگر بیان کردند که میزان اسیدیته کل میوه در طول مدت انبارداری و رسیدگی میوه کاهش می‌یابد (تورک و ممیکوگلو^۳، ۱۹۹۴). پس از بررسی سومین معادله BIO_3 و $PHEN_3$ نتایج نشان داد که هر چه شاخص طعم بالاتر می‌رود کیفیت میوه بیشتر و ماندگاری پس از برداشت کم می‌شود. گزارش تحقیق شیخ‌الاسلامی و مختاریان (۱۳۹۲) بر روی ارقام مختلف انگور نشان داد با افزایش عمرانباری میوه، مقدار اسیدیته افزایش می‌یابد که احتمالاً به دلیل مصرف اسیدهای آلی طی انبارداری و تبدیل آنها به قند می‌باشد که افزایش pH میوه را در پی دارد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

منابع

- اکبریان، ا.، رحیم‌ملک، م.، سبزیعلیان، م.ر. و سعیدی، ق.ا. ۱۳۹۵. ارزیابی تغییرات فیتوشیمیایی، مورفولوژیک و فعالیت آنتی‌اکسیدانی جمعیت‌های گیاه بیلهر (*Dorema aucheri*) کشت شده در محیط‌های مختلف. فصلنامه گیاهان دارویی، ۱۶(۲): ۱-۱۷.
- رضازادباری، ل.، رضازادباری، م.، قاسم‌نژاد، م. و عزیزاده‌خالدآباد، م. ۱۳۹۳. اثر نانوذرات تیتانیوم دی‌اکسید در ویژگی‌های انبارمانی و کنترل پوسیدگی پس از برداشت سه رقم انگور تازه‌خوری (سفید بی‌دانه، قزل‌اوزوم و ریش‌بابا). نشریه پژوهش‌های صنایع غذایی، ۲۴(۳): ۳۲۴-۳۱۵.
- شیخ‌الاسلامی، ز. و مختاریان، ع. ۱۳۹۲. بررسی کیفیت و عمرانباری ارقام انگور ترکمن و مقایسه آن با رقم‌های محلی. مجله تحقیقات مهندسی کشاورزی. ۱۴(۴): ۱-۱۲.
- علوی‌سینی، س.م. و صبا، ج. ۱۳۹۳. بررسی ارتباط بین خصوصیات فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های مختلف گندم در شرایط دیم با استفاده از تجزیه همبستگی کانونی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۷(۱): ۱۳-۲۳.
- فلاحی، ا.، حسنی‌مقدم، ا. و روستا، س. ۱۳۹۱. خصوصیات فیزیکی و ارزش تغذیه‌ای ارقام زرد و قرمز سیب لبنانی (*Malus domestica*) تولیدی لرستان. یافته، ۱۴(۲): ۱۵-۲۲.
- کلانتری، خ. ۱۳۹۵. پردازش و تحلیل داده‌ها در روش جامعه‌سنجی با استفاده از نرم‌افزار SPSS. انتشارات فرهنگ صبا. ۴۰۲ ص.
- کوشش‌صبا، م. و مرادی، س. ۱۳۹۴. تغییرات ویژگی‌های فیزیکی و زیست‌شیمیایی برخی ارقام گلایی غرب کشور در طول دوره انبارداری. تولیدات گیاهی، ۳۸(۴): ۸۱-۹۶.
- Aktaş, A.H., Şen, S., Yilmazer, M. and Cubuk, E. 2005. Determination of carboxylic acids in apple juice by RP HPLC. Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE), 24(1): 1-6.
- Aprikian, O., Levrat-Verny, M.A., Besson, C., Busserolles, J., Rémésy, C. and Demigné, C. 2001. Apple favourably affects parameters of cholesterol metabolism and of anti-oxidative protection in cholesterol-fed rats. Food Chemistry, 75(4): 445-452.
- Ayala-Zavala, J.F., Wang, S.Y., Wang, C.Y. and González-Aguilar, G.A. 2007. High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit. Food Technology and Biotechnology, 45(2): 166-173.
- Bidarnamani, F., Mortazavi, S.N. and Rahimi, M., 2020. Canonical Correlation Analysis for Determination of Relationship between Morphological and Physiological Pollinated Characteristics in Five Varieties of Phalaenopsis. *Journal of Ornamental Plants*, 10(4), pp.205-212.
- Cargnin, A., 2019. Canonical correlations among grapevine agronomic and processing characteristics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 41.
- Coseteng, M.Y. and Lee, C.Y. 1987. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of browning. *Journal of Food Science*, 52(4): 985-989.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J. and Carneiro, P.C.S. 2012. Biometric models applied to genetic improvement. 4th Edition, Editora UFV, Viçosa. 514 p.
- Dunetman, G.H. 1984. Introduction to Multivariate Analysis. Sage Publication, Beverly Hills, USA. 237p.
- Einset, J., Dratt, C., Janick, J. and Moore, J.N. 1975. Advances in Fruit Breeding. Purdu University Press, West Lafayette. Ind. pp: 130-153.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2017. Statistic Database. <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush.Htm>.
- Ghiasvand, A.R., Hosseinzadeh, S. and Pawliszyn, J. 2006. New cold-fiber headspace solid-phase microextraction device for quantitative extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in sediment. *Journal of chromatography A*, 1124(1-2): 35-42.
- Gowda, V.N., Keshava, S.A. and Shyamamma, S. 2008. Growth, yield and quality of Bangalore Blue grapes as influenced by foliar applied polyfeed and multi-K. *Acta Horticulturae*, 785: 207-211.
- Hernandez-Munoz, P., Almenar, E., Del Valle, V., Velez, D. and Gavara, R. 2008. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria ananassa*) quality during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 110: 428-435.
- Hotelling, H. 1936. Relations between two sets of varieties. *Biometrika*, 28 (3/4): 321-377.

- Ledent, J.F. 1982. Morphology and yield in winter wheat grown under in high yielding conditions. *Crop Science*, 22 (6): 1115-1120.
- Liu, J., Drane, W., Liu, X. and Wu, T. 2009. Examination of the relationships between environmental exposures to volatile organic compounds and biochemical liver tests: application of canonical correlation analysis. *Environment Research*, 109: 193–199.
- Marchi, P.M., Carvalho, I.R., Dini, M., Szareski, V.J., Pelargin, A.J., Pereira, I.S., Antunes, L.E.C. 2020. *Genetic and Molecular Research*. 19(2).
- Pajk, T., Rezar, V., Levart, A. and Salbir, J. 2006. Efficiency of apples, Strawberries, and tomatoes for reduction of oxidative stress in pigs as a model for human. *Nutrition*, 22: 376-384.
- Pelea, L.P., Bandera-Fernandez, E., Herrero, J.V.B. and Valazquez-Palenzuela, J.B. 2020. Canonical correlation between vegetative and fruit characters in guava families (*Psidium guajava* L.). *Cultivos Tropicales*, 40 (3): e06.
- Rangana, S. 1977. *Manual for Analysis of Fruit and Vegetable Products*, Tata McGraw Hill.
- Sherry, A. and Henson, R.K. 2005. Conducting and interpreting canonical correlation analysis in personality research. *International Journal of Service Industry Management*, 84: 37-48.
- Skinner, J. 1997. *Micro scale chemistry; experiment in chemistry, measuring the amount of vitamin C in fruit drinks*. Royal Society of Chemistry, P. 67.
- Turk, R. and Memicoglu, M. 1993. The effect of different localities and harvest time on the storage period of quince. *International Symposium on postharvest Treatment of Horticultural Crops*, 368: 840-849.
- Wall, M.M. 2006. Ascorbic acid, vitamin A, and mineral composition of banana (*Musa* sp.) and papaya (*Carcia papaya*) cultivars grown in Hawaii. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 434-445.
- Wang, H., Cao, G., and Prior, R.L. 1996. Total Antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44: 701-705.