



مقایسه ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و ضداکسایشی سرکه‌های سنتی عناب، سیب و انگور با سرکه صنعتی

سیب

طیبه شاهی<sup>۱\*</sup>، سید مهدی جعفری<sup>۲</sup>، محسن پویان<sup>۳</sup>، مهدی ابراهیمی<sup>۴</sup>، ساره حسینی<sup>۵</sup>، حسین راغزآرا<sup>۶</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی و عضو هیئت علمی پژوهشی بهینه‌سازی تولید و فراوری گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی.

۲- استاد و عضو هیئت علمی گروه مهندسی مواد و طراحی صنایع غذایی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران.

۳- کارشناسی ارشد بیولوژی، مدیر مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

۴- استادیار و عضو هیئت علمی گروه پژوهشی بهینه‌سازی تولید و فراوری گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

۵- دانشجوی دکتری علوم و صنایع غذایی دانشگاه آزاد سبزوار و عضو گروه پژوهشی بهینه‌سازی تولید و فراوری گیاهان دارویی،

جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

۶- کارشناسی ارشد زراعت، عضو گروه پژوهشی بهینه‌سازی تولید و فراوری گیاهان دارویی، جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی، بیرجند، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۴

کلمات کلیدی:

تخمیر،

ترکیبات فنلی،

خاصیت آنتی‌اکسیدانی،

سرکه.

سرکه یک چاشنی فراسودند و پر مصرف در سراسر جهان است که از مواد اولیه مختلفی تهیه می‌شود. گزارشات زیادی در تایید قدرت ضداکسایشی سرکه و استفاده از آن به عنوان کاهنده چربی و کاهش وزن وجود دارد، بنابراین لازم است ترکیبات و خواص انواع سرکه مورد بررسی قرار گیرد. در این طرح ابتدا سرکه عناب تحت تاثیر تیمارهای مختلف تهیه شد و بهترین سرکه از نظر خصوصیات حسی انتخاب گردید. سرکه سنتی انگور و سیب و سرکه صنعتی سیب نیز از بازار محلی تهیه گردید. آزمون‌های فیزیکوشیمیایی مانند، اسیدیته، pH، رنگ سنجی، آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی، ارزیابی حسی و رنگ بر روی نمونه‌های سرکه انجام شد. بر اساس نتایج بدست آمده میزان کمینه و بیشینه آزمون pH ۲/۹۱، ۳/۲۷، آزمون اسیدیته ۳/۲۰، ۵/۳۱ و آزمون بریکس ۴/۹۳، ۱۴/۴۷ در سرکه‌های مختلف نشان داده شد. بیشترین میزان ترکیبات فنلی کل (۵۰۴۲/۶۷ mg/100g) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس آزمون مهار رادیکال‌های آزاد DPPH (۳۲/۸۸٪) در سرکه عناب مشاهده شد. کمترین مولفه‌های رنگی L، a و b به ترتیب ۲۶/۱۱، ۵/۲۰- و ۳۲/۲۱ در سرکه سیب صنعتی بود. بیشترین و کمترین امتیاز مقایسه میانگین شاخص طعم، رنگ، بو و پذیرش کلی در سرکه عناب و سرکه سیب تجاری مشاهده گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد، نوع ماده اولیه و شرایط فرآیند تخمیر بیشترین تاثیر بر میزان کیفیت سرکه نهایی دارند. همچنین ارتباط بین رنگ نمونه‌های سرکه سنتی و خواص آنتی‌اکسیدانی نشان دهنده وجود ترکیبات فنلی بیشتر در سرکه‌های سنتی باشد که در مورد سرکه سیب تجاری نشان دهنده وجود کارامل می‌باشد.

DOI: 10.52547/fsct.18.121.14

DOR: 20.1001.1.20088787.1400.18.121.14.8

\* مسئول مکاتبات:

t\_shahi2009@yahoo.com

## ۱- مقدمه

اتانول تبدیل شده و سپس در مرحله دوم اتانول تحت شرایط هوازای توسط باکتری‌های جنس استوباکتر و گلوکونوباکتر به اسید استیک و تحت شرایط هوادهی به اسید استیک تبدیل می‌شود [۲].

سرکه‌های طبیعی حاصل از میوه‌ها به علت وجود ترکیبات فنلی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی هستند که خود عامل دفاعی مهمی برای استرس اکسیداتیو به شمار می‌آید. دریافت ترکیبات فنلی در انسان باعث افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی و کاهش ریسک ابتلا به سرطان می‌شود [۵]. اخیراً مطالعات زیادی مبنی بر اثرات سلامتی‌بخش سرکه از جمله جلوگیری از بیماری‌های قلبی عروقی، کاهش اشتها، افزایش هضم، کاهش میزان کلسترول سرمی و فشار خون گزارش شده‌است. که این به دلیل وجود ترکیبات فیتوشیمیایی شامل اسیدهای آلی، آمینواسیدها و ترکیبات فنلی می‌باشد. تحقیقات نشان داده‌است، مصرف سرکه بالزامیک در حیوانات دیابتی از طریق بهبود کارکرد سلول بتای پانکراس دارای خاصیت آنتی‌دیابتی است [۶].

سرکه‌های بدست آمده از منابع مختلف دارای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوتی هستند. همچنین عوامل مختلفی از جمله درجه حرارت تخمیر، سوبه‌های مخمر، غلظت قند و اکسیژن و روش تخمیر بر سرعت تولید و کیفیت نهایی سرکه اثر می‌گذارد. اوزتورک و همکاران (۲۰۱۵)، خصوصیات فیزیکوشیمیایی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی ۲۰ نوع سرکه سنتی و صنعتی تولید شده در ترکیه را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج حاصل تنوع بسیار گسترده خصوصیات فیزیکوشیمیایی در میان انواع سرکه مورد آزمایش نشان داد که تحت تاثیر نوع ماده خام اولیه قرار داشت. به طور کلی pH سرکه در محدوده ۳/۹-۲/۶۳ متغیر بود و سرکه‌های سنتی دارای pH بالاتری بودند. میزان اسیدیته بیشتر نمونه‌ها در محدوده ۶-۵ قرار داشت و ۹ نمونه سرکه دارای اسیدیته کمتر از ۴٪ بودند. ترکیبات فنلی کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی سرکه‌ها نیز به ترتیب در محدوده ۲۲۲۸/۷۹-۴۲/۰۴ میلی‌گرم اسیدگالیک در لیتر و ۹۰/۳۶-۰/۵۳٪ متغیر بود. سرکه انگور در بین سرکه‌های سنتی و سرکه انار و گیلاس ترش در بین سرکه‌های صنعتی دارای بیشترین ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بودند [۷]. ساکاناکا و ایشیهارا (۲۰۰۸) نیز خصوصیات آنتی‌اکسیدانی و ترکیبات فنلی ۵ نوع

تولید سرکه و الکل از دیرباز مورد توجه بوده است و فرآیند تولید آن به لحاظ فیزیولوژیک نوعی واکنش اکسیداسیون ناقص می‌باشد. سرکه بیش از ۱۰۰۰۰ سال پیش به عنوان یک مایع ترش، جهت نگهداری مواد غذایی و ایجاد طعم در محصولات مختلف (سس‌ها، کچاب، مایونز و ...) و اهداف دارویی مورد استفاده قرار گرفته‌است [۱]. هر ماده‌ای که به اندازه کافی قند یا الکل داشته باشد به عنوان یک ماده غذایی برای تهیه سرکه مناسب است. در دنیا سرکه بر اساس نوع ماده خام اولیه (انگور، سیب، انواع توت، برنج، غلات، مالت، عسل و ...) دارای تنوع بسیار زیادی می‌باشد [۲].

چندین روش تولید سرکه وجود دارد ولی از نظر تجاری عمدتاً دو روش جهت تولید سرکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. روش سطحی که به عنوان روش سنتی نیز شناخته می‌شود و اکسیژن سطحی در دسترس میکروارگانیسم‌ها قرار دارد و روش غوطه‌وری که اکسیژن کافی وجود داشته و فرآیند تولید سرکه سریع‌تر صورت می‌گیرد. سرکه را می‌توان از الکل صنعتی تهیه کرد اما اغلب موارد، حاصل تخمیر آبمیوه یا میوه است که حاوی ۵ تا ۱۰ درصد اسیداستیک می‌باشد. سرکه تقطیری حاصل تخمیر استیکی الکل می‌باشد، بطوریکه الکل تحت شرایط ویژه تخمیر نظیر کنترل دما و در حضور استارترهای تولید کننده سرکه طی مرحله استیکی به سرکه تبدیل می‌گردد. این نوع سرکه به دو صورت سرکه تقطیری بدون کارامل و سرکه تقطیری حاوی کارامل تولید می‌شود [۳].

سرکه تخمیری از تخمیر مواد قندی مختلف طی یک فرآیند دو مرحله‌ای تولید می‌شود. کنترل شرایط لازم به منظور تکمیل هر یک از این مراحل، از اهمیت بالایی در کیفیت نهایی محصول برخوردار است. در مرحله اول قند توسط مخمر ساکارومایسز سروزیه<sup>۱</sup> و تحت شرایط بی‌هوازی به الکل تبدیل می‌شود. در مرحله استیکی، الکل تولید شده توسط استوباکتراستی<sup>۲</sup> و در شرایط هوازای به اسید استیک تبدیل می‌گردد [۴]. در فرآیند تولید سرکه از میوه، ابتدا مواد کربوهیدرات موجود توسط مخمرها به

1. *S. cerevisiae*  
2. *A. aceti*

فیزیکوشیمیایی سرکه عناب و سرکه‌های متداول در بازار شامل سرکه انگور سنتی، سرکه سیب سنتی و سرکه سیب تجاری مورد بررسی قرار گرفتند.

### ۲-۳- اندازه‌گیری اسیدیته

به روش تیتراسیون با سود ۰/۱ نرمال تا ایجاد رنگ ارغوانی با استفاده از ۵ میلی‌لیتر نمونه سرکه رقیق شده با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر تعیین شد. مقدار اسیدیته کل برحسب درصد اسیداستیک بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید (۹).

$$\text{رابطه (۱)} \quad N \times 0.006 \times 100 / V = \text{درصد اسیدیته}$$

$N$  = حجم سود مصرفی (میلی‌لیتر) و  $V$  = حجم سرکه مصرفی (میلی‌لیتر) می‌باشد.

### ۲-۴- اندازه‌گیری pH

از pH متر دیجیتال (مدل ۸۲۶، شرکت Metrohm، سوئیس) بعد از کالیبره نمودن با بافرهای ۴ و ۷ برای تعیین pH نمونه‌های سرکه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد استفاده گردید. الکتروده pH متر در داخل نمونه‌های سرکه قرار گرفت و pH خوانده شد [۹].

### ۲-۵- اندازه‌گیری بریکس (مواد جامد محلول)

برای تعیین مواد جامد از رفراکتومتر دیجیتالی (مدل RX-5000، شرکت آتاگو ژاپن) استفاده شد. ابتدا دستگاه با استفاده از آب مقطر کالیبره و سپس دو قطره از سرکه در عدسی دستگاه قرار داده شد، سپس میزان مواد جامد محلول به عنوان درجه بریکس بیان گردید [۹].

### ۲-۶- اندازه‌گیری محتوای ترکیبات فنولی کل

مقدار کل ترکیبات فنولی کل سرکه با استفاده از معرف فولین-سیوکالتیو اندازه‌گیری شد. به ۰/۱ میلی‌لیتر از هر نمونه ۳/۹ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۵ میلی‌لیتر معرف فولین-سیوکالتیو ۲۵٪ اضافه شده و پس از ۵ دقیقه، ۰/۵ میلی‌لیتر از محلول سدیم کربنات ۲۰٪ به آن اضافه گردید. جذب مخلوط نیم ساعت بعد در طول موج ۷۶۵ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفوتومتر (Recording-Shimadzu 160 A, Visible-U) قرائت شد. اسید گالیک به عنوان استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون به کار رفت. مقدار ترکیبات فنولی کل بر اساس میزان معادل

سرکه را مورد بررسی قرار دادند. سرکه برنج سبوس‌دار و persimmon Saijyo دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به سرکه سیب و برنج فاقد سبوس بودند. همچنین در این تحقیق میزان ترکیبات فنولی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی سرکه سیب کمتر از سرکه انگور بود [۸].

با توجه به این که سرکه‌ها فراوان، در دسترس و نسبتاً ارزان‌اند و از طرف دیگر به علت وجود ترکیبات خاص موجود در سرکه‌ها کاربردهای دارویی آنها مورد توجه قرار گرفته‌است. با این حال تاکنون مطالعه‌ای مبنی بر ارزیابی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و ترکیبات فنولی انواع سرکه در ایران صورت نگرفته‌است. بنابراین هدف از این مطالعه بررسی خواص فیزیکوشیمیایی، آنتی‌اکسیدانی و ارگانولپتیکی انواع سرکه پرمصرف موجود در بازار و همچنین مقایسه آن با سرکه عناب می‌باشد که برای اولین بار در مجتمع تحقیقات جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی تولید شده است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در این تحقیق شامل موارد ذیل می‌باشد: سرکه عناب (تهیه شده در مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی)، سرکه سیب سنتی و سرکه انگور سنتی (تهیه شده از بازار محلی)، سرکه سیب تجاری (یکی از شرکت‌های تولید کننده)، سود، متانول، ۲-۲ دی فنیل ۱-پیکریل هیدرازیل<sup>۳</sup> (شرکت سیگما آلدریج، آمریکا)، کربنات سدیم، و معرف فولین سیوکالتیو (شرکت مرک آلمان).

### ۲-۲- آماده‌سازی سرکه عناب

در این پژوهش میوه عناب در اواخر شهریور ماه ۱۳۹۷ از مزرعه تحقیقاتی مجتمع گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی بیرجند جمع‌آوری گردید و سپس با آب شستشو داده شده و در سایه خشک گردید. جهت تولید سرکه با افزودن سرکه‌ی غیرپاستوریزه برای تخمیر استیکی و با سه تکرار آماده‌سازی شدند. نمونه‌ها در دمای ۲۶ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۵ روز قرار گرفتند. سپس نمونه‌های سرکه صاف شده و در ظروف شیشه‌ای جهت انجام آزمایشات نگهداری گردیدند. در نهایت خصوصیات

## ۲-۹- ارزیابی حسی

از ده نفر ارزیاب آموزش دیده و مصرف کننده سرکه جهت بررسی خصوصیات سرکه‌ها در این آزمون استفاده گردید. به منظور مقایسه حسی تیمارها از آزمون هدونیک ۵ نقطه‌ای (۵=عالی، ۴=بسیار خوب، ۳=خوب، ۲=متوسط و ۱=ضعیف) استفاده شد. شاخص‌های مورد مقایسه طعم، بو، رنگ و پذیرش کلی بودند. فرم‌های ارزیابی حسی تهیه و در اختیار گروه ارزیابی قرار گرفت [۱۳].

## ۲-۱۰- تجزیه و تحلیل آماری

جهت بررسی نتایج خواص فیزیکوشیمیایی، ویژگی‌های رنگی و حسی از طرح آماری کاملاً تصادفی استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها بر صفت‌های مورد نظر، با استفاده از نرم افزار SAS و آزمون LSD در سطح  $\alpha=0.05$  صورت پذیرفت. تمامی آزمون‌ها در سه تکرار انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده شامل اسیدیته، pH، مواد جامد محلول، رنگ، ارزیابی حسی، ترکیبات فنلی کل و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بود. برای ترسیم نمودارها نیز از نرم افزار اکسل ۲۰۱۶ استفاده گردید.

## ۳- یافته‌ها

### ۳-۱- اسیدیته

نتایج مقادیر اسیدیته نمونه‌های سرکه در جدول ۱ گزارش شده است. این میزان در محدوده ۳/۲۰-۵/۳۱ درصد می‌باشد. سرکه عناب با داشتن اسیدیته (۳/۲۰٪) دارای کمترین میزان اسیدیته در بین نمونه‌های سرکه بود که اختلاف معنی‌داری با سایر سرکه‌ها نشان داد. بیشترین میزان اسیدیته (۵/۳۱) را سرکه سیب تجاری به خود اختصاص داده بود که در بین نمونه‌ها، با سرکه‌های سیب سنتی انگور و عناب اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۰/۰۵٪ داشت.

میلی گرم اسید گالیک در لیتر نمونه گزارش گردید. آزمایشات ۳ بار تکرار و میانگین آن‌ها گزارش گردید [۱۰].

## ۲-۷- اندازه‌گیری درصد فعالیت آنتی‌اکسیدانی

۱۰۰ میکرولیتر سرکه رقیق شده (۱۰٪) با ۳/۹ میلی لیتر محلول ۰/۱ میلی‌مولار DPPH در متانول مخلوط شد. نمونه شاهد نیز با اضافه کردن ۳/۹ میلی لیتر متانول با ۰/۱ میلی‌مولار DPPH تهیه گردید. سپس این مخلوط‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و در نهایت، جذب محلول‌ها در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۱۷ نانومتر اندازه‌گیری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید [۱۱].

$$\text{I\%} = A_{\text{control}} - A_{\text{sample}} / A_{\text{control}} \quad (2)$$

I = درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد DPPH،  $A_{\text{control}}$  = میزان جذب نوری متانول و  $A_{\text{sample}}$  = میزان جذب نوری نمونه

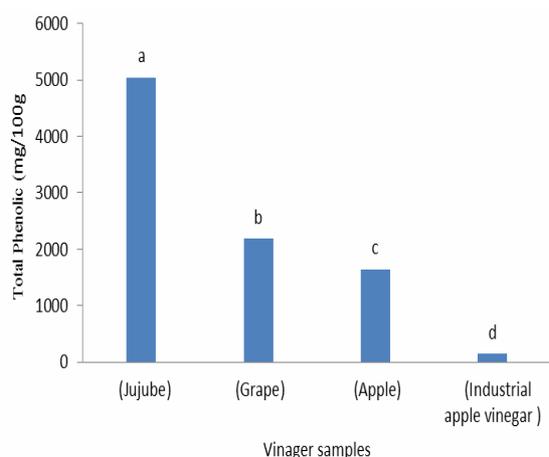
## ۲-۸- اندازه‌گیری رنگ

: آنالیز رنگ نمونه‌ها از روش پردازش تصویر و تعیین سه مولفه رنگی  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  صورت گرفت. شاخص  $L^*$  معرف میزان روشنی نمونه است و دامنه آن از صفر از صفر (سیاه خالص) تا ۱۰۰ (سفید خالص) متغیر است. شاخص  $a^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (سبز خالص) تا ۱۲۰+ (قرمز خالص) متغیر است. شاخص  $b^*$  میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰- (آبی خالص) تا ۱۲۰+ (زرد خالص) متغیر است. تصاویر نمونه‌ها از فضای رنگی RGB به  $L^*a^*b^*$  تبدیل گردیدند. بدین ترتیب، مقادیر  $L^*$ ،  $a^*$  و  $b^*$  هر یک از تصاویر مربوط به نمونه‌ها در ۳ نقطه از تصاویر با استفاده از نرم افزار Image J محاسبه و میانگین آن‌ها گزارش شدند. [۱۲].

**Table 1** Comparison of means, pH, Titratable Acidity and Brix in industrisl and traditional vinagers samples

Brix (%)	Titratable Acidity (%)	pH	Treatments
14.47±0.06 <sup>a</sup>	3.02±0.02 <sup>a</sup>	3.27±0.05 <sup>a</sup>	Jujube vinegar
5.03±0.06 <sup>b</sup>	2.27±0.03 <sup>a</sup>	3.19±0.03 <sup>b</sup>	Grape vinegar
5.07±0.06 <sup>b</sup>	4.62±0.11 <sup>b</sup>	2.19±0.04 <sup>c</sup>	Apple vinegar
4.93±0.03 <sup>b</sup>	5.31±0.03 <sup>b</sup>	2.97±0.04 <sup>c</sup>	Industrial apple vinegar

<sup>a</sup>Means with the same letter are not significantly different from each other ( $P>0.05$ )



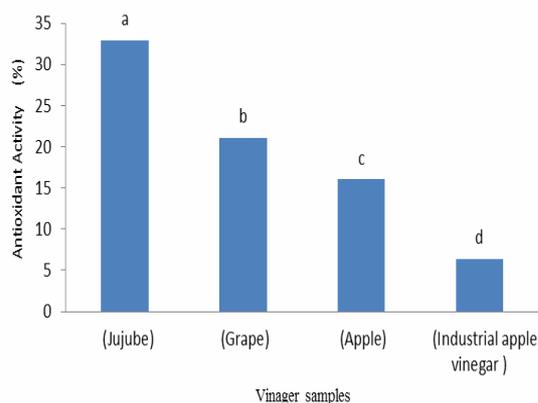
**Fig 1** Comparison of phenolic compounds of different *vinegar* samples

\*Means with the same letter are not significantly different from each other ( $P > 0.05$ )

### ۳-۵- اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی با

#### استفاده از روش DPPH

با توجه به مقایسه میانگین فعالیت آنتی‌اکسیدانی شکل ۲ مشخص گردید که نمونه سرکه عناب بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۳۲/۸۸٪) را به خود اختصاص داد که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ( $p \leq 0.05$ ). کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۶/۳۷٪) متعلق به نمونه سرکه سیب تجاری بود که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $p \leq 0.05$ ).



**Fig 2** Comparison of antioxidant activity (DPPH) of different *vinegar* samples

\*Means with the same letter are not significantly different from each other ( $P > 0.05$ ).

### ۳-۲- نتایج pH

میزان pH نمونه‌های مختلف سرکه در جدول ۱، نشان داده شده‌است. نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد بین نمونه‌های سرکه بدست آمده از منابع مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت ( $p < 0.05$ ). بیشترین pH مربوط به نمونه سرکه عناب به مقدار ۳/۲۷ و کمترین مقدار pH مربوط به سرکه سیب سنتی با مقدار ۲/۹۱ بود. بررسی بین سه نمونه سرکه سنتی و سرکه صنعتی نشان داد که مقدار pH سرکه‌های سنتی انگور و عناب کمتر از سرکه صنعتی بود و اختلاف معنی‌داری بین سرکه سیب سنتی و صنعتی وجود نداشت.

### ۳-۳- مواد جامد محلول

مقدار محاسبه شده مواد جامد محلول در جدول ۱ نشان داده شده است. با توجه به جدول ۱ مقایسه میانگین مواد جامد محلول نمونه‌ها مختلف و بررسی داده‌ها با آزمون LSD مشخص گردید که نمونه سرکه عناب بیشترین مقدار مواد جامد محلول (۱۴/۴۷) را به خود اختصاص داد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت ( $p \leq 0.05$ ). کمترین مواد جامد محلول (۴/۹۳) متعلق به سرکه سیب تجاری بود که با سرکه عناب اختلاف معنی‌داری نشان داد ولی با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نداشت ( $p \leq 0.05$ ).

### ۳-۴- محتوای ترکیبات فنلی کل

مقدار کل ترکیبات فنلی در شکل ۱ آورده شده‌است. مقدار کل ترکیبات فنلی در در محدوده ۵۰۴۲/۶۷ - ۱۴۳/۰۰ میلی‌گرم اسیدگالیک در یک لیتر سرکه بود. در بین نمونه‌های سرکه، نمونه سرکه عناب بیشترین ترکیبات فنلی کل (۵۰۴۲/۶۷ mg/100g) را به خود اختصاص داد که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ( $p \leq 0.05$ ). کمترین ترکیبات فنلی کل متعلق به نمونه سرکه سیب تجاری (۱۴۳/۰۰ mg/100g) بود که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $p \leq 0.05$ ). ترکیبات فنلی کل در بین نمونه‌های سرکه سنتی سیب و انگور نیز با سایر سرکه‌ها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت.

## ۳-۶- رنگ‌سنجی

با توجه به جدول ۲، میزان  $L^*$  که نماینده روشنایی در سیستم رنگی CIELab می‌باشد، در محدوده ۷۴/۳۰-۲۶/۱۱ گزارش شده‌است. هرچه میزان  $L^*$  بیشتر باشد، شدت رنگ کمتر است و بالعکس. در بین نمونه‌های سرکه، سرکه سیب تجاری با داشتن بیشترین میزان  $L^*$  (۲۶/۱۱) دارای کمترین شدت رنگ بود و با سایر نمونه‌ها اختلاف آماری معنی‌داری داشت ( $p \leq 0.05$ ). از سوی دیگر سرکه عناب با داشتن کمترین میزان  $L^*$  (۷۴/۳۰)، بیشترین میزان شدت رنگ را به خود اختصاص داد.

$a^*$  مؤلفه تغییرات رنگ از سبز تا قرمز می‌باشد و افزایش آن نشان دهنده تغییرات رنگ به سمت قرمز بیشتر می‌باشد. بیشترین میزان قرمزی (۲۷/۲۰) در سرکه عناب مشاهده شد و در مقایسه با سایر نمونه‌ها دارای اختلاف معنی‌داری بود. در واقع

هرچه میزان قرمزی نمونه بیشتر باشد شدت رنگ آن نیز بیشتر می‌شود. میزان قرمزی در سرکه‌های سیب سنتی و تجاری کم و اختلاف معنی‌داری با یکدیگر و سایر نمونه‌های سرکه داشتند. سرکه سیب تجاری نیز کمترین درصد قرمزی (۰/۲۰-) را به خود اختصاص داد (جدول ۲).

پارامتر  $b^*$  در سیستم رنگی CIELab مؤلفه رنگ با دامنه تغییرات آبی (مقادیر منفی) تا زرد (مقادیر مثبت) می‌باشد که بین -۱۲۰ تا +۱۲۰ متغیر هستند. بیشترین میزان زردی (۴۹/۶۰) نیز مربوط به سرکه عناب بود که دارای اختلاف معنی‌داری با سایر نمونه‌ها نشان داد. سرکه سیب تجاری کمترین درصد زردی (۳۲/۲۱) را به خود اختصاص داد که اختلاف معنی‌داری با سرکه سیب سنتی و انگور نداشت (جدول ۲). در شکل ۳ انواع سرکه‌های بررسی شده نشان داده شده است.

Table 2 Comparison of color indexes (L, a, b) in vinegar samples

L value	a value	b value	Vinegar
74.30±0.64 <sup>a</sup>	27.2±0.29 <sup>a</sup>	49.60±0.85 <sup>a</sup>	Jujube
52.78±0.63 <sup>b</sup>	17.94±0.3 <sup>b</sup>	34.03±0.73 <sup>b</sup>	Grape
30.26±0.43 <sup>c</sup>	1.29±0.16 <sup>c</sup>	33.80±0.84 <sup>b</sup>	apple
26.11±0.77 <sup>d</sup>	-5.20±0.16 <sup>d</sup>	32.21±0.57 <sup>b</sup>	Industrial apple vinegar

\*Means with the same letter are not significantly different from each other ( $P > 0.05$ )

گردید که نمونه سرکه عناب بیشترین امتیاز طعم (۴/۴۰) را به خود اختصاص داد که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری داشت ( $p \leq 0.05$ ). کمترین مجموع امتیاز ارزیابی حسی طعم (۱/۷) متعلق به نمونه سرکه سیب تجاری بود که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد. همچنین بررسی نتایج رنگ نشان داد بالاترین امتیاز رنگ مربوط به سرکه عناب و کمترین امتیاز رنگ مربوط به سرکه انگور بود. کمترین امتیاز آروما و پذیرش کلی در نمونه سرکه انگور بود که تفاوت معنی‌داری با سایر نمونه‌ها در سطح ۵ درصد داشت. بیشترین امتیاز پذیرش کلی و آروما نیز در نمونه سرکه عناب بود که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد ( $p \leq 0.05$ ).



Fig 3 Different vinegars: in order from right to left: jujube vinegar, traditional apple vinegar, commercial apple vinegar, traditional grape vinegar

## ۳-۷- ارزیابی حسی

با توجه به مقایسه میانگین ارزیابی حسی جدول ۳ مشخص

Table 3 Comparison of the taste, color, odor and overall acceptance of different vinegar

Overall acceptance	Aroma	Color	Tast	Vinager
4.50±0.17 <sup>a</sup>	4.20±0.13 <sup>a</sup>	4.70±0.15 <sup>a</sup>	4.40±0.16 <sup>a</sup>	Jujube
2.00±0.21 <sup>c</sup>	1.60±0.22 <sup>c</sup>	1.40±0.16 <sup>c</sup>	2.60±0.31 <sup>c</sup>	Grape
3.50±0.17 <sup>b</sup>	3.70±0.15 <sup>a</sup>	3.70±0.15 <sup>b</sup>	3.30±0.15 <sup>b</sup>	apple
2.30±0.21 <sup>c</sup>	2.67±0.17 <sup>b</sup>	3.30±0.15 <sup>b</sup>	1.70±0.15 <sup>c</sup>	Industrial apple vinegar

\*Means with the same letter are not significantly different from each other ( $P > 0.05$ )

## ۴- بحث

### ۴-۱- اسیدیت

اندازه‌گیری اسیدیت به عنوان شاخص میزان اسیداستیک در نمونه‌های سرکه می‌باشد. نتایج بررسی میزان اسیدیت نمونه‌های سرکه نشان داد که سرکه سیب تجاری بیشترین مقدار اسیدیت (۵/۳۱) را دارد که با سایر سرکه‌ها به جز سرکه سیب سستی اختلاف معنی‌داری نشان داد. سرکه عناب نیز کمترین مقدار اسیدیت (۳/۲۰) را به خود اختصاص داد که با سرکه انگور سستی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نداشت. اسیدیت بالا ناشی از تخمیر قندها توسط مخمر می‌باشد. در طول فرایند تخمیر، گلوکز و سایر کربوهیدرات‌ها تبدیل به دی‌اکسید کربن و الکل می‌شوند و سپس الکل در حضور اکسیژن هیدرولیز و تبدیل به اسیداستیک شده که باعث افزایش اسیدیت می‌شود. همچنین تولید مقدار بیشتر اتانول در مرحله تخمیری باعث افزایش اسیدیت می‌باشد بطوریکه سرکه‌های تقطیری صنعتی که از اتانول بدست می‌آیند مقدار بیشتری اسیدیت دارند [۱۴]. همچنین افزایش در میزان اسیدیت علاوه بر تجمع اسیداستیک، به علت تولید اسیدهای آلی دیگر نیز می‌باشد مانند اسید تارتاریک و اسید پروپیونیک که نقش موثری در طعم و آرومای سرکه دارند [۱۵].

### ۴-۲- pH

نتایج pH نمونه‌های مختلف سرکه در جدول ۱ نشان می‌دهد، نمونه سرکه سیب تجاری کمترین مقدار pH (۲/۹۱) را دارد که با دو سرکه عناب و سرکه انگور اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داده‌است. طبق مطالعه ویتلانی و پاتل (۲۰۱۰)، میزان pH سرکه عناب (۳/۱۴) بیشتر از سرکه بالزامیک بود. کاهش pH می‌تواند به دلیل افزایش اسیدهای آلی در طی فرایند تخمیر الکلی و استیکی باشد. چنان چه در حین فرایند تخمیر الکلی میزان بیشتری الکل تولید گردد، در مرحله تخمیر استیکی مقدار بیشتری اسیدهای آلی تولید شده و pH نهایی محصول نهایی سرکه بیشتر کاهش می‌یابد [۱۶].

### ۴-۳- مواد جامد محلول:

نتایج مقایسه میانگین مواد جامد محلول نمونه‌های مختلف سرکه مطابق جدول ۱ نشان می‌دهد، سرکه عناب دارای بیشترین مقدار

مواد جامد محلول (۱۴/۴۷) بوده و با سایر سرکه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان می‌دهد در صورتی که سایر سرکه‌ها با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. طی تحقیقی که در سال (۲۰۱۷)، توسط ادبایوایترو و همکاران بر روی دو نمونه سرکه انجام شد، میزان مواد جامد محلول را در سرکه حاصل از انبه حاوی شکر و سرکه حاصل از انبه فاقد شکر به ترتیب ۱۲/۱۴ و ۱/۰۸ گزارش نمودند. مواد جامد محلول بیشتر ناشی از تخمیر قندهای قابل تخمیر توسط مخمرها در مرحله تخمیر الکلی و در ادامه تخمیر استیکی می‌باشد [۱۵]. شاهی و همکاران (۱۳۹۹) نیز تاثیر غلظت مخمر ساکارومایسز سرویزیه و گلوکز را بر خواص فیزیکوشیمیایی سرکه عناب مورد بررسی قرار دادند. مطابق نتایج این تحقیق وجود مقدار بیشتر مخمر در شروع فرایند تخمیر الکلی باعث شدت فعالیت و تخریب بیشتر بافت‌های عناب جهت تجزیه و استفاده کربوهیدرات و خروج بیشتر ترکیبات می‌شود. همچنین در طی فرایند تخمیر الیگوساکاریدهای مختلف تولید می‌شود که برخی از اینها توسط مخمر مورد استفاده قرار نمی‌گیرند و در محصول نهایی باقی مانده و باعث مقدار افزایش مواد جامد محلول در سرکه نهایی می‌شوند [۱۷].

### ۴-۴- ترکیبات فنلی کل

سرکه طبیعی به دلیل وجود انواع مختلفی از پلی‌فنل‌ها و سایر ترکیبات زیست فعال دیگر دارای خواص دارویی از جمله ضد میکروبی، آنتی‌اکسیدانی، ضد دیابت، ضد فشارخون، کاهش چربی خون و هضم بهتر غذا می‌باشد. ترکیبات فنلی، ترکیبات زیست فعال مهم در سرکه‌ها هستند که از مواد خام اولیه در طی فرایند تولید می‌شوند. پلی‌فنل‌ها به دلیل وجود حلقه فنل آروماتیک و تثبیت الکترون‌های غیر پیوندی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند [۱۸]. تعیین مقدار فلاوونوئیدها و پلی‌فنل‌ها به دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی آنها بسیار مهم می‌باشد. نتایج شکل ۱ نشان می‌دهد مقدار ترکیبات فنلی در سرکه‌های سستی بیشتر از سرکه صنعتی بوده‌است و بیشترین مقدار ترکیبات فنلی (۵۰۴۲/۶۷ mg/100g) مربوط به سرکه عناب می‌باشد. مقدار ترکیبات فنلی تحت تاثیر نوع ماده اولیه و مدت زمان نگهداری سرکه می‌باشد. از این رو مقدار ترکیبات فنلی در سرکه‌های مختلف متفاوت می‌باشد. علاوه بر تجزیه ترکیبات

آنتی‌اکسیدانی سرکه‌ها وجود داشت. منشا مواد اولیه (نوع میوه)، شرایط فرآیند تخمیر و نوع مخمر مورد استفاده بیشترین تاثیر را بر روی میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی سرکه دارند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی سرکه به علت وجود ترکیبات فعل زیستی مانند کاروتنوئیدها و فیتواستروئول‌ها و همچنین ترکیبات فنولیک و ویتامین‌های C و E می‌باشد [۲۳]. از این رو انواع سرکه به دلیل اثرات سلامتی بخش شناخته شده، مورد استفاده قرار می‌گیرند. ساکاناکا و ایشیهارا (۲۰۰۸) فعالیت آنتی‌اکسیدانی چندین نوع سرکه محلی اندازه‌گیری کردند. طبق نتایج این تحقیق فعالیت آنتی‌اکسیدانی سرکه خرمالو، برنج حاوی سبوس، برنج فاقد سبوس و سیب به ترتیب ۸۴/۲، ۵۲/۱، ۱۳/۵ و ۱۱/۲٪ گزارش شد. با افزایش ترکیبات فنلی ماده اولیه، خاصیت آنتی‌اکسیدانی سرکه نیز افزایش می‌یابد [۸]. ویتلانی و پاتل در سال ۲۰۱۰ تولید سرکه فراسودند از عناب و بررسی خصوصیات آنتی‌اکسیدانی آن را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد که فعالیت آنتی‌اکسیدانی سرکه عناب (۷۶/۴۹٪) بیشتر از آب عناب بوده و به دلیل مقدار زیاد ترکیبات آنتی‌اکسیدان و خاصیت آنتی‌اکسیدانی به عنوان یک محصول فراسودمند می‌باشد [۱۶].

#### ۴-۶- رنگ سنجی

رنگ به همراه طعم و بافت نقش مهمی در مقبولیت غذا ایفا می‌کند و اولین و مهمترین عامل در رد یا پذیرش مواد غذایی توسط مصرف کننده می‌باشد (۲۴). مطابق جدول ۲ بیشترین مولفه‌های رنگی L، a و b مربوط به سرکه عناب با بیشترین میزان ترکیبات فنلی بود. رنگ سرکه تحت تاثیر میزان ترکیبات فنلی و درجه اسیدی آن می‌باشد که مطابق نتایج بدست آمده از این تحقیق می‌باشد [۱۵].

تخمیر فرآیند اساسی در تولید سرکه از میوه‌ها است که طی آن بیشتر اسیدهای آلی از طریق واکنش‌های شیمیایی و فعالیت میکروبی تولید می‌شوند که نقش مهمی در خواص ارگانولپتیکی سرکه میوه دارند. اگرچه اسیداستیک جز موثر و فعال سرکه است، ولی وجود آب همراه مواد معطر، اسیدهای آلی موجود در میوه، استرها و نمک‌های معدنی نیز در مطبوع کردن کیفیت سرکه نقش موثری دارند. در کشورهای اروپایی، کیفیت سرکه از طریق

فنلی در حین فرآیند تولید سرکه، واکنش قهوه‌ای شدن نیز باعث ایجاد ترکیبات جدید ملانوئیدی می‌شود که بر مقدار ترکیبات فنلی کل تاثیر دارد. همچنین سرعت تجزیه ترکیبات فنلی پلیمری کمتر از ترکیبات فنلی مونومر می‌باشد و با کاهش pH نیز مقدار بیشتری از ترکیبات فنلی تجزیه می‌شود [۱۹]. در این تحقیق نیز سرکه عناب با بیشترین شدت رنگ و کمترین مقدار pH بیشترین میزان ترکیبات فنلی را نشان داده‌است که با نتایج تحقیق بالا مطابقت دارد.

طبق تحقیق ویتلانی و پاتل در سال ۲۰۱۰، میزان کاهش ترکیبات فنلی در سرکه عناب نسبت به آب‌میوه کمتر از سرکه سیب نسبت به آب‌میوه سبب بوده‌است (۱۶). لئوناردیس و همکاران (۲۰۱۸)، میزان ترکیبات فنلی سرکه حاصل از ضایعات روغن‌گیری زیتون با سرکه‌های تجاری سیب، بالزامیک و شراب مورد بررسی قراردادند و به این نتیجه رسیدند که، میزان ترکیبات فنلی حاصل از ضایعات روغن‌گیری زیتون (۳۶۰۰ mg/100g) بیشتر از سایر سرکه‌ها بوده که با سایر نمونه‌ها اختلاف معنی‌داری نشان داد که این به دلیل وجود مقادیر زیاد ترکیبات فنلی کل در ضایعات زیتون گزارش گردید. ساکاناکا و ایشیهارا (۲۰۰۸) نیز طی تحقیقی مقدار ترکیبات فنلی سرکه برنج سبوس‌دار را بیشتر از سرکه برنج فاقد سبوس گزارش کردند که علت این اختلاف را وجود مقدار زیاد ترکیبات فنلی در سبوس برنج بیان کردند که نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج فوق مطابقت دارد [۸].

کاهش مقدار ترکیبات فنلی از جمله هیدروکسی‌سینامیک اسید، هیدروکسی بنزوئیک اسید و مشتقات آنها در سرکه سیب و انگور سفید نیز بعد از یک سال نگهداری در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد گزارش شده‌است (۲۰). در تحقیقی دیگر نیز در سرکه مالت پلی‌فنل کاتچین وجود نداشته در صورتی که مقدار کاتچین در سرکه سیب ۸/۲۹ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم گزارش شده‌است [۲۱].

#### ۴-۵- فعالیت آنتی‌اکسیدانی DPPH

آنتی‌اکسیدان‌ها جهت کنترل اکسیداسیون و کنترل فساد مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند، [۲۲]. نتایج شکل ۲ نشان می‌دهد سرکه عناب بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی را نشان داده‌است و رابطه مستقیمی بین میزان ترکیبات فنلی و فعالیت

طعم سیب به سرکه سیب تجاری گزارش شده است. قابلیت پذیرش کلی نیز در سرکه سیب تجاری، سرکه پیاز سنتی و سرکه پیاز تجاری به ترتیب ۴/۰۷، ۳/۶۷ و ۳/۴۷ گزارش شده است. مطابق نتایج این تحقیق اسید لاکتیک باعث تاثیر منفی در ارزیابی حسی نمونه‌ها شده و نمونه‌های فاقد اسید لاکتیک پذیرش بهتری در بین مصرف کننده نشان داده‌اند [۲۸].

## ۵- نتیجه گیری

سرکه علاوه بر ترکیب اصلی اسید استیک، حاوی اسیدهای مختلف آلی، استرها، کتون‌ها و آلدئیدها می‌باشد که باعث ایجاد ویژگی‌های فیزیکیوشیمیایی و ارگانولپتیکی در انواع سرکه می‌شود. سرکه‌ها بر اساس این که از چه ماده اولیه ای تهیه شوند قدرت و اثرات متفاوتی نیز دارند. بر اساس نتایج بدست آمده از این تحقیق بالاترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سرکه عناب و کمترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در سرکه سیب تجاری مشاهده گردید. کمترین و بیشترین ترکیبات فنلی نیز مربوط به این دو سرکه بود. از نظر رنگ و ویژگی‌های حسی نیز سرکه‌بیشترین و کمترین امتیاز مربوط به سرکه عناب و سرکه سیب تجاری نشان داد. در بین نمونه‌های مختلف سرکه، سرکه عناب از نظر خواص فیزیکیوشیمیایی دارای امتیاز بالاتری بوده و دارای ارزش تغذیه‌ای بیشتری می‌باشد. تنوع سرکه‌ها کاربرد های گسترده ای در مواد غذایی ایجاد می‌کند. با توجه به اینکه امروزه مصرف ترکیبات طبیعی ضد اکسایشی به علت اثرات مفید و سلامتی بخش آنها در درمان و پیشگیری از بیماری‌ها رو به افزایش است، سرکه طبیعی می‌تواند به عنوان یک محصول دارای ترکیبات ضد اکسایشی مورد استفاده قرار گیرد. سرکه عناب نیز با توجه به خواص دارویی منحصر به فرد میوه عناب می‌تواند جایگاه ویژه‌ای جهت درمان بیماری‌های مختلف با کمترین عوارض ناشی از مصرف سایر سرکه‌ها را داشته باشد.

## ۶- سپاسگزاری

این مقاله منتج از طرح تحقیقاتی تولید سرکه عناب اجرا شده در مجتمع تحقیقات گیاهان دارویی جهاد دانشگاهی خراسان جنوبی

ارزیابی حسی برای حفظ استاندارد سرکه مورد بررسی قرار می‌گیرد [۲۵].

## ۴-۷- ارزیابی حسی

مطابق جدول ۳ سرکه عناب بیشترین امتیاز رنگ، طعم، آروما و پذیرش کلی را به خود اختصاص داد و با سایر سرکه‌ها اختلاف معنی داری در سطح ۵ درصد نشان داد. کمترین امتیاز طعم مربوط به سرکه سیب تجاری و کمترین امتیاز رنگ، طعم و آروما مربوط به سرکه انگور بود. سرکه‌های بدست آمده از منابع مختلف دارای ترکیبات شیمیایی و ویژگی‌های کیفی متفاوتی می‌باشند. استفاده از ماده اولیه مختلف، نوع گونه مخمر و شرایط فرایند تخمیر مورد استفاده، باعث تولید سرکه با مزه و طعم منحصر به فردی می‌گردد. اسیداستیک ترکیب اصلی فرار موجود در سرکه بوده که باعث ایجاد طعم و آرومای قوی در سرکه می‌شود. سایر ترکیبات فرار موجود در سرکه‌ها عمدتاً الکل‌ها، اسیدها، استرها، آلدئیدها و کتون‌ها و سایر ترکیبات حاصل از تخمیر نیز نقش مهمی در ایجاد خصوصیات ارگانولپتیکی دارند. شرایط فرایند تخمیر نیز بر خصوصیات نهایی سرکه تاثیر گذار است این تنوع در ترکیبات باعث کاربرد وسیع در صنایع مختلف غذایی می‌شود [۲۶].

آروما سرکه نیز تحت تاثیر عواملی شامل نوع ماه اولیه جهت تخمیر، نوع چوب مورد استفاده در ظرف، نوع فرایند تخمیر و حرارت دهی ماده اولیه می‌باشد. نتایج تحقیقات یوبدا و همکاران (۲۰۱۶) بر روی پروفایل ترکیبات فرار سرکه توت فرنگی نشان داد، حرارت دهی اولیه توت فرنگی جهت تولید سرکه باعث کاهش ترکیبات فرار در سرکه نهایی می‌شود و سرکه توت فرنگی تولید شده از مواد خام دارای مقدار بیشتری از ترکیبات فرار بوده و دارای آرومای بهتر می‌باشد. همچنین سرکه تولید شده در ظروف شیشه‌ای دارای آرومای کمتری نسبت به سرکه تولید شده در ظروف چوبی داشته‌است [۲۷].

لی و همکاران (۲۰۱۷) خصوصیات ارگانولپتیکی شامل طعم، رنگ، آروما و پذیرش کلی در نمونه‌های سرکه پیاز، سرکه پیاز تجاری و سرکه سیب تجاری مورد بررسی قرار دادند. سرکه پیاز دارای بیشترین امتیاز رنگ (۴/۲) و مزه (۳/۸) نسبت به سایر سرکه‌ها نشان داد. بیشترین امتیاز طعم (۴/۲) و آروما (۱/۶) نیز مربوط به سرکه سیب تجاری بود که این به دلیل اضافه کردن

- [9] AOAC, (1990). Official methods of analysis, 15th ed. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist, 930.35j.
- [10] Singleton VL, Rossi JA. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16: 144-158.
- [11] Williams W B, Cuvelier M E, Berset C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT*, 28: 25-30.
- [12] Yama K L, Spyridon E, Apadakib O. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing Color of food surfaces. *J. Food Eng*, 61:137-142.
- [13] Saithong P, Nitipan S, Permpool J. 2019. Optimization of Vinegar Production from Nipa (*Nypa fruticans* Wurmb.) Sap Using Surface Culture Fermentation Process. *Appl. Food Biotechnol*, 6: 193-200.
- [14] Solieri L, Giudici P. 2008. Yeasts associated to traditional balsamic vinegar: ecological and tech-nological features. *Int. J. Food Microbiol*, 125: 36-4515.
- [15] Adebayo-Oyetero A O, Adenubi E, Ogundipe O O, Bankole B O, Adeyeye S A O. 2017. Production and quality evaluation of vinegar from mango. *Cogent Food Agric*, 3: 127-138.
- [16] Vitlhani V A, Patel H V. 2010. Production of Functional Vinegar from Indian Jujube (*Zizyphus mauritiana*) and its Antioxidant Properties. *J. Food Technol*, 8: 143-149.
- [17] Shahi T, Jafari S M, Mohammadi M, Pouyan M, Ebrahimi M, Hoseini S. 2020. Evaluation of jujube vinegar production and the role of *Saccharomyces cerevisiae* and glucose on its physicochemical and antioxidant properties. *Food Sci. Technol*, 17: 107-117. [In Persian].
- [18] Qiu J, Ren C, Fan J, Li Z. 2010. Antioxidant activities of aged oat vinegar *in vitro* and in mouse serum and liver. *Food Sci. Technol*, 90: 1951-1958.
- [19] Davies C V, Gerard L M, Ferreyra M M, Schvab M C, Solda C A. 2017. Bioactive compounds and antioxidant activity analysis during orange vinegar production. *Food Sci. Technol*, 37: 449-455.
- [20] Llabé Pino M A. 2008. Tratamientos post fermentativos del vinagre: conservación en botella, envejecimiento acelerado y eliminación

می‌باشد. بدین وسیله نویسندگان مراتب قدردانی خود را از جناب آقای دکتر مهدی خیاط، مدیر عامل شرکت زرین برگ خاوران به دلیل تامین بودجه طرح و از جناب آقای مهندس صادقی، ریاست جهاد دانشگاهی بیرجند و معاونت پژوهشی جهاد دانشگاهی بیرجند، سرکارخانم محمودی جهت همکاری در اجرای این طرح اعلام می‌دارند.

## ۷- منابع

- [1] Ory I, Romero LE, Cantero D. 2002. Optimum starting up protocol of a pilot plant scale acetifier for vinegar production. *J. Food Eng*, 52: 31-37.
- [2] Solieri L, Giudici P. *Vinegars of the World*. 2009. Milan. Springer-Verlag. 17-39.
- [3] Garcia-Parilla MC, Gonzalez GA, Heredia FJ, Troncoso AM. 1997. Differentiation of wine vinegars based on phenolic composition. *J Agric Food Chem*, 45: 3487-92.
- [4] Kim DY, Kim ST, Kim H, Lee IS, Lee S. 2013. Monitoring of Mixed Culture of *Saccharomyces cerevisiae* and *Acetobacter aceti* Using Gravitation Field-flow Fractionation and Gas Chromatography. *Bull. Korean Chem. Soc*, 34: 3877-3881.
- [5] Nishino H, Murakoshi M, Mou XY, Wada S, Masuda M, Ohsaka Y, al et. 2005. Cancer prevention by phytochemicals. *Oncology*, 69: 38-40.
- [6] Shimizu N and Shima A. 2001. The medaka rs-3 locus required for scale development encode sectodysplasin-A receptor. *Current Biology*, 11: 1202-1206.
- [7] Ozturk I, Caliskan O, Tornuk F, Ozcan N, Yalcin H, Baslar M, Sagdic O. 2015. Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT - Food Sci. Technol*, 63: 144-151.
- [8] Sakanaka S, Ishihara Y. 2008. Comparison of antioxidant properties of persimmon vinegar and some other commercial vinegars in radical-scavenging assays and on lipid oxidation in tuna homogenates. *Food Chem*, 107: 739-744.

- techniques for food quality evaluation. *Trends Food Sci. Technol*, 15: 230-249
- [25] Tesfaye W, Morales, M L, Garcia-Parrilla M C, Troncoso A M. 2002. Wine vinegar: technology, authenticity and quality evaluation. *Trends Food Sci Technol*, 13: 12-21.
- [26] Ho C W , Lazim A M, Fazry S, Zaki U K ,Lim S J. 2016. Varieties, production, composition and health benefits of vinegars: A review. *Food Chem*, 15: 1621-1630.
- [27] Ubeda C, Callejón R M, Troncoso A M, Moreno-Rojas J M, Peña F, Morales M L. A . 2016. comparative study on aromatic profiles of strawberry vinegars obtained using different conditions in the production process. *Food Chem*, 192: 1051–1059.
- [28] Lee S, Lee J L, Park G G, Jang J K, Park Y S. 2017. Semi-Continuous Fermentation of Onion Vinegar and Its Functional Properties. *Molecules*, 22: 1313-1329.
- del plomo: Universidad Rovira i Virgili, Tarragona, PhD; Facultad de Enología Departamento de Bioquímica y Biotecnología.
- [21] Natera R, Castro R, Valme-Garcia-Moreno M D, Hernandez M J, Garcia-Barroso C. 2003. Chemometric studies of vinegars from different raw materials and processes of production. *J. Agric. Food Chem*, 51:3345–335.
- [22] Finley J W, Kong A N, Hintze K J, Jeffery E H, Ji L L, Lei X G. 2011. Antioxidants in foods: state of the science important to the food industry. *J. Agric. Food Chem*, 59: 6837–6846.
- [23] Charoenkiatkul S, Thiyajai P, Judprasong K. 2016. Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus murr.*). *Food Chem*, 193: 181–186.
- [24] Du C J, Sun D. 2004. Recent developments in the applications of image processing



## Comparison of physicochemical and antioxidant activities of traditional jujube, apple and grape vinegar with industrial apple cider vinegar

Shahi, T. <sup>1\*</sup>, Jafari, S. M. <sup>2</sup>, Pouyan, M. <sup>3</sup>, Ebrahimi, M. <sup>4</sup>, Hoseini, S. <sup>5</sup>, Ragh Ara, H. <sup>6</sup>

1. PhD student of Food Science and Technology, Member of Optimizing the Production and Processing of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran.

2. PhD, Prof, Food Material and Process Design Engineering, Gorgan, Iran.

3. Head of Medicinal Plants Research Complex, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran.

4. Assistant Professor of Research Group for Optimizing the Production and Processing of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran.

5. Member of Optimizing the Production and Processing of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran.

6. Member of Optimizing the Production and Processing of Medicinal Plants, Academic Center for Education, Culture and Research, Southern Khorasan Province, Birjand, Iran.

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

#### Article History:

Received 2021/ 06/ 15

Accepted 2021/ 10/ 06

#### Keywords:

Antioxidant properties,  
Fermentation,  
Phenolic compounds,  
Vinegar.

**DOI:** 10.52547/fsct.18.121.14

**DOR:** 20.1001.1.20088787.1400.18.121.14.8

\*Corresponding Author E-Mail:  
t\_shahi2009@yahoo.com

vinegar is a functional and widely used seasoning around the world that is made from various raw materials. Since there are many reports confirming the antioxidant power of vinegar and its use as a fat burner and weight-loss ingredient, so it is necessary to study the composition and characteristics of different types of vinegars. Jujube vinegar was prepared using different treatments and the best product was selected. Traditional grape and apple vinegars and industrial apple vinegar were also purchased from the local market. physical and chemical tests including acidity, pH, calorimetric, antioxidant capacity, phenolic compounds, sensory and color evaluation were performed on vinegar samples. Based on the results, the minimum and maximum values for pH, acidity, and Brix tests were 2.91 to 3.27, 3.20 to 5.31, and 4.93 to 14.47, respectively. The highest amount of phenolic compounds (5042.67) and antioxidant activity (32.88%) was observed in jujube vinegar. The lowest color components of L, a, and b were 26.11, -5.20, and 32.21 in industrial apple vinegar, respectively. The highest and lowest scores of Average Comparison for taste, color, odor, and general acceptance were observed in jujube vinegar and commercial apple vinegar. The type of raw material and the conditions of the fermentation process have the greatest impact on the quality of the final vinegar the correlation between the color of the traditional vinegar samples and antioxidant properties indicates the presence of more phenolic compounds, which in the case of commercial apple vinegar indicates the presence of caramel in vinegar.