



مجله علوم و صنایع غذایی ایران

سایت مجله: www.fsct.modares.ac.ir

مقاله علمی-پژوهشی

تأثیر تیمارهای نگهداری زیتون بر شاخص‌های کیفی و اکسیداتیو روغن زیتون

آذین نصرالله‌زاده^{۱*}، ماندانا طایفه^۱

۱-استادیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

اطلاعات مقاله

چکیده

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۵/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۰۲

کلمات کلیدی:

روغن زیتون،
سرکه،
فعالیت آنتی اکسیدانی،
نمک.

DOI: 10.48311/fsct.2026.84071.0

* مسئول مکاتبات:

azinnasr@iau.ac.ir

نگهداری زیتون در آب نمک و سرکه با هدف بهبود طعم و افزایش ماندگاری یکی از مرسوم‌ترین روش‌ها می‌باشد، اما این مواد افزودنی می‌توانند بر کیفیت روغن زیتون تأثیرگذار باشند. در این پژوهش، تأثیر نمک (۱۰٪ و ۲۰٪) و سرکه (۳٪ و ۵٪) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی روغن زیتون در دوره‌های نگهداری (روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰) بررسی شد. شاخص‌هایی مانند pH، اسیدیته، پراکسید، آنیزیدین، توتوکس، ترکیبات فنلی کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی اندازه‌گیری گردید. نتایج نشان داد که pH در طول زمان کاهش یافت؛ کمترین مقدار pH (۴/۸) در تیمار با ۲۰٪ نمک و ۵٪ سرکه در روز ۹۰ و بیشترین مقدار (۸/۱) در تیمار با ۱۰٪ نمک و ۳٪ سرکه در روز نخست مشاهده شد. مقدار پراکسید روغن در روز اول در تیمار با کمترین غلظت نمک و سرکه برابر با ۲/۷ meq/kg بود و در پایان ماه دوم در تیمار با بالاترین غلظت‌ها به ۲۸/۳ meq/kg رسید. شاخص‌های آنیزیدین و توتوکس نیز با افزایش غلظت نمک و سرکه و گذر زمان به ویژه در ماه اول افزایش یافتند. افزایش غلظت نمک موجب افزایش ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد، در حالی که افزایش سرکه و مدت نگهداری باعث کاهش آن‌ها گردید. بیشترین ترکیبات فنلی (۳۴۸۰ mg/kg) در تیمار با ۲۰٪ نمک و ۳٪ سرکه در روز نخست و کمترین مقدار (۲۷۳۱ mg/kg) در تیمار با ۱۰٪ نمک و ۵٪ سرکه در روز ۹۰ ثبت شد. فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز از ۴۴٪ در تیمار با نمک بالا و سرکه پایین در روز اول به ۱۹٪ در تیمار با نمک پایین و سرکه بالا در روز ۹۰ کاهش یافت. بنابراین به‌طور کلی برای حفظ پایداری اکسیداتیو روغن زیتون، استفاده از نمک با غلظت بالا (۲۰٪) و سرکه با غلظت پایین (۳٪) توصیه می‌شود.

۱-مقدمه

زیتون با نام علمی *olea europaea* متعلق به خانواده *Oleaceae* می‌باشد. ایران یکی از کهن‌ترین مناطق کشت زیتون در دنیاست و ورود این دانه روغنی به ایران به ۹۰۰ سال پیش در استان‌های گیلان، قزوین و زنجان برمی‌گردد اما در حال حاضر علاوه بر استان‌های مذکور، در استان‌های گلستان و فارس نیز کشت می‌شود [۱]. مطالعات شواخی و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده زیتون ارتفاعات استان‌های شمالی کشور مانند زنجان، بالاترین درصد اسید اولئیک و کمترین میزان اسیدهای چرب اشباع را به خود اختصاص می‌دهد [۲]. به‌طور کلی مقایسه زیتون‌های داخلی و خارجی نشان داده زیتون‌های ایرانی دارای مقدار اسید لینولئیک بالاتر و در مقابل زیتون‌های خارجی مقدار اسید اولئیک بیشتری دارند که این تفاوت منجر شده زیتون‌های خارجی از پایداری اکسایشی بالاتری نسبت به نمونه ایرانی برخوردار باشند اما به دلیل بیشتر بودن اسیدلینولئیک زیتون‌های داخلی (که در گروه اسیدهای چرب ضروری هستند) ارزش تغذیه‌ای زیتون ایرانی در رتبه بالاتری قرار می‌گیرد بنابراین کنترل پیشرفت اکسیداسیون روغن در زیتون‌های ایرانی نیاز به اجرای شرایط نگهداری دقیق‌تری دارد [۳].

مهم‌ترین ترکیبات فنولی زیتون که در مقاومت به فساد اکسیداتیو نقش دارند، اولئوروپین، الکل و اسیدهای فنلی، فلاونونوئیدها، هیدروکسی تیروزول و تیروزول می‌باشند که با افزایش درجه رسیدگی میوه از مقدار برخی از آنها به ویژه اولئوروپین کاسته خواهد شد. اما علاوه بر درجه رسیدگی، نحوه استخراج، فرایندهای تصفیه، زمان و روش نگهداری، چگونگی انبارمانی و نحوه عمل‌آوری نیز در غلظت پلی-فنل‌های آن مؤثر هستند [۴ و ۵]. در پایداری اکسایشی زیتون، تأثیر ترکیب اسیدهای چرب ۲۴ درصد تخمین زده شده که بسیار کمتر از تأثیر ۵۱ درصدی ترکیبات پلی‌فنولی موجود در آن است. در نتیجه حتی روغن‌های حاوی ترکیب

اسیدهای چرب یکسان می‌توانند پایداری اکسایشی متفاوتی داشته باشند [۶].

در طول ۲۰ سال گذشته مصرف روغن زیتون در ایران بیش از ۳ برابر افزایش یافته و در حال حاضر به ۱۵۰ گرم رسیده است با این حال آمارها فاصله زیادی را با محدوده مصرف مطلوب نشان می‌دهند اما از طرف دیگر متوسط مصرف کنسرو زیتون در ایران برابر ۴۵۰ گرم می‌باشد که از متوسط جهانی (۲۴۵ گرم) خیلی بیشتر است. این آمار نشان می‌دهد ایرانی‌ها به مصرف زیتون در مقایسه با روغن زیتون تمایل بیشتری دارند. بنابراین با آگاهی از این سلیقه، می‌توان از طریق روش‌های نگهداری صحیح زیتون، به‌طور غیرمستقیم روغن زیتون با کیفیت را، به سفره غذایی مردم وارد کرد [۷].

در حین نگهداری زیتون، تخمیر توسط فلور طبیعی آن در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. این تخمیر در شرایطی انجام می‌شود که غلظت آب نمک در حدود ۱۰ تا ۱۵٪ بوده که منجر به کاهش تلخی زیتون نیز خواهد شد. همچنین به منظور حفظ تردی و سفتی زیتون بهتر است بعد از فرآوری ۳ تا ۶٪ سرکه به محلول آب نمک اضافه شود [۸]. لازم به ذکر است که تغییرات خواص فیزیکوشیمیایی و خواص آنتی‌اکسیدانی زیتون نگهداری شده در سرکه و آب نمک در طی انبارداری در دمای ۴ درجه سلسیوس برای نخستین بار مطالعه و گزارش می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- انتخاب مواد اولیه

در اوایل مهرماه زیتون (رقم زرد) سالم و بدون لک، در هنگامی که به رنگ سبز تیره درآمد به صورت دستی از ۲۰ اصله درخت برداشت شد. پس از جداسازی میوه‌های آسیب‌دیده، زیتون‌ها به مدت ۱۰ ساعت در محلول هیدروکسید سدیم ۲٪ قرار گرفتند تا محلول به عمق دو

حل شد سپس یدورپتاسیم به آن اضافه گردید. در انتها ید آزادشده به وسیله پراکسیدها، به روش یدومتری در حضور معرف نشاسته و محلول تیوسولفات سدیم اندازه‌گیری شد.

۵-۲- آزمون اندازه‌گیری عدد آنیزیدین و توتوکس

این آزمون بر اساس استاندارد ملی ایران (شماره ۴۰۹۳) صورت گرفت و مقدار جذب در طول موج ۳۵۰ نانومتر در دستگاه طیف‌سنج مدل Lambda اندازه‌گیری شد. در انتها اندازه‌گیری شاخص توتوکس نیز (از مجموع دو برابر میزان عدد پراکسید و اندیس آنیزیدین) بر روی روغن استخراجی از نمونه‌ها صورت گرفت [۹-۱۱].

کلیه آزمون‌های فوق با حدود تعیین شده برای روغن زیتون فرابکر (استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۴۶) مقایسه شد [۱۲].

۲-۶- سنجش ترکیبات فنلی روغن زیتون

۵ گرم نمونه به مدت ۴۸ ساعت در ۸۰ میلی‌لیتر متانول ۸۰ درصد قرار داده شد. سپس با کاغذ صافی فیلتر شد و با افزودن متانول ۸۰ درصد حجم به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. یک میلی‌لیتر از نمونه به بالن ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد و ۷۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی‌لیتر معرف فولین (۱۰ درصد) به آن اضافه گردید و به مدت ۸ دقیقه هم‌زده شد. سپس ۱۵ میلی‌لیتر محلول کربنات سدیم (۲۰ درصد) افزوده و با آب به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد و به مدت دو ساعت در تاریکی نگهداری شد. در پایان جذب نمونه با اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر قرائت و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت فنل موجود در نمونه محاسبه شد [۱۳].

۲-۷- تعیین درصد مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد

توانایی مهار رادیکال‌های آزاد براساس قدرت آنها در مهار رادیکال‌های آزاد ۲-۲ دی فنیل-۱ پیکریل هیدرازیل (DPPH) اندازه‌گیری شد [۱۴]. برای این منظور محلول متانولی DPPH با غلظت ۱۲۵ میلی‌مولار ساخته شده و مقدار ۵ میکرولیتر از نمونه‌ها به داخل لوله‌های فالكون

سوم گوشت میوه‌ها نفوذ کند. سپس میوه‌ها به مدت یک تا دو روز شستشو شدند تا بقایای هیدروکسید سدیم به‌طور کامل از میوه خارج شود [۸]. زیتون‌ها در مخازن نگهداری آب نمک (با دو غلظت ۱۰ و ۲۰٪ نمک) قرار گرفتند. سپس به هریک از مخازن زیتون حاوی آب نمک به جهت تعدیل طعم و افزایش ماندگاری، سرکه (با دو غلظت ۳ و ۵٪) نیز افزوده شد. از زیتون موجود در مخازن در طول نگهداری و دمای تقریبی ۲۵°C در چهار نوبت (روز نخست، ۳۰، ۶۰ و ۹۰) روغن استخراج شد و آزمایشات مربوطه بر روی روغن استخراجی در آزمایشگاه سامان پایش سلامت استان گیلان (ویرومد) صورت گرفت.

۲-۲- آماده‌سازی و آزمون‌ها

روغن‌کشی از زیتون‌ها با استفاده از دستگاه نیمه‌صنعتی روغن‌کشی انجام شد، بدین ترتیب که ابتدا میوه‌های زیتون شسته، برگ‌گیری شدند. سپس، وارد خردکن دستگاه شده و چرخ شدند و محصول چرخ‌شده وارد قسمت مالاکسوردستگاه (خمیرکن) شد تا به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد ورز داده شود. سپس خمیر زیتون وارد سانتریفوژ (۶۰۰۰ الی ۸۰۰۰ دور بر دقیقه) شده و روغن استحصال شده توسط صافی دستگاه شفاف شد. روغن‌های زیتون به‌دست آمده در ظروف شیشه‌ای تیره بسته‌بندی (۳ نمونه یک لیتری) به دور از نور نگهداری شدند تا مورد آزمون و بررسی قرارگیرند.

آزمون‌های شیمیایی

۳-۲- آزمون اندازه‌گیری اسیدیته

این آزمون براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۱۴۷۸) صورت گرفت و در این اندازه‌گیری عدد اسیدیته بر اساس مقدار هیدروکسید سدیم مصرف شده برای خنثی کردن اسیدهای چرب آزاد موجود در نمونه محاسبه شد.

۲-۴- آزمون اندازه‌گیری شاخص پراکسید

این آزمون براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۱۴۷۹) صورت گرفت. نمونه در محلول ایزواکتان و اسیدگالسیال

ریخته شد. مقدار ۵ میلی لیتر آب مقطر به آن‌ها افزوده و ۱۰ ثانیه ورتکس گردید. سپس ۱۰۰ میکرولیتر از نمونه رقیق شده با ۳/۹ میلی لیتر از محلول DPPH مخلوط گردید و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط و جای تاریک قرار داده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از اسپکتروفوتومتر قرائت گردید. در نهایت درصد مهارکنندگی رادیکال آزاد نمونه‌ها با فرمول زیر محاسبه شد:

$$\text{جذب نمونه} - \frac{\text{جذب کنترل}}{\text{جذب کنترل}} \times 100 = \text{درصد مهار رادیکال آزاد}$$

۸-۲- تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($P < 0.05$) برای صفات مورد بررسی با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel 2013 رسم شدند.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج اندازه‌گیری عدد اسیدیته

مطالعه نتایج به‌دست آمده نشان داد افزودن نمک و سرکه و همچنین مدت زمان نگهداری در میزان اسیدیته روغن اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد می‌کند. به‌طوری‌که میانگین‌ها نشان داد کمترین اسیدیته در تیمار حاوی کمترین غلظت نمک و سرکه در روز نخست به‌دست آمد و با افزایش غلظت نمک و سرکه در پایان ۹۰ روز اسیدیته نیز افزایش یافت (به ترتیب ۱/۴۴ و ۲/۴۷ درصد بر حسب اسید اولئیک) (شکل ۱). بنابراین اسیدیته روغن‌ها با غلظت نمک و سرکه موجود در مخازن نگهداری زیتون، رابطه مستقیم داشت. حد مجاز اسیدیته برای روغن زیتون فرابکر کمتر از ۰/۸ و برای روغن‌های بکر و تصفیه‌شده به ترتیب نباید از ۲ و ۳ کمتر باشد [۱۲]. با توجه به شکل (۱) اسیدیته تیمار حاوی ۲۰٪ نمک و ۵٪ سرکه از روز نخست در مرز حد بیشینه اسیدیته بوده و در روزهای بعدی از حد مجاز روغن

بکر فراتر رفت اما در سه تیمار دیگر تا پایان روز ۹۰ حد مجاز اسیدیته حفظ گردید. مطالعات نشان داده فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز در طی دوره نگهداری تا هفته ۱۵ پس از چیدن رو به افزایش است که می‌تواند منجر به هیدرولیز تری‌گلیسیریدها در طول ماه‌های نگهداری شود. این آنزیم از دسته اکسیدوردوکتنازهاست که سه اسیدچرب ضروری یعنی اسید لینولئیک، اسید لینولنیک و اسید آراشیدونیک سوبستراهای خاص این آنزیم هستند. داده‌های حاصل از مطالعات نشان داده با بالا رفتن غلظت نمک فعالیت این آنزیم افزایش یافته و با آزاد کردن اسیدهای چربی مانند اسید لینولئیک اسید منجر به افزایش اسیدیته روغن می‌شوند [۱۵]. از آنجایی‌که pH بهینه فعالیت لیپوکسیژنازها در حدود ۵/۵ می‌باشد بنابراین افزودن سرکه با کاهش pH در تانکرهای نگهداری زیتون، محیط را برای فعالیت آنزیم لیپوکسیژناز و افزایش اسیدیته تسهیل خواهد کرد [۱۶]. همچنین تری‌گلیسیریدها در داخل میوه زیتون در برابر اکسیژن موجود در جو، توسط پوست میوه محافظت می‌شوند اما اگر پوست میوه در حین نگهداری در تانکرهای زیتون شکسته شود و یا شرایط نگهداری، امکان نفوذ اکسیژن به میوه را بیشتر کند، با تجزیه تری‌گلیسیریدها، اسیدیته بالا می‌رود [۱۷]. علاوه بر این زمانی‌که زیتون به واسطه عمل مکانیکی صدمه می‌بیند لیپازی که در برخی واکوئل سلول‌های گوشت یا هسته زیتون وجود دارد با روغن تماس پیدا کرده و منجر به واکنش‌های لیپولیز می‌شوند. همچنین آنزیم‌های استرازی نیز در حین نمک سود کردن زیتون افزایش می‌یابند بنابراین با افزایش غلظت نمک مقدار فعالیت استرازاها بیشتر می‌شود [۱۸]. لیپاز و استراز باعث واکنش‌های اکسیداسیونی آنزیم کاتالاز می‌شوند. بنابراین این دو آنزیم اسیدهای چرب را از چربی جدا کرده و تولید اسیدهای چرب آزاد می‌نمایند که می‌توانند سوبسترای واکنش‌های اکسیداسیون شوند [۱۹]. این اتفاق می‌تواند منجر به افزایش اسیدیته روغن زیتون در طول دوره نگهداری شود. فعالیت میکروبی نیز

نمک با افزایش نیروی فشار یونی ایجاد شده، اکسیداسیون روغن تسریع شده و منجر به افزایش اسیدیته می‌گردد [۲۱]. همچنین افزایش غلظت نمک با تأثیر بر تبادل یونی بین گوشت میوه زیتون و آب نمک منجر به افزایش مصرف ترکیبات قندی آزاد میوه توسط باکتری‌های لاکتیکی می‌گردد که افزایش تولید اسید در طی تخمیر را در پی دارد [۲۲]. از طرف دیگر غلظت‌های بالای نمک باعث چروکیدگی و تحریک بافت پوست زیتون می‌شود و به فعال شدن آنزیم لیپوکسیژناز و هیدرولیز لیپیدها منجر می‌شود [۲۳]. مطالعات جنیسووا و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان دادند مجاورت زیتون با محلول سرکه غلیظ اثر مخربی همانند اثر غلظت‌های بالای نمک بر اکسیداسیون روغن دارد که در این پژوهش نیز اثرات آن قابل مشاهده بود [۲۴].

می‌تواند در افزایش اسیدیته مؤثر باشد به‌طوری‌که روغن موجود در میوه‌های سالم بلافاصله پس از برداشت، اگر چه اسیدیته آزاد خیلی کمی دارند اما در حین رسیدگی در مجاورت آب نمک، شرایط برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌ها مساعد شده، بنابراین مقدار زیادی لیپاز برون‌زاد توسط میکروارگانیسم‌ها ترشح می‌شود که منجر به افزایش اسیدیته روغن خواهد شد. همچنین در زیتون‌های شکسته که عمق نفوذ آب نمک به آن بیشتر است فعالیت لیپاز شدت بیشتری خواهد داشت [۲۰]. البته تاکنون، هیچ مطالعه‌ای پیرامون رابطه بین غلظت NaCl در آب نمک و مقدار انتشار آن در گوشت زیتون صورت نگرفته است. به همین دلیل نمی‌توان مقدار دقیق عمق نفوذ نمک در میوه زیتون را پیش‌بینی کرده و در مورد غلظت نمک زیتون با قطعیت اظهار نظر کرد. اما با این وجود در غلظت‌های بالاتر

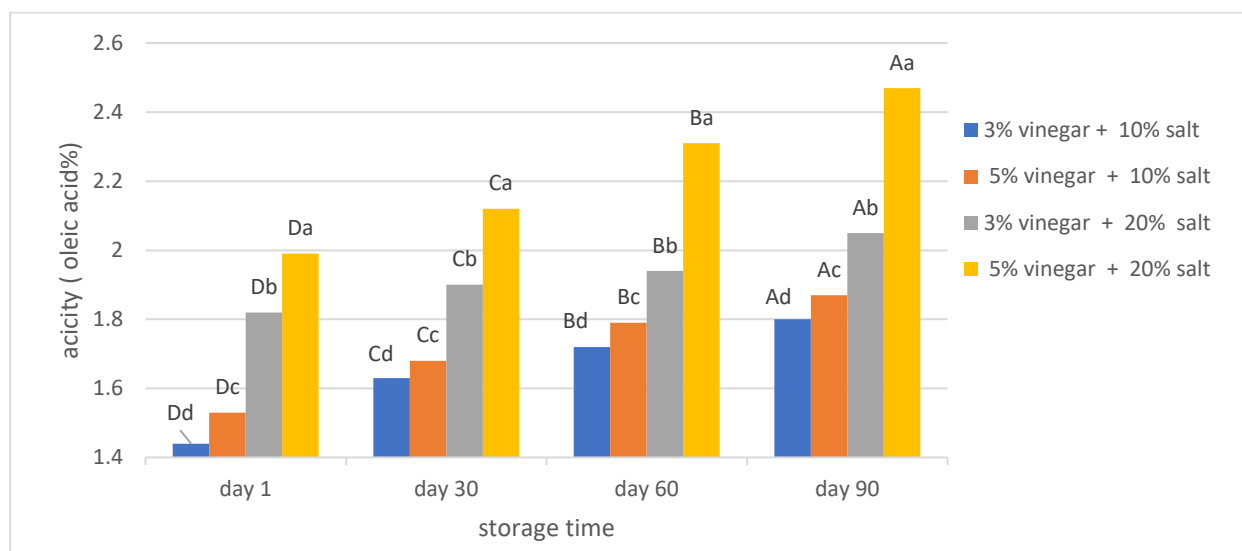


Figure 1: The Effect of Adding Different Concentrations of Vinegar and Salt during Storage on the Acidity of Olives ($p < 0.05$)

The difference in uppercase letters represents in each column a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

۲-۳- نتایج اندازه گیری pH

شد (شکل ۲). بنابراین کمترین pH مربوط به تیمار بالاترین غلظت سرکه و نمک در پایان ۹۰ روز بوده و بیشترین pH در تیمار کمترین سرکه و نمک در روز نخست حاصل گردید (به ترتیب ۴/۸ و ۸/۱). میزان نمک موجود در آب

مطالعه نتایج به‌دست آمده نشان داد افزودن نمک و سرکه و همچنین مدت زمان نگهداری در میزان pH روغن اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد می‌کند به‌طوری‌که با افزایش غلظت نمک و افزودن سرکه از میزان pH کاسته

دوره تخمیر تنظیم گردد و در حضور سرکه میزان pH به طور معنی‌داری کاهش پیدا خواهد کرد [۲۷]. وجود اسید در محیط نیز می‌تواند به سرعت رشد و غلبه باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط تخمیر کمک نموده و در نتیجه باعث کاهش سریع‌تر pH شود. در روزهای اول تخمیر به دلیل بالا بودن pH گروه‌های مختلف میکروبی، از جمله انتروباکتریاسه، مخمرها و باکتری‌های اسید لاکتیک در محیط رشد می‌کنند؛ اما پس از آن با کاهش تدریجی pH به زیر ۸، شرایط برای رشد اسید لاکتیک باکتری‌ها و تولید اسید فراهم گشته و در نتیجه تا حدود روز ۹۰ تخمیر pH به سرعت کاهش می‌یابد علاوه بر این با توجه به اینکه قندها منبع اصلی کربن برای فعالیت میکروارگانیسم‌های تخمیری به‌شمار می‌روند، افزایش تجزیه ترکیبات آلی در طول فرآیند تخمیر، منجر به تولید قند بیشتر و در نتیجه افزایش فعالیت میکروب‌های تخمیری شده که اسیدهای آلی تولید می‌کند بنابراین در طول دوره نگهداری کاهش pH اتفاق می‌افتد [۲۸].

نمک از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ماندگاری زیتون می‌باشد و در طول دوره فرآوری و رسیدن زیتون، محلول آب‌نمک با تغییر pH زیتون می‌تواند بر رشد میکروارگانیسم‌ها و میزان تخمیر مؤثر باشد. در غلظت‌های پایین نمک ضمن رشد لاکتوباسیلوس‌های عامل رسیدگی زیتون، سایر میکروارگانیسم‌ها ناخواسته نیز شرایط مناسبی برای رشد خواهند داشت، ولی در غلظت بالاتر نمک باکتری‌های لاکتیکی با تولید مواد ضدباکتریایی دی استیل، پراکسید هیدروژن و پروتئین‌های باکتریوسین در جریان تخمیر لاکتیکی مانع از رشد سایر گروه‌های باکتری‌های گرمادوست می‌شوند بنابراین شرایط مطلوب‌تری برای رشد باکتری‌های اسید لاکتیک از جمله لاکتوباسیلوس پلانتروم و لاکتوباسیلوس برویس فراهم می‌شود که در نتیجه فعالیت آنها با تولید اسیدهای آلی، کمترین pH در این تیمار مشاهده می‌شود [۲۵ و ۲۶]. مطالعات رضایی خلیج و همکاران (۲۰۲۰) نشان داده به منظور عدم رشد باکتری‌های مضر غلظت نمک باید حداقل ۴ درصد در طول

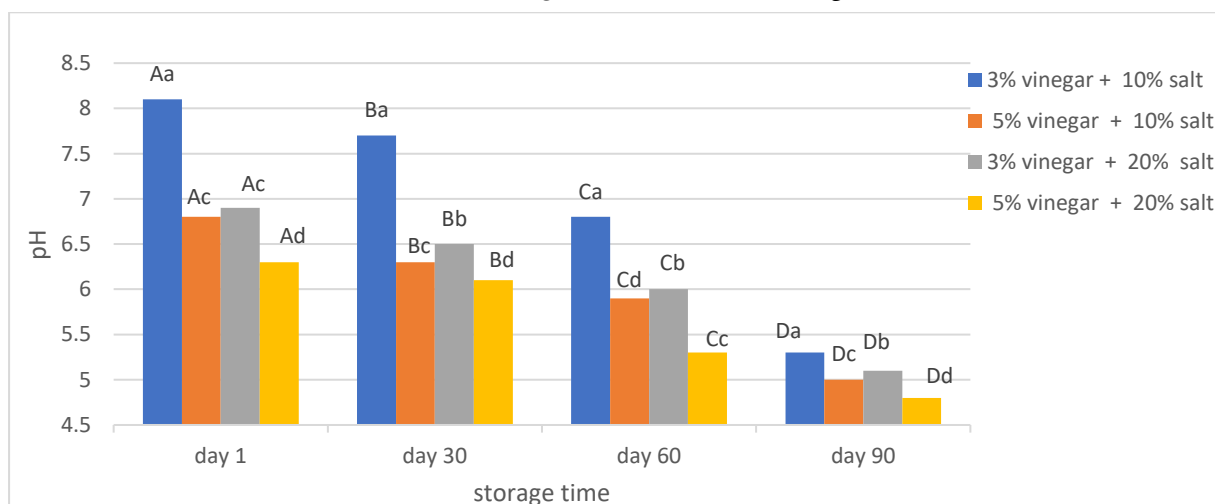


Figure 2: The effect of adding different amounts of vinegar and salt during storage on the pH of olives ($p < 0.05$)

The difference in uppercase letters in each column represents a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

کاهش ملایم‌تر خواهد بود [۲۹]. در طی مرحله تخمیر به علت تبدیل شدن قندهای ساده موجود در زیتون به اسیدهای آلی شاهد کاهش چشم‌گیری در مقدار pH خواهیم بود البته این روند کاهشی در ماه‌های اول با

بخش عمده کاهش pH در مدت زمان نگهداری، به دلیل فعالیت باکتری‌های اسید لاکتیک، مخصوصاً در مراحل اولیه تخمیر بود. کاهش pH در طول مدت زمان نگهداری در ۳ ماه اول نگهداری با شیب تندی اتفاق افتاد و سپس روند

سرعت بیشتری بوده و سپس تا پایان یکسال در محدوده‌ی ۴ تا ۴/۵ ثابت می‌ماند که مطابق با نتایج مطالعات حاضر بود [۲۷].

۳-۳- نتایج اندازه‌گیری عدد پراکسید

نتایج نشان می‌دهد افزودن نمک و سرکه، مدت زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل آنها بر شاخص پراکسید اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد کرد. اکسیداسیون چربی‌ها به تشکیل هیدروپراکسیدها نسبت داده می‌شود و اندیس پراکسید ۵ تا ۱۰ meq/kg نشانه آغاز اکسیداسیون چربی است [۳۰]. البته حد بیشینه عدد پراکسید طبق استاندارد ملی و شورای بین‌المللی زیتون ۲۰ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم می‌باشد [۳۱]. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد با افزایش زمان نگهداری بر میزان پراکسید افزوده شده اما این روند تا پایان دوره نگهداری افزایشی نبود که ممکن است ناشی از تبدیل محصولات اولیه اکسیداسیون به دیگر مشتقات‌شان باشد. مومنیان و همکاران [۶] نشان دادند طی دوران انبارداری میزان اسید اولئیک کاهش اندک و مقدار اسید لینولئیک افزایش بسیار کمی داشته است. بنابراین، نسبت اسیدهای چرب تک غیراشباع به چند غیراشباع کاهش اندکی داشت که به دلیل کاهش مقدار اسیدهای چرب تک غیراشباع افزایش میزان اسیدهای چرب چند غیراشباع است این تغییرات روغن را مستعد اکسیداسیون بیشتر می‌کند. افزایش محتوای اسید لینولئیک به دلیل آن رخ می‌دهد که علاوه بر بیوستز تری‌گلیسریدها، آنزیم اولئات دسچوراز فعال بوده و منجر به تبدیل اسیداولئیک به اسیدلینولئیک می‌شود [۳۲]. نتایج این پژوهش نشان داد تیمارهای حاوی ۱۰٪ نمک در طول دوره انبارداری از نظر شاخص پراکسید پس از گذشت سه ماه با توجه به حد تعیین شده آن (۲۰ میلی‌اکی‌والان گرم اکسیژن در ازاء کیلوگرم روغن) هنوز قابل مصرف است [۱۲]. کمترین و بیشترین پراکسید روغن مربوط به نگهداری زیتون در روز نخست در مخزن حاوی کمترین غلظت نمک و سرکه و

بیشترین آن در پایان ماه دوم در مخزن حاوی بالاترین نمک و سرکه حاصل شد (به ترتیب ۲/۷ و ۲۸/۳۱ meq/kg). همچنین بر اساس نتایج موجود مخازن حاوی سرکه بالا (۵٪) زودتر از بقیه تیمارها (از روز ۳۰) شاخص پراکسید بیش از حد استاندارد را نشان می‌دهد در حالیکه در مخازن حاوی نمک این روند کندتر است (شکل ۳). مقایسه شاخص پراکسید و اسیدیته نشان می‌دهد پایین بودن اسیدیته در کنار افزایش پراکسید می‌تواند به دلیل توسعه اکسیداسیون و تبدیل رادیکال‌های آزاد به محصولات ثانویه اکسیداسیون باشد که بیانگر گسترش فساد اکسیداتیو است. کاهش شاخص پراکسید در طول ماه سوم را نیز می‌توان به تغییر شکل محصولات پراکسیدی ناشی از اکسیداسیون نسبت داد. زیرا با ادامه روند اکسیداسیون چنانچه میزان محصولات اولیه اکسیداسیون به حد معینی برسد منجر به تغییر ماهیت هیدروپراکسیدها و تبدیل آنها به محصولات ثانویه اکسیداسیونی مثل آلدئیدها، کتون‌ها و دی‌انهای مزدوج می‌شوند. که این فرآورده‌های اخیر مسئول عطر و طعم تند در روغن هستند [۱۹]. گاسپر و روسل (۲۰۲۱) نشان دادند با درصد نمک، غلظت پراکسید روغن‌ها افزایش معناداری خواهد داشت که دلیل این امر علاوه بر تسهیل فعالیت آنزیمی و میکروبی با حضور نمک، می‌تواند به احتمال بالای وجود آهن و مس در نمک مصرفی بستگی داشته باشد که موجب تسریع تشکیل پراکسیدها شود [۳۳]. عملیات تخمیر، در تیمار حاوی غلظت بالای نمک، منجر به افزایش چشمگیر اسید اولئیک و همچنین مقدار اسیدهای چرب چند غیراشباعی (PUFA) خواهد شد که در طول دوره نگهداری نیز این روند افزایشی ادامه خواهد یافت. بنابراین با توجه به اینکه اسیدهای چرب غیر اشباع تمایل بیشتری برای اکسیداسیون دارند می‌توان افزایش شاخص پراکسید در تیمارهای حاوی نمک بالا درحین نگهداری طولانی مدت را به وجود آنها نسبت داد [۲۶].

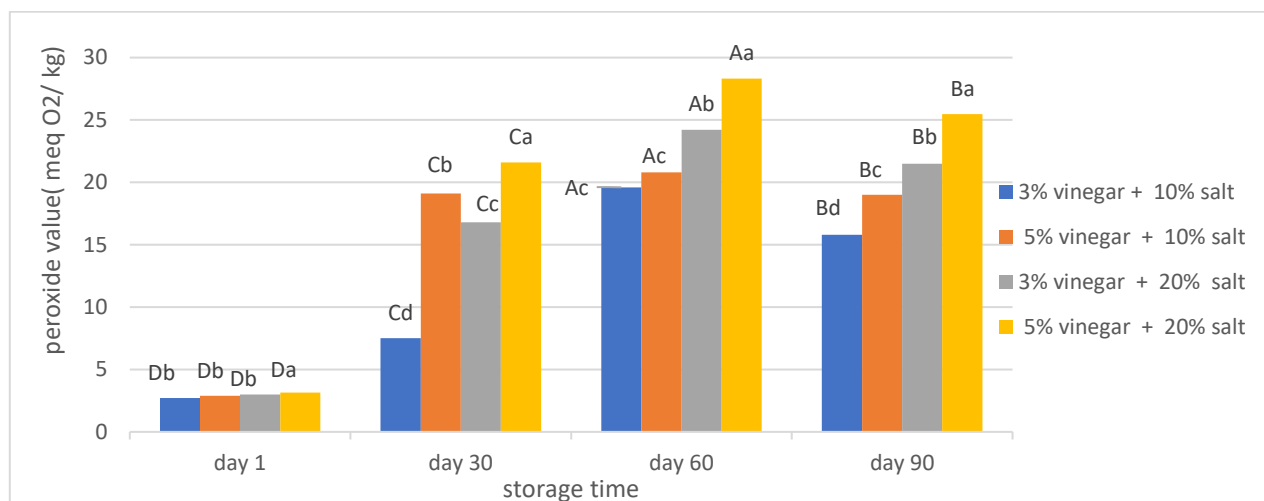


Figure 3: The effect of adding different amounts of vinegar and salt during storage on peroxide value of olives ($p < 0.05$)

The difference in uppercase letters in each column represents a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

نشان می‌دهد افزودن نمک و سرکه، مدت زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل آنها بر عدد آنیزیدین روغن زیتون اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد کرد. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد با افزایش زمان نگهداری بر عدد آنیزیدین افزوده شده بنابراین کمترین و بیشترین آن در روغن مربوط به نگهداری زیتون در روز نخست در مخزن حاوی کمترین غلظت نمک و سرکه و بیشترین آن در پایان ماه سوم در مخزن حاوی بالاترین نمک و سرکه حاصل شد (به ترتیب ۰/۴ و ۴/۹۳) (شکل ۴). در استاندارد ملی ایران به و همچنین استانداردهای بین‌المللی حدی برای عدد آنیزیدین در روغن زیتون بکر تعیین نشده است اما با توجه به آنکه بعد از گذشت ۳ ماه مقدار بیشترین عدد آنیزیدین در روغن زیتون به ۴/۹۳ رسیده است می‌توان دریافت که پیشرفت اکسیداسیون ثانویه و ترکیبات حاصل از آن به کندی صورت گرفته است. غلظت‌های بالای نمک به‌ویژه در محیط‌های مرطوب منجر به افزایش سرعت اکسیداسیون شده و همچنین به علت امکان وجود یون‌های فلزی در نمک (به‌ویژه مس و آهن) به عنوان کاتالیزور اکسیداسیون روغن‌ها، تشکیل الدیدها تسریع شده بنابراین وجود محیط نمکی می‌تواند به طور غیرمستقیم بر عدد آنیزیدین تأثیرگذار باشد. از طرف دیگر نمک می‌تواند باعث

ذوالفقاری و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند غوطه‌وری در غلظت‌های بالاتر از ۱۰ درصد نمک منجر به تشکیل پراکسید بیشتر، نسبت به تیمارهای کم‌نمک می‌شود و غلظت بالای نمک را عاملی در افزایش اثرات پرواکسیدانی برخی از ترکیبات فنلی و تحریک اکسیداسیون مرتبط دانستند [۳۴]. البته افزودن نمک در سطوح خیلی پایین (۰/۵ تا ۲/۵ درصد) سرعت اکسیداسیون چربی را کاهش می‌دهد [۳۳] و مدت زمان نگهداری انبارمانی به سبب گسترش خود بخودی روند اکسیداسیون در مراحل توسعه، نقش مؤثرتری حتی بیشتر از نوع روغن بر مقدار شاخص پراکسید دارد [۳۵]. نتایج اثرات متقابل افزودن نمک و سرکه در طول زمان نگهداری نیز نشان می‌دهد تیمارهایی که بالاترین غلظت نمک و سرکه را دارند در طول زمان نگهداری تا پایان ماه دوم منجر به افزایش پراکسید می‌شوند اما با توجه به تغییر ماهیت ترکیبات پراکسیدی و تبدیل آنها به محصولات دیگر در طول ماه سوم، از غلظت پراکسیدها کاسته شد.

۳-۴- نتایج اندازه‌گیری عدد آنیزیدین

عدد آنیزیدین شاخصی برای اندازه‌گیری آلدئیدهای غیر اشباع (به ویژه ۲ = آلکینالها) می‌باشد که معمولاً در اثر تداوم اکسیداسیون ثانویه چربی‌ها تشکیل می‌شود. نتایج

ویتامین E شده و اکسیداسیون ثانویه روغن را تسریع خواهد کرد. از طرف دیگر آب موجود در سرکه نیز، قدرت نفوذ اکسیژن در محیط را افزایش داده بنابراین امکان شکستن پیوندهای استری روغن در شرایط اسیدی سرکه تحریک شده و عدد آنیزیدین را افزایش خواهد داد [۲۶]. دی لئوناردیس و همکاران (۲۰۲۲) با مطالعه سس‌های حاوی روغن زیتون که در مجاورت سرکه فرموله شده‌اند افزایش و توسعه اکسیداسیون در روغن را نشان داده که منجر به کاهش اسیدهای چرب چند غیر اشباع (تا ۲۱٪ کاهش) و افزایش نسبت اسیدهای چرب تک غیر اشباع بر چند غیر اشباع‌ها (۲۵٪ افزایش) خواهد شد [۳۶].

ناپایداری هیدروپراکسیدها (محصولات اولیه) شود و آنها را به ترکیبات ثانویه مانند آلدئیدها و کتون‌ها تبدیل کند که منجر به بالا رفتن عدد آنیزیدین می‌شود [۳۳]. مطالعات مومنیان و همکاران (۲۰۲۱) نیز نشان داده نمک با اثر اسمزی خود، امکان جذب آب بالا، افزایش حجم و تخلخل زیتون‌ها منجر به افزایش تماس روغن و آب شده که در نتیجه عدد آنیزیدین را افزایش می‌دهد. غلظت‌های بالای سرکه نیز با افزایش عدد آنیزیدین رابطه مستقیم دارد به-طوری‌که بالاترین عدد آنیزیدین در بالاترین غلظت سرکه و نمک گزارش شد [۶]. به نظر می‌رسد pH پایین سرکه (حدود ۲ تا ۳) در تماس طولانی با روغن زیتون منجر به تخریب آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی روغن مانند پلی‌فنل‌ها و

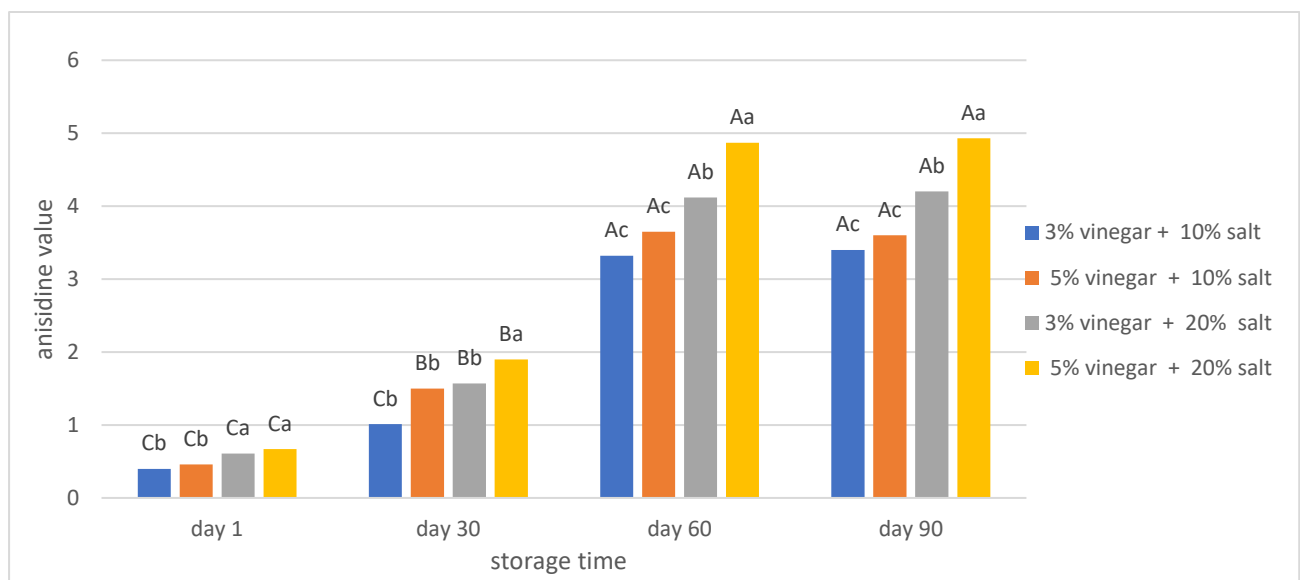


Figure 4: The effect of adding different amounts of vinegar and salt during storage on anisidine value ($p < 0.05$)

The difference in uppercase letters in each column represents a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

می‌شود که شاخص آنیزیدین را افزایش می‌دهد [۳۷]. نتایج فهمید دانش و همکاران (۲۰۱۸) در فرآیند سرخ کردن ورقه‌های بامجان نیز نشان دادند بیشترین تشکیل ترکیب مزدوج و کربونیلی در روغن مربوط به غوطه‌وری بادمجان‌ها در پیش تیمار آب نمک و کمترین آن مربوط به پیش تیمار بدون نمک بوده است. ترکیبات مزدوج و کربونیل حاصل تغییرات محصولات اکسایشی اولیه و ثانویه

وانگ و همکاران (۲۰۱۷) با مطالعه تأثیر میزان نمک در توسعه اکسیداسیون روغن چپیس سیب‌زمینی گزارش دادند افزایش غلظت نمک در بالا بردن عدد آنیزیدین روغن مؤثر است به‌طوری‌که هر چه غلظت نمک در محلولی که خلال‌های سیب‌زمینی (به عنوان پیش تیمار) در آن غوطه‌ور هستند بالاتر باشد، مقدار زیاده‌تری از استرهای گلیسیریدی و مونو کلروپروپال دیول (3-MCPD) در روغن تشکیل

توتوکس در روغن مربوط به نگهداری زیتون در روز نخست در مخزن حاوی کمترین غلظت نمک و سرکه و بیشترین آن در پایان ماه سوم در مخزن حاوی بالاترین نمک و سرکه حاصل شد (به ترتیب ۵/۸ و ۶۱/۴۹). مطالعات حجتی (۲۰۱۹) بر روی روغن‌کشی از دانه‌های روغنی در حضور مشتری نشان داده مدت زمان نگهداری از مهم‌ترین دلایل توسعه اکسیداسیون است و علیرغم اینکه در فروشگاه‌های روغن‌کشی با روش پرس سرد و بدون عملیات حرارتی استخراج روغن صورت می‌گیرد اما در دوره نگهداری افزایش اسیدیته، پراکسید، عدد آنیزیدن و ارزش توتوکس مشاهده می‌شود به‌طوری‌که عدد توتوکس روغن کنجد، کلزا و آفتابگردان در روز اول به ترتیب ۴/۰۸، ۲/۷ و ۵/۱۱ بود که در پایان ماه دوم به ترتیب به ۲۹/۵۱، ۲۷/۱۲ و ۳۸/۶۴ رسید و همه نمونه‌ها در روز آخر نگهداری غیرقابل مصرف بودند [۳۹].

روغن‌ها محسوب می‌شوند که می‌تواند به بالا رفتن عدد آنیزیدن بیانجامد [۳۸].

۳-۵- نتایج اندازه‌گیری عدد توتوکس

ارزش توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل روغن است از حاصل جمع دو برابر اندیس پراکسید با اندیس آنیزیدن به دست می‌آید. بنابراین هر آنچه بتواند منجر به افزایش شاخص پراکسید و عدد آنیزیدن شود می‌تواند منجر به افزایش ارزش توتوکس گردد. نتایج نشان می‌دهد افزودن نمک و سرکه، مدت زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل آنها بر عدد توتوکس اختلاف معناداری ($P < 0.05$) را نشان می‌دهد. با مقایسه میانگین‌ها مشخص شد با افزایش زمان نگهداری و افزایش غلظت نمک و سرکه بر میزان عدد توتوکس افزوده شد (شکل ۵). بنابراین کمترین و بیشترین

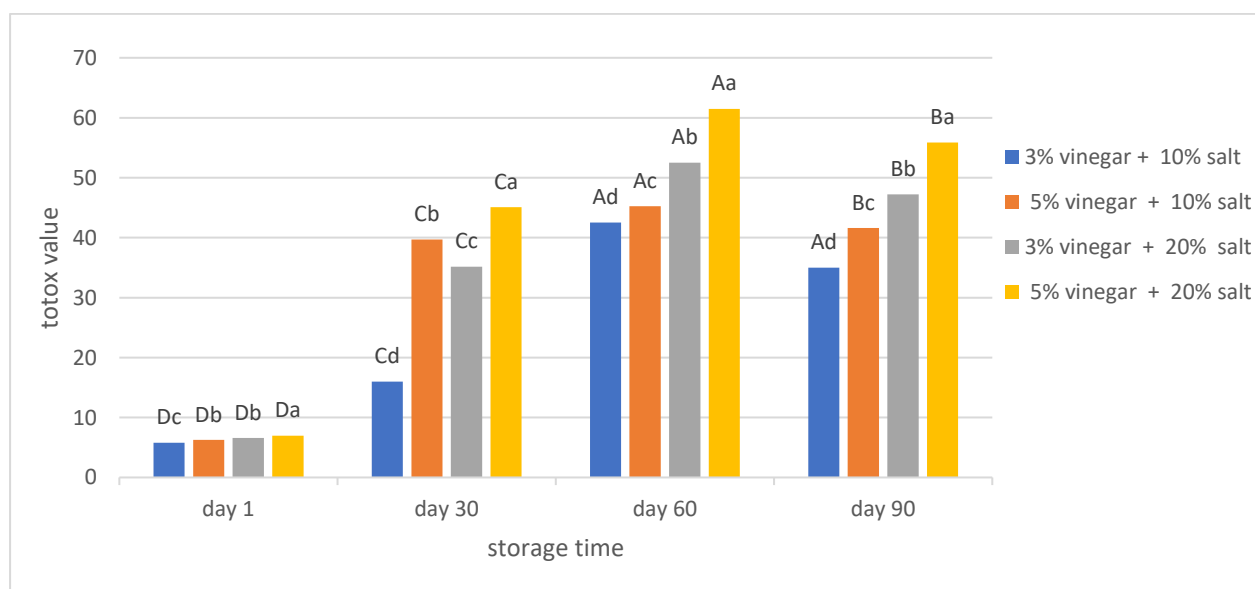


Figure 5: The effect of adding different amounts of vinegar and salt during storage on totox value ($p < 0.05$)

The difference in uppercase letters in each column represents a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

۳-۶- نتایج اندازه‌گیری ترکیبات فنولیک کل

فنولیک روغن افزایش یافته درحالی‌که سرکه‌ی بیشتر و طول دوره نگهداری باعث کاهش ترکیبات فنولیک شد. بیشترین غلظت ترکیبات فنولیک مربوط به تیمار بالاترین

افزودن نمک، سرکه و همچنین مدت نگهداری در مقدار ترکیبات فنولیک روغن زیتون اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد کرد به‌طوری‌که با افزایش نمک مقدار ترکیبات

نمک و کمترین سرکه در روز نخست و کمترین آن در تیمار بالاترین غلظت سرکه و کمترین غلظت نمک در پایان ماه سوم بود (به ترتیب ۳۴۸۰ و ۲۷۳۱ mg/kg) (جدول ۱). در طول دوره انبارمانی قنبری و همکاران (۲۰۱۸) کاهش چشمگیری از ترکیبات بیوفنلی، بخصوص (مشتقات سکوئیریدوایدیک)، اولئوروپین، اسید فرولیک و اسید کافئیک را شناسایی کردند که ناشی از مشارکت فعال این ترکیبات در فرآیندهای اکسیداتیو است در همین پژوهش بیشترین ترکیب بیوفنلی روغن زیتون بکر، لوتئولین گزارش شد که در طی انبارداری ۱۰ درصد کاهش یافته بود البته

سایر ترکیبات بیوفنلی نیز در اثر انبارداری کاهش چشمگیری داشتند [۴۰]. تحقیقات رومئو (۲۰۱۲) نشان داد با افزایش غلظت سرکه در پایان دوره تخمیر، مقدار پلی فنل‌ها در میوه زیتون کاهش پیدا کرد. که می‌توان این کاهش را به فعالیت بیشتر باکتری‌های اسیدلاکتیک در محیط‌های با اسیدیته بالاتر مرتبط دانست [۲۸]. از سویی دیگر در نمونه‌های حاوی سرکه بیشتر، روند کاهشی ترکیبات فنلی در میوه زیتون، می‌تواند به دلیل افزایش حلالیت فنل‌ها و خروج آنها از زیتون به سمت محلول سرکه در طول زمان نگهداری نیز باشد [۴۱].

Table 1: The effect of adding different amounts of vinegar and salt during storage on Total phenolic compound and Radical Scavenging Percentage ($p < 0.05$)

sample	Day 1		Day 30		Day 60		Day 90	
	Radical Scavenging Percentage	Phenolic compounds (mg/kg)	Radical Scavenging Percentage	Phenolic compounds (mg/kg)	Radical Scavenging Percentage	Phenolic compounds (mg/kg)	Radical Scavenging Percentage	Phenolic compounds (mg/kg)
vinegar 3% + salt 10%	44 ^{Aa}	3322 ^{Ab}	38 ^{Bb}	3140 ^{Bb}	33 ^{Cc}	3009 ^{Cb}	29 ^{Db}	2827 ^{Db}
vinegar 5% + salt 10%	39.9 ^{Aa}	3092 ^{Ad}	26 ^{Bc}	3001 ^{Bd}	22 ^{Cd}	2902 ^{Cc}	19 ^{Dd}	2731 ^{Dd}
vinegar 3% + salt 20%	44.5 ^{Ba}	3480 ^{Aa}	48 ^{Aa}	3212 ^{Ba}	42 ^{BCa}	3120 ^{Ca}	34 ^{Ca}	2913 ^{Da}
vinegar 5% + salt 20%	44 ^{Aa}	3170 ^{Ac}	39 ^{Bb}	3067 ^{Bc}	37 ^{Bb}	2981 ^{Cc}	21 ^{Cc}	2790 ^{Dc}

The difference in uppercase letters in each column represents a significant difference in each storage period, while the difference in lowercase letters indicates a significant difference at each additive salt and vinegar treatment

توانایی آن‌ها در ایجاد تداخل با پیوندهای یونی تشکیل شده بین این ترکیبات و اجزا گوشت میوه بستگی دارد و در این میان نمک‌های دو ظرفیتی تأثیر بیشتری از خود نشان می‌دهند و نمک کلرید سدیم در مقایسه با نمک‌هایی مانند کلرید کلسیم یا کلرید منیزیم در حفظ ترکیبات فنولیک و عدم خروج آنها از زیتون بهتر عمل می‌کند [۴۳].

۷-۳- نتایج قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد

افزودن نمک و سرکه، مدت زمان نگهداری و همچنین اثر متقابل آنها در قدرت مهارکنندگی رادیکال‌های آزاد روغن زیتون اختلاف معناداری ($P < 0.05$) ایجاد کرد. به‌طوری‌که نتایج میانگین‌ها نشان داد با افزایش غلظت نمک خواص مهارکنندگی افزایش یافت اما در غلظت‌های بیشتر سرکه، از قدرت مهار رادیکال‌های آزاد کاسته شد. بنابراین کمترین درصد مهارکنندگی در تیمار حاوی کمترین نمک و غلظت بالای سرکه در پایان ماه سوم حاصل شد و بیشترین آن در تیمار بالاترین غلظت نمک و کمترین میزان سرکه در روز نخست به‌دست آمد (به ترتیب ۱۹ و ۴۴ درصد). ال‌توروپین که مؤثرترین ترکیب در فعالیت آنتی‌اکسیدانی روغن زیتون است در زیتون روی درخت در مراحل اولیه رشد تا ۱۴٪ وزن میوه افزایش می‌یابد. اما با تیره‌تر شدن زیتون، کاهش می‌یابد و پس از برداشت در طی زمان رسیدگی نیز، با افزایش آنتوسیانین‌ها و ایجاد رنگ قهوه‌ای تیره در زیتون روند کاهشی بیشتری در مقدار اولئوروپین قابل مشاهده است. بنابراین کاهش قدرت آنتی‌اکسیدانی روغن زیتون در طول مدت نگهداری را می‌توان به کاهش غلظت اولئوروپین نسبت داد. سلیمی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند اعمال تنش شوری موجب افزایش قابل توجه‌ای در متابولیت‌های ثانویه فنولی در گیاه می‌شود که توانایی زیادی برای پاکسازی رادیکال‌های آزاد دارند. بنابراین بین تنش شوری و فعالیت آنتی‌اکسیدانی رابطه مستقیمی وجود دارد [۴۴]. ترکیبات فنولیکی که وزن مولکولی بیشتری داشته باشند در مهار رادیکال‌های آزاد مؤثرتر عمل می‌کنند. این دسته از ترکیبات فنولیک به دلیل تمایل بیشتر به کاهندگی، در اهدا پروتون

در مطالعات با افزایش دوره‌ی نگهداری و تخمیر، کاهش معنی‌داری در ترکیبات فنولی میوه زیتون مشاهده شده است دلیل این افت را می‌توان به توسعه فعالیت میکروارگانیسم‌های موجود در محیط مرتبط دانست که باعث هیدرولیز پلی‌فنل‌ها، مخصوصاً ال‌توروپین می‌شوند [۴۲]. نتایج مصلاهی و مظاهری اسدی (۲۰۲۱) نیز نشان داده مقدار ترکیبات فنولی کل در میوه زیتون، با افزایش مدت زمان نگهداری و افزایش درصد نمک و سرکه کاهش یافت [۲۶]. قادری و همکاران (۲۰۱۱) مهمترین دلیل حذف ترکیبات فنولی در طول مدت زمان، خیساندن طولانی در آب و حلالیت بالای این ترکیبات نسبت دادند. آنها اظهار داشتند نفوذ ترکیبات فنولی از بافت میوه زیتون به محلول سرکه ارتباط مستقیم با غلظت سرکه دارد. تشکیل الیگومرهای فنولی نیز یکی دیگر از دلایل کاهش در میزان ترکیبات فنولی نمونه‌ها در غلظت بالای سرکه است چرا که این ترکیبات نامحلول بوده و داخل بافت گیاهان بافی می‌مانند و لذا با روش‌های معمول قابل اندازه‌گیری نیستند [۴۳].

علاوه بر این در شرایط اسیدی اکسیداسیون آنزیمی ترکیبات فنولی با سرعت کمتری انجام می‌شود و هیدرولیز ترکیبات فنولی پلیمری و نیز آزاد شدن ترکیبات متصل شده به غشای سلولی، در این شرایط تسریع می‌گردد و از غلظت ترکیبات فنولیک کاسته می‌شود. همچنین کاهش ترکیبات فنولی در محلول حاوی سرکه را می‌توان به از دست رفتن یکپارچگی دیواره سلولی در محیط‌های اسیدی و در نتیجه افزایش قدرت انحلال و سرعت دیفوزیون این ترکیبات از بافت‌های گیاهی به محیط اطراف است. جنیسووا و همکاران (۲۰۲۱) با مقایسه تأثیر محلول نمک و سرکه بر توکوفرول‌ها نشان دادند بیشترین کاهش توکوفرول‌ها (به ویژه α -توکوفرول) در زیتون‌های نگهداری شده در محلول سرکه دیده شد [۲۴]. قادری و همکاران (۲۰۱۱) نیز گزارش دادند نمک در غلظت‌های بالاتر باعث حفظ بیشتر ترکیبات فنولیک می‌شود. البته کارایی نمک‌ها در خروج ترکیبات فنولی از میوه‌ها متفاوت بوده و به

لاکتوباسیلوس پلانتاروم به عنوان یک "هاردل" عمل کرده و اثر مثبتی بر خواص آنتی‌اکسیدانی روغن زیتون دارد [۴۵].

۴- نتیجه‌گیری کلی

روغن زیتون به عنوان یک منبع روغنی بومی در ایران با توجه به غلظت بالای اسیدهای چرب غیر اشباع و ترکیبات فنولیک متعدد از دیدگاه تغذیه‌ای از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است از آنجایی که آمارها نشان داده ایرانی‌ها تمایل بیشتری به مصرف زیتون در مقایسه با روغن زیتون دارند بنابراین می‌توان از طریق روش‌های نگهداری صحیح زیتون، به‌طور غیرمستقیم ارزش غذایی بالای روغن زیتون را به سفره غذایی مردم وارد کرد. استفاده از محلول‌های نمک و سرکه به منظور بهبود طعم و افزایش مقاومت زیتون در برابر فسادهای میکروبی روشی رایج در نگهداری زیتون می‌باشد. نتایج در این مطالعه نشان داد برای کنترل شاخص‌های اکسیداسیونی و حفظ ترکیبات فنولیک در زیتون در طول دوره انبارمانی توصیه می‌شود از محلول نمک ۲۰٪ و سرکه در غلظت‌های کمتر از ۵٪ استفاده شود تا علاوه بر کاهش فساد اکسیداتیو روغن زیتون، از ترکیبات فنولیک و خواص آنتی‌اکسیدانی آن نیز محافظت بیشتری صورت بگیرد.

۵- منابع

- [1] Azizi, J. (2008). Evaluation of the productivity of olive production factors in Iran (selected provinces of Gilan, Zanjan, Qazvin and Fars). *Journal of agricultural sciences*, 13(3) 591-610. (in Persian).
- [2] Shavakhi, F., & Moradi, P. (2020). Evaluation of the composition of fatty acids and the quality of olive oil produced in different provinces of Iran. *Journal of Food Industry Engineering Research Agricultural Engineering Research Journal*, 18(67), 141-158. (In Persian).
- [3] Moloudi, F., Ghajarbeygi, P., Haji Hosseini Babaei, A. & Mohammadpour Asl, A. (2017). Comparison of thermal stability of imported and Iranian extra virgin olive oils. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 14(63), 187-197. (In Persian).
- [4] Baldioli, M., Servili, G., Perretti, G., & Montedoro, F. (1996). Antioxidant activity of tocopherols and phenolic compounds of virgin

فعال‌تر بوده و در پاکسازی اکسیژن یگانه مؤثرتر عمل کنند البته توانایی بیشتر آنها بستگی به تعداد حلقه‌های آروماتیک و ماهیت گروه‌های جابه‌جا شونده هیدروکسیل خواهد داشت. در همین راستا جنیسووا و همکارانش (۲۰۲۱) نشان دادند نگهداری زیتون در محیط سرکه در مقایسه با محلول نمکی منجر به افت بیشتری در میزان توکوفرول و کلروفیل می‌شوند زیرا به کمک یون (+H) اسید سرکه، یون منیزیم را از کلروفیل حذف کرده و آن را با دو یون هیدروژن جایگزین می‌کند بنابراین هیدرولیز نسبتاً بالایی در کلروفیل‌ها ایجاد می‌شود. همچنین از آنجا که مولکول کلروفیل قابلیت آنتی‌اکسیدانی دارد می‌تواند توضیحی برای کاهش بیشتر قدرت آنتی‌اکسیدانی در محیط سرکه باشد [۲۴]. از طرفی بین غلظت کلروفیل و کاروتنوئیدها و اثر حفاظتی الفا توکوفرول نیز ارتباط مستقیمی وجود دارد اگرچه قدرت آنتی‌اکسیدانی توکوفرول‌ها بسیار بیشتر از کلروفیل و کاروتنوئیدهاست اما تخریب بیشتر این دو پیگمان منجر به کاهش چشمگیر در فعالیت آنتی‌اکسیدانی آلفا توکوفرول در محیط اسیدی ناشی از سرکه می‌شود. عابدی فر و همکاران (۲۰۱۶) نیز اثر غلظت نمک بر زنده‌مانی باکتری‌های پروبیوتیک لاکتوباسیلوس و همچنین کیفیت زیتون تخمیری را مورد بررسی قرار دادند نتایج آنها نشان داد غلظت‌های بالاتر نمک بر زنده‌مانی

olive oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73, 1589-1593.

- [5] Banafshechin, E., Pirs, S., & Amiri, S. (2021). Detection of adding vegetable oils (palm, soybean and corn) adulteration in olive oil by using High Performance Liquid Chromatography and tocopherols and tocotrienols profile. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 117(18), 229-245. (In Persian).
- [6] Momenian, K., Rashidi, L. & Homaipour, M. (2021). Investigation of physicochemical properties of extra virgin olive oil extracted from Koroneiki variety in Golstan province during storage. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, 52(2), 311-328. (In Persian).
- [7] Hajigholam-Saryazdi, A. (2021). Analysis of Olive Industry Dynamics in Iran Using Approach Systems Dynamics. *Journal of Business Research*, 98, 185-213. (In Persian).
- [8] Taherghasemi, M. (2018). Production and packaging of pickles, salts and fermented products. Tehran, Institute of higher education

- of applied science and skills Jihad Keshavarzi. (In Persian).
- [9] Iranian National Standardization Organization. (2017). Animal and vegetable fats and oils - Determination of acidity value - No. 4178. (In Persian).
- [10] Iranian National Standardization Organization. (2017). Animal and vegetable fats and oils - Determination of peroxide value - Iodometric (visual) endpoint determination No. 4179. (In Persian).
- [11] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (1997). Anisidine - oils and fats. ISIRI No 4093. 1rd revision: ISIRI. (In Persian).
- [12] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. Olive oil properties (Reference method) No. 1446. (In Persian).
- [13] Arabshahi-Delouee, S., & Urooj, A. (2006). Antioxidant properties of various solvent extracts of mulberry (*Morusindica* L.) leaves. *Food Chemistry*, 102, 1233-1240. (In Persian).
- [14] Akowuah, GA., Ismail, Z., Norhayati, I., & Sadikun, A. (2005). The effects of different extraction solvents of varying polarities on polyphenols of *Orthosiphon stamineus* and evaluation of the free radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 93, 311-7.
- [15] Mousavi, M., and Kadivar, M. (2016). Evaluation and effect of salt added to wheat conditioning water on lipase, amylase, lipoxygenase activity and their stability in whole wheat flour. *Journal of Food Research*, 26(4), 725-736. (In Persian).
- [16] Nowdehi, M., Farmani, J., & Bagheri, R. (2016). Study of the correlation of sensory attributes and some physicochemical properties of extra-virgin olive oil. *Journal food Science and technology*, 72(14), 67-78. (In Persian).
- [17] Escudero, A., Ramos, N., La Rubia, M. D., & Pacheco, R. (2016). Influence of Extreme Storage Conditions on Extra Virgin Olive Oil Parameters: Traceability Study. *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 461, 1-10.
- [18] Ramírez, E., Brenes, M., García, P., Medina, E. & Romero, C. (2017). Enzymatic activity during the fermentation of Spanish-style green olive. *Food Chemistry*, 237, 588-595.
- [19] Ghavami, H., & Nasrollah Zadeh, A. (2023). Investigating the Effect of Roasting Temperature and Storage Time of Hazelnut Seed on the Color and Quality of its Dough. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 19(2), 279-290. (In Persian).
- [20] Homapour, M. (2014). *Identification of the composition of olive oil pigments derived from five olive cultiots in two regions of cultivation and comparison of foreign virgin olive oil*. Ph.D. thesis in Food Science and Technology. Islamic Azad University Research Sciences Unit. (In Persian).
- [21] Shabanpour, B., & Jamshidi, A. (2014). Effect of pre-treatments with light salting and pre-drying on physical characteristics and amount of oil uptake in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) nuggets. *Journal of Food Hygiene*, 12(3), 41-53. (in Persian).
- [22] Abdolahi, N., & Tadayoni, M. (2021). Effect of *Lactobacillus plantarum* on the changes of chemical and microbial properties of olive during shelf life. *Journal of Food Researches*, 31(3), 165-182. (In Persian).
- [23] Salas, JJ. Harwood, JL., & Martínez-Force, E. (2013). Lipid metabolism in olive: Biosynthesis of triacylglycerols and aroma components. *In Handbook of olive oil: Analysis and properties*.
- [24] Jenisová, Z., Braniša, J., Jomová, K., & Porubská, M. (2021). Variations of some nutrition values of olive oil by household using. *Journal of Microbiology. Biotechnology and Food Sciences*, 3, 221-224.
- [25] Abdollahi, N. Tadayoni, M. (2021). Effect of *Lactobacillus plantarum* on the changes of chemical and microbial properties of olive during shelf life. *Food research Journal*, 3(31), 165-183. (In Persian).
- [26] Mosallaie, A., & Mazaheri Asadi, M. (2021). Physicochemical characteristics evaluation of Zard olive cultivar prepared with alkaline processing method. *Innovative Food Technologies*, 8 (4), 431-442. (In Persian).
- [27] Rezaei Khalaj, Y., Zeinanloo, A., Tavusi, M., & Emadpour, M. (2020). The evaluation of biochemical and organoleptic properties of some promising table olive genotypes. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 51(1), 139-151. (In Persian).
- [28] Romeo, FV. Piscopo, A., & Poiana, M. (2010). Effect of acidification and salt concentration on two black brined olives from Sicily. *Grasas y Aceites*, 61 (3), 251-260.
- [29] Campaniello, D., Bevilacqua, A., D'Amato, D., Corbo, M. R., Altieri, C., & Sinigaglia, M. (2005). Microbial characterization of table olives processed according to Spanish and natural styles. *Food Technol. Biotechnol*, 43 (3), 289-294.
- [30] Gracey, J., Collins, D., & Hiley, R. (1999). *Meat Hygiene*. Publisher. WB Saunders Co. Ltd. Harcourt Brace and Co. Ltd. London, UK.
- [31] Shokralehi, F., & Piravi Venk, Z. (2013). The role of national and international standards in determining the quality criteria and purity of olive oil. *Journal: Iran Food Sciences and Industries*, 10(39), 77-83. (In Persian).
- [32] Bengana, M., Bakhouch, A., Lozano-Sanchez, J., Amir, Y., Youyou, A., Segura-Carretero, A., & Fernandez-Gutierrez A. (2013). Influence of

- olive ripeness on chemical properties and phenolic composition of Chemlal extra-virgin olive oil. *Food Research International*, 54, 1868-1875.
- [33] Gasparre, N., & Rosell, CM. (2021). Snacking: Ingredients, Processing and Safety. *Cereal-Based Foodstuffs: The Backbone of Mediterranean Cuisine*, 167-92.
- [34] Zolfaghari, M., Zakipour Rahimabadi, E., Rigi, M., & Alipour Eskandani, M. (2020). Physicochemical, microbial and sensory characteristics of fish fingers made from treated silver carp fillet by salt and sugar solutions during refrigerated storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 16(2), 193-205. (In Persian).
- [35] Saeedi, M., Irajifar, M., Fahimdanesh, M., & Honarvar, M. 2001. Evaluation of quality parameters of sample potato chips available in the Iranian market. *Journal of Food Science and Technology*, 4(1), 7-16. (In Persian).
- [36] De Leonardis, A., Macciola, V., Iftikhar, A., & Lopez, F. (2022). Antioxidant effect of traditional and new vinegars on functional oil/vinegar dressing-based formulations. *European Food Research and Technology*, 248(6), 1573-82.
- [37] Wong, YH. Muhamad, H., Abas, F., Lai, OM., Nyam, KL. & Tan, CP. (2017). Effects of temperature and NaCl on the formation of 3-MCPD esters and glycidyl esters in refined, bleached and deodorized palm olein during deep-fat frying of potato chips. *Food Chemistry*, 219, 126-30.
- [38] Fahim Danesh, M. (2018). Evaluation of preparation and frying methods with refined olive oil on the chemical characteristics and oil absorption in eggplant. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 15(82), 451-461. (in Persian).
- [39] Hojati, M. (2019). Quality characteristics of oils prepared in customer-present oil extraction shops. *Iranian Journal of Food Science and Technology*, 17(108), 1-15. (In Persian).
- [40] Ghanbari Shendi, E., Ozay, D.S., Ozkaya, M.T., & Ustune, N.F. (2018). Changes occurring in Chemical composition and oxidative stability of virgin olive oil during storage. *Oilseeds and Fats, Crops and Lipids (OCL)*, 25(6), A602. (In Persian).
- [41] Coutelieres, F. A., & Kanavouras, A. (2005). Experimental and theoretical investigation of packaged olive oil: Developmental of quality indicator based on mathematical predictions. *Journal of Food Engineering*, 73, 85-92.
- [42] Kiai, H., & Hafidi, A. (2014). Chemical composition changes in four green olive cultivars during spontaneous fermentation. *LWT-Food Sci. Technol*, 57(2), 663-670.
- [43] Ghaderi, M., Sadeghi Mahoonak, A., Alami, M., Ghorbani, M., & Azizi, M. (2011). The effect of acidic, alkaline and salt conditions on removal of phenolic compounds from the brain of two oak varieties Iranian. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*, 7(1), 50-59. (In Persian).
- [44] Salimi, A., Rowshan, V., & Khanpoor, E. (2017). Effect of salinity on quality and quantity of essential oil components and antioxidant activity in yarrow (*Achillea millefolium* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(6), 948-957. (In Persian).
- [45] Abidfar, A., Ebrahimi, M., Sadeghi, A., & Gholamhosseinpour, A. (2016). Evaluating the effect of salt percentage, pH and storage temperature on the viability of *Lactobacillus brevis* and *Lactobacillus plantarum* probiotic bacteria and the quality characteristics of fermented olives using the surface pass method. 1-17. (in Persian).



Scientific Research

The Effect of Olive Storage Treatments on Quality and Oxidative Indices of Olive Oil

A.Narollah zade*, M.Tayefe

Assistant Professor Department of food science and technology, La.C., Islamic Azad University, Lahijan, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received:2025/08/01 Accepted:2025/09/24 Keywords: antioxidant activity, Olive oil, storage, salt, Vinegar. DOI: 10.48311/fsct.2026.84071.0 *Corresponding Author E- azinnasr@iau.ac.ir	Storing olives in brine and vinegar to enhance flavor and extend shelf life is one of the most common methods. However, these additives can influence the quality of olive oil. In this study, the effects of salt (10% and 20%) and vinegar (3% and 5%) on the physicochemical properties of olive oil were examined over different storage periods (days 1, 30, 60, and 90). Indicators such as pH, acidity, peroxide value, anisidine value, totox index, total phenolic compounds, and antioxidant activity were measured. Results showed that pH decreased over time. The lowest pH (4.8) was observed in the treatment with 20% salt and 5% vinegar on day 90, while the highest pH (8.1) was recorded in the treatment with 10% salt and 3% vinegar on day 1. The peroxide value of the oil on day 1 in the treatment with the lowest concentrations of salt and vinegar was 2.7 meq/kg, which increased to 28.3 meq/kg by the end of the second month in the treatment with the highest concentrations. Anisidine and Totox indices also increased with higher concentrations of salt and vinegar and over time, especially during the first month. Increasing salt concentration led to a rise in phenolic compounds and antioxidant activity, whereas higher vinegar concentration and longer storage duration caused a decline in these parameters. The highest phenolic content (3480 mg/kg) was recorded in the treatment with 20% salt and 3% vinegar on day 1, while the lowest (2731 mg/kg) was observed in the treatment with 10% salt and 5% vinegar on day 90. Antioxidant activity decreased from 44% in the treatment with high salt and low vinegar on day 1 to 19% in the treatment with low salt and high vinegar on day 90. To maintain the oxidative stability of olive oil, using a high concentration of salt (20%) and a low concentration of vinegar (3%) is recommended.