

(Original Research Paper)

Effect of Different Concentrations of Salt and Lactic Acid on the Physicochemical Characteristics of Zard Olive Cultivar (Natural Fermentation Method)

Abradat Mosallaie^{1*}, Mahnaz Mazaheri Asadi²

1-Ph.D Graduated of Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

2-Professor, Department of Biotechnology, Iranian Research Organization for Science and Technology, Tehran, Iran.

Received:11/06/2022

Accepted:25/07/2022

Doi: [10.71810/jfst.2024.1004756](https://doi.org/10.71810/jfst.2024.1004756)

Abstract

Qazvin province is one of the most fertile and suitable regions for olive agriculture in Iran. The purpose of this research was to focus on the specifics of natural fermentation of Zard Olive coming from Tarom-e Sofla region of Qazvin province. This research looked at different of salt concentrations (4%, 8% and 10%), acidity (0 and 0.5) and chemical factors (pH, total phenol and reducing sugars). Both the olives and the brine were kept for evaluated for 7 months (210 days) in ambient temperature. The results of this study showed that by increasing the fermentation time, the salt content decreased in brine, and the total phenol content increased. Also, the total phenol and salt in olives decreased and increased respectively, and the levels of reducing sugars and pH in brine and olives decreased. At the end of fermentation highest total phenol was observed in olive treatment with 8% salt. Lowest level of the reducing sugars belonged to the treatment with 10% salt and with no acid. There was statistical significant difference between this group and others. In general there were more sugar, total phenol and pH in the fermented olives compare to the fermentation brine. It can be concluded that increase salt and lactic acid can increase total phenol in the fermented olives. Also pH reduction plays an important role in increasing the quality and reducing the pollution during the fermentation process.

Keywords:Lactic Acid, Salt, Zard Olive, Total Phenol, Natural Fermentation.

*Corresponding Author: abradatmosallaie@yahoo.com

(مقاله پژوهشی)

تأثیر غلظت های مختلف نمک و اسید لاکتیک بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی زیتون رقم زرد (روش تخمیر طبیعی)

آبرادات مصلائی^{۱*}، مهناز مظاهری اسدی^۲

۱-دانش آموخته دکتری، گروه بیوتکنولوژی، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران

۲-استاد، گروه بیوتکنولوژی، سازمان پژوهش های علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۵/۰۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

Doi: [10.71810/jfst.2024.1004756](https://doi.org/10.71810/jfst.2024.1004756)

چکیده

با توجه به این که استان قزوین از مناطق مستعد کشت زیتون به شمار می آید، این پژوهش با هدف بررسی ویژگی های رقم زیتون زرد منطقه طارم سفلی قزوین تولید شده به روش تخمیر طبیعی صورت گرفت. بدین منظور، اثر غلظت های مختلف نمک (۴، ۸، ۱۰ درصد) و اسید لاکتیک (صفر و ۰/۵ درصد) بر ویژگی های فیزیکوشیمیایی (pH، ترکیبات فنلی کل، قندهای احیاء کننده، نمک) آب نمک حاوی زیتون زرد و خود میوه طی تخمیر طبیعی به مدت هفت ماه (۲۱۰ روز) در دمای محیط ارزیابی شد. نتایج نشان داد که با افزایش زمان تخمیر، مقدار نمک در آب نمک کاهش و مقادیر ترکیبات فنلی کل، افزایش یافت. همچنین، مقدار ترکیبات فنلی کل و نمک در میوه زیتون به ترتیب کاهش و افزایش و سطوح قندهای احیاء کننده و pH در آب نمک و میوه زیتون کاهش یافت. در پایان تخمیر، بالاترین میزان ترکیبات فنلی کل در تیمار میوه حاوی ۸ درصد نمک مشاهده گردید. از نظر قندهای احیاء کننده، بیشترین میزان مربوط به تیمار میوه حاوی ۱۰ درصد نمک بود که با سایر تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی داری داشت. سطوح قندها، ترکیبات فنلی کل و pH در میوه های زیتون در مقایسه با آب نمک بیشتر بود. نتایج نشان داد که نمک و اسید لاکتیک در نسبت های بهینه می تواند موجب افزایش ترکیبات فنلی کل در زیتون شود. همچنین، کاهش pH نیز نقش مهمی را در بهبود کیفیت و کاهش آلودگی محصول طی تخمیر ایفا می کند.

واژه های کلیدی: اسید لاکتیک، نمک، زیتون زرد، ترکیبات فنلی کل، تخمیر طبیعی.

۱- مقدمه

بر اساس تعریف شورای بین المللی روغن زیتون (IOC)^۱، زیتون آماده مصرف میوه سالم حاصل از گونه های خاص درخت زیتون (*Olea europea L.*) است که در مرحله مناسبی از رسیدگی برداشت شده و تحت فرآوری قرار می گیرند به نحوی که تبدیل به یک محصول دارای طعم مناسب و قابل مصرف می گردد (۳). میوه رسیده زیتون دارای ترکیبات مختلفی شامل آب، روغن، قندها، پروتئین ها، اسیدهای آلی و سلولز است. نسبت قسمت گوشتی به هسته زیتون در میوه مناسب برای روغن کِشی نسبتی برابر ۴ به ۱ تا ۸ به ۱ است. پوست میوه دارای ترکیبات دو قطبی است که توسط استخراج مکانیکی خارج نشده و در تفاله می ماند. بیشتر روغن (۹۸-۹۶ درصد) در قسمت گوشتی میوه قرار داشته و در حدود ۶۰-۴۰ درصد وزن میوه را تشکیل می دهد. هسته چوبی، دانه ای را در برگرفته که روغن موجود در آن به دلیل دارا بودن مقدار زیادی اسید لینولئیک به مراتب غیراشباع تر از روغن قسمت گوشتی زیتون است (۲). میوه زیتون از جمله محصولات آبی است که به دلیل تلخی زیاد امکان مصرف مستقیم آن بلافاصله پس از برداشت وجود نداشته و می بایست تحت یک سری فرآورده های قرار بگیرد. حداقل هدف اصلی که از فرآیند میوه های زیتون می توان انتظار داشت، حذف طعم تلخ است که توسط هیدرولیز ترکیبات فنلی از جمله اولئوپین صورت می گیرد. روش های متفاوتی جهت حذف عوامل تلخی از زیتون و آماده سازی آن جهت مصرف وجود دارد که مهمترین آن شامل (الف) فرآوری زیتون های سبز در آب نمک^۱ به روش اسپانیایی (یا سویلی)، (ب) فرآیند زیتون های سیاه در آب نمک به روش کالیفرنایی، (پ) فرآوری طبیعی زیتون های سیاه در آب نمک به روش یونانی می باشد (۴، ۱۶). در دو روش اول، عوامل تلخی توسط مواد قلیایی حذف می شوند، در حالی که در روش یونانی میوه های زیتون مستقیماً در آب نمک

قرار گرفته و بخشی از اولئوپین^۲ موجود در آن ها به صورت تدریجی و در طی فرآیند تخمیر حذف می گردد. مسئول انجام فرآیند تخمیر در تهیه زیتون به روش اسپانیایی، باکتری های اسید لاکتیک (LAB)^۳ هستند، در مقابل، در فرآیند زیتون های سیاه به روش یونانی مخمرها مسئول انجام عمل تخمیر می باشند و باکتری های اسید لاکتیک بخش کمی از فلور میکروبی موجود را تشکیل می دهند (۵، ۱۸). بیشتر باغهای اقتصادی زیتون ایران از ارقام زرد و روغنی محلی تشکیل شده اند و ارقام فیشمی، شنگه و ماری نیز در سطوح بسیار محدودی مشاهده می گردند. رقم زرد، رقمی پر محصول و بومی ایران است. که به منظور کنسرو سازی و روغن کشی برداشت می شود (۲۲). درصد روغن زیتون بالا و حدود ۲۵-۲۸ درصد است (۲۶). در رابطه با به کارگیری از غلظت های مختلف نمک و اسید لاکتیک به طور هم زمان بر خواص کیفی انواع زیتون طی تخمیر پژوهش مستقلی صورت نگرفته است. اما مطالعات مشابه اهمیت استفاده از کشت های آغازگر و نقش مهم اسید لاکتیک را بیان نموده اند. به عنوان مثال، سلامی و همکاران (۱۳۹۰)، طی پژوهشی در بررسی استفاده از لاکتوباسیل پلاتناروم به عنوان کشت آغازگر در پروسه تخمیر زیتون سبز با شرایط هوادهی گزارش کردند که استفاده از لاکتوباسیلوس پلاتناروم مناسب به عنوان کشت آغازگر، کنترل میکروبیولوژیکی فرایند تخمیر را بهبود می بخشد، افزایش تولید اسید لاکتیک و متعاقباً افزایش اسیدیته در آب نمک زیتون را سبب می شود و تولید زیتون سبز تخمیری با کیفیت بالا و ثابت را فراهم می کند (۶). از آن جایی که زیتون رقم زرد، مهمترین رقم مورد استفاده در منطقه طارم سفلی بوده و بخش عمده فرآوری این محصول را به خود اختصاص داده است (۱، ۷). در این پژوهش فرآیند تخمیر طبیعی زیتون با استفاده از درصد های مختلف نمک و اسید خوراکی (به عنوان دو مورد از عوامل اصلی خارجی در کنترل تخمیر) انجام شد و ویژگی های فیزیکوشیمیایی

2-Oleuropein

3-Lactic Acid Bacteria

1-International Olive Council

صورت گرفت. عمل کالبره کردن دستگاه توسط دو محلول بافر استاندارد با pH های ۴/۰۰ و ۷/۰۰ انجام شد.

۲-۲-۲- اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل در میوه زيتون و در آب نمك

برای اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کلاز معرف فولین سیو- کالجواستفاده شد. برای این منظور، مقدار ۰/۵ گرم نمونه زيتون در داخل هاون در حضور ۳ میلی لیتر متانول ۸۵ درصد کاملاً همگن شد و پس از صاف کردن با کاغذ صافی، ۳۰۰ میکرولیتر از آن برداشته شد و به آن ۱۲۰۰ میکرولیتر کربنات سدیم ۷ درصد افزوده گردید و پس از ۹۰ دقیقه تکان دادن روی شیکر با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه در دمای اتاق و در شرایط تاریکی، جذب نمونه در طول موج ۷۶۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Optizen 2120 UV PLUS) در طول موج ۷۶۵ نانومتر تعیین گردید. جهت رسم منحنی استاندارد از رقت های ۷۰۰ - ۱۰۰ پی پی ام اسید گالیک استاندارد به صورت هفت نقطه ای استفاده شد. مجموع ترکیبات فنلی کل به صورت میلی گرم در کیلوگرم گزارش شد. برای آب نمك نیز از همین روش استفاده گردید (۱۹، ۳).

۲-۲-۳- اندازه‌گیری نمك

اندازه‌گیری نمك به روش تیتراسیون توسط نترات نقره و بر اساس استاندارد ملی ایران به شماره ۹۸۷ انجام گردید (۳).

۲-۲-۴- اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده

تعیین قندهای احیاء کننده (بر حسب گرم گلوکز در ۱۰۰ میلی لیتر از آب نمك) بر اساس روش گاردیو فرناندز^۱ و همکاران (۱۹۹۷) و با کمک روش طیف سنجی (طول موج ۴۸۵ نانومتر) انجام شد و میزان قندهای احیاء کننده بر حسب میلی گرم در گرم وزن خشك گزارش گردید (۱۲).

محصول طی مراحل تخمیر مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش می‌تواند به عنوان پیشینه‌ای جهت انجام مطالعات کاربردی و امور اصلاحی در ارتباط با بهینه‌سازی روش‌های فرآوری این محصول سلامت محور و ارزشمند باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها

زیتون مورد استفاده در این تحقیق از نوع رقم زرد بود و تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این پژوهش از شرکت مرک (آلمان) تهیه شد. نمونه برداری در نیمه اول مهرماه هنگامی که میوه های زيتون به درجه مناسبی از رسیدگی رسیدند و رنگ آن‌ها به صورت سبز تیره درآمد، صورت گرفت. میوه‌های زيتون مورد استفاده در این پژوهش از درختان مزرعه کشت و صنعت خندان واقع در اراضی روستای سیاه پوش منطقه طارم سفلی قزوین تهیه گردید. برداشت به صورت دستی و از حدود ۳۰ اصله درخت صورت گرفت. بلافاصله پس از برداشت، نمونه‌ها جهت تعیین مشخصات فیزیکی و بررسی‌های شیمیایی به آزمایشگاه انتقال داده شدند. پس از جداسازی میوه‌های آفت زده و آسیب دیده، از نظر اندازه جداسازی شده و در غلظت‌های ۴، ۸ و ۱۰ درصد آب نمك در شرایط حضور و یا عدم حضور اسید خوراکی (اسید لاکتیک، ۰ و ۰/۵ درصد) به مدت ۲۱۰ روز در دمای ثابت ۲۵ درجه سانتی گراد نگهداری شدند تا تخمیر در آن‌ها صورت گیرد. افزودن نمك در غلظت‌های ۸ و ۱۰ درصد به منظور جلوگیری از آسیب در بافت زيتون، به صورت مرحله‌ای صورت گرفت.

۲-۲- آزمون‌های شیمیایی نمونه‌ها

۲-۱- اندازه‌گیری pH

اندازه‌گیری pH هم در آب نمك و هم در میوه زيتون و با استفاده از pH متر (pH متر متروم آلمان، مدل ۷۴۴)

۳-۲- تجزیه و تحلیل آماری

به منظور انجام تحقیق و تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمون‌ها، از تجزیه واریانس در طرح کاملاً تصادفی با آرایش فاکتوریل استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال $\alpha = 5\%$ و با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۲ انجام گرفت و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel 2013 رسم شدند.

۳-نتایج و بحث

۳-۱- نتایج اندازه‌گیری ترکیبات فنلی کل

۳-۱-۱- اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی کل در آب نمک

در جدول ۱ تغییرات میانگین مقادیر ترکیبات فنلی کل نمونه‌های مختلف آب نمک (mg GA/kg) طی زمان

تخمیر ارائه شده است که مطابق آن، با افزایش زمان تخمیر، میزان ترکیبات فنلی کل در آب نمک افزایش یافت. بیشترین میزان فنل کل در روز پایانی مربوط به تیمار حاوی ۴ درصد نمک و حاوی اسید (S_2) است که با تیمارهای دیگر در این روز تفاوت معنی داری نداشت ($p < 0/05$). شرایط نگهداری محصول پس از برداشت و طول دوره انبارمانی فاکتورهای مهمی هستند که بر ترکیبات فنلی تأثیر معنی‌داری دارد (۸). علاوه بر این وجود ترکیبات فنلی، میزان جذب فنل و تغییر آن در محصول بر اثر فعالیت آنزیم پلی فنل اکسیداز موجب تغییراتی در رنگ می شود (۲۵). بررسی‌ها نشان داد که واریته‌های زیتون می‌توانند به عنوان منبع خوبی از ترکیبات فنولی برای مصارف دارویی و تجاری باشند (۱۴).

جدول ۱ - تغییرات میانگین مقادیر فنل کل نمونه‌های مختلف آب نمک (mg GA/kg) طی زمان تخمیر.

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	$293/5 \pm 5/5$ ^{Aj**}	$297/0 \pm 6/0$ ^{A,h}	$286/0 \pm 7/5$ ^{AB,i}	$289/3 \pm 9/2$ ^{AB,i}	$275/3 \pm 8/6$ ^{B,j}	$280/6 \pm 5/5$ ^{B,i}
۱۰	$505/8 \pm 5/8$ ^{B,i}	$571/6 \pm 5/4$ ^{A,g}	$478/6 \pm 7/6$ ^{D,h}	$505/4 \pm 3/21$ ^{B,h}	$451/2 \pm 8/3$ ^{E,i}	$491/8 \pm 3/6$ ^{C,h}
۲۰	$680/1 \pm 10/4$ ^{C,h}	$766/9 \pm 7/3$ ^{B,f}	$636/1 \pm 6/3$ ^{D,g}	$783/8 \pm 6/8$ ^{A,g}	$599/1 \pm 10/2$ ^{E,h}	$620/9 \pm 9/5$ ^{D,g}
۳۰	$851/3 \pm 11/1$ ^{C,g}	$919/1 \pm 10/5$ ^{B,e}	$817/2 \pm 6/8$ ^{D,f}	$954/4 \pm 9/6$ ^{A,f}	$720/6 \pm 11/7$ ^{E,g}	$903/6 \pm 9/2$ ^{B,f}
۶۰	$1346/0 \pm 14/3$ ^{C,f}	$1511/0 \pm 11/4$ ^{A,d}	$1181/0 \pm 10/9$ ^{D,e}	$1321/0 \pm 15/7$ ^{C,e}	$979/7 \pm 9/5$ ^{E,f}	$1381/0 \pm 11/9$ ^{B,e}
۹۰	$1607/0 \pm 12/1$ ^{C,e}	$1702/0 \pm 13/8$ ^{A,c}	$1440/0 \pm 9/5$ ^{D,d}	$1650/0 \pm 14/5$ ^{B,d}	$1412/0 \pm 11/6$ ^{E,e}	$1610/0 \pm 13/6$ ^{C,d}
۱۲۰	$2217/0 \pm 8/5$ ^{A,d}	$2210/0 \pm 10/4$ ^{A,b}	$1927/0 \pm 11/3$ ^{D,c}	$2011/0 \pm 10/5$ ^{C,c}	$1703/0 \pm 9/6$ ^{E,d}	$2150/0 \pm 10/5$ ^{B,c}
۱۵۰	$2442/0 \pm 11/1$ ^{B,c}	$2518/0 \pm 8/7$ ^{A,a}	$2290/0 \pm 10/1$ ^{D,b}	$2341/0 \pm 10/4$ ^{C,b}	$1912/0 \pm 11/2$ ^{F,c}	$2241/0 \pm 12/4$ ^{E,b}
۱۸۰	$2482/0 \pm 10/2$ ^{B,b}	$2520/0 \pm 15/0$ ^{A,a}	$2291/0 \pm 11/7$ ^{D,b}	$2404/0 \pm 12/2$ ^{C,a}	$2102/0 \pm 11/1$ ^{E,b}	$2412/0 \pm 9/3$ ^{C,a}
۲۱۰	$2503/0 \pm 12/7$ ^{A,a}	$2515/0 \pm 5/9$ ^{A,a}	$2470/0 \pm 14/9$ ^{B,a}	$2405/0 \pm 14/5$ ^{C,a}	$2180/0 \pm 10/0$ ^{D,a}	$2409/0 \pm 9/5$ ^{C,a}

* S_1 : ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S_2 : ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S_3 : ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S_4 : ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S_5 : ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S_6 : ۱۰٪ نمک، دارای اسید

**حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p > 0/05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف ($p > 0/05$) است.

۳-۱-۲- اندازه‌گیری میزان ترکیبات فنلی کل در میوه زیتون طی تخمیر

ترکیبات فنلی دارای خواص آنتی اکسیدانی هستند که این ویژگی غالباً به ساختار شیمیایی و خواص احیاکنندگی آن‌ها در ارتباط است (۹). مطابق جدول ۲ که تغییرات میانگین مقادیر ترکیبات فنلی کل نمونه‌های مختلف میوه زیتون طی زمان تخمیر را نشان می‌دهد، با افزایش زمان تخمیر، میزان فنل کل تیمارهای مورد بررسی کاهش یافت که در بیشتر زمان‌های مورد ارزیابی و در روز پایانی، بالاترین میزان فنل کل مربوط به تیمار حاوی ۱۰ درصد نمک و فاقد اسید (S_5) بود که تفاوت معنی داری با سایر تیمارها نداشت ($p>0/05$). این کاهش میزان فنل می‌تواند به واسطه نفوذ فنل از گوشت زیتون به درون محلول آب نمک باشد. به علت مصرف قندهای ساده، میزان مواد جامد محلول کاهش می‌یابد. همچنین بیانچی^۱ (۲۰۰۳) با مطالعه بر روی تغییرات لیپیدها و فنل‌ها در زیتون‌های سبز و سیاه طی

زمان نگهداری، نفوذ فنل از پوست محصول به محلول آب نمک و کاهش جزئی مقدار فنل را نتیجه گرفت. مقایسه میانگین مواد جامد محلول طی انبارمانی در دو دمای نگهداری ۴ و ۲۵ درجه سانتی‌گراد نشان داد که مقدار این پارامتر برای زیتون‌های نگهداری شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به میزان ۲/۱۳-۰/۰۶ درصد بیشتر از زیتون‌های مشابه در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد بود. نرم شدن سلول‌های بافت میوه، بلوغ و رسیدگی سریعتر و فعالیت‌های بیشتر متابولیکی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به دمای ۴ می‌تواند از جمله دلایل این امر دانست (۱۳). قابل ذکر است که مقادیر ترکیبات پلی فنلی موجود در میوه‌های زیتون وابسته به نوع واریته و منطقه رویش نیز می‌باشد. به عنوان مثال، آللوت^۲ و همکاران (۲۰۰۹) رقم کرونائیکی را یک رقم با میزان پلی‌فنل بالا و رقم آربکین را رقمی با میزان پلی‌فنل پائین گزارش نموده‌اند (۱۰).

جدول ۲- تغییرات میانگین مقادیر ترکیبات فنلی کل نمونه‌های مختلف میوه زیتون (mg GA/kg) طی زمان تخمیر

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۵۸۷۰/۰±۱۰/۰ A,b	۵۷۶۰/۰±۱۲/۰ D,b	۵۸۱۰/۳±۱۰/۵ C,b	۵۷۴۰/۰±۱۵/۰ D,b	۵۹۰۰/۰±۱۷/۱ A,b	۵۸۶۰/۰±۱۱/۰ B,b
۱۰	۵۶۲۰/۳±۹/۵ C,c	۵۵۲۰/۰±۱۶/۰ D,c	۵۵۳۰/۰±۸/۱ D,c	۵۴۶۰/۰±۱۰/۳ E,c	۵۷۱۰/۳±۸/۵ A,c	۵۶۵۰/۰±۱۲/۳ B,c
۲۰	۵۳۱۶/۳±۱۵/۲ B,d	۵۰۴۱/۳±۶/۵ D,d	۵۳۰۴/۰±۹/۲ B,d	۵۰۹۸/۰±۱۱/۸ C,d	۵۵۲۱/۰±۱۱/۴ A,d	۵۳۰۴/۳±۸/۱ B,d
۳۰	۵۰۱۰/۰±۱۰/۰ C,e	۴۶۹۰/۰±۱۵/۰ F,e	۴۹۵۰/۰±۷/۵ D,e	۴۸۰۱/۰±۱۱/۰ E,e	۵۴۲۰/۰±۱۷/۰ A,e	۵۱۱۰/۳±۱۰/۵ B,e
۶۰	۴۸۱۰/۰±۱۶/۰ C,f	۴۲۵۰/۷±۱۲/۰ D,f	۴۲۲۰/۰±۱۴/۱ D,f	۴۱۸۰/۰±۱۰/۵ E,f	۴۹۰۰/۷±۹/۰ B,f	۵۱۰۰/۰±۲۰/۲ A,e
۹۰	۴۱۲۰/۰±۱۳/۰ C,g	۳۹۰۰/۳±۱۲/۵ E,g	۳۹۳۹/۷±۱۰/۵ D,g	۳۹۱۰/۳±۹/۴ DE,g	۴۳۰۸/۰±۶/۱ A,g	۴۲۸۰/۰±۱۲/۰ B,f
۱۲۰	۳۸۹۰/۰±۱۰/۰ C,h	۳۷۱۹/۷±۱۴/۳ E,h	۳۷۰۸/۷±۶/۷ E,h	۳۸۵۰/۳±۹/۵ D,h	۴۲۸۰/۰±۱۰/۴ A,h	۴۰۱۱/۷±۱۱/۵ B,g
۱۵۰	۳۷۰۱/۷±۱۲/۱ C,i	۳۵۵۰/۷±۹/۲ E,i	۳۶۷۰/۰±۱۰/۲ D,i	۳۵۲۰/۷±۱۳/۰ F,i	۴۰۵۹/۰±۱۴/۰ A,i	۳۸۳۰/۳±۱۵/۵ B,h
۱۸۰	۳۶۵۰/۷±۸/۰ C,j	۳۴۰۵/۳±۱۷/۵ E,j	۳۶۰۷/۷±۸/۷ D,j	۳۴۱۰/۷±۱۱/۱ E,j	۳۹۴۱/۳±۷/۱ A,j	۳۸۲۵/۳±۱۴/۴ B,h
۲۱۰	۳۵۲۴/۰±۱۱/۰ C,k	۳۳۴۱/۷±۱۲/۰ D,k	۳۵۴۰/۰±۱۳/۴ C,k	۳۳۶۰/۷±۱۶/۳ D,k	۳۹۱۱/۷±۱۲/۶ A,k	۳۸۲۵/۷±۷/۰ B,h

* S_1 : ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S_2 : ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S_3 : ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S_4 : ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S_5 : ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S_6 : ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

** حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p>0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف است. ($p>0.05$)

۳-۲- نتایج اندازه گیری pH

۳-۲-۱- نتایج اندازه گیری pH آب نمک طی تخمیر

pH یکی از عوامل کنترل کننده تخمیر و از اساسی ترین فاکتورهای مؤثر بر کیفیت زیتون های تخمیری است. هرچند که اکثر باکتری ها به جز باکتری های اسید لاکتیک و باکتری های اسید استیک، pH های نزدیک به خنثی را ترجیح می دهند، کپک ها و مخمرها در pH اسیدی قادر به رشد و نمو هستند (۲۱). مطابق جدول ۳، با گذشت زمان تخمیر، میزان pH تیمارهای مورد بررسی، کاهش یافت، اگر چه بین این مقادیر در تیمارهای مختلف به ویژه طی روزهای ۱ تا ۵۰، تفاوت کاملاً معنی داری وجود داشت ($p < 0/05$). به عنوان مثال، در روز ۳۰، تفاوت بین تیمار حاوی ۱۰ درصد نمک (فاقد اسید) (S_5) با تیمار حاوی ۴ درصد نمک دارای اسید (S_2) کاملاً معنی دار بود ($P < 0/05$) (جدول ۳). در روز ۵، بیشترین و کمترین میزان pH به ترتیب متعلق به تیمار حاوی ۴ درصد نمک (فاقد اسید) (S_1) و تیمار محتوی ۱۰ درصد نمک و حاوی اسید (S_6) بود که با یکدیگر تفاوت کاملاً معنی داری داشتند ($p < 0/05$). وجود اسید در تیمار S_6 موجب کاهش مقدار pH گردید. میزان pH تیمار S_6 با گذشت زمان کاهش

کاملاً معنی داری یافت، به طوری که در روز پایانی، این تیمار کمترین pH را نشان داد که تفاوت آن با تمام تیمارها (جز تیمار حاوی ۱۰ درصد نمک)، معنی دار بود ($p < 0/05$) (جدول ۳). نتایج پژوهش سلامی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که تخمیر لاکتیکی در تخمیر طبیعی زیتون ها (بدون تیمار با هیدروکسید سدیم) با فراهم کردن شرایط فیزیکوشیمیائی مناسب اتفاق می افتد. هم چنین اضافه کردن لاکتوباسیلوس پلاتاروم در روز ۵ تخمیر باعث میشود pH در طول تخمیر کنترل شود (۶). نتایج گارسیا و دوران^۱ (۱۹۹۳) نیز با این نتایج همخوانی دارد (۱۵). تخمیر اسید لاکتیک به وسیله باکتری های اسید لاکتیک انجام می شود و می تواند با رشد این باکتری ها تقویت گردد. به همین دلیل، با افزایش زمان تخمیر، میزان تولید اسید افزایش یافته و کاهش pH اتفاق می افتد (۱۲، ۲۰، ۲۷). گارسیا^۲ (۱۹۸۵) گزارش داد که چنان چه شرایط فیزیکوشیمیائی مناسب برای زیتون هایی که به طور مستقیم در آب نمک قرار می گیرند، فراهم باشد، در آن ها هم می توان تخمیر لاکتیکی را مشاهده نمود که یکی از مهمترین این شرایط، کاهش pH با اسید استیک و همچنین برقرار کردن شرایط هوادهی می باشد (۱۷).

1-Garcia and Duran

2-Garcia

جدول ۳ - تغییرات میانگین مقادیر pH نمونه‌های مختلف آب نمک طی زمان تخمیر.

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۵/۷۹±۰/۰۳ B,b	۴/۶۸±۰/۰۲ C,a	۵/۸۴±۰/۰۰ A,b	۴/۶۹±۰/۰۱ C,a	۵/۸۵±۰/۰۳ A,b	۴/۷۰±۰/۰۰ C,a
۱۰	۵/۸۱±۰/۰۲ A,b	۴/۴۸±۰/۰۱ D,b	۵/۷۸±۰/۰۰ B,c	۴/۲۱±۰/۰۲ E,b	۵/۷۷±۰/۰۱ B,c	۴/۵۸±۰/۰۴ C,b
۲۰	۵/۷۳±۰/۰۳ A,c	۴/۱۹±۰/۰۰ D,c	۵/۶۵±۰/۰۱ B,d	۴/۱۸±۰/۰۱ D,c	۵/۷۱±۰/۰۱ A,d	۴/۳۲±۰/۰۱ C,c
۳۰	۵/۲۱±۰/۰۰ C,d	۴/۱۱±۰/۰۰ E,d	۵/۳۲±۰/۰۳ B,c	۴/۰۴±۰/۰۲ F,d	۵/۳۹±۰/۰۱ A,e	۴/۱۵±۰/۰۱ D,d
۶۰	۴/۶۴±۰/۰۲ A,c	۳/۹۰±۰/۰۰ E,g	۴/۱۸±۰/۰۲ C,f	۳/۸۲±۰/۰۱ F,f	۴/۶۰±۰/۰۰ B,f	۴/۰۸±۰/۰۳ D,e
۹۰	۴/۴۲±۰/۰۱ A,f	۳/۹۳±۰/۰۰ E,f	۴/۰۸±۰/۰۰ C,g	۳/۷۵±۰/۰۱ F,gh	۴/۳۳±۰/۰۳ B,g	۴/۰۱±۰/۰۲ D,f
۱۲۰	۴/۴۱±۰/۰۳ A,f	۳/۹۳±۰/۰۲ D,f	۴/۰۱±۰/۰۱ C,h	۳/۷۷±۰/۰۰ E,g	۴/۲۶±۰/۰۱ B,h	۴/۰۱±۰/۰۱ C,f
۱۵۰	۴/۴۰±۰/۰۰ A,g	۳/۹۱±۰/۰۱ E,g	۴/۰۱±۰/۰۰ C,h	۳/۷۷±۰/۰۳ F,g	۴/۱۱±۰/۰۱ B,i	۳/۹۹±۰/۰۰ D,f
۱۸۰	۴/۴۰±۰/۰۲ A,g	۳/۹۲±۰/۰۱ D,fg	۳/۹۸±۰/۰۲ C,i	۳/۷۱±۰/۰۰ E,h	۴/۱۰±۰/۰۳ B,i	۴/۰۰±۰/۰۱ C,f
۲۱۰	۴/۳۶±۰/۰۰ A,h	۳/۹۲±۰/۰۱ D,fg	۳/۹۶±۰/۰۲ C,j	۳/۷۳±۰/۰۳ E,h	۴/۱۰±۰/۰۲ B,i	۴/۰۹±۰/۰۱ B,c

* S1: ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S2: ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S3: ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S4: ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S5: ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛ S6: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

S6: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

** حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p>0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف ($p>0.05$) است.

۳-۲-۲- نتایج اندازه‌گیری pH میوه زیتون طی تخمیر

جدول ۴ تغییرات میانگین مقادیر pH نمونه‌های مختلف میوه زیتون طی زمان تخمیر را نشان می‌دهد که بر اساس آن، با گذشت زمان تا روز دهم، pH تیمارهای مورد بررسی افزایش یافت، اما بعد از آن، از مقادیر pH تیمارها کاسته شد که کاهش معنی‌دار pH پس از روز ۳۰ مشاهده گردید که مهمترین دلیل آن، انجام فرآیند تخمیر و تولید اسید است که با گذشت زمان نگهداری در آب نمک، بر میزان آن افزوده شد و در نتیجه، مقادیر pH کاهش یافت. بیشترین میزان pH طی زمان تخمیر مربوط به تیمار حاوی ۴ درصد

نمک (S1) و کمترین میزان متعلق به تیمار حاوی ۸ درصد نمک (S3) بود که طی روزهای مورد ارزیابی، تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود داشت ($p<0.05$). این نتیجه با نتایج پژوهش‌های پاپادلی^۱ و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی اثر کشت‌های آغازگر اسید لاکتیک بر تخمیر زیتون‌های سیاه طبیعی همخوانی دارد (۲۴). قندهای محلول تراوش شده از میوه زیتون به درون آب نمک به عنوان پیش ماده ای جهت تخمیر میکروبی است که در نهایت به تولید اسیدهای مسئول کاهش pH منجر می‌شود. همچنین، تولید متابولیت‌های ثانویه نیز به ظهور ویژگی‌های حسی محصول نهایی منتهی می‌گردد (۲۱).

جدول ۴ - تغییرات میانگین مقادیر pH نمونه‌های مختلف میوه زیتون طی زمان تخمیر

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۵/۲۶±۰/۰۲ E,c	۵/۲۶±۰/۰۱ E,a	۵/۴۱±۰/۰۳ B,b	۵/۲۸±۰/۰۰ D,a	۵/۴۹±۰/۰۲ A,a	۵/۳۰±۰/۰۱ C,a
۱۰	۵/۲۹±۰/۰۰ C,b	۵/۱۱±۰/۰۱ D,c	۵/۴۸±۰/۰۲ B,a	۵/۰۸±۰/۰۱ E,d	۵/۵۰±۰/۰۰ A,a	۵/۱۲±۰/۰۲ D,b
۲۰	۵/۳۱±۰/۰۱ B,a	۵/۱۸±۰/۰۰ D,b	۵/۲۲±۰/۰۱ C,c	۵/۰۶±۰/۰۲ E,d	۵/۳۶±۰/۰۳ A,b	۵/۰۱±۰/۰۱ F,c
۳۰	۵/۱۱±۰/۰۱ B,d	۴/۹۱±۰/۰۰ D,d	۵/۱۰±۰/۰۳ B,e	۵/۱۸±۰/۰۱ A,b	۵/۱۸±۰/۰۰ A,c	۴/۹۵±۰/۰۲ C,d
۶۰	۴/۷۶±۰/۰۴ A,e	۴/۳۲±۰/۰۲ D,e	۴/۱۸±۰/۰۰ F,f	۴/۴۲±۰/۰۱ C,e	۴/۶۸±۰/۰۳ B,e	۴/۲۵±۰/۰۰ E,e
۹۰	۴/۶۱±۰/۰۱ A,f	۴/۲۵±۰/۰۰ C,f	۴/۱۱±۰/۰۲ E,g	۴/۲۰±۰/۰۲ D,f	۴/۴۱±۰/۰۱ B,f	۴/۲۲±۰/۰۲ D,f
۱۲۰	۴/۴۹±۰/۰۰ A,g	۴/۲۱±۰/۰۱ C,g	۴/۱۰±۰/۰۳ D,g	۴/۲۱±۰/۰۰ C,f	۴/۳۸±۰/۰۲ B,g	۴/۱۱±۰/۰۰ D,g
۱۵۰	۴/۴۶±۰/۰۳ A,gh	۴/۱۶±۰/۰۱ D,h	۴/۰۱±۰/۰۱ F,h	۴/۱۸±۰/۰۰ C,g	۴/۲۹±۰/۰۱ B,h	۴/۱۱±۰/۰۲ E,g
۱۸۰	۴/۴۷±۰/۰۲ A,g	۴/۱۶±۰/۰۲ B,h	۴/۰۱±۰/۰۳ E,h	۴/۱۷±۰/۰۰ B,h	۴/۱۲±۰/۰۲ C,i	۴/۰۷±۰/۰۱ D,h
۲۱۰	۴/۴۵±۰/۰۳ A,h	۴/۰۶±۰/۰۱ C,i	۴/۰۱±۰/۰۲ D,h	۴/۱۱±۰/۰۰ B,i	۴/۱۲±۰/۰۱ B,i	۴/۰۱±۰/۰۱ D,i

* S₁: ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S₂: ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S₃: ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S₄: ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S₅: ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S₆: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

** حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p > 0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف است. ($p > 0.05$)

۳-۳- نتایج اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده

۳-۳-۱- اندازه‌گیری قندهای احیاء کننده در آب نمک طی تخمیر

در جدول ۵ تغییرات میانگین مقادیر قندهای احیاء کننده نمونه‌های مختلف آب نمک طی زمان تخمیر مشخص شده است که بر اساس آن، با افزایش زمان تخمیر تا پایان ماه سوم، سطح قندهای احیاء کننده در تمامی تیمارها به جز دو تیمار حاوی ۸ درصد نمک با اسید لاکتیک (S₄) و تیمار محتوی ۱۰ درصد نمک به تنهایی (S₅) افزایش یافت. بعد از آن، روند تغییرات قندهای احیاء کننده تا روز پایانی

کاهش معنی‌داری داشت، به جز دو تیمار حاوی ۸ درصد نمک (S₃) و تیمار محتوی ۱۰ درصد نمک (S₅) که از ماه ششم تا روز پایانی، افزایش روند تغییرات قندهای احیاء کننده را نشان دادند. مهم ترین دلیل کاهش میزان قندهای احیاء کننده از ماههای میانی تخمیر مربوط به تغذیه باکتری های اسید لاکتیک از این منابع قندی و در نتیجه افزایش میزان رشد آن ها می‌باشد. باقی ماندن قندها حتی بعد از یک تخمیر طولانی می‌تواند به واسطه تخمیر ناقص توسط مخمرها نیز باشد که موجب تراوش آن ها به درون آب نمک خواهد شد (۲۸).

جدول ۵ - تغییرات میانگین مقادیر قندهای احیاءکننده نمونه‌های مختلف آب نمک (mg/g DW) طی زمان تخمیر.

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۰/۰۸۰±۰/۰۰۸ ^{B,j}	۰/۰۹۰±۰/۰۰۲ ^{AB,j}	۰/۱۰۰±۰/۰۰۲ ^{A,i}	۰/۱۰۰±۰/۰۰۶ ^{A,j}	۰/۱۰۰±۰/۰۰۵ ^{A,i}	۰/۱۰۰±۰/۰۱۳ ^{A,h}
۱۰	۰/۳۲۰±۰/۰۰۷ ^{C,i}	۰/۳۸۰±۰/۰۰۳ ^{A,h}	۰/۲۸۰±۰/۰۰۵ ^{E,h}	۰/۳۵۰±۰/۰۰۸ ^{B,i}	۰/۳۰۰±۰/۰۰۶ ^{D,h}	۰/۳۳۰±۰/۰۰۹ ^{C,g}
۲۰	۰/۶۵۰±۰/۰۰۴ ^{B,f}	۰/۷۵۰±۰/۰۰۷ ^{A,e}	۰/۴۰۰±۰/۰۰۳ ^{E,g}	۰/۶۰۰±۰/۰۰۵ ^{C,f}	۰/۴۱۰±۰/۰۰۹ ^{E,g}	۰/۵۰۰±۰/۰۰۳ ^{D,f}
۳۰	۰/۸۱۰±۰/۰۰۵ ^{C,d}	۰/۸۸۰±۰/۰۰۳ ^{A,d}	۰/۸۵۰±۰/۰۱۱ ^{B,e}	۰/۸۰۰±۰/۰۰۴ ^{C,d}	۰/۶۰۰±۰/۰۰۷ ^{E,f}	۰/۷۱۰±۰/۰۱۱ ^{D,d}
۶۰	۱/۴۱۰±۰/۰۰۹ ^{A,b}	۱/۴۱۰±۰/۰۰۳ ^{A,b}	۱/۲۰۰±۰/۰۰۶ ^{B,b}	۱/۴۰۰±۰/۰۰۲ ^{A,a}	۱/۱۸۰±۰/۰۰۹ ^{C,a}	۱/۲۱۰±۰/۰۰۵ ^{B,b}
۹۰	۱/۵۵۰±۰/۰۰۵ ^{A,a}	۱/۵۲۰±۰/۰۰۷ ^{B,a}	۱/۳۲۰±۰/۰۰۲ ^{D,a}	۱/۳۵۰±۰/۰۰۴ ^{C,b}	۱/۱۹۰±۰/۰۰۵ ^{E,a}	۱/۳۱۰±۰/۰۱۴ ^{D,a}
۱۲۰	۱/۱۴۰±۰/۰۱۳ ^{B,c}	۱/۰۳۰±۰/۰۰۳ ^{D,c}	۱/۱۷۰±۰/۰۰۵ ^{A,c}	۱/۰۸۰±۰/۰۰۸ ^{C,c}	۱/۱۰۰±۰/۰۱۲ ^{C,b}	۱/۰۲۰±۰/۰۰۷ ^{D,c}
۱۵۰	۰/۷۲۰±۰/۰۰۴ ^{B,e}	۰/۶۱۰±۰/۰۱۱ ^{D,f}	۰/۹۷۰±۰/۰۰۶ ^{A,d}	۰/۶۹۰±۰/۰۰۷ ^{C,e}	۰/۷۳۰±۰/۰۰۳ ^{B,d}	۰/۷۰۰±۰/۰۰۴ ^{C,d}
۱۸۰	۰/۴۱۰±۰/۰۰۴ ^{D,g}	۰/۴۰۰±۰/۰۰۶ ^{D,g}	۰/۷۱۰±۰/۰۱۲ ^{A,f}	۰/۵۲۰±۰/۰۰۵ ^{C,g}	۰/۷۱۰±۰/۰۰۷ ^{A,e}	۰/۶۲۰±۰/۰۱۱ ^{B,e}
۲۱۰	۰/۳۸۰±۰/۰۰۸ ^{E,h}	۰/۳۱۰±۰/۰۰۴ ^{F,i}	۰/۷۲۰±۰/۰۰۳ ^{B,f}	۰/۴۱۰±۰/۰۰۹ ^{D,h}	۰/۷۴۰±۰/۰۰۸ ^{A,c}	۰/۵۱۰±۰/۰۱۲ ^{C,f}

*S₁: ۰/۴٪ نمک، بدون اسید؛ S₂: ۰/۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S₃: ۰/۸٪ نمک، بدون اسید؛ S₄: ۰/۸٪ نمک، دارای اسید؛ S₅: ۰/۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S₆: ۰/۱۰٪ نمک، دارای اسید.

**حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p>0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف ($p>0.05$) است.

۳-۲- اندازه‌گیری قندهای احیاءکننده در میوه

زیتون طی تخمیر

فرآیند تخمیر زیتون عموماً توسط لاکتیک اسید باکتری‌ها و گروهی از مخمرها صورت پذیرفته و در نتیجه این فرآیند pH نهایی به حدود ۴ می‌رسد. تغییرات میانگین مقادیر قندهای احیاءکننده نمونه‌های مختلف میوه زیتون (mg/g DW) طی زمان تخمیر در جدول ۶ مشخص شده است. بر اساس جدول ۶، روند تغییرات قندهای احیاءکننده

در میوه زیتون با گذشت زمان و طی تخمیر، کاهش بود. این روند کاهشی از روز اول تا پایان ماه اول کاملاً معنی‌دار بود ($p<0.05$)، اما از ماه اول تا پایان زمان تخمیر، روند کاهش مقادیر قندهای احیاءکننده کُندتر بود. به جز روزهای ابتدایی و انتهایی تخمیر، در سایر زمان‌های مورد ارزیابی، بالاترین میزان قندهای احیاءکننده به تیمار حاوی ۸ درصد نمک (S₃) مربوط می‌شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارها داشت ($p<0.05$).

جدول ۶ - تغییرات میانگین مقادیر قندهای احیاءکننده نمونه‌های مختلف میوه زیتون (mg/g DW) طی زمان تخمیر.

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۲/۸۳±۰/۰۳ B,a	۲/۸۱±۰/۰۲ B,a	۲/۸۸±۰/۰۴ AB,a	۲/۸۵±۰/۰۲ AB,a	۲/۹۰±۰/۰۳ A,a	۲/۹۰±۰/۰۱ A,a
۱۰	۲/۷۰±۰/۰۴ C,b	۲/۶۳±۰/۰۵ C,b	۲/۸۰±۰/۰۲ B,b	۲/۷۵±۰/۰۳ BC,b	۲/۸۵±۰/۰۲ A,a	۲/۷۹±۰/۰۴ B,b
۲۰	۲/۲۱±۰/۰۳ CD,c	۲/۱۷±۰/۰۴ D,c	۲/۳۹±۰/۰۷ B,c	۲/۲۴±۰/۰۵ C,c	۲/۵۰±۰/۰۴ A,b	۲/۴۱±۰/۰۲ B,c
۳۰	۲/۰۵±۰/۰۲ B,d	۱/۹۱±۰/۰۲ C,d	۲/۱۸±۰/۰۶ A,d	۲/۰۸±۰/۰۳ B,d	۲/۲۱±۰/۰۳ A,c	۲/۱۶±۰/۰۵ AB,d
۶۰	۲/۰۱±۰/۰۱ C,e	۱/۸۳±۰/۰۴ D,e	۲/۰۵±۰/۰۲ B,e	۱/۹۹±۰/۰۳ C,e	۲/۲۴±۰/۰۱ A,c	۲/۲۲±۰/۰۴ A,d
۹۰	۲/۰۵±۰/۰۴ AB,d	۱/۹۵±۰/۰۳ C,d	۲/۰۹±۰/۰۵ A,de	۱/۹۱±۰/۰۱ C,f	۱/۹۸±۰/۰۲ BC,d	۲/۰۱±۰/۰۲ B,e
۱۲۰	۱/۸۹±۰/۰۴ B,f	۱/۷۱±۰/۰۵ C,f	۲/۰۱±۰/۰۲ A,e	۱/۸۰±۰/۰۴ C,g	۱/۸۸±۰/۰۳ B,e	۱/۸۴±۰/۰۱ BC,f
۱۵۰	۱/۷۱±۰/۰۳ C,g	۱/۵۴±۰/۰۳ E,g	۱/۹۵±۰/۰۱ A,f	۱/۶۲±۰/۰۲ D,h	۱/۷۹±۰/۰۱ B,f	۱/۷۲±۰/۰۳ C,g
۱۸۰	۱/۶۱±۰/۰۵ B,h	۱/۴۸±۰/۰۴ C,gh	۱/۸۲±۰/۰۳ A,g	۱/۶۱±۰/۰۳ B,h	۱/۷۵±۰/۰۴ AB,f	۱/۶۹±۰/۰۶ B,gh
۲۱۰	۱/۵۹±۰/۰۲ B,h	۱/۴۴±۰/۰۲ C,h	۱/۷۱±۰/۰۴ A,h	۱/۵۸±۰/۰۳ B,h	۱/۷۵±۰/۰۱ A,f	۱/۶۱±۰/۰۲ B,h

* S₁: ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S₂: ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S₃: ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S₄: ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S₅: ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S₆: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

** حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p>0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف ($p>0.05$) است.

۳-۴- نتایج اندازه‌گیری میزان نمک

۳-۴-۱- اندازه‌گیری میزان نمک در آب نمک طی

تخمیر

در جدول ۷ تغییرات میانگین مقادیر نمک نمونه‌های مختلف آب نمک (٪) طی زمان تخمیر مشخص شده است. مطابق جدول ۷، از روز اول تا دهم، میزان نمک موجود در آب نمک تیمارهای مورد بررسی (جز تیمار حاوی ۴ درصد نمک با اسید) افزایش یافت. از روز دهم تا بیستم، میزان نمک موجود در آب نمک تمام تیمارها جز تیمار مذکور، کاهش یافت. در ادامه و تا پایان زمان تخمیر، روند تغییرات نمک کاهشی بود. بالاترین میزان نمک در

روز پایان تخمیر متعلق به تیمار حاوی ۱۰ درصد نمک (S₅) بود که همراه با تیمار S₆، بین تمام تیمارها، بالاترین سطح نمک موجود در آب نمک را داشت و تفاوت آن نیز با سایر تیمارهای مورد بررسی، معنی‌دار بود ($p<0.05$). استفاده از میزان نمک بالا موجب ممانعت از فساد میکروبی و رشد میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا در آب نمک می‌شود، اما به تراوش کم اجزاء محلول از زیتون به آب نمک منجر می‌گردد. به این ترتیب، میزان تلخی محصول کاهش می‌یابد (۱۱). زمانی که مخمرها غالب شوند، خصوصیات حسی محصول ارتقا می‌یابد (۲۳).

جدول ۷- تغییرات میانگین مقادیر نمک نمونه‌های مختلف آب نمک (%) طی زمان تخمیر.

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۳/۹۱±۰/۰۳ C,b	۳/۸۸±۰/۰۲ C,b	۴/۷۱±۰/۰۶ B,g	۴/۵۶±۰/۰۹ B,h	۶/۸۷±۰/۰۱ A,f	۶/۸۱±۰/۰۵ A,g
۱۰	۳/۵۳±۰/۰۵ C,c	۳/۴۲±۰/۰۶ C,c	۷/۸۲±۰/۰۴ B,a	۷/۷۷±۰/۰۳ B,a	۹/۷۴±۰/۰۵ A,a	۹/۷۰±۰/۰۲ A,a
۲۰	۳/۱۱±۰/۰۶ E,d	۳/۰۵±۰/۰۱ E,d	۶/۵۲±۰/۰۶ C,b	۶/۱۲±۰/۰۳ D,b	۸/۴۷±۰/۰۴ A,b	۸/۳۰±۰/۰۶ B,b
۳۰	۲/۸۷±۰/۰۱ D,c	۲/۹۰±۰/۰۵ D,c	۶/۱۲±۰/۰۱ B,c	۵/۹۵±۰/۰۴ C,c	۸/۱۵±۰/۰۷ A,c	۸/۰۹±۰/۰۴ A,c
۶۰	۲/۶۱±۰/۰۵ D,f	۲/۵۱±۰/۰۷ D,f	۵/۸۰±۰/۰۳ C,d	۵/۷۱±۰/۰۶ C,d	۷/۴۵±۰/۰۳ A,de	۷/۲۲±۰/۰۵ B,f
۹۰	۲/۶۰±۰/۰۴ C,f	۲/۴۹±۰/۰۲ D,f	۵/۵۱±۰/۰۵ B,e	۵/۴۹±۰/۰۴ B,e	۷/۴۱±۰/۰۲ A,e	۷/۳۵±۰/۰۴ A,e
۱۲۰	۲/۶۲±۰/۰۱ D,f	۲/۵۰±۰/۰۳ E,f	۵/۵۹±۰/۰۷ B,e	۵/۴۱±۰/۰۴ C,e	۷/۵۰±۰/۰۶ A,d	۷/۴۹±۰/۰۲ A,d
۱۵۰	۲/۵۷±۰/۰۵ E,f	۲/۵۱±۰/۰۷ E,f	۵/۵۷±۰/۰۴ C,e	۵/۱۵±۰/۰۶ D,f	۷/۵۱±۰/۰۲ A,d	۷/۴۱±۰/۰۵ B,e
۱۸۰	۲/۵۴±۰/۰۲ E,f	۲/۵۴±۰/۰۴ E,f	۵/۵۰±۰/۰۵ C,e	۵/۱۰±۰/۰۷ D,f	۷/۵۱±۰/۰۴ A,d	۷/۳۳±۰/۰۳ B,ef
۲۱۰	۲/۵۵±۰/۰۵ E,f	۲/۵۴±۰/۰۳ E,f	۵/۵۳±۰/۰۶ C,e	۵/۲۰±۰/۰۹ D,f	۷/۵۲±۰/۰۵ A,d	۷/۳۴±۰/۰۶ B,c

*S₁: ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S₂: ۴٪ نمک، دارای اسیدلاکتیک؛ S₃: ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S₄: ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S₅: ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S₆: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

**حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار ($p>0.05$) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف ($p>0.05$) است.

۳-۴-۲- اندازه‌گیری میزان نمک در میوه زیتون طی تخمیر

تغییرات میانگین مقادیر نمک نمونه های مختلف میوه زیتون (%) طی زمان تخمیر در جدول ۸ مشخص شده‌است. مطابق با جدول ۸، با گذشت زمان تخمیر از روز ۵ تا پایان تخمیر، میزان نمک ارزیابی شده در بافت میوه‌های زیتون افزایش یافت که روند افزایشی در طی تخمیر مربوط به تیمار حاوی ۱۰ درصد نمک و محتوی اسید (S₆) بود، در مقابل، تیمار حاوی ۴ درصد نمک (S₁) کم ترین میزان نمک را نشان داد. تفاوت بین دو تیمار از نظر آماری، کاملاً معنی دار بود ($p<0/05$). لاکتیک اسید باکتری ها به

طورخود به خودی در تخمیر زیتون رشد می‌کند. افزایش این گونه باکتری ها در آب نمک منجر به ایجاد مقدار زیادی اسید لاکتیک می شود که برای حفظ و نگهداری زیتون مورد نیاز می باشد. یک تا دو هفته بعد از قرار دادن زیتون در آب نمک، لاکتیک اسید باکتری ها افزایش می یابند و بر باکتری‌های گرم منفی و سایر باکتری های لاکتیکی غلبه می‌یابند و عموماً همراه با جمعیت مخمرها تا پایان مراحل تخمیر وجود دارند. برای به دست آوردن یک محصول ثابت با بو و طعم مطلوب، رشد میکروارگانیسم‌ها به شکل صحیح، ضروری است (۱۶).

جدول ۸ - تغییرات میانگین مقادیر نمک نمونه های مختلف میوه زیتون (%) طی زمان تخمیر

زمان (روز)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
۵	۰/۷۲±۰/۰۱ B,f	۰/۷۵±۰/۰۵ B,g	۰/۷۵±۰/۰۶ B,g	۰/۷۶±۰/۰۴ B,h	۰/۹۰±۰/۰۲ A,i	۰/۹۰±۰/۰۷ A,g
۱۰	۰/۹۱±۰/۰۶ C,e	۰/۹۹±۰/۰۸ BC,f	۰/۷۷±۰/۰۵ D,g	۱/۱۵±۰/۰۵ B,g	۱/۳۰±۰/۰۹ A,h	۱/۴۰±۰/۰۴ A,f
۲۰	۱/۲۱±۰/۰۸ E,d	۱/۵۲±۰/۰۶ D,e	۲/۸۰±۰/۰۲ C,f	۳/۰۵±۰/۰۱ B,f	۳/۱۱±۰/۰۷ B,g	۳/۲۵±۰/۰۴ A,c
۳۰	۱/۸۸±۰/۰۲ E,c	۱/۹۱±۰/۰۵ E,d	۳/۲۵±۰/۰۳ D,e	۳/۵۰±۰/۰۱ C,e	۴/۰۱±۰/۰۱ B,f	۴/۱۸±۰/۰۲ A,d
۶۰	۲/۴۸±۰/۰۸ E,b	۲/۴۹±۰/۰۳ E,c	۴/۱۱±۰/۰۷ D,d	۴/۳۳±۰/۰۱ C,d	۵/۱۳±۰/۰۵ B,c	۵/۴۲±۰/۰۳ A,c
۹۰	۲/۶۲±۰/۰۸ D,b	۲/۷۵±۰/۰۷ D,b	۴/۲۰±۰/۰۴ C,d	۴/۵۱±۰/۰۶ B,c	۵/۴۹±۰/۰۱ A,d	۵/۴۵±۰/۰۴ A,c
۱۲۰	۲/۷۱±۰/۰۱ D,ab	۲/۸۴±۰/۰۵ D,ab	۴/۴۹±۰/۰۳ C,c	۴/۷۸±۰/۰۹ B,b	۵/۷۰±۰/۰۴ A,b	۵/۷۱±۰/۰۶ A,b
۱۵۰	۲/۷۸±۰/۰۵ E,a	۲/۹۱±۰/۰۸ E,a	۴/۸۰±۰/۰۳ D,b	۴/۹۲±۰/۰۵ C,ab	۵/۶۱±۰/۰۲ B,c	۶/۲۹±۰/۰۵ A,a
۱۸۰	۲/۸۰±۰/۰۷ E,a	۲/۹۳±۰/۰۶ E,a	۴/۸۰±۰/۰۸ D,b	۴/۹۹±۰/۰۵ C,b	۵/۷۳±۰/۰۲ B,b	۶/۲۱±۰/۰۷ A,a
۲۱۰	۲/۸۰±۰/۰۲ F,a	۲/۹۵±۰/۰۴ E,a	۵/۰۲±۰/۰۱ D,a	۵/۱۸±۰/۰۴ C,a	۵/۹۲±۰/۰۳ B,a	۶/۲۲±۰/۰۸ A,a

* S₁: ۴٪ نمک، بدون اسید؛ S₂: ۴٪ نمک، دارای اسید لاکتیک؛ S₃: ۸٪ نمک، بدون اسید؛ S₄: ۸٪ نمک، دارای اسید؛ S₅: ۱۰٪ نمک، بدون اسید؛

S₆: ۱۰٪ نمک، دارای اسید.

** حروف بزرگ مشابه نشان دهنده عدم تفاوت معنی دار (p>0.05) در هر ستون و حروف کوچک مشابه نمایانگر عدم تفاوت معنی دار در هر ردیف (p>0.05) است.

۴- نتیجه گیری

نتایج نشان داد که با افزایش زمان تخمیر، مقدار نمک در آب نمک کاهش و مقادیر ترکیبات فنلی کل، افزایش یافت. هم چنین، مقدار ترکیبات فنلی کل و نمک در میوه زیتون به ترتیب کاهش و افزایش و سطوح قندهای احیاء کننده و pH در آب نمک و میوه زیتون کاهش یافت. در پایان تخمیر، بالاترین میزان ترکیبات فنلی کل در تیمار میوه حاوی ۸ درصد نمک مشاهده گردید. از نظر قندهای احیاء کننده، بیشترین میزان مربوط به تیمار میوه حاوی ۱۰ درصد نمک بود که با سایر تیمارهای مورد بررسی تفاوت معنی داری داشت. سطوح قندها، ترکیبات فنلی کل و pH در میوه های زیتون در مقایسه با آب نمک بیشتر بود. هم چنین، کاهش pH نیز نقش مهمی را در بهبود کیفیت و کاهش آلودگی محصول طی تخمیر ایفا می کند. با توجه به نتایج به دست آمده می توان بیان داشت که انتخاب سطوح بهینه نمک و افزودن اسید لاکتیک نقش مهمی در فرآیند تخمیر و در نهایت افزایش کیفیت و بازار پسندی زیتون خواهد داشت.

۵- منابع

۱. ابراهیم زاده، ح.، زینالو، ع. و پیوندی، م. ۱۳۹۱. زیتون ایران با نگاه پژوهشی. انتشارات تک رنگ، تهران، چاپ اول.
۲. اسدالهی، س. و صفاری، م. م. ۱۳۸۸. شیمی روغن ها و چربی ها. انتشارات مرز دانش، تهران.
۳. بی نام، ۱۳۹۰. دفتر مطالعات زیربنایی مجلس شورای اسلامی. بررسی وضعیت تولید زیتون در کشور (با تکیه بر خرید تضمینی). کد موضوعی ۲۵۰، شماره مسلسل ۱۲۳۱۱.
۴. زینالو، ع. و نصرتی، س. ۱۳۸۰. زیتون، معرفی ارقام و بهترین زمان برداشت. انتشارات مدیریت ترویج و مشارکت های مردمی استان زنجان، صص. ۱۰-۱.
۵. زینالو، ع. ا. ۱۳۸۹. ارقام زیتون روغنی و کنسروی. انتشارات سایه گستر، قزوین.
۶. سلامی ف، راشدی ح، مهدیان ناصر ح. استفاده از لاکتوباسیلایلاتاروم به عنوان کشت آغازگر

- surface during Spanish-style Manzanilla fermentations. *Food microbiology*. 2012; 32(2):295-301.
doi.org/10.1016/j.fm.2012.07.003.
13. Bianchi G. Lipids and phenols in table olives. *Journal of Lipid Science and Technology*. 2003; 105: 229-242.
doi.org/10.1002/ejlt.200390046.
 14. Bouaziz M, Fki I, Jemai H, Ayadi M, Sayadi S. Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Journal of Food Chemistry*. 2008; 108: 253-262.
doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.10.074.
 15. Duran M. C, Garcia P. Induced lactic acid fermentation during the preservation stage of ripe olives from almazora de salmuera de fermentacion. *Grasa Accites*. 1993; 30: 361-367.
doi.org/10.1111/j.1365-2672.1994.tb01643.x.
 16. Fernández, A. G., Adams, M. R., Fernandez-Diez M. J. 1997. *Table olives: production and processing*. Springer Science & Business Media.
 17. Garcia Garcia P, Dura Quintana M. C, Garrido Fernandez Y. A. Fermentacion de aceitunas negras maduras ensalmuera. *Grasas y Aceites*. 1985; 36(1): 14-20.
 18. Garrido-Fernandez, A. 1997. Effect of processing conditions on lactic acid bacteria growth in table olive fermentation. *Actes Colloq. LACTIC 97 Lactic Acid Bacteria*. pp.277-316.
 19. Hazbavi, A., Fattahi, F., Kazemi, S. H., Ashraf, Z, 2008. Some of the engineering properties of olive fruit and olive pit. pp. 1-5.
- درپروسه تخمیر زیتون سبز با شرایط هوادهی. فصلنامه علوم و صنایع غذایی. ۱۳۹۰؛ ۲۸ (۸): ۹۹-۱۰۶.
۷. مصلاهی، آ و همکاران، ۱۳۹۱. طرح ساماندهی و ارتقاء سلامت کارگاه های سنتی عمل آوری زیتون در منطقه طارم سفلی قزوین. طرح جامع سلامت استان قزوین.
 ۸. منتقمی راد ر، احمدی ا، ساریخانی ح. بررسی تغییرات برخی خواص فیزیکوشیمیایی میوه زیتون طی انبارمانی. نشریه علوم باغبانی. ۱۳۹۵؛ ۳(۲): ۲۰۰-۱۹۲.
doi: 10.22067/JHORTS4.V30I2.36100
 9. Ahmadi F, Kadivar M, Shahedi M, Antioxidant activity of *Kelussia Odoratissima* Moza, in model and food systems. *Food Chemistry*. 2007; 105: 57-64.
doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.056.
 10. Allalout A, Krichène D, Methenni K, Taamalli A, Oueslati I, Daoud D, Zarrouk M. Characterization of virgin olive oil from super intensive Spanish and Greek varieties grown in northern Tunisia. *Scientia Horticulturae*. 2009; 120: 77-83.
doi.org/10.1016/j.scienta.2008.10.006.
 11. Arroyo-Lopez F. N, Querol A, Bautista-Gallego J, Garrido-Fernandez A. Role of yeasts in table olive production. *International Journal of Food Microbiology*. 2008; 128: 189-196.
doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.08.018.
 12. Arroyo-López F. N, Bautista-Gallego J, Domínguez-Manzano J, Romero-Gil V, Rodríguez-Gómez F, García-García P, Garrido-Fernández A, Jiménez-Díaz R. Formation of lactic acid bacteria-yeasts communities on the olive

- Bacteria Starter Cultures for the Fermentation of Natural Black Table Olives (*Olea europaea* L cvKalamon). *Polish Journal of Microbiology*. 2015; 64 (3): 265-271.
25. Robinson S. P, Loveys B. R, Chacko E. K. Polyphenol oxidase enzymes in the sap and skin of mangofruit. *Australian Journal Plant Physiology*. 1993; 20: 99-107. doi.org/10.1071/PP9930099.
 26. Sadeghi, H., 2003. Olive production and management. Agricultural education. Press. pp. 121-122.
 27. Sanchez-Gomez A. H, Garcia P, Rejano L. Trends in table olives production, elaboration of table olives. *Grasas Aceites*. 2006; 57: 86-94.
 28. Tofalo R, Schirone M, Perpetuini G, Angelozzi G, Suzzi G, Corsetti A. Microbiological and chemical profiles of naturally fermented table olives and brines from different Italian cultivars. *A. Van Leeuw*. 2012; 102: 121-131.
 - Proceedings of the 18th National Food Science and Technology Congress, Mashhad, Iran. (In Persian)
 20. Hurtado A, Reguant A, Bordon A, Rozes N. Lactic acid bacteria from fermented table olives. *Food Microbiol*. 2012; 31 (1): 1- 8. doi.org/ 10.1016 /j. fm. 2012.01.006
 21. Kailis, S., Harris, D., 2007. The olive tree *Olea europaea*. *Producing Table olives*. Landlinks Press, Collingwood, USA, pp.17-66.
 22. Mirmansouri, A., 1997. Olive. Agricultural education. Karaj. Press, pp. 108.
 23. Panagou E. Z, Schillinger U, Franz C. M. A. P, Nychas G. J. Microbiological and biochemical profile of cv. Conservolea naturally black olives during controlled fermentation with selected strains of lactic acid bacteria. *Food Microbiology*. 2008; 25(2): 348-358. doi.org/10.1016/j.fm.2007.10.005.
 24. Papadelli M, Zoumpoulous G, Georgalaki M, Anastasiou R, Manolopoulou E, Lytra I, Papadimitriou K, Tsakalidou E. Evaluation of Two Lactic Acid