



بررسی اثر اولئورزین زردچوبه بر بهبود پایداری اکسایشی نودل فوری سرخ شده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و حسی آن

پانید کبیری^۱، ثمر منصوری پور^{۱*}، افشین جعفرپور^۳

۱- گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- مرکز تحقیقات علوم تغذیه و صنایع غذایی، واحد علوم پزشکی تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳- گروه علوم و صنایع غذایی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران.

چکیده

اطلاعات مقاله

تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۱

تاریخ داوری: ۱۴۰۵/۰۲/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۲/۱۹

کلمات کلیدی:

نودل فوری سرخ شده،

اولئورزین زردچوبه،

پایداری اکسایشی،

آنتی اکسیدان

DOI: 10.48311/fsct.2026.117437.82916

* مسئول مکاتبات:

Sa.mansouripour@iau.ac.ir

با توجه به مشکلات موجود در تأمین روغن پالم برای سرخ کردن نودل در ایران و استفاده از روغن کلزا، هدف از این مطالعه افزایش پایداری اکسایشی نودل سرخ شده در روغن کلزا با افزودن اولئورزین زردچوبه می‌باشد. دو گروه نودل با روغن پالم و یا کلزا سرخ گردید. سپس اولئورزین زردچوبه روی نودل‌ها اسپری شد و ویژگی‌های کیفی در طول ۱۲۰ روز ارزیابی گردید. نمونه‌های حاوی اولئورزین نسبت به شاهد خود با روغن سرخ کردن یکسان، اندیس پراکسید و آنیزیدین پایین تری را نشان دادند. پس از ۱۲۰ روز، نمونه‌های سرخ شده در روغن کلزا که دارای ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین بودند (T9 و T10) نسبت به نمونه سرخ شده در روغن پالم بدون اولئورزین (T1)، اندیس پراکسید و آنیزیدین کمتری داشتند ($P < 0/05$). با افزایش غلظت اولئورزین روند کاهشی در تیوباریتوریک اسید مشاهده شد. همچنین اندیس اسیدی و دی‌ان‌کونزوگه نمونه‌های T8 (۰/۲۵ درصد اولئورزین و سرخ شده در کلزا)، T9 و T10 نسبت به T1 کمتر و یا غیرمعنادار بود. در انتهای دوره نگهداری، زمان القاء (IP) در نمونه T1 از نمونه T10 کمتر بود و اختلاف معناداری با T9 نداشت. با افزایش میزان اولئورزین، روند افزایشی معناداری در محتوی فنل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی مشاهده شد ($P < 0/05$). از نظر مقبولیت کلی، در پایان دوره نگهداری اختلاف معناداری بین T10 با T1 وجود نداشت و حتی امتیاز نمونه T9 از آن بالاتر بود. بنابراین جایگزین نمودن روغن پالم با روغن کلزا همراه با افزودن اولئورزین زردچوبه به نودل به ویژه در غلظت‌های بالاتر (۰/۵ و ۰/۷۵ درصد) پیشنهاد می‌گردد.

۱-مقدمه

نودل فوری، محصولی پرطرفدار با آماده سازی سریع است که از مواد اصلی آرد، آب و نمک تهیه می شود [۱]. ویژگی های نودل فوری مانند طعم، راحتی آماده سازی، ایمنی غذایی، ماندگاری و قیمت مناسب باعث محبوبیت آنها شده است. فاکتورهای کیفی مهم برای نودل فوری شامل رنگ، طعم، بافت، کیفیت پخت، میزان جذب آب مجدد در طول آماده سازی نهایی و عدم وجود طعم نامناسب پس از نگهداری طولانی می باشند [۲]. با توجه به روش های مختلف کاهش رطوبت، نودل های فوری به نودل خشک فوری و نودل سرخ شده فوری تقسیم می گردند. در نودل خشک فوری از هوای گرم برای کاهش رطوبت استفاده می شود؛ در حالی که نودل سرخ شده فوری با سرخ کردن در روغن رطوبت خود را از دست می دهد. سرخ کردن یکی از روش های اصلی تولید نودل های صنعتی می باشد و بیشتر نودل های فوری تجاری با سرخ کردن عمیق تولید می شوند که باعث تولید محصولی با بافت متخلخل متمایز، طعم سرخ کردنی اما با خطرات بالقوه سلامتی ناشی از اکسیداسیون روغن می گردد [۳]. بنابراین موادی که منجر به بهبود مقاومت اکسایشی و افزایش ماندگاری آنها می شوند حائز اهمیت می باشند.

آنتی اکسیدان ها به عنوان موادی تعریف شده اند که در مقادیر کم می توانند از فساد اکسیداتیو جلوگیری کرده یا تا حد زیادی آن را به تأخیر بیاورند. برخی از مواد غذایی دارای کمبود آنتی اکسیدان های طبیعی هستند و به راحتی در طول فرآیند یا دوره ماندگاری فاسد می شوند که این امر باعث استفاده از آنتی اکسیدان های مصنوعی در آنها می گردد. آنتی اکسیدان های مصنوعی در غلظت های پایین موثر هستند و افزودن سطوح بالاتر ممکن است منجر به اثرات پرواکسیدانی شود. تحقیقات نشان داده است که دوزهای بالا از آنتی اکسیدان های مصنوعی مشکلات سلامتی ایجاد می کنند [۴]. از آنجایی که معمولاً مشکلاتی در تامین و واردات روغن پالم مورد استفاده برای سرخ کردن نودل در صنعت کشورمان وجود دارد، از روغن کلزا برای این منظور استفاده می شود.

اما با توجه به میزان بالاتر اسید های چرب اشباع در روغن پالم [۵]، پایداری اکسایشی روغن کلزا نسبت به روغن پالم کمتر بوده و باعث ماندگاری کمتر نودل سرخ شده در آن نیز خواهد شد که ممکن است باعث استفاده بیشتر از آنتی اکسیدان های مصنوعی شود. اما به نظر می رسد بتوان پایداری اکسایشی نودل سرخ شده را با افزودن آنتی اکسیدان طبیعی افزایش داد.

اولئورزین ها عصاره های غلیظی هستند که از گیاهان استخراج می شوند و به عنوان افزودنی از جمله آنتی اکسیدان طبیعی در مواد غذایی مورد مطالعه قرار گرفته اند. این مواد از منابع طبیعی با تکنیک های مختلف استخراج شده و جایگزین های بالقوه ای برای افزودنی های مصنوعی هستند. آنها می توانند فعالیت آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی را در محصولات تقویت کنند [۶]. اولئورزین ها نه تنها حاوی اسانس های فرار هستند، بلکه حاوی برخی از اجزای غیرفرار مانند رنگدانه، روغن و آنتی اکسیدان های فنلی هستند. در مقایسه با اسانس ها، اولئورزین ها احتمالاً به دلیل فراریت کم، قادر به ارائه ظرفیت آنتی اکسیدانی پایدار هستند [۷]. ترکیبات زیست فعال در اولئورزین ها با خواص آنتی اکسیدانی آنها مرتبط است. پژوهش های پیشین نشان داده است که استفاده از اولئورزین پاپریکا در سوسیس در کنترل فساد شیمیایی و میکروبی موفقیت آمیز بود و ۷۵ درصد از سطح نیتريت سدیم اولیه را می توان با ۰/۱ اولئورزین پاپریکا جایگزین نمود [۸]. همچنین نتایج پژوهشی دیگر نشان داد که کاربرد اولئورزین لیکوپن در کیک فنجانی باعث افزایش پایداری اکسیداتیو شد [۹]. اولئورزین زردچوبه منبعی از کورکومین است که رنگ زرد روشن را ایجاد می کند و همچنین دارای ترکیبات فراری است که به تولید عطر و بو کمک می کنند [۱۰]. کورکومین زردچوبه اثرات مفید از جمله خواص آنتی اکسیدانی، بهبود سیستم ایمنی، ضد سرطان، ضد عفونت و ضد التهاب دارد [۱۱]. بر اساس پژوهش Jayathilake و همکاران (۲۰۲۲)، افزودن اولئورزین زردچوبه به شیر پاستوریزه باعث افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی و محتوی فنولی شد [۱۲]. همچنین در پژوهش

با استفاده از میکسر به مدت ۷ دقیقه مخلوط شده تا خمیری یکنواخت به دست آمد. سپس خمیر پس از عبور از دو غلتک موازی چرخان به ورقه نازکی تبدیل شد که بلافاصله بریده شد. رشته‌های خمیر به مدت ۵ دقیقه در ۹۰ درجه سلسیوس از داخل یک تونل بخار روی نوار نقاله عبور داده شده و سپس نودل‌ها در قالب قرار گرفت و به مدت ۳ دقیقه در مخزن روغن داغ (پالم و یا کلزا) با دمای ۱۴۰ درجه سلسیوس سرخ گردیدند [۱۵]. پس از خروج از سرخ کن، غلظت‌های ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین زردچوبه روی نمونه‌های نودل سرخ شده با روغن کلزا و همچنین روغن پالم در حالی که داغ بودند اسپری شد. (اولئورزین در روغن مورد استفاده حل شده و اسپری گردید). نمونه‌های سرخ شده در روغن پالم که دارای ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین زردچوبه بودند به ترتیب T3، T4، T5 و T6 و نمونه‌های سرخ شده در روغن کلزا و دارای ۰/۱، ۰/۲۵، ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین زردچوبه به ترتیب T7، T8، T9 و T10 کدگذاری شدند. دو نمونه نودل سرخ شده در روغن پالم (T1) و روغن کلزا (T2) نیز بدون افزودن اولئورزین به عنوان نمونه‌های شاهد در نظر گرفته شدند. در نهایت نودل‌ها تا دمای محیط خنک و در بسته‌های ۱۰۰ گرمی بسته بندی شد و در جای خشک و سرد به دور از نور مستقیم خورشید و در دمای اتاق به مدت ۱۲۰ روز نگهداری و در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ بررسی شدند.

۲-۴-آزمون‌های نودل

۲-۱-آزمون‌های فیزیکوشیمیایی

مقدار رطوبت و خاکستر در نمونه‌های نودل به ترتیب مطابق روش AACC شماره ۴۴-۱۵ و AACC شماره ۰۸-۰۳ تعیین شد. اندازه گیری محتوی پروتئین مطابق روش AACC شماره ۴۶-۱۰، چربی مطابق روش AACC شماره ۳۰-۲۵ انجام شد [۱۶]. همچنین محتوی کربوهیدرات بر اساس روش AOAC 986.25 اندازه گیری شد [۱۷]. برای اندازه گیری pH، ۲ گرم نودل را با ۱۰ میلی لیتر آب مقطر کاملاً مخلوط شد. سپس pH به وسیله pH متر دیجیتالی مدل AZ

Praveen و همکاران (۲۰۲۴) استفاده از محصولات جانبی صنعتی زردچوبه شامل روغن اولئورزین (کورکومین جدا شده) و کورکومینوئیدها در کره بادام زمینی با به تأخیرانداختن فساد شیمیایی و میکروبی باعث افزایش ماندگاری آن شد و ارزش تغذیه ای محصول افزایش یافت [۱۳]. با توجه به اینکه تا کنون از اولئورزین زردچوبه در نودل استفاده نشده است، در پژوهش حاضر اثر استفاده از آن به عنوان آنتی اکسیدان طبیعی بر بهبود پایداری اکسایشی و سایر ویژگیهای کیفی نودل‌های فوری سرخ شده بررسی می‌گردد.

۲-مواد و روش‌ها

۲-۱-مواد مورد استفاده برای تهیه نودل

نمک طعام و آرد گندم از شرکت گلستان، روغن پالم از شرکت صنایع غذایی علاءالدین و روغن کلزا از شرکت بروج تهیه شد. اولئورزین زردچوبه از شرکت یونیورسال هند خریداری گردید.

۲-۲-ارزیابی فعالیت آنتی اکسیدانی اولئورزین زردچوبه

فعالیت آنتی اکسیدانی عصاره اولئورزین زردچوبه با استفاده از روش بررسی میزان مهار رادیکال آزاد DPPH و طیف سنجی توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مدل Philler UV-visible Scientific ساخت کشور آمریکا در طول موج ۵۱۷ نانومتر انجام شد. ۱۰۰ میکروگرم نمونه و ۱۰۰ میکرولیتر محلول DPPH (۰/۱ میلی مولار) مخلوط شدند. پس از ۳۰ دقیقه، نتایج حاصل به صورت درصد فعالیت مهار DPPH بیان گردید که با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد [۱۴].

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{DPPH} = \frac{\text{AC}-\text{AS}}{\text{AC}} \times 100$$

DPPH بدون افزودن نمونه AC=

جذب DPPH پس از افزودن نمونه AS=جذب محلول

محلول

۲-۳-تهیه نودل

فرمولاسیون نودل شاهد شامل آرد گندم (۴۰۰ گرم)، نمک (۴ گرم) و آب مقطر (۱۰۸ میلی لیتر) بود. مواد تشکیل دهنده

ساخت کشور تایوان تعیین شد [۱۸]. آزمون‌ها در طول دوره نگهداری ۱۲۰ روزه (روزهای ۱، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰) در سه تکرار انجام شد.

۲-۴-۲ ارزیابی پایداری اکسایشی

ابتدا روغن نودل‌ها با استفاده از هگزان به عنوان حلال استخراج شد و در نهایت حلال توسط یک اواپراتور چرخشی تبخیر شد [۱۵]. این آزمون‌ها در روزهای ۱، ۳۰، ۶۰ و ۹۰ در سه تکرار اندازه‌گیری خواهند شد.

۲-۴-۲-۱ اندیس پراکسید و اندیس آنیزیدین

برای اندازه‌گیری اندیس پراکسید از روش Cd 8-53 AACS استفاده شد و نتایج به صورت میلی‌اکی‌والان اکسیژن در هر کیلوگرم روغن گزارش شد. اندیس آنیزیدین نیز بر اساس روش AACS Cd 18-90 تعیین شد [۱۹].

۲-۴-۲-۲ اندیس تیوباریتوریک اسید

۲ گرم نمونه با ۲ میلی‌لیتر اسید تری کلرواستیک همگن شد. پس از سانتریفیوژ کردن نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور در دقیقه، واکنش با تیوباریتوریک اسید در حمام ترموستاتیک در دمای ۹۷ درجه سلسیوس به مدت ۲۰ دقیقه انجام شد. در نهایت پس از سرد شدن نمونه‌ها، جذب در طول موج ۵۳۲ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. نتایج بر حسب میلی‌گرم MDA بر کیلوگرم گزارش شد [۲۰].

۲-۴-۲-۳ اندیس اسیدی

۳ گرم از روغن نودل با ۸۰ میلی‌لیتر محلول مخلوط ۱:۱ (w/w) اتیل اتر و اتیل الکل در یک ارلن مایر ۲۰۰ میلی‌لیتری مخلوط شد. از فنول فتالین به عنوان شناساگر استفاده شد و تیتراسیون با محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) اتیل الکل ۰/۰۵ نرمال یا N/20 انجام گرفت. اندیس اسیدی با معادله ۲ محاسبه شد [۲۱].

$$\text{اندیس اسیدی} = \frac{[A(\text{mL}) \times 2/8.06 \times f]}{B(g)} \quad (2)$$

A: حجم محلول هیدروکسید پتاسیم (KOH) اتیل الکل

f: ضریب محلول

B: وزن چربی‌ها و روغن‌های استخراج‌شده

۲-۴-۲-۴ میزان ترکیبات دی‌ان کونژوگه

اندازه‌گیری ترکیبات دی‌ان کونژوگه ابر اساس روش CH 5-91 AACS انجام گرفت. نمونه روغن با نسبت ۱:۶۰ با ایزوآکتان (w/v) رقیق شد، سپس اختلاف جذب نمونه رقیق‌شده در مقایسه با نمونه کنترل (ایزوآکتان بدون روغن) در طول موج ۲۳۳ نانومتر اندازه‌گیری شد و مقدار ترکیبات دی‌ان کونژوگه با استفاده از معادلات ۳ و ۴ محاسبه شد [۲۲].

$$Ccd = \frac{A_{233}}{(\Sigma \times L)}$$

(۳)

$$CD \text{ value} =$$

$$\frac{(Ccd \times (2/5 \times 10^4))}{w}$$

(۴)

CD: دی‌ان کونژوگه

Ccd: غلظت CD

W: وزن نمونه بر حسب گرم

A233: اختلاف جذب نمونه و شاهد در ۲۳۳ نانومتر

Σ : ضریب ثابت مقدار (M-1 cm-1) $2/525 \times 10^4$

L: طول کووت بر حسب سانتی‌متر (۱ سانتی‌متر)

۲-۴-۲-۵ پایداری اکسایشی در شرایط اکسیداسیون

تسریع شده

برای ارزیابی پایداری اکسایشی نودل در شرایط اکسیداسیون تسریع شده از دستگاه رنسیمت Chongqing Gold Mechanical ساخت کشور چین استفاده شد و زمان القا (IP) نمونه‌ها که در معرض جریان هوای اشباع ۲۰ لیتر در ساعت و دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند حاصل شد [۲۳]. این آزمون در روز ۱ و ۱۲۰ نگهداری انجام شد.

۲-۴-۲-۳ تعیین محتوی فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی

ابتدا نمونه‌ها به پودر تبدیل شد. سپس ۲ گرم پودر نودل و ۲۵ میلی‌لیتر متانول ۹۹٪ مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس در یک شیکر چرخشی هم زده شدند. مخلوط حاصله به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۵۰۰۰ دور

در دقیقه سانتریفیوژ شد و با استفاده از کاغذ صافی واتمن صاف شد. عصاره حاصل شده در یخچال نگهداری شد و از آن برای تعیین محتوی فنل کل و فعالی آنتی اکسیدانی استفاده شد [۲۴].

محتوای فنول کل با استفاده از روش فولین-سیوکالتو تعیین شد. عصاره نمونه (۰/۱ میلی لیتر) و معرف فولین-سیوکالتو (۱ میلی لیتر) با هم مخلوط شدند. مخلوط به مدت ۱۰ دقیقه به طور مداوم هم زده شد و سپس ۱ میلی لیتر محلول کربنات سدیم (۷۰ گرم بر لیتر) و ۳ میلی لیتر آب مقطر اضافه شد. جذب در طول موج ۷۶۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه گیری گردید. محتوای فنلی کل به صورت میلی گرم معادل اسید گالیک در گرم ماده خشک بیان شد [۲۵].

۲ میلی لیتر از محلول ۰/۱ میلی مولار DPPH در متانول به ۱ میلی لیتر محلول عصاره نودل اضافه شد و بخوبی مخلوط شد. ترکیب به دست آمده به مدت نیم ساعت در دمای اتاق و تاریکی نگهداری گردید. جذب نمونه ها در طول موج ۵۱۵ نانومتر تعیین شد. میزان فعالیت آنتی اکسیدانی از معادله ۵ محاسبه و گزارش شد [۲۶].

$$DPPH\% = \frac{(Ab_0 - Ab_s)}{Ab_0} \times 100 \quad (5)$$

Ab_0 = جذب شاهد

Ab_s = جذب نمونه

۲-۴-۴ آزمون حسی

ارزیابی حسی نمونه های نودل به روش امتیازدهی (۱) پایین ترین و بالاترین امتیازحسی) و در روز اول و ۱۲۰

نگهداری انجام شد. نمونه ها کدگذاری شدند و ارزیابی توسط ۱۰ نفر ارزیاب آموزش دیده انجام شد. ویژگی های حسی مورد بررسی شامل مزه، بو، رنگ، بافت و پذیرش کلی بود [۲۷].

۲-۵ تجزیه و تحلیل آماری

تحلیل آماری نتایج تیمارها با استفاده از آنالیز واریانس (ANOVA) در سطح احتمال ۵ درصد و توسط نرم افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد و مقایسه میانگین نتایج نیز با آزمون Tukeys صورت گرفت.

۳-۳ نتایج و بحث

۳-۱-۳ نتایج آزمون های فیزیکوشیمیایی نودل

نتایج ویژگی های شیمیایی نمونه های نودل در جدول ۱ نشان داده شده است. افزودن اولئورزین و استفاده از روغن پالم و یا کلزا در نمونه های نودل منجر به ایجاد اختلاف معنادار در میزان کربوهیدرات، خاکستر، رطوبت، چربی، پروتئین و pH نشد که به نظر می رسد به دلیل غلظت کم اولئورزین مصرفی باشد. مشابه با این پژوهش، نتایج Kim و Chin نشان داد که وجود و یا عدم وجود اولئورزین پاپریکا تاثیر معناداری بر پروتئین و چربی سوسیس ها نداشت [۸]. با اینکه اولئورزین ها به طور طبیعی دارای مقادیر بسیار زیادی چربی هستند اما با توجه به این که در این پژوهش غلظت اندکی از اولئورزین استفاده شده است می توان عدم ایجاد اختلاف معنادار در چربی را توجیه نمود. در پژوهشی دیگر استفاده از اولئورزین لیکوپن و کلروفیل رطوبت کیک را کاهش داد [۹] که می تواند به نوع محصول و تفاوت ساختاری آنها در مقایسه با پژوهش حاضر مربوط باشد.

Table 1. Physicochemical properties of noodle samples

Sample	Carbohydrates(%)	Moisture (%)	Ash (%)	Protein(%)	Fat	pH
T1	84.59 ± 0.58 ^a	3.11 ± 0.032 ^a	1.29 ± 0.03 ^a	9.56 ± 0.28 ^a	23.33 ± 0.58 ^a	6.12 ± 0.03 ^a
T2	84.56 ± 0.58 ^a	3.086 ± 0.07 ^a	1.30 ± 0.11 ^a	9.55 ± 0.19 ^a	23.00 ± 0.78 ^a	6.09 ± 0.07 ^a
T3	83.84 ± 0.46 ^a	3.026 ± 0.14 ^a	1.29 ± 0.16 ^a	9.46 ± 0.02 ^a	23.13 ± 0.25 ^a	6.22 ± 0.09 ^a

T4	83.95± 0.94 ^a	3.006 ±0.03 ^a	1.26± 0.01 ^a	9.67± 0.31 ^a	23.60±0.78 ^a	6.18 ± 0.005 _a
T5	84.43 ± 0.27 ^a	2.71 ±0.06 ^a	1.29 ± 0.14 ^a	9.44 ± 0.33 ^a	22.95 ± 0.12 ^a	6.26 ± 0.08 ^a
T6	83.38±0.44 ^a	2.92± 0.11 ^a	1.28± 0.14 ^a	9.37± 0.44 ^a	23.46 ± 1.45 ^a	6.17 ± 0.11 ^a
T7	83.72 ± 0.09 ^a	3.04 ± 0.18 ^a	1.04 ± 0.07 ^a	9.40 ± 0.22 ^a	22.67 ± 0.58 ^a	6.19 ± 0.02 ^a
T8	83.95 ±0.73 ^a	3.03 ± 0.16 ^a	1.19 ± 0.12 ^a	9.25 ± 0.21 ^a	23.30 ± 0.55 ^a	6.21 ± 0.11 ^a
T9	83.51 ± 0.73 ^a	2.95 ± 0.29 ^a	1.12 ± 0.17 ^a	9.58 ± 0.56 ^a	22.82 ± 0.49 ^a	6.21 ± 0.25 ^a
T10	84.28 ±0.007 ^a	3.06 ± 0.17 ^a	1.28± 0.12 ^a	9.48 ± 0.15 ^a	23.38 ± 1.41 ^a	6.09 ± 0.02 ^a

۲-۳ پایداری اکسایشی

۱-۲-۳ اندیس پراکسید و آنیزیدین

کمتر اسید چرب غیر اشباع قابل انتظار بود زیرا بالاتر رفتن میزان اسیدهای چرب غیر اشباع باعث حساسیت بیشتر روغن نسبت به اکسیداسیون و ایجاد هیدروپراکسیدها و سپس محصولات ثانویه می شود [۲۹]. در این راستا، نتایج تحقیق Allam و همکاران (۲۰۲۳) نشان داد که بین روغن های پالم، کانولا و ترکیب این دو اختلاف معناداری از نظر اندیس پراکسید مشاهده گردید و روغن پالم در طی حرارت دهی اندیس پراکسید کمتری داشت [۳۰]. Kita و Aniołowska (۲۰۱۵) نیز در تحقیق خود اختلاف معنادار میان اندیس آنیزیدین روغن کلزا و روغن پالم را در طول سرخ کردن سیب زمینی نشان دادند به صورتی که با وجود افزایش معنادار این شاخص در هردو روغن اثر افزایشی آن در روغن کلزا بسیار بیشتر بود [۳۱]. البته در پژوهش حاضر نمونه های حاوی اولئورزین نسبت به نمونه شاهد خود با روغن سرخ کردن یکنواخت (T1 یا T2) اندیس پایین تری را در اکثر روزها نشان دادند و با افزایش غلظت اولئورزین زردچوبه روند کاهشی در این شاخص ها مشاهده شد.

نتایج حاصل شده از آزمون های پراکسید و آنیزیدین در جداول ۲ و ۳ نشان داده شده است. اندیس پراکسید بیانگر محصولات اولیه و اندیس آنیزیدین نشان دهنده محصولات ثانویه اکسیداسیون می باشند [۲۸]. نتایج حاکی از تاثیر معنادار افزودن اولئورزین و نوع روغن سرخ کردن بر این شاخص ها بود ($P < 0.05$). در تمامی روزها بیشترین مقادیر در نمونه شاهد حاوی روغن کلزا یا T2 و کمترین میزان در T6 که دارای روغن پالم و ۰/۷۵ درصد اولئورزین بود مشاهده شد. نمونه های سرخ شده در روغن پالم و دارای اولئورزین به طور معنی داری نسبت به نمونه های سرخ شده در روغن کلزا (با مقدار اولئورزین مشابه) اندیس پراکسید و آنیزیدین پایین تری داشتند ($P < 0.05$) که با توجه به وجود مقادیر بالاتر اسیدهای چرب اشباع در روغن پالم و میزان

Table 2. Peroxide values of noodle samples during storage

Sample / Time	Peroxide value (meq/kg)				
	Day1	Day30	Day60	Day90	Day120
T1	1.15 ±0.15 ^{Dd}	1.09 ±0.04 ^{Dc}	2.28 ±0.22 ^{Cc}	2.77 ±0.12 ^{Be}	4.10 ±0.02 ^{Ac}
T2	4.01 ±0.43 ^{Da}	4.68 ±0.14 ^{Da}	6.40 ±0.25 ^{Ca}	8.65 ±0.17 ^{Ba}	11.37 ±0.27 ^{Aa}
T3	0.95 ±0.02 ^{Bde}	1.05 ±0.04 ^{Bc}	1.23 ±0.10 ^{Bd}	1.32 ±0.07 ^{Bf}	2.68 ±0.28 ^{Ae}
T4	0.87 ±0.03 ^{Dde}	0.92 ±0.03 ^{CDc}	1.00 ±0.01 ^{BCde}	1.04 ±0.04 ^{ABg}	1.08 ±0.02 ^{Af}
T5	0.77 ±0.07 ^{Cde}	0.83 ±0.02 ^{BCc}	0.89 ±0.05 ^{ABe}	0.95 ±0.03 ^{Agh}	0.99 ±0.01 ^{Af}
T6	0.66 ±0.01 ^{Be}	0.67 ±0.01 ^{Bd}	0.72 ±0.02 ^{ABf}	0.74 ±0.03 ^{ABh}	0.77 ±0.06 ^{Af}
T7	3.34 ±0.08 ^{Db}	3.87 ±0.09 ^{Cb}	4.00 ±0.09 ^{Cb}	4.61 ±0.04 ^{Bb}	4.95 ±0.05 ^{Ab}
T8	3.17 ±0.06 ^{Dbc}	3.36 ±0.03 ^{CDb}	3.43 ±0.04 ^{BCb}	3.60 ±0.11 ^{Bc}	4.03 ±0.07 ^{Ac}

T9	2.99 ± 0.05 ^{Cbc}	3.08 ± 0.06 ^{BCb}	3.22 ± 0.92 ^{Bbc}	3.51 ± 0.07 ^{Ac}	3.59 ± 0.07 ^{Ad}
T10	2.83 ± 0.08 ^{Cc}	2.87 ± 0.08 ^{Cb}	3.07 ± 0.03 ^{Bbc}	3.15 ± 0.05 ^{ABd}	3.26 ± 0.02 ^{Ad}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

گروه‌های فنلی و نیز از گروه متیلنی CH₂ است [۳۴].

بنابراین با افزودن آنتی‌اکسیدان‌هایی مثل کورکومین مقاومت اکسیداتیو بالا رفته است. این شاخص‌ها پس از ۱۲۰ روز نگهداری در نمونه‌های سرخ شده در روغن کلزا که دارای ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین زردچوبه بودند (یعنی T9 و T10) نسبت به نمونه سرخ شده در روغن پالم بدون التورزین (T1) کمتر بود ($P < 0.05$) که بیانگر نقش مؤثر اولئورزین زردچوبه در کاهش اکسیداسیون است.

فعالیت آنتی‌اکسیدانی اولئورزین زردچوبه در این پژوهش برابر ۹۷/۴۶ درصد بدست آمد که نشان دهنده فعالیت آنتی‌اکسیدانی بالای آن است و با مطالعات پیشین همخوانی دارد [۳۲ و ۳۳]. ترکیب پلی فنلی کورکومین، ماده اصلی زیست فعال زردچوبه است که عامل اصلی خواص آنتی اکسیدانی می‌باشد. دو مکانیسم آنتی‌اکسیدانی برای آن پیشنهاد شده است که شامل اهدای اتم‌های هیدروژن از

Table 3. Anisidine values of noodle samples during storage

Sample/ Time	Anisidine value				
	Day1	Day30	Day60	Day90	Day120
T1	1.25 ± 0.02 ^{Dcd}	1.43 ± 0.04 ^{Cc}	1.57 ± 0.11 ^{BCc}	1.71 ± 0.02 ^{Bd}	2.09 ± 0.07 ^{Ac}
T2	2.22 ± 0.16 ^{Ca}	2.23 ± 0.02 ^{Ca}	2.63 ± 0.06 ^{BCa}	3.44 ± 0.16 ^{ABa}	3.60 ± 0.13 ^{Aa}
T3	1.01 ± 0.01 ^{Dede}	1.11 ± 0.02 ^{CDd}	1.21 ± 0.01 ^{Cd}	1.50 ± 0.06 ^{Bd}	1.76 ± 0.06 ^{Ad}
T4	0.87 ± 0.03 ^{Ede}	0.98 ± 0.01 ^{De}	1.09 ± 0.07 ^{Cde}	1.21 ± 0.01 ^{Be}	1.47 ± 0.02 ^{Ae}
T5	0.82 ± 0.04 ^{Ce}	0.89 ± 0.01 ^{Cf}	0.93 ± 0.03 ^{Ce}	1.11 ± 0.01 ^{Be}	1.26 ± 0.10 ^{Af}
T6	0.53 ± 0.01 ^{Cf}	0.62 ± 0.03 ^{Cg}	0.76 ± 0.07 ^{Bf}	0.85 ± 0.03 ^{ABf}	0.89 ± 0.02 ^{Ag}
T7	2.06 ± 0.05 ^{Dab}	2.41 ± 0.02 ^{Ca}	2.37 ± 0.11 ^{Cab}	2.96 ± 0.06 ^{Bb}	3.26 ± 0.05 ^{Aab}
T8	1.89 ± 0.04 ^{Db}	1.94 ± 0.04 ^{CDb}	2.13 ± 0.11 ^{BCb}	2.49 ± 0.04 ^{ABc}	2.85 ± 0.04 ^{Ab}
T9	1.32 ± 0.03 ^{Dc}	1.47 ± 0.07 ^{Cc}	1.55 ± 0.04 ^{BCc}	1.64 ± 0.04 ^{ABd}	1.71 ± 0.05 ^{Ad}
T10	0.91 ± 0.03 ^{Cde}	1.03 ± 0.05 ^{BCde}	1.19 ± 0.08 ^{ABd}	1.25 ± 0.09 ^{Ae}	1.30 ± 0.09 ^{Aef}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

Praveen و همکاران (۲۰۲۴) اثر اولئورزین زردچوبه بدون کورکومینوئید، کورکومینوئیدها و روغن اولئورزین زردچوبه بدون کورکومینوئید را بر کره بادام زمینی بررسی نمودند. نتایج نشان داد که بالاترین اندیس پراکسید در نمونه کنترل

مشاهد شد و فرم روغنی بهترین اثر را بر کاهش اندیس پراکسید داشت [۱۳]. همچنین در تحقیق Wong و همکاران (۲۰۱۹) افزودن اولئورزین رزماری کاهش قابل توجه اندیس آنیزیدین پالم اولئین را حین سرخ کردن چیپس سیب زمینی به دنبال داشت [۳۵]. با گذشت زمان در طول دوره نگهداری نمونه‌های نودل، اندیس پراکسید و آنیزیدین به طور معناداری افزایش یافت ($P < 0.05$) که به دلیل ادامه روند اکسیداسیون در طول زمان و تولید محصولات ناشی از آن است.

۲-۲-۳ اندیس تیوباربتوریک اسید

نتایج حاصل از تیوباربتوریک اسید که نشان دهنده میزان پیشرفت فساد اکسیداتیو است در نمونه‌هایی که با روغن کلزا سرخ شدند به طور معنی‌دار نسبت به نمونه‌های مشابه از نظر میزان اولئورزین و حاوی روغن پالم بالاتر بود (جدول ۴) ($P < 0.05$). دلیل آن احتمالاً به بالاتر بودن میزان اسیدهای

چرب اشباع در روغن پالم نسبت به کلزا مربوط می‌شود. اندازه‌گیری تیوباربتوریک اسید میزان مالون دی آلدئید را به عنوان یک محصول جانبی ثانویه اکسیداسیون لیپیدها در نمونه‌های غذایی تعیین می‌کند. به طور کلی، هرچه درجه غیراشباعیت روغن‌ها بیشتر باشد، مستعد اکسیداسیون بیشتری می‌باشند. هنگامی که اندیس پراکسید به مقدار مشخصی می‌رسد، آلدئیدها و کتون‌های فرار مقدار اندیس را افزایش می‌دهند [۳۶]. البته با افزودن آنتی‌اکسیدان و کاهش اندیس پراکسید و محصولات ناشی از اکسیداسیون می‌توان این اندیس را نیز کاهش داد. با افزایش غلظت اولئورزین زردچوبه روند کاهشی در نمونه‌های نودل مشاهده شد به طوری که تا روز ۹۰ اختلاف معناداری بین شاهد دارای پالم و فاقد اولئورزین (T1) و نمونه‌های سرخ شده در کلزا و دارای ۰/۵ و ۰/۷۵

Table 4. Thiobarbituric values of noodle samples during storage

Sample/ time	TBA (mg MDA/kg)				
	Day1	Day30	Day 60	Day90	Day120
T1	0.41 ±0.02 ^{Dcde}	0.46 ±0.01 ^{CDcd}	0.56 ±0.03 ^{BCcdef}	0.76 ±0.02 ^{ABcd}	0.84 ±0.02 ^{Ad}
T2	0.80 ±0.05 ^{Ca}	1.00 ±0.10 ^{Ca}	1.30 ±0.14 ^{Ba}	1.61 ±0.14 ^{Aa}	1.90 ±0.02 ^{Aa}
T3	0.35 ±0.05 ^{Cde}	0.43 ±0.01 ^{BCcd}	0.47 ±0.03 ^{Bdef}	0.63 ±0.05 ^{Ade}	0.72 ±0.04 ^{Ad}
T4	0.31 ±0.01 ^{Ce}	0.33 ±0.02 ^{BCde}	0.36 ±0.01 ^{BCefg}	0.42 ±0.01 ^{ABe}	0.51 ±0.07 ^{Ae}
T5	0.28 ±0.01 ^{Ce}	0.33 ±0.04 ^{BCde}	0.35 ±0.00 ^{ABfg}	0.40 ±0.005 ^{Aef}	0.40 ±0.01 ^{Af}
T6	0.21 ±0.005 ^{Df}	0.25 ±0.03 ^{CDe}	0.27 ±0.02 ^{BCg}	0.33 ±0.03 ^{ABf}	0.37 ±0.01 ^{Ag}
T7	0.80 ±0.005 ^{Da}	0.91 ±0.02 ^{CDab}	1.17 ±0.19 ^{BCab}	1.54 ±0.04 ^{ABab}	1.60 ±0.08 ^{Ab}
T8	0.77 ±0.005 ^{Eab}	0.83 ±0.01 ^{Dab}	0.95 ±0.02 ^{Cbc}	1.14 ±0.03 ^{Bbc}	1.37 ±0.02 ^{Abc}
T9	0.60 ±0.04 ^{Dbc}	0.72 ±0.04 ^{CDbc}	0.85 ±0.04 ^{BCbcd}	0.96 ±0.11 ^{Bcd}	1.24 ±0.03 ^{Ac}
T10	0.55 ±0.01 ^{Ccd}	0.61 ±0.01 ^{Bbc}	0.64 ±0.02 ^{Bcde}	0.72 ±0.01 ^{Acd}	0.74 ±0.02 ^{Ad}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

پژوهش‌های دیگر، Mancini و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی اثر افزودن ۳/۵ درصد پودر زردچوبه به همبرگر، کاهش

درصد اولئورزین وجود نداشت که نشان‌دهنده نقش مثبت اولئورزین زردچوبه در افزایش مقاومت اکسیداتیو است. در

اندیس تیوباریتوریک اسید را نسبت به برگر بدون افزودنی گزارش نمودند [۳۷]. در بررسی اثر اولئورزین دارچین بر گوشت گاو بسته بندی شده توسط Irfiana و همکاران (۲۰۱۷) نیز مشخص شد که اندیس تیوباریتوریک اسید نسبت به کنترل کاهش یافت [۳۸].

۳-۲-۳- اندیس اسیدی

بر اساس جدول ۵، بیشترین میزان اندیس اسیدی در نمونه شاهد که با روغن کلزا سرخ شد (T2) مشاهده شد و نودل‌های سرخ‌شده در روغن کلزا اندیس اسیدی بالاتری را نسبت به نمونه‌های دارای روغن پالم با غلظت‌های یکسان اولئورزین داشتند. همچنین در تحقیق Wroniak (۲۰۲۱)

اندیس اسیدی روغن پالم اولئین در مقایسه با روغن کلزا که برای سرخ کردن نمونه‌های سیب‌زمینی و توفو سرخ شده استفاده شدند کمتر بود [۳۹]. اما اندیس اسیدی نمونه‌های نودل دارای ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین (T9 و T10) که در روغن کلزا سرخ شده بودند نسبت به نمونه سرخ شده در روغن پالم بدون الئورزین (T1) یا کمتر و یا غیرمعتادار بود ($P < 0.05$). اندیس اسیدی محتوای اسیدهای چرب آزاد تولید شده توسط هیدرولیز روغن را منعکس می‌کند. وجود اسید چرب غیراشباع منجر به تسریع تولید اسیدهای چرب آزاد و افزایش اندیس اسیدی می‌شود [۴۰]. البته ترکیبات آنتی اکسیدان مانند اولئورزین‌ها با جلوگیری از هیدرولیز روغن و تولید اسید چرب آزاد

Table 5. Acid values of noodle samples during storage

Sample/ Time	Acid value (mg KOH/g)				
	Day1	Day30	Day 60	Day90	Day120
T1	1.24 ±0.04 ^{Bc}	1.28 ±0.07 ^{Bbc}	1.39 ±0.01 ^{Ab}	1.47 ±0.02 ^{Ab}	1.49 ±0.02 ^{Acd}
T2	1.67 ±0.06 ^{Ba}	1.75 ±0.05 ^{Ba}	1.84 ±0.03 ^{Ba}	2.26 ±0.16 ^{Aa}	2.43 ±0.08 ^{Aa}
T3	1.12 ±0.02 ^{Cd}	1.13 ±0.02 ^{Cc}	1.23 ±0.02 ^{Bc}	1.31 ±0.01 ^{Abc}	1.34 ±0.03 ^{Ade}
T4	1.01 ±0.01 ^{Ad}	1.15 ±0.21 ^{Abc}	1.08 ±0.03 ^{Ad}	1.13 ±0.02 ^{Acd}	1.18 ±0.02 ^{Aef}
T5	0.84 ±0.04 ^{Be}	0.82 ±0.005 ^{Bd}	0.90 ±0.01 ^{Be}	1.01 ±0.02 ^{Ad}	1.04 ±0.06 ^{Afg}
T6	0.77 ±0.02 ^{Be}	0.82 ±0.005 ^{ABd}	0.90 ±0.01 ^{ABc}	0.99 ±0.10 ^{Ad}	0.99 ±0.12 ^{Ag}
T7	1.48 ±0.06 ^{Db}	1.61 ±0.02 ^{Ca}	1.78 ±0.06 ^{Ba}	1.94 ±0.02 ^{Aa}	2.04 ±0.03 ^{Aab}
T8	1.29 ±0.03 ^{Cc}	1.35 ±0.02 ^{Cb}	1.42 ±0.03 ^{BCb}	1.50 ±0.07 ^{Bb}	1.72 ±0.06 ^{Abc}
T9	1.08 ±0.01 ^{Cd}	1.14 ±0.02 ^{Cbc}	1.32 ±0.06 ^{Bbc}	1.41 ±0.06 ^{ABb}	1.52 ±0.02 ^{Acd}
T10	1.05 ±0.05 ^{Dd}	1.21 ±0.03 ^{CDbc}	1.24 ±0.06 ^{BCc}	1.40 ±0.10 ^{ABb}	1.42 ±0.02 ^{Ad}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

می‌توانند به کاهش این شاخص کمک کنند. در پژوهش‌های پیشین یافته‌های Kehili و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که با افزودن اولئورزین پوست گوجه فرنگی اسیدیته روغن آفتاب‌گردان و روغن زیتون کاهش یافت [۴۱]. در تحقیق Mishra و Upadhyay (۲۰۱۵) نیز افزودن اولئورزین

رزماری به روغن آفتاب‌گردان منجر افزایش مقاومت اکسیداتیو آن شد [۴۲]. اندیس اسیدی نمونه‌های نودل سرخ شده در طول دوره نگهداری افزایش یافت که می‌تواند به دلیل هیدرولیز چربی‌ها و آزاد شدن اسیدهای چرب آزاد در طول نگهداری باشد [۱۵].

۳-۲-۴ دی ان کونژوگه

نتایج اندازه گیری میزان دی ان کونژوگه در جدول ۶ نشان داده شده است. در نمونه‌های دارای اولئورزین، مقدار کمتری نسبت به شاهد با روغن مشابهشان مشاهده شد که با افزایش غلظت اولئورزین مشهودتر بود ($P < 0.05$). در پایان دوره نگهداری، مقادیر بالاتری در نمونه‌های سرخ شده با روغن کلزا حاوی ۰/۱ تا ۰/۵ اولئورزین زردچوبه نسبت به نمونه‌های دارای مقادیر مشابه اولئورزین و سرخ شده در روغن پالم مشاهده شد ($P > 0.05$). دلیل آن می‌تواند به غیر اشباعیت بیشتر روغن کلزا نسبت به روغن پالم مربوط شود زیرا دی‌ان‌های کونژوگه معمولاً در طول تشکیل هیدروپراکسیدها از اسیدهای چرب غیراشباع تولید می‌شوند و نشان‌دهنده تشکیل محصولات اکسیداسیون اولیه در چربی‌ها و روغن‌ها هستند [۴۳]. بر اساس Ahmed و همکاران (۲۰۲۴)، روغن پالم نسبت به کانولا در طول دوره زمانی و درجه حرارت‌های مختلف دی‌ان کونژوگه کمتری از خود نشان داده است که به علت وجود مقادیر کمتر اسید چرب غیر اشباع در روغن پالم می‌باشد [۴۴]. البته لازم به ذکر است که در پژوهش حاضر نمونه‌های سرخ شده در کلزا و دارای اولئورزین زردچوبه تا روز ۹۰ دارای مقادیر دی ان

کونژوگه کمتری نسبت به شاهد دارای پالم بودند. در انتهای نگهداری نیز میزان دی ان کونژوگه در نمونه T10 (۳/۵۱) از شاهد دارای پالم (۴/۹۲) کمتر بود و سایر نمونه‌های سرخ شده در کلزا و دارای اولئورزین زردچوبه اختلاف معناداری با T1 نداشتند. ترکیبات آنتی اکسیدان با کاهش اکسیداسیون مقدار دی ان کونژوگه را کاهش می‌دهند [۴۵]. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با افزودن اولئورزین زردچوبه با خاصیت آنتی اکسیدانی به روغن کلزا با وجود مقادیر بالای اسید چرب غیر اشباع، مقدار دی‌ان کونژوگه در نمونه‌های نودل کاهش یافته است که در غلظت‌های بالاتر اولئورزین مشهودتر است. بر اساس نتایج Huang و همکاران (۲۰۱۷) افزودن غلظت‌های مختلف کورکومین (۰/۱، ۰/۲ و ۰/۳ میلی گرم بر گرم) به روغن ماهی باعث کاهش معنادار در دی‌ان کونژوگه در نمونه‌های حاوی کورکومین نسبت به کنترل شد [۴۶]. Lodh و همکاران (۲۰۱۸) نیز در پژوهشی اثر افزودن کورکومین زردچوبه را به روغن گی حاصل از کره بوفالو بررسی کردند. با وجود افزایش دی ان کونژوگه با دما و زمان، اما این شاخص در نمونه‌های حاوی کورکومین به طور معناداری از سایر نمونه‌ها کمتر بود و میزان آن با افزایش غلظت کورکومین کاهش یافت [۴۳].

Table 6. Conjugated dienes of noodle samples during storage

Sample/ Time	Conjugated dienes (mmol/kg)				
	Day1	Day30	Day 60	Day90	Day120
T1	4.01 ± 0.10 ^{Da}	4.13 ± 0.11 ^{CDb}	4.40 ± 0.22 ^{BCa}	4.64 ± 0.10 ^{ABb}	4.92 ± 0.05 ^{Ab}
T2	4.02 ± 0.08 ^{Da}	4.57 ± 0.09 ^{Ca}	4.71 ± 0.07 ^{Ca}	5.20 ± 0.09 ^{Ba}	5.90 ± 0.24 ^{Aa}
T3	3.54 ± 0.005 ^{Db}	3.77 ± 0.03 ^{Cc}	4.05 ± 0.05 ^{Bb}	4.11 ± 0.01 ^{Bdc}	4.34 ± 0.01 ^{Ac}
T4	3.28 ± 0.07 ^{Dc}	3.57 ± 0.02 ^{Cd}	3.89 ± 0.01 ^{Bbc}	3.91 ± 0.02 ^{Bef}	4.11 ± 0.01 ^{Ade}
T5	2.77 ± 0.01 ^{Dd}	3.50 ± 0.005 ^{Ce}	3.64 ± 0.04 ^{Bcd}	3.70 ± 0.10 ^{Bfg}	3.87 ± 0.02 ^{Aef}
T6	2.35 ± 0.01 ^{De}	3.41 ± 0.01 ^{Cf}	3.41 ± 0.02 ^{Cd}	3.54 ± 0.04 ^{Bg}	3.76 ± 0.02 ^{Afg}
T7	3.55 ± 0.10 ^{Db}	3.63 ± 0.03 ^{Dd}	4.08 ± 0.12 ^{Cb}	4.43 ± 0.10 ^{Bc}	4.96 ± 0.05 ^{Ab}
T8	3.11 ± 0.01 ^{Dc}	3.33 ± 0.01 ^{Df}	4.05 ± 0.05 ^{Cb}	4.34 ± 0.04 ^{Bcd}	4.68 ± 0.19 ^{Ab}

T9	2.51 ±0.02 ^{De}	2.82 ±0.10 ^{Cg}	3.91 ±0.02 ^{Bbc}	4.18 ±0.05 ^{Bd}	4.65 ±0.06 ^{Abc}
T10	2.01 ±0.01 ^{Cf}	2.22 ±0.12 ^{BCh}	2.57 ±1.21 ^{Be}	3.25 ±0.11 ^{Ah}	3.51 ±0.11 ^{Ag}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

۳-۲-۵ نتایج آزمون اکسیداسیون تسریع شده

نتایج اکسیداسیون تسریع شده در شکل ۱ بیانگر آن است که در روز ۱ و ۱۲۰ نگهداری بالاترین مدت زمان القاء (IP) در نمونه T6 و کمترین زمان در نمونه شاهد کلزا T2 مشاهده شد ($P < 0.05$)؛ البته بین نمونه‌های T5 و T6 و نیز T2 و T7 (روز ۱۲۰) اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ($P > 0.05$). Maszewska و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی ویژگی روغن‌های کلزا و پالم اختلاف معناداری در مدت زمان القاء بین آن‌ها مشاهده نمودند به طوری که مدت زمان القاء روغن پالم بیشتر از کلزا بود [۴۷]. در ابتدای نگهداری، نمونه‌های دارای ۰/۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین و روغن کلزا به ترتیب زمان القاء بالاتری (۲۱/۳۶ و ۲۳/۴۵ ساعت) از T3 (۰/۱ اولئورزین و پالم) به میزان ۱۹ ساعت و T1 به میزان ۱۸/۴۳

ساعت داشتند. در انتهای دوره نگهداری نیز زمان القاء شاهد دارای پالم (۱۷/۵۱ ساعت) از نمونه T10 (۲۲/۷۰ ساعت) کمتر بود ($P < 0.05$) و اختلاف معناداری با T9 (۲۰/۷۴ ساعت) نداشت ($P > 0.05$). همچنین مدت زمان القاء در طول زمان فقط در نمونه‌های حاوی ۰/۱ درصد اولئورزین و روغن پالم و مقادیر ۰/۱ الی ۰/۵ درصد اولئورزین به همراه روغن کلزا به طور معنادار کاهش یافت و برای سایر نمونه‌ها با غلظت بالاتر اولئورزین این کاهش معنادار نبود که نشانه نقش مؤثر اولئورزین زردچوبه در مقاومت به اکسیداسیون است. آنتی‌اکسیدان‌ها فرآیندهای اکسیداتیو چربی‌ها را در مواد غذایی به طور قابل توجهی مهار کرده یا به تأخیر می‌اندازند [۴۳] و با افزودن آنها مدت زمان بیشتری لازم است تا یک ماده اکسید شود و IP افزایش می‌یابد.

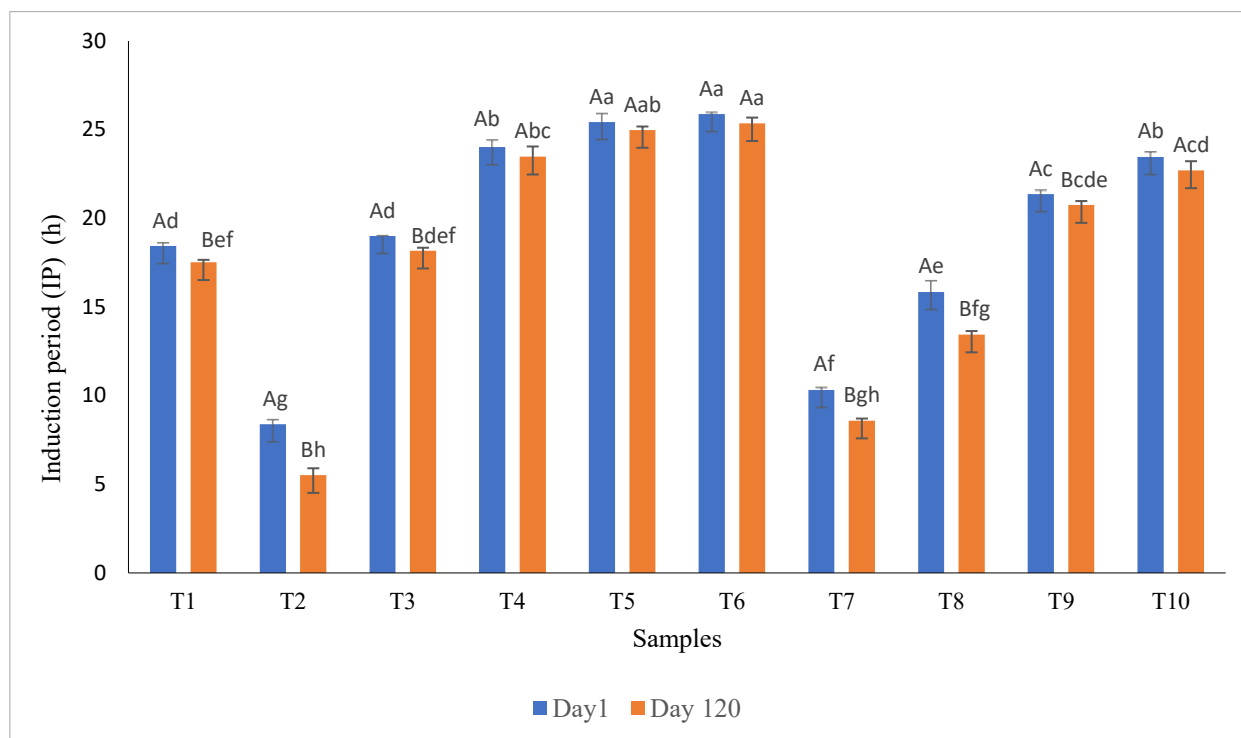


Fig1. Induction period of noodle samples on the 1st and 120th days of storage. T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) on the same day and during the storage period, respectively.

غذایی محصول را نیز با افزایش محتوی فنولی و فعالیت آنتی

اکسیدانی ارتقاء یافته است که این امر با توجه به اینکه امروزه مصرف‌کنندگان به نقش مستقیم فرآورده های غذایی بر سلامت خود آگاه شده اند و تمایل به انتخاب محصولات سالم تر دارند [50]. حائز اهمیت می‌باشد. در پژوهش‌های پیشین، نتایج پژوهش Jayathilake و همکاران (2022) نشان داد که افزودن اولئورزین زردچوبه به شیر پاستوریزه باعث افزایش خاصیت آنتی اکسیدانی و محتوی فنولی شد [12]. همچنین یافته‌های Praveen و همکاران (2024) نیز بیانگر آن بوده که در نمونه‌های کره بادام زمینی دارای اولئورزین و روغن الئورزین زردچوبه بدون کورکومینوئید (0/25 درصد) و همچنین کورکومینوئیدها (0/45 درصد) فعالیت آنتی اکسیدانی بالاتری نسبت به شاهد مشاهده شد [13]. نتایج تحقیق Sıçramaz (2025) بر روی ماست حاوی پودر زردچوبه نیز نشان داد که ترکیبات فنولی و فعالیت آنتی اکسیدانی در نمونه های دارای زردچوبه (0/5٪ و 1٪) بیشتر

Tinello و همکاران (2020) با بررسی اثر پودر ریزوم و پوست زردچوبه بر روغن سویا اظهار داشتند که زمان القاء نسبت به شاهد افزایش یافت [48]. همچنین در مطالعه Ramírez-Carrasco و همکاران (2020) مشخص شد که نمونه‌های پاته دارای اورگانوژل روغن بزرک حاوی کورکومین مدت زمان القاء بالاتری نسبت به شاهد داشتند که به علت خواص آنتی اکسیدانی کورکومین می‌باشد [34].

۳-۳ محتوای فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی

همان طور که در جداول ۷ و ۸ نشان داده شده است، با افزایش میزان اولئورزین، روند افزایشی معناداری در محتوای فنل کل و فعالیت آنتی اکسیدانی نمونه‌های نودل مشاهده شد ($P < 0/05$). دلیل آن وجود ترکیبات فنلی با خاصیت آنتی اکسیدانی مانند کوکومین و سایر مشتقات آن مانند دمتوکسی کورکومین و بیس دمتوکسی کورکومین در زردچوبه است [49]. بنابراین استفاده از اولئورزین زردچوبه نه تنها باعث کاهش فساد اکسیداتیو در نودل شده است بلکه ارزش

از نمونه کنترل بود و با افزایش غلظت زردچوبه افزایش یافت [۴۹] که با پژوهش حاضر همخوانی دارند.

روند کاهش معناداری در محتوای فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی طی نگهداری نمونه‌های نودل مشاهده شد ($P < 0.05$) که احتمالاً ناشی از تجزیه ترکیبات فنلی در اثر گذر زمان و مصرف این ترکیبات در مهار اکسیداسیون چربی‌ها است [۵۱].

۳-۴ ارزیابی حسی

نتایج آزمون حسی در جدول ۹ نشان داده شده است. در ابتدای نگهداری، افزایش غلظت اولئورزین تا ۰/۷۵ درصد در نمونه‌های سرخ شده با روغن پالم باعث کاهش امتیاز مزه و بو شد. در نمونه‌های کلزا نیز روند کاهش دیده شد. دلیل

روند کاهش امتیاز مزه و بو با افزایش اولئورزین زردچوبه احتمالاً به افزایش تلخی ناشی از ترکیبات فنلی مانند کورکورمین مربوط باشد زیرا عصاره‌های گیاهی که سرشار از ترکیبات فنلی هستند، احتمالاً در تلخی و گسی مواد غذایی نقش دارند [۵۲]. در تحقیق Lučan Čolić و همکاران (۲۰۲۳) با افزودن پودر زردچوبه به بستنی با غلظت ۱٪ و بالاتر، امتیاز مزه و بو کاهش معناداری نسبت به شاهد پیدا نمود و تلخ تر گزارش شد؛ اما در نمونه دارای ۰/۵٪ و شاهد اختلاف معنادار مشاهده نگردید [۵۳]. همچنین Wang و همکاران (۲۰۲۰) اثر افزودن ۰/۵٪ کورکورمین بر نودل تازه ارزن را بررسی نمودند. نتایج ارزیابی حسی نشان داد که افزودن کورکورمین اثر نامطلوبی بر مزه و بوی نودل نداشته است [۵۴].

Table 7. Total phenolic contents (TPC) of noodle samples during storage

	Total phenol content (mg GAE/g)				
	Day 1	Day 30	Day 60	Day 90	Day 120
T1	0.003 ± 0.002 ^{Ac}	0.003 ± 0.002 ^{Ac}	0.002 ± 0.002 ^{Ab}	0.00 ± 0.00 ^{Ab}	0.00 ± 0.00 ^{Ab}
T2	0.00 ± 0.000 ^{Ac}	0.000 ± 0.000 ^{Ad}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}
T3	0.006 ± 0.002 ^{Ac}	0.002 ± 0.002 ^{Bd}	0.001 ± 0.001 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}
T4	0.01 ± 0.001 ^{Ac}	0.003 ± 0.002 ^{Bcd}	0.001 ± 0.001 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}
T5	0.06 ± 0.02 ^{Ab}	0.03 ± 0.008 ^{Ab}	0.01 ± 0.00 ^{Bb}	0.005 ± 0.002 ^{Bb}	0.000 ± 0.00 ^{Bb}
T6	0.12 ± 0.01 ^{Aa}	0.097 ± 0.009 ^{Aa}	0.04 ± 0.01 ^{ABa}	0.013 ± 0.005 ^{BCa}	0.0076 ± 0.0005 ^{Ca}
T7	0.000 ± 0.000 ^{Ac}	0.000 ± 0.000 ^{Ad}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}
T8	0.001 ± 0.000 ^{Ac}	0.000 ± 0.000 ^{Ad}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}	0.000 ± 0.000 ^{Ab}
T9	0.002 ± 0.001 ^{Ac}	0.001 ± 0.001 ^{Ad}	0.00 ± 0.000 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}	0.000 ± 0.000 ^{Bb}
T10	0.010 ± 0.002 ^{Ac}	0.008 ± 0.002 ^{Bc}	0.004 ± 0.001 ^{Cb}	0.000 ± 0.000 ^{Db}	0.000 ± 0.000 ^{Db}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

فرآوردها بیش از ۳۰۰ ترکیب فرار مانند ترکیبات حاوی گوگرد و نیتریل، پیرازین‌ها، آلدهیدها، فوران‌ها و نیتریل‌ها تولید می‌شود [۵۵]. از آنجایی که روغن کلزا به اکسیداسیون و تخریب حرارتی حساس تر از روغن پالم است، می‌توان با کاهش اکسیداسیون در این روغن ایجاد مزه و بوی نامطلوب

پس از ۱۲۰ روز نگهداری، در تمامی نمونه‌های دارای اولئورزین و روغن کلزا امتیاز مزه و بوی بالاتری نسبت به شاهد دارای روغن کلزا (T2) مشاهده شد. طعم روغن کلزا عمدتاً تحت تأثیر سه مسیر قرار می‌گیرد: تخریب گلوکوزینولات، اکسیداسیون حرارتی و واکنش مایلارد. در این

را کاهش داد؛ بنابراین با افزودن اولئورزین زردچوبه به نمونه‌های سرخ شده در روغن کلزا با کاهش اکسیداسیون و محصولات ناشی از آن باعث بالا رفتن امتیاز نسبت به نمونه شاهد فاقد اولئورزین شد که در انتهای نگهداری مشهودتر بود. در مورد شاخص رنگ، در روز ۱ و ۱۲۰ نمونه‌های دارای اولئورزین به طور معنی‌داری از نمونه شاهد با روغن سرخ کردنی یکسان امتیاز رنگ بیشتری داشتند ($P < 0.05$). رنگ زرد زردچوبه در نتیجه حضور سه رنگدانه اصلی در آن شامل کورکومین (۵۰-۶۰٪)، دمتوکسی کورکومین (۲۰-۳۰٪) و بیس دمتوکسی کورکومین (۷-۲۰٪) است [۵۶].

Table 8. Antioxidant activity of noodle samples during storage

Sample/ Time	DPPH scavenging capacity (%)				
	Day1	Day30	Day 60	Day90	Day120
T1	2.08 ± 0.05 ^{Ad}	1.30 ± 0.20 ^{Bcde}	0.64 ± 0.08 ^{Cf}	0.041 ± 0.02 ^{CDDef}	0.33 ± 0.03 ^{De}
T2	1.02 ± 0.03 ^{Ah}	0.93 ± 0.04 ^{Ac}	0.69 ± 0.04 ^{Bf}	0.26 ± 0.15 ^{Cf}	0.03 ± 0.005 ^{Df}
T3	2.16 ± 0.03 ^{Ad}	1.39 ± 0.19 ^{Bbcd}	0.74 ± 0.08 ^{Cef}	0.51 ± 0.01 ^{CDdef}	0.43 ± 0.02 ^{Dd}
T4	2.31 ± 0.03 ^{Ac}	1.56 ± 0.17 ^{Bbc}	0.90 ± 0.09 ^{Cde}	0.66 ± 0.01 ^{CDcde}	0.57 ± 0.03 ^{De}
T5	2.56 ± 0.06 ^{Ab}	1.75 ± 0.17 ^{Bab}	1.14 ± 0.04 ^{Cc}	0.90 ± 0.01 ^{Dabc}	0.81 ± 0.02 ^{Db}
T6	2.83 ± 0.06 ^{Aa}	2.04 ± 0.16 ^{Ba}	1.36 ± 0.10 ^{Cab}	1.11 ± 0.10 ^{Da}	0.98 ± 0.03 ^{Da}
T7	1.11 ± 0.04 ^{Ah}	1.006 ± 0.02 ^{Ac}	0.78 ± 0.03 ^{Bdef}	0.38 ± 0.12 ^{Cef}	0.11 ± 0.01 ^{Df}
T8	1.26 ± 0.04 ^{Ag}	1.18 ± 0.04 ^{Ade}	0.93 ± 0.03 ^{Bd}	0.51 ± 0.15 ^{Cdef}	0.28 ± 0.27 ^{De}
T9	1.50 ± 0.02 ^{Af}	1.40 ± 0.03 ^{Abcd}	1.17 ± 0.04 ^{Bbc}	0.74 ± 0.14 ^{Cbcd}	0.51 ± 0.29 ^{Dcd}
T10	1.73 ± 0.03 ^{Ae}	1.64 ± 0.05 ^{Abc}	1.41 ± 0.03 ^{Ba}	1.01 ± 0.27 ^{Cab}	0.74 ± 0.30 ^{Db}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

مقبولیت حسی کاهش یافت البته همچنان نمونه‌ها امتیاز مقبولیت قابل قبولی داشتند. در پژوهش Guo و همکاران (۲۰۲۲) نیز افزودن کورکومین (۰/۰۵ تا ۰/۲۵ درصد) در نودل سیب زمینی باعث بهبود کیفیت حسی شد اما در غلظت های بالاتر روند کاهشی مشاهده شد [۵۷]. نکته جالب توجه در پژوهش حاضر آن بود که افزودن ۰/۲۵ و ۰/۷۵ درصد اولئورزین زردچوبه به نودل باعث شد نمونه‌های سرخ شده در کلزا در پایان دوره نگهداری اختلاف معناداری با T1 نداشته باشند و حتی امتیاز نمونه دارای ۰/۵ درصد اولئورزین یعنی T9 بالاتر از آن باشد.

بنابراین افزودن اولئورزین زردچوبه در نودل با رنگ زرد می‌تواند مطلوب باشد. در پژوهش Wang و همکاران (۲۰۲۰) نیز افزودن کورکومین زردچوبه به نودل باعث بهبود ویژگی رنگ آن شد [۵۴] که با پژوهش حاضر هم راستا است. امتیاز بافت نمونه‌ها در روز ۱ اختلاف معناداری با یکدیگر نداشت ($P > 0.05$). در روز ۱۲۰ نیز نمونه‌های حاوی اولئورزین با یکدیگر و با T1 اختلاف معناداری نداشتند. افزودن ۰/۵ درصد اولئورزین به نودل باعث شد نمونه سرخ شده در کلزا امتیاز مقبولیت کلی بالاتری نسبت به شاهد دارای پالم داشته باشد و با افزایش غلظت اولئورزین امتیاز

Table 9. The sensory evaluation of noodle samples on the 1st and 120th days of storage

Sample/ Time	Sensory parameters									
	Taste		Odor		Color		Texture		Overall acceptance	
	Day 1	Day120	Day 1	Day120	Day 1	Day120	Day 1	Day120	Day 1	Day120
T1	8.20 ± 0.63 ^{Bb}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.80 ± 0.42 ^{Aa}	8.10 ± 0.31 ^{Bab}	7.90 ± 0.31 ^{Ab}	6.90 ± 0.31 ^{Bc}	8.10 ± 0.31 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.50 ± 0.70 ^{Ab}	8.00 ± 0.00 ^{Bb}
T2	7.60 ± 0.69 ^{Acd}	2.10 ± 0.99 ^{Bc}	7.600. ± 51 ^{Abc}	2.00 ± 1.08 ^{Bd}	7.50 ± 0.70 ^{Ab}	2.50 ± 0.85 ^{Bd}	8.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.94 ^{Ab}	7.40 ± 0.51 ^{Ad}	1.80 ± 0.42 ^{Bd}
T3	8.10 ± 0.31 ^{Bbc}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.80 ± 0.42 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.60 ± 0.51 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Bb}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}
T4	8.10 ± 0.31 ^{Bbc}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Bb}	8.90 ± 0.31 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}
T5	8.00 ± 0.00 ^{Bbc}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	8.00 ± 0.00 ^{Aab}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ac}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}
T6	7.10 ± 0.31 ^{Bcd}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	7.20 ± 0.42 ^{Bcd}	7.90 ± 0.56 ^{Aab}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ac}	8.90 ± 0.31 ^{Ba}
T7	9.00 ± 0.00 ^{Aba}	3.10 ± 0.87 ^{Bd}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	4.50 ± 1.78 ^{Bc}	8.83 ± 0.84 ^{Aa}	7.10 ± 0.31 ^{Bc}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.90 ± 0.31 ^{Aab}	4.00 ± 0.81 ^{Bc}
T8	9.00 ± 0.00 ^{Aba}	7.10 ± 0.87 ^{Bc}	8.90 ± 0.31 ^{Aa}	7.30 ± 1.05 ^{Bb}	8.70 ± 0.48 ^{Aa}	8.60 ± 0.51 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Ba}	8.90 ± 0.31 ^{Aab}	7.50 ± 1.08 ^{Bb}
T9	9.00 ± 0.00 ^{Aba}	8.00 ± 0.00 ^{Bb}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	8.20 ± 0.42 ^{Aab}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}
T10	8.00 ± 0.00 ^{Abc}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}	7.10 ± 0.31 ^{Bd}	7.90 ± 0.56 ^{Aab}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ba}	9.00 ± 0.00 ^{Aa}	8.00 ± 0.00 ^{Ac}	8.00 ± 0.00 ^{Ab}

T1: without oleoresin and fried in palm oil. T2: without oleoresin and fried in rapeseed oil. T3, T4, T5, and T6: fried in palm oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. T7, T8, T9, and T10: fried in rapeseed oil and contain 0.1, 0.25, 0.5, and 0.75% turmeric oleoresin, respectively. Results are presented as a mean value ± SD. The different superscript lowercase and uppercase letters are significant ($p < 0.05$) in each identical column and row, respectively.

۴- نتیجه گیری

دارد، می توان با جایگزینی روغن پالم با روغن کلزا و افزودن اولئورزین زردچوبه به نودل محصولی با پایداری اکسایشی مناسب و ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی قابل قبول تولید نمود.

۵- سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از شرکت گلستان بابت فراهم نمودن امکانات لازم و حمایت های مالی جهت تولید و بررسی ویژگی های کیفی نمونه ها کمال تشکر و قدردانی را دارند.

دسترسى به داده ها

داده های این پژوهش بنا به درخواست، از طریق نویسنده مسئول در دسترس قرار خواهند گرفت.

تضاد منافع

نویسندگان بدینوسیله اعلام می کنند که دکتر افشین جعفرپور، یکی از نویسندگان، دارای ارتباط شغلی با شرکت گلستان، تولیدکننده محصول مورد بررسی در این مطالعه (نودل) است. نتایج این پژوهش در حال حاضر در فرآیند صنعتی آن شرکت استفاده می گردد. سایر نویسندگان هیچگونه تضاد

در این پژوهش اثر اولئورزین زردچوبه بر بهبود پایداری اکسایشی نودل فوری سرخ شده و ویژگی های فیزیکوشیمیایی و حسی آن بررسی گردید. افزودن اولئورزین به نودل های سرخ شده با روغن کلزا ویا پالم، پایداری اکسایشی، میزان فنول و فعالیت آنتی اکسیدانی آنها را بهبود داد و تغییر معنی داری در خواص فیزیکوشیمیایی ایجاد ننمود. شاخص های اندیس پراکسید، آنیزیدین، تیوباربیتوریک اسید، اندیس اسیدی، دی ان کونژوگه و مدت زمان القاء به نوع روغن سرخ کردنی به کار رفته در نودل و غلظت اولئورزین بستگی داشت و افزایش غلظت اولئورزین سبب بالا رفتن مقاومت اکسایشی گردید. لازم به ذکر است که اولئورزین زردچوبه به ویژه در غلظت های بالاتر به میزان ۰/۵ و ۰/۷۵٪ در نودل فوری سرخ شده با کلزا باعث پایداری اکسایشی مشابه و یا حتی در مواردی بهتر از نودل شاهد سرخ شده با روغن پالم شد. بنابراین در نهایت می توان گفت که با توجه به مشکلاتی که در تامین و واردات روغن پالم مورد استفاده برای سرخ کردن نودل در کشورمان وجود

پانید کبیری: تحقیق و بررسی، تأمین منابع، گردآوری داده‌ها. ثمر منصوری پور: مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، مدیریت پروژه، تحلیل داده‌ها، اعتبارسنجی، نگارش و بازبینی و ویرایش مقاله. افشین جعفرپور: مفهوم‌سازی، روش‌شناسی، تأمین منابع، نگارش و بازبینی و ویرایش مقاله.

منافعی را اعلام نمی‌کند. پژوهش حاضر بر اساس اصول صداقت علمی و بی‌طرفی انجام شده است.

بیانیه تأمین مالی

این تحقیق حمایت مالی مستقیمی دریافت نکرده است. شرکت گلستان بخشی از مواد و امکانات آزمایشگاهی را فراهم کرده است.

مشارکت نویسندگان

۶-منابع

- [1] Li, S., Tang, D., Liu, S., Qin, S., & Chen, Y. (2020). Improvement of noodle quality: The effect of ultrasonic on noodles resting. *Journal of Cereal Science*, 96, 103089.
- [2] Gulia, N., Dhaka, V., & Khatkar, B. S. (2014). Instant noodles: Processing, quality, and nutritional aspects. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(10), 1386–1399.
- [3] Cao, X., Zhou, S., Yi, C., Wang, L., Qian, H., Zhang, H., & Qi, X. (2017). Effect of whole wheat flour on the quality, texture profile, and oxidation stability of instant fried noodles. *Journal of Texture Studies*, 48(6), 607–615.
- [4] Atta, E. M., Mohamed, N. H., & Abdelgawad, A. A. (2017). Antioxidants: An overview on the natural and synthetic types. *Eur. Chem. Bull.*, 6(8), 365–375.
- [5] Koushki, M., Nahidi, M., & Cheraghali, F. (2015). Physico-chemical properties, fatty acid profile and nutrition in palm oil. *Archives of Advances in Biosciences*, 6(3), 117–134.
- [6] Procopio, F. R., Ferraz, M. C., Paulino, B. N., do Amaral Sobral, P. J., & Hubinger, M. D. (2022). Spice oleoresins as value-added ingredient for food industry: Recent advances and perspectives. *Trends in Food Science & Technology*, 122, 123–139.
- [7] Song, X. C., Canellas, E., Wrona, M., Becerril, R., & Nerin, C. (2020). Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. *Food Packaging and Shelf Life*, 26, 100588.
- [8] Kim, G. H., & Chin, K. B. (2021). Characteristics of low-nitrite pork emulsified-sausages with paprika oleoresin solution during refrigerated storage. *Journal of Animal Science and Technology*, 63(2), 394.
- [9] Ranjbar Nedamani, A. (2021). The antioxidant activity of lycopene and chlorophyll oleoresin and phenol stability of *Berberis vulgaris* extracts in cupcake formulation. *Iranian Food Science & Technology Research Journal*, 17(3), 39–52.
- [10] Madhusankha, G. D., Siow, L. F., & Thoo, Y. Y. (2023). Efficacy of green solvents in pungent, aroma, and color extractions of spice oleoresins and impact on phytochemical and antioxidant capacities. *Food Bioscience*, 56, 103171.
- [11] Ipar, V. S., Singhal, R. S., & Devarajan, P. V. (2022). An innovative approach using microencapsulated turmeric oleoresin to develop ready-to-use turmeric milk powder with enhanced oral bioavailability. *Food Chemistry*, 373, 131400.
- [12] Jayatilake, A. L., Jayasinghe, M. A., & Walpita, J. (2022). Development of ginger, turmeric oleoresins and pomegranate peel extracts incorporated pasteurized milk with pharmacologically important active compounds. *Applied Food Research*, 2(1), 100063.
- [13] Praveen, A., Hitlamani, V., Nagarajan, S., Matche, R. S., & Chaudhari, S. R. (2024). Enrichment of peanut butter using *Curcuma longa* (turmeric) industrial byproducts and its impact on shelf life. *Food Chemistry*, 461, 140839.
- [14] Joshi, P., Joshi, S., Semwal, D. K., Bisht, A., Sharma, S., & Dwivedi, J. (2021). Chemical composition, antioxidative and antimicrobial activities of turmeric spent oleoresin. *Industrial Crops and Products*, 162, 113278.
- [15] Zamankhani, M., Moeini, S., Mahasti Shotorbani, P., MirsaeedGhazi, H., & Jafarpour, A. (2024). Improvement of the oxidative stability of instant fried noodles using free and microencapsulated borage (*Echium amoenum*) and black hollyhock (*Althaea rosea* var. *nigra*) extracts. *Food Science & Nutrition*, 12(1), 508–525.
- [16] AACC. (2000). Approved Methods of the AACC (10th ed.). American Association of Cereal Chemists.
- [17] AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis* (17th ed.). Gaithersburg (MD): Association of Official Analytical Chemists.
- [18] Koh, W. Y., Matanjun, P., Lim, X. X., & Kobun, R. (2022). Sensory, physicochemical, and cooking qualities of instant noodles incorporated with red seaweed (*Eucheuma denticulatum*). *Foods*, 11(17), 2669.
- [19] AOCS. (2003). *Official Methods and Recommended Practices of the AOCS*. American Oil Chemists' Society.
- [20] Ainsa, A., Marquina, P. L., Roncalés, P., Beltrán, J. A., & Calanche, M. J. B. (2021). Enriched fresh pasta with a sea bass by-product, a novel food: Fatty acid stability and sensory properties throughout shelf life. *Foods*, 10(2), 255.
- [21] Gotoh, N., Iwasawa, A. I., Watanabe, H., Osato, R., & Wada, S. (2007). Oxidation of fats and oils in instant noodles stored under various conditions. *Journal of Food Lipids*, 14(4), 350–365.
- [22] AOCS. (2009). Determination of Specific Extinction of Oils and Fats, Ultraviolet Absorption (Ch 5-91). The American Oil Chemists' Society.

- [23] Ghosh, M., Upadhyay, R., Mahato, D. K., & Mishra, H. N. (2019). Kinetics of lipid oxidation in omega fatty acids rich blends of sunflower and sesame oils using Rancimat. *Food Chemistry*, 272, 471–477.
- [24] Farzana, T., Abedin, M. J., Abdullah, A. T. M., & Reaz, A. H. (2023). Exploring the impact of pumpkin and sweet potato enrichment on the nutritional profile and antioxidant capacity of noodles. *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100849.
- [25] Xu, M., Hou, G. G., Ma, F., Ding, J., Deng, L., Kahraman, O., Niu, M., Trivettea, K., Lee, B., Wu, L., & Baik, B. K. (2020). Evaluation of aleurone flour on dough, textural, and nutritional properties of instant fried noodles. *LWT*, 126, 109294.
- [26] Yazdi, E., Mansouripour, S., & Ramezan, Y. (2024). Enhancement of rosehip bioactive compounds by cold plasma pretreatment and application of its extract as a functional ingredient in ketchup. *Food Chemistry: X*, 23, 101561.
- [27] Islam, M. F., Islam, S., Miah, M. A. S., Bhuiyan, M. N. I., Abedin, N., Mondol, M. M. H., & Linkon, K. M. M. R. (2024). Quality assessment and sensory evaluation of green banana starch enriched instant noodles. *Applied Food Research*, 4(1), 100431.
- [28] Nessabian, M. S., Mansouripour, S., & Ramezan, Y. (2024). Sumac extract as a natural preservative in mayonnaise: Effects on lipid oxidation, microbial growth, physicochemical, rheological, and sensory characteristics. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101463.
- [29] Izadi, A., Mansouripour, S., Ramezan, Y., & Talebzadeh, S. (2022). Can rice bran, sesame, and olive oils be used as substitutes for soybean oil to improve French salad dressing quality? *Grasas y Aceites*, 73(4), e479-e479.
- [30] Allam, A. Y., Khan, Z. S., Bhat, M. S., Naik, B., Wani, S. A., Rustagi, S., Aijaz, T., Elsadek, M. F., & Chen, T. W. (2023). Chemical, physical, and technological characteristics of palm olein and canola oil blends. *Journal of Food Quality*, 2023(1), 6503667.
- [31] Aniołowska, M., & Kita, A. (2015). The effect of type of oil and degree of degradation on glycidyl esters content during the frying of French fries. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92(11–12), 1621–1631.
- [32] Rajamma, A. G., Bai, V., & Nambisan, B. (2012). Antioxidant and antibacterial activities of oleoresins isolated from nine *Curcuma* species. *Phytopharmacology*, 2(2), 312–317.
- [33] Nampoothiri, S. V., Lekshmi, P. C., Venugopalan, V. V., & Menon, A. N. (2012). Antidiabetic and antioxidant potentials of spent turmeric oleoresin, a by-product from curcumin production industry. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 2, S169–S172.
- [34] Ramírez-Carrasco, P., Paredes-Toledo, J., Romero-Hasler, P., Soto-Bustamante, E., Díaz-Calderón, P., Robert, P., & Giménez, B. (2020). Effect of adding curcumin on the properties of linseed oil organogels used as fat replacers in pâtés. *Antioxidants*, 9(8), 735.
- [35] Wong, Y. H., Goh, K. M., Nyam, K. L., Nehdi, I. A., Sbihi, H. M., & Tan, C. P. (2019). Effects of natural and synthetic antioxidants on changes in 3-MCPD esters and glycidyl ester in palm olein during deep-fat frying. *Food Control*, 96, 488–493.
- [36] Afshari, A., & Sayyed-Alangi, S. Z. (2017). Antioxidant effect of leaf extracts from *Cressa cretica* against oxidation process in soybean oil. *Food Science & Nutrition*, 5(2), 324–333.
- [37] Mancini, S., Preziuso, G., & Paci, G. (2016). Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on antioxidant capacity and oxidative status in rabbit burgers after cooking. *World Rabbit Science*, 24(2), 121–127.
- [38] Irfiana, D., Utami, R., Khasanah, L. U., & Manuhara, G. J. (2017). Preservation effect of two-stage cinnamon bark (*Cinnamomum burmanii*) oleoresin microcapsules on vacuum-packed ground beef during refrigerated storage. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 193(1), 012026. IOP Publishing.
- [39] Wroniak, M., Raczyk, M., Kruszewski, B., Symoniuk, E., & Dach, D. (2021). Effect of deep frying of potatoes and tofu on thermo-oxidative changes of cold pressed rapeseed oil, cold pressed high oleic rapeseed oil and palm olein. *Antioxidants*, 10(10), 1637.
- [40] Liang, S., Chen, G., Ma, C., Zhu, C., Li, L., Gao, H., & Yang, T. (2025). Quantitative determination of acid value in palm oil during thermal oxidation using Raman spectroscopy combined with deep learning models. *Food Chemistry*, 474, 143107.
- [41] Kehili, M., Choura, S., Zammel, A., Allouche, N., & Sayadi, S. (2018). Oxidative stability of refined olive and sunflower oils supplemented with lycopene-rich oleoresin from tomato peels industrial by-product, during accelerated shelf-life storage. *Food Chemistry*, 246, 295–304.
- [42] Upadhyay, R., & Mishra, H. N. (2015). Predictive modeling for shelf life estimation of sunflower oil blended with oleoresin rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and ascorbyl palmitate at low and high temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 42–49.
- [43] Lodh, J., Khamrui, K., & Prasad, W. G. (2018). Optimization of heat treatment and curcumin level for the preparation of antioxidant-rich ghee from fermented buffalo cream by Central Composite Rotatable Design. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5), 1832–1839.
- [44] Ahmed, I., Chatha, S. A., Iftikhar, N., Farooq, M. F., Zulfiqar, H., Ali, S., Hussain, S. M., Alshehri, M. A., Al-Ghanim, K. A., & Ijaz Hussain, A. (2024). Nutritional quality of selected commercially available seed oils and effect of storage conditions on their oxidative stability. *PLoS One*, 19(10), e0308117.
- [45] Farahmandfar, R., Asnaashari, M., Pourshayegan, M., Maghsoudi, S., & Moniri, H. (2018). Evaluation of antioxidant properties of lemon verbena (*Lippia citriodora*) essential oil and its capacity in sunflower oil stabilization during storage time. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 983–990.

- [46] Huang, Q., Chen, J., Liu, C., Wang, C., Shen, C., Chen, Y., & Li, Q. (2017). Curcumin and its two analogues improve oxidative stability of fish oil under long-term storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(10), 1600105.
- [47] Maszewska, M., Florowska, A., Matysiak, K., Marciniak-Lukasiak, K., & Dłużewska, E. (2018). The study of palm and rapeseed oil stability during frying. *Journal of Applied Botany & Food Quality*, 91, 1–?.
- [48] Tinello, F., Zannoni, S., & Lante, A. (2020). Antioxidant properties of soybean oil supplemented with ginger and turmeric powders. *Applied Sciences*, 10(23), 8438.
- [49] Sıçramaz, H. (2025). Turmeric-enriched yogurt: Increased antioxidant and phenolic contents. *Fermentation*, 11(3), 127.
- [50] Ghadarloo, S., Mansouripour, S., & Saremnezhad, S. (2023). Effect of the mixture of oleaster (*E. angustifolia* L.) and black cumin (*Nigella sativa*) flours as functional compounds on the quality characteristics of toast bread. *Food Science & Nutrition*, 11(8), 4678–4687.
- [51] Bucalossi, G., Fia, G., Dinnella, C., De Toffoli, A., Canuti, V., Zanoni, B., Servili, M., Pagliarini, E., Toschi, T. G., & Monteleone, E. (2020). Functional and sensory properties of phenolic compounds from unripe grapes in vegetable food prototypes. *Food Chemistry*, 315, 126291.
- [52] Plaskova, A., & Mlcek, J. (2023). New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1118761.
- [53] Lučan Čolić, M., Antunović, M., Jukić, M., Popović, I., & Lukinac, J. (2023). Sensory acceptance and characterisation of turmeric- and black-pepper-enriched ice cream. *Applied Sciences*, 13(21), 11802.
- [54] Wang, Z., Jia, Y., & Zhang, M. (2020). Effect of curcumin on the quality properties of millet fresh noodle and its inhibitory mechanism against the isolated spoilage bacteria. *Food Science & Nutrition*, 8(3), 1451–1460.
- [55] Zhou, Z. X., Chen, Y. J., Sheng, M. M., Cui, F. J., Chen, C., Shi, J. C., Shu, X. Q., & Chen, Z. W. (2024). Improving flavor of strong fragrant rapeseed oils by supplementing commercial peptides and sugars. *Food Chemistry: X*, 24, 101985.
- [56] Augustyńska-Prejsnar, A., Topczewska, J., Ormian, M., Saletnik, A., Sokołowicz, Z., & Lechowska, J. (2022). The effect of the addition turmeric on selected quality characteristics of duck burgers stored under refrigeration. *Applied Sciences*, 12(2), 805.
- [57] Guo, W., Fan, L., Wang, Y., Li, G., Gao, X., Chen, Z., & Huang, J. (2022). Effect of three natural antioxidants on the structure and physicochemical properties of sweet potato starch noodles. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1020281.



Scientific Research

Evaluating the Effect of Turmeric Oleoresin on Improving the Oxidative Stability of Fried Instant Noodles and Its Physicochemical and Sensory Characteristics

Paniz Kabiri¹, Samar Mansouripour^{*1,2}, Afshin Jafarpour³

1- Department of Food Science and Technology, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2 -Nutrition and Food Sciences Research Center, TeMS.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3 -Department of Food Science and Technology, Ga.C., Islamic Azad University, Garmsar, Iran.

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Article History: Received: 2025/11/02 Review: 2026/04/27 Accepted: 2026/05/09 Keywords: Fried instant noodles, Turmeric oleoresin, Oxidative stability, Antioxidant DOI: 10.48311/fsct.2026.117437.82916 *Corresponding Author E- Sa.mansouripour@iau.ac.ir	Given the challenges in supplying palm oil (PO) for frying noodles in Iran and the use of rapeseed oil (RO), this study aimed to improve the oxidative stability of noodles fried in RO by incorporating turmeric oleoresin (TO). Two groups of noodles were fried separately in PO and RO. Then, TO was sprayed onto the noodles, and the quality characteristics were evaluated for 120 days. The samples containing oleoresin showed lower peroxide and anisidine values than their control with the same frying oil. After 120 days, samples fried in RO containing 0.5 and 0.75% oleoresin (T9 and T10) had lower peroxide and anisidine values than the sample fried in PO without oleoresin (T1) ($P < 0.05$). A decreasing trend in thiobarbituric acid was observed with increasing oleoresin concentration. The acid value and conjugated diene of samples T8 (0.25% oleoresin and fried in RO), T9, and T10 were also either lower than or not significantly different from those of T1 ($P < 0.05$). At the end of the storage, the IP of T1 was shorter than that of T10, with no significant difference compared to T9. A significant increasing trend was observed in phenol content and antioxidant activity with increasing oleoresin concentration ($P < 0.05$). There was no significant difference in the overall acceptability between T10 and T1 at the end of storage, and the score of T9 was even higher than that of T1. Therefore, it is recommended to replace PO with RO, along with incorporating TO to noodles, especially at higher concentrations (0.5 and 0.75%).