

Quality assessment of cooking oil used in food preparation in hospitals of Rasht city

Nasrollah zadeh, A.^{1*}, Tayefe, M.¹, Yabandepour, F.², Enshaei, N.³

1. Department of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

2. MSc in Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

3. Undergraduate student of Food Science and Technology, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran

*Corresponding author :azinnasr@yahoo.com

(Received: 2024/10/28 Accepted: 2025/4/3)

Abstract

Balanced nutrition plays a critical role in reducing healthcare costs and improving overall community health. This study aimed to assess the quality of cooking oil used in hospital food preparation across Rasht. The experimental design considered two preparation methods (dietary: D1 vs. non-dietary: D2), two food types (solid: mixed [F1] vs. semi-solid with solid pieces [F2]), and two hospital types (public: H1 vs. private: H2). Key oil quality parameters—including absorption rate, acidity, peroxide value, anisidine value, and total Totox value—were evaluated. The results revealed significant differences ($p \leq 0.05$) in oil absorption and oxidative indices across food types and hospital categories. Semi-solid foods exhibited higher oil absorption (7.81%) compared to solid foods (3.49%), whereas solid foods showed greater oxidative deterioration. Dietary cooking methods yielded better outcomes in both hospital types, with reduced oil absorption and improved oxidative stability. Notably, solid foods were more prone to oxidative spoilage in both public and private hospital settings. These findings underscore the importance of improving cooking practices, selecting high-quality raw ingredients, and optimizing thermal processing parameters in hospital food services. The implementation of targeted staff training programs on proper cooking techniques is recommended to enhance nutritional quality and uphold food safety standards in healthcare environments.

Conflict of interest: None declared.

Keywords: Acidity, Hospital, Peroxide, Oil, Food

بررسی کیفیت روغن مورد استفاده در طبخ غذای بیمارستان‌های شهر رشت

ارزیابی کیفیت روغن پخت در بیمارستان‌های رشت

آذین نصرالله‌زاده^{۱*}، ماندانا طایفه^۱، افسانه یابنده‌پور^۲، نگار انشائی^۳

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

۲- کارشناسی ارشد علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

۳- دانشجوی کارشناسی علوم و مهندسی صنایع غذایی، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران

*نویسنده مسئول مکاتبات: azinnasr@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۸/۷ پذیرش نهایی: ۱۴۰۴/۱/۱۴)

چکیده

تغذیه عامل مهمی در کاهش هزینه‌های درمانی و ارتقاء سلامت جامعه است. هدف پژوهش حاضر، بررسی کیفیت روغن غذا در بیمارستان‌های شهر رشت است. برای این منظور تیمارها در دو روش طبخ (شامل غذای رژیمی: D₁ و غیر رژیمی: D₂) و دو نوع غذا (شامل غذای جامد (پلوی مخلوط: F₁ و غذای مایع حاوی قطعات جامد: F₂) و در دو نوع بیمارستان (دولتی H₁ و خصوصی: H₂) اجرا گردید. برای ارزیابی روغن سرویس‌های غذایی بیمارستان‌ها میزان مقدار جذب روغن، اسیدیته، عدد پراکسید، آنیزیدین و توتوکس روغن موجود در غذاها مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد تفاوت معناداری در بین انواع غذای جامد و مایع رژیمی و غیر رژیمی بیمارستان‌های خصوصی و دولتی در میزان درصد جذب روغن و شاخص‌های اکسیداسیونی وجود دارد ($p \leq 0/05$). بطوریکه غذاهای مایع حاوی قطعات جامد جذب چربی بیشتری نسبت به غذاهای جامد داشت (به ترتیب ۷/۸۱ و ۳/۴۹ درصد) اما توسعه فساد اکسیداسیونی در غذاهای جامد بیشتر از غذاهای مایع بود. بنابر ارزیابی کلی طبخ رژیمی نسبت به طبخ غیر رژیمی در هر دو بیمارستان از جذب چربی کمتر و شاخص‌های اکسیداسیونی بهتری برخوردار بود. همچنین غذای مایع حاوی قطعات جامد، جذب چربی بیشتری داشته در حالی که امکان فساد اکسیداتیو در غذاهای جامد در هر دو بیمارستان بالاتر بوده است. با توجه به اهمیت برنامه غذایی در بیمارستان‌ها توصیه می‌شود نظارت بیشتری در روش طبخ، انتخاب مواد اولیه، مدت و شدت حرارت‌دهی در غذای بیمارستان‌ها صورت بگیرد و برنامه‌های آموزشی با هدف به‌کارگیری روش‌های صحیح طبخ برای کارکنان اجرا شود.

واژه‌های کلیدی: اسیدیته، بیمارستان، پراکسید، روغن، غذا

مقدمه

بدون تردید بخش تغذیه از مهم‌ترین بخش‌های یک بیمارستان است و سرویس‌دهی غذایی عامل مهمی در رضایت‌مندی مشتریان بیمارستان و ارتقاء سلامت جامعه است. در طبخ غذا روغن‌ها نقش مهمی در طعم، بو، بافت و کیفیت تغذیه‌ای دارند. صرف‌نظر از منبع، مقدار و ترکیب چربی در یک ماده غذایی، پایش کیفیت روغن در طی مراحل تهیه و فرآوری غذاها از اهمیت زیادی برخوردار است. غذای ارائه‌شده در بیمارستان نه تنها باید نیازهای فیزیولوژیکی بیماران را برآورده نماید بلکه باید به مسائل کیفی و ارزش غذایی توجه کافی شود (Farrokhzadeh et al., 2009). با توجه به اینکه یکی از اقدامات اساسی در زمینه اصلاح الگوی مصرف غذا، توجه به نحوه طبخ و توزیع غذا در مراکز عمومی مانند رستوران‌های ادارات، دانشگاه‌ها، سربازخانه‌ها، بیمارستان‌ها و... است، آموزش کارکنان درگیر در مراحل طبخ و توزیع غذا از موارد حائز اهمیت است. مطالعات انجام‌شده در بیمارستان‌ها نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کیفیت خدمات بیمارستان‌ها توجه به سرویس‌های غذایی است. سرویس تغذیه بیمارستان عامل اساسی در فرآیند درمان است که تأثیر زیادی بر مدت‌زمان بهبودی و کیفیت زندگی بیماران دارد (Ghanbari jahromi et al., 2014). تغییرات روغن شامل افزایش ویسکوزیته، افزایش تیرگی و تمایل به ایجاد کف در روغن، کاهش نقطه دود، کاهش کشش سطحی افزایش عدد پراکسید و میزان اسیدهای چرب آزاد، افزایش ترکیبات با وزن مولکولی بالا، کاهش پایداری روغن، کاهش میزان ترکیبات غیراشباع و تغییرات عطر و طعم و مزه از

اتفاقات پس از سرخ کردن است که اثرمستقیمی بر کیفیت و سلامتی ماده غذایی دارند (Jacobsen et al., 2019). سرعت واکنش‌های شیمیایی در طول سرخ کردن به عوامل مختلفی ازجمله ویژگی‌های ماده سرخ‌شده، نسبت غذا به روغن، میزان اسیدهای چرب غیراشباع، غلظت اکسیژن در سطح و در داخل روغن، حضور فلزات سنگین به‌عنوان کاتالیزور، دما و درجه حرارت، بستگی دارد (Naseri et al., 2018). در مراحل اولیه اکسیداسیون، هیدروپراکسیدها تولید می‌شوند و درون روغن تجمع می‌یابند. عدد پراکسید از پارامترهای اولیه نشان‌دهنده کیفیت روغن است که درجه اکسیداسیون را نشان می‌دهد اما هیدروپراکسیدها پایدار نیستند و می‌توانند به‌راحتی به محصولات اکسیداسیون ثانویه ازجمله کتون و آلدهید تبدیل شوند (Sottero et al., 2019). بنابراین بررسی فاکتورهای شیمیایی دیگر ازجمله عدد آنیزیدین و عدد توتوکس به‌منظور تعیین میزان اکسیداسیون ثانویه از دیگر فاکتورهای مهم موردبررسی است. مطالعه حاضر با هدف ارزیابی کیفیت و کمیت روغن مصرفی در بیمارستان و ارائه راهکارهای برای بهبود کیفیت سرویس در بیمارستان‌ها انجام‌شده است تا از این طریق گامی در جهت افزایش کیفیت خدمات بیمارستان برداشت.

مواد و روش‌ها

- نمونه‌برداری

این مطالعه به‌صورت مقطعی بر روی غذای دو بیمارستان دولتی و دو بیمارستان خصوصی شهر رشت در سال ۱۴۰۲ صورت گرفت. نمونه‌برداری به‌صورت

تصادفی هر هفته دو بار در یک بازه زمانی دوماهه از کلیه تیمارها ۱۰ نمونه به طور تصادفی انتخاب شد و آزمون‌ها در سه تکرار صورت گرفت. زمان نمونه‌برداری در ساعت ۱۲ تا ۱۴ تعیین شد که بیشترین فعالیت تهیه و آماده‌سازی غذاها صورت می‌گیرد. در این مطالعه برای نمونه‌برداری از ظروف شیشه‌ای نشکن که از نظر شیمیایی بر روی چربی اثرگذار نبوده استفاده شد و در حین نمونه‌برداری از پاک بودن ظروف و عاری بودن آنها از گردوغبار اطمینان حاصل گردید. نمونه‌ها تا رساندن آنها به آزمایشگاه در دمای ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس نگهداری شد. نمونه‌ی غذاهای مورد استفاده در بیمارستان‌ها به شرح زیر شامل دو روش طبخ (D1 و D2): به ترتیب غذای غیر رژیمی (غذایی که برای کلیه بیماران و همراهان آنها بدون در نظر گرفتن رژیم ویژه‌ای با روغن سرخ‌کردنی طبخ می‌شود) و غذای رژیمی (غذایی که بدون روغن و نمک افزوده طبخ می‌شود) با در نظر گرفتن دو نوع غذا (F1 و F2): به ترتیب غذای جامد (پلو مخلوط) و غذای مایع حاوی قطعات جامد (خورشت قیمه) در دو نوع بیمارستان (H1 و H2): به ترتیب دولتی و خصوصی انتخاب شدند.

لازم به ذکر است که نوع غذا در هر دو نوع بیمارستان یکسان بوده و برای سرخ کردن غذای غیر رژیمی از روغن مخصوص سرخ کردن و برای غذای رژیمی از روش بخارپز و بدون روغن افزوده در هر دو نوع بیمارستان استفاده می‌شد. کد تیمارها در جدول (۱) نشان داده شده است.

جدول (۱) - معرفی تیمارهای موردبررسی

کد تیمار	نوع بیمارستان (H)	نوع غذا (F)	نوع طبخ (D)
H1F1D1	دولتی (H1)	جامد (F1)	رژیمی (D1)
H1F1D2	دولتی (H1)	جامد (F1)	غیر رژیمی (D2)
H1F2D1	دولتی (H1)	غذای مایع حاوی قطعات جامد (F2)	رژیمی (D1)
H1F2D2	دولتی (H1)	غذای مایع حاوی قطعات جامد (F2)	غیر رژیمی (D2)
H2F1D1	خصوصی (H2)	جامد (F1)	رژیمی (D1)
H2F1D2	خصوصی (H2)	جامد (F1)	غیر رژیمی (D2)
H2F2D1	خصوصی (H2)	غذای مایع حاوی قطعات جامد (F2)	رژیمی (D1)
H2F2D2	خصوصی (H2)	غذای مایع حاوی قطعات جامد (F2)	غیر رژیمی (D2)

- آزمون‌ها

درصد جذب چربی نمونه‌ها به روش سوکسله محاسبه شد (طبق استاندارد AOAC ۲۰۰۳-۰۵). سپس بر روی روغن استخراج‌شده آزمون‌های شیمیایی شامل اسیدیت و اندیس پراکسید صورت گرفت (ISIRI, 4178/1998; ISIRI, 4179/2008). برای ارزیابی توسعه اکسیداسیون عدد آنیزیدین و ارزش توتوکس نیز اندازه‌گیری شد (ISIRI, 4888/2004).

- استخراج روغن

حدود ۵۰ گرم از نمونه همگن‌شده درون بشر ریخته و ۵۰ میلی‌لیتر محلول N-هگزان (Merck - آلمان) به آن اضافه شد و به‌خوبی تا حل شدن کامل چربی مخلوط شدند. سپس مخلوط صاف و حلال درون حمام آب ۷۰ درجه سلسیوس تبخیر شد. روغن به‌دست‌آمده برای انجام آزمون اسیدیت و پراکسید استفاده شد (ISIRI, 439/1397).

- آزمون اسیدیت

۵ گرم از روغن استخراج‌شده درون ارلن مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و به آن ۵۰ میلی‌لیتر اتانول

خنثی‌شده جوشان همراه با ۱ میلی‌لیتر معرف فنل فتالئین اضافه شد. مخلوط حاصله با سود ۰/۱ نرمال تیتر شد. اسیدیت به‌حسب اولئیک اسید گزارش شد (ISIRI, 4178/1998).

$$\text{درصد اسیدیت به روغن استخراجی} = \frac{v \times N \times 28.2 \times 100}{w}$$

$$v = \text{حجم سدیم هیدروکسید به‌حسب میلی‌لیتر}$$

$$N = \text{نرمالیت سدیم هیدروکسید}$$

$$w = \text{وزن چربی به گرم}$$

- آزمون عدد پراکسید

۵ گرم از نمونه توزین و ۳۰ میلی‌لیتر از محلول استیک اسید + کلروفرم (نسبت ۳ به ۲) به نمونه اضافه شد. ۰/۵ میلی‌لیتر یدید پتاسیم اشباع به محلول اضافه و سپس به مدت ۱ دقیقه در تاریکی گذاشته شد. نهایتاً ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر را به محلول اضافه شدند و چسب نشاسته ۵ درصد به‌عنوان معرف به آن افزوده شد. محلول با سدیم تیوسولفات ۰/۱ نرمال عیار سنجی شد (ISIRI, 4179/2004).

$$\text{عدد پراکسید} = \frac{(v_2 - v_1) \times N \times 100}{m}$$

یافته‌ها

-بررسی درصد جذب چربی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که در بین نتایج تفاوت معنی‌داری وجود دارد بطوریکه بررسی میانگین درصد جذب چربی در نمونه‌ها نشان می‌دهد بالاترین و پایین‌ترین میزان جذب چربی به ترتیب متعلق به تیمار $H_2D_2F_2$ (۷/۸۱ درصد) و $H_1D_1F_1$ (۳/۴۹ درصد) بود (شکل ۱).

که در آن: V_2 = حجم تیوسولفات سدیم مصرفی برای نمونه / V_1 + حجم تیوسولفات مصرفی برای شاهد / N = نرمالیت تیوسولفات مصرفی / m = وزن روغن مصرفی به گرم
- ارزش آنیزیدین

به منظور تعیین عدد پارا- آنیزیدین ۰/۵ گرم روغن در بالن ۲۵ میلی‌لیتری را به حجم رسانده و پس از اینکه ۵ میلی‌لیتر از این محلول با یک میلی‌لیتر از محلول ۰/۲۵ درصد پارا- آنیزیدین در استیک اسیدگلاسیال مخلوط شد، بعد از گذشت ۱۰ دقیقه جذب آن در طول موج ۳۵۰ نانومتر (دستگاه اسپکتروفتومتر مدل varian, 100 Cary ساخت استرالیا) مورد ارزیابی قرار گرفت. سپس عدد پارا- آنیزیدین با استفاده از معادله زیر محاسبه شد (ISIRI, 4888/1998).

$$p\text{-anisidine value} = 25 \times (1.2As - Ab) / m$$

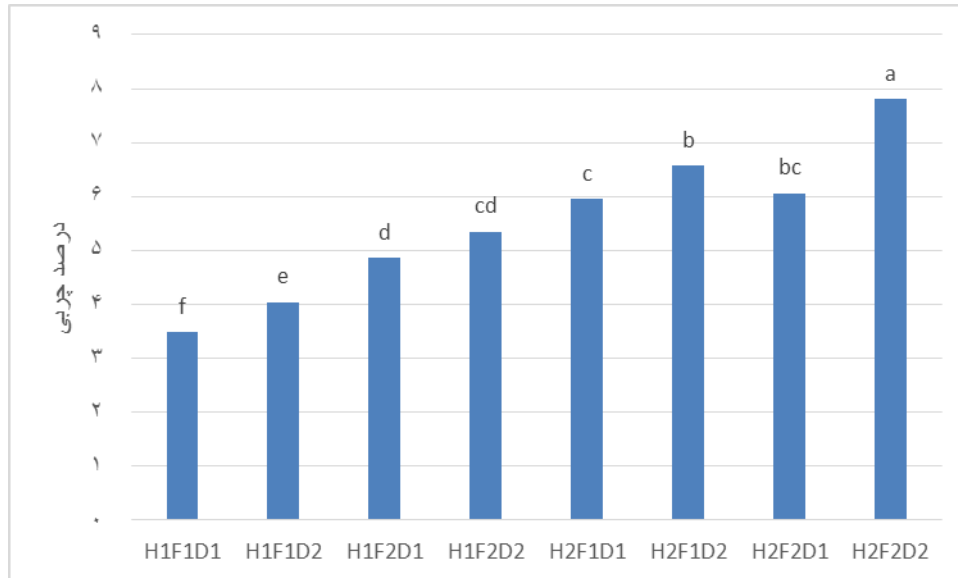
-اندازه‌گیری عدد توتوکس

عدد توتوکس نشان‌دهنده اکسایش کل است و نیز معیاری برای بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی بوده که ارزیابی را دقیق‌تر کرده و مطابق رابطه زیر به دست می‌آید (Okhli et al., 2020). در این رابطه PV عدد پراکسید و AV عدد آنیزیدین است.

$$2PV + AV = \text{عدد توتوکس}$$

-روش تجزیه و تحلیل آماری

میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و روش تجزیه واریانس یک‌طرفه و با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ مقایسه شدند. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۶ استفاده شد.



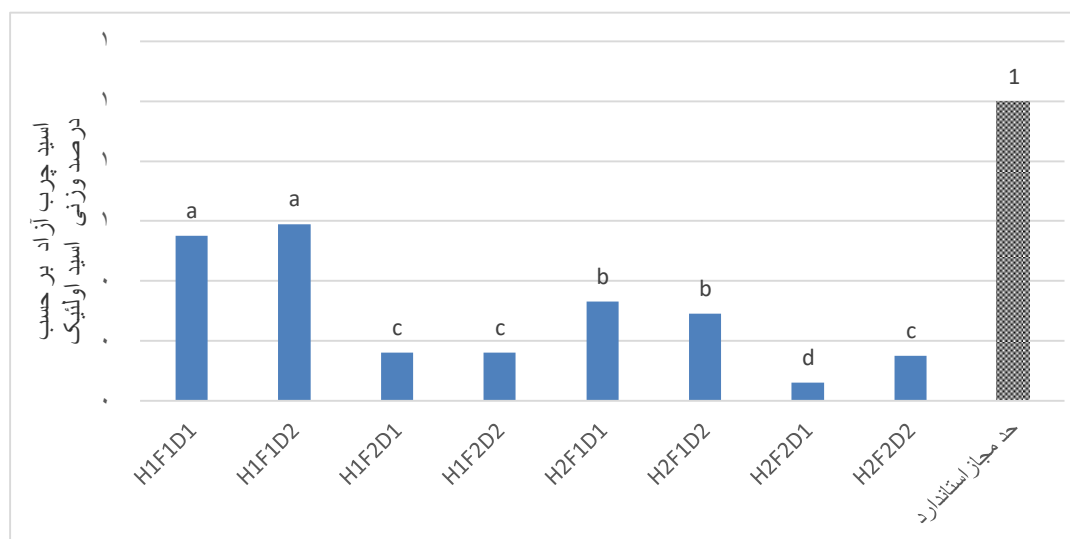
شکل (۱) - درصد جذب چربی در نمونه‌های مورد مطالعه

بیمارستان‌های دولتی: (H₁) و خصوصی: (H₂)، غذای رژیمی: (D₁) و غیررژیمی: (D₂)، انواع غذای جامد مخلوط: (F₁) و غذای مایع حاوی قطعات جامد: (F₂)

- بررسی میزان اسیدیت (AV)

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد نوع بیمارستان، طریقه طبخ و نوع غذا در میزان اسیدیت اختلاف معناداری ایجاد می‌کند ($p < 0.05$). به‌طوری‌که بالاترین اسیدیت (۰/۵۹ درصد) در H₁D₂F₁ و کمترین آن در H₂D₁F₂ (۰/۰۶ درصد) گزارش شد که این اختلاف در میزان اسیدیت با توجه به یکسان بودن نوع روغن می‌تواند به تفاوت روش طبخ به‌ویژه از نظر دما

و زمان، ماهیت مواد اولیه، مقدار روغن مصرفی، رعایت یا عدم رعایت اصول صحیح نگهداری و فراوری، شرایط آشپزخانه و... بستگی داشته باشد البته علیرغم تفاوت‌ها باز هم در هیچ‌یک از تیمارها اسیدیت از حد مجاز فراتر نرفت (ISIR, 4178/1998) (شکل ۲).



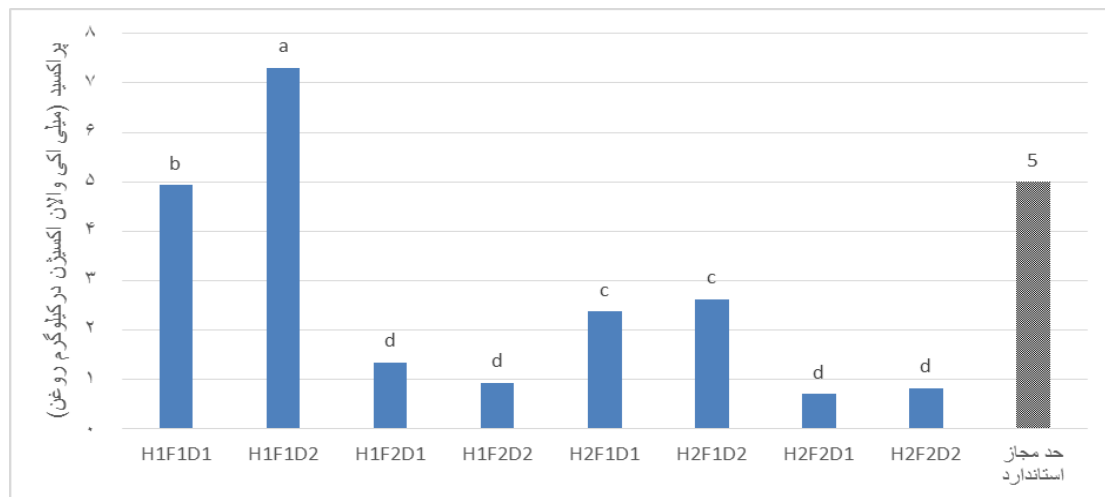
شکل (۲)- میزان اسید چرب آزاد موجود در طیف رژیمی و غیررژیمی غذای بیمارستان‌ها

بیمارستان‌های دولتی: (H₁) و خصوصی: (H₂)، غذای رژیمی: (D₁) و غیر رژیمی: (D₂)، انواع غذای جامد مخلوط: (F₁) و غذای مایع حاوی قطعات جامد: (F₂)

- بررسی میزان پراکسید (PV)

با توجه به نتایج تجزیه واریانس در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری در میزان پراکسید گزارش شد (۰/۰۵ $p \leq$). بررسی میانگین‌ها نشان داد تنها تیماری که مقدار پراکسیدی بیش از حد مجاز استاندارد (۱/۵ برابر) داشته تیمار H₁D₂F₁ (۷/۳۱ میلی اکسیژن در کیلوگرم روغن) بوده البته H₁D₁F₁ نیز پراکسیدی نزدیک به حداکثر مجاز داشتند درحالی‌که در بیمارستان‌های

خصوصی در هیچ‌یک از تیمارها میزان پراکسید بالاتر از حد استاندارد (۵ میلی اکسیژن در کیلوگرم روغن) نبود (ISIRI, 4179/2004). کمترین پراکسید در یافته‌های این تحقیق در H₂D₁F₂ (۰/۷ میلی اکسیژن در کیلوگرم روغن) گزارش شد شکل (۳).



شکل (۳) - میزان پراکسید در طبخ رژیمی و غیررژیمی غذای بیمارستان‌ها

بیمارستان‌های دولتی: (H₁) و خصوصی (H₂)، غذای رژیمی: (D₁) و غیر رژیمی: (D₂)، انواع غذای جامد مخلوط: (F₁) و غذای مایع حاوی قطعات جامد: (F₂)

-بررسی میزان آنیزیدین (AV)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد تفاوت

معناداری بین تیمارهای موردبررسی وجود دارد (0/05 < p).

به‌طوری‌که در (شکل ۴) نشان می‌دهد شاخص

آنیزیدین در غذای جامد بیشتر بود. بر اساس نتایج،

شاخص آنیزیدین در تمامی غذای جامد بین ۲ تا ۱۰

برابر بیش از دیگر غذاها بود. همچنین به‌جز غذای

مایع حاوی قطعات جامد بیمارستان‌های خصوصی در

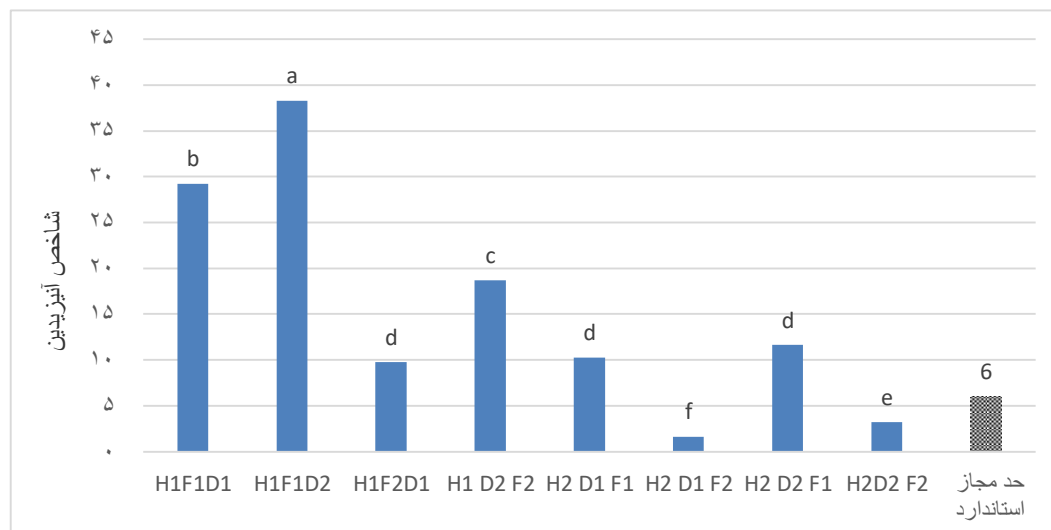
بقیه‌ی تیمارها مقادیر به‌دست‌آمده از شاخص آنیزیدین،

از حد مجاز استاندارد بالاتر بود که حداکثر برابر ۶

است (ISIRI, 4888/1998). بالاترین میزان آنیزیدین در

H₁D₂F₁ و کمترین آن در H₂D₁F₂ گزارش شد (به

ترتیب ۳۸/۲۶ و ۱/۶۳) (شکل ۴).



شکل (۴)- شاخص آنیزیدین در طبخ رژیمی و غیررژیمی غذای بیمارستان‌ها

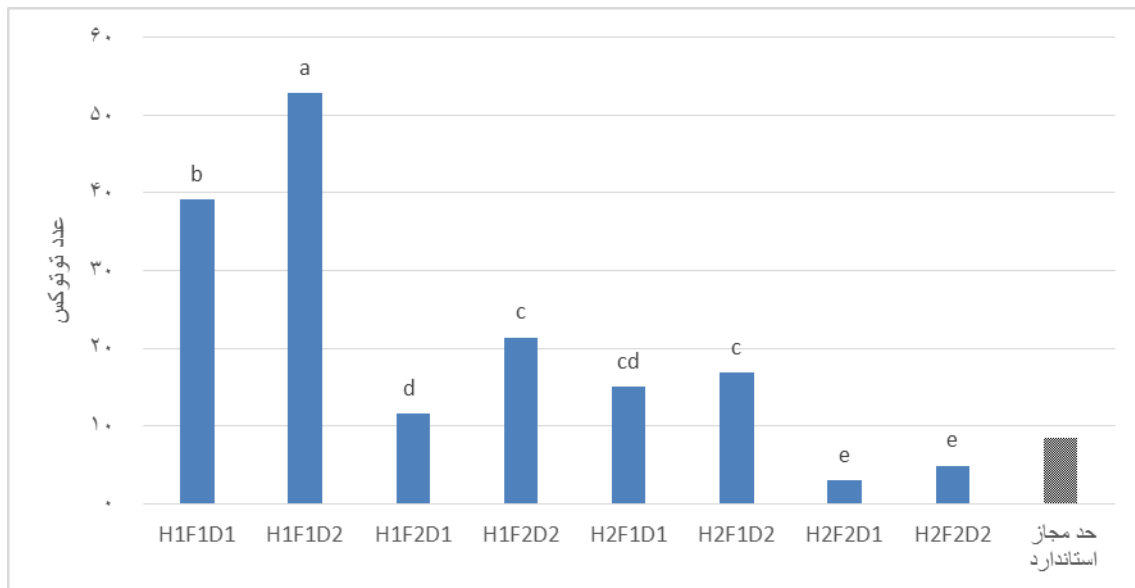
بیمارستان‌های دولتی: (H₁) و خصوصی: (H₂)، غذای رژیمی: (D₁) و غیر رژیمی: (D₂)، انواع غذای جامد مخلوط: (F₁) و غذای مایع حاوی قطعات جامد: (F₂)

خصوصی در مابقی تیمارها میزان توتوکس از حد

مجاز استاندارد بالاتر بود. H₁D₂F₁ بالاترین و H₂D₁F₂ کمترین شاخص توتوکس (به ترتیب ۵۲/۹ و ۳/۰۴) را داشتند (شکل ۵). حد مجاز توتوکس مابین ۸/۵ - ۲/۵ است که این مقدار نشان‌دهنده کیفیت خوب روغن است و مقادیر بالاتر از ۲۰ ممکن است نشان‌دهنده اکسیداسیون قابل توجه و کیفیت ضعیف باشد (ISIRI, 4888/1998).

-بررسی میزان عدد توتوکس

ارزش توتوکس معیاری از اکسیداسیون کل روغن است از حاصل جمع دو برابر اندیس پراکسید با اندیس آنیزیدین به دست می‌آید. نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد میزان توتوکس در بین تیمارهای مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (۰/۰۵ $p \leq$). به‌طوری‌که بررسی اثرات متقابل تیمارها در (شکل ۵) حاکی از آن است که به‌جز غذای مایع حاوی قطعات جامد (رژیمی و غیر رژیمی) بیمارستان‌های



شکل (۵) - میزان توتوکس در طبخ رژیمی و غیررژیمی انواع غذا در بیمارستان‌ها

بیمارستان‌های دولتی: (H₁) و خصوصی: (H₂)، غذای رژیمی: (D₁) و غیر رژیمی: (D₂)، انواع غذای جامد مخلوط: (F₁) و غذای مایع حاوی قطعات جامد: (F₂)

بحث و نتیجه‌گیری

تحقیقات نشان می‌دهد تکرار چرخه استفاده از روغن تا چهار بار نه تنها تأثیری بر میزان جذب روغن ندارد، اما بالا رفتن میزان چرخه تکرار به دلیل افزایش میزان ویسکوزیته روغن منجر به کاهش میزان جذب روغن شده و حرکت مویرگی آن را در داخل غذا کند می‌کند لذا به نظر می‌رسد که کاهش روغن گزارش شده در غذای تیمارهای دولتی در تحقیق حاضر می‌تواند به دلایل مذکور باشد. مطالعات اخیر توصیه به سرخ کردن با مخلوط آب و روغن در آشپزخانه‌های صنعتی و نیمه‌صنعتی دارند. در این روش، در طول سرخ کردن مخلوط آب و روغن، روغن در لایه‌ی بالایی باقی می‌ماند و آب می‌تواند در لایه زیرین قرار گیرد. بنابراین باقی‌مانده‌های غذای سرخ‌کرده قبل از اینکه در لایه روغن کربونیزه شوند، در لایه‌ی آب جمع می‌شوند.

تجمع و کربونیزه شدن باقی‌مانده‌ی ترکیباتی مثل گوشت و سبزی‌ها در روغن کاهش یافته و در نتیجه تخریب روغن را به تأخیر می‌اندازد. با توجه به دلایل فوق در مقایسه انواع مواد غذایی جامد و مایع، میزان توسعه اکسیداسیون و افزایش شاخص پراکسید در مواد غذایی جامد، بیشتر بوده که می‌تواند به محتوای رطوبتی کمتر آن نسبت به انواع مواد غذایی مایع مرتبط باشد (et al., 2022). البته ایجاد شرایط خلأ هنگام سرخ کردن (بستن درب ظروف طبخ غذا) نیز از عوامل مؤثر در کاهش پراکسید و در نهایت افزایش کیفیت و پایداری روغن است. "تفت آب‌پزی" (Braising, Stewing) که فرایندی ترکیبی از حرارت خشک و مرطوب است نیز روشی برای سرخ کردن با مخلوط آب و روغن است که در اغلب غذاهای ایرانی برای طبخ انواع غذای مایع حاوی قطعات جامد به کار می‌رود. در این

نوع از پخت، ابتدا ترکیباتی مانند گوشت یا سبزی‌ها در روغن تفت داده می‌شوند و سپس در مقدار کمی آب به آرامی می‌پزند (hung et al., 2017).

در طول سرخ کردن، ماده غذایی در دمای ۱۶۰ تا ۱۸۰ درجه سلسیوس در روغن داغ غوطه‌ور می‌شود که منجر به انتقال گرما و جرم می‌شود. این فرآیند باعث می‌شود دیواره‌های سلولی در غذا پاره شده و منافذی ایجاد شود که جذب روغن را تسهیل می‌کند. تماس مستقیم غذا با روغن داغ منجر به یک پوسته خشک، ترد و طلایی می‌شود که به عنوان مانعی در برابر جذب بیش از حد روغن عمل می‌کند و در عین حال غذا را کم آب می‌کند اما یک مرکز مرطوب باقی می‌گذارد (بنابراین مقدار روغن جذب شده عمدتاً به کاهش فشار داخلی به دلیل دادن رطوبت بستگی دارد) (Valle et al., 2024).

از طرف دیگر، اگر غذا پس از طبخ به سرعت از محیط سرخ‌کردنی خارج شود، دما به سرعت بیشتری شروع به کاهش کرده و به زیر ۱۰۰ درجه سلسیوس می‌رسد بنابراین منجر به تراکم بخار آب در محصول و متعاقب آن کاهش فشار داخلی می‌شود. این کاهش در فشار، خلأی ایجاد می‌کند که جذب روغن را تسهیل می‌کند در نتیجه، روغن چسبیده به سطح به ساختار متخلخلی که توسط تبخیر مولکول آب به وجود آمده، نفوذ می‌کند. از این رو با جلوگیری از انباشته کردن تکه‌های سرخ‌شده به روی هم و تسهیل در خروج رطوبت از سطح مواد غذایی سرخ‌شده جذب روغن کاهش می‌یابد. بنابراین میزان رطوبت، ترکیب شیمیایی و نیز زمان خروج ماده غذایی سرخ‌شده از روغن بر جذب روغن تأثیر می‌گذارد (Valle et al., 2024).

لذا افزایش جذب روغن در غذای بیمارستان‌های خصوصی می‌تواند به طول مدت انباشته شدن غذای آماده‌شده پس از اتمام طبخ در محیط گرم سرخ کردن مرتبط باشد.

به طور کلی با توجه به انتخاب یک غذای یکسان برای هر نوع طبخ (اعم از رژیمی - غیر رژیمی و یا جامد - مایع) چنانچه موازین طبخ همانند یکدیگر و بر اساس اصول توصیه شده استاندارد رعایت می‌گردید انتظار می‌رفت نتایج روند توسعه اکسیداسیون تیمارها مشابه هم به دست بیاید اما در این مطالعه مشخص شد، عوامل متعددی مانند شرایط دمایی، میزان آنتی اکسیدان‌ها، روش انتخابی سرخ کردن، طریقه انتقال حرارت، چگونگی انتخاب ماده اولیه برای سرخ شدن، غلظت واقعی اسیدهای چرب تک و چند غیراشباع، غلظت اکسیژن در سطح و در داخل روغن، حضور یک کاتالیزور مانند ابزار فلزات در حین حرارت دهی، مواجهه‌ی روغن و نور آفتاب، آغشته شدن روغن غذا به خونابه‌ها، رطوبت و فعالیت آبی بالا، مجاورت با هوا، همچنین نسبت سطح به حجم ماده غذایی و حتی میزان ادویه موجود در غذای در حال طبخ از عوامل مهم و مؤثر در افزایش اسیدیته و در ادامه توسعه اکسیداسیون روغن بوده و منجر به تسریع زمان برای دور ریز روغن در حین طبخ می‌شوند (Cho and Mine., 2007).

مطالعات اخیر نشان داده در طبخ با دمای بالاتر، به سرعت عایقی از روغن بر روی پوسته تشکیل شده که از نفوذ روغن در ماده غذایی و افزایش میزان جذب آن جلوگیری می‌کند. همچنین پیش تیمارهایی مانند بلانچ کردن، پیش تصفیه اسمزی، انجماد، پیش

خشک‌کردن با حذف رطوبت و مواد زائد، در جذب چربی محصول نهایی نقش دارند (Mahmud et al., 2023).

وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی موجود در ادویه-جات نیز از عوامل مؤثر در به تأخیر انداختن آغاز اکسیداسیون در طبخ غذاست که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به زردچوبه، فلفل، آویشن و رزماری اشاره کرد. به‌طوری‌که نتایج مطالعات مجدی و همکاران نشان داد اگرچه در طول حرارت دهی اندیس پراکسید، آنیزیدین و توتوکس روند افزایشی دارند، اما این افزایش در کثرت‌های حاوی ادویه زردچوبه در مقایسه با سایر کثرت‌های حاوی عصاره‌های برگ لیمو، گل میخک، برگ فلفل سیاه کمتر بود. دلیل این تفاوت به غلظت بالای ترکیبات پلی‌فنلی در زردچوبه بوده که بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی را در بین ادویه‌های مختلف داشته و می‌تواند نقش بازدارنده در اکسیداسیون روغن را ایفا نماید (Majidi et al., 2022). همچنین مطالعات نشان داده مقادیر پراکسید و اسیدیته در روغن‌های حاوی زردچوبه مقادیر کمتری بود که البته لازم به ذکر است که اثر ماده فعال کورکومین زردچوبه در سرخ شدن طولانی رفته‌رفته کاهش می‌یابد (Banerjee et al., 2015). از طرف دیگر نتایج تحقیقات بیان می‌کند که روغن آغشته به زردچوبه به‌واسطه وجود کورکومین در روغن می‌تواند نقش آنتی‌اکسیدانی و یا فعالیت پراکسیدانی داشته باشد و انتخاب بین این دو فعالیت، ارتباط مستقیمی به مجاورت فرایند سرخ کردن با تابش مستقیم نور آفتاب، ماهیت ماتریکس غذایی و حجم روغن در امولسیون روغن در آب دارد (Yi et al., 2015). از آنجایی‌که در

طول سرخ کردن با حرارت بالا، زمانی که میزان حرارت دهی از حد تحمل روغن بیشتر شود و یا تعداد دفعات استفاده از روغن افزایش یابد، اکسیداسیون روغن‌ها با شدت بیشتری اتفاق می‌افتد و سرعت اکسیداسیون به ازای هر ۱۰ درجه سلسیوس افزایش دما تقریباً دو برابر می‌گردد.

به عبارت دیگر به ازای هر ۱۰ درجه سلسیوس افزایش دما، عمر روغن به نصف کاهش می‌یابد. این در حالی است که در بسیاری از مواقع علیرغم شروع اکسیداسیون روغن تغییری در عطر، طعم، رنگ و یا حتی ظاهر روغن و حتی غذای تهیه‌شده از آن نیز دیده نمی‌شود، اما همچنان فساد اتواکسیداسیون در حال توسعه است و از آنجاکه اتواکسیداسیون فرایندی خود به خودی است، چنانچه این نوع واکنش‌ها با روش‌های نامناسب طبخ و فراوری غذا در روغن آغاز شده باشند، تقریباً مهار آن‌ها بسیار دشوار و حتی در شرایطی غیرممکن خواهد بود. البته در موارد فساد پیشرفته‌تر با عدم تعویض به‌موقع، متصاعد شدن دود هنگام طبخ، کدر بودن رنگ روغن، بوی نامطبوع و در نهایت بالا بودن میزان عدد پراکسید حادث می‌شود (Arbabi and Deris., 2011; Barzoki et al., 2014; Nassehinia and Ahrari., 2015).

اگرچه شاخص پراکسید شایع‌ترین متغیر در خصوص اندازه‌گیری فساد روغن‌ها محسوب می‌شود، اما بررسی کیفیت روغن به‌تنهایی با کنترل پراکسید کافی نیست، زیرا با ادامه فرایند سرخ کردن، پراکسیدها تخریب شده و ترکیبات آلدئیدی، کتونی، آلکان‌ها و آلکن‌های کوتاه زنجیری تولید می‌گردند که با شاخص‌های دیگری مانند شاخص آنیزیدین و توتوکس ارزیابی می‌شود (Khan et al., 2008). سرخ کردن

طولانی با پلیمریزاسیون پراکسیدها منجر به بالا رفتن شاخص‌های اکسیداسیونی آنیزیدین و توتوکس می‌شود، بنابراین کاهش میزان پراکسید در کنار افزایش شاخص آنیزیدین و توتوکس می‌تواند یکی از دلایل استفاده نامناسب از روغن و تجزیه ترکیبات هیدروپراکسید و تولید ترکیبات ثانویه اکسیداسیون در روغن‌ها باشد (Farrokhzadeh et al., 2009). به همین دلیل تفاوت‌های دیده‌شده در اندیس آنیزیدین در روغن غذای بیمارستان‌ها می‌تواند تحت تأثیر مدت‌زمان و درجه حرارت سرخ کردن غذا، ترکیب اسیدهای چرب و بالابودن اسیدهای چرب چند غیراشباع، وجود یا عدم وجود آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و یا سنتزی در روغن‌های مصرفی باشد (Casal et al., 2010). بررسی روند حرارت دهی نیز نشان می‌دهد از ساعت دوم حرارت دهی به بعد، شاخص پراکسید کاهش یافته و اما این شکست به‌منزله کاهش روند اکسیداسیون و بهبود وضعیت روغن نیست بلکه به دلیل شکسته شدن هیدروپراکسیدها و تبدیل آن‌ها به محصولات ثانویه اکسیداسیون یعنی آلدئیدها و کتون‌ها است. همین امر منجر به افزایش اندیس آنیزیدین و کاهش در اندیس توتوکس که مجموعه‌ای از شاخص‌های پراکسید و آنیزیدین است می‌گردد (Moulodi et al., 2014). البته بالا بودن اسیدهای چرب چندغیراشباعی مانند اسید لینولئیک و لینولنیک نیز باعث توسعه اکسیداسیون روغن و بالا رفتن عدد توتوکس شده و مقاومت حرارتی روغن‌ها را کاهش می‌دهد. بنابراین در انتخاب روغن برای طبخ غذا بهتر است از روغن‌هایی با ماهیت چند غیراشباعی پایین استفاده شود (Abdulkarim et al., 2005). همچنین

نتایج تحقیقات نشان‌دهنده رابطه معکوس بین اسید اولئیک و اندیس توتوکس بود، این نتیجه مؤید آن است که اولئیک‌اسید یکی از مهم‌ترین اسیدهای چربی است که می‌تواند در هنگام حرارت دهی باعث افزایش پایداری حرارتی روغن شود (Moulodi et al., 2014). این اتفاق می‌تواند به دلیل تخریب ترکیبات فنولیک با افزایش زمان حرارت دهی روغن باشد و بنابراین از ساعت‌های دوم به بعد نقش اصلی در مقاومت حرارتی روغن‌ها را اسیدهای چرب اشباع و یا تک غیراشباع بازی می‌کند. از طرف دیگر ترکیب روغن‌های نباتی نیز از پایداری حرارتی بیشتری نسبت به روغن‌های مستقل برخوردار است (Shen et al., 2023). پوشش دهی سطح مواد غذایی نیز در کنترل اکسیداسیون آن‌ها مؤثر است. روش‌هایی مانند پوشش‌های خوراکی برای به دام انداختن آب و تشکیل فیلم‌هایی در نقش مانع، به‌منظور کاهش رطوبت و متعاقب آن کاهش جذب روغن طی سرخ کردن عمیق می‌تواند از راهکارهای مهار گسترش اکسیداسیون روغن باشد.

پوشش‌های خوراکی از جنس هیدروکلوئیدهای پروتئینی (مانند آب پنیر)، مشتقات سلولز، آلژینات، پکتین‌ها، نشاسته‌ها و سایر پلی‌ساکاریدها (مانند پودرهای سوخاری) کاربرد زیادی در تشکیل فیلم خوراکی در حین فرآیند سرخ کردن برای حفظ آب و جذب حداقل روغن دارند. مطالعات نشان داده درصد جذب روغن در غذاهایی با پوشش‌دهی با آرد دارای فیبر (مانند آرد سبوس‌دار یا آرد جو دوسر) می‌تواند در مقایسه با پوشش‌های آرد سفید گندم کاهش بیشتری در جذب روغن قطعات سرخ‌شده ایجاد کند (Valle et al., 2024). همچنین آغشته کردن

فساد اکسیداتیو روغن می‌شود (Benmezziane *et al.*, 2024).

با توجه به اهمیت تغذیه در بیمارستان‌ها، در تحقیق حاضر میزان جذب روغن و شاخص‌های توسعه اکسیداسیون در انواع غذاهای رژیمی و غیررژیمی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد بین میزان جذب روغن و رطوبت ماده غذایی رابطه مستقیم وجود دارد. همچنین علیرغم یکسان بودن نوع غذا و نوع روغن در تیمارها دلایل متعددی از جمله تفاوت در روش تهیه، مدت زمان طبخ و شدت حرارت اعمال شده، کیفیت مواد اولیه، ویژگی‌های ماده سرخ شده، میزان اسیدهای چرب غیراشباع، غلظت اکسیژن در سطح و در داخل روغن، حضور فلزات سنگین به عنوان کاتالیزور، نوع ادویه‌جات مصرفی، دفعات توالی استفاده از روغن مصرفی، انتخاب نسبت ایده‌آل بین مقدار روغن و غذا می‌تواند بر شاخص‌های اکسیداسیونی روغن تأثیرگذار باشد. به‌طور کلی در این مطالعه مقدار جذب روغن در بیمارستان‌های خصوصی بیشتر از بیمارستان‌های دولتی بوده و همچنین بررسی روند اکسیداسیون روغن در نمونه‌های غذا نیز نشان می‌دهد که توسعه اکسیداسیون در بیمارستان‌های دولتی به‌طور معنی‌داری نسبت به بیمارستان‌های خصوصی بیشتر است. بعلاوه مقایسه شاخص‌های اکسیداسیونی بین روش طبخ رژیمی و غیر رژیمی، در بیمارستان‌های خصوصی تفاوت بیشتری را نشان می‌دهد.

تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی برای اعلام ندارند.

مرغ به انواع سس‌های حاوی پکتین مانند سس گوجه‌فرنگی موجب کاهش درصد جذب روغن، تأخیر در اکسیداسیون چربی و همچنین حفظ بیشتر رطوبت می‌شود (Jouki *et al.*, 2021). البته استراتژی‌های دیگری نیز برای کاهش جذب روغن پیشنهاد شده است مانند پیش‌تیمارهای خشک کردن قطعات غذایی از جمله خلال سیب‌زمینی یا گوشت مرغ، بلانچ کردن یا انجماد که هر یک می‌تواند روند فساد روغن را در سرویس‌های غذایی به تأخیر بیندازد (Valle *et al.*, 2024).

سرخ کردن مرغ، سبزی‌ها، گوشت و ماهی نشان داد بیشترین و کمترین مقدار اسیدیته به ترتیب در ماهی و سبزی‌ها دیده شد. پایداری سبزی‌ها در اکسیداسیون می‌تواند به محتوای بالای آب و قدرت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها مربوط باشد و درصد چربی بیشتر در انواع گوشت‌ها نسبت به مخلوط سبزی‌ها آن‌ها را مستعد اکسیداسیون بیشتر کند (Yilmaz *et al.*, 2020). بنابراین در طبخ غذاهایی که میزان گوشت بیشتری در مقایسه با سبزی‌ها دارند بهتر است کنترل بر اکسیداسیون با دقت بیشتری اعمال شود. مطالعه روی نسبت مقدار ماده سرخ‌کردنی و روغن مورد مصرف نشان داد در شرایطی که مقدار وزن کمتری از سیب‌زمینی در حجم زیادی از روغن قرار گرفت (نسبت ۱ به ۸)، سرعت سرخ کردن بالاتر رفته و شاخص‌های اکسیداسیونی در شرایط بهتری قرار داشتند. طولانی شدن فرآیند سرخ کردن در انتشار کربن از غذا به داخل روغن، ایجاد رنگ‌دانه‌ها و ترکیبات نامطلوب از تجزیه مشتقات کربونیلی و رنگ رسوبات تیره در روغن کمک می‌کند که منجر به افزایش شاخص‌های

منابع

- Abdulkarim, S.M., Long, K., Lai, O.M., Muhammad, S.K.S. and Ghazali, H.M. (2005). Some physico-chemical properties of *Moringa oleifera* seed oil extracted using solvent and aqueous enzymatic methods. *Food chemistry*, 93(2): 253-263.
- Arbabi, M. and Deris, F. (2011). Determination of hydrogen peroxide index in the consumption edible oils in fast food shops. *Journal of Shahrekord University of Medical Sciences* 13(3): 90-99. [In Persian]
- Banerjee, A., Ghosh, S. and Ghosh, M. (2015). Anti_oxidative effect of turmeric on frying characteristics of soybean oil. *Journal of food science and technology*, 52(3): 1760-1765.
- Benmeziane, F., Araba, K. and Belahcene, A. (2024). Impact of deep-fat frying cycles on the physicochemical characteristics of two edible vegetable oils marketed in Algeria. *The North African Journal of Food and Nutrition Research*, 8(17): 21-31.
- Barzoki, H. R., Beirami, S., Mansourian, M., Bay, A., Qorbani, M., Shafieyan, Z., Rezapoor, A., Azar, F.E.F., Norimotlagh, Z. and Shafieyan, N. (2014). Determination of peroxide value of edible oils used in confectionary, restaurants and sandwich shops in Gorgan in 2011. *Toloo-e-Behdasht*, 13(1): 40-47. [In Persian]
- Casal, S., Malherio, R., Sendas, A., Oliveira, B.P. and Pereira, J.A.. (2010). Olive oils stability under deepfrying conditions. *Food and chemical toxicology*, 48(10): 2972-2979.
- Choe, E. and Min, D.B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of food science*, 72(5):77-86.
- Farrokhzadeh, H., Ghorbani, E., Hashemi, H., Mohebat, L., Nikaeen, M., Hassanzadeh, A. et al., (2009). Measuring the used oil rancidity indexes in confectioneries and delicatessens of the town of borkhar and Meymeh in Isfahan province in 1387. *Journal of Health System Research*, 4:708-713. [In Persian]
- Ghanbari jahromi, M., Khammarnia, M., Jafari, A., Sotodeh zadeh, F. (2014). Investigation of food services quality in hospitals and strategies for its improvement, A review study. *Sadra Medical Journal*, 2(2): 195-206.[In Persian]
- Hang, L., Karlsdóttir, M. G. and Sveinsdóttir, H.I. (2022). Oxidation of lipids in mackerel (*Scomber scombrus*) fillets during cooking methods. *Food Chemistry*, 373 (Part B): 131523.
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIR), (1998). Measurement of acidity in edible oils and fats. 1st revision, ISIRI No.4178. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIR), (2008). Measurement of peroxide in edible oils and fats. 1st revision, ISIRI No.4179. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIR), (1998). Measurement of anisidine in edible oils and fats. 1st revision, ISIRI No.4888. [In Persian]
- Institute of Standards and Industrial Research of Iran. (ISIR), (2004). Edible oil sampling, standard exam. ISIRI No. 439. [In Persian]
- Jacobsen, C., Paivamartins, F., Schwarz, K. and Bochkon, V. (2019). Lipid oxidation and Antioxidants in food and Nutrition. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(9): 1900298.
- Jmali, M.A., Wang, Zh., Zhu, Y. and Zhang, Y. (2022). Novel Water-oil Mixed frying:fried oil Qulity and the formation of Heterocy Amines and Trans Fatty Acids in fried Duck. *Foods*, 11(5): 626.
- Jouki, M., Shakouri, M.J. and Khazaei, N. (2021). Effects of deep-fat frying and active pretreatments of tomato pectin and paste on physical, textural and nutritional properties of fried frankfurter-type chicken sausage. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(6): 5485-5494.
- Khan, M.I., Asha, M., Bhat, K. and Khatoon, S. (2008). studies on quality of coconut oil blends afterfrying potato chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85(12): 1165-1172.
- Mahmud, N., Islam, J., Oyom, W., Adrah, K., Adegoke, S. and Tahergorabi, R. (2023). A review of different Frying media for fat-uptake reduction in deep-fat fried foods. *Heliyon*, 9(11): 21500

- Majidi, B., Mehrnia, M.A., Barzegar, H. and Alizadeh Behbahani, B. (2022). Effect of turmeric (*curcuma longa* L.) essential oil on the oxidative stability of soybean oil. *Journal of Food Science and Technology (Iran)*, 19 (122): 335-348. [In Persian]
- Moulodi, F., Qajarbeigi, P., Babaei, A.H.H. and Asl, A.M. (2014). Relationship between fatty acid composition and thermal stability of extra virgin olive oils. *Journal of Kermanshah University of Medical Sciences*, 18(8): 471-478. [In Persian]
- Naseri, S., Mohmoudian, M.H., Yari, A.R., Molaghen, S. and Mahmoodian, Z. (2018). Evaluation of peroxide Value and Acid Number of Edible oils consumed in the sandwich and fast food shops of Qom, Iran in 2016. *Archives of Hygiene sciences*, 7(2): 7-91.[In Persian]
- Nassehinia, H. and Ahrari, F. (2015). Determination of peroxide value of oils used in the confectioneries of Damghan, Iran in spring. *Journal of Health Research in Community*, 1(4): 64-69. [In Persian]
- Okhli, S., Mirzaei, H. and Hosseini, S. E. (2020). Antioxidant activity of citron peel (*Citrus medica* L.) essential oil and extract on stabilization of sunflower oil. *Oilseeds and fats Crops and Lipids*, 32: 27-32.
- Shen, J., Zhang, M., Zhao, L., Mujumdar, A.S. and Wang, H. (2023). Schemes for enhanced antioxidant stability in frying meat: a review of frying process using single oil and blended oils. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 63(21): 5414-5429.
- Sottero, B., Leonarduzzi, G., Testa, G., Gargiulo, S., Poli, G. and Biasi, F. (2019). Lipid oxidation derived aldehydes and oxysterols between health and disease. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 121(1): 1700047.
- Valle, C., Echeverria, F., Chavez, V., Valenzuela, R. and Bustamante, A. (2024). Deep-frying impact on food and oil chemical composition; strategies to reduce oil absorption in the final product. *Food Safety and Health*, 2(4): 414-428.
- Yi, B., Ka, H.J., Kim, M.J. and Lee, J. (2015). Effects of curcumin on the oxidative stability of oils depending on type of matrix, photosensitizers, and temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 92: 685-691.
- Yilmaz, T. (2020). Evaluating the quality change of sunflower oil while frying different food matrixes. *Rivista Italiana delle Sostanze Grasse*, 97(3): 37-45.