Journal of
Health Research in Community

Winter 2026. Volume 11. Number 4

Research Paper

# Quality Assessment of Edible Oils Used in Urban Food Preparation Centers of Gorgan, Iran (2022)

**Yousef Dadban Shahamat[1], *Seyedeh Fatemeh Mousavi[2], Mitra Gholami[2], Ali Esrafili Dizaji[2]**

1. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.
2. Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Dadban Shahamat Y, Mousavi SF, Gholami M, Esrafili Dizaji A. [Quality Assessment of Edible Oils Used in Urban Food Preparation Centers of Gorgan, Iran (2022) (Persian)]. Journal of Health Research in Community. 2026; 11(4):172-187. https://doi.org/10.32598/JHRC.11.4.4793.2

https://doi.org/10.32598/JHRC.11.4.4793.2

Received: 01 Jan 2025
Accepted: 12 Mar 2025
Available Online: 01 Jan 2026

## ABSTRACT

**Introduction and Purpose:** Frequent use of cooking oils in urban food preparation units produces oxidative compounds that are harmful to health. In this study, conducted during 2022, the quality of frying oil used in food centers in Gorgan city was evaluated with respect to peroxide value (PV), acid value (AV), and total polar materials (TPM) indices.

**Methods:** A total of 43 used oil samples were obtained from restaurants, kitchens, fast-food businesses, and pastry shops. Analyses were carried out after observing quality controls, including replicates, blanks, and standardization. PV, AV, and TPM were determined, and their dependence on temperature and usage time was examined using the Spearman correlation test.

**Results:** The average TPM was 28.8 ± 4.8% in all samples, with the highest and lowest values being present in pastry shops (30.43±5.61%) and fast-food businesses (25.77±5.74%), respectively. The highest AV was observed in kitchens (3.24±1.19 mg KOH/g), while the lowest AV was present in fast-food businesses (2.35±1.04 mg KOH/g). The average PV was 7.8±3.6 meq/kg, ranging from 2.2 to 14.2 meq/kg. These values are considered relatively safe when compared with the national standard of 10. The variables representing temperature and use time significantly affected AV and TPM, with a tendency towards higher values of AV and TPM observed. More than 50% of restaurant and pastry shop samples, as well as approximately 40% of other centers' samples, were above the limits set by the standard.

**Conclusion:** Although restaurants utilize a large volume of frying oil, the results of our research indicate that no significant differences were observed in the measured indicators among the different types of Urban Food Prep Centers. Higher temperatures and longer usage times were found to directly contribute to a decrease in oil quality, as indicative by higher AV and TPM values.

**Keywords:** Edible oil, Oxidation, Peroxide value, Acid value, Total polar materials, Gorgan

***Corresponding Author:***
**Seyedeh Fatemeh Mousavi**
**Address:** Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Golestan University of Medical Sciences, Gorgan, Iran.
**Tel:** +98 (911) 7553959
**E-Mail:** fatemehmousavi12345678@gmail.com

Copyright © 2026 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

Journal of
Health Research in Community

## Extended Abstract

### Introduction

The process of repeatedly heating oil and its use over long periods accelerates oxidation and hydrolytic acidification. This process produces harmful substances, such as hydroperoxides, aldehydes, and polymerized triglycerides. The use of such oils has been associated with an increase in cardiovascular diseases, metabolic disorders, and cancer. Total polar materials (TPM), acid value (AV), and peroxide value (PV) are commonly used to monitor oil quality. In food service operations, variables, such as frying oil usage frequency and frying oil temperatures play significant roles in determining the level of oil deterioration. Fried meals have become popular in northern Iran, but there is limited information regarding the physicochemical properties of frying oils in food preparation centers in urban areas of northern Iran. The purpose of this research was to evaluate the quality of repeatedly used frying oils in food service operations in Gorgan city in Iran.

### Materials and Methods

This descriptive cross-sectional study was conducted in Gorgan, Iran in 2022. The study population included licensed food establishments such as restaurants, central kitchens, fast-food outlets, and confectioneries. Stratified random sampling was applied according to the proportional size of each group. Calculations using G*Power software showed that, with an effect size of 0.5, a power of 80%, and α=0.05, the minimum required sample size was 37; therefore, 43 frying oil samples were collected to account for potential losses during the study.

Data collection was done using a 12-item questionnaire on the operations of each food establishment regarding the type and brand of oil used, daily oil consumption, frying temperature, oil usage period, maximum oil usage period, and disposal methods for used oil. Oil quality parameters were measured three times using standard methods. Clear physical parameters included TPMs measured using the AOCS Cd 20-91 and IUPAC 2.507 methods; some of these were also verified using the Testo 270 device. AV was measured using the AOCS Cd 3a-63 method via titration with a 0.2 N KOH solution. PV was also measured via iodometric titration according to the ISO 3960 and AOCS Cd 8-53 methods (1-3). The oil frying temperatures were measured using a calibrated thermometer with a range of 40-200°C.

The study used SPSS software, version 26 for data analysis, as the study population did not show a normal distribution according to the Shapiro–Wilk test results. Non-parametric tests were used; the Kruskal–Wallis test was applied to determine differences, and Spearman's rho was used to determine correlations between the study parameters and oil quality indices. The study used $P<0.05$ as the level of significance.

### Results

On average, the total polar material (TPM) for all the samples was calculated to be 28.8% with a standard deviation of 4.8%. This is significantly higher than the international safety standard of 25%. Among all categories, confectioneries recorded the highest average total polar material (30.43±5.61%), followed by restaurants (29.94±2.38%). More than half of the restaurant and confectionery samples, and about 40% of the other centers, exceeded the recommended limit. The average AV for all the samples was calculated to be 2.87 mg/KOH/g with a standard deviation of ±1.18. Central kitchens recorded the highest average AV (3.24 mg/KOH/g±1.19). This indicates that hydrolytic degradation is advanced. High acid values reflect higher levels of free fatty acids, which may indicate reduced oil freshness and potential irritation to the gastrointestinal system.

The average PV for all samples was calculated to be 7.8 meq/kg with a standard deviation of ±3.6, which is lower than the standard limit set by Iran (10 meq/kg). However, several samples were close to or exceeded this limit. High PVs were recorded for confectionery products, which may reflect higher frying temperatures and longer oil reuse times. The average oil usage duration for all units was calculated to be 12 hours/day, while the maximum oil reuse times for fast-food establishments, confectioneries, restaurants, and central kitchens were recorded as 96, 72, and 24 hours, respectively. The Spearman analysis revealed positive correlations between frying temperature, oil usage duration, TPM, and AVs at a significance level of $P<0.05$, indicating that units with longer oil usage durations recorded higher degradation values. There were no statistically significant differences in PV and AV among center types ($P>0.05$), showing that oil deterioration is an issue across all sectors. Regarding disposal methods, 74.4% of respondents sold used oil to soap manufacturing companies, 23.3% disposed of it with solid waste or septic systems, and only 2.3% disposed of it in wastewater systems.

## Conclusion

The results indicated that frying oils are being managed rather poorly in different food preparation centers in Gorgan. Although most peroxide value results remained within acceptable limits, the higher TPM and AV results indicate that oil degradation from repeated heating and reuse persists. This is consistent with findings from other Iranian cities. When TPM exceeds 25%, it indicates an increase in oxidized triglycerides and polymers, which are associated with oxidative stress and chronic inflammation. Operational variables, particularly duration of reuse and temperature, were more influential predictors of frying oil quality than the type of food preparation establishment. The overall results highlight the need to improve monitoring and operator training, as well as the implementation of standardized procedures for changing frying oils. Developing a formal system for collecting and recycling used frying oils could further reduce environmental and health risks.

## Ethical Considerations

### Compliance with ethical guidelines

The study protocol was approved by the Ethics Committee of Golestan University of Medical Sciences (Code: IR.GOUMS.REC.1401.255).

### Funding

This manuscript is derived from an approved research project and was financially supported by Golestan University of Medical Sciences (Grand No.: 112866).

### Authors contributions

All authors contributed equally to study design, data collection, data analysis, manuscript drafting, and approval of the final version.

### Conflicts of interest

The authors declared no conflicts of interest.

### Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the cooperation of the Environmental Health Department of Golestan University of Medical Sciences and the participating food establishment managers.

مقاله پژوهشی

# ارزیابی کیفیت روغن‌های خوراکی در مراکز تهیه غذای شهری گرگان

یوسف دادبان شهامت[۱]، *سیده فاطمه موسوی[۲]، میترا غلامی[۲]، علی اسرافیلی دیزجی[۲]

۱. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی گلستان، گرگان، ایران.
۲. گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

Use your device to scan and read the article online

**Citation:** Dadban Shahamat Y, Mousavi SF, Gholami M, Esrafili Dizaji A. [Quality Assessment of Edible Oils Used in Urban Food Preparation Centers of Gorgan, Iran (2022) (Persian)]. Journal of Health Research in Community. 2026; 11(4):172-187. https://doi.org/10.32598/JHRC.11.4.4793.2

https://doi.org/10.32598/JHRC.11.4.4793.2

تاریخ دریافت: ۱۲ دی ۱۴۰۳
تاریخ پذیرش: ۲۲ اسفند ۱۴۰۳
تاریخ انتشار: ۱۱ دی ۱۴۰۴

## چکیده

**مقدمه و هدف:** استفاده مکرر از روغن‌های خوراکی در واحدهای تهیه غذای شهری، ترکیبات اکسیداتیو مضر برای سلامت تولید می‌کند. این مطالعه با هدف ارزیابی کیفیت روغن‌های سرخ‌کردنی مصرفی در مراکز غذایی شهر گرگان با استفاده از شاخص‌های عدد پراکسید (PV)، عدد اسیدی (AV) و مواد قطبی کل (TPMs) در سال ۱۴۰۱ انجام شد.

**روش کار:** مطالعه توصیفی حاضر با انتخاب ۴۳ نمونه روغن سرخ کردنی چند بار استفاده‌شده از رستوران‌ها، آشپزخانه‌ها، فست‌فودها و شیرینی‌فروشی‌ها جمع‌آوری شد. آنالیزها با رعایت پروتکل‌های کنترل کیفیت (شامل تکرار، نمونه شاهد و استانداردسازی) انجام گرفت. شاخص‌های AV، PV و TPMs اندازه‌گیری و رابطه آن‌ها با دما و زمان استفاده با آزمون همبستگی اسپیرمن بررسی شد.

**یافته‌ها:** میانگین TPMs درکل نمونه‌ها ۴/۸±۲۸/۸ درصد بود که بیشترین و کمترین مقدار آن به‌ترتیب در شیرینی‌فروشی‌ها (۵/۶۱±۳۰/۴۳) و فست‌فودها (۵/۷۴±۲۵/۷۷) مشاهده شد. بالاترین AV (۱/۱۹±۳/۲۴ میلی‌گرم پتاسیم هیدوکسید/گرم) در آشپزخانه‌ها و پایین‌ترین در فست‌فودها (۱/۰۴±۲/۳۵) ثبت شد. میانگین PV کلی ۳/۶±۷/۸ میلی‌اکی‌وال بر کیلوگرم بود که در محدوده نسبتاً قابل‌قبول استاندارد ملی (حداکثر ۱۰) قرار دارد. دما و زمان استفاده با افزایش AV و TPMs همبستگی معناداری نشان داد. بیش از نیمی از نمونه‌های رستوران‌ها و شیرینی‌فروشی‌ها و حدود ۴۰ درصد نمونه‌های دیگر، AV و TPMs بالاتر از حد استاندارد داشتند.

**نتیجه‌گیری:** اگرچه مصرف روغن و مواد سرخ‌شده در رستوران‌ها بیشتر بود، تفاوت معناداری در شاخص‌های کیفی بین مراکز دیده نشد. افزایش دما و زمان استفاده به‌طور مستقیم با کاهش کیفیت روغن (افزایش AV و TPMs) مرتبط بود. این یافته‌ها ضرورت کنترل دقیق شرایط عملیاتی، تعویض به‌موقع روغن و پایش دوره‌ای را برای حفظ ایمنی غذایی تأکید می‌کند.

**کلیدواژه‌ها:** روغن خوراکی، اکسیداسیون، PV، عدد اسیدیته، مواد قطبی کل، گرگان

* **نویسنده مسئول:**
**سیده فاطمه موسوی**
**نشانی:** تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط.
**تلفن:** ۷۵۵۳۹۵۹ (۹۱۱) ۹۸+
**رایانامه:** fatemehmousavi12345678@gmail.com

Copyright © 2026 The Author(s);
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-By-NC: https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode.en), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and is not used for commercial purposes.

## مقدمه

ایمنی غذایی نقش حیاتی در حفظ سلامت عمومی و پیشگیری از بیماری‌های منتقله از غذا دارد. این مفهوم شامل تمامی اقدامات لازم برای اطمینان از سالم، بهداشتی و مناسب بودن غذا از مراحل تولید تا مصرف‌کننده است. رعایت استانداردهای بالا به‌ویژه در روش‌های تهیه غذا که ممکن است کیفیت مواد غذایی را تحت تأثیر قرار دهند، مانند استفاده مکرر از روغن‌های خوراکی، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند [۱]. استفاده مکرر از روغن‌های خوراکی در دمای بالا به تجزیه اکسیداتیو و تشکیل ترکیبات مضری مانند پراکسیدها، آلدئیدها و پلیمرها منجر می‌شود. این ترکیبات نه‌تنها کیفیت غذا را کاهش می‌دهند، بلکه با افزایش خطر بیماری‌هایی همچون فشارخون، بیماری‌های قلبی و سرطان مرتبط هستند غذاهای سرخ‌کردنی به‌دلیل طعم و بافت مطلوب بسیار محبوب‌اند، اما حجم و تکرر سرخ‌کردن در آشپزخانه‌های تجاری، سرعت تولید این ترکیبات مضر را افزایش می‌دهد [۲].

سرخ‌کردن عمیق با غوطه‌ور کردن مواد غذایی در روغن داغ، واکنش‌های شیمیایی چون اکسیداسیون، هیدرولیز و پلیمریزاسیون را تسریع کرده و باعث کاهش کیفیت روغن و افزایش ترکیبات مضر می‌شود [۳، ۴]. شاخص‌های کیفیت روغن شامل عدد پراکسید[1]، عدد اسیدی[2]، و کل ترکیبات قطبی[3]، معیارهای کلیدی در ارزیابی سلامت روغن‌ها و چربی‌ها هستند [۵]. مطالعات پیشین عمدتاً به بررسی جداگانه این عوامل پرداخته‌اند، درحالی‌که ارزیابی تأثیر توأم آن‌ها در شرایط کاربردی واقعی، به‌ویژه در بافت منطقه‌ای و با در نظر گرفتن داده‌های بومی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است [۶]. هرچند مطالعات پیشین عمدتاً به بررسی جداگانه این شاخص‌ها پرداخته‌اند، ارزیابی توأم عوامل دما، زمان و دفعات استفاده در شرایط واقعی، به‌ویژه با داده‌های بومی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. فساد روغن می‌تواند به تولید ترکیبات مضر و تأثیر مستقیم بر سلامت عمومی منجر شود [۷]. بنابراین، نظارت مداوم بر شاخص‌های PV، AV و TPMs، به‌ویژه در محیط‌های پُر مصرف مانند رستوران‌ها و فست‌فودها، یک ضرورت اجتناب‌ناپذیر است [۸].

این پژوهش با تمرکز بر شرایط اقلیمی و الگوی مصرف در منطقه گرگان، در پی پر کردن شکاف موجود در ادبیات موضوع و ارائه راهکارهای عملی مبتنی بر شواهد بومی است. استفاده مکرر از روغن در دماهای بالا به تجزیه اکسیداتیو و تولید ترکیبات مضری مانند پراکسیدها، آلدئیدها و پلیمرها منجر می‌شود که سلامت مصرف‌کننده را تهدید می‌کنند. شاخص‌های PV، AV و TPMs معیارهای اصلی برای ارزیابی کیفیت روغن هستند و افزایش TPMs نشان‌دهنده تجمع ترکیبات مضر ناشی از استفاده مجدد از روغن است [۹].

1. Peroxide Value (PV)
2. Acid Value (AV)
3. Total Polar Materials (TPMs)

بااین‌حال، مطالعات داخلی نشان می‌دهند رعایت این محدودیت‌ها چالش‌برانگیز است؛ به‌عنوان‌مثال، در مشهد و شیراز بیش از ۴۰ تا ۴۵ درصد از نمونه‌های روغن مصرفی در واحدهای غذایی، TPMs بالاتر از حد مجاز داشته‌اند [۱۰-۱۲]. روغن‌های سرخ‌کردنی در اثر استفاده مکرر دچار تغییرات شیمیایی پیچیده‌ای می‌شوند که سبب تجمع TPMs و کاهش کیفیت روغن می‌گردد [۱۳]. مطالعات نشان داده‌اند افزایش TPMs و اسیدهای چرب آزاد[4] (FFA) با اختلالات متابولیکی و گوارشی و همچنین با بیماری‌های قلبی، التهاب کبد و سرطان مرتبط است [۱۴]. مطالعات انجام‌شده در سایر کشورهای خاورمیانه نشان داده‌اند استفاده مکرر از روغن در دمای بالا میزان TPMs و اسیدهای چرب آزاد (FFA) را افزایش می‌دهد که با بیماری‌های قلبی، التهاب کبد و حتی سرطان مرتبط هستند [۱۵]. براساس سازمان استاندارد ملی ایران (INSO)[5] و اتحادیه اروپا[6]، حداکثر میزان TPMs در روغن‌های خوراکی ۲۵ درصد و حد مجاز اسیدهای چرب آزاد ۱ درصد تعیین شده است [۱۶]. در کشورهای اروپایی، میزان مجاز TPMs بین ۲۴ تا ۲۷ درصد است و عبور از این حد، تعویض اجباری روغن را به دنبال دارد [۱۷].

یک مطالعه ترکیه‌ای اشاره می‌کند حد مجاز TPMs در فرانسه، آلمان و آمریکا ۲۴ درصد، در چین و اتریش ۲۷ درصد و در مجارستان ۳۰ درصد است که در مقایسه با استاندارد ۲۵ درصد ایران قرار دارد [۱۸]. بررسی‌های بین‌المللی نیز نشان می‌دهد در کشورهای مختلف از جمله عربستان سعودی، کویت و لبنان، درصد قابل‌توجهی از نمونه‌های روغن مصرفی در رستوران‌ها از حد مجاز TPMs فراتر رفته است که حاکی از نظارت ناکافی و شیوه‌های نامناسب مدیریت روغن است [۱۹]. به‌طور مشابه، مطالعه‌ای در کویت گزارش کرد که در ۵۰ درصد از فست‌فودهای موردبررسی، شاخص‌های اکسیداسیون روغن به سطح ناسالمی رسیده است [۲۰]. در لبنان نیز پژوهش‌ها حاکی از آن است که شیوه‌های نامناسب مدیریت روغن سرخ‌کردن، یکی از نگرانی‌های اصلی بهداشتی در بخش غذایی این کشور است [۲۱].

مطالعات نشان داده‌اند افزودن ۵ تا ۲۰ درصد روغن کنجد خام به روغن‌های دیگر مانند زیتون می‌تواند رسیدن TPMs به حدود ۲۵ درصد در طی سرخ‌کردن در دمای بالا را به تأخیر انداخته و مقاومت اکسیداتیو روغن را افزایش دهد [۲۲]. همچنین مخلوط ۷۵ درصد روغن کنجد و ۲۵ درصد روغن هسته انگور، ترکیبات فنولیک بیشتری را حفظ کرده و افزایش TPMs کندتری در طی فرآیند سرخ‌کردن نشان می‌دهد که بیانگر پایداری حرارتی بهتر نسبت به استفاده تکی از هریک از این روغن‌ها است [۲۳]. مطالعات اخیر نشان داده‌اند دانه‌های کنجد پوسته‌گیری‌شده، پایداری اکسیداتیو روغن استخراج‌شده را با افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی

4. Free Fatty Acids (FFA)
5. Iran National Standards Organization (INSO)
6. European Union

بهبود می‌بخشند و تجزیه حرارتی را به تأخیر می‌اندازند [۲۴].

همچنین استخراج روغن کنجد به روش سرد با دمای کمتر از ۴۰ درجه سانتی‌گراد، باعث حفظ ترکیبات فنولیک و توکوفرول‌ها شده و نقش مهمی در کاهش تشکیل TPMs هنگام حرارت دادن دارد [۲۵]. AV نیز به‌عنوان شاخصی از اکسیداسیون اولیه و تشکیل هیدروپراکسیدهای ناپایدار شناخته می‌شود که در ادامه می‌توانند به ترکیبات ثانویه سمی تجزیه شوند. دمای بالای سرخ‌کردن یکی از عوامل مهم در تولید ترکیبات سمی فرار است [۲۶]. باتوجه‌به اهمیت شاخص‌های AV، PV و TPMs در ارزیابی کیفیت روغن‌های سرخ‌کردنی و نقش مستقیم آن‌ها در سلامت عمومی، بررسی این شاخص‌ها در شرایط واقعی مصرف و باتوجه‌به ویژگی‌های اقلیمی و الگوی مصرف بومی، به‌منظور پر کردن شکاف موجود در ادبیات و ارائه داده‌های کاربردی برای بهبود ایمنی غذایی، ضروری است.

## روش کار

این مطالعه توصیفی‌مقطعی در سال ۱۴۰۱ بر روی واحدهای شهری تهیه غذای گرگان، ایران انجام شد. جامعه موردبررسی شامل رستوران‌ها، آشپزخانه‌های مرکزی، فست‌فودها و شیرینی‌فروشی‌ها بود. نمونه‌ها به روش نمونه‌گیری تصادفی طبقه‌بندی‌شده از فهرست به‌روز واحدهای دارای پروانه بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی گرگان انتخاب شدند. سهم هر طبقه براساس فراوانی نسبی آن در جامعه تعیین و انتخاب نهایی در هر گروه به‌صورت تصادفی ساده انجام گرفت. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار جی‌پاور[7] نسخه ۳,۱ و براساس یک مطالعه مقدماتی، با فرض سطح معناداری ۰/۰۵، توان آماری ۸۰/۰ و اندازه اثر متوسط (d=۰/۵) برای آزمون همبستگی اسپیرمن[8]، حداقل ۳۷ نمونه محاسبه شد. با در نظر گرفتن احتمال ریزش نمونه، درنهایت ۴۳ نمونه روغن سرخ‌کردنی جمع‌آوری شد. اطلاعات مربوط به نوع روغن، نوع شرکت تولیدکننده، حجم، مدت و دفعات استفاده، روش دفع و دمای سرخ‌کردن با استفاده از پرسش‌نامه محقق‌ساخته نیمه‌ساختاریافته ۱۲ سؤالی جمع‌آوری شد. روایی صوری و محتوایی پرسش‌نامه توسط کارگروهی متشکل از پنج متخصص بهداشت محیط و تغذیه تأیید گردید.

تمام نمونه‌ها در سه تکرار مورد سنجش قرار گرفتند و به‌صورت میانگین و انحراف‌معیار گزارش شد. TPMs با روش استاندارد AOCS Cd 20-91 و IUPAC ۲,۵۰۷ تعیین شد و در برخی نمونه‌ها از دستگاه VERI FRY® PRO برای اندازه‌گیری سریع و پرتابل استفاده گردید. AV با روش تیتراسیون طبق استاندارد AOCS Cd 3a-63 تعیین شد، به‌طوری که ۱ گرم روغن در ۲۰ میلی‌لیتر الکل مطلق مخلوط و با چند قطره فنول‌فتالئین تیتر شد تا رنگ صورتی ثابت ظاهر شود. PV نیز مطابق استاندارد ISO ۳۹۶۰ و AOCS Cd 8-53 به روش تیتراسیون یدومتری محاسبه شد. هر نمونه روغن در مخلوط اسید استیک–کلروفرم حل و با یدید پتاسیم واکنش داده شد، سپس با سدیم تیوسولفات تیتر شد تا نقطه پایان تعیین گردد [۲۷، ۲۸]. دمای روغن در زمان سرخ‌کردن با دستگاه دیجیتال پرتابل Testo ۲۷۰ ثبت شد. این دستگاه به‌صورت هم‌زمان دمای روغن و درصد TPMs را اندازه‌گیری می‌کند و محدوده اندازه‌گیری آن برای TPMs بین (۰) تا (۴۰) درصد با دقت ±۲ درصد و محدوده دمایی (۴۰) تا (۲۰۰) درجه سانتی‌گراد است [۲۹].

جدول شماره ۱ مقایسه مشخصات عملیاتی، شاخص‌های کیفیت روغن و الگوهای مدیریتی در بخش‌های مختلف غذایی را نمایش داده شده است.

براساس داده‌های جدول شماره ۱، اگرچه میانگین ساعات استفاده روزانه از روغن در تمامی واحدهای موردبررسی برابر و معادل ۱۲ ساعت بود، اختلاف قابل‌توجهی در حداکثر مدت‌زمان استفاده بین انواع واحدهای تهیه غذا مشاهده شد. بیشترین حداکثر زمان استفاده از روغن در فست‌فودها (۹۶ ساعت) و شیرینی‌فروشی‌ها (۷۲ ساعت) گزارش شد، درحالی‌که این مقدار در رستوران‌ها و آشپزخانه‌ها حداکثر ۲۴ ساعت بود.

مطالعات پیشین نشان داده‌اند استفاده طولانی‌مدت از روغن در دماهای بالا به تجمع ترکیبات اکسیداسیون اولیه و ثانویه، افزایش TPMs و کاهش کیفیت تغذیه‌ای و ایمنی روغن منجر می‌شود [۳۰]. در این مطالعه، واحدهایی با حداکثر ساعات استفاده طولانی‌تر، مقادیر بالاتری از TPMs را نشان دادند، به‌طوری‌که بیشترین میانگین TPMs در شیرینی‌فروشی‌ها (۳۰/۴۳ درصد) و رستوران‌ها (۲۹/۹۴ درصد) مشاهده شد. این مقادیر از حدود پیشنهادی بسیاری از دستورالعمل‌های بین‌المللی برای روغن‌های سرخ‌کردنی (۲۴–۲۵ درصد) فراتر رفته‌اند [۳۱]. درمقابل، رستوران‌ها و آشپزخانه‌ها با بالاترین سطوح عدد اسیدی (۱/۶۶±۳/۱۸ و ۱/۱۹±۳/۲۴) مواجه بودند که نشان‌دهنده تخریب اکسیداتیو و هیدرولیتیک ناشی از شرایط نگهداری نامناسب و دفعات گرم و سرد شدن روغن است [۳۲].

این نتایج نشان می‌دهد حداکثر زمان استفاده شاخص تعیین‌کننده‌تری نسبت به دفعات استفاده مجدد است و باید در برنامه‌های پایش بهداشت محیط و کنترل کیفیت روغن مورد توجه قرار گیرد [۳۳]. سرخ‌کردن در انواع واحدها تفاوت معنی‌داری داشت، اما شاخص‌های کیفیت روغن (TPM، دما و AV) تفاوت آماری بین گروه‌ها نشان ندادند (P>۰/۰۵)، که بیانگر چالش فراگیر کاهش کیفیت روغن در تمامی اصناف است. تعیین PV یکی از روش‌های استاندارد برای سنجش اکسیداسیون روغن است که معمولاً با تیتراسیون یدومتری طبق AOCS Cd ۸–۵۳ و ISO ۳۹۶۰ انجام می‌شود، اما این روش زمان‌بر، وابسته به حلال‌های خطرناک و تفسیر بصری است [۳۴]. روش‌های مدرن شامل طیف‌سنجی مادون قرمز میانی (mid-FTIR)، رنگ‌سنجی دیجیتال،

7. G*Power
8. Spearman's rank correlation coefficient

**جدول ۱.** مقایسه مشخصات عملیاتی، شاخص‌های کیفیت روغن و الگوهای مدیریتی در بخش‌های مختلف غذایی در سال ۱۴۰۱

| نوع واحد | تعداد نمونه | میانگین±انحراف‌معیار | | | | | | میانگین ساعات استفاده از روغن | حداکثر ساعت استفاده | حداکثر دفعات استفاده مجدد | روش و دفعات دفع روغن* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | مصرف روزانه (لیتر) | غذای سرخ‌شده (کیلوگرم) | TPMs (درصد) | دما (C°) | میانگین AV | PV (می‌اکی‌وال/ کیلوگرم) | | | | |
| رستوران | ۵ | ۱۹/۱۹±۲۹/۲۲ | ۵۰/۵۰±۶۴/۵۴ | ۲/۳۸±۲۹/۹۴ | ۶/۰۸±۷۶/۰۱ | ۱/۶۶±۳/۱۸ | ۳/۵±۸/۲ | ۱۲ | ۲۴ | ۲ | ۱(۵ بار)، ۲(۲ بار) |
| آشپزخانه | ۵ | ۳/۱۹±۱۹/۴۹ | ۱۱/۷۶±۱۹/۷۶ | ۵/۵۸±۲۸/۹۸ | ۱۹/۴۳±۷۳/۸۰ | ۱/۱۹±۳/۲۴ | ۴/۲±۹/۱ | ۱۲ | ۲۴ | ۲ | ۱(۵ بار) |
| فست‌فود | ۱۷ | ۲/۵±۵/۸۵ | ۱۰/۲۷±۱۰/۲۷ | ۵/۷۴±۲۵/۷۷ | ۱۳/۷۰±۷۰/۶۴ | ۱/۰۴±۲/۳۵ | ۲/۸±۵/۳ | ۱۲ | ۹۶ | ۲ | ۱(۱۰ بار)، ۲(۴ بار)، ۳(۱ بار) |
| شیرینی فروشی | ۱۶ | ۷/۱۱±۱۱/۱۳ | ۳۱/۵۹±۲۷/۵۹ | ۵/۶۱±۳۰/۴۳ | ۵/۱۴±۷۹/۹۱ | ۰/۸۳±۲/۷۰ | ۳/۹±۱۰/۴ | ۱۲ | ۷۲ | ۲ | ۱(۱۱ بار)، ۲(۴ بار) |
| کل | ۴۳ | ۸/۹۲±۱۶/۰۱ | ۳/۰۳±۲۶/۳۱ | ۴/۸۳±۲۸/۷۸ | ۱۱/۰۹±۷۵/۰۹ | ۱/۱۸±۲/۸۷ | ۳/۶±۷/۸ | | | | |
| P | | <۰/۰۰۱ | <۰/۰۰۱ | ۰/۰۹۴ | ۰/۲۸۹ | ۰/۲۰۱ | <۰/۰۵ | | | | |

مجله تحقیقات سلامت در جامعه

میانگین‌ها برای هر نوع واحد محاسبه شده‌اند.
کدهای روش دفع روغن:
۱= فروش به شرکت صابون‌سازی، ۲= دفع در زباله یا چاه، ۳= رهاسازی در فاضلاب

سنسورهای الکتروشیمیایی و طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته‌ای هستند که امکان اندازه‌گیری سریع، غیرمخرب و دقیق PV را فراهم می‌کنند [۲۶]. طیف‌سنجی با مادون قرمز به‌ویژه در قالب دستگاه‌های دستی، امکان انجام سریع بدون نیاز به حلال و به‌صورت غیرمخرب برای اندازه‌گیری PV را فراهم می‌کند. شواهد نشان داده‌اند این دستگاه‌های قابل‌حمل می‌توانند برآوردهای نسبتاً دقیقی ارائه دهند. همچنین ترکیب این روش با مدل‌های آماری سبب ارتقای دقت پیش‌بینی برای ارزیابی شاخص‌های مختلف کیفیت روغن، ازجمله PV می‌شود و غربالگری سریع، سازگار با محیط زیست و چندمنظوره را ممکن می‌سازد [۳۵].

روش رنگ‌سنجی دیجیتال تصویری، روشی کم‌هزینه و غیرسلیقه‌ای برای تخمین PV ارائه می‌دهد. پس از واکنش روغن با یدید پتاسیم، آنالیز رنگ تصاویر گرفته‌شده با گوشی هوشمند (مانند کانال "M" در مدل رنگ CMYK) همبستگی قوی با مقادیر PV تعیین شده به روش تیتراسیون دارد و مصرف معرف‌ها را تا حدود ۹۹ درصد کاهش می‌دهد [۳۶]. در این مطالعه، PV با روش استاندارد تیتراسیون یدومتری تعیین شد؛ نمونه‌ها در اسید استیک–کلروفرم حل و با یدید پتاسیم واکنش داده شدند و سپس با سدیم تیوسولفات تیتر گردید و نشاسته به‌عنوان معرف نقطه پایانی استفاده شد [۳۷، ۳۸].

فرمول محاسبه PV (برحسب میلی‌اکی‌والان اکسیژن فعال در کیلوگرم روغن):

$$1.\ PV=\frac{(S-B)\times M\times 1000}{W}$$

که در این فرمول:

S: حجم محلول تیوسولفات مصرف‌شده برای نمونه (میلی‌لیتر)
B: حجم محلول تیوسولفات مصرف‌شده برای شاهد (بلانک) (میلی‌لیتر)
M: نرمالیته محلول تیوسولفات
W: وزن نمونه روغن (گرم)

فرمول شماره ۱، میزان پراکسید را برحسب میلی اکی والان در ۱۰۰۰ گرم نمونه روغن محاسبه می‌کند.

نتایج پژوهش دلاور و همکاران نیز نشان داد روغن‌های مورداستفاده در تهیه فلافل در شهر اراک دارای مقادیر بالای پراکسید و پایداری حرارتی پایین‌تری نسبت به مقادیر مرجع بودند که تأییدی بر اهمیت کنترل دمای سرخ‌کردن و دفعات استفاده از روغن است [۳۹، ۴۰]. میزان TPMs در روغن‌ها با روش‌های استاندارد AOCS Cd ۲۰-۹۱ و IUPAC ۲.۵۰۷ تعیین می‌شود؛ در این روش‌ها، روغن از ستون ژل سیلیکا عبور داده و ترکیبات قطبی از غیرقطبی جدا می‌شوند. پس از حذف حلال، بخش قطبی وزن و به‌صورت درصدی از نمونه اولیه گزارش می‌شود [۴۱]. دستگاه VERI FRY® PRO نیز TPMs را با استفاده از معرف ژلی و اندازه‌گیری جذب نوری در طول موج ۴۹۰ نانومتر تخمین می‌زند و همبستگی بالایی با روش AOCS دارد (r=۰/۹۷۵) [۴۲].

مطالعات دیگر با پروتکل Xu عصاره‌های روغن را طبق روش AOCS Cd ۲۰-۹۱ آماده کرده و با اسپکتروفوتومتر UV-Vis در طول موج ۴۹۰ نانومتر آنالیز کردند؛ مقادیر جذب نوری در منحنی کالیبراسیون درجه دوم قرار داده شده و TPMs به درصد محاسبه شد که همبستگی بالایی با روش مرجع داشت (r²≥۰/۹۶) [۴۳].

چن و همکاران [۴۴] روش سریع مبتنی بر طیف‌سنجی FT-NIR با پیش‌پردازش Savitzky–Golay و کالیبراسیون PLS نیز امکان ارزیابی دقیق TPMs را فراهم می‌کند و به‌دلیل سرعت و دقت، گزینه‌ای مناسب برای تحلیل سریع نمونه‌هاست. مطالعات دیگر نشان داده‌اند میزان SFC (Solid Fat Content) با TPMs رابطه مثبت دارد و اندازه‌گیری SFC با NMR، روشی سریع بدون حلال و مستقل از خلوص حلال‌ها است، بنابراین می‌تواند جایگزین روش‌های سنتی شود [۴۵]. روش‌های طیف‌سنجی FT-NIR و UV-Vis نیز به‌عنوان روش‌های سریع و قابل‌اعتماد برای اندازه‌گیری TPMs و پیش‌بینی شاخص‌های کیفیت روغن استفاده شدند [۳۸، ۴۰، ۴۱]. دستگاه Testo ۲۷۰ (Testo SE & Co. KGaA، آلمان) به‌طور هم‌زمان دما و درصد TPMs را در محدوده ۰–۴۰ درصد و دمای ۴۰–۲۰۰ سانتی‌گراد با دقت ±۲ درصد اندازه‌گیری کرد و مطابق استانداردهای صنعتی برای پایش کیفیت روغن در فرآیند سرخ‌کردن عمل نمود [۴۶، ۴۷].

روش‌های پیشرفته طیف‌سنجی مادون قرمز نزدیک، فناوری کنترل کیفیت هوشمند (IQC) و طیف‌سنجی رامان[9] نیز برای ارزیابی دقیق و غیرمخرب AV به کار رفتند و همبستگی بالایی با روش‌های استاندارد سنتی داشتند [۴۸، ۴۹]. همچنین، با استفاده از طیف‌سنجی رامان، محققین تغییرات کمی AV در روغن‌ها تحت تنش حرارتی را ردیابی کردند و یک مدل کالیبراسیون دقیق و قابل‌اعتماد برای پیش‌بینی AV در طول فرآیند سرخ‌کردن ارائه دادند [۵۰]. اندازه‌گیری AV مطابق با روش استاندارد AOCS Cd ۳a-۶۳ انجام شد. به اختصار، ۱ گرم روغن با ۲۰ میلی‌لیتر الکل مطلق[10] در یک بالن ارلنمایر ۲۵۰ میلی‌لیتری مخلوط شده و چند قطره اندیکاتور فنول‌فتالئین[11] به آن افزوده شد. سپس محلول با استفاده از محلول ۰/۲ نرمال هیدروکسید پتاسیم[12] تیتر شد تا زمانی که رنگ صورتی ثابت ظاهر شود که نشانگر نقطه پایان تیتراسیون است. سپس مقدار AV براساس فرمول شماره ۲ محاسبه گردید:

$$2.\quad AV=\frac{V\times N\times 56\times 1000}{W}$$

$$AV=WV\times N\times 56\times 1000$$

9. Raman Spectroscopy
10. Absolute Ethanol
11. Phenolphthalein
12. Potassium Hydroxide - KOH

که در این فرمول:

V: حجم محلول KOH مصرف‌شده در تیتر کردن (برحسب میلی‌لیتر)

N: نرمالیته محلول KOH

W: وزن نمونه روغن (برحسب گرم)

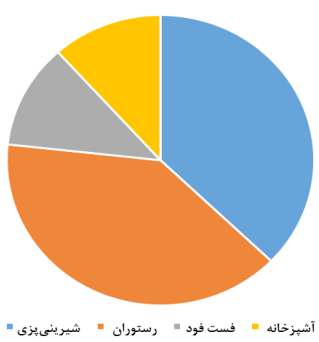
این روش، روشی استاندارد و قابل‌اعتماد برای تعیین اسیدهای چرب آزاد موجود در روغن‌ها بوده و به‌عنوان شاخص مهمی از کیفیت و میزان تازگی روغن مورد استفاده قرار می‌گیرد [۵۰]. تمامی داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ تحلیل شد. باتوجه‌به عدم نرمال بودن داده‌ها که با آزمون شاپیرو-ویلک[13] بررسی شد، از آزمون‌های ناپارامتریک استفاده گردید. مقایسه میانگین پارامترهای کیفی بین چهار گروه مرکز غذایی با آزمون کروسکال–والیس[14] انجام شد و در صورت وجود تفاوت معنادار، آزمون تعقیبی Post-hoc با تصحیح بونفرونی[15] به کار گرفته شد. همچنین رابطه بین متغیرهای کمی مانند ساعات استفاده و مقادیر PV با استفاده از ضریب همبستگی اسپیرمن بررسی شد. سطح معناداری برای تمامی آزمون‌ها برابر (P<۰/۰۵) در نظر گرفته شد.

## یافته‌ها

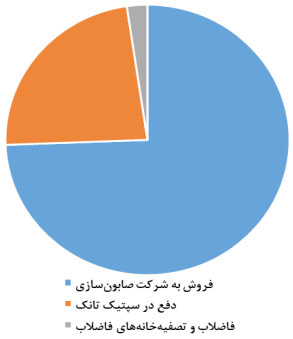
تصویر شماره ۱ توزیع محل‌های نمونه‌برداری و روش‌های دفع روغن‌های خوراکی را براساس نوع غذا نشان می‌دهد. بیشترین نمونه‌ها از رستوران‌ها (۳۹/۵۳ درصد) و شیرینی‌پزی (۳۷/۲۱ درصد) جمع‌آوری شده‌اند، درحالی‌که فست‌فودها و آشپزخانه‌ها هرکدام ۱۱/۶۳ درصد سهم داشتند. این روش نمونه‌برداری متنوع، اعتبار ارزیابی کیفیت روغن در مصرف‌های مختلف را افزایش می‌دهد. نتایج نشان داد ۷۴/۴ درصد از افراد پاسخ‌دهنده روغن سرخ‌کرده استفاده‌شده را به شرکت‌های تولید صابون فروخته‌اند. درمقابل، ۲۳/۳ درصد از روغن‌های دور ریخته‌شده به زباله یا چاه سپتیک تخلیه نموده و ۲/۳ درصد هم به سیستم فاضلاب هدایت شده‌اند. این آمار نشان‌دهنده این است که مسیرهای دفع غیرمجاز و نامناسب از روش‌های کنترل شده زیست‌محیطی رایج‌تر هستند. دفع نادرست روغن‌های سرخ‌کرده می‌تواند باعث گرفتگی فاضلاب‌ها، آلودگی آب‌های سطحی و تولید متان در هنگام تجزیه شود. همان‌طور که در برخی کشورهای اروپایی مشاهده می‌شود، اقداماتی مانند فیلتر کردن روغن، سیستم‌های دفع مناسب و آموزش عمومی می‌تواند مفید باشد.

در همین راستا، قهرچی و همکاران [۵۱] نشان دادند روش الکتروکواگولاسیون در حذف مؤثر COD محلول از پساب‌های حاوی روغن‌های خوراکی نقش قابل‌توجهی دارد و می‌تواند به‌عنوان راهکاری زیست‌محیطی برای کاهش آلودگی ناشی از دفع نامناسب

13. Shapiro-Wilk Test
14. Kruskal–Wallis test
15. Bonferroni




(الف)




(ب)

مجله تحقیقات سلامت در جامعه

**تصویر ۱.** توزیع محل‌های نمونه‌برداری بر اساس نوع غذا در شهر گرگان (الف) و روش‌های دفع روغن‌های خوراکی استفاده‌شده در مراکز تهیه و توزیع مواد غذایی در شهر گرگان (ب) در سال ۲۰۲۲

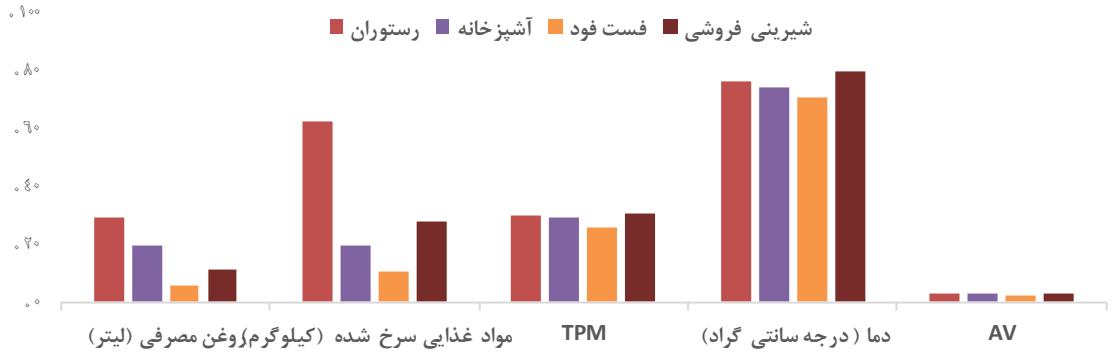
روغن‌ها مورد استفاده قرار گیرد [۵۲]. کیفیت روغن در فست‌فودها بهتر از سایرین بود TPMsبرابر با ۲۵/۷۷±۵/۷۴ درصد، مقدار AV برابر با ۲/۳۵±۱/۰۴ (میلی‌گرم KOH بر گرم) که احتمالاً به‌دلیل استانداردسازی فرایند سرخ‌کردن و تعویض مکرر روغن است و این نشان می‌دهد استانداردهای عملیاتی واضح می‌تواند در کاهش تجزیه روغن مؤثر باشد. در سوئد انتظار می‌رود تا سال ۲۰۲۵، سیستم‌های نوین فیلتراسیون مداوم روغن، میزان ضایعات روغن را در رستوران‌های مستقل تا ۵۰ درصد کاهش دهند [۵۳].

بررسی ناصحی‌نیا و احراری [۵۴] بر روی شیرینی‌فروشی‌های دامغان نیز نشان داد مقادیر پراکسید روغن‌ها در برخی مراکز بالاتر از حدود مجاز استاندارد ملی بوده است که با نتایج مطالعه حاضر مشابهت دارد [۵۵]. همچنین بازار فیلترهای روغن پخت‌وپز در اروپا به‌سرعت در حال رشد است، زیرا این فیلترها به حفظ کیفیت روغن کمک کرده و با اهداف پایداری منطبق هستند [۳۴]. برای‌مثال، مطالعه‌ای در ایران گزارش کرده است میزان TPMs روغن‌های سرخ‌کردنی رستوران‌ها بیش از ۳۱ درصد بوده است. به‌طور مشابه، تحقیقات در رستوران‌های فست‌فود اروپایی نشان داده بیش از ۶۰ درصد نمونه‌های روغن پس از دوره‌های سرخ‌کردن مکرر، از حد مجاز TPMs فراتر رفته‌اند [۵۶]. افزایش مقدار TPMs بیانگر تجمع ترکیبات قطبی، آلدهیدها، کتونه‌ها، پلیمرها و روغن‌های ترانس است که با استرس اکسیداتیو، التهاب مزمن، بیماری‌های قلبی‌عروقی و سرطان‌زایی مرتبط هستند. مقدار بالای AV نشان‌دهنده افزایش اسیدهای چرب آزاد است که می‌تواند موجب تحریک گوارشی و اختلال در متابولیسم لیپیدها شود. علاوه‌براین، استنشاق محصولات فرار حاصل از تجزیه روغن در حین سرخ‌کردن، مانند آلدهیدها و هیدروکربن‌های چند حلقه‌ای آروماتیک[16] (PAHs)، با مشکلات تنفسی و حتی سرطان ریه در افراد غیرسیگاری مرتبط بوده است [۵۷].

تصویر شماره ۲ همبستگی مثبت معنی‌داری بین مصرف روزانه روغن، میزان مواد سرخ‌شده، سطح TPMs و AV نشان می‌دهد. با افزایش مصرف روزانه روغن، مواد سرخ‌شده، میزان TPMs و AV نیز افزایش یافتند. این نمودار نشان می‌دهد رستوران‌ها بیشترین میزان مصرف روغن و مقدار مواد غذایی سرخ‌شده را دارند که بیانگر استفاده مکرر و طولانی‌مدت از روغن در این واحدهاست، درحالی‌که فست‌فودها کمترین مقادیر را نشان می‌دهند. TPMs در شیرینی‌فروشی‌ها بالاتر از سایر واحدهاست که همراه با دمای بالاتر سرخ‌کردن در این مراکز، بیانگر تخریب شدیدتر روغن و کاهش کیفیت آن است. AV نیز در رستوران‌ها بیشترین مقدار را دارد که نشان‌دهنده افزایش فرآیندهای هیدرولیز و فساد روغن در اثر مصرف مکرر است. مطالعه حاضر همسو با یافته‌های پژوهش‌های مشابه بررسی تغییرات شاخص‌های کیفی روغن طی سرخ‌کردن مرغ نشان داد شیرینی‌فروشی‌ها و رستوران‌ها از نظر شاخص PV در وضعیت نامطلوب‌تری قرار داشته و نشان‌دهنده مدیریت ناکارآمد روغن در این مراکز باشد [۱۷].

PV به‌عنوان معیار ارزیابی اکسایش اولیه روغن‌های سرخ‌کرده مورد سنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد میزان PV بین چهار گروه مختلف مراکز غذایی تفاوت آماری معنی‌داری دارد ($P<0/05$). بالاترین مقدار میانگین PV در نمونه‌های مربوط به شیرینی‌فروشی‌ها (۱۰/۴±۳/۹ میلی‌اکی‌وال بر کیلوگرم) و پس از آن در رستوران‌ها مشاهده شد، درحالی‌که کمترین مقدار در روغن‌های مورداستفاده در آشپزخانه‌ها به دست آمد. این اختلاف می‌تواند ناشی از عواملی همچون مدت‌زمان طولانی‌تر استفاده از روغن، دمای عملیاتی بالاتر در بازه‌های مشخص، یا حساسیت بیشتر نوع روغن مصرفی در این واحدها به اکسیداسیون باشد. مقادیر بالاتر PV نشان‌دهنده تشکیل بیشتر پراکسیدها و هیدروپراکسیدها در روغن است که می‌تواند موجب کاهش کیفیت تغذیه‌ای و افزایش پتانسیل تشکیل ترکیبات نامطلوب در مراحل بعدی تخریب روغن شود [۵۸].

16. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs)




مجله تحقیقات سلامت در جامعه

**تصویر ۲.** مقایسه مقادیر TPMs روغن‌های خوراکی استفاده‌شده در مراکز غذایی شهر گرگان در سال ۲۰۲۲

## بحث و نتیجه‌گیری

اگرچه یافته‌های مطالعه حاضر از الگوهای جهانی مدیریت نادرست روغن پیروی می‌کند، اما توجه به بافت محلی شهر گرگان نیز حائز اهمیت است. این شهر به‌عنوان یک قطب گردشگری و دارای تراکم بالا واحدهای غذایی کوچک و متوسط، در معرض فشار عملیاتی بیشتری است. اقلیم مرطوب گرگان می‌تواند نقش تسریع‌کننده‌ای در فرآیندهای هیدرولیز و اکسیداسیون روغن داشته باشد. بنابراین، پیشنهاد می‌شود مسئولان بهداشتی شهر گرگان، برنامه‌های نظارتی و آموزشی خود را با اولویت‌بندی بر این واحدهای کوچک و با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی منطقه طراحی کنند. همچنین، ایجاد زنجیره جمع‌آوری و بازیافت روغن‌های مصرفی در سطح شهر می‌تواند به‌عنوان یک اقدام زیرساختی ضروری، هم‌گام با دستورالعمل‌های ملی در این شهر پیگیری شود.

یافته‌های اخیر نشان‌دهنده شکست گسترده در حفظ کیفیت مناسب روغن در بخش‌های مختلف تولید غذا است. نگران‌کننده‌ترین نتایج مربوط به بخش شیرینی‌پزی و رستوران بود که میانگین TPMs آن‌ها در حدود ۳۰ درصد بود، یعنی بسیار بالاتر از حد ایمنی جهانی ۲۵ درصد بوده است. این سطوح بالا نشان‌دهنده استفاده از روغن‌های دارای شاخص‌های کیفیت خارج از محدوده مجاز شده است، که احتمالاً به‌دلیل استفاده مکرر بدون فیلتراسیون مناسب یا تعویض به‌موقع است [۵۹]. پلگرینی و همکاران در اسپانیا دریافتند در رستوران‌های کوچک، TPMs به‌طور معناداری با مدت‌زمان استفاده از روغن و عدم استفاده از فیلتر مرتبط است، نه لزوماً با نوع غذا. این نتیجه مستقیماً با یافته کلیدی مطالعه حاضر که اهمیت حداکثر زمان استفاده را برجسته می‌سازد، همخوانی دارد. بنابراین، این موضوع نتیجه طبیعی مدیریت ضعیف عملیاتی در واحدهای غذایی کوچک و متوسط در سراسر جهان است [۶۰].

روغن‌هایی با مقادیر TPMs بالاتر از ۲۵ درصد حاوی تری‌گلیسیریدهای اکسیده، آلدهیدها و پلیمرهایی هستند که همگی در فعالیت‌های سمیت سلولی و سرطان‌زایی دخیل‌اند. مواجهه مزمن، به‌ویژه در محیط‌های شغلی مانند آشپزخانه‌های تجاری، با التهاب سیستمیک، استرس اکسیداتیو و افزایش LDL مرتبط است [۶۱]. برخلاف انتظار، رستوران‌های موردمطالعه محتوای TPMs نسبتاً کمتری (حدود ۲۶ درصد) نشان دادند که شاید به‌دلیل رویکردهای استانداردشده سرخ‌کردن، منوی محدود و گردش سریع روغن از حد استاندارد بالاتر باشد، یافته‌ای که با مطالعات قبلی هم‌خوانی دارد [۶۲]. همان‌طورکه در مطالعات مشابه نشان داده شده است، اندازه‌گیری PV همراه با AV و TPCs، تصویر روشنی از کیفیت روغن و تجزیه آن در روغن‌های پخت‌وپز ارائه می‌دهد [۱۳].

مطابق با مطالعه‌ای دیگر که بر روی کیفیت روغن در مراکز فروش غذای آماده انجام شد، تمامی نمونه‌های جمع‌آوری‌شده از رستوران‌ها و فروشندگان خیابانی، AV بالایی را نشان دادند. این یافته نشان داد مرحله اولیه اکسیداسیون و قرارگیری طولانی‌مدت در معرض حرارت است، به‌خوبی با نتایج مطالعه حاضر هم‌سو می‌باشد. در مطالعه حسن‌زادآذر و همکاران، مقادیر بالای PV، سطوح بالای TPMs و AV در پژوهش کنونی، همگی نشان‌دهنده یک الگوی مشترک مدیریت نادرست عملیاتی، به‌ویژه کنترل نکردن زمان و شرایط حرارت‌دهی در طی فرآیند سرخ‌کردن در این گونه واحدها است [۲]. ارزیابی‌های خاص کیفیت روغن نشان داد عدد اسیدیته، مقدار p-آنیسیدین و TPMs به‌تدریج با زمان سرخ‌کردن افزایش یافتند. بااین‌حال، PV در ۶۰ دقیقه به اوج خود رسید و سپس کاهش یافت؛ که نشان‌دهنده اکسیداسیون اولیه و به دنبال آن تجزیه محصولات اکسیداسیون اولیه است [۶۰]. AV به اسیدهای چرب آزاد (FFAs) زیاد در روغن‌ها اشاره دارد که نشانه‌های فساد اکسیداتیو و کاهش تازگی هستند و تأثیرات

نامطلوبی بر کیفیت روغن دارند. مقادیر AV بالاتر با تحریکات گوارشی و اختلال در متابولیسم روغن مرتبط هستند و ازاین‌رو در ارزیابی‌های ریسک سلامت مهم می‌باشند [۱۷].

مطالعه توصیفی‌تحلیلی آربابی و دریسی [۶۳] در مورد سطح پراکسید روغن‌های سرخ‌کردنی در فست‌فودهای شهرکرد نشان داد مقادیر PV در همه نمونه‌های روغن جامد و مایع، فارغ از خوراکی یا غیرخوراکی بودن، از حدود مجاز ملی فراتر بوده است. این یافته‌ها با نتایج مطالعه حاضر مطابقت ندارند، چراکه استفاده نامناسب از روغن در فروشگاه‌های ساندویچی باعث عبور مقادیر PV از حدود استاندارد (۲ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم برای روغن‌های جامد و ۵ میلی‌اکی‌والان در کیلوگرم برای روغن‌های مایع) شده است. روغن‌هایی با مقادیر TPMs بیشتر از ۲۵ درصد شامل ترکیبات سمی مانند آلدهیدها، کتون‌ها، پلیمرها و روغن‌های ترانس می‌شوند. این محصولات تجزیه با استرس اکسیداتیو، التهاب مزمن، بیماری‌های قلبی‌عروقی و سرطان مرتبط هستند [۱۰].

مطالعه ناصری و همکاران [۶۴] گزارش کرد اکثر روغن‌های مصرفی در رستوران‌ها و فست‌فودهای موردبررسی، دارای مقادیر پراکسید بالاتری نسبت به حد مجاز بودند؛ درحالی‌که نتایج مطالعه حاضر نشان داد PV در فست‌فودی‌ها در محدوده استاندارد قرار داشتند. مطالعات پیشین متعددی در سراسر ایران، از جمله رحیم‌زاده برزکی [۶۵]، اربابی [۶۳] و عمارلویی [۶۶]، فراوانی بالای تشکیل پراکسید را در روغن‌های نمونه‌برداری شده از رستوران‌ها و ساندویچ‌فروشی‌ها گزارش کردند، اما مجدداً یافته‌های این مطالعات با نتایج این پژوهش مطابقت ندارد.

در مطالعه فرزادکیا و همکاران [۶۷] در برخوارومیمه (اصفهان)، ۸۷ درصد روغن‌های مورداستفاده در نانوایی‌ها و سمبوسه‌فروشی‌ها، پراکسید مجاز داشتند و تنها ۱۳درصد فاسد شناخته شدند. همچنین، مطالعه‌ای که خانیکی و همکاران [۶۸] بر روی روغن‌های مورداستفاده در مراکز فروش ساندویچ و فلافل در تهران انجام دادند، نشان داد حدود ۶۰ درصد از نمونه‌ها دارای PV بالاتر از حد مجاز بوده و ازنظر استانداردهای ایمنی برای مصرف مناسب نبوده‌اند. این یافته که بر شیوع گسترده استفاده از روغن‌های اکسیدشده در بخش فست‌فود دلالت دارد، با نتایج مطالعه حاضر (مقادیر قابل‌توجه TPM و AV) همسو است. عواملی همچون تکرار استفاده طولانی‌مدت از روغن، نگهداری نامناسب و عدم پایش منظم شاخص‌های کیفی، محتمل‌ترین دلایل مشترک در بروز این الگوی نگران‌کننده در سطح ملی هستند [۶۸].

شهبانی و همکاران [۶۹] نقش آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی در پایداری پراکسید روغن‌های خوراکی را بررسی و گزارش کردند که این افزودنی‌ها باعث تثبیت اکسیداتیو روغن و پراکسید در محدوده مجاز شدند که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. تحلیل نتایج و عوامل مؤثر از منظر عوامل تجزیه روغن شامل دمای بالای سرخ‌کردن، مدت‌زمان طولانی، نوع روغن و نوع سرخ‌کن عمده‌ترین عوامل سرعت هیدرولیز و اکسیداسیون روغن هستند. معمولاً PV بالا معمولاً ناشی از تمیز نکردن مناسب سرخ‌کن‌ها و برداشتن لایه‌های سوخته روغن است [۷۰].

حدود مجاز TPMsدر روغن‌های استفاده‌شده در رستوران و شیرینی‌پزی بالاترین سطح تجزیه را با میانگین TPMsبه‌ترتیب ۳۰/۴۳ و ۲۹/۹۴ درصد داشتند که از حد مجاز جهانی (۲۵ درصد) فراتر رفته و نشان‌دهنده استفاده مجدد و بی‌کیفیت بودن روغن‌ها است [۵۶]. بیشترین AV ثبت‌شده در آشپزخانه‌ها (۱/۱۹±۳/۲۴ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید بر گرم) و رستوران‌ها (۱/۶۶±۳/۱۸ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید بر گرم) از حد مجاز توصیه‌شده (۲/۵ میلی‌گرم پتاسیم هیدروکسید بر گرم) بیشتر بود که دلیل آن احتمالاً فرآوری یا نگهداری نامناسب است و نشانه مراحل پیشرفته‌تر فساد روغن است [۱۷].

طبق مطالعه‌ای در مشهد، ۴۰ درصد از نمونه‌های روغن TPMs بالاتر از حد مجاز و ۶۲ درصد بالای ۱ درصد FFA داشتند که با نتایج مطالعه حاضر هم‌راستا بود [۳۹]. محصولات اکسیداسیون روغن باعث کاهش ارزش غذایی، طعم نامطلوب و حتی تغییرات ساختاری مواد غذایی می‌شوند [۵۱]. اکسیداسیون اصلی‌ترین فرایند تجزیه کیفی روغن‌هاست که به تجمع هیدروپراکسیدها به‌عنوان محصولات اولیه و درنهایت ایجاد طعم تند و فساد منجر می‌گردد [۶۱]. هیدروژن پراکسید ترکیبی قطبی و کووالانسی است که عمدتاً در فرایندهای شیمیایی و صنعتی به‌عنوان عامل اکسیدکننده استفاده می‌شود. جذب بیش از حد روغن و محصولات تجزیه آن در سرخ‌کردن می‌تواند به بروز بیماری‌های مزمن و التهابات شدید در بدن منجر شود. نمونه‌های روغن جمع‌آوری‌شده از رستوران‌ها و مراکز تهیه غذا در گرگان، اغلب دارای سطوح بالای TPMs بوده که نشان‌دهنده تجزیه حرارتی روغن است [۷۱].

در شیراز، ۴۵ درصد از نمونه‌های روغن رستوران‌ها دارای TPMs بالاتر از حد مجاز بوده که ضرورت قوانین سخت‌گیرانه‌تر برای کنترل مصرف و بازیافت روغن در آشپزخانه‌ها را آشکار می‌سازد [۶۰]. ناصری و همکاران [۶۴] نیز نشان دادند یک‌پنجم روغن‌های سرخ‌کردنی در رستوران‌های فست‌فود قم با مقررات ایمنی مطابقت نداشتند و دمای پخت بالاتر با افزایش سطح پراکسید مرتبط بود. باتوجه‌به افزایش محبوبیت غذاهای سرخ‌کردنی و احتمال تشکیل ترکیبات سمی در دماهای بالاتر، علی‌رغم تطابق اغلب نمونه‌ها با حد آستانه پراکسید، نیاز به تشدید نظارت‌های قانونی و افزایش آگاهی‌های عمومی محسوس است. این اقدام‌ها برای حفظ سلامت مصرف‌کنندگان و پیشگیری از مخاطرات بهداشتی مرتبط با مصرف روغن‌های مصرفی در واحدهای تهیه و توزیع ضروری محسوب می‌شوند.

کیفیت روغن‌های سرخ‌کردنی موردبررسی در اماکن تهیه غذای شهری در گرگان، تفاوت قابل‌توجهی را نشان داد. اگرچه PV ها پایین‌تر از حد مجاز بودند، اما مقادیر متغیر AV و TPMs نشان‌دهنده ناهماهنگی در مدیریت روغن‌ها است. براساس یافته‌های مطالعه حاضر، پیشنهاداتی نظیر تدوین دستورالعمل ملی با محوریت کنترل حداکثر ساعات استفاده از روغن و پایش مستمر شاخص‌های کیفی، نصب فیلتر و سیستم جمع‌آوری روغن مستعمل، تغییر نظارت به صدور گواهی سلامت مبتنی بر ثبت مستند عملیات، آموزش اجباری و گواهی صلاحیت برای متصدیان و ایجاد سازوکارهای اقتصادی برای تشویق رعایت استانداردها و بازیافت ارائه می‌شود. اجرای این راهکارها می‌تواند معضل کیفی روغن را به یک فرآیند مدیریت‌شده تبدیل کند.

### محدودیت‌های مطالعه

این مطالعه با محدودیت‌هایی همراه است که مهم‌ترین آن‌ها شامل حجم نمونه نسبتاً کم در برخی گروه‌ها، ماهیت مقطعی و گزارش‌های خوداظهاری برای بخشی از داده‌های عملیاتی و اندازه‌گیری محدود به شاخص‌های عمومی کیفیت روغن (TPM، AV و PV) بدون سنجش ترکیبات اختصاصی و بالقوه مضرتر است. همچنین، عواملی مانند عدم بررسی پیامدهای سلامتی که می‌توانند بر نتایج تأثیر بگذارند، بررسی نشدند. بنابراین، تعمیم نتایج به احتیاط نیاز دارد و پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی با نمونه‌گیری وسیع‌تر و ارزیابی طیف کامل‌تری انجام شوند.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

مطالعه در کمیته اخلاق در پژوهش دانشگاه علوم پزشکی گلستان (IR.GOUMS.REC.1401.255) تأیید و تصویب شده است.

### حامی مالی

این مقاله حاصل یک طرح پژوهشی مصوب بوده و با حمایت مالی دانشگاه علوم پزشکی گلستان انجام شده است (شماره قرارداد: ۱۱۲۸۶۶).

### مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان به‌طور یکسان در مفهوم و طراحی مطالعه، جمع‌آوری و تجزیه‌وتحلیل داده‌ها، تفسیر نتایج و تهیه پیش‌نویس مقاله مشارکت داشتند.

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسندگان، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### تشکر و قدردانی

نویسندگان از همکاری گروه بهداشت محیط دانشگاه علوم پزشکی گلستان و مدیران مراکز غذایی شرکت‌کننده صمیمانه تشکر می‌کنند.

## References

[1] Ahmadabadi Arani M, Sabahi M, Arani T, Gilasi HR. [Survey of knowledge and attitude of health workers in health centers Kashan Treatment on Food Health and Safety in 1394 (Persian)]. Nasim Tandrasti Q. 2015; 3(11):1-7. [Link]

[2] Hassanzadazar H, Ghaiourdoust F, Aminzare M, Mottaghianpour E, Taami B. Monitoring of edible oils quality in restaurants and fast food centers using peroxide and acid values. J Chem-Health Risks. 2018; 8(3):217. [Link]

[3] Mishra S, Firdaus M, Patel M, Pandey G. A study on the effect of repeated heating on the physicochemical and antioxidant properties of cooking oils used by fried food vendors of Lucknow city. Discov Food. 2023; 3(1):7. [DOI:10.1007/s44187-023-00046-8]

[4] Say M, Heng P, Kong S, Tan C, Research N. Sivchheng Ph, et al. Characterization of Physicochemical Properties of Cooking Oils Sold in Phnom Penh, Cambodia. J Food Sci Nutr Res. 2024; 7(1):28-36. [DOI:10.26502/jfsnr.2642-110000149]

[5] Guillaume C, De Alzaa F, Ravetti L. Evaluation of chemical and physical changes in different commercial oils during heating. Acta Sci Nutr Health. 2018; 2(6):2-11. [Link]

[6] Li X, Li J, Wang Y, Cao P, Liu Y. Effects of frying oils' fatty acids profile on the formation of polar lipids components and their retention in French fries over deep-frying process. Food Chem. 2017; 237:98-105. [DOI:10.1016/j.foodchem.2017.05.100] [PMID]

[7] Ganesan K, Sukalingam K, Xu B. Impact of consumption of repeatedly heated cooking oils on the incidence of various cancers-A critical review. Crit Rev Food Sci Nutr. 2019; 59(3):488-505. [DOI:10.1080/10408398.2017.1379470] [PMID]

[8] Gotoh N, Wada S. The importance of peroxide value in assessing food quality and food safety. J Am Oil Chem Soc. 2006; 83(5):473. [DOI:10.1007/s11746-006-1229-4]

[9] Kaimal AM, Dhingra M, Singhal R. Monitoring of oil quality from commercial fried foods-A case study from India. J Food Process Preserv. 2022; 46:e16138. [DOI:10.1111/jfpp.16138]

[10] Sajjadi SA, Moteallemi A, Bargard ZR, Naeein MAA, Kariminezhad F, Kharghani M. Investigation of cooking oil quality at fast food restaurants in Mashhad City. Int J Environ Health Eng. 2019; 8(1):6. [Link]

[11] Bahmani Z, Miri M, Ghaffari HR, Esrafili A, Azari A, Jafari A. [Evaluation of total polar compounds and free fatty acids in used frying oils in fast food restaurants in Mashhad (Persian)]. J Health Environ. 2018; 11(3):345-56.

[12] Dehghani MH, Yazdanpanah G, Nasseri S, Rastkari N, Hashemi H, Azam K. [Evaluation of polar compounds and quality of consumed oils in restaurants of Shiraz (Persian)]. Iran J Health Environ. 2018; 11(1):93-102.

[13] Shi J, Tao J, Fu Y, Zhao L, Yang R, Qu L, et al. Rapid quantitative evaluation of total polar materials (TPM) in frying oil based on an "off-on" fluorescence viscosity response probe. Anal Chim Acta. 2024; 1292:342267. [DOI:10.1016/j.aca.2024.342267] [PMID]

[14] Li X, Liu YJ, Nian BB, Cao XY, Liu YF, Xu YJ. Influence of polar compounds distribution in deep-frying oil on lipid digestion behaviour. Int J Food Sci Technol. 2022; 57(6):3523-31. [DOI:10.1111/ijfs.15676]

[15] Kord-Varkaneh H, Salehi-Sahlabadi A, Zarezadeh M, Rahmani J, Tan SC, Hekmatdoost A, et al. Association between Healthy Eating Index-2015 and breast cancer risk: A case-control study. Asian Pac J Cancer Prev. 2020; 21(5):1363. [DOI:10.31557/APJCP.2020.21.5.1363] [PMID]

[16] Institute of Standards and Industrial Research of Iran. [Frying oils-Specifications and test methods (Persian)]. Tehra: Institute of Standards and Industrial Research of Iran; 2016. [Link]

[17] Song J, Kim MJ, Kim YJ, Lee J. Monitoring changes in acid value, total polar material, and antioxidant capacity of oils used for frying chicken. Food Chem. 2017; 220:306-12. [DOI:10.1016/j.foodchem.2016.09.174] [PMID]

[18] Çöl BG. Alışveriş Merkezleri Bünyesindeki Yiyecek İçecek İşletmelerinden Alınan Kızartmalık Yağların Toplam Polar Madde Açısından Değerlendirilmesi. International Congresses of Turkish Science and Technology Publishing. 2023:290. [Link]

[19] Saleh FA, Al-Otaibi MM, Al-Zoraky NS. Quality Assessment of Frying Oil from some Restaurants in Al-Ahsa City, Saudi Arabia. Basic Appl Sci. 2020. [Link]

[20] Al-Mazeedi HM, Abbas AB, Al-Jouhar WY, Al-Mufty SA, Al-Mendicar Y. Food safety review in the State of Kuwait as a part of Arab Gulf area. Int J Food Saf Nutr Public Health. 2015; 5(2):110-36. [DOI:10.1504/IJFSNPH.2015.067561]

[21] Ballout R, Toufeili I, Kharroubi SA, Kassem I. Raw meat consumption and food safety challenges: A survey of knowledge, attitudes, and practices of consumers in Lebanon. Foods. 2023; 13(1):118. [DOI:10.3390/foods13010118] [PMID]

[22] Ramroudi F, Yasini Ardakani SA, Dehghani-Tafti A, Khalili Sadrabad E. Investigation of the physicochemical properties of vegetable oils blended with sesame oil and their oxidative stability during frying. Int J Food Sci. 2022; 2022(1):3165512. [DOI:10.1155/2022/3165512] [PMID]

[23] Khakbaz Heshmati M, Jafarzadeh-Moghaddam M, Pezeshki A, Shaddel R. The oxidative and thermal stability of optimal synergistic mixture of sesame and grapeseed oils as affected by frying process. Food Sci Nutr. 2022; 10(4):1103-12. [DOI:10.1002/fsn3.2774] [PMID]

[24] Amini M, Golmakani MT, Abbasi A, Nader M. Effects of sesame dehulling on physicochemical and sensorial properties of its oil. Food Sci Nutr. 2023; 11(10):6596-603. [DOI:10.1002/fsn3.3608] [PMID]

[25] Piravi-Vanak Z, Dadazadeh A, Azadmard-Damirchi S, Torbati M, Martinez F. The effect of extraction by pressing at different temperatures on sesame oil quality characteristics. Foods. 2024; 13(10):1472. [DOI:10.3390/foods13101472] [PMID]

[26] Zhang N, Li Y, Wen S, Sun Y, Chen J, Gao Y, et al. Analytical methods for determining the peroxide value of edible oils: A mini-review. Food Chem. 2021; 358:129834. [DOI:10.1016/j.foodchem.2021.129834] [PMID]

[27] Kardash E, Tur'yan YIJCCA. Acid value determination in vegetable oils by indirect titration in aqueous-alcohol media. Croat Chem Acta. 2005; 78(1):99-103. [Link]

[28] Shen Y, Chen S, Du R, Xiao Z, Huang Y, Rasco BA, et al. Rapid assessment of deep-frying oil quality used by street vendors with Fourier transform infrared spectroscopy. Food Anal Methods. 2014; 8(4):336–342. [DOI:10.1007/s11694-014-9194-3]

[29] Mehta BM, Darji V, Aparnathi K. Comparison of five analytical methods for determination of peroxide value in oxidized ghee. Food Chem. 2015; 185:449-453. [DOI:10.1016/j.foodchem.2015.04.023] [PMID]

[30] Moosavi S, Farhoosh R. A new insight into evaluation of used frying oils based on kinetics of chemical changes during frying. Foods. 2023; 12(2):316. [DOI:10.3390/foods12020316] [PMID]

[31] Arshad F, Nambiappan B, Ismail A. Impact of international food standards on market access for palm oil and palm oil products. Oil Palm Ind Econ J. 2018; 18:31-40. [Link]

[32] Aladedunye FA, Przybylski R. Degradation and nutritional quality changes of oil during frying. J Am Oil Chem Soc. 2009; 86(2):149-56. [DOI:10.1007/s11746-008-1328-5]

[33] Stier R. Tests to monitor quality of deep-frying fats and oils. Eur J Lipid Sci Technol. 2004; 106(11):766-71. [DOI:10.1002/ejlt.200401049]

[34] Zhang W, Li N, Feng Y, Su S, Li T, Liang B. A unique quantitative method of acid value of edible oils and studying the impact of heating on edible oils by UV-Vis spectrometry. Food Chem. 2015; 185:326-32. [DOI:10.1016/j.foodchem.2015.04.005] [PMID]

[35] Yu X, Li Q, Sun D, Dong X, Wang T. Determination of the peroxide value of edible oils by FTIR spectroscopy using polyethylene films. Anal Methods. 2015; 7(5):1727-31. [DOI:10.1039/C4AY02718C]

[36] Yang Y, Li Q, Yu X, Chen X, Wang Y. A novel method for determining peroxide value of edible oils using electrical conductivity. Food Control. 2014; 39:198-203. [DOI:10.1016/j.foodcont.2013.11.017]

[37] Kaboré K, Konaté K, Sama H, Dakuyo R, Sanou A, Bazié D, et al. Evaluation of the physicochemical parameters of edible oils sold in the three cities of Burkina Faso. Food Sci Nutr. 2022; 10(6):2029-35. [DOI:10.1002/fsn3.2819] [PMID]

[38] Ottaway JM, Chance Carter J, Adams KL, Camancho J, Lavine BK, Booksh KS. Comparison of Spectroscopic Techniques for Determining the Peroxide Value of 19 Classes of Naturally Aged, Plant-Based Edible Oils. Appl Spectrosc. 2021; 75(7):781-94. [DOI:10.1177/0003702821994500] [PMID]

[39] Bargard ZR, Alidadi H, Aghaee MA, Kharghani M, Mahjoubizadeh M, Kariminejad F, et al. Evaluation of Health Indicators and the Quality of Used Frying Oils in Fast Food Restaurants of Mashhad in 2018. J Environ Health Sustain Dev. 2020; 5(1):935-47. [DOI:10.18502/jehsd.v5i1.2475]

[40] Delavar M, Navabi A, Abdollahi A, Mahmodi H, Jamshidi AJ-Johric. Investigation of peroxide, acidity, and thermal stability of oils used to Make Falafel in Arak, Iran in 2018. J Health Res Community. 2020; 6(2):61-8. [Link]

[41] Márquez-Ruiz G. Determination of polar compounds in used frying oils and fats by adsorption chromatography. AOCS lipid library. 2009. [Link]

[42] Xu X. A modified VERI-FRY® quick test for measuring total polar compounds in deep-frying oils. J Am Oil Chem Soc. 1999; 76(9):1087-9. [DOI:10.1007/s11746-999-0208-y]

[43] Xu X. A new spectrophotometric method for the rapid assessment of deep frying oil quality. J Am Oil Chem Soc. 2000; 77(10):1083-6. [DOI:10.1007/s11746-000-0170-x]

[44] Chen X, Yu X, Wang Y, Yang Y, Zhang J. Determination of polar components in frying oils by Fourier-transform near-infrared spectroscopy. J Oleo Sci. 2015; 64(3):255-61. [DOI:10.5650/jos.ess14227] [PMID]

[45] Bakota EL, Winkler-Moser JK, Palmquist D. Solid fat content as a substitute for total polar compound analysis in edible oils. J Am Oil Chem Soc. 2012; 89(12):2135-42. [DOI:10.1007/s11746-012-2121-z]

[46] Liu M, Qin X, Chen Z, Tang L, Borom B, Cao N, et al. Frying oil evaluation by a portable sensor based on dielectric constant measurement. Sensors (Basel). 2019; 19(24):5375. [DOI:10.3390/s19245375] [PMID]

[47] Li X, Wu G, Wu Y, Karrar E, Huang J, Jin Q, et al. Effectiveness of the rapid test of polar compounds in frying oils as a function of environmental and compositional variables under restaurant conditions. Food Chem. 2020; 312:126041. [DOI:10.1016/j.foodchem.2019.126041] [PMID]

[48] Jiang H, He Y, Chen Q. Determination of acid value during edible oil storage using a portable NIR spectroscopy system combined with variable selection algorithms based on an MPA-based strategy. J Sci Food Agric. 2021; 101(8):3328-35. [DOI:10.1002/jsfa.10962] [PMID]

[49] Hu K, Huyan Z, Geng Q, Yu X. Rapid Determination of Acid Value of Edible Oils via FTIR Spectroscopy Using Infrared Quartz Cuvette. J Oleo Sci. 2019; 68(2):121-9. [DOI:10.5650/jos.ess18156] [PMID]

[50] Wang J, Lv J, Mei T, Xu M, Jia C, Duan C, et al. Spectroscopic studies on thermal degradation and quantitative prediction on acid value of edible oil during frying by Raman spectroscopy. Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc. 2023; 293:122477. [DOI:10.1016/j.saa.2023.122477] [PMID]

[51] Geng L, Liu K, Zhang H. Lipid oxidation in foods and its implications on proteins. Front Nutr. 2023; 10:1192199. [DOI:10.3389/fnut.2023.1192199] [PMID]

[52] Nassehinia H, Ahrari F. Determination of peroxide value of oils in Damghan confectioneries, 2015. J Health Sci. 2016; 1(4):64-9. [Link]

[53] Alam M. An in-depth analysis of the approach towards "Environmental sustainability" and "Greenmarketing" from SMEs restaurant perspective in Sweden. 2021. [Link]

[54] Sebastian A, Ghazani SM, Marangoni A. Quality and safety of frying oils used in restaurants. Food Res Int. 2014; 64:420-3. [DOI:10.1016/j.foodres.2014.07.033] [PMID]

[55] Ghahrchi M, Adibzadeh A, Rezaee A. Investigating the amount of Soluble COD Removal from Wastewater Containing Olive Oil Using Electrocoagulation: A Study of Kinetic Models. J Health Res Community. 2019; 5(3):1-4. [Link]

[56] Kalogianni EP, Georgiou D, Romaidi M, Exarhopoulos S, Petridis D, Karastogiannidou C, et al. Rapid methods for frying oil quality determination: Evaluation with respect to legislation criteria. J Am Oil Chem Soc. 2017; 94(1):19-36. [DOI:10.1007/s11746-016-2919-1]

[57] Andrikopoulos NK, Boskou G, Dedoussis GV, Chiou A, Tzamtzis VA, Papathanasiou A. Quality assessment of frying oils and fats from 63 restaurants in Athens, Greece. Food Sci Nutr. 2003; 3(2):49-59. [DOI:10.1046/j.1471-5740.2003.00064.x]

[58] Geng L, Zhou W, Qu X, Sa R, Liang J, Wang X, et al. Iodine values, peroxide values and acid values of Bohai algae oil compared with other oils during the cooking. Heliyon. 2023; 9(4):e15088. [DOI:10.1016/j.heliyon.2023.e15088] [PMID]

[59] Wänn M. Using effect-based methods to evaluate the presence of bioactive compounds in food contact materials made of paper and cardboard. 2021. [Link]

[60] Ghobadi S, Akhlaghi M, Shams S, Mazloomi SM. Acid and peroxide values and total polar compounds of frying oils in fast food restaurants of Shiraz, Southern Iran. Int J Nutr Sci. 2018; 3(1):25-30. [Link]

[61] Choe E, Min D. Chemistry of deep-fat frying oils. Food Sci. 2007; 72(5):R77-R86. [DOI:10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x]

[62] Karimi S, Wawire M, Mathooko F. Impact of frying practices and frying conditions on the quality and safety of frying oils used by street vendors and restaurants in Nairobi, Kenya. J Food Compost Anal. 2017; 62:239-44. [DOI:10.1016/j.jfca.2017.07.004]

[63] Arbabi M. Determination of Hydrogen Peroxide Index in the Consumption Edible Oils in Fast Food Shops. J Shahrekord Univ Med Sci. 2011. [Link]

[64] Naseri S, Mahmoudian MH, Yari AR, Molaghen S, Mahmoodian Z. Evaluation of peroxide value and acid number of edible oils consumed in the sandwich and fast food shops of Qom, Iran in 2016. Arch Hyg Sci. 2018; 7(2):91-7. [DOI:10.29252/ArchHygSci.7.2.91]

[65] Rahimzadeh Barzaki RZ. [Restaurants, and Food Shops in Gorgan City in 2011 (Persian)]. Toloo Behdasht Yazd. 2014; (13(1):40-7.

[66] Amarloei A, Nikseresht Kh, Gholami Parizad E, Pour Abbas A, Khodarahmi F. Study of peroxide value of oil consumed in the deli systems (Sandwich and Falafel) in Ilam city. J Ilam Univ Med Sci. 2013; 21(6):182-8. [Link]

[67] Farzadkia M, Akbari H, Gholami H, Darabi A. Management of hospital waste: A case study in Tehran, Iran. Health Scope. 2018; 7(2):e61412. [DOI:10.5812/jhealthscope.61412]

[68] Khaniki GJ, Safaei P, Gugjlu RB, Mohajer A. [Determination of peroxide value of edible oils used in sandwich and falafel shops in Tehran (Persian)]. Iran J Health Environ. 2018; 10(4):501-10. [Link]

[69] Shabani J, Rashidi L, Vanak Z, Gholami Z. Comparative study of oxidative stability, peroxide number, iodine number with type, amount and activity of synthetic antioxidants extracted from edible oils. J Innov Food Sci Technol. 2019; 11(4):139-50. [Link]

[70] Esfarjani F, Khoshtinat K, Zargaraan A, Mohammadi-Nasrabadi F, Salmani Y, Saghafi Z, et al. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. Food Sci Nutr. 2019; 7(7):2302-11. [DOI:10.1002/fsn3.1072] [PMID]

[71] Karakaya S, Simsek S. Changes in total polar compounds, peroxide value, total phenols and antioxidant activity of various oils used in deep fat frying. J Am Oil Chem Soc. 2011; 88(9):1361–6. [DOI:10.1007/s11746-011-1788-x]

This Page Intentionally Left Blank