

Qualitative Assessment of Traditional Breads Based on the Levels of Baking Soda, Blankit, Salt, and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons

Pezhman Gheitasian

Department of Environmental Health Engineering, deputy of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Farbod Ebadifard Azar

Professor, Health Management and Economics Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Maryam Meserghani

* PhD Environmental health, Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)** m_eserghany@yahoo.com

Elham Shariatmadari

Department of Environmental Health Engineering, deputy of health, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Abstract

Background and Objective: Bread is one of the most important components of the Iranian diet, and its hygienic and chemical quality can have a significant impact on consumer health. This study aimed to monitor baking soda, Blankit, salt, and polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs in traditional Lavash, Taftoon, Barbari, and Sangak breads distributed in Tehran Province, Iran.

Materials and Methods: In this cross-sectional study conducted in 2025 1404 in traditional bakeries across Tehran Province, a total of 464 samples were evaluated for pH as an indirect indicator of baking soda use, 58 samples were assessed for Blankit, 6,919 samples were analyzed for salt content, and 300 samples were examined for polycyclic aromatic hydrocarbons.

Results: The compliance rates for pH, Blankit, and salt were 50.43%, 13.79%, and 96.86%, respectively. The concentrations of the marker compounds PAH4 and PAH8 were below the method detection limit in all examined samples; however, some lighter PAHs were detected at measurable concentrations. Sangak bread showed the highest level of compliance with respect to pH.

Conclusion: Despite satisfactory compliance regarding salt content and the concentrations of the marker compounds PAH4 and PAH8 being below the method detection limit, the high rates of non-compliance regarding pH and Blankit indicate the need to strengthen surveillance programs and implement corrective interventions. Enhanced training of bakers, improvement of dough fermentation processes, and effective control of unauthorized additive use may contribute to improving the quality and safety of traditional breads.

Keywords: Traditional Bread; Baking Soda; Blankit; Salt; Polycyclic Aromatic Hydrocarbons; Food Safety; Tehran Province

Open Access Policy: This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. To view a copy of this licence, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Received: 2026/03/07

Accepted: 2026/06/08

Doi:10.22038/jreh.2026.97495.1759

► **Citation:** Gheitasian P, Ebadifard Azar F, Meserghani M, Shariatmadari E. Qualitative Assessment of Traditional Breads Based on the Levels of Baking Soda, Blankit, Salt, and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons. *Journal of Research in Environmental Health*. 12(2):46-57.

بررسی کیفی نان‌های سنتی بر اساس میزان جوش شیرین، بلانکیت، نمک و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای

پژمان قیطاسیان

معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، تهران، ایران.

فرید عبادی فردآذر

استاد، مرکز تحقیقات مدیریت و اقتصاد سلامت، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

مریم مصرقانی

*دکتر، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، تهران، ایران.

(نویسنده مسئول)

m_eserghany@yahoo.com

الهام شریعتمداری

معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی ایران، تهران، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: نان یکی از مهم‌ترین اقلام سبد غذایی در ایران است و کیفیت بهداشتی و شیمیایی آن می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر سلامت مصرف‌کنندگان داشته باشد. این مطالعه با هدف پایش جوش شیرین، بلانکیت، نمک و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای PAHs در نان‌های سنتی لواش، تافتون، بربری و سنگک عرضه‌شده در استان تهران انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه مقطعی که در سال ۱۴۰۴ در نانواهای سنتی استان تهران انجام شد، در مجموع ۴۶۴ نمونه برای ارزیابی pH به‌عنوان شاخص غیرمستقیم مصرف جوش شیرین، ۵۸ نمونه برای ارزیابی بلانکیت، ۶۹۱۹ نمونه برای اندازه‌گیری نمک و ۳۰۰ نمونه برای تعیین هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: میزان انطباق نمونه‌ها از نظر pH، بلانکیت و نمک به ترتیب ۵۰/۴۳، ۱۳/۷۹ و ۹۶/۸۶ درصد بود. غلظت ترکیبات شاخص PAH4 و PAH8 در تمامی نمونه‌های بررسی‌شده کمتر از حد تشخیص روش بود؛ با این حال، برخی PAH‌های سبک‌تر در مقادیر بسیار کم شناسایی شدند. نان سنگک بالاترین میزان انطباق را از نظر pH داشت.

نتیجه‌گیری: با وجود انطباق مطلوب نمونه‌ها از نظر میزان نمک و قراردادن ترکیبات شاخص PAH4 و PAH8 در مقادیر کمتر از حد تشخیص، بالا بودن عدم انطباق از نظر pH و بلانکیت، ضرورت تقویت برنامه‌های نظارتی و مداخلات اصلاحی را نشان می‌دهد. افزایش آموزش نانوایان، بهبود فرایند تخمیر خمیر و کنترل مؤثر مصرف افزودنی‌های غیرمجاز می‌تواند در ارتقای کیفیت و ایمنی نان‌های سنتی مؤثر باشد.

کلیدواژه‌ها: نان سنتی؛ جوش شیرین؛ بلانکیت؛ نمک؛ هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای؛ ایمنی مواد غذایی؛ استان تهران

◀ **استناد:** قیطاسیان پ، عبادی فردآذر ف، مصرقانی م، شریعتمداری ا. بررسی کیفی نان‌های سنتی بر اساس میزان جوش شیرین، بلانکیت، نمک و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای. فصلنامه‌ی پژوهش در بهداشت محیط. تابستان ۱۴۰۵؛ ۱۲(۲): ۴۶-۵۷.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۳/۱۸

نوع مقاله: پژوهشی

نان یکی از اجزای اصلی الگوی غذایی جمعیت ایران و از مهم‌ترین منابع تأمین انرژی روزانه در این کشور است. مصرف گسترده و مستمر نان، به‌ویژه انواع نان‌های سنتی، سبب می‌شود که کیفیت تغذیه‌ای، شیمیایی و بهداشتی این محصول نه‌تنها از منظر ایمنی مواد غذایی، بلکه از دیدگاه سلامت جمعیت نیز اهمیت ویژه‌ای داشته باشد. در چنین شرایطی، پایش نظام‌مند ترکیباتی که به‌طور مستقیم در فرمولاسیون نان وارد می‌شوند یا در طی فرایند تولید و پخت ایجاد می‌گردند، می‌تواند یکی از مؤلفه‌های مهم ارزیابی کیفیت و ایمنی این محصول باشد. در میان این عوامل، میزان نمک، استفاده نامناسب از مواد قلیایی، افزودنی‌های غیرمجاز و آلاینده‌های حاصل از فرایند حرارتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (۱-۲).

نمک یا کلرید سدیم^۱ از اجزای مهم فرمولاسیون نان است و علاوه بر ایجاد ویژگی‌های حسی مطلوب، بر خواص رئولوژیک خمیر، توسعه شبکه گلوتن و رفتار تخمیر اثر می‌گذارد. با این حال، دریافت بیش از حد سدیم با افزایش فشار خون و افزایش خطر بیماری‌های قلبی-عروقی ارتباط دارد و سازمان جهانی بهداشت دریافت کمتر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم سدیم در روز، معادل کمتر از ۵ گرم نمک، را برای بزرگسالان توصیه می‌کند (۳). از آن‌جا که نان یک ماده غذایی پایه و به‌طور روزانه مصرف‌شونده است، حتی مقادیر نسبتاً متوسط نمک در هر واحد محصول می‌تواند در صورت مصرف مکرر، سهم قابل‌توجهی در دریافت روزانه سدیم داشته باشد. از این‌رو، نان در بسیاری از برنامه‌های کاهش سدیم غذایی به‌عنوان یکی از گروه‌های غذایی مهم برای مداخله و پایش مورد توجه قرار گرفته است (۴).

کاهش نمک در نان، با وجود مزایای بالقوه آن برای سلامت عمومی، از نظر فناوری تولید ساده نیست؛ زیرا NaCl هم‌زمان بر ویژگی‌های خمیر، فعالیت مخمر، ساختار محصول و ویژگی‌های حسی اثر می‌گذارد. بنابراین، دستیابی به کاهش پایدار نمک نیازمند توازن میان اهداف بهداشت عمومی، ویژگی‌های فناوری پخت، پذیرش حسی و سازوکارهای نظارتی است (۴، ۱۶). در ایران نیز کاهش نمک نان طی سال‌های اخیر در چارچوب

سیاست‌های سلامت عمومی مورد توجه قرار گرفته است. تحلیل سیاستی انجام‌شده در ایران نشان داده است که اجرای مؤثر برنامه‌های کاهش نمک نیازمند هماهنگی میان نهادهای مسئول، مشارکت تولیدکنندگان و تقویت نظام‌های نظارت و پایش است (۲). افزون بر این، مطالعه انجام‌شده در تهران در سال‌های ۲۰۱۶ و ۲۰۱۸ نشان داده است که میزان نمک در نان‌های سنتی مختلف متفاوت بوده و همه نمونه‌ها الزاماً با حدود تعیین‌شده در الزامات استاندارد مطابقت نداشته‌اند (۳). این شواهد، ضرورت پایش مستمر و مقایسه‌ای میزان نمک در انواع نان‌های سنتی را برجسته می‌کند. در کنار نمک، استفاده نامناسب از عوامل قلیایی، به‌ویژه سدیم بی‌کربنات^۲ می‌تواند بر ویژگی‌های شیمیایی و فناوری نان اثرگذار باشد. سدیم بی‌کربنات با خنثی کردن اسیدهای موجود در خمیر می‌تواند pH را افزایش دهد و در شرایطی بر رنگ، طعم، ساختار و ویژگی‌های بافتی محصول اثر بگذارد. بنابراین، مقدار و نحوه استفاده از مواد قلیایی باید متناسب با فرمولاسیون و فرایند تخمیر کنترل شود (۵-۶). در نان‌های سنتی، pH محصول علاوه بر آنکه یک ویژگی شیمیایی قابل اندازه‌گیری است، می‌تواند اطلاعات غیرمستقیمی درباره وضعیت اسیدی‌شدن خمیر و احتمال استفاده نامناسب از مواد قلیایی فراهم کند. تخمیر طبیعی، به‌ویژه در سیستم‌های خمیرترش، با فعالیت میکروارگانیسم‌های اسیدلاکتیک و تولید اسیدهای آلی همراه است و کاهش pH یکی از پیامدهای مهم این فرایند محسوب می‌شود. مطالعات مروری نشان داده‌اند که تخمیر خمیرترش می‌تواند علاوه بر تغییر pH، بر ویژگی‌های رئولوژیک، حسی، ماندگاری و زیست‌فراهمی برخی مواد مغذی اثر بگذارد (۷-۸). بنابراین، در ارزیابی کیفیت نان سنتی، pH می‌تواند به‌عنوان یک شاخص فرایندی مفید مورد استفاده قرار گیرد؛ با این حال، تفسیر آن باید به‌عنوان شاخص غیرمستقیم انجام شود و نباید pH را معادل اندازه‌گیری مستقیم مقدار سدیم بی‌کربنات در نظر گرفت.

یکی دیگر از نگرانی‌های مرتبط با ایمنی شیمیایی نان در ایران، استفاده غیرمجاز از بلانکیت یا سدیم دی‌تیونیت

^۲ NaHCO₃

^۱ NaCl

است. این ترکیب یک عامل کاهنده است و استفاده غیرمجاز از آن می‌تواند با هدف تغییر ویژگی‌های ظاهری یا فناوریانه خمیر و محصول صورت گیرد. مطالعات انجام‌شده در ایران، وجود سدیم دی‌تیونیت در برخی نمونه‌های نان سنتی را به‌عنوان یکی از موضوعات قابل توجه در پایش ایمنی شیمیایی نان گزارش کرده‌اند. برای نمونه، مطالعه‌ای در شهر قم غلظت سدیم دی‌تیونیت را در نان‌های سنتی بررسی و بر ضرورت کنترل و نظارت بر استفاده از این ترکیب در واحدهای نانویی تأکید کرده است (۹). همچنین، مطالعه دیگری در ایران، بقایای جوش شیرین و سدیم دی‌تیونیت را در نان بررسی کرده و ضرورت کنترل این ترکیبات را در چارچوب الزامات مربوط به نان‌های سنتی مورد تأکید قرار داده است (۶). استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۸ نیز چارچوب ویژگی‌ها و روش‌های آزمون مربوط به انواع اصلی نان‌های سنتی، از جمله لواش، تافتون، بربری و سنگک، را مشخص می‌کند (۵).

علاوه بر ترکیباتی که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در فرمولاسیون نان وارد می‌شوند، فرایند حرارتی پخت می‌تواند منشأ تشکیل آلاینده‌های شیمیایی نیز باشد. هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای گروهی از ترکیبات آلی هستند که می‌توانند در طی فرایندهای حرارتی و احتراق ناقص تشکیل شوند. در نان، تشکیل و انتقال PAHs می‌تواند تحت تأثیر عواملی مانند دمای پخت، زمان حرارت‌دهی، نوع سوخت، نحوه انتقال حرارت، تماس محصول با شعله و شرایط سطحی پخت قرار گیرد. شواهد تجربی نشان داده‌اند که تشکیل PAHs در زنجیره تولید نان می‌تواند در مرحله پخت رخ دهد و میزان آن‌ها تحت تأثیر شرایط حرارتی قرار گیرد (۱۰). از میان PAHs، ترکیبات بنزو [a]پیرن BaP، بنزو [a]آنتراسن BaA، کریسن Chr و بنزو [b]فلورانتن BbF به‌صورت گروهی با عنوان PAH4 شناخته می‌شوند و در ارزیابی آلودگی PAHها در مواد غذایی اهمیت ویژه‌ای دارند (۱۱، ۱۲). استفاده از PAH4 به‌عنوان یک گروه شاخص می‌تواند ارزیابی جامع‌تری نسبت به تمرکز بر یک ترکیب منفرد فراهم کند، زیرا الگوی آلودگی مواد غذایی ممکن است شامل چندین PAH باشد. از این‌رو، ارزیابی مجموعه‌ای از PAHs می‌تواند تصویر کامل‌تری از مواجهه

احتمالی مصرف‌کننده با آلاینده‌های ناشی از فرایند حرارتی فراهم کند (۱۲-۱۱).

با وجود شواهد موجود، بخش قابل توجهی از مطالعات انجام‌شده درباره کیفیت شیمیایی نان بر یک یا تعداد محدودی از شاخص‌ها متمرکز بوده است. برخی مطالعات بر میزان نمک، برخی بر pH و استفاده از جوش شیرین و برخی دیگر بر حضور سدیم دی‌تیونیت یا PAHs تمرکز داشته‌اند (۳-۶-۹-۱۱). در نتیجه، اطلاعات حاصل از این مطالعات اگرچه برای شناسایی مشکلات اختصاصی هر شاخص ارزشمند است، لزوماً تصویری یکپارچه از وضعیت هم‌زمان کیفیت و ایمنی شیمیایی نان در سطح واحدهای عرضه‌کننده ارائه نمی‌دهد. این خلأ به‌ویژه در مورد نان‌های سنتی اهمیت دارد، زیرا تفاوت در نوع نان، شیوه آماده‌سازی خمیر، مدت و نوع تخمیر، شرایط پخت و روش‌های مورد استفاده در نانویی می‌تواند بر الگوی شاخص‌های شیمیایی محصول اثر بگذارد.

استان تهران به‌دلیل جمعیت زیاد، مصرف گسترده نان‌های سنتی و وجود تعداد قابل توجهی واحد نانویی، محیط مناسبی برای پایش چندشاخصه کیفیت و ایمنی شیمیایی نان محسوب می‌شود. بررسی هم‌زمان شاخص‌های مرتبط با فرمولاسیون، فرایند تخمیر و پخت می‌تواند امکان شناسایی الگوهای عدم انطباق و تعیین اولویت‌های نظارتی را فراهم کند. چنین رویکردی، به‌جای تمرکز بر یک عامل منفرد، امکان ارزیابی نان از منظر مجموعه‌ای از عوامل مؤثر بر کیفیت و ایمنی شیمیایی را فراهم می‌سازد.

بر این اساس، مطالعه حاضر با هدف ارزیابی هم‌زمان چهار گروه از شاخص‌های منتخب کیفیت و ایمنی شیمیایی شامل pH به‌عنوان شاخص غیرمستقیم مرتبط با مصرف نامناسب سدیم بی‌کربنات، سدیم دی‌تیونیت، بلانکیت، میزان نمک و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای PAHs در چهار نوع نان سنتی شامل لواش، تافتون، بربری و سنگک عرضه‌شده در استان تهران انجام شد. هدف این مطالعه، ارائه یک ارزیابی چندشاخصه از وضعیت کیفیت و ایمنی شیمیایی نان‌های سنتی و فراهم کردن شواهدی کاربردی برای تقویت نظام پایش، شناسایی نقاط ضعف فرایند تولید و تعیین اولویت‌های مداخله‌ای در سطح واحدهای نانویی بود.

روش کار

این پژوهش یک مطالعه مقطعی و پایشی بود که با هدف ارزیابی هم‌زمان برخی شاخص‌های منتخب کیفیت و ایمنی شیمیایی نان‌های سنتی عرضه‌شده در استان تهران انجام شد. شاخص‌های مورد بررسی شامل pH به‌عنوان شاخص غیرمستقیم مرتبط با مصرف نامناسب سدیم بی‌کربنات، سدیم دی‌تیونیت، میزان نمک و هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای بود. چهار نوع نان سنتی پرمصرف شامل لواش، تافتون، بربری و سنگک در طراحی مطالعه وارد شدند.

جامعه مورد مطالعه شامل واحدهای نانواپی فعال و تحت پوشش نظام پایش بهداشتی استان تهران بود. بر اساس چارچوب نمونه‌گیری مطالعه، در مجموع ۳۷۷۹ واحد نانواپی فعال در جامعه هدف قرار داشتند. چهار نوع نان سنتی شامل لواش، تافتون، بربری و سنگک به‌عنوان طبقات اصلی محصول در نظر گرفته شدند. نمونه‌گیری به روش تصادفی طبقه‌ای انجام شد. طبقات بر اساس نوع نان و پراکنش جغرافیایی واحدهای نانواپی تعریف شدند تا انواع مختلف نان و توزیع مکانی واحدهای مورد بررسی در نمونه نهایی بازتاب یابد. واحدهای نمونه‌گیری در داخل هر طبقه به‌صورت تصادفی انتخاب شدند حجم نمونه با در نظر گرفتن سطح اطمینان ۹۵ درصد، نسبت مورد انتظار عدم انطباق و حاشیه خطای قابل قبول برای هر شاخص تعیین شد. با توجه به تفاوت در هدف تحلیلی، هزینه آزمون و الزامات آزمایشگاهی، حجم نمونه برای همه شاخص‌ها یکسان نبود.

نمونه‌های نان از واحدهای نانواپی منتخب و در شرایط متعارف عرضه به مصرف‌کننده جمع‌آوری شدند. هر نمونه پس از جمع‌آوری در ظرف تمیز و مناسب برای آنالیز شیمیایی قرار گرفت، کدگذاری شد و در کوتاه‌ترین زمان ممکن به آزمایشگاه مرجع منتقل گردید. پس از دریافت در آزمایشگاه، نمونه‌ها ثبت، کدگذاری و تا زمان آماده‌سازی در شرایط کنترل‌شده نگهداری شدند. نمونه‌های نان پیش از انجام آزمون‌های شیمیایی به‌طور کامل خرد و همگن شدند تا نمونه آزمایشگاهی نماینده‌ای از کل محصول فراهم شود. کلیه مراحل آماده‌سازی، استخراج و اندازه‌گیری مطابق روش اجرایی آزمایشگاه و الزامات روش مربوط به هر آنالیت انجام گرفت. برای

ترکیبات حساس یا ناپایدار، آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها با حداقل تأخیر عملی انجام شد تا احتمال تغییر غلظت آنالیت‌ها در اثر نگهداری کاهش یابد.

pH نمونه‌های نان با استفاده از pH متر دیجیتال کالیبره‌شده اندازه‌گیری شد. پیش از انجام اندازه‌گیری‌ها، دستگاه با محلول‌های بافر استاندارد مناسب کالیبره و عملکرد الکتروود بررسی شد. اندازه‌گیری pH مطابق الزامات روش آزمون مربوط به نان‌های سنتی انجام گرفت. استاندارد ملی ایران شماره ۲۶۲۸، الزامات و روش‌های آزمون مربوط به انواع مختلف نان‌های سنتی، از جمله لواش، تافتون، بربری و سنگک را پوشش می‌دهد. ۵ در این مطالعه، pH به‌عنوان شاخص غیرمستقیم وضعیت اسیدی - قلیایی محصول و احتمال استفاده نامناسب از مواد قلیایی، به‌ویژه سدیم بی‌کربنات، تفسیر شد. بنابراین، pH به‌عنوان اندازه‌گیری مستقیم غلظت سدیم بی‌کربنات در نظر گرفته نشد. نمونه‌هایی که pH آن‌ها خارج از محدوده تعیین‌شده در استاندارد مربوطه قرار داشتند، از نظر احتمال عدم انطباق با الزامات فرایند تولید مورد ارزیابی قرار گرفتند.

سدیم دی‌تیونیت، که در برخی کاربردهای غیرمجاز با عنوان بلانکیت شناخته می‌شود، در نمونه‌های نان مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ها مطابق روش اجرایی مورد تأیید آزمایشگاه برای تعیین این ترکیب آماده‌سازی و آنالیز شدند. با توجه به ماهیت احیاکنندگی و پایداری محدود سدیم دی‌تیونیت، آماده‌سازی نمونه و انجام آزمون در کوتاه‌ترین زمان عملی پس از دریافت نمونه انجام شد (۱۳).

میزان نمک نمونه‌های نان بر اساس تعیین یون کلرید و بیان نتیجه به‌صورت معادل کلرید سدیم اندازه‌گیری شد. پس از تهیه عصاره آبی نمونه، کلرید موجود در عصاره با محلول استاندارد نیترات نقره به روش تیتراسیون آرژانتومتري تعیین شد. در روش مورد استفاده، یون کلرید با محلول استاندارد نیترات نقره در حضور کرومات به‌عنوان شناساگر تیتراژ شد و نقطه پایانی بر اساس تشکیل کرومات نقره تعیین گردید. نتیجه به‌صورت گرم کلرید سدیم در ۱۰۰ گرم نمونه نان گزارش شد. اندازه‌گیری‌ها با استفاده از محلول‌های استاندارد و ظروف حجمی مناسب

انجام شد و نمونه‌های شاهد برای کنترل زمینه معرف‌ها و آلودگی احتمالی فرایند مورد استفاده قرار گرفتند (۱۳). برای تعیین PAHs، نمونه‌های نان پس از همگن‌سازی تحت مراحل استخراج و پاک‌سازی قرار گرفتند. با توجه به پیچیدگی ماتریس نان، مرحله پاک‌سازی به‌منظور کاهش ترکیبات مزاحم ماتریس و بهبود عملکرد دستگاه انجام شد. استخراج ترکیبات هدف با استفاده از پروتکل استخراج مورد استفاده در آزمایشگاه انجام گرفت و عصاره حاصل پس از پاک‌سازی برای آنالیز دستگاهی آماده شد. عصاره نهایی با استفاده از گازکروماتوگرافی متصل به طیف‌سنج جرمی مورد آنالیز قرار گرفت. شناسایی ترکیبات هدف بر اساس زمان بازداری کروماتوگرافی و یون‌های مشخصه جرمی انجام شد و کمی‌سازی با استفاده از پاسخ دستگاه نسبت به استانداردهای مربوطه صورت گرفت (۱۲-۱۱).

برای اطمینان از صحت، دقت و قابلیت اعتماد نتایج، برنامه کنترل کیفیت تحلیلی در تمام مراحل آزمایش اجرا شد. تجهیزات آزمایشگاهی پیش از استفاده بررسی و مطابق برنامه کالیبراسیون آزمایشگاه کالیبره شدند. نمونه‌های شاهد برای بررسی آلودگی ناشی از معرف‌ها، ظروف و مراحل آماده‌سازی، نمونه‌های تقویت‌شده برای ارزیابی بازیابی و عملکرد روش، و نمونه‌های تکراری برای ارزیابی تکرارپذیری به‌کار گرفته شدند. بازیابی تحلیلی در محدوده ۸۵-۱۱۵٪ و ضریب تغییرات حداکثر ۱۰٪ به‌عنوان معیارهای پذیرش عملکرد روش در نظر گرفته شد. برای روش‌های کروماتوگرافی، منحنی‌های کالیبراسیون با استفاده از استانداردهای مناسب تهیه و بررسی شد. حدود تشخیص و حدود کمی‌سازی بر اساس روش اعتبارسنجی مربوط به هر آنالیت تعیین شدند. نتایج تنها در صورتی پذیرفته شدند که معیارهای کنترل کیفیت از پیش تعیین‌شده رعایت شده باشند (۱۳).

داده‌ها پس از ورود، بررسی اولیه و کنترل کیفیت مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. برای متغیرهای کمی، میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و در صورت مناسب بودن میانه و دامنه بین‌چارکی گزارش شدند. متغیرهای کیفی نیز به‌صورت فراوانی و درصد ارائه شدند. برای بررسی تفاوت در میزان انطباق نمونه‌ها با الزامات استاندارد میان انواع مختلف نان و طبقات جغرافیایی، از آزمون کای‌دو استفاده شد. در مواردی که فراوانی مورد

انتظار سلول‌ها برای استفاده از آزمون کای‌دو کافی نبود، آزمون دقیق فیشر به کار گرفته شد. سطح معناداری آماری ۰/۰۵ در نظر گرفته شد و آزمون‌ها به‌صورت دوطرفه انجام شدند. نتایج آزمون‌های آماری همراه با اندازه نمونه و مقدار P گزارش شدند.

یافته‌ها

در این مطالعه پایشی، وضعیت انطباق شاخص‌های منتخب کیفیت و ایمنی شیمیایی نان‌های سنتی در استان تهران بررسی شد. جامعه تحت پوشش شامل ۳۷۷۹ واحد نانویی فعال بود. تعداد نمونه‌های بررسی‌شده برای شاخص‌های مختلف یکسان نبود؛ از این‌رو، میزان انطباق هر شاخص بر اساس تعداد نمونه‌های آزمون‌شده برای همان شاخص محاسبه شد (جدول ۱).

از مجموع ۴۶۴ نمونه بررسی‌شده از نظر شاخص pH مرتبط با مصرف جوش شیرین، ۲۳۴ نمونه منطبق بودند؛ معادل ۵۰/۴۳٪ در مقابل، ۲۳۰ نمونه ۴۹/۵٪ در گروه عدم انطباق قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که تقریباً نیمی از نمونه‌های بررسی‌شده از نظر این شاخص با معیار مورد استفاده مطابقت نداشتند.

در ارزیابی سدیم دی‌تیونیت، از ۵۸ نمونه آزمون‌شده، ۸ نمونه ۱۳/۷٪ منطبق و ۵۰ نمونه ۸۶/۲۱٪ غیرمنطبق بودند. بنابراین، در میان سه شاخص گزارش‌شده، سدیم دی‌تیونیت بیشترین درصد عدم انطباق را داشت. این نتیجه به نمونه‌های آزمون‌شده برای این شاخص مربوط است و نباید بدون توجه به تفاوت حجم نمونه‌ها به کل جامعه نانویی‌ها تعمیم داده شود.

در مقابل، انطباق از نظر مقدار نمک بالاتر بود. از مجموع ۶۹۱۹ نمونه، ۶۷۰۲ نمونه ۹۶/۸٪ منطبق و ۲۱۷ نمونه ۳/۱۴٪ غیرمنطبق بودند. در مقایسه توصیفی، اختلاف میزان انطباق نمک با شاخص pH برابر با ۴۶/۴٪ واحد درصد و با شاخص سدیم دی‌تیونیت برابر با ۸۳/۰۷٪ واحد درصد بود.

میزان انطباق شاخص pH بر اساس نوع نان متفاوت بود. بیشترین انطباق در نان سنگک مشاهده شد ۶۲/۵۰٪. پس از آن نان بربری با ۵۳/۸۰٪ و نان لواش با ۴۶/۳۲٪ قرار داشتند. نان تافتون با ۴۰/۴۳٪ کمترین میزان انطباق را نشان داد. اختلاف توصیفی بین بیشترین و کمترین

میزان انطباق، یعنی سنگ و تافتون، برابر با ۲۲/۰۷ واحد درصد بود.

جدول ۱. وضعیت کلی انطباق شاخص‌های شیمیایی نان‌های سنتی

شاخص	تعداد نمونه‌ها	غیرمنطبق، %	منطبق، %
pH به عنوان شاخص مرتبط با مصرف جوش شیرین	۴۶۴	۴۹/۵۷	۵۰/۴۳
سدیم دی تیونیت بلانکیت	۵۸	۸۶/۲۱	۱۳/۷۹
نمک NaCl	۶۹۱۹	۳/۱۴	۹۶/۸۶

همین نوع نان، ۱/۱ میکروگرم بر کیلوگرم، ثبت شد. در مقابل، مقدار فلورن در نان تافتون، با غلظت ۱/۱۲ میکروگرم بر کیلوگرم، بیشتر از سایر انواع نان بود. برای آنتراسن، بیشترین مقدار در نان تافتون، ۰/۸۵ میکروگرم بر کیلوگرم، و کمترین مقدار در نان سنگ، ۰/۲۴ میکروگرم بر کیلوگرم، مشاهده شد. همچنین، بیشترین مقادیر فلورانتن و پیرن به ترتیب در نان تافتون، ۰/۸۸ و ۰/۹۵ میکروگرم بر کیلوگرم، گزارش شدند. غلظت نفتالین نیز در نان تافتون با مقدار ۱/۱۲ میکروگرم بر کیلوگرم بیشترین بود و پس از آن، نان بربری با مقدار ۰/۹۵ میکروگرم بر کیلوگرم قرار گرفت.

به طور کلی، مقادیر گزارش شده برای چندین ترکیب PAH در نان تافتون و بربری بیشتر از مقادیر متناظر در نان لواش و سنگ بود. نان سنگ در بیشتر ترکیبات ارائه شده، مقادیر پایین تری را نشان داد. با این حال، این مقایسه بر پایه مقادیر جدول انجام شده است و در نبود داده‌های پراکندگی و نتایج آزمون‌های آماری، نمی‌توان این اختلاف‌ها را از نظر آماری معنادار دانست.

از نظر مقدار نمک، میزان انطباق در همه انواع نان بالا گزارش شد. با این حال، نان تافتون با میزان انطباق ۹۳/۸۳٪ پایین‌ترین مقدار را در میان انواع نان داشت. از آنجا که تعداد نمونه‌ها و تعداد نمونه‌های منطبق برای هر نوع نان در اطلاعات موجود ارائه نشده است، مقایسه حاضر توصیفی است و درباره معناداری آماری اختلاف‌ها نتیجه‌گیری نمی‌شود.

در مجموع، غلظت ۱۶ ترکیب هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای PAHs در ۳۰۰ نمونه از چهار نوع نان سنتی شامل لواش، تافتون، بربری و سنگ بررسی شد. مقادیر غلظت ترکیبات شناسایی شده بر حسب میکروگرم بر کیلوگرم در جدول ۲ ارائه شده‌اند.

در میان ترکیبات اندازه‌گیری شده، بیشترین مقدار آسفیتیلن در نان تافتون، ۱/۴۱ میکروگرم بر کیلوگرم، مشاهده شد؛ مقادیر این ترکیب در نان بربری، لواش و سنگ به ترتیب ۱/۰۱، ۰/۷۲ و ۰/۴۱ میکروگرم بر کیلوگرم بود. بیشترین مقدار آسفنتن در نان بربری، ۱/۱۴ میکروگرم بر کیلوگرم، و بیشترین مقدار فنانترن نیز در

جدول ۲. غلظت ترکیبات هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs) در انواع نان‌های سنتی استان تهران (µg/kg)

ردیف	ترکیب PAH	سنگ	بربری	تافتون	لواش
1	Acenaphthylene	۰/۴۱	۱/۰۱	۱/۴۱	۰/۷۲
2	Acenaphthene	۰/۳۹	۱/۱۴	۱/۱۱	۰/۶۴
3	Fluorene	۰/۶۴	۰/۹۹	۱/۱۲	۰/۵۲
4	Phenanthrene	۰/۲۷	۱/۱	۰/۸۹	۰/۲۴
5	Anthracene	۰/۲۴	۰/۷۵	۰/۸۵	۰/۳۵
6	Fluoranthene	۰/۱۹	۰/۶۸	۰/۸۸	۰/۱۲
7	Pyrene	۰/۱۶	۰/۴۴	۰/۹۵	۰/۱۰
8-15	Benzo(a)anthracene Benzog,h,i,g,h,i,perylene	ND	ND	ND	ND
16	Naphthalene	۰/۳۲	۰/۹۵	۱/۱۲	۰/۲۸

واحد: میکروگرم بر کیلوگرم ND: (µg/kg) شناسایی نشده؛ غلظت پایین‌تر از حد تشخیص

بحث

مطالعه‌ی حاضر با هدف ارزیابی هم‌زمان شاخص‌های منتخب کیفیت و ایمنی شیمیایی چهار نوع نان سنتی شامل لواش، تافتون، بربری و سنگک در استان تهران انجام شد. یافته‌ها نشان دادند که میزان انطباق نمونه‌ها از نظر pH، سدیم دی‌تیونیت و نمک به ترتیب ۵۰/۴۳، ۱۳/۷۹، ۹۶/۸۶٪ بود. همچنین، در نمونه‌های بررسی شده از نظر هیدروکربن‌های آروماتیک چندحلقه‌ای (PAHs)، غلظت ترکیبات شاخص چهار هیدروکربن آروماتیک چندحلقه‌ای کمتر از حد تشخیص روش اندازه‌گیری گزارش شد؛ درحالی‌که برخی ترکیبات سبک‌تر در غلظت‌های پایین قابل اندازه‌گیری بودند. در مجموع، نتایج نشان‌دهنده تفاوت در وضعیت انطباق شاخص‌های مورد بررسی است و ضرورت توجه هم‌زمان به فرایند تخمیر، استفاده از افزودنی‌ها، کنترل نمک و مدیریت شرایط پخت را برجسته می‌کند.

در شکل ۱ و ۲ به ترتیب میزان انطباق شاخص pH، بلانکیت و نمک در انواع نان‌های سنتی و مقایسه درصد انطباق نمونه‌های نان سنتی با استانداردهای ملی از نظر میزان نمک، جوش شیرین pH و بلانکیت را نشان می‌دهد. در مطالعه‌ی حاضر، ۴۹/۵۷ درصد از ۴۶۴ نمونه بررسی شده از نظر pH در گروه عدم انطباق قرار گرفتند.



شکل ۱. میزان انطباق شاخص pH، بلانکیت و نمک در انواع نان‌های سنتی



شکل ۲. مقایسه درصد انطباق نمونه‌های نان سنتی با استانداردهای ملی از نظر میزان نمک، جوش شیرین pH و بلانکیت

این یافته نشان می‌دهد که انطباق از نظر این شاخص در حدود نیمی از نمونه‌ها حاصل نشده است. با این حال، pH به تنهایی شاخص اختصاصی برای تعیین وجود یا مقدار سدیم بی‌کربنات نیست؛ زیرا این ویژگی می‌تواند تحت تأثیر نوع آرد، میزان آب، ترکیب و فعالیت مخمر، مدت تخمیر، تشکیل اسیدهای آلی و شرایط نگهداری نمونه نیز قرار گیرد. بنابراین، نتایج حاضر وجود عدم انطباق از نظر pH را نشان می‌دهند از نظر فناوری تولید، تخمیر مناسب خمیر می‌تواند با تولید اسیدهای آلی، تغییر pH و بهبود برخی ویژگی‌های ساختاری و حسی نان همراه باشد. مرور نظام‌مند مطالعات مربوط به تخمیر خمیرترش نیز نشان داده است که این فرایند بر ویژگی‌های مختلف خمیر و محصول نهایی اثر می‌گذارد [۷]. کاهش pH در جریان تخمیر می‌تواند شرایط فعالیت برخی آنزیم‌ها، ازجمله فیتاز، را تغییر دهد و بر تجزیه فیتات اثرگذار باشد؛ با این حال، شدت این اثر به شرایط تخمیر، نوع غله و ویژگی‌های فرایند وابسته است. از این رو، بدون اندازه‌گیری مستقیم جوش شیرین، فیتات یا زیست‌فراهمی مواد معدنی، نمی‌توان از نتایج حاضر به‌طور مستقیم کاهش جذب آهن و روی یا افزایش شیوع کم‌خونی در مصرف‌کنندگان را نتیجه گرفت.

زمانی یا اثربخشی سیاست‌های نظارتی، مستلزم مقایسه معیارهای استاندارد، روش آزمون، ترکیب نمونه‌ها و چارچوب نمونه‌گیری دو مطالعه است. در بررسی تفکیکی انواع نان، میزان انطباق نمک در تافتون ۹۳/۸۳ درصد گزارش شد که کمترین مقدار در میان انواع نان ارائه شده بود.

در این مطالعه، ۱۶ ترکیب PAH در ۳۰۰ نمونه از چهار نوع نان سنتی بررسی شدند. طبق نتایج ارائه شده، ترکیبات شاخص PAH4 و PAH8 در همه نمونه‌ها کمتر از حد تشخیص روش بودند؛ در مقابل، برخی ترکیبات سبک‌تر، از جمله آسنفتیلن، آسنفتن، فلورن، فنانتین، آنتراسن، فلورانتین، پیرن و نفتالین، در مقادیر پایین گزارش شدند. این الگو نشان می‌دهد که نتایج ترکیبات مختلف PAH یکسان نیستند و تفسیر آن‌ها باید بر اساس ترکیب شیمیایی، عملکرد تحلیلی روش و حدود تشخیص مربوط به هر آنالیت صورت گیرد. PAHها می‌توانند در مراحل مختلف زنجیره تولید مواد غذایی و در شرایط حرارتی خاص تشکیل شوند. مطالعه‌ی مارتا چچیرسکا و میچیسواف اُبیجینسکی درباره زنجیره تولید نان، تشکیل PAHها در جریان پخت را بررسی کرد و نشان داد که غلظت این ترکیبات می‌تواند تحت تأثیر شرایط پخت و بخش مورد بررسی از محصول قرار گیرد (۱۸). این شواهد از اهمیت بررسی شرایط حرارتی در ارزیابی PAHهای نان حمایت می‌کنند؛ با این حال، در مطالعه حاضر اطلاعات مستقیمی درباره نوع سوخت، دمای واقعی پخت، مدت حرارت‌دهی یا تماس نان با شعله ارائه نشده است. بنابراین، نسبت دادن غلظت‌های پایین مشاهده شده به استفاده از گاز طبیعی یا کنترل بهتر احتراق، بدون داده‌های مربوط به شرایط پخت، قابل تأیید نیست.

در میان ترکیبات گزارش شده، تافتون بیشترین مقادیر آسنفتیلن، فلورن، آنتراسن، فلورانتین، پیرن و نفتالین را داشت، درحالی‌که بیشترین مقادیر آسنفتن و فنانتین در بربری مشاهده شد. سنگک برای بسیاری از ترکیبات گزارش شده مقادیر پایین‌تری داشت. این تفاوت‌ها صرفاً توصیفی هستند.

یافته‌های مطالعه حاضر نشان می‌دهند که وضعیت انطباق در شاخص‌های مختلف یکسان نیست؛ بنابراین، راهبرد

در مقایسه توصیفی انواع نان، سنگک با ۶۲/۵ درصد بیشترین انطباق و تافتون با ۴۰/۴۳ درصد کمترین انطباق را از نظر pH نشان دادند. اختلاف این دو مقدار ۲۲/۰۷ واحد درصد بود. این تفاوت می‌تواند زمینه‌ای برای بررسی نقش نوع نان و شیوه تولید باشد.

در میان شاخص‌های بررسی شده، کمترین میزان انطباق مربوط به سدیم دی‌تیونیت بود؛ به‌طوری‌که از ۵۸ نمونه آزمون شده، ۸ نمونه منطبق و ۵۰ نمونه غیرمنطبق گزارش شدند. بنابراین، میزان عدم انطباق در این مجموعه ۸۶/۲۱ درصد بود. این یافته، در محدوده نمونه‌های آزمون شده، موضوعی مهم برای پیگیری نظارتی محسوب می‌شود؛ مطالعه‌ای در شهر قم، سدیم دی‌تیونیت را در نان‌های سنتی بررسی کرد و گزارش داد که ۴۰ درصد از ۷۰ نمونه بررسی شده دارای مقادیر قابل اندازه‌گیری این ترکیب بودند [۹]. با توجه به درصد بالای عدم انطباق مشاهده شده، تداوم پایش هدفمند، بازبینی روش‌های کنترل در نانوائی‌ها و آموزش مسئولان تولید می‌تواند در اولویت برنامه‌های نظارتی قرار گیرد. با این حال، تعیین علت استفاده احتمالی از این ماده، انگیزه اقتصادی تولیدکنندگان یا میزان خطر سلامت مصرف‌کنندگان به داده‌های تکمیلی نیاز دارد و نمی‌توان این عوامل را صرفاً از درصد عدم انطباق استنباط کرد.

از مجموع ۶۹۱۹ نمونه بررسی شده از نظر نمک، ۶۷۰۲ نمونه منطبق و ۲۱۷ نمونه غیرمنطبق بودند؛ به‌ترتیب معادل ۹۶/۸۶ و ۳/۱۴ درصد. این نتیجه نشان می‌دهد که انطباق با معیار مورد استفاده برای نمک در مجموعه نمونه‌های بررسی شده بالا بوده است. با توجه به مصرف روزانه نان در ایران، پایش مقدار نمک در این محصول از منظر سلامت عمومی اهمیت دارد. سازمان جهانی بهداشت توصیه می‌کند که دریافت سدیم در بزرگسالان کمتر از ۲۰۰۰ میلی‌گرم در روز، معادل کمتر از ۵ گرم نمک، باشد (۱). مطالعه انجام شده در تهران درباره میزان نمک نان‌های سنتی در سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۱۸، تفاوت‌هایی را میان انواع نان گزارش کرده و بر اهمیت پایش این شاخص تأکید داشته است (۳). مقایسه نتایج آن مطالعه با پژوهش حاضر می‌تواند برای ارزیابی روندهای احتمالی مفید باشد؛ اما نتیجه‌گیری درباره بهبود

نظارتی مؤثر باید متناسب با نوع شاخص و محدودیت‌های هر روش ارزیابی طراحی شود. میزان انطباق بالای نمک، در کنار عدم انطباق قابل توجه pH و سدیم دی‌تیونیت در نمونه‌های آزمون‌شده، از ضرورت حفظ پایش نمک و توجه بیشتر به کنترل فرایند تخمیر و بررسی افزودنی‌های غیرمجاز حمایت می‌کند. در بخش PAHها نیز نتایج زیر حد تشخیص برای ترکیبات شاخص، همراه با شناسایی برخی ترکیبات سبک‌تر، اهمیت گزارش شفاف عملکرد روش و پایش متناسب با شرایط پخت را نشان می‌دهد. از منظر اجرایی، آموزش نانوایان درباره تخمیر مناسب، الزامات استفاده از افزودنی‌ها و پیامدهای عدم رعایت استانداردها می‌تواند در کنار بازرسی‌های هدفمند مورد توجه قرار گیرد. استفاده از روش‌های غربالگری سریع نیز می‌تواند پس از اعتبارسنجی مناسب و تعیین عملکرد تحلیلی آن‌ها بررسی شود. با این حال، اثربخشی این مداخلات باید در مطالعات آینده ارزیابی شود و از نتایج مقطعی حاضر نمی‌توان میزان تأثیر هیچ مداخله مشخصی را تعیین کرد.

نتیجه‌گیری

مطالعه‌ی حاضر نشان داد که وضعیت انطباق شاخص‌های منتخب کیفیت و ایمنی شیمیایی در نان‌های سنتی استان تهران متفاوت است. میزان انطباق از نظر نمک ۹۶/۸۶ درصد بود، درحالی‌که انطباق از نظر pH برابر با ۵۰ درصد و از نظر سدیم دی‌تیونیت برابر با ۱۳/۷۹ درصد گزارش شد. این نتایج ضرورت توجه نظارتی به شاخص‌هایی را نشان می‌دهند که در مجموعه نمونه‌های آزمون‌شده بیشترین میزان عدم انطباق را داشته‌اند. با این حال، pH به‌تنهایی مصرف جوش شیرین را اثبات نمی‌کند و نتایج بلانکیت نیز باید با توجه به حجم نمونه و روش آزمون تفسیر شوند. در بخش PAHها، غلظت ترکیبات شاخص PAH4 و PAH8 کمتر از حد تشخیص روش بود، درحالی‌که برخی ترکیبات سبک‌تر در غلظت‌های پایین شناسایی شدند. این یافته از گزارش دقیق حدود تشخیص و ادامه پایش متناسب با شرایط

پخت حمایت می‌کند، اما به‌تنهایی برای اثبات نبود کامل خطر سلامت کافی نیست. بر این اساس، پیشنهاد می‌شود پایش دوره‌ای نان‌های سنتی با تمرکز بر کنترل مواد افزودنی غیرمجاز، ارزیابی معتبر pH، حفظ نظارت بر میزان نمک و بهبود گزارش‌دهی تحلیلی PAHها ادامه یابد. مطالعات آینده بهتر است از نمونه‌گیری متوازن‌تر میان انواع نان و مناطق جغرافیایی، آزمون اختصاصی جوش شیرین، گزارش کامل اعتبارسنجی روش‌های آزمایشگاهی و ثبت متغیرهای مرتبط با تخمیر و پخت استفاده کنند. چنین رویکردی می‌تواند شواهد دقیق‌تری برای اولویت‌بندی مداخلات نظارتی و ارتقای کیفیت و ایمنی شیمیایی نان‌های سنتی فراهم سازد.

تشکر و قدردانی: بدین‌وسیله از دانشگاه علوم پزشکی ایران به‌دلیل حمایت و پشتیبانی از اجرای این پژوهش که در قالب طرح پژوهشی با کد IR.IUMS.REC.1404.881 به تصویب رسیده است، صمیمانه قدردانی می‌شود. حمایت‌های آن معاونت نقش مؤثری در انجام این مطالعه داشته است.

تعارض منافع: نویسندگان تمام نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانه، تحریف داده‌ها و داده‌سازی را در این مقاله رعایت کرده‌اند. همچنین هر گونه تضاد منافع حقیقی یا مادی که ممکن است بر نتایج تفسیر مقاله تأثیر بگذارد را رد می‌کند.

حمایت مالی: این پژوهش حاصل بخشی از طرح تحقیقاتی با شماره IR.IUMS.REC.1404.881 و حمایت مالی معاونت بهداشت دانشگاه علوم پزشکی ایران انجام گرفت.

ملاحظات اخلاقی: تمامی اصول اخلاقی در این مقاله در نظر گرفته شده است و نویسندگان در جریان هدف پژوهش و مراحل اجرای آن قرار گرفته‌اند.

سهم نویسندگان: پژمان قیطاسیان، فرید عبادی‌آذر، الهام شریعتمداری، مریم مصرقانی در تمامی مراحل تحقیق مشارکت داشتند.

References

1. World Health Organization. WHO global report on sodium intake reduction. Geneva: World Health Organization; 2023.
2. Loloie S, Pouraram H, Majdzadeh R, Takian A, Goshtaei M, Djazayeri A.

Policy analysis of salt reduction in bread in Iran. AIMS Public Health. 2019;64:534-545.

<https://doi.org/10.3934/publichealth.2019.>

4.534

PMid:31909073

PMCID:PMC6940570

3. Hadian Z, Fatemeh S, Reihani S, Mirmoghtadaie L, Tan TC. Survey of the salt NaCl contents of traditional breads in Tehran, 2016-2018: implication for public health. *Int J Prev Med.* 2022;13:91. https://doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM_338_20

4. Ferrari GT, Proserpio C, Stragliotto LK, Boff JM, Pagliarini E, de Oliveira VR. Salt reduction in bakery products: a critical review on the worldwide scenario, its impacts and different strategies. *Trends Food Sci Technol.* 2022;129:440-448. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.013>

5. Iranian National Standardization Organization. Traditional breads: specifications and test methods. INSO A1-2628. Amendment No. 1. Tehran: Iranian National Standardization Organization; 2016.

6. Haghi E, Dabbagh Moghaddam A, Dini Talatappeh H. Residuals of baking soda and sodium dithionite in bread and environmental health status of bakeries in Iran's military forces. *J Chem Health Risks.* 2022;124:705-712. [doi:10.22034/jchr.2021.1923749.1264](https://doi.org/10.22034/jchr.2021.1923749.1264).

7. Arora K, Ameer H, Polo A, Rizzello CG, Verni M, Gobetti M, et al. Thirty years of knowledge on sourdough fermentation: a systematic review. *Trends Food Sci Technol.* 2021;108:71-83. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.12.008>

8. Nikolaou A, Assunção R, Cvetković B, Fardet A, Gamero A, Gandía M, et al. Effects of sourdough- or regular-bread fermentation, and phytate reduction on iron bioavailability, absorption, and iron status in humans: a systematic review of intervention studies. *Front Nutr.* 2026;13:1778997. <https://doi.org/10.3389/fnut.2026.1778997>

PMid:42163962 PMCID:PMC13183556

9. Izanloo H, Atafar Z, Aali R, Ghafari Y. Sodium dithionite concentration in traditional bread and health risk assessment: a case study in Qom City.

Arch Hyg Sci. 2022;111:13-18. <https://doi.org/10.32598/AHS.11.1.284.3>

10. Ciemniak A, Mońka K, Wolska L, Zygmunt B. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the bakery chain. *Food Chem.* 2013;141:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.006> PMid:23768318

11. Tavoosidana G, Abdolhosseini M, Mazaheri Y, Basaran B, Shavali-Gilani P, Sadighara P, et al. The carcinogenic PAHs in breads, amount, analytical method and mitigation strategy: a systematic review study. *BMC Public Health.* 2024;24:1538. <https://doi.org/10.1186/s12889-024-18413-0> PMid:38849795 PMCID:PMC11157925

12. European Food Safety Authority. Polycyclic aromatic hydrocarbons in food: scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *EFSA J.* 2008;68:724. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.724>

13. Iranian National Standardization Organization. Traditional breads: specifications and test methods. INSO A1-2628. Amendment No. 1. Tehran: Iranian National Standardization Organization; 2016.

14. AOAC International. Official Method 990.28: sulfites in foods, optimized Monier-Williams method. In: Official methods of analysis of AOAC International. 21st ed. Rockville MD: AOAC International; 2019.

15. United States Environmental Protection Agency. SW-846 Test Method 3540C: Soxhlet extraction. Washington DC: US Environmental Protection Agency; 1996.

16. Silow C, Axel C, Zannini E, Arendt EK. Current status of salt reduction in bread and bakery products-A review. *J Cereal Sci.* 2016;72:135-146. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.10.010>

17. Asadi Touranlou F, Hashemi M, Ghavami V, Tavakoly Sany SB. Concentration of polycyclic aromatic hydrocarbons PAHs in bread and health risk assessment across the globe: a

systematic review and meta-analysis. *Compr Rev Food Sci Food Saf.* 2024;235:e13411

<https://doi.org/10.1111/1541-4337.13411>
PMid:39245919

18. Buddrick O, Jones OAH, Cornell HJ, Small DM. The influence of fermentation processes and cereal grains in wholegrain bread on reducing phytate content. *J Cereal Sci.* 2014;59(1):3-8.

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2013.11.006>

19. Singh L, Varshney JG, Agarwal T. Polycyclic aromatic hydrocarbons'

formation and occurrence in processed food. *Food Chem.* 2016;199:768-781.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.074> PMid:26776034

20. Rey-Salgueiro L, García-Falcón MS, Martínez-Carballo E, Simal-Gándara J. Effects of toasting procedures on the levels of polycyclic aromatic hydrocarbons in toasted bread. *Food Chem.* 2008;108(2):607-615.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.026>