

# An Overview of Food Security and Safety and the Role of Modern Technologies

Mohammad Sadegh Oliaei<sup>1,\*</sup>, Farid Nasiri<sup>2</sup>, Asadollah Asadi<sup>3</sup>,  
Reza Yousefi<sup>2</sup>

## Article Info

### Article type:

Popularization of Science

### Article history:

Receive Date

06 November 2025

Revise Date

06 December 2025

Accept Date

13 December 2025

Available online:

21 December 2025

### Keywords:

Food security, Food safety, Sustainable development, Food proteomics, CRISPR technology.

Food security and safety despite their close association, are considered two distinct areas in ensuring the health and sustainability of human societies, where novel technologies, both digital and non-digital, play a significant role in their realization. Considering the importance and complexity of defining food security, this article first elaborates on the fundamental concepts and various dimensions of this field, as well as examining major challenges such as food waste and loss. Subsequently, the role of novel technologies in transforming this ground is addressed, and advancements like Artificial Intelligence and the Internet of Things in the macro-management of food security issues, along with the concept of "smart food cities" are introduced and their applications studied. Then, food safety and its related issues are specifically investigated, and the importance of employing smart methods such as blockchain technology, along with advanced biochemical and biomolecular tools (e.g., mass spectrometry, food proteomics, and CRISPR technology) to ensure food safety is elaborated. The World Health Organization (WHO) and the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) have designated June 7 of each year as World Food Safety Day. The theme for the 2025 observance is "Food Safety: Science in Action". Accordingly, we also emphasize the importance of investing in research and promoting education on scientific topics related to food safety.

Cite this article: Oliaei M. S., Nasiri F., Asadi A., Yousefi R. (2025). 'An Overview of Food Security and Safety and the Role of Modern Technologies', *Science Cultivation*, 15 (2), 173-181.



© Author(s) retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Foundation for the Advancement of Science and Technology in Iran (FAST-IRAN) and Iran Society of Biophysical Chemistry (ISOBC)

\* Corresponding Author. Faculty Member, Tel: (+9821 8223354), E-mail: m-oliaei@msrt.ir

<sup>1</sup> Department of Research and Technology, Ministry of Science, Research and Technology, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Institute of Biochemistry and Biophysics, University of Tehran, Tehran, Iran

<sup>3</sup> Department of Biology, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

## نگاهی به امنیت و ایمنی غذایی و نقش فناوری‌های نوین

محمد صادق علیائی<sup>۱\*</sup>، فرید نصیری<sup>۲</sup>، اسداله اسدی<sup>۳</sup>، رضا یوسفی<sup>۲</sup>

### چکیده

امنیت و ایمنی غذایی، با وجود ارتباط تنگاتنگ با یکدیگر، دو حوزه متمایز در تأمین سلامت و پایداری جوامع انسانی محسوب می‌شوند که فناوری‌های نوین اعم از دیجیتال و غیردیجیتال نقش بسزایی در تحقق آن‌ها دارند. این مقاله با در نظر گرفتن اهمیت و پیچیدگی تعاریف امنیت غذایی در گام نخست به تبیین مفاهیم بنیادین و ابعاد گوناگون این حوزه و نیز بررسی چالش‌های پیش‌رو از قبیل ضایعات و اتلاف مواد غذایی می‌پردازد. در ادامه نقش فناوری‌های نوین در تحول بخشیدن به این عرصه مورد توجه قرار گرفته است. همچنین پیشرفت‌هایی همچون هوش مصنوعی و اینترنت اشیا در مدیریت کلان مسائل امنیت غذایی و نیز ایده شهرهای هوشمند غذایی و کاربردهای آن‌ها بررسی می‌شود. سپس ایمنی غذایی، مسائل مرتبط با آن و اهمیت به‌کارگیری روش‌های هوشمند مانند فناوری بلاک‌چین و همچنین ابزارهای پیشرفته بیوشیمیایی و زیست مولکولی (مانند طیف‌سنجی جرمی، پروتئومیکس غذایی و فناوری کریسپر) در راستای تضمین سلامت مواد غذایی تشریح می‌گردد. سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، روز هفتم ژوئن هر سال را به‌عنوان روز جهانی ایمنی غذایی نام‌گذاری کرده‌اند و شعار این روز در سال ۲۰۲۵ ایمنی غذایی: علم در عمل تعیین شده است. بر این اساس در پایان این نوشتار بر اهمیت سرمایه‌گذاری در پژوهش‌های مرتبط و ترویج آموزش‌های علمی در حوزه ایمنی غذایی تأکید شده است.

### اطلاعات مقاله

#### نوع مقاله:

مقاله ترویجی

#### تاریخچه مقاله:

تاریخ دریافت

۱۵ آبان ۱۴۰۴

تاریخ بازنگری

۱۵ آذر ۱۴۰۴

تاریخ پذیرش

۲۲ آذر ۱۴۰۴

تاریخ انتشار

۳۰ آذر ۱۴۰۴

#### کلیدواژه‌ها:

امنیت غذایی، ایمنی غذایی، توسعه پایدار، پروتئومیکس غذایی، فناوری کریسپر.

**استناد:** علیائی محمد صادق، نصیری فرید، اسدی اسداله، یوسفی رضا. (۱۴۰۴). 'نگاهی به امنیت و ایمنی غذایی و نقش فناوری‌های نوین'، نشاء علم، ۱۵،

(۲)، ۱۷۳-۱۸۱.



**ناشر:** بنیاد پیشبرد علم و فناوری در ایران و انجمن بیوشیمی فیزیک ایران

© نویسندگان حق نشر و کلیه حقوق انتشار را برای خود حفظ می‌کنند.

\* عهده‌دار مکاتبات: عضو هیئت علمی، تلفن: ۸۲۲۳۳۵۴ (۹۸۲۱)، آدرس الکترونیکی: m-oliaei@msrt.ir

<sup>۱</sup> معاونت پژوهش و فناوری وزارت علوم، تحقیقات و فناوری، تهران، ایران

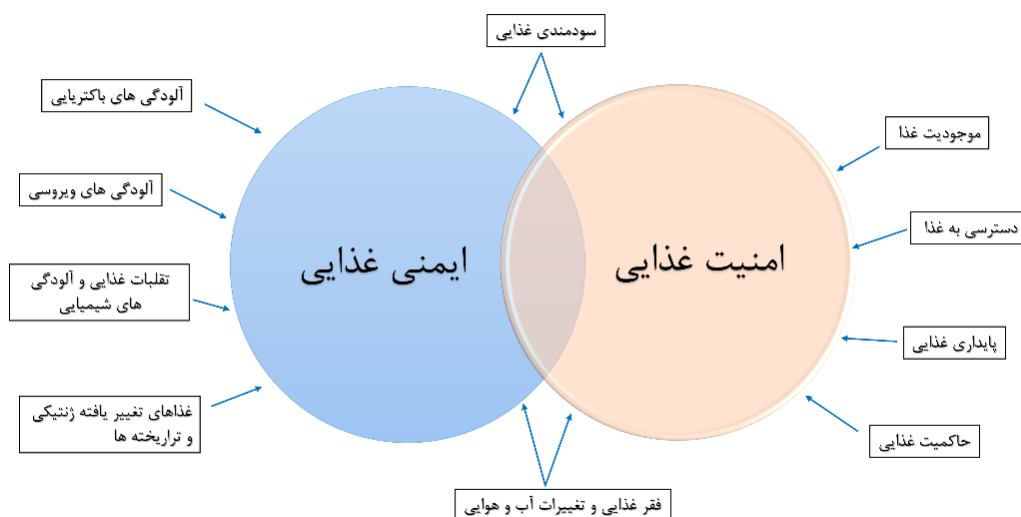
<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

<sup>۳</sup> گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه محقق اردبیلی

## مقدمه

فقر و نابرابری‌های جهانی قرار دارد. از طرف دیگر، غذا یکی از نیازهای اساسی بشر است و تأمین آن به صورت ایمن و پایدار حق هر فرد محسوب می‌شود. با این حال، میلیاردها نفر در سراسر جهان به غذای کافی و ایمن دسترسی ندارند. بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی<sup>۱</sup> سالانه ۶۰۰ میلیون نفر به بیماری‌های ناشی از غذای نایمن مبتلا می‌شوند. کودکان زیر ۵ سال، سالمندان و افراد با سیستم ایمنی ضعیف بیشترین آسیب‌ها را از این بیماری‌ها می‌بینند [۱]. این مقاله نگاهی به ابعاد مختلف امنیت و ایمنی غذایی داشته و به بررسی چالش‌های موجود و راهکارهای نوین برای مقابله با این چالش‌ها می‌پردازد.

امنیت و ایمنی غذا دو عنصر مکمل یکدیگر هستند که وجود آن‌ها برای تغذیه جمعیت ۱۰ میلیارد نفری تا سال ۲۰۵۰ و دستیابی به اهداف توسعه پایدار سازمان ملل از جمله ریشه‌کن کردن قحطی، ضروری هستند (شکل ۱). امنیت غذایی به دسترسی همه افراد یک جامعه، در تمام ادوار عمر به غذای کافی برای داشتن زندگی سالم و فعال گفته می‌شود و درآمد خانوار از عوامل مهم برای تأمین آن در یک نظام اجتماعی می‌باشد [۱،۲]. در واقع، امنیت غذایی به معنای دسترسی فیزیکی و اقتصادی به غذای کافی برای تأمین نیازهای تغذیه‌ای است که تحت تأثیر عواملی مانند تغییرات اقلیمی،



شکل ۱: ارتباط متقابل ایمنی غذایی و امنیت غذایی: ایمنی و امنیت غذایی مفاهیمی مرتبط به هم هستند که تأثیری عمیق بر کیفیت زندگی انسان دارند و عوامل بیرونی متعددی بر هر دوی این حوزه‌ها اثر می‌گذارند [۳].

خوربار و کشاورزی ملل متحد (فاو<sup>۳</sup>) ارائه شده است. بر اساس این تعریف، امنیت غذایی به حالتی اطلاق می‌شود که در آن همه مردم، در تمام اوقات دسترسی فیزیکی، اجتماعی و اقتصادی به غذای کافی، ایمن و مغذی داشته باشند که نیازهای تغذیه‌ای و تمایلات غذایی آن‌ها را برای داشتن یک زندگی سالم و فعال فراهم نماید [۲،۴]. طبق تعریف سازمان کشاورزی ایالات متحده آمریکا<sup>۴</sup>، امنیت غذایی برای یک خانوار به معنی دسترسی تمام اعضا خانواده در تمام اوقات به غذای کافی برای داشتن یک زندگی سالم و فعال

## امنیت غذایی و ابعاد آن

امنیت غذایی مفهومی انعطاف‌پذیر است. بسیاری کوشیده‌اند آن را به شیوه‌های مختلف تعریف کنند تا به‌عنوان پژوهشگر یا سیاست‌گذار، اهداف خود را محقق سازند. در حال حاضر، حدود ۲۰۰ تعریف و ۴۵۰ شاخص برای امنیت غذایی وجود دارد [۲]. در این بین، تعریف پذیرفته‌شده در اجلاس جهانی غذا<sup>۲</sup> در سال ۱۹۹۶، جامع‌ترین تعریف محسوب می‌شود که توسط سازمان

<sup>۱</sup> World Health Organization (WHO)

<sup>۲</sup> World Economic Forum (WEF)

<sup>۳</sup> Food and Agriculture Organization (FAO)

<sup>۴</sup> United States Department of Agriculture (USDA)

## چالش‌های عمده امنیت غذایی:

پس از انقلاب سبز در دهه ۱۹۶۰ که نوید غلبه بر محدودیت منابع غذایی را می‌داد، جامعه جهانی در قرن ۲۱ با چالش‌های جدی در تأمین امنیت غذایی مواجه است. از یک طرف پیش‌بینی می‌شود جمعیت جهان تا سال ۲۰۵۰ به ۱۰ میلیارد نفر برسد که نیاز به افزایش چشمگیر تولید مواد غذایی را ایجاد می‌کند. همچنین عواملی چون دسترسی محدود به غذاهای مغذی و ایمن، قدرت خرید پایین، افزایش قیمت مواد غذایی، شهرنشینی، استفاده از محصولات غذایی برای تولید سوخت زیستی و محدودیت‌های صادراتی امنیت غذایی را تهدید می‌کنند [۷]. افزایش قیمت مواد غذایی همراه با ناکارآمدی نهادهای سیاسی و شبکه‌های ایمنی اجتماعی ناکافی، با ناآرامی‌های اجتماعی مرتبط هستند. گسترش کشاورزی و دامداری صنعتی باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای (تولید متان از محصولات کشاورزی و شالیزارهای برنج و همچنین اکسید نیتروژن انتشار یافته از دام‌ها) و تخریب زیستگاه‌های طبیعی می‌شود [۷،۸]. تبدیل جنگل‌ها، مراتع و تالاب‌ها به زمین کشاورزی و همچنین برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی تنوع زیستی را کاهش می‌دهد، برای نمونه خشک شدن دریاچه ارومیه در ایران تا حدی به دلیل استخراج آب‌های زیرزمینی برای آبیاری زمین‌های کشاورزی بوده است [۹]. پیری جمعیت سبب کاهش نیروی کار جوان و افزایش تقاضا برای خدمات بهداشتی می‌شود. این معضل به طور ویژه در مناطق روستایی و مزارع و در کل در صنعت کشاورزی که به شدت به نیروی کار فیزیکی وابسته است، تأثیر شدیدتری دارد [۱۰]. این چالش‌ها نشان می‌دهند که تأمین غذا و حفظ محیط‌زیست نیازمند راهکارهای جامع و فوری است.

## کاهش اتلاف غذا:

یکی از چالش‌های اصلی برای دستیابی به امنیت غذایی پایدار، حجم قابل توجه تلفات و ضایعات غذایی در سطح جهانی است. تلفات غذایی به ازدست‌رفتن مواد غذایی در زنجیره تأمین از تولیدکننده تا بازار اشاره دارد، درحالی‌که ضایعات غذایی به دورریختن غذاهای ایمن و مغذی اطلاق می‌شود. حدود یک‌سوم

است [۲،۵]. همچنین مفهوم امنیت غذایی باگذشت زمان تکامل یافته است. موجودیت غذا<sup>۱</sup>، دسترسی<sup>۲</sup>، سودمندی<sup>۳</sup> و پایداری<sup>۴</sup> چهار عنصر کلیدی در امنیت غذایی می‌باشند. موجودیت اشاره به عرضه غذا از طریق تولید، توزیع و تجارت دارد. در واقع، موجودیت یا کافی بودن غذا اشاره به مقدار غذایی دارد که در کشور یا در یک منطقه (از طریق راه کارهای مختلف تولید داخلی، واردات، ذخایر غذایی و یا کمک‌های غذایی) وجود دارد [۲]. از طرف دیگر، آمارتیا سن<sup>۵</sup> (برنده نوبل اقتصاد سال ۱۹۹۸) در سال ۱۹۸۱ میلادی برای نخستین بار مفهوم دسترسی به غذا را طرح نمود. او این مفهوم جدید را بر اساس تحقیقات خود در مورد قحطی‌ها ارائه کرد [۲]. در واقع می‌توان دیدگاه وی را بر اساس رابطه زیر نشان داد:

وجود غذا  $\neq$  امنیت غذایی (مسئله دسترسی اقتصادی)

سودمندی غذا به استفاده مناسب از آن، شامل ایمنی غذا، ارزش غذایی و دسترسی به مراقبت‌های بهداشتی اشاره دارد. پایداری غذا نیز به تداوم دسترسی به غذا در برابر ضربه‌های طبیعی، اقتصادی یا سیاسی اشاره می‌کند [۴-۲]. علاوه بر این‌ها، دو بعد دیگر نیز نظیر عاملیت<sup>۶</sup> و پایداری زیست‌محیطی<sup>۷</sup> در امنیت غذایی اهمیت دارند. عامل بودن به توانایی افراد یا گروه‌ها برای تصمیم‌گیری مستقل درباره غذاهایی که مصرف می‌کنند، غذاهایی که تولید می‌کنند، چگونگی تولید، فرآوری و توزیع غذا در سیستم‌های غذایی و همچنین توانایی آن‌ها برای مشارکت در فرایندهایی که سیاست‌ها و حاکمیت سیستم غذایی را شکل می‌دهند، اشاره دارد. این اصطلاح ارزش‌هایی مشابه با مفهوم مهم دیگری به نام حاکمیت غذایی<sup>۸</sup> دارد. از جهتی دیگر، پایداری توانایی سیستم‌های غذایی برای تأمین امنیت غذایی و تغذیه به صورت بلندمدت است، به‌گونه‌ای که این کار بدون آسیب زدن به پایه‌های اقتصادی (مانند منابع مالی و معیشت)، اجتماعی (مانند عدالت و دسترسی برابر) و زیست‌محیطی (مانند حفاظت از منابع طبیعی و کاهش اثرات زیست‌محیطی) که امنیت غذایی و تغذیه را برای نسل‌های آینده تضمین می‌کنند، انجام شود [۲،۶].

<sup>1</sup> Availability

<sup>2</sup> Access

<sup>3</sup> Utilization

<sup>4</sup> Stability

<sup>5</sup> Amartya Sen

<sup>6</sup> Agency

<sup>7</sup> Sustainability

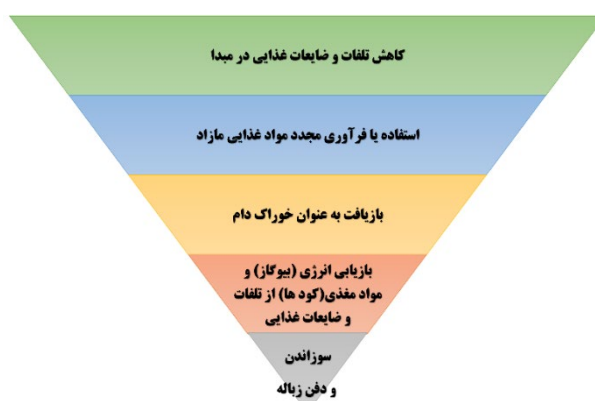
<sup>8</sup> Food Sovereignty

پیشرفته نیز نقش به‌سزایی در این زمینه دارند. یک مزیت اضافی و بسیار مهم دیگر این برجسب‌ها در کنترل تقلبات غذایی است [۱۱،۱۲]. با این‌همه و با وجود اهمیت بسته‌بندی‌های هوشمند در تأمین امنیت و ایمنی غذایی متأسفانه طراحی این نوع بسته‌بندی‌ها در ایران با موانعی قابل‌توجه روبه‌رو است که نیاز به بررسی‌های دقیق و جدی در این مورد وجود دارد [۱۱]. همچنین در سطح مصرف‌کننده، اپلیکیشن‌های موبایل با ارائه اطلاعات بلادرنگ درباره آزرژن‌ها و مشخصات تغذیه‌ای محصولات از طریق اسکن برجسب‌های غذایی، به کاهش قابل‌توجه ضایعات ناشی از خریدهای ناآگاهانه کمک می‌کنند [۱۱].

### شهرهای هوشمند غذایی<sup>۲</sup> و فناوری‌های دیجیتال:

مفهوم شهرهای هوشمند غذایی به دلیل رشد فزاینده جمعیت شهری (افزایش ۶۹ درصد تا ۲۰۵۰)، پیری جمعیت و پیش‌بینی نیاز به ۶۰ درصد غذا و ۷۰ درصد آب شیرین بیشتر تا سال ۲۰۵۰، توسط پژوهشگران مطرح شده است. شهرهای هوشمند غذایی، با ادغام نظام‌های کشاورزی-غذایی شهری با مفهوم شهر هوشمند، شهرها را زیست‌پذیرتر می‌کنند و با افزایش مشارکت شهروندان، دموکراسی غذایی را ترویج می‌دهند. همچنین، پیوند شهروندان با طبیعت در این شهرها، استرس و احساسات منفی را کاهش می‌دهد [۱۳،۱۴]. در شهرهای هوشمند غذایی، فناوری‌های دیجیتال متعددی شامل اینترنت اشیا<sup>۳</sup> (IoT)، هوش مصنوعی<sup>۴</sup> (AI)، تحلیل داده‌های بزرگ<sup>۵</sup> و فناوری بلاک‌چین<sup>۶</sup>، جریان‌ها و فرایندهای شهری و نظام غذایی را پایش و تنظیم می‌کنند. اینترنت اشیا برای نظارت خودکار پارامترهای محیطی (دما، رطوبت، نور) در سیستم‌های باغبانی عمودی و اتخاذ تصمیم‌های خودکار کاربرد دارد. کشاورزی دقیق با استفاده از حسگرها، پهپادها و تصاویر ماهواره‌ای برای جمع‌آوری داده‌های لحظه‌ای درباره خاک، آب‌وهوا و سلامت محصول، بهینه‌سازی مصرف منابع و افزایش بازدهی انجام می‌شود. سیستم‌های آبیاری هوشمند با استفاده از حسگرها برای بهینه‌سازی مصرف آب صورت می‌گیرد [۱۳،۱۴]. همچنین برای کاهش ضایعات غذایی، حسگرها بر دما، رطوبت و شرایط ذخیره‌سازی در طول زنجیره تأمین نظارت می‌کنند تا از فساد مواد

غذای تولیدشده تلف یا ضایع می‌شود که معادل ۲۸ درصد از محصولات کشاورزی جهان و ۸ درصد از انتشار گازهای گلخانه‌ای جهانی است. حذف این تلفات و ضایعات می‌تواند غذای بیش از یک میلیارد نفر را تأمین کند و مدیریت زمین و آب را (با اثرات مثبت بر تغییرات اقلیمی و پایداری) بهبود بخشد [۱۱]. سازمان حفاظت از محیط‌زیست<sup>۱</sup> در ایالات متحده آمریکا، سلسله‌مراتبی از استراتژی‌ها را برای کاهش تلفات و ضایعات غذایی ارائه داده است (شکل ۲).



شکل ۲: هرم سلسله‌مراتبی بازیافت مواد غذایی (به‌منظور کاهش اتلاف و ضایعات غذایی)، از پراهمیت‌ترین استراتژی تا جزئی‌ترین مورد که به ترتیب از بالا به پایین نشان داده شده است [۱۱].

کاهش ضایعات در مبدأ به‌عنوان کارآمدترین راهبرد برای تحقق پایداری و امنیت غذایی شناخته می‌شود. بر اساس مطالعات، سرمایه‌گذاری در کاهش ضایعات غذایی از نظر اقتصادی معادل سرمایه‌گذاری در افزایش ظرفیت تولید مواد غذایی ارزشمند است. در این راستا، فناوری‌های نوین مانند روش‌های هوش مصنوعی شامل شبکه‌های عصبی مصنوعی با بهینه‌سازی پیش‌بینی تقاضا و مدیریت هوشمند موجودی، سهم قابل‌توجهی در کاهش ضایعات غذایی ایفا می‌کنند. رویکردهای هوشمند مانند استفاده از کلان‌داده‌ها، سنجش‌ازدور، اطلاعات ژنتیکی و داده‌های تاریخ تولید می‌تواند به پیش‌بینی عرضه مواد غذایی کمک کند. همچنین گنجاندن ملاحظات ایمنی مواد غذایی در این مدل‌ها ضروری است [۱۱]. از سوی دیگر، بسته‌بندی‌های هوشمند مجهز به حسگرهای

<sup>1</sup> Environmental Protection Agency (EPA)

<sup>2</sup> Smart food cities

<sup>3</sup> Internet-of-Things (IoT)

<sup>4</sup> Artificial intelligence (AI)

<sup>5</sup> Big Data

<sup>6</sup> Blockchain Technology

## چالش‌های جاری در ایمنی غذایی و نیاز به نوآوری

با وجود پیشرفت‌ها، هنوز چالش‌های متعددی در حوزه ایمنی غذا وجود دارند که نیازمند توجه و راهکارهای نوین هستند (شکل ۳). بیش از ۹۰ درصد مسمومیت‌های غذایی به دلیل گونه‌های باکتریایی استافیلوکوکوس، سالمونلا، کلسترییدیوم، کمپیلوباکتر، لیستریا، ویبریو، باسیلوس و اشرشیا کلای ایجاد می‌شوند. به‌عنوان مثال در ایالات متحده آمریکا و فرانسه، در آخرین دهه قرن بیستم، سالمونلا شایع‌ترین علت بیماری‌های ناشی از باکتری‌های غذایی بود که ۵۷۰۰ تا ۱۰۲۰۰ مورد عامل بیماری را به خود اختصاص می‌داد، به دنبال آن کمپیلوباکتر با ۲۶۰۰ تا ۳۵۰۰ مورد و لیستریا با ۳۰۴ مورد، در آلودگی‌های غذایی نقش عمده‌ای را داشتند. همچنین ویروس‌هایی مانند نوروویروس‌ها جز آلودگی‌های میکروبی مهم در مواد غذایی می‌باشند. همچنین آلاینده‌های شیمیایی مانند فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، جیوه)، سموم طبیعی (مایکوتوکسین‌ها)، سموم قارچی (آفلاتوکسین‌ها)، نیتروزآمین‌ها، مواد شیمیایی صنعتی مانند بی‌فنیل‌های پلی‌کلرینه<sup>۲</sup> و دیوکسین‌ها خطرات جدی برای سلامت انسان ایجاد می‌کنند. آلودگی‌های شیمیایی می‌توانند در هر یک مراحل شامل تولید، آماده‌سازی، حمل‌ونقل و بسته‌بندی مواد غذایی ایجاد شوند (شکل ۴) [۱۵، ۱].



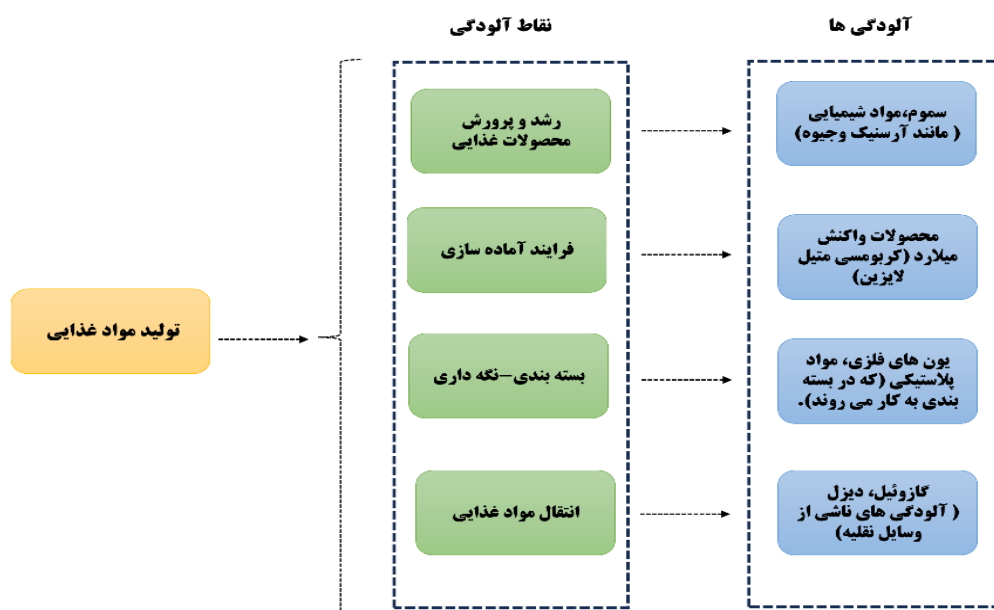
شکل ۳: چالش‌های محوری در ایمنی غذایی [۱۶].

غذایی جلوگیری و تازگی مواد غذایی را حفظ نمایند. تحلیل داده‌ها به شناسایی خطرات و پاسخ سریع به آلودگی کمک می‌کند. پلتفرم‌های دیجیتال با ارائه اطلاعات مستقیم بازار (قیمت و روندها) به کشاورزان برای کمک به تصمیم‌گیری و کاهش ضایعات پس از برداشت کمک خواهند کرد. همچنین منابع آنلاین آموزشی، دانش کشاورزان را افزایش می‌دهند. در مجموع، شهرهای هوشمند غذایی با بهره‌گیری از فناوری، نه تنها پاسخگوی نیاز فرایندها به غذا و آب هستند، بلکه کیفیت زندگی و سلامت روان شهروندان را نیز می‌توانند ارتقا دهند [۱۳].

## چرا ایمنی غذایی مهم است؟

بر اساس گزارش سازمان بهداشت جهانی، سالانه حدود ۶۰۰ میلیون نفر به دلیل مصرف غذای آلوده بیمار می‌شوند و ۴۲۰ هزار نفر جان خود را از دست می‌دهند. این آمار نه تنها بار سنگینی بر سیستم‌های بهداشتی تحمیل می‌کند، بلکه به ازدست‌رفتن میلیاردها دلار در بهره‌وری و هزینه‌های پزشکی (عمدتاً در کشورهای با درآمد کم و متوسط) منجر می‌شود. گزارش سازمان بهداشت جهانی، نه تنها تعداد ابتلا به بیماری‌های ناشی از مواد غذایی را از نظر میزان بروز، بلکه تعداد مرگ‌ومیر و سال‌های عمر تعدیل‌شده بر حسب ناتوانی<sup>۱</sup> (DALY) را به‌عنوان معیاری از بار ناشی از بیماری و مرگ‌ومیر حاصل از غذا ارائه می‌کند [۱]. DALY یک شاخص کلیدی در بهداشت عمومی است که به ارزیابی میزان سلامت ازدست‌رفته در یک جمعیت به دلیل مرگ‌ومیر زودرس و زندگی با ناتوانی می‌پردازد. داده‌های DALY بر اساس معیارهای تعیین‌شده توسط سازمان بهداشت جهانی است و با پروژه بار جهانی بیماری‌ها مطابقت دارد. عوامل بیماری‌زای ناشی از غذا، در مجموع بار عظیمی به میزان ۳۳ میلیون DALY بر انسان تحمیل کرده‌اند که ۴۰ درصد آن مربوط به کودکان زیر ۵ سال است. با توجه به بار جهانی قابل‌توجه بیماری‌ها و مرگ‌ومیر ناشی از مواد غذایی، این تأثیر به‌طور ویژه‌ای بر کودکان کم‌سن در مناطق کم‌درآمد که در آن‌ها بهداشت مواد غذایی و بهداشت آب در سطح مطلوب نیست، قابل‌توجه است. این آمارها و شواهد، اهمیت ایمنی غذایی و غذای ایمن را برای داشتن یک جامعه سالم و توسعه یافته به وضوح برای ما نشان می‌دهند [۱].

<sup>1</sup> Deaths and Disability Adjusted Life Years (DALYs)<sup>2</sup> Polychlorinated biphenyls (PCBs)



شکل ۴: آلودگی مواد غذایی. آلودگی مواد غذایی در مراحل مختلف تولید، آماده سازی و توزیع آن می تواند رخ دهد. در هر یک از این مراحل، آلودگی های مختلف شیمیایی می توانند در مواد غذایی ایجاد شوند [۱۵].

کاهش مصرف منابع، سرعت و بهبود می بخشد. به عنوان نمونه فناوری هسته ای برای افزایش ماندگاری و کاهش ضایعات مهم هستند، این فناوری می تواند به طور مؤثری میکروارگانیسم های بیماری زا و آفات را در محصولات کشاورزی و غذایی از بین ببرد [۱۸، ۱۹]. همچنین ابزارهای تحلیلی بیوشیمی-بیوفیزیکی مانند دستگاه های طیفسنجی جرمی<sup>۲</sup>، طیفسنجی رزونانس مغناطیسی هسته<sup>۳</sup>، طیفسنجی رامان<sup>۴</sup> و روش های کروماتوگرافی گازی<sup>۵</sup> و مایع<sup>۶</sup> در شناسایی انواع آلودگی های شیمیایی و میکروبی بسیار مهم هستند (جدول ۱) [۲۲-۱۷].

از طرف دیگر، ابزارهای تشخیص مولکولی مانند واکنش زنجیره ای پلیمرز<sup>۷</sup> (PCR) و توالی یابی کل ژنوم<sup>۸</sup> (WGS) به سرعت در حال تبدیل شدن به ابزارهایی استاندارد برای شناسایی و ردیابی پاتوژن های غذایی هستند. سیستم های مبتنی بر فناوری کریسپر<sup>۹</sup> می توانند برای شناسایی ماده ژنتیکی پاتوژن ها در عرض چند دقیقه مورد استفاده قرار گیرند [۱۶]. همچنین حسگرهای الکتروشیمیایی و نوری، قادر به شناسایی سریع و حساس آلاینده های میکروبی و شیمیایی در مواد غذایی هستند [۲۳]. مضاف بر این، فناوری

از طرف دیگر عوامل بیماری زای جدید و افزایش مقاومت آنتی بیوتیکی در میکروارگانیسم ها، تشخیص و درمان بیماری های ناشی از غذا را دشوارتر کرده است. علاوه بر آن، استفاده از فناوری های جدید مانند غذاهای اصلاح شده ژنتیکی<sup>۱</sup> نیاز به ارزیابی های ایمنی دقیق و نظارت مستمر دارد تا اطمینان حاصل شود که این محصولات برای مصرف انسان ایمن هستند. اگرچه غذاهای تراریخته پتانسیل افزایش مقاومت در برابر آفات و بیماری ها و بهبود مشخصات غذایی را دارند، اما نگرانی هایی در مورد اثرات بلندمدت آنها بر سلامت وجود دارد که نیازمند تحقیقات بیشتر است. در نهایت، پیچیدگی زنجیره های تأمین جهان با جهانی شدن تجارت غذا، ردیابی منشأ آلودگی ها و واکنش سریع به حوادث ایمنی غذایی را دشوار می سازد [۱۷، ۱].

#### نقش محوری فناوری های نوین در ایمنی غذایی

فناوری های نوین با ارائه ابزارها و روش های پیشرفته قابلیت های ما را در تشخیص سریع و دقیق آلاینده ها، افزایش ماندگاری محصولات، شفافیت و قابلیت ردیابی در زنجیره تأمین و همچنین

<sup>1</sup> GMOs

<sup>2</sup> Mass Spectrometry

<sup>3</sup> Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

<sup>4</sup> Raman Spectroscopy

<sup>5</sup> Gas Chromatography (GC)

<sup>6</sup> High-Performance Liquid Chromatography (HPLC)

<sup>7</sup> Polymerase Chain Reaction

<sup>8</sup> Whole Genome Sequencing (WGS)

<sup>9</sup> CRISPR Technology

جدول ۱: بعضی از روش‌های دستگاهی در علوم بیوشیمی-بیوفیزیک و اهمیت هر یک از آن‌ها در تشخیص انواع آلودگی‌ها [۲۲-۱۷]

نام تکنیک	کاربرد در ایمنی غذایی	مزایا در سنجش‌های مربوط به ایمنی غذایی
طیف‌سنجی جرمی	شناسایی و کمی‌سازی طیف وسیعی از ترکیبات، سموم و افزودنی‌های غیرمجاز غذایی مانند مایکوتوکسین‌ها، ترکیبات نیتروژنی؛ پپتیدهای ناشی از تجزیه پروتئین‌ها، ترکیبات فنولی، فیتواستروژن‌ها، فسفولیپیدها، فیتواسترول‌ها، توکوفرول‌ها و پلی‌ساکاریدها.	اختصاصیت و ویژگی بالا در شناسایی آلودگی‌ها.
طیف‌سنجی رامان	تشخیص آلاینده‌ها، شناسایی میکروارگانیسم‌ها و ارزیابی کیفیت مواد غذایی.	سرعت، سادگی، حساسیت و ماهیت غیرتهاجمی.
طیف‌سنجی رزونانس مغناطیسی هسته	شناسایی آلودگی‌های میکروبی و شیمیایی.	چندین آنالیت/مارکر را می‌توان به صورت هم‌زمان مانیتور کرد. از اندازه‌گیری یک نمونه واحد می‌توان اطلاعات بی‌شماری را استخراج کرد. همچنین دارای مزیت نسبتاً سریع، همه‌کاره، غیرمخرب و سبز بودن است.
تکنیک‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا در ترکیب با طیف‌سنجی جرمی	جداسازی و شناسایی دقیق آلاینده‌های شیمیایی مانند آفلاتوکسین‌ها و نیتروزامین‌ها.	سادگی، غیرتهاجمی و کم‌هزینه.

اصلی این سازمان در روز جهانی ایمنی غذایی است. به مناسبت این شعار، سازمان بهداشت جهانی متنی را منتشر کرده است که در آن به اهمیت علم و تحقیقات علمی در ایمنی غذایی اشاره شده است. بر مبنای این متن، علم اساس ایمنی غذایی است. علم مبنای تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در مورد غذا است و فعالیت‌های علمی برای حفظ ایمنی غذایی در سراسر زنجیره‌های تأمین غذا ضروری هستند. در این متن شعار *اگر غذایی ایمن نباشد، نمی‌توان آن را غذا تلقی نمود*، مورد توجه قرار گرفته است. ایمنی غذایی به اجرای شیوه‌های خوب و ارتباطات مؤثر در طول زنجیره غذایی، از تولید تا مصرف بستگی دارد و رشته‌های علمی زیادی در حوزه ایمنی غذا فعالیت دارند. علوم میکروبیولوژی و سم‌شناسی نقش مهمی در ایمنی غذا ایفا می‌کنند و در دنیای در حال تغییر ما، علوم اجتماعی و سایر رشته‌ها نیز در توسعه سیاست‌ها و دستورالعمل‌های قابل‌اعتمادتر و یکپارچه‌تر برای حفظ ایمنی غذایی نقش دارند. علاوه بر آن، در این متن به نقش نهادهای مختلف و مردم در تأمین ایمنی غذایی اشاره و برای هر یک نقشی تعریف شده است. به این صورت که دولت‌ها باید در تحقیقات و حمایت از پژوهشگران، جمع‌آوری داده‌ها، توسعه سیاست‌های مبتنی بر علم و ترویج آموزش موضوعات علمی در حوزه ایمنی غذایی

میکرونیدل به‌تازگی برای نمونه‌برداری دقیق، سریع، و غیرمخرب از مواد غذایی برای تجزیه و تحلیل ایمنی و کیفیت مواد غذایی، از جمله تشخیص آلاینده‌های میکروبی و شیمیایی، مورد بررسی قرار گرفته است [۲۴]. همچنین پروتئومیکس غذایی می‌تواند برای ارزیابی کیفیت، اصالت و ایمنی مواد غذایی، شناسایی آلرژن‌ها و پاتوژن‌ها، و حتی درک تغییرات ناشی از فراوری یا فساد، مورد استفاده قرار گیرد [۲۵]. در نهایت، فناوری‌های دیجیتال و هوشمند در ایمنی غذایی مانند استفاده از سیستم‌های داده‌های بزرگ و فناوری‌هایی مانند بلاک‌چین به ایجاد شفافیت کامل در زنجیره تأمین غذا کمک می‌کند. پایگاه داده‌هایی مانند GEMS/Food<sup>۱</sup> از سازمان بهداشت جهانی و پلتفرم FOSCOLLAB به جمع‌آوری و به‌اشتراک‌گذاری داده‌های ایمنی غذا در سطح جهانی کمک می‌کنند که منجر به درک بهتر چالش‌ها و هماهنگی پاسخ‌ها می‌شود [۲۶].

### ایمنی غذایی: علم در عمل

سازمان بهداشت جهانی و همچنین سازمان فائو، هفتم ماه ژوئن در هر سال را به نام روز جهانی ایمنی غذایی نام‌گذاری کرده‌اند. امسال (یعنی در سال ۲۰۲۵) «ایمنی غذایی: علم در عمل» شعار

<sup>۱</sup> The Global Environment Monitoring System (GEMS/ food) database

و فضاهای شهری برای کشاورزی، تولید مواد غذایی و دست‌یافتن به دموکراسی غذایی استفاده می‌شود. همچنین ادغام فناوری‌های دیجیتال و هوشمند مانند هوش مصنوعی، انواع پلتفرم‌های اینترنتی و اینترنت اشیا در این شهرها، امکان مدیریت هوشمندانه امور را فراهم می‌کنند. همچنین تأکید زیادی بر ایمنی غذایی وجود دارد به صورتی که طی سال‌های اخیر سازمان‌های بهداشت جهانی و فائو، در برجسته‌ترین برنامه مشاوره علمی خود، پژوهشگران مستقل از نقاط مختلف جهان را گرد هم می‌آورند تا خطرات احتمالی ایمنی مواد غذایی را با دقت ارزیابی کنند. آن‌ها مشاوره‌های بی‌طرفانه و مبتنی بر شواهد را به سیاست‌گذاران، مشاغل صنایع غذایی و مصرف‌کنندگان ارائه می‌دهند که مهمترین آن‌ها به کمیسیون کدکس مواد غذایی<sup>۲</sup> است. کدکس استانداردهای بین‌المللی، دستورالعمل‌ها و آیین‌نامه‌های اجرایی مربوط به ایمنی و کیفیت مواد غذایی را بر اساس مشاوره‌های علمی ارائه شده توسط این برنامه مشترک تدوین می‌کند. این برنامه مشاوره علمی مشترک، شامل چندین نهاد تأسیس شده و موقت است که شامل کمیته مشترک متخصصین در مورد افزودنی‌های غذایی<sup>۳</sup> (JECFA)، کمیته مشترک متخصصین در مورد ارزیابی خطرات میکروبیولوژیکی<sup>۴</sup> (JEMRA) و کمیته مشترک در مورد باقیمانده سموم دفع آفات<sup>۵</sup> (JMPR) هستند [۲۷]. در مجموع امنیت و ایمنی غذایی در قرن حاضر کماکان موضوعات بسیار حیاتی و ضروری برای داشتن زندگی سالم انسانی هستند. علاوه بر این جا دارد که مراکز آموزشی، دانشگاهی و تحقیقاتی در کشورمان شعار امسال روز جهانی ایمنی غذایی با عنوان «ایمنی غذایی: علم در عمل» را مورد توجه قرار داده و بیشتر در حوزه سلامت غذایی و مسائل گسترده مربوط به آن فعال بوده و تمرکز ایجاد کنند.

### فهرست منابع

- [1]. F. Fung, H.S. Wang, S. Menon, (2018), Food safety in the 21st century, Biomed. J. 41, 88-95.
- [2]. A.A. Saikia, F. Ambari, H. Dutta, (2018), Food security: A review on its definition, levels and evolution, Asian J. Multidimens. Res. (AJMR), 7, 111-122.
- [3]. I.B. Hanning, C.A. O'Bryan, P.G. Crandall, (2012), Food safety and food security, Nat. Educ. Knowl 3(10):9

سرمايه‌گذاري کنند. از طرف ديگر، مشاغل غذايي بايد برنامه‌هايي را براي شناسايي خطرات آلودگي و اطمینان از جابه‌جايي، پردازش، توزيع و ذخيره‌سازي ايمن مواد غذايي اجرا کنند، کارکنان را آموزش دهند و از تلاش‌هاي جمع‌آوری داده‌ها حمايت کنند. همچنين، دانشگاهيان بايد تحقيقات متعدد و عميقي را در مورد ايمني غذايي انجام داده و آموزش‌هايي را به دولت‌ها و صنعت غذايي ارائه دهند. مدارس بايد اصول ايمني غذايي را آموزش دهند، ايمني غذايي را به موضوعي جذاب تبديل کرده و علاقه به علم‌آموزي درباره ايمني غذايي را، در دانش آموزان تشويق کنند [۲۷].

### نتیجه‌گیری

انسان از بدو پیدایش در طبیعت برای حفظ بقای خود در جست‌وجوی غذا بوده و قحطی قرن‌های متمادی بزرگترین دشمن بشریت به حساب می‌آمده است. در واقع انسان‌ها در بیشترین دوران تاریخ بر لبه خط فقر زیستی<sup>۱</sup> قرار داشته‌اند و بر اثر سوء تغذیه و گرسنگی با مرگ روبه‌رو شده‌اند. در طی سده اخیر، جامعه جهانی و بشری با پیشرفت در حوزه دانش، فناوری و تغییرات سیاسی-اقتصادی توانسته‌اند خود را از خط فقر زیستی دور نگه دارند و بر قحطی غلبه نمایند. ولی با این وجود، در قرن بیست و یکم هنوز انسان‌ها در تأمین نیازهای اولیه غذایی خود به دلیل عوامل مختلف و ناهمگونی مانند تغییرات اقلیمی، ضایعات و اتلاف مواد غذایی، رشد جمعیت، پیری جمعیت، افزایش شهرنشینی، مسائل سیاسی، تحریم‌های اقتصادی و اپیدمی بیماری‌های میکروبی ناشی از مصرف غذای آلوده با چالش‌های جدی روبه‌رو هستند. بنابراین در این شرایط مفاهیم امنیت و ایمنی غذایی کماکان موضوعات بسیار مهمی در جوامع انسانی هستند. بر این اساس نهادها، سازمانهای معتبر جهانی، دولت‌ها، مراکز تحقیقاتی و پژوهشگران در حوزه‌های امنیت و ایمنی غذایی بسیار فعال بوده و نوآوری‌های زیادی را برای غلبه بر چالش بازگشت به لبه خط فقر زیستی انجام داده‌اند. همان‌گونه که در مباحث گردآوری شده در این مقاله آمده، شهرهای هوشمند غذایی یکی از راهکارها برای تأمین غذای جمعیت روبه‌رشد تا سال ۲۰۵۰ است. در شهرهای غذایی، از شهر

<sup>1</sup> Biological poverty line

<sup>2</sup> Codex Alimentarius Commission

<sup>3</sup> Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives

<sup>4</sup> Joint FAO/WHO Expert Meeting on Microbiological Risk Assessment

<sup>5</sup> Joint FAO/WHO Meeting on Pesticides Residues

- Yan, J. Xu.(2024), Advances, challenges , and opportunities for food safety analysis in the isothermal nucleic acid amplification / CRISPR-Cas12a era, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 65, 2473-2488.
- [17]. F. Barzegar, M. Kamankesh, A. Mohammadi, (2023), Recent Development in Formation, Toxic Effects, Human Health and Analytical Techniques of Food Contaminants, Food Rev. Int. 39, 1157-1183.
- [18]. S. Engineers, Role of Food Irradiation in Preventing Foodborne Illness Outbreaks, (2025). <https://www.symecengineers.com/role-of-food-irradiation-in-preventing-foodborne-illness-outbreaks/>.
- [19]. M. Hasani-Dabaghi, A. Feizi, K. Ghasemi, F. Zolfagharpour, A. Asadi, M. Jalili-Torkamani, (2025), Microorganism survival curve and food safety of irradiated honey, Appl. Food Res, 5, 101283.
- [20]. Artavia, Graciela, Carolina Cortés-Herrera, and Fabio Granados-Chinchilla, (2021), Selected Instrumental Techniques Applied in Food and Feed: Quality, Safety and Adulteration Analysis, Foods, 10, 1081.
- [21]. S. Chinedu, N. Great, I. Edo, A. Ngukuran, J. Oghenerume, L. Emakpor, P. Othuke, A. Joy, J. Agbo, (2024), Recent advances in the role of mass spectrometry in the analysis of food : a review, Food Measure 18, 4272-4287.
- [22]. N. Li, N. Hussain, Z. Ding, C. Qu, Y. Li, L. Chu, H. Liu, (2024), Guidelines for Raman spectroscopy and imaging techniques in food safety analysis, Food Safety and Health, 2, 221-237.
- [23]. C. Meliana, J. Liu, P.L. Show, S.S. Low, (2024), Biosensor in smart food traceability system for food safety and security, Bioengineered. 15, 2310908.
- [24]. A.M. Khaneghah, (2024), Advancing food quality assurance: Integrating microneedle technology with advanced analytical methods, nanotoday 54, 102-115.
- [25]. S. Geisslitz, K.A. Scherf, F.F., (2021), Proteomics in Food Quality, Comprehensive Foodomics 1, 699-717.
- [26]. H.J.P. Marvin, E.M. Janssen, Y. Bouzembrak, J.M. Peter, M. Janssen, Y. Bouzembrak, P.J.M. Hendriksen, M. Staats, (2017), Big data in food safety: An overview, Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 57, 2286-2295.
- [27]. G.E.T.S. Toolkit, (2025), World Food Safety Day Food safety : science in action We all need safe food. <https://www.who.int/publications/m/item/world-food-safety-day-2025-science-in-action>
- [۴]. محمد حسین عمادی (۱۴۰۳)، ۹ فرمان امنیت غذایی، نشریه دنیای اقتصاد، شماره ۲۶۰۶.
- [5]. Brklacich, M., Leybourne, S. (1999). Food Security Concepts. In: Lonergan, S.C. Environmental Change, Adaptation, and Security. NATO ASI Series, Springer, Dordrecht, 65, 97-107.
- [۶]. آزاده شوشتری، (۱۴۰۳)، چهار رکن امنیت غذا در قرن ۲۱، نشریه دنیای اقتصاد، شماره ۶۲۳۴.
- [۷]. مهسا مستشار نظامی، (۱۴۰۳)، امنیت غذایی و توسعه پایدار، نشریه دنیای اقتصاد، شماره ۶۲۲۶.
- [۸]. منصوره مظاهری و معصومه محمودی میمند، (۲۰۱۹)، تنوع زیستی، امنیت غذایی و سلامت، نشاء علم، ۱۰، صفحات ۵۵-۶۱.
- [9]. B. Feizizadeh, T. Lakes, D. Omarzadeh, A. Sharifi, T. Blaschke, S. Karimzadeh, (2022), Scenario-based analysis of the impacts of lake drying on food production in the Lake Urmia Basin of Northern Iran, Sci. Rep. 12, 6237.
- [۱۰]. امین خاقانی، (۱۴۰۳)، پیری جمعیت، هوش مصنوعی و امنیت غذایی، نشریه دنیای اقتصاد، شماره ۶۲۲۶.
- [11]. I. Vågsholm, N.S. Arzoomand, S. Boqvist, (2020), Food Security, Safety, and Sustainability—Getting the Trade-Offs Right, Front. Sustain. Food Syst, 4:16.
- [۱۲]. منصوره مظاهری و معصومه محمودی میمند، (۲۰۲۳)، مروری بر بسته‌بندی هوشمند و فعال در صنایع غذایی، نشاء علم، ۱۳، صفحات ۱۸۳-۱۸۹.
- [13]. Aslan, I., Barbara, S., Aslan, H., Skiba, D., Said, M.M.T. (2025). Sustainable Smart Food Security. In: Abougreen, A.N., Mehta, S., Costa, C., Interdisciplinary Technological Advancements in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing, Springer, Cham, 153-182.
- [14]. D. Maye, (2019), smart food city: Conceptual relations between smart city planning, urban food systems and innovation theory, City, Cult. Soc. 16, 18-24.
- [15]. H. Onyeaka, S. Ghosh, K. Oibileke, T. Miri, O.A. Odeyemi, O. Nwaiwu, P. Tamasiga, (2024), Preventing chemical contaminants in food: Challenges and prospects for safe and sustainable food production, 155, 110040.
- [16]. P. Xue, Y. Peng, R. Wang, Q. Wu, Q. Chen, C.