

# فودومیک: نگرشی جدید در تأثیر تغذیه بر سلامتی سیستم‌های زیستی

علی مسعودی نژاد<sup>۱\*</sup>، فائزه متقی طلب<sup>۱</sup>، علی اکبر موسوی موحدی<sup>۲</sup>

## چکیده

پیشرفت فناوری و صنعتی شدن منجر به تغییر سبک زندگی بشر شده است، در این بین نوع تغذیه به‌عنوان یکی از مؤثرترین عوامل بر کیفیت زندگی افراد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. بررسی تأثیر تغذیه بر سلامتی بشر در سال‌های اخیر منجر به بروز قلمرو جدید علمی با عنوان «فودومیک» شده است. فودومیک را می‌توان در یک مثال ساده این‌طور تعریف نمود: مقادیر بیان ژن، بیان پروتئین و بیان متابولیت‌های موجود در یک سامانه زیستی در حالت کنترل و تیمار شده توسط مواد غذایی مختلف اندازه‌گیری شود، سپس با مقایسه دو حالت بتوان نشانگرهای زیستی را به‌عنوان شاخص‌های متأثر از تیمار توسط مواد غذایی استخراج کرد و مدلی از تأثیر مواد غذایی بر سیستم ارائه داد. هدف در فودومیک، مطالعه تأثیر مواد غذایی بر سیستم و سامانه‌های زیستی مختلف می‌باشد. محققان برای پیشبرد فودومیک به مطالعات انواع فناوری‌های توان بالا از جمله ژنومیکس، پروتئومیکس و متابولومیکس می‌پردازند تا بتوانند اجزای سیستم‌های زیستی را به‌درستی تبیین کرده سپس تأثیرات مواد غذایی بر آنها و تهدیدات مورد نظر را ارزیابی کنند. در این مقاله، مروری بر پیدایش رشته فودومیک نگارش شده است و به‌اختصار در مورد روش‌های مختلف بیوانفورماتیک و سامانه زیستی در قلمرو فودومیک توضیح داده می‌شود.

واژگان کلیدی: فودومیک، آمیکس، سامانه زیستی، بیوانفورماتیک، علوم همگرا، تغذیه، نشانگرهای زیستی

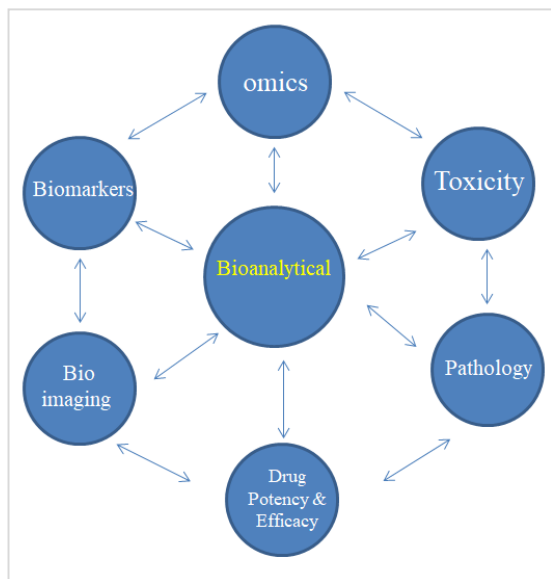
\* عهده‌دار مکاتبات، دانشیار، تلفن: ۰۲۱۸۸۹۹۳۸۰۳، پست الکترونیکی [amasoudin@ut.ac.ir](mailto:amasoudin@ut.ac.ir)

<sup>۱</sup> آزمایشگاه سیستم بیولوژی و بیوانفورماتیک (LBB)، مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، ایران

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

## علم تغذیه و فودومیک<sup>۱</sup>

[۴]. برای نمونه، محققان علم شیمی با پیشرفت روش‌های آنالیز و مطالعه در ارتباط با شیمی مواد غذایی که به ترکیبات مولکولی مواد غذایی و نقش‌های مولکول‌ها در واکنش‌های شیمیایی مختلف می‌پردازند و شیمی فیزیک غذایی، که واکنش‌های شیمیایی و فیزیکی موجود در مواد غذایی را بررسی می‌کند، و یا محققان میکروپشناس توانستند میزان سمیت مواد غذایی و ویژگی بیماری‌زایی مربوط به از بین رفتن تنوع و یا تغییر میکروارگانیسم‌های موجود در دستگاه گوارش به علت تغییر در نحوه عادات غذایی را شناسایی کنند. در شکل ۱ نیز مشاهده می‌شود که به‌کارگیری روش آنالیز مبتنی بر ویژگی‌های خاص مورد توجه محققان در زمینه‌های علمی مختلف قرار گرفته است و منجر به پیدایش واژه «آنالیز زیستی» شده است [۴-۷].



شکل ۱: آنالیز زیستی

در بین روش‌های آنالیز مختلف، روش‌های آنالیزی که مرتبط به رویکرد امیکس<sup>۴</sup> است به خاطر بازدهی بالاتر مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. این رویکرد توسط فناوری‌های توان بالا اجرا می‌شود. این فناوری‌ها می‌توانند ویژگی‌های بسیار زیادی از یک ماده و یا مولکول‌های زیستی را در مدت‌زمان کوتاهی اندازه‌گیری کنند. با اینکه ۴ نوع اصلی از اندازه‌گیری‌های توان

علم تغذیه به‌تازگی از پیشرفت‌های زیادی برخوردار شده است، به‌طوری‌که محققان از توجه به غذا به‌عنوان منبع انرژی فراتر رفته‌اند و به شناخت مواد غذایی برای حفظ سلامتی و کاهش ابتلا به انواع بیماری‌های مختلف دست‌یافته‌اند. همان‌طور که در طب قدیم عنوان شده است که غذا باید داروی انسان باشد. امروز به این نتیجه رسیده‌اند و موضوع غذا دارو<sup>۲</sup> و یا غذای فراسودمند<sup>۳</sup> را مطرح نموده‌اند. غذا داروها مواد غذایی یا بخشی از مواد غذایی هستند که دارای مزایای پزشکی یا بهداشتی می‌باشند و پیشگیری و درمان بیماری را انجام می‌دهند [۱]. غذاهای فراسودمند را می‌توان به‌عنوان مواد غذایی مورد استفاده قرارداد که علاوه بر ارائه مواد مغذی و انرژی، به‌طوری‌که یک یا چند تابع هدفمند در بدن را با افزایش پاسخ فیزیولوژیک مشخص و یا کاهش خطر ابتلا به بیماری روبرو می‌سازد. غذا داروها به‌صورت مولکول هستند مانند کورکومین؛ اما غذاهای فراسودمند به‌صورت ترکیبات غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۱، ۲].

علم تغذیه به‌طور قابل‌توجهی در سطوح مختلف اعم از تولید محصولات غذایی جدید، طراحی فرآیندهایی برای تولید غذا، روش‌های بسته‌بندی مواد غذایی و غیره دستخوش دگرگونی‌های زیادی قرار گرفته است. خارج از مباحث تجاری مرتبط به مواد غذایی، دانشمندی که دغدغه حفظ سلامتی بشر را با توجه به توسعه صنعتی و پیشرفت فناوری که منجر به تغییر در سبک زندگی شده است را داشته‌اند، سعی کرده‌اند تا با استفاده از مهارت‌هایی که در رشته‌های تخصصی خود دارا هستند قدمی برای نزدیک شدن به این مهم بردارند.

غذا یک ترکیب پیچیده است با درجه‌ای از پیچیدگی که نمی‌توان آن را با ترکیبات اولیه تشکیل‌دهنده‌اش توصیف کرد زیرا انواع واکنش‌هایی که بین ترکیبات برای شکل‌گیری ماده غذایی انجام می‌شود با استفاده از روش‌های آنالیز شیمیایی یا فیزیکی گوناگون می‌تواند مورد مطالعه قرار گیرد [۳]. از این‌رو دستیابی به یک دید جامع مستلزم بررسی مسئله از جوانب گوناگون است

<sup>۱</sup> Foodomics

<sup>۲</sup> Nutraceuticals

<sup>۳</sup> Functional Foods

<sup>۴</sup> Omics

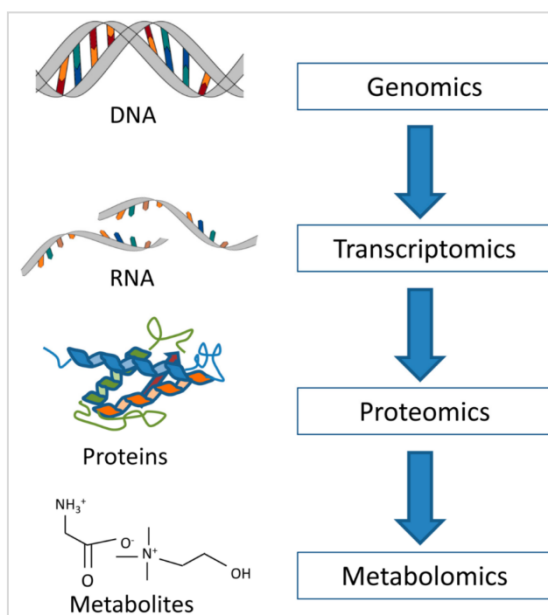
جدول ۱: روش‌های استفاده‌شده در انواع مختلف فناوری‌های امیکس [۶]

Field of study	Methods
Genomics / Transcriptomics	PCR Microbial Analysis
	Immunological techniques Microarrays
Proteomics	Ultrafiltration SDS/PAGE
	CE/MS MALDI TOF -MS
Metabolomics	Microwave asissted-extraction LC-MS, GC-MS
	Solid phase extraction, Liquid-Liquid Extraction LC-MS, TLS
Lipidomics	

برای اصلاح مواد غذایی در کشاورزی مورد استفاده قرار می‌گیرد باشند. بنابراین برای دستیابی به هدف نهایی که سلامتی انسان است ما به تمام زمینه‌های مطالعاتی با رویکرد امیکس نیازمند هستیم [۸]. محققان با به‌کارگیری رویکردهای امیکس توانسته‌اند رشته علمی جدیدی به نام «فودومیک» را در زمینه ارتباط ترکیبات غذایی و رژیم غذایی، نمونه ژنوم اشخاص، سلامتی و بیماری را مطرح نمایند. در عمل همچنان فاصله زیادی برای رسیدن به این ارتباط وجود دارد که نه تنها به کمک علم و فناوری‌های جدید نیاز است بلکه در وهله اول وابسته به این است که دید جامعی نسبت به این مسئله ترسیم شود. رسیدن به این دید جامع مستلزم بررسی یک مسئله یکپارچه (علم تغذیه) از زوایای مختلف است که همین نظریه باعث پیدایش رویکرد فودومیک شده است.

از سال ۲۰۰۹، فودومیک، توجه محققان با گرایش‌های علمی مختلف را به خود جلب کرد. در همین تاریخ کنفرانسی در شهر سزننا<sup>۱</sup> در ایتالیا در این زمینه برگزار شد که با دعوت از متخصصان علوم امیکس خواسته شد تا با مشارکت یکدیگر حیطه جدید «فودومیک» را به رشته علوم تغذیه اضافه کنند [۵]. هدف در فودومیک این است که با استفاده از همه ابزارهای موجود در قلمرو امیکس به بررسی تأثیر یک رژیم غذایی بر یک

بالای امیکس (ژنومیکس<sup>۱</sup>، ترانسکریپتومیکس<sup>۲</sup>، پروتئومیکس<sup>۳</sup> و متابولومیکس<sup>۴</sup>) در حال حاضر بسیار مورد توجه و استفاده قرار می‌گیرند (شکل ۲)، اما انواع شاخه‌های این ۴ نوع اصلی نیز وجود دارند مانند: اپی ژنومیکس<sup>۵</sup>، لیپیدومیکس<sup>۶</sup>، اینتراکتومیکس<sup>۷</sup>، متالومیکس<sup>۸</sup> و دیزیزومیکس<sup>۹</sup> که هر کدام دستگاه‌ها، روش‌ها و نرم‌افزارهای مخصوص به خود را دارا هستند. در شکل ۲ و جدول ۱ به‌اختصار به روش‌های مورد استفاده برای هر بخش اشاره شده است [۶].



شکل ۲: فناوری‌های مختلف امیکس و ماکرومولکول‌های مورد استفاده برای هر فناوری [۶]

ترانسکریپتومیکس، پروتئومیکس و متابولومیکس زمینه‌های مطالعاتی با ماهیت دینامیکی که تحت تأثیر واکنش بین ارگانیسم و محرک‌های خارجی هستند. بشر می‌تواند با توجه به نوع رژیم غذایی زمینه ابتلا و یا عدم ابتلا به انواع بیماری‌ها را در خود به وجود آورد. رژیم غذایی از انواع غذاها شکل می‌گیرد و غذاها از ارگانیسم زنده منشأ می‌گیرند و در ادامه می‌توانند تحت تأثیر محرک‌های خارجی مانند فناوری‌هایی که

<sup>1</sup> Genomics

<sup>2</sup> Transcriptomics

<sup>3</sup> Proteomics

<sup>4</sup> Metabolomics

<sup>5</sup> Epigenomics

<sup>6</sup> Lipidomics

<sup>7</sup> Interactomics

<sup>8</sup> Metallomics

<sup>9</sup> Diseasomics

<sup>10</sup> Cesena

آیا می‌توان از این منابع غذایی به‌عنوان منابع عملکردی استفاده کرد به طوری که در رژیم روزانه افراد مورد استفاده قرار گرفته و تأثیر مورد انتظار را شاهد باشیم [۹].

### تعادل میکروبی بدن و فودومیک

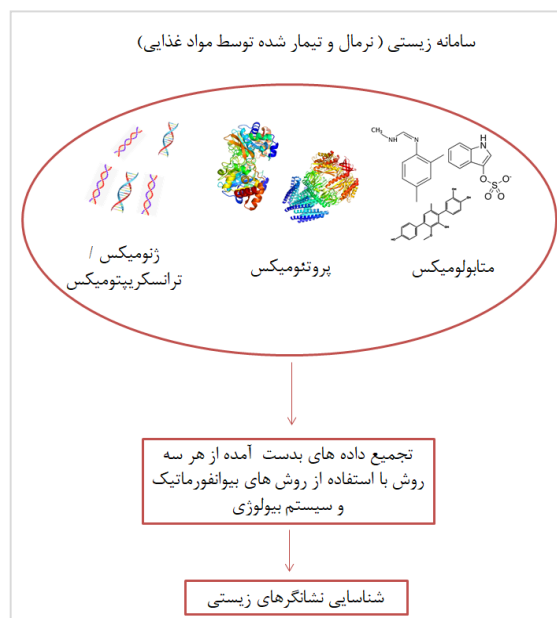
امنیت غذایی که به مطالعه روش‌های جلوگیری از بیماری‌های مرتبط به مواد غذایی می‌پردازد، از جمله موضوعات حائز اهمیت در علم تغذیه است. از آنجایی که تولید صنعتی مواد غذایی جدید متنوع می‌باشند روش‌های سنتی برای بررسی سالم بودن غذا مناسب نیست. بیماری‌زایی غذایی به‌خصوص باکتری‌ها و قارچ‌ها در تمام مراحل تولید تا مصرف مواد غذایی می‌توانند آلودگی ایجاد کنند. در نتیجه امنیت میکروبی مواد غذایی با چالش‌های فراوانی مواجه است و مصرف مواد غذایی آلوده به میکروب‌ها می‌تواند تعادل میکروبی دستگاه گوارش افراد مصرف‌کننده را دچار اختلال کند [۱۰]. این موضوع باعث نفوذ میکروارگانیسم‌های مضر به دستگاه گوارش و ابتلای افراد به انواع بیماری‌ها می‌شود. حتی در پاره‌ای از مطالعات مشاهده شده است، میزان ابتلای افراد را به سرطان‌های مرتبط با سیستم گوارش افزایش داده است. ایجاد این‌گونه مشکلات و تلاش برای پیدا کردن درمان‌های اختصاصی توجه دسته دیگری از محققان را به خود جلب کرد [۱۱].

از جمله بیماری‌هایی که در اثر رژیم غذایی و یا رژیم دارویی نامناسب می‌تواند ایجاد شود بیماری‌های مرتبط با میکروبیوم روده است که به چند دسته تقسیم می‌شوند:

- بیماری‌های مختص دستگاه گوارش
- اختلالات مرتبط با اندام‌های جانبی و یا اختلالات بیماری‌های چندعاملی و پیچیده مربوط به اندام‌های دور از دستگاه گوارش

در ارتباط با بیماری‌های گروه اول می‌توان به بیماری التهاب روده اشاره کرد و در بیماری‌های گروه دوم که اندام جانبی دستگاه گوارش را درگیر می‌کند می‌توان به ایجاد سنگ‌های صفراوی و بیماری کبد و انسفالوپاتی کبدی اشاره کرد و در ارتباط با اختلالات ایجاد شده در اندام‌های دور از دستگاه گوارش موارد مانند چاقی، آلرژی، دیابت نوع ۱، اوتیسم قابل ذکر است [۱۱]. با توجه به کاربرد وسیع انواع روش‌های امیکس و روش‌های طیف‌سنجی جرمی، این روش‌ها می‌تواند برای مطالعه

سیستم زیستی (اعم از سلول، بافت، اندام و ارگانیسم) پردازد و سپس خروجی‌های مورد انتظار را با ترسیم مدل‌های مختلف پیش‌بینی کند و بتواند از این طریق به بهینه‌سازی اهداف خود در جهت افزایش سلامتی انسان پردازد [۴،۵]. نمونه ساده‌ای از مراحل انجام این‌گونه مطالعات در شکل ۳ ترسیم شده است. ابتدا مقادیر بیان ژن، بیان پروتئین و بیان متابولیت‌های موجود در یک سامانه زیستی در حالت کنترل و تیمار شده توسط مواد غذایی مختلف اندازه‌گیری شده و سپس با این هدف که با مقایسه دو حالت بتوان نشانگرهای زیستی را به‌عنوان شاخص‌های متأثر از تیمار توسط مواد غذایی استخراج کرد، مقایسه مورد نظر انجام شده و در مرحله بعد مدلی از تأثیر مواد غذایی بر سیستم ایجاد می‌شود [۵].



شکل ۳: مدل فودومیک

برای نمونه در مقاله‌ای با عنوان «کاربرد فناوری‌های امیکس برای ارزیابی عملکردی انسولین و پروبیوتیک‌های حاوی انسولین به‌عنوان مکمل‌های غذایی» ابتدا با به‌کارگیری فناوری‌های امیکس به بررسی انسولین به‌عنوان یک پروتئین کلیدی برای تنظیم بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیک می‌پردازد و ویژگی‌های این پروتئین و تأثیراتی که می‌تواند ایجاد کند را تعیین می‌کند [۹]. سپس با شناسایی منابع غذایی حاوی انسولین به این سؤال پاسخ می‌دهد که آیا استفاده از این منابع غذایی می‌تواند منطبق با ویژگی‌های مورد انتظار برای انسولین باشد و

### تشکر و قدردانی

از پشتیبانی کرسی یونسکو در تحقیقات بین‌رشته‌ای در دیابت مستقر در دانشگاه تهران تشکر می‌شود.

### منابع و مؤاخذ

- [1]. Mazaheri, M., Saboury, A.A., Habibi Rezaei, M., Farhadi, M., Moosavi-Movahedi, A. A., (2017), Curcumin, a Molecule with Multiple Forces and Biological Modulators. *Iranian Journal of Nutrition Sciences & Food Technology*. 12(1): p. 121-132.
- [2]. Khalesi, MR., Salami, M., Moslehishad, M., Winterburn, J., Moosavi-Movahedi, A. A., (2017), Biomolecular content of camel milk: A traditional superfood towards future healthcare industry. *Trends in Food Science & Technology*. 62: p. 49-58.
- [3]. Fischler, C., (1988), Food, self and identity. *Information (International Social Science Council)*. 27(2): p. 275-292.
- [4]. Cifuentes, A., (2012), Food analysis: present, future, and foodomics. *ISRN Analytical Chemistry*
- [5]. Capozzi, F. and A. Bordoni, (2013), Foodomics: a new comprehensive approach to food and nutrition. *Genes & Nutrition*. 8(1): p. 1-4
- [6]. Walczak, J., P. Pomastowski, and B. Buszewski, (2015), Food quality control by hyphenated separation techniques. *Health Problems of Civilization*. 9(1).
- [7]. Cifuentes, A., (2013), Foodomics: Advanced mass spectrometry in modern food science and nutrition. *John Wiley & Sons*. Vol. 52.
- [8]. Davies, H., (2010), A role for "omics" technologies in food safety assessment. *Food Control*. 21(12): p. 1601-1610.
- [9]. Tsurumaki, M., Kotake, M., Iwasaki, M., Tanaka, K., Aw, W., Fukuda, S., Tomita, M., (2015), The application of omics technologies in the functional evaluation of inulin and inulin-containing prebiotics dietary supplementation. *Nutrition & Diabetes*. 5(11): p. e185.
- [10]. Andjelković, U., Šrajter Gajdošik, M., Gašo-Sokač, D., Martinović, T., Josić, D., (2017), Foodomics and food safety: where we are. *Food Technology and Biotechnology*. 55(3): p. 290-307.
- [11]. Sekirov, I., Russell, S.L., Antunes, L.C., Finlay, B.B., (2010), Gut microbiota in health and disease. *Physiological Review*. 90(3), p. 859-904.

امنیت میکروبی مواد غذایی در سطح وسیعی از تولید تا مصرف مواد غذایی مورد استفاده قرار گیرند و به‌عنوان معیارهای از کنترل کیفیت مواد غذایی ارائه شوند.

### نتیجه‌گیری

گرایش علمی فودومیک برای غلبه بر محدودیت‌های رشته‌های علمی مختلف جهت بررسی تأثیر نوع تغذیه بر سلامت بشر به وجود آمده است تا بتواند با استفاده از روش‌های گوناگون در علوم به راه‌حل‌های مناسب دست پیدا کند. از این‌رو، تمرکز مطالعات محققان حیطه‌های مختلف می‌تواند منجر به کمک شایانی در راستای پیشبرد اهداف مورد انتظار باشد. از جمله این اهداف می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

مطالعه تأثیر انواع غذاهای تراریخته و غذاهای طبیعی بر سیستم‌های زیستی و تعیین میزان سالم یا ناسالم بودن غذاهای تراریخته.

با توجه به رشد مدرنیته و تغییر روند زندگی افراد در ایران می‌توان تولید صنعتی غذاهای سالم و طبیعی با ذائقه ایرانی را مورد نظر قرار داد.

پیشگیری از بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های مرتبط با دستگاه گوارش با تغییر روند تغذیه در افراد مستعد به ابتلا به این‌گونه بیماری‌ها با کمک متخصصان تغذیه

کشت محصولات سالم کشاورزی و افزایش بازدهی و سالم‌سازی محصولات

پیشنهادهای فوق، مستلزم وجود انواع دستگاه‌های آنالیز مواد غذایی مانند انواع دستگاه‌های طیف‌سنجی جرمی پیشرفته و ابزارهای دقیق با توان بالا مانند دستگاه‌های میکروآرایه، توالی‌یاب (سکانس) و سایر دستگاه‌های پیشرفته دارای نرم‌افزارهای پیشرفته برای بررسی تأثیر مواد غذایی بر سیستم‌های زیستی است. بنابراین پیشنهاد می‌گردد آزمایشگاه ملی فودومیک تشکیل گردد تا با همکاری علوم مختلف بتوان تأثیر مواد غذایی گوناگون را بر سلامتی جامعه پیش‌بینی نمود.