یادداشت سردبیر

نگاهی به مزایا و معایب محصولات زیست‌فناوری غذایی

دکتر جلال ولی‌الهی
دانشیار دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
رئیس انجمن علمی آموزش محیط زیست و توسعهٔ پایدار

کلیدواژه‌ها: زیست‌فناوری غذایی، مهندسی ژنتیک، غذاهای تراریخته

تعریف و اهداف زیست‌فناوری (بیوتکنولوژی)

زیست‌فناوری شاخه‌ای از علوم کاربردی است که از موجودات زنده و مشتقات آن‌ها برای تولید محصولات و انجام فرایندها استفاده می‌کند. درواقع زیست‌فناوری حوزه‌ای از زیست‌شناسی است که از اندامگان (ارگانیسم) یا سامانه (سیستم)ها و فرایندهای زنده استفاده می‌کند تا محصولات یا فناوری‌هایی را تولید کند که کیفیت زندگی انسان‌ها را بهبود ببخشند. بسته به فناوری، ابزارها و کاربردهای مورد استفاده، زیست‌فناوری ممکن است با زیست‌شناسی مولکولی، زیست‌سازه (بیونیک)، مهندسی زیستی، مهندسی ژن‌شناسی (ژنتیک) و فناوری نانو (نانوتکنولوژی) هم‌پوشانی داشته باشد. با رشد بی‌رویهٔ جمعیت و افزایش آن به بیش از هشت میلیارد نفر در سال ۲۰۳۰ و در نتیجه افزایش تقاضای غذا، زیست‌فناوری در تأمین امنیت غذایی و خودکفایی نقش بسزایی دارد. علاوه بر آن به‌کارگیری زیست‌فناوری در صنایع دارویی، بهداشتی، محیط زیست و صنایع دفاعی نیز حائز اهمیت است. امروزه زیست‌فناوری صنعتی با به‌کارگیری واکنش‌گاه (راکتور)های زیستی و انواع ریزاندامگان (میکروارگانیسم) قادر به تولید محصولات مورد نیاز در عرصه‌های مختلف است. بنابراین فعالیت‌هایی مانند تخمیر غذای سنتی، تصفیهٔ پساماند، تولید دارو، پرورش ماهی و توسعهٔ محصولات از جمله فعالیت‌های حوزهٔ زیست‌فناوری هستند. درواقع، زیست‌فناوری غذایی[1]، استفاده از فن (تکنیک)های زیستی برای تولید، بهبود کیفیت، کمیت، سلامت، اقتصاد و سهولت پردازش محصولات غذایی از گیاهان، جانوران و ریزاندامگان تعریف می‌شود. انسان حداقل ۱۰ هزار سال است که از روش‌های مختلف اصلاح ژن و نژاد در گیاهان و جانوران استفاده کرده است تا به بازده بالاتر، مقاومت بیشتر در برابر بیماری‌ها و کیفیت بهتر دست پیدا کند. طی ۳۰-۲۵ سال گذشته طیف وسیعی از شیوه‌های نوین (مدرن) اصلاح ژنتیکی (دستکاری یا مهندسی) ایجاد شده است که با استفاده از فن‌های زیست‌شناسی مولکولی از جمله دی‌ان‌ای[2] نوترکیب، ژن‌های منتخب را از درون یک گونه یا از یک گونه به گونهٔ دیگر منتقل می‌کند. درحالی‌که پرورش سنتی گیاهان و حیوانات به‌منظور ایجاد تغییرات اساسی، به دهه‌ها زمان احتیاج داشت، اکنون مهندسی ژن‌شناسی نوین، در مدت زمان بسیار کوتاه‌تری، ممکن است گیاهان، حیوانات و ریزاندامگان را حتی بین گونه‌هایی که قبلاً غیرقابل‌مهندسی بودند، تغییر دهد. تأثیرهای تجاری و اجتماعی چنین پیشرفت‌هایی قابل‌توجه است و همچنان نیز ادامه خواهد داشت.

یکی از اهداف مهندسی ژنتیک تغییر مواد ژنتیکی موجودات زنده از طریق انتقال است و از مزایای آن می‌توان امکان ارتقای ارزش تغذیه‌ای، تولید غذاهای فراسودمند (غذاهایی هستند که فراتر از تغذیهٔ پایه به‌طور بالقوه تأثیر مثبتی بر سلامتی دارند)، کاهش مصرف عوامل آلاینده و مخرب محیط زیست، افزایش بازدهی تولید محصولات و ارتقای کیفیت مواد غذایی اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی را نام برد. این فرایند در ایجاد امنیت غذایی برای جمعیت نقش مؤثری داشته است. انتظار می‌رود در سال‌های آینده استفاده و کاربرد محصولات مهندسی ژنتیک از سرعت بیشتری برخوردار باشد.

غذاهای اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی[3] را به‌اختصار جی‌ام‌اف[4] و اندامگان‌های اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی[5] را به‌اختصار جی‌ام‌او[6] می‌نامند. گیاهان اصلاح‌شدهٔ ژنتیکی، گیاهان تراریخته نامیده می‌شوند. ساختار ژن‌شناسی این گیاهان با استفاده از روش‌های مهندسی ژن‌شناسی به‌منظور کسب خصوصیات جدید از جمله مقاومت به خشکی، مقاومت به برخی بیماری‌های گیاهی یا آفات تغییر یافته است (تصویر ۱). مهم‌ترین هدف تولید گیاهان تراریخته ایجاد ویژگی جدید است. ژن این ویژگی جدید معمولاً از گیاهان غیر هم‌خانواده یا حتی موجود زندهٔ دیگر مانند یک گونه باکتری به‌دست می‌آید.



تصویر۱. سمت چپ، سویای مقاوم به آفات، سمت راست، سویای غیرتراریخته

فناوری دی‌اِن‌ای نوترکیب عبارت است از دستورزی و انتقال دی‌اِن‌ای با روش‌های مختلف از یک موجود مثل انسان به موجود دیگر مثل باکتری، گیاه و ویروس. این فناوری تأثیر بسزایی در زندگی بشر داشته است که با استفاده از آن انواع فراورده‌های دارویی، هورمون‌های مختلف برای درمان بیماری‌ها، پادتن (آنتی‌بادی)های تک‌تیره (مونوکلونال) و قطعات پادتن برای هدف‌گیری پادژن‌های مختلف تولید شده‌اند.

عمده‌ترین کاربرد فناوری اصلاح ژنتیکی برای تولید مواد غذایی در عرصهٔ محصولات کشاورزی است. تغییرات ژن‌شناسی به‌طور خودبه‌خودی در طی دوره‌های طولانی در سلول‌های زنده اتفاق می‌افتد اما این فرایندها می‌توانند با روش انتخاب سنتی یا نوین درج یا حذف ژن‌ها تسریع شوند. نمونه‌هایی از انواع جدید گیاهان که دانشمندان آن‌ها را با هیبریداسیون تولید کرده‌اند، شامل انگور بدون دانه و چاودم (تریتیکاله) هستند. دستکاری ژنتیکی نوین، دانشمندان را قادر می‌سازد تا رشته‌های دی‌اِن‌ای را در مکان‌های خاصی برش دهند، آن‌ها را کپی و دوباره جمع‌آوری کنند تا بتوانند یک یا چند ژن را به‌خاطر ویژگی‌های مطلوب وارد موجود هدف کنند یا ژنی را بابت ویژگی‌های نامطلوب حذف کنند.

فن‌های تولید دی‌اِن‌ای نوترکیب، اکنون روش‌های آزمایشگاهی به‌نسبت معمولی هستند. می‌توان از فن‌های نوین مهندسی ژنتیک برای انتقال ژن‌ها استفاده کرد.

به‌طور کلی، تحقیقات در زیست‌فناوری مواد غذایی عمدتاً بر بهبود زی‌مایه (آنزیم)هایی متمرکز است که در حال حاضر در صنعت به کار می‌روند. این زی‌مایه‌ها از نظر پایداری و ویژگی‌های آن‌ها در مراحل مختلف فرایندها بررسی و تغییر داده می‌شوند. علاوه بر این، توسعهٔ زی‌مایه‌های جدید و منحصربه‌فرد و همچنین کاربردهای صنعتی آن‌ها حوزهٔ بسیار فعالی است. با توجه به نگرانی‌های محیطی و اقتصادی در مورد پسماندهای صنعتی و کشاورزی، نسبت به توسعهٔ رویکردهای جدید با استفاده از یک یا چند سامانهٔ زی‌مایه‌ای علاقهٔ فزاینده‌ای به‌وجود آمده است. به‌عنوان مثال، استفاده از زی‌مایهٔ لیپاز در بهبود کیفیت روغن‌ها و چربی‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. از آنجایی که ترکیب و طول زنجیرهٔ اسیدهای چرب مهم‌ترین نقش را در خاصیت‌های بافتی و دمای ذوب روغن‌ها و چربی‌ها دارند، از تغییر این عامل (فاکتور)ها در جهت دگرگون‌کردن این خاصیت‌ها استفاده می‌شود. برای این کار می‌توان از زی‌مایه‌های لیپاز استفاده کرد. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های زی‌مایه‌های لیپاز عملکرد اختصاصی آن‌هاست. استفاده از زی‌مایهٔ لیپاز توسط کپک موکور مِهی[۷] جهت تبدیل جزء میانی روغن پالم به یک روغن باارزش مورد استفاده در قنادی یکی از مثال‌های مهم است. یکی دیگر از موارد کاربرد زیست‌فناوری نوین در استفاده از زی‌مایه‌ها، زی‌مایهٔ آمیلاز در صنایع نشاسته است.

نشاسته مهم‌ترین پلی‌ساکارید مورد استفاده در صنایع غذایی است. آلفا آمیلاز (α-آمیلاز) زی‌مایه‌ای است که پیوندهای آلفا پلی‌ساکاریدهای بزرگ مانند نشاسته و گلیکوژن را آبکافت (هیدرولیز) و زنجیره‌های کوتاه‌تری مانند دکسترین و مالتوز ایجاد می‌کند. اگر علاوه بر این زی‌مایه از زی‌مایه‌های گلوکوآمیلاز و گلوکزایزومراز نیز استفاده گردد، می‌توان محصولی با شیرینی معادل ساکارز به نام اچ‌اِف‌سی‌اِس[۸] (شربت ذرت با قند فروکتوز بالا) تولید کرد. تولید اچ‌اِف‌سی‌اِس، یکی از بهترین مثال‌های به‌کارگیری زی‌مایه در فرایند تجارتی است که منجر به صرفه‌جویی چشمگیری در واردات و استفاده از شکر شده است.

زیست‌یار(پروبیوتیک) و زیست‌فناوری غذا

زیست‌یارها ریزاندامگان زنده‌ای هستند که برای سلامتی مفید هستند. آن‌ها را می‌توان در ماست و سایر غذاهای تخمیری، مکمل‌های غذایی و محصولات زیبایی یافت. زیست‌یارها در صورت مصرف برای سلامتی مفید بوده و تعادل میکروبی روده را حفظ می‌کنند. براساس تعریف سازمان غذا و داروی آمریکا[۹] و سازمان بهداشت جهانی[۱۰]، زیست‌یارها ریزاندامگان زنده‌ای هستند که مصرف کافی آن‌ها به بدن میزبان سلامتی می‌بخشد. استفاده از زیست‌یارها ممکن است کیفیت محصولات غذایی را افزایش دهد. برای مثال از آن‌ها می‌توان برای تولید پنیرهای نرم‌تر و مغذی‌تر استفاده کرد. علاوه بر آن زیست‌یارها به‌عنوان افزودنی غذایی نیز به انواع محصولات غذایی اضافه می‌شوند و مصرف این غذاها ممکن است تأثیرهای درمانی داشته باشد.

در حال حاضر، چندین سویه از باکتری‌های لاکتوباسیل[۱۱] و بیفیدو[۱۲] برای استفادهٔ انسان در دسترس هستند تا عفونت‌های دستگاه گوارش را کاهش دهند یا درمان کنند. برخی از تأثیرهای مفید مصرف زیست‌یارها شامل بهبود سلامت روده، تحریک و توسعهٔ دستگاه ایمنی بدن، سنتز و تقویت مواد مغذی، کاهش علائم عدم تحمل لاکتوز و کاهش خطر ابتلا به برخی بیماری‌های دیگر است.

تغییرات ریززیواگان (میکروبیوتای) روده با افزایش خطر بیماری‌های خاص همراه است. ریززیواگان مجموعه‌ای از ریزاندامگان است که در قسمت‌های مختلفی از بدن از جمله دستگاه گوارش زندگی می‌کند. ۳۰۰ تا ۵۰۰ نوع باکتری مختلف در رودهٔ انسان زندگی می‌کند که به‌طور تقریبی دارای دومیلیون ژن هستند. این باکتری‌ها به همراه سایر ریزاندامگان مانند قارچ، ویروس و انگل‌ها ریززیواگان یا ریززیمان (میکروبیوم) را تشکیل می‌دهند که درگذشته به آن ریزگان (فلور) میکروبی روده گفته می‌شد.

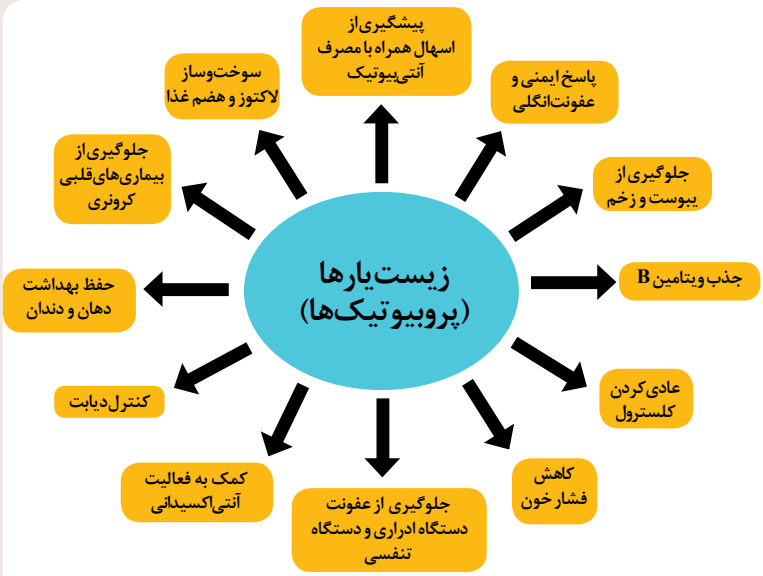
هـدف اسـتفاده از زیسـت‌یارها، تعدیل ریززیواگان نامتعادل اسـت. ریززیواگان یک اصطلاح جمعی برای ریزاندامگانی است که در قسـمت‌های مختلف بدن یـا روی بدن انسـان زندگی می‌کنند. با افزایش دانش و اطلاعات در مورد ریزیـواگان روده، تغذیه، ایمنی و ژنتیک در سلامت و بیماری‌ها، تولید سویه‌های جدید زیسـت‌یار با عملکردهای خاص ممکن گردیده و درک زمان استفاده از زیسـت‌یارها و چگونگی اثـر آن‌ها روی حالت‌هـای خاص بیماری‌زایی را تسـهیل کرده اسـت. بااین‌حال، سویه‌های زیست‌یار برای استفادهٔ انسانی باید تحت آزمایش‌های حیوانی و به دنبـال آن آزمایش‌های بالینی انسانی قرار بگیرند تا مناسب‌بودن، ایمنی و مزایای آن‌ها تأیید شود.

برای داشـتن حداکثر فعالیت، سویه باید توانایی تکثیر داشـته باشـد. علاوه بر این، دستگاه ایمنی بدن نیز باید بتواند آن را تحمل کند و نباید بیماری‌زا، حساسیت (آلرژی)زا، جهش‌زا یا سـرطان‌زا باشـد. ریزاندامگان زیسـت‌یار ترجیحاً باید منشأ انسانی داشته باشد؛ بتواند در شرایط درون‌تنی[۱۳] در محل موردنظـر زنده بماند و رشـد کند و قادر به تحمل pH پایین و غلظت زیاد اسـیدهای صفراوی باشد.

برای استفادهٔ موفقیت‌آمیز از زیست‌یارها در صنایع غذایـی، آن‌ها باید با روند تولید مواد غذایی سازگار باشند. علاوه بر این، غذاهای حاوی باکتری‌های زیست‌یار باید خواص ویژهٔ غذاهای سـنتی را حفظ کنند. ویژگی‌ها و مزایای بالقوهٔ زیست‌یارها اکنون واقعیتی ثابت شده است. جوامع میکروبی مکان مخصوص میزبان هستند؛ ترکیب بسیار پیچیده‌ای دارند و دارای خواص مفیدی برای میزبان هستند. بااین‌حال، دقیقاً مشـخص نیست که کدام گونـه از ریزاندامگان نقش اصلی را در ایجاد چنین ویژگی‌های مفیدی دارند.

برخی از مزایای عمدهٔ زیست‌یارها در سلامت، و سازوکار (مکانیسم) پیشنهادی آن‌ها در شکل شمارهٔ ۱ نشان داده شده است.

زیسـت‌یارها در جـذب ویتامیـن B، عـادی (نرمال)کردن کلسـترول، کاهش فشارخون، بهبود هضم غذا، افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، درمان و جلوگیری از عفونت دسـتگاه ادراری و تنفسی، دیابت، یبوست، بیماری‌های قلبی کرونری و حفظ بهداشت دهان و دندان تأثیر مثبت دارند.



شکل ۱. مزایای عمدهٔ زیست‌یارها در سلامت

برخی از زی‌مایه‌های اصلاح ژنتیکی‌شدهٔ مورد استفاده در صنایع غذایی عبارت‌اند از:

- کاتالاز در تولید سس مایونز که پراکسید هیدروژن را حذف می‌کند.
- کیموزین در تولید پنیر که شـیر را لخته می‌کند.
- گلوکز اکسـیداز در پخت نان برای ثبات خمیر.
- α-آمیلاز که با تبدیل نشاسـته به مالتوز مواد را شیرین می‌کند.
- پروتئاز برای نرم‌کردن گوشت، پخت نان و تولید محصولات لبنی.

زی‌مایه‌هـا پروتئین‌هایـی هسـتند که واکنش‌های شیمیایی را سرعت می‌بخشند. زی‌مایه‌ها جزو پروتئین‌هایی هسـتند که همواره در زیست‌فناوری هدف قرار گرفته‌اند. بررسـی زی‌مایه‌ها، چـه در مرحلهٔ تولید و چـه در مرحلهٔ بهبود عملکـرد از طریق مهندسـی پروتئین، از موضوعات مطرح در زیست‌فناوری اسـت. زی‌مایه‌ها در فراوری مواد غذایی نیز نقش اساسی دارند و بسیاری از آن‌ها برای بهبود کیفیت مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

چند مثال دیگر از اصلاح زی‌مایه‌ای افزودنی‌های غذایی

فروکتان‌ها بسـپار(پلیمر)های فروکتوز هسـتند که یک هسـتهٔ سـاکارز دارند. فروکتان‌ها به‌طور گسترده در گیاهان یافت می‌شـوند و به‌نظر می‌رسـد که به‌عنوان کربوهیدرات‌های ذخیره‌ای عمل می‌کنند و همچنین تحمل سرما و خشکی را بهبود می‌بخشـند. برخـی از باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌تواننـد فروکتان تولید کنند. سـه نوع اصلی فروکتان وجود دارد: اینولین‌ها، لوان‌ها (یا فلین‌ها) و گرامینان‌ها. از آن‌ها برای تولید شـیرین‌کننده‌های کم‌کالـری طبیعی در صنایع غذایی- بهداشتی استفاده می‌شود. فروکتان‌هـا به‌طـور گسـترده در صنایع غذایی استفاده می‌شـوند. اینولین کاسنی اصلی‌ترین افزودنی غذایی فروکتان است و با آب امولسیونی تشکیل می‌دهد که بافتی مشـابه چربی دارد و در ماسـت و بستنی به‌عنوان جایگزین چربی استفاده می‌شود. مثال‌های دیگر از کاربرد زی‌مایه‌های دیگر در زیست‌فناوری غذایی عبارت‌اند از:

ـ اسـتفاده از زی‌مایهٔ انورتاز برای آبکافت غیرقابل‌برگشت ساکارز به گلوکز و فروکتوز به‌عنـوان قند معلـق در محصولاتی نظیر شیرینی‌ها، مرباها و بستنی.

ـ استفاده از زی‌مایهٔ آلفاگالاکتوزیداز جهت تبدیل رافینوز موجود در شیرهٔ چغندرقند به گالاکتوز و ساکارز که در صنایع تولید شکر از چغندرقند کاربرد دارد. این تبدیل به کاهش دورریز ملاس منجر می‌شود و امکان بازیابی شکر از کل ملاس را افزایش می‌دهد.

ـ از زی‌مایـهٔ لاکتاز برای تبدیل لاکتوز به گلوکز و گالاکتوز استفاده می‌شود که اصلاح

خواص آب‌پنیر را در پـــی دارد. در ضمن با توجه به حلّالیت و شیرینی کم لاکتوز در آب و هضم‌نشـــدن آن در بعضی از افراد به‌دلیل کمبود زیمایهٔ بتا-گالاکتوزیداز در دستگاه گوارشـــی آن‌ها، این تبدیـــل اهمیت بالایی پیدا می‌کند. همچنین کاهش ۲۰ درصد از زمان فراوری برای تولید ماست و پنیر از دیگر مزایایی است که برای پیش‌آبکافت لاکتوز در شیر گزارش شده است.

اینورتاز، ســـاکارز موجـــود در محصولات مختلف را آبکافت می‌کند. آبکافت ساکارز، مخلوطی از گلوکز و فروکتوز تولید می‌کند که شربت اینورت نامیده می‌شود و کاربرد فراوانی در صنایع غذایی و آشـــامیدنی دارد. تولید شـــربت ذرت با فروکتوز بالا (شیرین‌کنندهٔ مغذی) با اســـتفاده از زیمایهٔ آمیلاز انجام می‌شود. پکتیناز پکتین را تجزیه می‌کند. از این زیمایه جهت تسریع استخراج آب‌میوه از پورهٔ میوه‌ها به‌ویژه سیب و چیکو استفاده می‌شـــود. لاکتاز، لاکتوز شیر را به قندهای ســـاده‌ای مانند گلوکـــز و گالاکتوز آبکافت می‌کند که طعـــم مطلوب‌تری دارند. آمیلاز زیمایه‌ای است که در تجزیهٔ زنجیره‌های پلی ساکارید مانند نشاسته به اجزای کوچک‌تر و دی ساکاریدهایی مانند مالتوز دخیل است. لیپاز زیمایه‌ای است که در آبکافت استرها نقش دارد.

ویتامین‌ها و مواد معدنی در فراوری مواد خوراکی

ویتامین‌ها و مواد معدنـــی از مواد غذایی ضروری هســـتند؛ بـــه همین دلیـــل برای جلوگیری از کمبود آن‌ها، در تولیدشـــان از فناوری‌های تراریخته استفاده می‌شود. برنج در بسیاری از کشورها یکی از غذاهای اصلی است. اما در صورت کمبود ویتامین A، غذای مناسبی نیست. اولین برنج تراریخته غنی از پرووِیتامین با استفاده از ژن crtI و ژن psy از باکتری‌ها، تولید شد. انواع برنج‌های غنی از پرووِیتامین می‌توانند سوءتغذیه و نابینایی را در کشورهای درحال‌توسعه و جهان‌سوم از بین ببرند. دانشمندان در حال مطالعه روی بیان سایر ویتامین‌ها و عناصر مغذی مانند آهن و روی در مواد غذایی هستند.

آهن: آهن یکی از مهم‌ترین مواد معدنی مورد نیاز بدن اســـت. کشورهایی که از برنج به‌عنوان مادهٔ غذایی اصلی استفاده می‌کنند در معرض کمبود آهن هستند. یکی از دلایل ایـــن کمبود آهن می‌تواند مقـــدار کم آهن موجود در برنج به‌عنوان قوت اصلی مردم این نواحی باشد. برای حل این مشکل، برنج با یک ژن خارجی به نام فریتین مهندسی می‌شود که نســـبت به برنج بدون مهندسی، دو برابر آهن دارد.

کربوهیدرات‌ها و لیپیدها: کربوهیدرات‌ها و لیپیدها را نیز می‌توان در گیاهان تراریخته اصلاح کرد. در اواخر قرن بیستم، سیب‌زمینی غنی از آمیلوپکتیـــن و روغن کانولا غنی از اســـیدلوریک از طریق زیست‌فناوری غذایی تولید شد. با قراردادن یک ژن از باکتری‌های کدکنندهٔ زیمایهٔ درگیر در مسیر بیوسنتز نشاسته، سیب‌زمینی‌ها از نظر ژنتیکی اصلاح شدند.

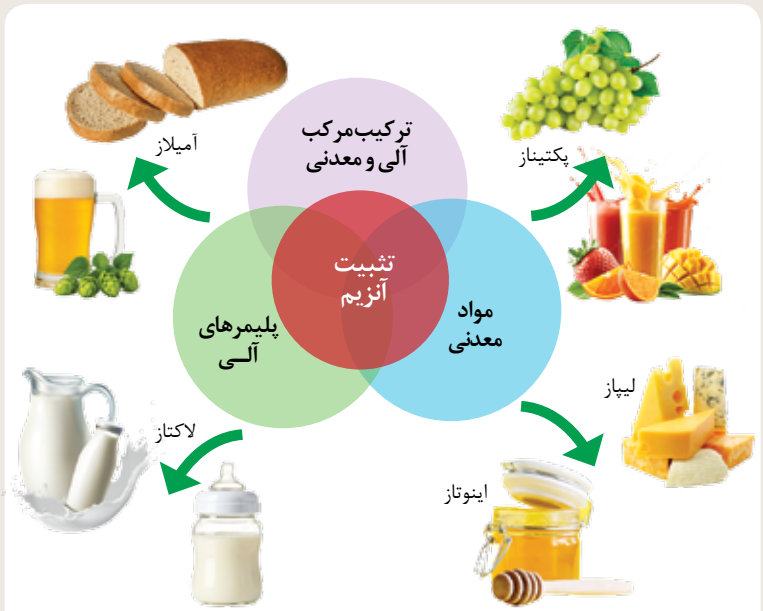
سیب‌زمینی‌های تراریخته، حاوی ۳۰ تا ۶۰ درصد نشاستهٔ بیشتر هستند.

همین‌طور، برای بهبود عملکرد شیر به‌دلیل ارزش غذایی بالا از روش‌های زیست‌فناوری استفاده می‌شود.

سوماتوتروپین[۱۴] گاوی هورمونی است که غدهٔ هیپوفیـــز آن را در بدن این جانور آزاد می‌کند و تولید شیر را افزایش می‌دهد.

ابتدا این هورمون از مغز گوساله استخراج می‌شد، اما امروزه با قراردادن ژن کدکنندهٔ سوماتوتروپین گاوی در اشرشیاکلی، مقدار بیشتری از این هورمون تولید می‌شود. این هورمون تولید شـــیر را تـــا ۱۰-۱۲ درصد افزایش می‌دهد.

برخـــی از ریزســـاختارهای لیپیدی قادر به تجمع مقادیـــر زیادی تری‌گلیســـرید در داخـــل خـــود می‌باشـــند. از ایـــن نوع ریزســـاختارها جهت تولید محصولی به‌نام روغن تک‌یاخته‌ای(سلولی)[۱۵] استفاده شده اســـت. به‌عنوان مثـــال در ژاپن مخمرهایی با موفقیت کشـــت داده شـــده‌اند که تا ۸۰ درصد وزن خشک آن‌ها از تری‌گلیسریدهای ذخیره‌ای تشـــکیل شده اســـت. برای تولید این محصولات از خوراک‌های هیدروکربونی (ذخایر زیرزمینیِ نفت خام و گاز) اســـتفاده می‌شد، ولی اخیراً در این ارتباط خوراک‌های کربوهیدراتی مورد توجه قرار گرفته‌اند.



شکل ۲. نقش زی‌مایه‌ها در زیست‌فناوری غذایی

تأثیرهای زیست‌محیطی

در مورد عواقب زیست‌محیطی محصولات و ریزاندامگان تراریخته، پراکندگی طولانی‌مدت در محیط زیست بسیار مورد توجه است. این موارد شامل بقای آن‌ها در طبیعت، انتقال ژن به محصولات غیرتراریخته، انتقال مقاومت در برابر علف‌کش‌ها به علف‌های هرز یا گیاهان وحشـــی، کاهش تنوع زیســـتی حشرات از طریق استفادهٔ گسترده از محصولات مقاوم در برابر حشـــرات و انتقال ژن‌های شناساگر انتخابی (مانند پادزیست (آنتی‌بیوتیک)) از ریزاندامگان اصلاح‌شده به ریزاندامگان روده با

عواقب درمانی پادزیستی است. تا به امروز، پس از هزاران آزمایش، هیچ شواهدی از مشکلات زیست‌محیطی چشمگیر با ریزاندامگان اصلاح‌شده وجود ندارد. نگرانی کشاورزان ارگانیک و عرضه‌کنندگان محصولات پاک و سبز، احتمال آلودگی محصولات طبیعی بر اثر اختلاط با محصولات تراریخته است. درحالی‌که شواهدی از مزایای زیست‌محیطی و اجتماعی محصولات تراریخته در حال ظهور است؛ مانند استفادهٔ کمتر از سموم دفع آفات، تراکم کمتر خاک و میزان مایکوتوکسین کمتر در ذرت مقاوم در برابر حشرات.

حساسیت‌زایی و سموم

حساسیت‌های (آلرژی‌های) غذایی به برخی از مواد تشکیل‌دهندهٔ مواد غذایی، معمولاً پروتئین‌های خاص، در تعدادی از مصرف‌کنندگان پیامدهای ایمنی غیرطبیعی دارند. پادتن‌های (آنتی‌بادی‌های) خاص ایمونوگلوبولین[16]، متداول‌ترین نوع حساسیت را ایجاد می‌کنند و نتایج این حساسیت‌ها ممکن است خفیف یا کشنده باشند.

متداول‌ترین غذاهای حساسیت‌زا (بادام‌زمینی، سویا، شیر، تخم‌مرغ، برخی از ماهی‌ها، سخت‌پوستان، گندم و آجیل‌ها)، بیش از ۹۰ درصد واکنش‌ها را تشکیل می‌دهند، اگرچه بیش از ۱۶۰ مادهٔ غذایی با واکنش‌های متفاوت نیز دیده شده است. حساسیت بالقوهٔ غذاهای تراریخته را می‌توان با استفاده از رویکرد درخت تصمیم[17] شورای بین‌المللی زیست‌فناوری غذایی[18] مؤسسهٔ بین‌المللی علوم زندگی[19] (IFBC-ILSI) ارزیابی کرد که اکنون صنعت زیست‌فناوری کشاورزی آن را تصویب کرده است.

این ارزیابی شامل بررسی منبع ژن، همسانی توالی آمینواسید پروتئین نوترکیب با حساسیت‌های شناخته‌شده، ناایمنی پروتئین معرفی‌شده با پادتن‌های ایمونوگلوبولین از افراد با واکنش‌های آلرژیک و همچنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی پروتئین‌ها (تأثیرهای هضم و گرما) می‌شود. راهبرد (استراتژی) شورای بین‌المللی زیست‌فناوری غذایی مؤسسهٔ بین‌المللی علوم زندگی به‌طور مداوم اصلاح می‌شود تا بتواند مواد حساسیت‌زای شناخته‌شده را بهبود ببخشد یا حساسیت‌زایی پروتئین‌ها را در غذاهایی که سابقهٔ حساسیت‌زایی ندارند، آزمایش کند. مطالعات نشان داد زی‌مایهٔ وارد شده به سویای مقاوم به گلیفوزات و پروتئین‌های ذرت مقاوم به حشرات، هیچ همسانی توالی با حساسیت‌های شناخته‌شده ندارند و به‌سرعت در دستگاه‌های پستانداران هضم می‌شوند. انتقال ژن حساسیت‌زای آجیل برزیلی به سویای تراریخته در مصرف‌کنندگان محصولات حساسیت ایجاد نکرد؛ زیرا انتقال حساسیت‌زایی آجیل برزیلی به سویای تراریخته در حین کار تولید مشخص شد و این محصول هرگز به بازار عرضه نشد. بعضی از غذاها یا محصولات زراعی حاوی مواد سمی طبیعی هستند (به‌عنوان مثال سولانین، مهارکننده‌های زی‌مایه)، اگرچه عمده محصولات انسانی و حیوانی از طریق پرورش انتخابی حاوی تعداد کمی از این مواد تشکیل‌دهنده هستند. بنابراین ضروری است که برای حفظ این وضعیت با غذاهای تراریخته ارزیابی‌های کافی انجام شود.

مباحث اخلاقی در مورد غذاهای تراریخته

برخی از مخالفان محصولات تراریخته از منظر اخلاقی بر این باورند که انتقال ژن میان موجودات زنده به‌نوعی مداخله در فرایندهای طبیعی یا آفرینش است. از این رو، آن را از نظر اخلاقی محل تردید می‌دانند. در مقابل، موافقان استدلال می‌کنند که در ارزیابی اخلاقی این فناوری باید پیامدهای آن نیز در نظر گرفته شود؛ از جمله اینکه دسترسی به محصولات اصلاح ژنتیکی‌شده ممکن است به افزایش امنیت غذایی، کاهش گرسنگی و بهبود وضعیت تغذیهٔ میلیون‌ها نفر در جهان کمک کند. آمارها نشان می‌دهد تا سال ۲۰۵۰، جمعیت جهان به ۹ میلیارد نفر خواهد رسید؛ بنابراین به محصولات بیشتری نیاز هست. زیست‌فناوری به‌طور بالقوه بهترین فناوری برای مبارزه با مشکل بازدهی غذایی است. در قارهٔ آفریقا بالاترین سطح فقر و گرسنگی وجود دارد. گرسنگی و سوءتغذیه عامل بیماری‌هایی مانند کوشیورکور[20] و راشیتیسم[21] است که منجر به مرگ بسیاری از افراد می‌شود. زیست‌فناوری بالاترین ظرفیت (پتانسیل) را برای رهایی آفریقا از گرسنگی، سوءتغذیه و بیماری‌ها دارد. نبود آموزش یکی از موانع استفاده از فناوری محصولات غذایی تراریخته است. مردم کنیا نگرانی زیادی در مورد استفاده از محصولات غذایی تراریخته دارند. نگرش مردم کنیا نسبت به زیست‌فناوری غذایی به‌دلیل نبود آموزش است. دانشمندان باید از طریق برگزاری هم‌اندیشی (سمینار) مردم را از مزایا و معایب فناوری محصولات غذایی تراریخته آگاه کنند. زیست‌فناوری را باید درسطح دبیرستان آموزش داد تا نوجوانان از پیشرفت‌ها و جوانب مثبت و منفی بالقوهٔ آن آگاه شوند.

نگرش مصرف‌کننده نسبت به غذاهای اصلاح‌شده به ارزیابی آن‌ها در مورد خطر و فواید غذاهای تولیدشده و فناوری‌های موجود و به ماهیت و میزان اطلاعات ارائه‌شده به آن‌ها بستگی دارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Food biotechnology
2. DNA
3. Genetically modified food
4. GMF
5. Genetically modified organism
6. GMO
7. Mucor meihi
8. HIGH FRACTOSE CORN SYROP (HFCS)
9. FDA
10. WHO
11. Lactobacilli
12. Bifido
13. in vivo
14. Somatotropin
15. Single cell oil
16. IgE
17. decision-tree
18. International Food Biotechnology Council
19. International Life Sciences Institute
20. kwashiorkor
21. rickets

منابع

خلاصه‌ای به نقل از:

۱. زهرا پاینده، دکترای تخصصی رشتهٔ بیوتکنولوژی پزشکی از دانشگاه علوم پزشکی زنجان.

2. Hui, Y. H., & Khachatourians, G. G. (Eds.). (1995). Food biotechnology: microorganisms. John Wiley & Sons.

3. Morin, X. K. (2008). Genetically modified food from crops: progress, pawns, and possibilities. Analytical and bioanalytical chemistry, 392(3), 333-340.

4. Sun, S. S. (2008). Application of agricultural biotechnology to improve food nutrition and healthcare products. Asia Pac J Clin Nutr, 17(S1), 87-90.