مجله ایمنی زیستی
دوره ۱۴، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰
ISSN ۲۷۱۶-۹۸۰۴ الکترونیکی، ISSN ۲۷۱۷-۰۶۳۲ چاپی

گیاهان اصلاح ژنتیکی شده و حساسیت غذایی

نوع مقاله: مروری 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5

ساناز همتی اصل[۱]، ابراهیم دورانی*[۲]
۱- دانشجوی دکتری به‌نژادی و زیست‌فناوری دانشگاه تبریز، ایران
۲- دانشیار گروه به نژادی و زیست‌فناوری گیاهی دانشگاه تبریز، ایران
dorani@tabrizu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۶
صفحه ۱۱۲-۹۱

چکیده

استفاده از مهندسی ژنتیک در عرصه تولید محصولات کشاورزی و تغییر مواد ژنتیکی موجودات زنده از طریق انتقال ژن از یک موجود به موجود دیگر، منجر به توسعه روزافزون مواد غذایی اصلاح‌شده ژنتیکی شده است. این امر از یک سو باعث افزایش بازدهی تولید موادغذایی شده اما از سوی دیگر با ورود مواد غذایی اصلاح‌شده ژنتیکی در زنجیره غذایی انسان، نگرانی‌هایی در ارتباط با خطرات بالقوه ناشی از تولید و مصرف این گونه مواد ایجاد و پرسش‌های متعددی را در زمینه احتمال بروز عوارض نامطلوب مانند حساسیت غذایی، افزایش مقاومت نسبت به آنتی‌بیوتیک‌ها، اثرات مخرب محیطی و انتقال افقی ژن‌ها در جامعه مطرح کرده است. اولین محصول غذایی مهندسی ژنتیک شده (گوجه‌فرنگی)، در سال ۱۹۹۶ معرفی شد و به دنبال آن ذرت، سویا، پنبه، کلزا، سیب‌زمینی، پاپایا، یونجه، کدو و چغندرقند با صفات ژنتیکی خاص با موفقیت توسعه یافتند و تجاری‌سازی شدند. ایمنی زیستی، مجموعه‌ای از تدابیر، سیاست‌ها، مقررات و روش‌هایی برای تضمین بهره‌برداری از فواید فناوری زیستی جدید و پیشگیری از آثار سوء احتمالی کاربرد این فناوری بر تنوع زیستی، سلامت انسان، دام، گیاه و محیط زیست است. اگرچه ایمنی هر محصول جدید تراریخته قبل از تجاری‌سازی توسط مقامات نظارتی مختلف در سراسر جهان ارزیابی می‌شود، اما بحث عمومی در مورد ایمنی غذایی و حساسیت‌زایی گیاهان تراریخته و خوراک حاصل از این گیاهان، کاهش نیافته است. برای ارزیابی ایمنی و پتانسیل حساسیت‌زایی محصولات تراریخته روش‌هایی وجود دارد. هدف از این مقاله ارزیابی پتانسیل حساسیت‌زایی گیاهان تراریخته بر اساس مقالات علمی و منابع معتبر کُدکس، در این زمینه است.

واژه‌های کلیدی: مهندسی ژنتیک، ارزیابی ایمنی محصولات، حساسیت‌زایی، حساسیت غذایی.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]
[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

مقدمه

گیاهان تراریخته یکی از دستاوردهای مهم زیست‌فناوری نوین در زمینه کشاورزی هستند که در سال‌های اخیر بخشی از بازارهای غذایی دنیا را تحت تاثیر قرار داده‌اند و به‌طور مداوم بر سطح زیر کشت این گیاهان و همچنین تعداد کشاورزانی که به کشت این محصولات می‌پردازند، افزوده می‌شود (James. 2014). این فناوری اجازه می‌دهد تا یک یا چند ژن جداگانه از هر موجود زنده به ژنوم گیاه گیرنده وارد شود، در حالی‌که در روش‌های قدیمی و کشت سنتی، به منابع و پذیرنده‌های ژنی سازگار با جنس نیاز دارد و هزاران ژن، از جمله ژن‌های نامطلوب را منتقل می‌کند (Harlander. 2002).

کشت جهانی محصولات تراریخته در سال ۱۹۹۶ با به‌طور تقریبی ۱/۶میلیون هکتار آغاز شد، سپس تا سال ۲۰۰۹ به بیش ۱۹۰ میلیون هکتار افزایش یافت و در حال حاضر ۵ کشور صنعتی محصولات تراریخته تولید می‌کنند و ۴۳ کشور از جمله ۲۶ کشور در اتحادیه اروپا به‌طور رسمی محصولات زیست‌فناوری را برای غذا و فرآوری وارد می‌کنند (FAO. 2019). در سال ۲۰۱۹، سطح زیرکشت کل محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی در سراسر جهان به حدود ۱۹۰/۴ میلیون هکتار رسید (Shahbandeh. 2021). بیشترین محصولات تراریخته حاوی ژن‌هایی برای حفاظت هدفمند در برابر حشرات، تحمل علف‌کش یا هر دو هستند (Schütte et al. 2017). در گیاهان متحمل به حشرات، ژن‌های حشره‌کش *Cry 1A* از یک باکتری که به‌طور رایج توسط کشاورزان مورد استفاده قرار می‌گیرد، به گیاه انتقال داده می‌شود. در گیاه تراریخته متحمل به علف‌کش نیز، ژن آنزیم گلایفوسیت وارد شده در سویا، بسیار شبیه به آنزیم‌های موجود در همه باکتری‌ها و گیاهان است. این گیاهان تراریخته به آفت‌کش‌های کمتری نیاز دارند و میزان خطرات احتمالی این سموم را کاهش می‌دهند (Le et al. 2006). هنوز استفاده از این نوع محصولات کشاورزی به جز موارد اصلی (سویا، کلزا و ذرت) فراگیر نشده و کاشت این محصولات در برخی کشورها محدود است. دانه‌های سویا هنوز مهمترین محصول زیست‌فناوری در جهان هستند و پس از آن ذرت، پنبه و کانولا قرار دارند (ISAAA. 2020).

حساسیت غذایی یک مشکل عمده بهداشتی است، که ٪۸-۳ از جمعیت را درگیر می‌کند (Sampson. 2012). دوز حساسیت‌زا یک مسئله حیاتی در روند بیماری حساسیت است و ممکن است بیان بیش از حد پروتئین‌های حساسیت‌زا در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

گیاهان مورد استفاده برای غذا، سلامتی مصرف‌کنندگان را تهدید کند (Du Toit et al. 2015).

دلیل افزایش حساسیت به مواد غذایی همچنان نامشخص است، اما حساسیت غذایی به‌عنوان یک چالش دشوار برای بیماران و پزشکان تبدیل شده است (Ballmer-Weber et al. 200). طی دو دهه گذشته، روش‌های تشخیص حساسیت غذایی در کشورهای صنعتی افزایش یافته است (Venter et al. 2006; Gupta et al. 2011).

با ظهور و بروز هر چه بیشتر گیاهان تراریخته، مباحث حساسیت‌زایی آنها و همچنین ارزیابی ایمنی محصولات آن‌ها به همان میزان در حال گسترش است (Konig et al. 2004). امروزه علی‌رغم پیشرفت روش های ارزیابی و کنترل حساسیت‌زایی و ایمنی محصولات تراریخته همچنان برخی افراد نسبت به این موضوع نگرانی دارند (Arpaia et al. 2021). ارزیابی ایمنی گیاهان تراریخته به‌طور کلی توسط دستورالعمل‌های بین‌المللی (Codex. 2009) و مقررات اتحادیه اروپا (EC. 2013) تنظیم می‌شود. دستورالعمل ایمنی مواد غذایی Codex برای گیاهان تراریخته در سال ۲۰۰۳ منتشر شد و شامل ارزیابی جامع حساسیت‌زایی بالقوه است (Codex. 2009). در ایالات متحده، مقررات ایمنی مواد غذایی و دارویی توسط FDA تعیین می‌شود و در اروپا، قوانین اتحادیه اروپا مورد پذیرش کشورها است. کُدکس یک کمیسیون بین‌المللی است که مقررات غذایی را تدوین می‌کند و در سطح بین‌المللی، به‌خصوص در تجارت مورد قبول اکثر کشورها است (Goodman et al. 2005). در این مقاله به بازبینی کلی محصولات تراریخته و پتانسیل حساسیت‌زایی آن‌ها پرداخته می‌شود.

گیاهان تراریخته

به‌طور مشخص، گیاهان اصلی‌ترین و مهم‌ترین منابع تجدید شونده جهان هستند که علاوه‌بر تامین غذای انسان و دام، نیازهای غیرتغذیه‌ای، شیمیایی و صنعتی بشر هم توسط آنها مرتفع می‌شود. به همین دلیل، کاربرد روش‌های مهندسی ژنتیک و زیست‌فناوری برای افزایش کمی و کیفی محصولات گیاهی و نیز کاهش هزینه‌ها و زمان تولید، در شاخه های گوناگون کشاورزی رواج پیدا کرده است (Guan et al. 2013). انسان‌ها برای هزاران سال است که در اثر انتخاب و دورگ‌گیری گیاهان با خصوصیات موردنظر و مناسب باعث تغییر در ژنوم گیاهان شده‌اند (Babu et al. 2003).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

فناوری مهندسی ژنتیک این توانایی را می‌دهد تا ژن‌ها نه تنها از منابع درون یک گونه، بلکه از موجودات کاملا متفاوت که از نظر جنسی غیرقابل تلاقی هستند، نیز انتقال یابند. این روش امکان انتقال ژن‌های مطلوب از موجودات مختلف را به موجود موردنظر میسر می‌کند. در واقع توسعه محصولات تراریخته را می‌توان به‌عنوان اصلاح نژاد دقیق توصیف کرد (Buchanan. 2001). گیاهانی که ژن‌های خارجی از منابع ژنتیکی دیگر را با خود حمل می‌کنند و آنها را به‌صورت پایدار در خود جای داده و بیان می‌کنند، گیاهان تراریخته نامیده می‌شوند (Bruderer and Leitner, 2003).

تولید گیاهان تراریخته نتیجه کاربرد تلفیقی فناوری دی.ان.ای نوترکیب، روش‌های انتقال ژن و تکنیک‌های کشت بافت است. گیاهان زراعی تراریخته، گیاهانی شبیه به همتای طبیعی خود هستند، با این تفاوت که با استفاده از دست‌ورزی ژنتیکی، در یک یا چند صفت ویژه نسبت به نوع طبیعی خود برتری دارند. این گیاهان دارای یک ژن یا گروهی از ژن‌ها هستند که به ژنوم اصلی آنها اضافه شده است. چنین ژن‌هایی خصوصیات ویژه‌ای مثل مقاومت به حشرات خاص، علف‌کش‌ها، ویروس‌ها یا عوامل فساد بعد از برداشت و تجمع فرآورده‌های ذخیره‌ای تغییرشکل یافته را به گیاهان اعطا می‌کنند (Barrows et al. 2014).

تاریخچه

در سال ۱۹۸۳ نخستین آزمایش مزرعه‌ای توتون تراریخته در امریکا و فرانسه انجام شد و در سال ۱۹۹۴ گوجه فرنگی Flavr savr به‌عنوان اولین محصول اصلاح‌شده ژنتیکی، وارد بازار شد (James. 1999). در پایان سال ۲۰۱۸ سطح زیرکشت این محصولات در ۲۶ کشور جهان ۱۹۱/۷ میلیون هکتار اعلام شده است. علاوه‌بر کشورهای تولیدکننده، ۴۴ کشور نیز واردات محصولات تراریخته را به‌طور رسمی مجاز اعلام کرده‌اند، به‌طوری‌که از سال ۱۹۹۲ تاکنون ۴۳۴۹ مجوز توسط دستگاه‌های نظارتی ۷۰ کشور به ۳۸۷ رخداد از ۲۷ محصول تراریخته اعطا شده است (Zilberman et al. 2018).

ارزش اقتصادی و سود خالص حاصل از کشت محصولات تراریخته تا سال ۲۰۱۶ بالغ بر ۱/۱۸۶ میلیارد دلار محاسبه شده است و ۳۵ درصد بازار تجارت جهانی بذر و دانه در سال ۲۰۱۴ به محصولات تراریخته اختصاص یافته است (Bonny. 2016). در سال ۲۰۱۸، بیش از ۴۰ کشور مختلف، از جمله کشورهای اتحادیه اروپا و ۱۸ کشور دیگر، محصولات تراریخته را برای غذا و

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

خـوراک وارد کردنـد (James. 2018). در سـال ۲۰۱۸، سطح جهانی محصولات زیست‌فناوری از ۱۸۹/۸ میلیـون هکتـار بـه ۱۹۱/۷ میلیـون هکتـار افزایش یافته است که نسبت به سال ۲۰۱۷ معـادل ۱/۹ میلیون هکتار افزایش یافته و توسط ۲۶ کشور کاشته شده است. از مجموع ۲۶ کشور کشت‌دهنده محصـولات زیسـت‌فناوری در سـال ۲۰۱۸، ۲۱ کشور در حال توسعه و ۵ کشـور صـنعتی بودنـد. سرعت پذیرش این فناوری در سیستم نشان‌دهنده افزایش تعداد کشورها و گسترش منطقه، کمک به منافع جامعه جهانی و حفظ محـیط زیسـت اسـت (ISAAA. 2019).

در سال ۲۰۱۹ ایالات متحده بزرگترین سطح زیر کشت محصولات اصلاح‌شده ژنتیکی را در جهان، با ۷۱/۵ میلیون هکتار و پس از آن برزیل با کمـی بیش از ۵۲/۸ میلیون هکتـار در اختیـار دارنـد. در میان کشورهایی کـه محصـولات تراریختـه تولیـد می‌کنند، ایالات متحده، برزیـل، آرژانتـین، هنـد و کانادا بیشترین مصرف‌کننده را دارند. در اروپا، پنج کشـور اتحادیـه اروپـا، شـامل اسـپانیا، پرتغـال، جمهوری چک، رومانی و اسلواکی ذرت تراریخته تولید می‌کننـد کـه اسـپانیا بـا ۰/۱ میلیـون هکتـار پیشـرو اسـت. امـروزه ۱۰ محصـول تراریختـه در ایالات متحـده تولیـد مـی‌شـود و بـیش از ۹۰٪ از سطح زیرکشت ذرت، سویا، پنبه، کلزا و چغندرقند در ایالات متحده تراریخته است (FAO. 2020).

متداول‌ترین نوع تغییر در گیاهان تراریخته، بیان پروتئین‌هـای مقاومـت بـه حشـرات یـا تحمـل علف‌کش‌ها در آنها است. پروتئین‌های مدنظر برای تولیـد در محصـولات تراریختـه، قبـل از انتقـال ژن‌هایشان به گیاهان تراریخته، تحت بررسی‌هـای گسترده‌ای قرار می‌گیرند (Stanciu et al. 2019).

انتقال ژن به گیاهان و تولید گیاهان تراریخته

انتقال ژن یا جذب دی.ان.اِ، فرآیندی اسـت کـه قطعه مشخصی از دی.ان.اِ (به‌طور معمول یک ژن خارجی وارد شده در پلاسـمید باکتریـایی) را بـه درون سـلول‌ها وارد می‌کنـد (Potrykus and Spangenberg, 2013). گونـه دریافـت‌کننـده ژن جدید را گونه ترانسژنیک یا تراریختـه مـی‌نامنـد. مهمترین انواع روش‌های انتقال مستقیم ژن عبارتند از تفنگ ژنی یا بیولیستیک گان، تکنیک لیپـوزوم، الکتروپوریشن، ریـز تزریقـی، درشـت تزریقـی و روش شیمیایی شامل استفاده از پلی‌اتیل گلیکـول. از مهمترین روش‌های غیرمستقیم می‌توان به روش اگروبـاکتریوم و انتقـال بـا ویـروس اشـاره کـرد (Shillito et al. 2019). تراریختـی ژنتیکـی در گیاهان شامل انتقال، تلفیق و بیـان ژن یـا ژن‌هـای

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

خارجی در گیاه پذیرنده است. تولید گیاهان تراریخته نتیجه کاربرد تلفیقی دی.ان.ای نوترکیب، روش‌های انتقال ژن و تکنیک‌های کشت بافت است (Sprink et al. 2016). انتقال پایدار به ژنوم هسته‌ای به واسطه آگروباکتریوم یا بمباران ذره‌ای انجام می‌شود و روش اگروباکتریوم که روشی آسان و موثر است بیشتر استفاده می‌شود (Matveeva and Otten, 2019).

نقش تراریخته در کاهش فقر غذایی

هر چند در حال حاضر غذای کافی برای جمعیت جهان وجود دارد ولی باز هم بیش از ۸۰۰ میلیون نفر در جهان دچار سوء تغذیه و فقر غذایی هستند. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت جهان (با نرخ رشد ۱/۷ درصد) در سال ۲۰۵۰ به ۹/۳ میلیارد نفر برسد (Siddiqui et al. 2020). حدود ۷۰ ٪ مردم فقیر دنیا برای معیشت خود مستقیم یا غیرمستقیم به کشاورزی وابسته‌اند (Vermeulen et al. 2012). برای تغذیه این جمعیت و میلیون‌ها نفری که هر ساله به آن اضافه می‌شود، تمامی روش‌های ممکن برای افزایش ذخایر جهانی غذا از جمله افزایش سطح زیرکشت، اصلاح روش‌های کشت، استفاده از ارقام اصلاح‌شده و اصلاح روش‌های حفاظت از محصولات را باید بکار گرفت (Chassy. 2010). بنابراین امنیت غذایی مهمترین چالش کشورها به‌ویژه کشورهای در حال توسعه است. به همین دلیل استفاده از علوم و فنون پیشرفته تنها راه دستیابی به تولید پایدار کشاورزی محسوب می‌شود. در کنار تمامی روش‌های موجود برای افزایش امنیت غذایی، استفاده از محصولات زراعی تراریخته می‌تواند به این امر کمک کند (Jacobsen et al. 2013). به‌طور مثال، پنبه و برنج در هند، سیب‌زمینی در ویتنام و موز در کنیا محصولاتی هستند که مردم این مناطق از طریق فروش آنها، امرار معاش می‌کنند، مهم‌ترین عامل محدودکننده کشت این محصولات آفاتی هستند که هر ساله باعث ایجاد مشکلات جدی می‌شوند. استفاده از گیاهان تراریخته مقاوم در برابر آفات، این قبیل مشکلات را در کل دنیا محدود کرده است (Sheikh et al. 2017).

گیاهان تراریخته و محیط زیست

کشاورزی امروزی به علت وابستگی به مواد شیمیایی جهت بهینه‌سازی شرایط غذایی خاک، بذر ارقام مناسب، استفاده از آفت‌کش‌ها و سموم شیمیایی برای کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آثار بسیار سوئی بر محیط زیست دارد. دست‌ورزی ژنتیکی گیاهان زراعی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

با وارد کردن ژن‌های مربوط به تحمل تنش‌های زنده و غیرزنده ضمن افزایش و بهبود تولیدات کشاورزی، سازگاری بالایی نیز با محیط زیست دارد (Conner et al. 2003).

گزارش‌های اخیر در اروپا نشان داده که مصرف علف‌کش در گیاهان مقاوم به علف‌کش در این کشورها در اغلب موارد به نصف کاهش پیدا کرده است. مقاومت به آفات و بیماری‌ها یکی دیگر از زمینه‌های فناوری تراریخته است که فواید گسترده‌ای در زمینه کشاورزی به همراه داشته است. مهندسی ژنتیک توانسته با انتقال ژن‌هایی، به‌عنوان مثال ژن توکسین Bt از باکتری *Bacillus thuringiensis* به گیاهانی مانند پنبه، ذرت و برنج باعث کسب مقاومت پایدار و کنترل موثر آفات در گیاهان شود. با انتقال این ژن، گیاهان تنها در مقابل آفت هدف مقاومت نشان می‌دهند (James. 2007). به این ترتیب برخلاف روش سمپاشی که تمامی موجودات زنده (مفید و مضر) مزرعه در اثر سم از بین می‌روند در این روش فقط آفت موردنظر از بین رفته و سایر موجودات در امان می‌مانند. بنابراین، این فناوری علاوه‌بر صرفه‌جویی در هزینه سمپاشی، بسیار سازگار با محیط زیست است. از دیگر اثرات محصولات تراریخته در محیط زیست می‌توان به افزایش کیفیت خاک و استفاده از زمین، کاهش گازهای گلخانه‌ای، حفاظت از آب، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و مقاومت به تنش‌های محیطی اشاره کرد (Mahaffey et al. 2016).

آثار اقتصادی گیاهان تراریخته

کشاورزی همواره یک قدرت اقتصادی مهم در تجارت کشورها بوده است. ظهور فناوری‌های جدید از جمله زیست‌فناوری و مهندسی ژنتیک نقش بسیار زیادی در توسعه کشاورزی دنیا داشته است (Tourte et al. 2019).

با توجه به موفقیت‌های تجاری محصولات تراریخته در آمریکا و سایر کشورها، تردیدی در مورد قدرت تجاری این محصولات وجود ندارد. یکی از مزایای آن تسهیل روش‌های مدیریت کشاورزی است که باعث کاهش هزینه تولید می‌شود. به‌علاوه، مدیریت علف‌های هرز، در نتیجه استفاده از محصولات مقاوم به علف‌کش باعث کاهش عملیات کشاورزی شده و به این وسیله فرسایش خاک کاهش می‌یابد و این امر هم برای کشاورز و هم برای محیط زیست مفید است (Vats. 2015).

گزارش‌های اخیر در اروپا نشان می‌دهد که محصولات تراریخته باعث افزایش قابل توجهی در

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

عملکرد، کاهش استفاده از آفت‌کش و بنابراین صرفه‌جویی در هزینه می‌گردند. تمامی این موارد بیانگر سودمندی این فناوری در زمینه اقتصادی است (Devose et al. 2008).

گیاهان تراریخته و امنیت غذایی

گیاهان منبع اصلی غذای انسان محسوب می‌شوند، بنابراین هرگونه دست‌ورزی ژنتیکی در آنها باید از جنبه سلامت و ایمنی غذایی مورد توجه قرار گیرد (Kleter and Noordam, 2015). استفاده از این فناوری، در اغلب موارد کیفیت غذایی را به شدت افزایش داده است. به‌عنوان مثال، غذای غالب بسیاری از مردم کشورهای جنوب شرقی آسیا برنج است. به علت کمبود ویتامین A موجود در برنج، حدود ۲۵۰ هزار نفر از بچه‌ها در این کشورها سالانه به علت کمبود ویتامین A دچار نابینایی می‌شوند که این تعداد در کل دنیا به ۵۰۰۰۰۰ نفر می‌رسد (یعنی ۶۰ نفر در هر ساعت). حدود دو میلیون نفر هم سالانه در دنیا در نتیجه کمبود این ویتامین می‌میرند (WHO. 2007). محققان توانسته‌اند با دست‌ورزی ژنتیکی برنج، تولید ویتامین A را در این گیاه القا کنند. هر چند شاید این محصول تنها راه برای رفع کمبود ویتامین A نباشد، اما یک راهکار مهم برای حل مشکل کمبود ویتامین A در این کشورها است (Dubock. 2019). از فواید محصولات تراریخته، به غیر از مواردی که در بالا به آنها اشاره شد، می توان به افزایش خاصیت غذایی محصولات، استفاده از مهندسی ژنتیک برای تثبیت نیتروژن توسط خود گیاه به جای تامین نیتروژن گیاه با کودهای شیمیایی که هزینه زیاد و اثرهایی بر روی محیط زیست دارد، تقویت فتوسنتز گیاهانی که فتوسنتز ضعیفی دارند و افزایش بازده آنها و ایجاد گیاهان مقاوم به خشکی، مقاوم به آفات و مقاوم به سرما اشاره کرد (Rani and Usha, 2013).

مخالفان تراریخته و ایمنی زیستی محصولات تراریخته

یکی از نگرانی‌هایی که گاهی توسط برخی رسانه‌ها و افراد غیرمتخصص و ناآگاه به آن دامن زده می‌شود این است که سلامت انسان با مصرف محصولات تراریخته و فرآورده‌های ناشی از آنها به مخاطره می‌افتد (Qaim. 2020). هر چند مسئولان نظارتی در بسیاری از کشورها هیچ مدرکی دال بر خطر دست‌ورزی ژنتیکی از نظر ایمنی غذایی پیدا نکرده‌اند، با این وجود، سازمان‌های نظارتی و مخالفان محصولات تراریخته بر این باورند که برخی از صفات ژنتیکی وارد شده با روش دست‌ورزی ژنتیکی ممکن است

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

باعث ایجاد مشکلاتی گردند. تصور می‌شود که وجود ژن‌های خارجی ممکن است با تغییر مسیر متابولیسمی گیاه باعث سنتز ترکیبات ناشناخته، سمی یا حساسیت‌زای جدیدی شود. هر چند این موضوع ممکن است در برخی موارد واقعیت داشته باشد ولی، پس از یک دهه کشت این گیاهان در مقیاس وسیع در جهان هیچ موردی از مشکل ایمنی غذایی محصولات تراریخته‌ای که امروزه تولید می‌شوند، ذکر نشده است، واقعیتی که امروزه حتی توسط منتقدان این فناوری هم تأیید می‌شود (Muzhinji and Ntuli, 2021).

به‌طور خلاصه، مضرات محصولات تراریخته از نظر مخالفان ایجاد سموم و توکسین‌ها، خسارت به کیفیت غذا، مقاومت به آنتی بیوتیک، افزایش باقیمانده آفت‌کش‌ها در خاک و محصولات زراعی، آلودگی ژنتیکی، خسارت به حشرات مفید و حاصلخیزی خاک، ایجاد ویروس‌ها و باکتری‌های جدید، خطرات اجتماعی و اقتصادی و حساسیت غذایی است (Prakash et al. 2011)، که از بین موارد ذکر شده حساسیت غذایی در پژوهش حاضر مدنظر قرار دارد.

حساسیت

حساسیت یک بیماری است که در آن پاسخ‌های سیستم ایمنی با واسطه آنتی‌بادی IgE در واکنش به برخی آنتی‌ژن‌ها رخ می‌دهد و این آنتی‌ژن‌ها که به‌طور معمول بی‌ضرر هستند، به ساختار تغییریافته، حمله می‌کند. آلرژن پروتئین یا گلیکو پروتئینی است که توسط ایمونوگلبولین E (IgE) شناسایی می‌شود. IgE به‌وسیله سیستم ایمنی افراد تولید می‌شود اما افراد دارای حساسیت در برخورد با برخی آنتی‌ژن‌ها میزان زیادی از IgE را تولید می‌کنند (Grief. 2016). سازمان جهانی حساسیت اعلام کرده است در حال حاضر ۳۰ تا ۴۰ درصد جمعیت جهان از بیماری حساسیت رنج می‌برند و شیوع این اپیدمی رو به افزایش است (Ansotegui et al. 2020). نیشکر به‌عنوان یک محصول صنعتی تولیدکننده قند در نظر گرفته می‌شود. در حال حاضر تعداد نیشکر تراریخته در بازار رو به افزایش است. بنابراین، بررسی حساسیت‌زاها و سموم بالقوه در نیشکر تراریخته ضروری است، زیرا اطلاعات کمتری در مورد ایمنی مواد غذایی برای مصرف انسان وجود دارد. بیوانفورماتیک و تجزیه و تحلیل تجربی برای ارزیابی پتانسیل حساسیت‌زایی نیشکر تراریخته با بیان بیش از حد ساکارز فسفات سنتاز (SPS) استفاده شد. تجزیه و تحلیل بیوانفورماتیک نشان داد که SPS هیچ تشابهی با هیچ پروتئین حساسیت‌زا ندارد (Neliana et al. 2019).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

سازوکار کلی ایجاد حساسیت

مراحل بروز حساسیت پس از آن که یک سیستم ایمنی فوق حساس در معرض آلرژن قرار گیرد، به شرح زیر است:

۱- بدن نوع خاصی پادتن بنام IgE تولید می‌کند.

۲- IgEها به سطح ماست‌سل‌ها (mast cells) متصل می‌شوند. این سلول‌ها در دستگاه تنفسی و دستگاه گوارشی، که محل اصلی ورود حساسیت‌زاها است، فراوان هستند.

۳- در صورتی‌که فرد بار دیگر در معرض همان حساسیت‌زا قرار گیرد، حساسیت‌زاها به IgEهای موجود بر سطح ماست‌سل‌ها می‌چسبند.

۴- این اتصالات سه‌گانه حساسیت‌زا، IgE و ماست‌سل‌ها، منجر به آزادسازی هیستامین و اینترلوکین می‌شود. این مواد عامل اصلی بروز بسیاری از علایم حساسیت مانند خارش گلو، آب ریزش بینی، اشک ریزش، عطسه و سرفه هستند. اگر ماده حساسیت‌زا در هوا باشد، واکنش حساسیت در چشم‌ها، بینی و ریه بروز می‌کند و اگر این ماده خوراکی باشد، واکنش حساسیت در بخش‌های مختلف دستگاه گوارش ظاهر می‌شود. گاهی واسطه‌های شیمیایی آزاد شده در بدن به قدری زیاد است که علایم بسیار حادی نظیر کهیر، کاهش فشار خون، شوک یا بیهوشی نیز به وجود می‌آید (Moriyama. 2015).

انواع حساسیت‌زاهای غذایی

با وجود اینکه رژیم غذایی دارای تنوع بسیار وسیعی است، اما فقط تعداد محدودی از مواد غذایی هستند که بیشترین سهم را در تولید حساسیت غذایی ایفا می‌کنند. براساس محل تحریک سیستم ایمنی و ایجاد پاسخ حساسیت دو نوع حساسیت‌زای غذایی تعریف شده است:

حساسیت‌زاهای غذایی نوع اول: این نوع به دلیل تحریک سیستم ایمنی باعث ایجاد پاسخ علیه مواد غذایی در روده می‌شوند. این مواد گلیکوپروتئین‌های محلول در آب، با وزن مولکولی حدود ۱۰ تا ۷۰ کیلو دالتون هستند و در برابر محیط اسیدی، آنزیم‌های پروتئولیتیک و حرارت مقاومند (Sampson. 2003).

حساسیت‌زاهای غذایی نوع دوم: این نوع، دارای واکنش متقاطع (تشابه ساختمانی) با حساسیت‌زاهای موجود در هوا (اغلب گرده گیاهان) هستند، بنابراین مرحله اول حساس‌سازی افراد، برخورد با حساسیت‌زای استنشاقی است. در مرحله بعد اگر فرد از ماده خوراکی که تشابه آنتی‌ژنی با حساسیت‌زاهای استنشاقی دارد، استفاده

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

کند، این ماده خوراکی باعث حساسیت می‌شود. اغلب حساسیت‌زاهای غذایی نوع دوم، پروتئین‌های منشأ گرفته از گیاهان هستند (Kelso. 2000).

مواد غذایی مصرفی توسط انسان، مخلوط پیچیده‌ای از هزاران مولکول متنوع با خصوصیات فیزیک و شیمیایی مختلف است. علی‌رغم تنوع بسیار وسیع در رژیم غذایی فقط تعداد محدودی از مواد غذایی هستند که بیشترین سهم را در تولید حساسیت غذایی ایفا می‌کنند. انواع مواد غذایی حساسیت‌زا با منشأ گیاهی عبارتند از غلات (گندم و جو)، نخود، سویا، بادام‌زمینی، جعفری، کرفس، هویج، بادنجان، گوجه‌فرنگی و میوه‌ها (سیب، هلو و فندق) که امروزه ۸ ماده غذایی سویا، گندم، شیر، بادام‌زمینی، آجیل درختی، صدف، ماهی و تخم مرغ باعث ۹۰ درصد حساسیت‌های غذایی در ایالات متحده هستند (Soon. 2018).

میزان و درصد پروتئین‌های موجود در مواد غذایی بسیار متنوع است. بخش پروتئینی غذاها، منشأ اصلی ایجاد حساسیت در افراد مستعد است که اغلب گلیکوپروتئین‌هایی با وزن ۶۵ تا ۷۸ کیلو دالتون هستند. لازم به ذکر است که یک ماده غذایی حساسیت‌زا ممکن است دارای چندین ماده حساسیت‌زا باشند (William et al. 2004).

ایمنی زیستی و ارزیابی محصولات تراریخته از لحاظ حساسیت‌زایی

ایمنی زیستی گیاهان تراریخته یکی از ضروریات مهم تجاری‌سازی و استفاده از آن‌ها به شمار می‌رود (Stevenson et al. 2012). یکی از مهم‌ترین موارد ایمنی زیستی، اطمینان از غیرحساسیت‌زا بودن پروتئین‌های ورودی به این محصولات است. آلرژن، پروتئین یا گلیکوپروتئینی است که توسط IgE سیستم ایمنی افراد دارای حساسیت شناسایی می‌شود (Mills and Breiteneder, 2005).

شناسایی پتانسیل حساسیت در هر زمان که یک پروتئین جدید در تماس با انسان قرار می‌گیرد، اعم از طریق مواد غذایی، مواد آرایشی و یا حالت‌های دیگر تماس، یک مسئله بسیار مهم است (Lemaux. 2008).

ارزیابی ایمنی یک گیاه تراریخته فرآیندی بسیار دقیق و کامل است که با استفاده از روش‌های ارزیابی ایمنی مورد قبول سازمان‌ها و توافق‌نامه‌های بین‌المللی FAO، WHO، Codex، OECD و پروتکل ایمنی زیستی کارتاهنا انجام می‌شود. از آن جایی‌که هیچ روش قطعی برای پیش‌بینی پتانسیل حساسیت‌زایی پروتئین‌های غذایی کافی نیست، بنابراین توصیه می‌شود روند

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

ارزیابی ریسک پروتئین‌های جدید در محصولات تراریخته با رویکردی گام به گام اجرا شود که اطلاعات مختلف در مورد محصول را از زوایای متفاوتی ارائه دهد (Codex. 2009):

۱) ارزیابی منبع ژن

اطلاع از تاریخچه‌ی طبیعی منبع ژن منتقل شده، برای ایمنی غذای حاصل از آن بسیار حیاتی است. بسیاری از پروتئین‌های حساسیت‌زا در ۲۰ سال گذشته شناسایی شده‌اند و نشریات اخیر شواهد قطعی‌تری را در مقایسه با سال ۱۹۹۰ توصیف می‌کنند. اگرچه منابع پروتئینی حساسیت‌زا حاوی صدها تا هزاران پروتئین هستند، اما تنها چند پروتئین از هر منبع آلرژن نشان داده شده است (IUIS. 2011).

هشت ماده غذایی سویا، گندم، شیر، بادام‌زمینی، آجیل درختی، صدف، ماهی و تخم مرغ باعث ۹۰ درصد حساسیت‌های غذایی در ایالات متحده هستند که یکی از مهم‌ترین تصمیمات مورد پذیرش سازمان FAO، ممنوعیت استفاده از ژن‌های این منابع در محصولات تراریخته است. بررسی منبع ژن در بررسی حساسیت‌زایی محصولات تراریخته بسیار مهم است (López-Pedrouso. 2020).

۲) بررسی همسانی توالی پروتئین تازه وارد شده با حساسیت‌زاهای شناخته شده

جستجوی شباهت توالی یک پروتئین جدید و حساسیت‌زاهای شناخته‌شده، مرحله اولیه در فرآیند ارزیابی ایمنی است (Schein et al. 2007). ارزیابی حساسیت‌زایی پروتئین‌های جدید در محصولات تراریخته براساس مقررات سازمان‌های بین‌المللی FAO و WHO در سه سطح محاسبه مشابهت توالی کامل، توالی ۸۰ اسیدآمینه‌ای و توالی ۶ تا ۸ اسیدآمینه‌ای انجام می‌شود (Ladics and Selgrade, 2009).

به‌تازگی تعدادی پایگاه اطلاعاتی آلرژن‌ها توسعه یافته که برای بررسی دقیق ساختارها و به دست آوردن مشابهت‌های ساختاری مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله مهم‌ترین پایگاه‌های اطلاعاتی IUIS، All Allergy، Allergome، CSL، Inform AllergoPharma، All و SDAP هستند. بانک‌های آلرژن نام برده شده هیچکدام به تنهایی کامل نیستند و از این پایگاه‌های داده برای ارزیابی بیوانفورماتیکی حساسیت‌زایی پروتئین‌ها استفاده می‌شود. ارزیابی مناسب مستلزم داشتن پایگاه داده‌ای دقیق و ابزار تراز و معیارهای مناسب است (Goodman. 2006).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

۳) سطح بیان پروتئین جدید در محصول تراریخته

یکی از ویژگی‌های اصلی پروتئین‌های حساسیت‌زا این است که به‌طور معمول در غلظت های بالا در منبع غذایی بیان می‌شوند (Pomes et al. 2006). به‌عنوان مثال، پروتئین‌های حساسیت‌زا Ara h1، Pru p3 و Gly m5 به‌ترتیب در ppm ۱۰۰۰ تا ۱۰۰۰۰ در بادام‌زمینی، هلو و سویا وجود دارند (Larocca et al. 2013). بیان پروتئین‌ها در دانه‌های محصولات تراریخته به‌طور معمول در غلظت‌های ppm ۱/۰ تا ۱۰۰ است که از مقدار پروتئین‌های حساسیت‌زا کمتر هستند (Hammond et al. 2007). با وجود سطح پایین بیان پروتئین‌های حاصل از تغییرات ژنتیکی در محصولات زراعی و قرار گرفتن انسان در معرض مقادیر کم، مطالعات زیادی برای ارزیابی پتانسیل حساسیت‌زایی پروتئین‌های جدید در افراد مبتلا به حساسیت انجام شده است. این مطالعات هیچ مدرکی در مورد حضور IgE این پروتئین‌ها در افراد مبتلا به حساسیت پیدا نکرده است (Nakajima et al. 2010).

۴) غربالگری سرم برای واکنش با IgE از سرم فرد مبتلا به حساسیت محصولات تراریخته

غربالگری سرم به‌منظور بررسی پروتئین مظنون، توسط آنتی‌بادی فرد حساس انجام می‌شود. زمانی که شباهت پروتئین موردنظر با حساسیت‌زاهای هدف مطرح است سرم بیماران مبتلا به حساسیت به حساسیت‌زاهای هدف جهت پیدا کردن اینکه آیا پروتئین موردنظر در بیماران حساس ایجاد واکنش می‌کند، تست می‌شود (Panda et al. 2013).

از ۸۳ مطالعه، دو مورد از مدل‌های حیوانی، نشان‌دهنده افزایش IgE اختصاصی سرم در نمونه‌های تغذیه شده با تراریخته و افزایش تعداد ائوزینوفیل سرم و سیتوکین‌های سلول نوع ۲ سلول T-helper پس از قرار گرفتن در معرض محصول تراریخته (ذرت تراریخته) در مقایسه با نمونه معمولی آن بود. با این حال، هیچ یک از مطالعات نشان نداد که این نشانگرهای مولکولی افزایش‌یافته، منجر به ایجاد حساسیت بالینی در مدل‌های موشی می‌شود (Andreassen, Bohn and Wikmark, 2015).

۵) آزمایش مقاومت در برابر تخریب پپسین

اکثر پروتئین‌های غذایی به سرعت توسط پپسین و سایر پروتئازهای دستگاه گوارش هضم می‌شوند و قرار گرفتن پپتیدهای سالم و دست نخورده در معرض سیستم ایمنی روده برای ایجاد واکنش‌های حساسیت‌زا محدود می‌شود. مشاهدات کلی مبنی‌بر اینکه بسیاری از مواد حساسیت‌زای مهم، در هضم

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

با پپسین پایدار بوده و برخی پس از پختن نیز هنوز قادر به ایجاد واکنش حساسیت هستند وجود دارد. این خواص به‌عنوان شاخص‌هایی تلقی می شود که نشان می‌دهد یک پروتئین غذایی خاص ممکن است در برخی از مصرف‌کنندگان ایجاد حساسیت کند (Sicherer. 2011).

این آزمون در حال حاضر تنها پارامتری است که به پیش‌بینی حساسیت غذایی کمک می‌کند. بدون شک، سالم ماندن در دستگاه گوارش نقش مهمی در ظرفیت حساس‌سازی برخی از مواد حساسیت‌زای غذایی دارد، اما همانطوری‌که در بررسی Kenna و Evens در سال ۲۰۰۰ نشان داده شده، این برای همه مواد حساسیت‌زای غذایی درست نیست (Kenna and Evens, 2000). با این حال، برخی مطالعات نشان داده‌اند که ارتباط بین میزان تجزیه و تخریب یک پروتئین و از دست دادن پتانسیل حساسیت‌زایی آن، مطلق نیست (Fu et al. 2002; Herman et al. 2006). علاوه‌بر این موارد، استفاده از مدل‌های حیوانی برای پیش‌بینی احتمال حساسیت‌زایی پروتئین‌های جدید پیشنهاد شده است. از سال ۱۹۹۶ که محصولات تراریخته به بازار عرضه شدند، عوارض جانبی منفی آنها بر روی انسان و حیوانات گزارش نشده است (Ladics et al. 2015).

یکی از جنبه‌های اصلی این ارزیابی، تعیین پتانسیل حساسیت‌زایی محصول تراریخته و جلوگیری از ورود یک ماده حساسیت‌زای شناخته‌شده یا جدید به منبع غذایی است. همچنین در ارزیابی ایمنی با استفاده از حیوانات آزمایشگاهی، با مقایسه سطح حساسیت‌زاهای درون‌زای محصولات تراریخته نسبت به محصولات غیرتراریخته، اطمینان بیشتری نسبت به عدم ایجاد تغییرات مهم در محصولات ایجاد می‌شود. این مرحله از آزمایش برای محصولات تراریخته لازم نیست، اما این اطمینان را به مردم می‌دهد که مصرف غذاهای حاصل از محصولات تراریخته بی‌خطر هستند (Hoff et al. 2007).

مطالعات حساسیت‌زایی میدانی گیاهان تراریخته

با اینکه انسان‌های زیادی طی سالیان متمادی در معرض پروتئین‌های جدید قرار گرفته‌اند، اما هرگز گزارشی در مورد پاسخ حساسیتی انسانی نسبت به این پروتئین‌ها اعلام نشده است.

در بررسی منابعی که توسط دون و همکاران در ارتباط با حساسیت‌زایی گیاهان تراریخته انجام شد و شامل ۸۳ مقاله معتبر علمی بود، به‌طور خلاصه نتایج زیر حاصل شد. ۱- محصولات غذایی تراریخته در ظاهر حساسیت‌زا نبوده یا نسبت به

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

نمونه‌های غیرتراریخته حساسیت‌زا نیستند. ۲- هیچ مطالعه کنترل شده‌ای وجود ندارد که اطلاعاتی را تأیید یا رد کند که مصرف محصولات غذایی تراریخته خطر ابتلا به ایجاد حساسیت را افزایش می‌دهد (Dunn et al. 2017).

در یک بررسی که شامل ۴۷ مطالعه حیوانی و ۳۳ مطالعه انسانی بود، مشخص شد که محصولات تراریخته یا حساسیت‌زا نیستند و یا از محصولات غیرتراریخته حساسیت‌زاتر نیستند (Andreassen, Rocca and Bohn, 2015). در مطالعه‌ای که جهت بررسی حساسیت‌زایی بادام‌زمینی انجام شد، مشخص شد که در مقایسه با محصول غیرتراریخته اتصال ضعیف‌تری به IgE داشتند (Dubois et al. 2015).

باتیستا و همکاران برای اثبات عدم حساسیت‌زایی نمونه‌های تراریخته سویا و ذرت از ۱۰۶ نفر استفاده کردند. آن‌ها عصاره‌های پروتئین‌های تهیه شده از ذرت تراریخته (MON810، Bt11، T25، Bt1761)، سویا (roundup ready) و نمونه‌های غیرتراریخته را روی دو گروه حساس کودکان و افراد مبتلا به بیماری تنفسی مورد بررسی قرار دادند. هیچ یک از افرادی که تحت آزمایش بودند واکنش متفاوتی به نمونه‌های تراریخته و غیرتراریخته مورد مطالعه، نشان ندادند. همچنین هیچ یک از افراد آنتی‌بادی‌های IgE قابل تشخیص را در برابر پروتئین‌های تراریخته خالص تولید نکردند. نتایج این آزمایش نشان داد که محصولات تراریخته تحت آزمایش از نظر پتانسیل حساسیت‌زایی، ایمن هستند (Batista et al. 2005).

یکی از مهم‌ترین نمونه‌های محصولات تراریخته، ذرت StarLink است که برای تولید توکسین Bt، Cry9C که باعث بیان مطلوب از نظر صفات کشاورزی (حشره‌کش) می‌شود، اصلاح شد. مرکز کنترل و پیشگیری از بیماری‌ها، ۵۱ گزارش در مورد واکنش‌های جانبی احتمالی به این ذرت را پس از صدور مجوز مورد بررسی قرار دادند و واکنش‌های حساسیت تأیید نشد (Bernstein et al. 2003). سعیدی و همکاران در ارتباط با بررسی پتانسیل حساسیت‌زایی محصولات تراریخته از تجزیه و تحلیل بیوانفورماتیکی سه پایگاه داده آلرژن (Allergenonline، SDAP و Allermatch) برای شش پروتئین مهم محصولات تراریخته استفاده کردند. نتایج نشان داد که پروتئین هورمون رشد، Cry1AC، CspB و Rpi-vnt1.2 هیچ شباهتی با پروتئین‌های حساسیت‌زا نداشت (Saidi et al. 2021).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

بحث و نتایج

استفاده هرچه بیشتر از محصولات تراریخته به‌منظور رفع نیازهای بشر، گزینه گریزناپذیر متخصصان و مسئولان است، اما آنچه در این‌باره اهمیت زیادی دارد استفاده ایمن از این محصولات است. تمامی سازمان‌های مسئول بین‌المللی از جمله WHO، FAO و سازمان ایمنی غذایی اتحادیه اروپا (EFSA) اعلام کرده‌اند که محصولات تراریخته موجود در بازار هدف، مورد پژوهش‌های علمی بسیار دقیق و کاملی قرار گرفته و سلامت و ایمنی آنها کاملاً تأیید شده است. به عبارتی محصولات تراریخته تایید شده دارای مجوز موجود در بازار همگی ایمن و سالم هستند (Kamle and Ali, 2013). هیچ مدرکی وجود ندارد که نشان دهد خوردن یک گیاه زراعی به صرف تراریخته بودن آن خطرناک است. ملاحظات احتمالی مرتبط با ژن‌های جدید وارد شده به گیاهان همواره با آزمایش‌های دقیق مورد بررسی قرار می‌گیرد تا گیاه تراریخته‌ای تجاری شود که هیچگونه خطری برای سلامتی مصرف‌کننده نداشته باشد. از ۲۰ سال پیش که اولین محصولات تراریخته در جهان به‌صورت تجاری کشت و مصرف شده‌اند تا به حال مدرک معتبری دال بر اثرات بیماری‌زایی مرتبط با مصرف طولانی‌مدت گیاه تراریخته تجاری‌شده در بازار وجود نداشته است. در واقع سلامت و ایمنی محصولات تراریخته تجاری‌شده نسبت به محصولات غیرتراریخته اگر کمتر نباشد بیشتر نخواهد بود (Sharma. 2019).

اکثر ژن‌های وارد شده به گیاهان تراریخته پروتئین‌هایی را تولید می‌کنند که در سطوح پایین بیان می‌شوند یا سابقه استفاده ایمن دارند و یا شبیه پروتئین‌های معمولی هستند (Betz et al. 2000). تعداد محدودی از محصولات غذایی تراریخته وجود دارد که برای مصرف انسان تأیید شده‌اند، اما استفاده از محصولات غذایی تراریخته به‌عنوان خوراک دام مرسوم‌تر است. ارزیابی حساسیت‌زایی پروتئین‌های جدید در موجودات تراریخته براساس مقررات سازمان‌های بین المللی نظیر FAO و WHO در سه سطح محاسبه مشابهت توالی کامل، توالی ۸۰ اسیدآمینه‌ای (دامنه) و توالی ۶ تا ۸ اسیدآمینه‌ای انجام می‌شود (Konig et al. 2004). این آنالیزها به‌وسیله پایگاه‌های اطلاعاتی آلرژن انجام می‌شود. بر اساس داده‌هایی که در این بررسی سیستماتیک تا به امروز به دست آمده، نتیجه‌گیری می‌شود که، محصولات تراریخته از نظر حساسیت‌زایی بیشتر از نمونه‌های غیرتراریخته حساسیت‌زا نیستند. شواهد محدودی

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

شناسایی شده که بر اساس آن‌ها اصلاح ژنتیکی، در برخی موارد، منجر به کاهش توانایی اتصال IgE در افراد مبتلا به حساسیت در مقایسه با نمونه غیرتراریخته خود شده است، که می‌تواند نشانگر کاهش حساسیت در محصولات تراریخته باشد، اگرچه این مفهوم به مطالعه قوی‌تر نیاز دارد. تاکید بر این نکته مهم است که حساسیت‌زاهای شناخته شده برای یک فرد، چه به شکل تراریخته یا به صورت غیرتراریخته، همچنان در آن فرد حساسیت‌زا خواهد بود و باید از آن اجتناب شود (Wal. 2015). از آنجایی‌که هیچ رویکرد واحدی برای ارزیابی حساسیت‌زایی، به‌طور کامل پتانسیل حساسیت‌زایی یک پروتئین غذایی را تعیین نمی‌کند، به نظر می‌رسد بهترین رویکرد فعلی استفاده از ترکیبی از تکنیک‌ها به‌صورت سازمان‌یافته و سازگار، برای ارائه یک ارزیابی ایمنی دقیق باشد. واکنش IgE در انسان یک رویکرد مستقیم در ارزیابی تشخیص ایمنی مستقیم است، اما این بررسی تنها در صورتی انجام می شود که پروتئین مورد ارزیابی، دارای خصوصیات همولوژیک با یک حساسیت‌زای شناخته شده باشد. در عمل، پروتئین‌های همولوگ حساسیت‌زاها، اغلب پس از تجزیه و تحلیل بیوانفورماتیکی به‌طور کلی حذف نمی‌شوند و مورد بررسی‌های فراوانی قرار می‌گیرند (Metcalfe. 2005). در حال حاضر هیچ تجزیه و تحلیلی به تنهایی نمی‌تواند حساسیت‌زایی یک پروتئین جدید را به‌طور کامل پیش‌بینی کند. برای ارزیابی حساسیت‌زایی محصولات تراریخته با روش WOE (weight-of-evidence)، توصیه می‌شود موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

۱- منبع ژن مورد استفاده: آیا جزو حساسیت‌زاهای رایج است ؟

۲- داده‌های بیوانفورماتیکی: برای جستجوی توالی با مطابقت بیشتر از ۳۵٪ در طول ۸۰ اسیدآمینه.

۳- تست IgE: آیا پروتئین ورودی جدید به آنتی بادی‌های IgE متصل می‌شوند؟

۴- تست ثبات: آیا پروتئین بیان‌شده در برابر هضم توسط پپسین مقاوم است؟

۵- فراوانی: آیا پروتئین جدید در غذا فراوان و پایدار است؟ (Kleter and Peijnenburg, 2004).

غذاهای تراریخته حساسیت بیشتری نسبت به غذای غیرتراریخته ندارند و تا به امروز هیچ مدرک مستندی وجود ندارد که نشان دهد مصرف گیاهان تراریخته باعث ایجاد حساسیت به آن ماده غذایی خاص در افرادی که در ابتدای آزمایش حساسیت ندارند، می‌شود (Taylor. 2006).

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

References فهرست منابع

Andreassen M, Bohn T, Wikmark OG. 2015. Cry1Ab protein from Bacillus thuringiensis and MON810 cry1Ab-transgenic maize exerts no adjuvant effect after airway exposure. Scand J Immunol. 81: 192-200.

Andreassen M, Rocca E, Bohn T. 2015. Humoral and cellular immune responses in mice after airway administration of Bacillus thuringiensis Cry1Ab and MON810 cry1Ab-transgenic maize. Food Agric Immunol. 26: 521-537.

Ansotegui I, Melioli G, Canonica G, Caraballo L, Villa E, Ebisawa M, Passalacqua G, Savi E, Ebo D, Gómez RM, Sánchez OL, Oppenheimer JJ, Jensen-Jarolim E, Fischer DA, Haahtela T, Antila M, Bousquet JJ, Cardona V, Chin Chiang W, Demoly PM, DuBuske LM, Ferrer Puga M, van Wijk RG, González Díaz SN, Gonzalez-Estrada A, Jares E, Füsun Kalpaklioğlu A, Kase Tanno L, Kowalski ML, Ledford DK, Monge Ortega OP, Almeida MM, Pfaar O, Poulsen LK, Pawankar R, Renz HE, Romano AG, Rosário Filho NA, Rosenwasser L, Sánchez Borges MA, Scala E, Senna G-E, Sisul JC, Tang MLK, Yu-Hor Thong B, Valenta R, Wood RA, Zuberbier T. 2020. IgE allergy diagnostics and other relevant tests in allergy, a World Allergy Organization position paper. World Allergy Organization Journal. 13: 25-28.

Arpaia S, Smagghe G and Sweet J. 2021. Biosafety of bee pollinators in genetically modified agro- ecosystems: Current approach and further development in the EU. Pest Management Science. 77(6): 2659-2666.

Babu RM, Sajeena A, Seetharaman K, Reddy MS. 2003. Advances in genetically engineered (transgenic) plant in pest management-an overview. Crop Protect. 22: 1071-1086

Ballmer-Weber B.K, Holzhauser T, Scibilia J, Mittag D, Zisa G, Ortolani C, Oesterballe M, Poulsen L.K, Vieths S, Bindslev-Jensen C. 2007. Clinical characteristics of soybean allergy in Europe: a double-blind, placebo-controlled food challenge study. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 119: 1489-1496.

Barrows G, Sexton S, Zilberman D. 2014. Agricultural biotechnology: The promise and prospects of genetically modified crops. Journal of Economic Perspectives. 28: 99–120.

Batista R, Nunes B, Carmo M, Cardoso C, São José H, de Almeida AB, Manique A, Bento L, Ricardo CP, Oliveira M. 2005. Lack of detectable allergenicity of transgenic maize and soya samples. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 116: 403-410.

Bernstein A, Bernstein L, Bucchini L, Goldman R, Hamilton G, Lehrer S, Rubin C, Sampson A. 2003. Clinical and laboratory investigation of allergy to genetically modified foods. Environmental Health Perspectives. 111: 1114-1121.

Betz FS, Hammond BG, Fuchs RL. 2000. Safety and advantages of *Bacillus thuringiensis*-protected plants to control insect pests. Regul Toxicol Pharmacol. 32:156–73.

Bonny S. 2016. Genetically modified herbicide-tolerant crops, weeds, and herbicides: overview and impact. Environmental management. 57: 31-48.

Bruderer S, Leitner K. 2003. Genetically modified (GM) crops: molecular and regulatory details. BATS Report (Center for Biosafety and Sustainability).4: 155-169.

Buchanan B. 2001. Genetic engineering and the allergy issue. Plant Physiology. 126: 5-7.

Burmeister A. 2015. Horizontal gene transfer. Evolution, medicine, and public health. 52: 193-194.

Codex Alimentarius Guidelines. 2009. Foods derived from modern biotechnology. 2nd ed. Rome: World Health Organization and Food and Agricultural Organization of the United Nations. p. 7–34. Includes the Guideline for the conduct of food safety assessment of foods derived from recombinant DNA plants. CAC/ GL 45–2003, as amended in 2008. Available on the FAO website as ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1554e00.pdf.

Conner A, Glare T, Nap J. 2003. The release of genetically modified crops into the environment. The Plant Journal. 33: 19-46.

Devose Y, Maeseele P, Reheul D, Speyboeck LN, Waele DD .2008. Ethics in the societal debate on genetically modified organisms: A request for sense and sensibility. Journal of Agricultural and Environmental Ethics. 21:29–61.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

Du Toit G, Roberts G, Sayre PH, Bahnson HT, Radulovic S, Santos AF, Brough HA, Phippard D, Basting M, Feeney M, Turcanu V, Sever ML, Gomez Lorenzo M, Plaut M, Lack G. 2015. Randomized trial of peanut consumption in infants at risk for peanut allergy. The New England Journal of Medicine. 372: 803-813.

Dubock A. 2019. Golden rice: To combat vitamin A deficiency for public health. Vitamin A. 25: 1-21.

Dubois AEJ, Pagliarani G, Brouwer RM, Kollen BJ, Dragsted LO, Eriksen FD, Callesen O, Gilissen LJWJ, Krens FA, Visser RGF, Smulders MJM, Vlieg-Boerstra BJ, Flokstra-de Blok BJ, van de Weg WE. 2015. First successful reduction of clinical allergenicity of food by genetic modification: Mal d 1-silenced apples cause fewer allergy symptoms than the wild-type cultivar. Allergy. 70: 1406-1412.

Dunn SE, Vicini JL, Glenn KC, Fleischer DM, Greenhawt MJ. 2017. The allergenicity of genetically modified foods from genetically engineered crops: a narrative and systematic review. Annals of Allergy, Asthma & Immunology. 119: 214-222

European Commission. 2010. A decade of EU-funded GMO research. European Union. 29. Stanciu S, Sarbu R. Research on the use of GMOs in Romanian food production. J East Eur Res Bus Econ. 2169 - 0367.

FAO. 2019. FAO GM Foods Platform. Global outlook – Number of records by commodity. In: FAO Food Safety and Quality Unit [online]. Rome. [Cited 30 September 2019]. http://www.fao.org/food/food-

FAO. 2020. Biotechnology (GM food). In: Food Safety and Quality Unit [online]. Rome. [Cited 30 September 2019]. http://www.fao.org/food/food-safety-quality/a-z-index/ biotechnology/en/

Fu TJ, Abbott UR, Hatzos C. 2002. Digestibility of food allergens and nonallergenic proteins in simulated gastric fluid and simulated intestinal fluid-a comparative study. J Agric Food Chem. 50:7154-7160.

Goodman RE, Hefle SL, Taylor SL, van Ree R. 2005. Assessing genetically modified crops to minimize the risk of increased food allergy: a review. Int Arch Allergy Immunol. 137:153–66.

Goodman RE. 2006. Practical and predictive bioinformatics methods for the identification of potentially cross-reactive protein matches. Mol Nutr Food Res. 50:655–60.

Grief S. 2016. Food Allergies. Primary Care. 43: 375-391.

Guan Z, Guo B, Huo Y, Guan Z, Dai J, Wei Y. 2013. Recent advances and safety issues of transgenic plant-derived vaccines. Applied microbiology and biotechnology. 97: 2817-2840.

Gupta RS, Springston EE, Warrier MR. 2011. The prevalence, severity, and distribution of childhood food allergy in the United States. Pediatrics. 128: 9-17.

Hammond BG, Cockburn A. 2007. The safety assessment of proteins introduced into crops developed through agricultural biotechnology: a consolidated approach to meet current and future needs. Boca Raton, FL: CRC Press. 119: 259-288.

Harlander SK. 2002. The evolution of modern agriculture and its future with biotechnology. J Am Coll Nutr. 21: 161–5.

Herman R, Gao Y, Storer N. 2006. Acid-induced unfolding kinetics in simulated gastric digestion of proteins. Regul Toxicol Pharmacol. 46: 93-99.

Hoff M, Son DY, Gubesch M, Ahn K, Lee S-Il, Vieths S, Goodman RE, Ballmer-Weber BK, Bannon GA. 2007. Serum testing of genetically modified soybeans with special emphasis on potential allergenicity of the heterologous protein CP4 EPSPS. Molecular Nutrition and Food Research. 8: 946-955.

ISAAA. 2019. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2019.

ISAAA's GM Approval Database.2020. http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/.

IUIS database (database on the internet). 2012. Available from: http://iuisonline.org/iuis/index.php.

Jacobsen S, Sørensen M, Pedersen S, Weiner J. 2013. Feeding the world: genetically modified crops versus agricultural biodiversity. *Agronomy for sustainable development*. 33: 651-662.

James C. 1999. Global review of commercialized transgenic crops. ISAAA.Briefs.12: Preview. ISAAA: Ithaca, NY.

James C .2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. Available at: www.isaaa.org.

James C. 2014. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA Brief. 41:48-56.

James C. 2018. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. ISAAA Brief. 58:28-37.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

Kamle S, Ali S. 2013. Genetically modified crops: detection strategies and biosafety issues. *Gene*. 522: 123-132.

Kenna JG, Evens RM. 2000. Digestibility of proteins in simulated gastric fluid. Toxicologist. 54: 141-142.

Kleter A, Peijnenburg A. 2004. Prediction of the potential allergenicity of novel proteins. Gilissen LJEJ, Wichers HJ, Savelkoul HFJ, Bogers RJ. (**Eds**.). Volume 10 Allergy Matters: New Approaches to Allergy Prevention and Management. 2006, 205 p., Softcover ISBN: 978-1-4020-3896-9. 6-12.

Kleter GA, Noordam MY. 2015. Safety assessment of genetically modified foods. Advances in Food. P: 27.

Konig A, Cockburn A, Crevel RW, Debruyne E, Grafstroem R, Hammerling U, Kimber I, Knudsen I, Kuiper HA, Peijnenburg AACM, Penninks AH, Poulsen M, Schauzu M, Wal JM. 2004. Assessment of the safety of foods derived from genetically modified (GM) crops. Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association. 42: 1047-88.

Ladics GS, Selgrade MK. 2009. Identifying food proteins with allergenic potential: evolution of approaches to safety assessment and research to provide additional tools. Regulatory Toxicology and Pharmacology. 54: S2-S6.

Ladics GS, Bartholomaeus A, Bregitzer P, Doerrer NG, Gray A, Holzhauser T, Jordan M, Keese P, Kok E, Macdonald P, Parrott W, Privalle L, Raybould A, Yon Rhee S, Rice E, Romeis J, Vaughn J, Wal J-M, Glenn K. 2015. Genetic basis and detection of unintended effects in genetically-modified crop plants. Transgenic Res. 24: 587–603.

Larocca M, Martelli G, Grossi G. 2013. The major allergen of peachdis methylated. A proteomic study. Food Chem. 141: 2765-2771.

Le LQ, Mahler V, Lorenz Y, Scheurer S, Biemelt S, Vieths S, Sonnewald U. 2006. Reduced allergenicity of tomato fruits harvested from Lyc e 1-silenced transgenic tomato plants. Allergy Clin Immunol. 118: 1176–83.

López-Pedrouso M, Lorenzo J, Gagaoua M, Franco D. 2020. Current trends in proteomic advances for food allergen analysis. Biology, 9: 247-257.

Matveeva T, Otten L. 2019. Widespread occurrence of natural genetic transformation of plants by Agrobacterium. Plant Molecular Biology. 101: 415-437.

Metcalfe D. 2005. Genetically modified crops and allergenicity. Nature immunology. 6: 857-860.

Mills EN, Breiteneder H. 2005. Food allergy and its relevance to industrial food proteins. Biotechnology advances. 23: 409-14.

Moriyama T. 2015. Diversity of food allergy. Journal of nutritional science and vitaminology, 61: 106-108.

Muzhinji N, Ntuli V. 2021. Genetically modified organisms and food security in Southern Africa: conundrum and discourse. GM Crops and Food. 12: 25-35.

Nakajima O, Koyano S, Akiyama H, Sawada J-I, Teshima R. 2010. Confirmation of a predicted lack of IgE binding to Cry3Bb1 from genetically modified (GM) crops. Regul Toxicol Pharmacol. 56: 306-311.

Neliana I, Sawitri W, Ermawati N, Handoyo T, Sugiharto B. 2019. Development of allergenicity and toxicity assessment methods for evaluating transgenic sugarcane overexpressing sucrose–phosphate synthase. Agronomy. 9(1): 23.

Panda R, Ariyarathna H, Amnuaycheewa P, Tetteh A, Pramod S, Taylor S, Ballmer-Weber BK, Goodman R. 2013. Challenges in testing genetically modified crops for potential increases in endogenous allergen expression for safety. Allergy, 68(2): 142-151.

Potrykus I, Spangenberg G. 2013. Gene transfer to plants. Springer Science and Business Media.

Prakash D, Verma S, Bhatia R, Tiwary B. 2011. Risks and precautions of genetically modified organisms. International Scholarly Research Notices. p: 369573.

Qaim M. 2020. Role of new plant breeding technologies for food security and sustainable agricultural development. Applied Economic Perspectives and Policy. 42: 129-150. safety-quality/gm-foods-platform/graph/rankingcommodity/en/

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

Saidi A, Hajibarat Z, Hajibarat Z, Tohidfar M. 2021. Bioinformatics evaluation of transgenic organisms for allergenicity potential. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology). 34(4): 1036-1046.

Sampson AH. 2003. Food allergy. J Allergy Clin Immunol. 111: 540-47.

Sampson H, Gerth van Wijk, Bindslev-Jensen C, Sicherer S, Teuber S, Burks W, Dubois A, Beyer K, Eigenmann A, Spergel M, Werfel T, Chinchilli V. 2012. Standardizing double-blind, placebo-controlled oral food challenges: American Academy of Allergy, Asthma & Immunology-European Academy of Allergy and Clinical Immunology PRACTALL consensus report. Journal of Allergy and Clinical Immunology. 130: 1260-1274.

Schein CH, Ivanciuc O, Braun W. 2007. Bioinformatics approaches to classifying allergens and predicting cross-reactivity. Immunology and allergy clinics of North America. 27: 1-27.

Schütte G, Eckerstorfer M, Rastelli V, Reichenbecher W, Restrepo-Vassalli S, Ruohonen-Lehto M, Wuest Saucy A-G, Mertens M. 2017. Herbicide resistance and biodiversity: agronomic and environmental aspects of genetically modified herbicide-resistant plants. Environmental Sciences Europe. 29: 1-12.

Shillito R, Saul H, Paszkowski J, Potrykus I. 2019. Direct gene transfer to plants. In Genetic Manipulation in Plant Breeding. pp. 813-822.

Sicherer S. 2011. Epidemiology of food allergy. J Allergy Clin Immunol. 127:594–602.

Soon J. 2018. Food allergen labelling: "May contain" evidence from Malaysia. Food research international. 108: 455-464.

Sprink T, Metje J, Schiemann J, Hartung F. 2016. Plant genome editing in the European Union-to be or not to be-a GMO. Plant Biotechnology Reports. 10: 345-351.

Stanciu S, Sarbu R. 2019. Research on the use of GMOs in Romanian food production. Journal of Eastern Europe Research in Business and Economics. 2019: 2169-0367.

Stevenson SE, Woods CA, Hong B, Kong X, Thelen JJ, Ladics GS. 2012. Environmental effects on allergen levels in commercially grown non-genetically modified soybeans assessing variation across North America. Frontiers in Plant Science. 3: 196.

Taylor L. 2006. Review of the development of methodology for evaluating the human allergenic potential of novel proteins. Mol. Nutr. Food Res. 50: 604–609.

Tourte Y, Tourte C, Moreau-Vauzelle C. 2019. Genetic engineering and biotechnology: concepts, methods and agronomic applications. CRC Press.

Vats, S. 2015. Herbicides: history, classification and genetic manipulation of plants for herbicide resistance. Sustainable agriculture reviews.153-192.

Venter C, Pereira B, Grundy J. 2006. Incidence of parentally reported and clinically diagnosed food hypersensitivity in the first year of life. Allergy Clin Immunol. 117: 1118-1124.

Wal J. 2015. Assessing and managing allergenicity of genetically modified (GM) foods. In Handbook of Food Allergen Detection and Control (pp. 161-178).

William T, Lanny J, Bruce S. 2004. A classification of plant food allergens. J Allergy Clin Immunol. 133: 821-30.

World Health Organization (WHO). 2007. Micronutrient deficiencies, vitamin a deficiency. Available at: http://www.who.int/nutrition/topics/vad/en/

Zilberman D, Holland T, Trilnick I. 2018. Agricultural GMOs—what we know and where scientists disagree. Sustainability. 10: 1514-1515.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]

Genetically Modified Plants and Food Allergenicity

Sanaz Hemmati Asl1, Ebrahim Dorani2*
1- PhD. Student, Plant Biotechnology Department, University of Tabriz, Iran.
2- Associate Professor, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Tabriz, Iran

dorani@tabrizu.ac.ir

Abstract

The use of genetic engineering in the production of agricultural products and the change of genetic material of living organisms through the transfer of genes from one organism to another, has led to the increasing development of genetically modified foods. This has increased the efficiency of food production, but on the other hand, the introduction of genetically modified foods into the human food chain has raised concerns about the potential dangers of producing and consuming such substances and raised many questions about the possibilities. The occurrence of adverse effects such as food allergies, increased resistance to antibiotics, destructive environmental effects and horizontal transmission of genes in the community has been raised. The first genetically engineered food product (tomato) was introduced in 1996, followed by corn, soybeans, cotton, canola, potatoes, papaya, alfalfa, squash, and sugar beet with specific genetic traits that were successfully developed and commercialized. Biosafety is a set of measures, policies, regulations and methods to ensure that the benefits of new biotechnology are exploited and the possible effects of its application on biodiversity, human health, livestock, plants and the environment are prevented. Even though the safety of any new transgenic product is assessed before commercialization by various regulatory authorities around the world, the general debate about the food safety and allergenicity of transgenic plants and the feed from these plants has not diminished. There are methods to evaluate the safety and allergenic potential of transgenic products. The purpose of this article is to evaluate the allergenic potential of transgenic plants based on scientific articles and authoritative Codex sources in this field.

Keywords: Genetic Engineering, Safety Assessment, Allergenicity, Food Allergy.

[Downloaded from journalofbiosafety.ir on 2026-11-01]

[DOR: 20.1001.1.27170632.1400.14.4.2.5]