



مجله اخلاق پزشکی

دوره پانزدهم، شماره چهل و هشتم، ۱۴۰۰
<https://doi.org/10.22037/mej.v15i46.35268>



مقاله مروری

مهندسی ژنتیک در محصولات غذایی و دارویی: فواید، نگرانی‌ها و ملاحظات اخلاقی

فاطمه زاهدی پور^۱، سیده عاطفه حسینی^۲، امین جلیلی^{۳*}

۱. گروه زیست‌فناوری و نانوفناوری پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۲. گروه زیست‌فناوری و نانوفناوری پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

۳. گروه زیست‌فناوری و نانوفناوری پزشکی، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، مشهد، ایران.

چکیده

زمینه و هدف: به منظور حفظ جمعیت رو به رشد جهان، بایستی تولید محصولات غذایی ۷۰ درصد بیشتر از آنچه تولید امروز است، رشد داشته باشد. یک راه حل قابل توجه و پایدار برای ریشه‌کن کردن گرسنگی استفاده از ارگانیسم‌های اصلاح‌شده ژنتیکی (Genetically Modified Organisms) یا تراریخته است. اصلاحات ژنتیکی منجر به بازده بیشتر در کشاورزی و دامداری و همچنین توسعه داروهای جدید زیستی، واکسن‌ها و پروتئین‌ها شده است. با وجود مزایای بزرگی که مهندسی ژنتیک و تراریخته‌ها می‌توانند داشته باشند، احتمال خطرات و نگرانی‌ها در زمینه‌های خاصی را هم ایجاد می‌کنند، به علاوه با توجه به جدیدبودن این محصولات و همچنین تغییرات وسیعی که در مسائل اقتصادی، اجتماعی، وضعیت سلامت و ایمنی می‌توانند ایجاد نمایند، مسائل مربوط به اخلاق زیستی نیز در مورد آن‌ها اهمیت مضاعف می‌یابد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به روش مروری انجام شده و داده‌های پژوهش با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، Scopus، Pubmed، Google Scholar، بانک اطلاعات نشریات ایران (Magiran)، پایگاه مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) با واژگان کلیدی Ethic، Genetic Engineering، Genetically Modified Organisms و تراریخته گردآوری شد.

ملاحظات اخلاقی: یافته‌های حاصل از این مقالات در تمام مراحل پژوهش بدون سوگیری و با رعایت جنبه‌های اخلاقی عنوان شد.

یافته‌ها: در این بررسی، ابتدا به برخی از تأثیرات مفید این‌گونه محصولات برای انسان و سهم آن‌ها در حفظ منابع موجود اشاره شده است، سپس نگرانی‌های احتمالی در مورد تولید انبوه و مصرف محصولات ژنتیکی و همچنین مسائل مربوط به ایمنی آن‌ها مورد بحث قرار گرفته است. سرانجام لزوم رعایت ملاحظات اخلاقی، اهمیت رعایت حقوق مشتریان و برچسب‌زنی محصولات عنوان شده است.

نتیجه‌گیری: اتخاذ سیاست‌های منطقی و آینده‌نگر با رعایت جنبه‌های اخلاقی، وضع قوانین یکپارچه به منظور جلوگیری از سردرگمی مصرف‌کنندگان، رعایت جنبه‌های اخلاقی و اطلاع‌رسانی صحیح و به دور از موضع‌گیری می‌تواند ضمن جلوگیری از مخاطرات احتمالی این فناوری، مردم را آزمایای آن بهره‌مند نماید.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۰۲

واژگان کلیدی:

تراریخته

اخلاق زیستی

مهندسی ژنتیک

ایمنی

* نویسنده مسئول: امین جلیلی

آدرس پستی: ایران، مشهد، پردیس دانشگاه،
دانشکده پزشکی، گروه زیست‌فناوری و نانوفناوری
پزشکی.

کد پستی: ۹۱۷۷۹۴۸۵۶۴

پست الکترونیک:

inamsom@yahoo.com

۱. مقدمه

امروزه، مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی تحولی شگرف در تمامی جنبه‌های زندگی بشر از کشاورزی گرفته تا پزشکی، محیط زیست، صنعت و... ایجاد نموده است. موجودات اصلاح شده ژنتیکی یا به عبارت درست‌تر «تراریخته (Transgenic)» به ارگانیسم‌هایی اطلاق می‌شود که دارای توالی‌های ژنتیکی متفاوت از ارگانیسم والد هستند که توسط علم مهندسی ژنتیک و دستکاری‌های بیوتکنولوژی ایجاد شده‌اند. این ارگانیسم‌ها شامل باکتری‌ها، ویروس‌ها، قارچ‌ها، حشرات، حیوانات آزمایشگاهی و بذرها یا دانه‌های گیاهان، غذاها و فراورده‌های خوراکی که به این طریق ایجاد می‌شوند نیز اطلاق می‌شوند (۱-۲).

با روند رو به افزایش جمعیت و همچنین محدودیت سطح زیر کشت، کمبود منابع آبی قابل مصرف و محدودیت فیزیولوژیک گونه‌های موجود جهت تولید، تأمین منابع غذایی و مصرفی بشر به یک ابر چالش تبدیل شده است. این در حالیست که با توجه به مطالعات انجام‌شده، روند افزایش جمعیت جهان نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ میلادی، باید منابع غذایی ۷۰ درصد افزایش یابد. در این شرایط علم زیست‌فناوری در جهت سعی در رفع این مشکل، تولید موجودات تراریخته را به عنوان راهکاری مناسب ارائه نموده است (۳-۴). استفاده از بیوتکنولوژی برای ارتقای کیفیت و کمیت محصولات غذایی و تولید مواد غذایی تراریخته (GMF: Genetically Modified Foods) مورد توجه قرار گرفته است و محصولات غذایی تراریخته از شیر و فراورده‌های لبنی، مواد غذایی همچون گوجه فرنگی، سیب‌زمینی، ذرت، کدو، دانه‌های سویا، روغن کانولا، برنج، گندم و... الیاف مورد استفاده برای تهیه البسه مانند پنبه، کتان و... و بسیاری از مکمل‌ها و ریزمغزی‌ها با استفاده از جا به جایی و انتقال قطعات بزرگ ژنی با ویژگی‌های مورد نظر تهیه می‌شوند (۵-۷). محصولات تراریخته همچنین می‌توانند در تولید ترکیبات دارویی و صنعتی و تولید واکسن‌ها،

آنتی‌بادی‌ها و پروتئین‌های درمانی مورد استفاده قرار گیرند (۸).

امروزه بیش از صدها نوع مواد غذایی، دارو و ریزمغزی‌های تراریخته در بازار به فروش می‌رسند، در حالی که بخش عمده‌ای از آن‌ها بدون تصمیم و انتخاب ما بر سر سفره‌مان حاضرند. بنابراین توجه به اصول اخلاقی تولید و فروش محصولات تراریخته، برچسب‌زنی مناسب و حقوق مصرف کنندگان محصولات تراریخته از جنبه‌های اخلاقی مهم در این باب می‌باشند (۹).

علیرغم مزایایی که مهندسی ژنتیک و تولید این محصولات می‌تواند برای بشر به همراه داشته باشد، این تغییرات ممکن است مخاطراتی نیز برای انسان، موجود تغییریافته، اکوسیستم و محیط زیست ایجاد کند. همچنین نگرانی‌های اخلاقی در ارتباط با به کارگیری این فناوری و نقض حقوق انسان‌ها و حیوانات نیز مطرح هستند. بدیهی است، زمانی که یک تکنولوژی جدید قادر به برطرف نمودن مشکلی از مشکلات بشر باشد و مخاطرات جدی ایجاد ننماید، بهره‌گیری از آن اخلاقی خواهد بود (۱۰).

در این بررسی سعی شده است تا ضمن بررسی مزایا و معایب احتمالی محصولات تراریخته، نگرانی‌های اخلاقی در زمینه تولید و مصرف محصولات غذایی و دارویی تراریخته مورد بررسی قرار گیرد.

۲. ملاحظات اخلاقی

در این مطالعه یافته‌های حاصل از مقالات در تمام مراحل پژوهش بدون سوگیری و با رعایت جنبه‌های اخلاقی عنوان شد.

۳. مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر با جستجو در پایگاه‌های اطلاعاتی Web of Science، Pubmed، Scopus، Google Scholar، بانک اطلاعات نشریات ایران (Magiran)، پایگاه مرکز اطلاعات علمی

ذرت شیرین، کدو و بادمجان در مجموع نزدیک به ۱ درصد سطح زیرکشت جهانی محصولات تراریخته را به خود اختصاص دادند (۱۲). در سال ۲۰۱۸ پنج محصول عمده بیوتکنولوژی که در بیش از ۱ میلیون هکتار در سطح دنیا کاشته شده بودند، شامل سویا (۹۵/۹ میلیون هکتار)، پس از آن ذرت (۵۸/۹ میلیون هکتار)، پنبه (۲۴/۹ میلیون هکتار)، کلزا (۱۰/۱ میلیون هکتار) و یونجه (۱/۲ میلیون هکتار) می‌شدند (۱۳).

تحقیقات ناظر در زمینه تولید محصولات تراریخته در ایران در سال ۱۳۷۲ با تحقیق برای تولید نوعی برنج تراریخته مقاوم به آفات آغاز شد و در سال ۱۳۸۳ منجر به تولید برنج تراریخته طارم مولایی گردید. در سال ۲۰۰۶ نام ایران در زمره ۲۱ کشور تولیدکننده محصولات تراریخته و به عنوان تنها کشور تولیدکننده برنج تراریخته ثبت گردید (۱۴).

بسیاری از گیاهان تراریخته و پروتئین‌های تولیدشده توسط آن‌ها امروزه کاربردهای درمانی و تشخیصی فراوانی پیدا کرده‌اند. در سال ۱۹۸۶، هورمون رشد انسانی نوترکیب به عنوان اولین داروی زیستی تراریخته تولیدشده توسط گیاه ایجاد شد (۱۵). سپس با گذشت دو دهه، در سال ۲۰۱۲ داروی تجاری Elelyso (آنزیم گلوکوسربروزیداز) برای درمان بیماری گوشر که با تکنیک مهندسی ژنتیک در هویچ تولید شده بود، مجوز سازمان غذا و داروی آمریکا را دریافت کرد (۱۶). امروزه شمار زیادی از داروهای مشتق از گیاهان تولید و یا در مسیر تجاری‌سازی هستند (۱۷).

۴-۲. مزایای استفاده از محصولات غذایی تراریخته: به طور کلی فرصت‌ها و مزیت‌هایی که محصولات غذایی تراریخته فراهم می‌کنند، به شرح ذیل می‌باشد.

۴-۲-۱. محصولات غذایی: با توجه به رشد جمعیت و کمبود منابع و در شرایطی که گرسنگی و فقر، حیات بشر را به خطر انداخته است، محصولات تراریخته می‌تواند کمک بسیار زیادی در افزایش بهره‌روی و کاهش فقر بکنند و این ابتدایی‌ترین

جهاد دانشگاهی (SID) با واژگان کلیدی Genetic, Ethic و Genetically Modified Organisms, Engineering تراریخته گردآوری شد. همچنین مقالات تکراری حذف شدند و مابقی مقالات مورد بررسی قرار گرفتند.

۴. یافته‌ها

۴-۱. تاریخچه تولید محصولات غذایی تراریخته: اولین گیاه تراریخته ژنتیکی (GMP: Genetically Modified Plant) در سال ۱۹۸۳ گیاه تنباکوی مقاوم به آنتی‌بیوتیک بود. پس از آن در سال ۱۹۹۰، چین اولین کشوری بود که اقدام به تجاری‌سازی برنج تراریخته نمود. در سال ۱۹۹۴ گوجه‌فرنگی تراریخته توسط سازمان غذا و داروی آمریکا تأیید و تجاری‌سازی شد. اصلاح ژنتیکی این گیاه گوجه‌فرنگی منجر به تأخیر در رسیدن میوه پس از چیدن آن می‌شد. در سال ۱۹۹۵ تعدادی از محصولات زراعی تراریخته مورد تأیید قرار گرفته و به تولید تجاری رسیدند. این محصولات شامل کلزا با ترکیب روغن اصلاح‌شده (Calgene)، پنبه مقاوم در برابر علف کش بروموکسینیل، سویا مقاوم در برابر علف‌کش گلیفوسیت (Monsanto)، اسکواش مقاوم به ویروس (Asgrow)، پنبه (Monsanto) Bt (Bacillus Thuringiensis Toxin)، سیب‌زمینی (Monsanto) BT و انواع دیگری از گوجه‌فرنگی تأخیری رسیده می‌شدند. در حال حاضر تعداد بسیار زیادی از محصولات غذایی تراریخته در بازارهای سراسر دنیا موجود می‌باشند (۱۱).

در سال ۲۰۱۴ بیش از ۱۸۱ میلیون هکتار از زمین‌های زیر کشت در کشورهای توسعه‌یافته (۴۷ درصد) و کشورهای در حال توسعه (۵۳ درصد) محصولات تراریخته کشت شدند. در سال ۲۰۱۶ چهار محصول تراریخته اصلی شامل سویا (۵۰ درصد)، ذرت (۳۳ درصد)، پنبه (۱۲ درصد) و کلزا (۵ درصد) بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند. سایر گیاهان تراریخته شامل سیب‌زمینی، چغندر قند، یونجه، پاپایا،

توجیه برای دستکاری‌های ژنتیکی توسط بشر است. آفت‌ها سالیانه مقدار زیادی از محصولات کشاورزی را از بین می‌برند که این معضل به طور جدی معاش مردم این مناطق را تحت تأثیر قرار می‌دهد. حال با استفاده تکنیک‌های مهندسی ژنتیک می‌توان از آفت‌زدگی این محصولات جلوگیری کرد و به این صورت کمک بسیار زیادی به مردم مناطق محروم می‌شود تا سرمایه زندگیشان را از دست نرود (۱۸).

مطالعات بیانگر این مطلب هستند که محصولات فناوری ژنتیک به دلیل عدم استفاده از سموم شیمیایی سالم‌تر هستند. برای مثال در فیلیپین ذرت‌های تراریخته اثر منفی بر تنوع و تعداد حشرات منطقه نداشته‌اند، ضمن اینکه استفاده از این محصولات منجر به پیشرفت خاک‌ورزی و حفظ یک میلیارد تن از خاک کشاورزی در طول سال می‌گردد (۱۹).

از جمله فواید حائز اهمیت محصولات تراریخته کمک آن‌ها به حفظ سلامت محیط زیست است از طریق کاهش قابل توجه نیاز به استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی و در نتیجه کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و همچنین کاهش مصرف آب در تولید محصولاتی مثل برنج و ذرت که به کمک بازسازی مولکولی، آب کمتری مصرف می‌کنند (۱۳، ۲۰).

۲-۲-۴. مکمل‌ها و ریزمغذی‌ها: بیش از نیمی از جمعیت جهان گرفتار پدیده‌ای به نام به گرسنگی پنهان هستند که در نتیجه کیفیت پایین غذای در دسترس است. فقدان مواد مغذی عمده‌ا به دلیل کمبود پروتئین‌ها و ریزمغذی‌هاست. ارائه محصولات اصلی غذایی که از نظر مواد مغذی، تقویت شده‌اند می‌تواند اثرات مثبت فراوانی بر سلامت جمعیت داشته باشد. مهندسی ژنتیک با تولید مواد غذایی تقویت‌شده می‌تواند کمک شایانی در زمینه برطرف کردن این معضل بنماید، از جمله تولیدات تراریخته در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- افزایش میزان پروتئین، مانند افزایش پروتئین ذخیره‌ای اسپورامین A از سیب‌زمینی شیرین.

- افزایش فولیک اسید در گوجه‌فرنگی.

- مقابله با کمبود ویتامین A از طریق قراردادن دو ژن فیتوئن سنتاز و فیتوئن دسچوراز در برنج.

- تولید محصولات غنی‌شده از آهن برای مقابله با کم‌خونی فقر آهن برای مثال القای پروتئین ذخیره‌کننده آهن به نام فریتین در اندوسپرم برنج، باعث افزایش ۳ برابری آهن در دانه‌های برنج شده است.

- تولید ذرت تراریخته حاوی میزان بالای لیزین و تریپتوفان.

- افزایش نسبت فیتوسترول نسبت به فیتوستانول در کلزا و لوبیای سویا از طریق وارد کردن ژن رمزکننده آنزیم ۳ هیدروکسی استروئید اکسیداز از مخمر به این گیاهان که فیتوسترول را به فیتوستانول تبدیل می‌کند و سبب کاهش میزان کلسترول می‌گردد.

- تولید گیاهانی با سطح بالای اسیدهای چرب ضروری شامل لاینولئیک اسید و آلفا لاینولئیک اسید. میزان بالای این ترکیبات در رژیم غذایی باعث کاهش احتمال ابتلا به بیماری‌های قلبی عروقی می‌شود.

- افزایش میزان تولید کاروتنوئید در گیاهان، از جمله برنج تقویت‌شده با بتاکاروتن (برنج طلایی)، کانولا با کاروتنوئید بالا، گوجه‌فرنگی با بتاکاروتن بالا.

- تولید گیاهانی با توانایی تولید میزان بالای آنتی‌اکسیدان مانند انتقال ترکیب چند ژن تولیدکننده آنزیم‌های بیوسنتزکننده فلاونوئید به سیب‌زمینی.

- تولید روغن پایدار و مقاوم در برابر حرارت برای سرخ کردن غذا از طریق خاموش کردن ژنی که فعالیت آنزیم تبدیل‌کننده اولئیک‌اسید به لاینولئیک‌اسید را کنترل می‌کند (۱۷، ۲۲-۲۱).

۳-۲-۴. داروهای مشتق از گیاهان: از دیگر مزایای مهندسی ژنتیک تولید داروهای زیستی در سیستم‌های زنده به منظور استفاده‌های درمانی، تشخیصی و یا مکمل‌های غذایی استفاده می‌باشد. تولید پروتئین در گیاهان برای کاربردهای بهداشتی و

درمانی انسان به یک راهبرد جذاب تبدیل شده است، چراکه تولید پروتئین‌ها در گیاهان از نظر اقتصادی بسیار به صرفه، با ایمنی بالا (به دلیل کمبود عوامل بیماری‌زای انسانی یا حیوانات)، مقیاس‌پذیری و توانایی تولید پروتئین‌های پیچیده است. اولین پروتئین بیان‌شده در گیاهان آلبومین سرم انسانی بود که در سال ۱۹۹۰ در تنباکو و سیب‌زمینی تراریخته تولید شد. سال‌ها بعد، داروهای مشتق از گیاهان (Plant Derived Pharmaceuticals) یا داروهای ساخته‌شده از گیاهان (Plant Made Pharmaceuticals) تولید شدند. امروزه نمونه‌های بسیار زیادی از پروتئین‌های مشتق از گیاهان در برنامه‌های کاربردی پیشگیری‌کننده و درمانی به عنوان واکسن، آنتی‌بادی و سایر مواد بیودارویی در مراحل مختلف تولید و کارآزمایی بالینی قرار دارند (۲۳).

۴-۳. ایمنی استفاده از محصولات غذایی تراریخته: با

وجود اینکه استفاده از محصولات تراریخته مزایای قطعی را به دنبال دارد، اما ملاحظات در خصوص ایمنی‌زیستی آن‌ها نیز وجود دارد و ارزیابی دقیق و کامل این‌گونه محصولات قبل از آزادسازی ضروری است (۲۱).

هدف از ارزیابی ایمنی، تعیین سالم و ایمن بودن ماده غذایی جدید در مقایسه با مشابه غیر تراریخته می‌باشد که آیا تراریخته در مقایسه با نوع غیر تراریخته احتمال خطر بیشتری دارند؟ که این مورد با توجه به ارزش تغذیه‌ای آن‌ها در رژیم غذایی در نظر گرفته می‌شود.

به واسطه تغییر در DNA به عنوان عمده‌ترین راه‌های اصلاح ساختار ژنتیکی، ایمنی مواد غذایی تراریخته در سال‌های اخیر با چالش‌هایی برای مصرف‌کننده و تولیدکننده همراه بوده است. ایمنی غذایی محصولات تراریخته با توجه به احتمال آلرژی‌زایی و یا سمیت و همچنین ارزیابی ایمنی پروتئین‌های بیان‌شده با استفاده از مارکرهای مقاومت به آنتی‌بیوتیک بررسی می‌گردد (۲۲). بر این اساس مطالعاتی جهت تعیین ایمنی غذایی محصولات تراریخته انجام شده است، فاطمه

جواهری و همکاران مطالعه مروری بر روی مقالات منتشره در خصوص ایمنی مواد غذایی تراریخته انجام دادند. نتایج آن‌ها نشان داد اکثر مطالعات جهت ارزیابی اثرات محصولات گندم، برنج، سویا و ذرت تراریخته در دوره‌های کوتاه مدت (۳۶۴-۳۰ روزه) بر روی عملکرد ایمونولوژیکی حیوانات طراحی شده است. دانه‌های برنج TRS با آمیلوز بالا، برنج Bt-Shanyou63 با ژن Cry1Ab/c مقاوم به حشرات، سویای CV127 با ویژگی مقاوم در برابر علف کش‌ها حاوی ژن AHAS، گندم تراریخته T349 با ژن GmDREB1 مقاوم به خشکی، ذرت تراریخته GH5112E-117C حاوی ژن G2-aroA و Cry1Ah مقاوم در برابر حشره و علف‌کش، اثرات توکسیکولوژی و مضر بر تولید مثل، رشد، بقا، عملکردهای ایمونولوژیکی نظیر اثر بر ایمونوگلوبولین، لنفوسیت‌های خون محیطی، سیتوکین‌ها و پارامترهای همولیتیک سرم، سلول‌های تشکیل‌دهنده پلاگ، پارامترهای ایمونولوژیکی طحال در دوره‌های بررسی‌شده، نشان نداده‌اند (۲۴). در مطالعه دیگر طی ارزیابی ۹۰ روزه موش‌ها با برنج تراریخته حاوی پروتئین Cry1AC هیچ تغییری در رفتار و وزن حیوان مشاهده نشده و طبق نتایج به دست‌آمده برنج KMD1 هیچ تأثیر سوء یا سمی دربر نداشته است (۲۵)، البته در برخی مطالعات احتمال ایجاد اثرات آلرژیک، تغییر در میکروفلور روده، افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی، اختلال در شبکه غذایی با ایجاد اختلال در یکپارچگی اطلاعات ژنومی گیاه از مضرات گیاهان تراریخته ذکر شده است، لذا برای اظهار نظر در خصوص ایمنی این گیاهان باید مطالعات بلندمدت با تخصص‌های علمی متفاوت انجام پذیرد. با این حال نتایج حاصل از تحقیقات مواد غذایی تراریخته گیاهی، این محصولات را برای مصرف انسان و حیوان ایمن معرفی می‌کنند.

در خصوص ایمنی غذاهای به دست‌آمده از حیوانات دستکاری شده نیز استانداردهایی تبیین شده است. هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی‌های لازم در مورد تجزیه و تحلیل

ریسک غذاهای حاصل از بیوتکنولوژی مدرن است که دربرگیرنده جنبه‌های ایمنی و تغذیه‌ای غذاهای حاوی یا حاصل از حیواناتی است که پیشینه مصرف ایمن به عنوان یک منبع غذایی دارند و به کمک بیوتکنولوژی مدرن تغییراتی در جهت ایجاد ویژگی‌های جدید یا اصلاح‌شده در آن‌ها انجام شده است.

ارزیابی ایمنی غذاهای حاصل از حیوانات تراریخته شامل روش‌هایی برای شناسایی و تشخیص اثرات ناخواسته و به منظور ارزیابی رابطه بیولوژیکی آن‌ها و تأثیر احتمالی روی ایمنی غذاست که نشان دهد احتمال بروز این اثرات روی سلامت انسان پایین می‌باشد. بنابراین لازم است که داده‌ها و اطلاعات زیادی تأمین شود. مجموع این داده‌ها و اطلاعات می‌تواند سبب ایجاد اطمینان در خصوص عدم احتمال وجود اثرات نامطلوب روی سلامتی انسان شود.

طبق استانداردهای تعریف‌شده ارزیابی ایمنی حیوان تراریخته که در نهایت به عنوان غذا یا محصول غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرد، از جنبه‌های مختلف بررسی می‌شود که شامل موارد وضعیت سلامتی حیوان تراریخته، ارزیابی احتمال حساسیت زایی بالقوه (پروتئین‌ها)، ارزیابی احتمال ایجاد سمیت یا فعالیت زیستی، تجزیه و تحلیل ترکیبات کلیدی، نگهداری و فرآوری غذایی و تغییرات تغذیه‌ای عمده است.

بنابراین این استانداردها به ارائه رویکرد توصیه‌شده‌ای برای ارزیابی ایمنی غذاهای حاصل از حیوانات تراریخته می‌پردازد تا با رعایت موازین پیش‌بینی‌شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای استانداردهای ملی ایران را برای تولید محصولات تراریخته، اجباری نماید (۲۶).

۴-۴. نگرانی‌ها در استفاده از محصولات غذایی تراریخته:

در راستای پیشرفت محصولات تراریخته، عرضه محصولات به بازارهای مناطق مختلف جهان و به زیر کشت‌رفتن میلیاردها

هکتار زمین زرمزه انتقاد و مخالفت نسبت به این محصولات بالا گرفته و به تبع آن در کشور ما هم از همان سال‌ها مسؤولان و کارشناسان در مقابل طرفداران مهندسی ژنتیک و محصولات حاصل از آن ایستادند و تأکید کردند که برخلاف ادعاها، سطح زیر کشت محصولات تراریخته در کشورهای پیشرفته جهان مثل اروپا خیلی کم است (۲۷). علیرغم فشار گروه‌های مختلف بر ضد غذاهای GM و میکروارگانیسم‌های GMO جدید، مثل شورای بازار مصرف‌کنندگان، مصرف‌کنندگان بین‌الملل و صلح سبز دلایل فراوانی وجود دارد که موجب نگرانی مصرف‌کنندگان این قبیل مواد غذایی می‌شود. بر اساس برخی تحقیقات انجام‌گرفته در جهان غذاهای تراریخته همانقدر که می‌توانند دارای کیفیت بهتری باشند، ممکن است خطرات ناشناخته‌ای برای محیط زیست و انسان داشته باشند. برخی از موارد کلیدی این موارد اضطراب‌زا شامل تأثیرات وسیع ناشناخته و آلرژی‌زای غذاهای GM و میکروارگانیسم‌های GMO جدید، وجود ژن‌های مقاوم آنتی‌بیوتیک، گسترش دستکاری غیر طبیعی به طبیعت و محیط طبیعی، ارزش تغذیه‌ای کاهش یافته، خوردن «مواد غذایی شیمیایی» می‌باشند (۲۸-۲۹). مخاطرات احتمالی اکولوژیکی ادعا شده برای محصولات تراریخته نیز شامل اثرات ژن معرفی شده بر صفات فنوتیپی مرتبط، ایمنی تراژن (بیگانه) برای موجودات غیر هدف، سلامت زیست‌محیطی محصول و اثرات ناخواسته مثل تغییرات در سطح متابولیت‌های ثانویه است (۳۰).

در این زمینه به بررسی چند مورد از مهم‌ترین نگرانی‌های محصولات تراریخته به شرح زیر پرداخته شده است:

۴-۴-۱. کاهش تنوع زیستی: تغییرات ژنتیکی باعث آسیب به برخی ارگانیسم‌ها مانند آفات و حشرات در اکوسیستم می‌شود و از تنوع زیستی آن‌ها می‌کاهد. همچنین تغذیه موجودات زنده از این گیاهان ممکن است منجر به از بین رفتن آن‌ها شود یا اینکه کشت تک محصولی ممکن است به شیوع اپیدمی یک

۴-۴-۴. ایجاد مشکل در فرآیند تولید مثل، باروری و رشد نوزادان: مطالعات مختلف بر روی حیوانات آزمایشگاهی از وجود خطرات در خصوص مصرف غذاهای تراریخته، از جمله نازایی، پیری زودرس صورت گرفته است و وجود ارتباط میان مصرف غذاهای تراریخته و بیماری‌های فوق بررسی شده است (۳۶-۳۵).

۴-۴-۵. مهاجرت ژنی: نگرانی در این خصوص با کاربرد محصولات تراریخته رواج یافته است. مهاجرت ژنی ممکن است از طریق تکثیر غیر جنسی، پراکنش بذر و مهاجرت ژنی وابسته به دانه گرده رخ دهد، البته دانش ما از میزان مهاجرت ژنی در کشاورزی سنتی به تخمین میزان مهاجرت ژنی در گیاهان تراریخته کمک می‌کند. تاریخچه کشت گیاه والد تراریخته و تبدیل آن به محصول مورد نظر و یا احتمال انتقال آن به گیاهان غیر هدف یا علف هرز در خارج از محیط کشت در ارزیابی تأثیرات احتمالی گیاهان تراریخته بر محیط زیست بسیار مهم است. مهاجرت ژنی می‌تواند بین دو محصول یا یک محصول و گونه‌های وحشی اتفاق افتد (۳۷).

۴-۴-۶. اثرات ناخواسته انتقال ژن: از دیگر نگرانی‌های مطرح شده احتمال فرار تراژن از یک محصول تراریخته به گونه غیر تراریخته یا خویشاوندان وحشی آن است، البته این احتمال بسیار ناچیز است. از سایر نگرانی‌های مطرح شده در خصوص ورود تراژن به یک گیاه گیرنده مربوط به برخی از اثرات ناخواسته بر متابولیسم گیاه است که ممکن است در اثر تغییر بیان یک ژن غیر مرتبط در محل القای ژن یا محلی دور از آن باشد. علاوه بر این اثرات ناخواسته ممکن است از طریق نوترکیبی کروموزومی یا تحت شرایط محیطی خاص در سایر گیاهان غیر تراریخته نیز پدید آیند. احتمال ایجاد اثرات غیر قابل انتظار در طی مراحل انتخاب که قابل تشخیص نباشد، بسیار پایین است، ضمن اینکه آزمایش‌هایی برای ارزیابی اثرات ناخواسته متابولیکی جهت مقایسه محصولات تراریخته با والد‌های غیر تراریخته قبل از آزادسازی این گونه محصولات

بیماری خاص کمک کند (۳۱). این نگرانی دیگر در خصوص از بین رفتن ذخایر ژنتیکی محلی است. طی سالیان متمادی، گیاهان هر منطقه متناسب با شرایط آب و هوایی و سایر موجودات (مفید یا مضر برای کشاورزی) منطقه، تغییر نموده و با محیط اختصاصی خود سازگار شده‌اند. رواج انواع محدودی از گیاهان تراریخته توسط چندین شرکت تولیدی باعث جایگزینی آن‌ها با طیف بسیار گسترده‌ی گیاهان محلی شده مذکور خواهد شد و این ذخایر ارزشمند که پیدایش دوباره آن‌ها سالیان درازی زمان می‌برد، از دست خواهند رفت.

۴-۴-۲. کاهش کارایی آنتی‌بیوتیکی: در ایجاد بذرها و گیاهان اصلاح شده ژنتیکی (GM) از ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک معمولاً به عنوان ژن‌های نشانگر برای انتخاب سلول‌های گیاهی اصلاح شده مورد استفاده قرار می‌گیرند. به موازات آن نگرانی‌ها در مورد انتقال افقی این ژن‌ها از مواد گیاهی به میکروارگانیسم‌های محیطی وجود دارد، بدین ترتیب ممکن است ارزش درمانی آنتی‌بیوتیک‌ها در پزشکی انسانی و دامپزشکی به خطر بیفتد. بنابراین توصیه می‌شود که فقط ژن‌های کدکننده آنتی‌بیوتیک‌هایی که در داروهای انسانی و دامپزشکی استفاده نمی‌شوند، هنگام ساخت بذرها و گیاهان GM به کار گرفته شوند (۳۳-۳۲).

۴-۴-۳. حساسیت، آلرژی و سمیت: یکی دیگر از نگرانی‌ها حساسیت‌زایی و سمی بودن غذاهای تراریخته می‌باشد. ژن‌های جدید وارد شده به محصول زراعی ممکن است با تولید پروتئین‌های جدید باعث حساسیت‌زایی شده یا با القای تغییرات متابولیکی در گیاهان میزان ترکیبات سمی یا حساسیت‌زا گیاهان را افزایش دهند. در برخی کشورها نتایج تحقیقات دانشمندان نشان می‌دهد که در ساکنین مجاور به مزارعی که بذرها تراریخته کشت می‌شود، عوارضی چون حساسیت‌های شدید پوستی، آلرژی شدید و صدمه دستگاه ایمنی بدن به مخاط به ویژه بویایی مشاهده شده است (۳۴).

صورت می‌گیرد و هرگونه تفاوت معنی‌دار در غلظت ترکیبات تغذیه‌ای مهم محصول تراریخته به وسیله آنالیز ترکیبات قابل شناسایی است (۳۸-۳۹).

۴-۷. انتقال افقی ژن: گیاهان تراریخته دارای ژن‌های خارجی می‌توانند ژن‌های مقاومت به آنتی‌بیوتیک را به باکتری‌های خاکری انتقال دهند. مطالعات نشان می‌دهند هنگامی که گیاهان پرازیت به میزبان متصل باشند، می‌توانند از آن‌ها ژن بگیرند یا به آن‌ها ژن ببخشند. اغلب مطالعات حاکی از انتقال یک ژن منفرد می‌باشد، اما اطلاعاتی از یک ارزیابی آماری این رویداد در دسترس نیست (۴۰-۴۱).

از دیگر هشدارها می‌توان به احتمال پیدایش بیماری‌های غیر قابل پیش‌بینی، سرطان و نیز اختلالات ژنتیکی اشاره کرد. همچنین نگرانی‌هایی درباره تأثیر مالی سلطه کشاورزی غذاهای GM و میکروارگانیسم‌های GMO جدید بر تولید محصولات طبیعی وجود دارد که خود موجب نگرانی‌هایی در مورد آینده بازار محصولات کشاورزی می‌شود و عدم اطمینان مردم به تأثیرات بلندمدت این محصولات به نگرانی‌های موجود در بازار مصرف می‌افزاید. برخی اعتقاد دارند که انکار اساسی آزادی انتخاب غذا و خوراک نکته اصلی اختلاف نظر است و باید توجه ویژه‌ای به این حق انتخاب مبذول شود.

در واقع احساس خطر عمومی در مورد تأثیرات نامشخص این تکنولوژی وجود دارد که به طور بالقوه ریشه در عدم اعتماد به اظهار نظرهای ارائه‌شده دارد. افکار عمومی، غذاهای اصلاح‌شده ژنتیکی را خطر نهفته احساس می‌کنند و عدم وجود برچسب و یا مارک مناسب حق انتخاب درست را از مصرف‌کننده سلب می‌کند و کنترل مصرف‌کننده بر رژیم غذایی مورد استفاده‌اش را از او می‌گیرد.

۴-۵. مسائل اخلاقی: اخلاق به عنوان حقوق بنیادین بشری لازمه زندگی اجتماعی و استمرار آن می‌باشد. با در نظر گرفتن میل به زندگی و استمرار آن اخلاق همیشه یک نیاز بوده است و از زمانی که زندگی انسان‌ها در کنار هم از حداقل قواعدی

برخوردار بوده، اخلاق زیستی نیز معنا داشته است. چارچوب اصول اخلاق زیستی دارای محدودیت‌ها و ویژگی‌های خاص خود می‌باشد، لذا لزوم رعایت این اصول در خلال انجام تحقیقات علمی و فعالیت‌ها از مسائلی است که همواره مورد توجه فعالان عرصه اخلاق و حقوق بشر بوده است.

آنچه مسلم است هر فناوری در کنار مزایای فراوان خود خطر یا ریسک‌هایی را نیز به همراه دارد، این موضوع ذات هر فناوری بوده و در واقع هیچ یک از فناوری‌ها به صورت صددرصد ایمن نیستند. بدیهی است زمانی که یک فناوری جدید بدون ایجاد مشکل خاص نسبت به سایر فناوری‌ها بتواند مشکلی از مشکلات بشر را حل نماید، بهره‌مندی از آن اخلاقی خواهد بود. بنابراین استدلال‌های غیر منطقی و غیر علمی جهت مخالفت با یک فناوری جدید نیز به همان اندازه غیر اخلاقی است. به همین دلیل اگر محصولات تراریخته بدون اینکه خود مشکلی ایجاد کنند، بتواند به هر طریقی مشکلات بشر را به حداقل رسانند از نظر فنی و اخلاقی استفاده از آن‌ها در ارجحیت خواهد داشت (۴۲). به هر حال دیدگاه‌های اخلاقی در رابطه با مصرف محصولات تراریخته بیشتر مبتنی بر قضاوت‌های ارزشی بوده و چندان مبنای علمی ندارد و این ارزش‌ها و معیارها ممکن است با تغییر شرایط و گذشت زمان و تغییر نظام‌های شناختی تغییر نماید. نگرانی‌های علمی در مورد این دسته از محصولات هم با استدلال‌های علمی به راحتی قابل حل است (۴۳).

عده‌ای بر ماهیت فناوری مهندسی ژنتیک ایراد وارد کرده‌اند که این نگرانی‌ها نیز بیشتر بر باورهای فرهنگی و اعتقادات مذهبی استوار است. با این وجود پاسخگویی به این نگرانی‌ها می‌تواند در توسعه و پیشرفت محصولات تراریخته کمک فراوانی بنماید. برخی از این نگرانی شامل غیر طبیعی بودن، تجاوز به حریم گونه‌ها، دخالت در کار خدا، تغییر طبیعت و توازن خلقت می‌باشد.

- غیر طبیعی بودن: برخی عقیده دارند که فراورده‌های حاصل از مهندسی ژنتیک غیر طبیعی هستند و باید گفت که آیا هر چیز طبیعی خوب است؟ و خیلی از محصولات کشاورزی در حال حاضر نتیجه اصلاح نژاد و انتخاب گیاهان برتر است. بنابراین غیر طبیعی به شمار می‌روند، لذا به نظر می‌رسد که این استدلال چندان منطقی نباشد (۴۴).

- تجاوز به حریم گونه‌ها: برخی عقیده دارند که عبور از مرز گونه‌ها غیر طبیعی و غیر اخلاقی بوده و تخطی از قوانین الهی می‌باشد، اما باید در نظر داشت که طبقه‌بندی و مرزبندی بین موجودات یک مفهوم قراردادی بوده و تئوری تکامل مبتنی بر پویایی حیات است. مهندسی ژنتیک امکان تبادل ژنتیکی بین موجودات مختلف را فراهم ساخته است، اما آیا ماهیت موجود پذیرنده با انتقال یک یا چندین ژن از یک موجود به موجود دیگر از بین خواهد برد؟ مطمئناً چنین نیست اختلال در یک گونه نیازمند تغییر در بیش از یک ژن است. از طرف دیگر طبیعت همواره در حال تغییر دادن خود است و این تغییرات همیشه وجود دارد، بر این اساس شاید تراریخته‌ها باعث سرعت روند تکامل می‌شوند. با این حال یکی از بزرگ‌ترین نگرانی عمومی اختلالات ژن‌های انسانی و حیوانی است و پاسخگویی مناسب به این‌گونه ابهامات راهگشا خواهد بود.

- دخالت در کار خدا: افرادی فکر می‌کنند که دخالت بی‌جای ما در طبیعت گناه بوده و خلاف خواست خدا می‌باشد، اما مرز وظایف خدایی و انسانی کجاست؟ این مرز چندان مشخص نیست و می‌توان گفت که بین تمامی فعالیت‌های بشری با وظایف خدایی به نحوی همپوشانی وجود دارد.

- تغییر طبیعت و توازن خلقت: طبق این نظریه ما نباید زیبایی و توازن خلقت را به هم بزنیم. در این نظریه هر ژن بخشی از شبکه پیچیده حیات است و انتقال آن به موجود دیگر باعث تخریب آن شبکه شده، لذا ممکن است توازن طبیعت بهم خورد (۴۳).

با توجه به موارد فوق نظریه‌پردازان اخلاق زیستی تلاش کرده‌اند به منظور دستیابی به مبنایی برای تصمیم‌گیری اخلاقی در امور سلامت، لیستی از وظایف اخلاقی اولیه را در قالب اصول اخلاقی ارائه کنند که صاحب‌نظران را در حل مشکلات اخلاقی‌شان یاری دهد. این اصول متناسب با هنجارهای حرفه پزشکی تدوین شده و شکلی از وظایف در نظریه مشهور Ross در حل معضلات اخلاقی است. یکی از معروف‌ترین مدل‌های تحلیلی که در این باب مدل Beauchamp و Childress است که چهار اصل را به عنوان مبنایی برای تصمیم‌گیری اخلاقی در مسائل زیستی و حوزه سلامت پیشنهاد کرده است. این چهار اصل عبارتند از: اتونومی (حق انتخاب)، سودرسانی، عدم زیان‌رسانی و عدالت (۴۵).

در این زمینه اصل سودرسانی مزایای بهره‌مندی از محصولات تراریخته در جهت حفظ سرمایه و جلوگیری از فقر و گرسنگی، اثر بر سلامت انسان و سودمندی برای محیط زیست را مطرح می‌نماید. طبق اصل ضرر نرساندن مواردی چون سلامت انسان، اثرات محیط زیست و حقوق حیوانات در نظر گرفته شده و در رابطه با عدالت نیز عدالت در پژوهش، تولید، مصرف و صادرات تعیین می‌گردد. در نهایت بنا بر اصل اتونومی حق دانستن برای مصرف‌کننده قائل می‌شود و به مسائلی همچون قلمرو اتونومی و دسترسی‌های بشر و ارزش ذاتی موجودات طبیعی می‌پردازد (۴۶).

۴-۶. راهکارهای حل مشکل و حقوق مصرف‌کننده: حقوق مصرف‌کننده شامل حق انتخاب، دریافت اطلاعات، برآوردن نیازهای اصلی و محیط زندگی خود، آموزش و تعلیم در مورد مواد و وسایل جدید عرضه‌شده به بازار، حق سلامت، دریافت خسارت و بالاخره حق تشخیص مصلحت خود و افراد تحت تکفل وی است. در شرایط کنونی دنیای تجارت و اقتصاد تعیین جایگاه حقیقی و دقیق حقوق مصرف‌کننده دشوار به نظر می‌رسد. با این وجود توجه به نگرانی‌های عمومی و تلاش جهت کاهش بی‌اعتمادی مصرف‌کنندگان و آموزش مناسب و

بی طرفانه به منظور ایجاد جایگاه مناسب برای محصولات تراریخته ضروری به نظر می‌رسد (۴۹-۴۷).

۴-۶-۱. ارزیابی کیفیت محصولات و مدیریت خطر: تولید کنندگان محصولات غذایی تراریخته مسؤول ارزیابی خطر و اثبات کیفیت محصولات تراریخته و مقایسه این محصولات با انواع طبیعی آن هستند. اطلاعات در مورد مواد مغذی و روش تولید و توسعه و ترکیب محصول تراریخته جدید و همچنین وجود مواد حساسیت زا و توکسین‌های جدید، از جمله اطلاعاتی هستند که برای مقایسه و ارزیابی بین ماده غذایی تراریخته و معادل طبیعی آن لحاظ می‌شوند (۲۸). سازمان ملل و سایر سازمان‌های بین‌المللی اعلام داشته‌اند که جهان امروز آنچنان با بحران تأمین مواد غذایی رو به رو است که نمی‌تواند از محصولات غذایی تراریخته چشم‌پوشی کند. همچنین تولید کنندگان محصولات غذایی تراریخته عنوان می‌کنند که این محصولات پاسخی مناسب برای برطرف نمودن گرسنگی در سراسر دنیا هستند و این صنعت امکان تولید محصولات غذایی مفید و مغذی‌تر نسبت به انواع طبیعی آن را داراست، اما بسیاری از گروه‌های مخالف خواستار تحریم کلی محصولات غذایی تراریخته هستند. با این وجود بیشتر گروه‌های حمایت از مصرف‌کنندگان، فشار برای اجباری کردن برچسب‌زنی بر محصولات غذایی تراریخته را راهکار مناسبی می‌دانند. توجه به این نکته ضروری به نظر می‌رسد که در مواردی که اجبار برای استفاده از فناوری تولید محصولات غذایی تراریخته جهت برطرف نمودن گرسنگی بشر وجود داشته باشد، بایستی ارزیابی کیفیت و سنجش برتری و مزیت استفاده از این محصولات به صورت دقیق انجام پذیرد (۴۸، ۵۰).

۴-۶-۲. برچسب‌زنی محصولات غذایی تراریخته: تصمیم‌گیری درباره امنیت و سلامت محصولات در بازار مصرف بر عهده سازمان‌های بهداشتی است و این سازمان‌ها سعی می‌کنند با برچسب‌زنی بر روی مواد غذایی تراریخته اطمینان خاطر در این مورد را برای مصرف‌کنندگان به وجود آورند. با این وجود،

در اجرای این روش نیز مشکلاتی وجود دارد: اول اینکه، میزان الزام برای تعهد واحدهای اقتصادی به امر برچسب‌زنی مشخص نمی‌باشد؛ دوم اینکه، قوانین برچسب‌زنی در کشورهای مختلف متفاوت است که این امر منجر به سردرگمی مصرف‌کنندگان می‌شود، مثلاً در کشورهای اتحادیه اروپا، استرالیا و نیوزیلند برچسب‌زنی برای محصولاتی که بیش از ۱ درصد محتوای کل آن تغییر یافته ژنتیکی باشد، اجباری است، در حالی که در ژاپن برچسب‌زنی اجباری برای محصولاتی مطرح می‌شود که بیش از ۵ درصد محتوای کل آن تغییر یافته ژنتیکی باشد. از طرف دیگر در آمریکا محصولات به دست‌آمده از GMO ها (مثل روغن) نیازی به برچسب‌زنی ندارند و تفکیک بین غذاهای تراریخته و محصولات تراریخته به خوبی صورت پذیرفته است. این در حالیست که در سایر کشورها محصولات به دست‌آمده از GMO ها نیز بایستی برچسب‌زنی شوند. بنابراین وضع قوانین یکپارچه برای جلوگیری از سردرگمی مصرف‌کنندگان، آموزش مناسب مصرف‌کنندگان در مورد GMO، دسترسی آسان به اطلاعات حقیقی و بی‌طرفانه راهکارهایی هستند که باید به منظور حفظ حقوق مصرف‌کنندگان، رعایت جنبه‌های اخلاقی و جلوگیری از بروز نگرانی‌های بی‌مورد در سطح جامعه مورد توجه ویژه قرار گیرند (۵۲-۵۱).

با وجود شکل‌گیری گروه‌های مختلف جهت اعمال فشار بر تولید محصولات غذایی تراریخته، همچنان نگرانی بسیاری در رابطه با استفاده از این محصولات در بین مصرف‌کنندگان وجود دارد. از موارد مهم این نگرانی‌ها می‌توان به وجود ژن‌های مقاوم، گسترش دستکاری‌های غیر طبیعی در طبیعت و محیط زیست، وجود توکسین‌ها و یا مواد حساسیت‌زای ناشناخته، تأثیرات ناشناخته بر محصولات کشاورزی، گیاهان، حشرات و حیوانات و عدم اطمینان مردم به تأثیرات بلندمدت این محصولات اشاره نمود. همچنین بسیاری معتقدند که استفاده از این محصولات به منزله انکار اساسی حق مصرف کننده و آزادی انتخاب خوراک و غذاست (۷، ۵۳).

با وجود اینکه امروزه در مورد برچسب‌زنی محصولات تراریخته اختلاف نظر وجود دارد، اما به نظر می‌رسد در آینده نزدیک صاحبان فناوری و تولیدکنندگان این محصولات داوطلبانه بر ضرورت وجود این برچسب‌ها اصرار خواهند ورزید، چراکه وجود این برچسب‌ها با جلب اعتماد مصرف‌کننده، خود می‌تواند دلالت بر کیفیت مناسب‌تر محصولات غذایی تراریخته داشته باشد (۵۴).

۵. نتیجه‌گیری

در جهان امروز عوامل مختلفی نظیر رشد روزشمار جمعیت، محدودیت منابع، فقر و گرسنگی، دانشمندان و فعالان حوزه‌های مختلف علم به ویژه بیوتکنولوژی را بر آن داشته است تا راهکارهایی علمی، منطقی و منطبق با اخلاق را برای این مشکلات ارائه دهند. تولید ارگانسیم‌های تراریخته به کمک مهندسی ژنتیک یکی از بارزترین و پرچالش‌ترین راهکارهای ارائه‌شده توسط علم بیوتکنولوژی است، اگرچه محصولات غذایی اصلاح‌شده ژنتیکی یکی از دستاوردهای مهم علمی بشر محسوب می‌شود، اما این حوزه مانند تمامی علوم نوظهور، در کنار فواید و مزایای فراوان خود در تأمین مواد غذایی، دارو، مکمل و ریزمغذی‌ها، معایب و نگرانی‌هایی نیز به همراه دارد. سلامت انسان و ایمنی محیط زیست نگرانی اصلی هستند که باید قبل از انتشار محصولات اصلاح ژنتیکی‌شده از آن‌ها اطمینان حاصل شود و معرفی این محصولات به محیط زیست بدون ارزیابی خطر و تحقیقات کافی توسط سازمان‌های مسئول منطقی نیست. بنابراین برای بهره‌برداری صحیح از این حوزه نیاز به وضع قوانین یکپارچه به منظور جلوگیری از سردرگمی مصرف‌کنندگان، رعایت جنبه‌های اخلاقی و اطلاع‌رسانی صحیح و به دور از موضع‌گیری احساس می‌شود. قوانین نظارتی بسیاری برای ارزیابی خطر وجود دارد که در سه سطح: ۱- تأثیر بر کشاورزی (جریان ژن، کاهش تنوع زیستی)؛ ۲- ایمنی غذا و مواد غذایی (حساسیت‌زایی، سمیت) و محیط زیست (از جمله

ارگانسیم غیر هدف) انجام می‌شود. آنچه اهمیت دارد، این است که اتخاذ سیاست‌های منطقی و آینده‌نگر با رعایت جنبه‌های اخلاقی می‌تواند ضمن جلوگیری از مخاطرات احتمالی این فناوری، مردم را از مزایای آن بهره‌مند نماید. علاوه بر این، به طور گسترده اعتقاد بر این است که مصرف‌کنندگان حق دارند برچسب‌گذاری اجباری محصولات غذایی اصلاح ژنتیکی‌شده، آزمایش مستقل برای ایمنی و اثرات زیست محیطی و مسئولیت هرگونه آسیب مرتبط با محصولات تراریخته را مطالبه کنند.

۶. تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب تشکر و قدردانی خود را از نویسندگان منابع استفاده‌شده در این مقاله ابراز می‌دارند.

۷. سهم نویسندگان

مقدمه، جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل داده‌ها: فاطمه زاهدی پور، عاطفه حسینی، امین جلیلی. ویرایش تخصصی و نهایی: امین جلیلی. کلیه نویسندگان در نگارش این مقاله نقش داشته‌اند.

۸. تضاد منافع

هیچ‌گونه تعارض منافی در این مطالعه وجود ندارد.

References

1. Key S, KC Ma J, Drake PM. Genetically modified plants and human health. *J R Soc Med*. 2008; 101(6): 290-298.
2. Sticklen M. Plant genetic engineering to improve biomass characteristics for biofuels. *Curr Opin Biotechnol*. 2006; 17(3): 315-359.
3. Ayatollahi M, Fakhrosadati S. Transgenic food and citizenship rights. *The Rights of Nations*. 2020; 33: 857-876.
4. Qaim M. Benefits of genetically modified crops for the poor: Household income, nutrition and health. *N Biotechnol*. 2010; 27(5): 552-557.
5. Byrnes BH, Bumb BL. Population growth, food production and nutrient requirements. *Journal of Crop Production*. 1998; 1(2): 1-27.
6. Auer CA. Tracking genes from seed to supermarket: Techniques and trends. *Trends Plant Sci*. 2003; 8(12): 591-597.
7. Devos Y, Reheul D, De Waele D, Van Speybroeck L. The interplay between societal concerns and the regulatory frame on GM crops in the European Union. *Environmental Biosafety Research*. 2006; 5(3): 127-149.
8. Weis P. Europe Prepares for Arrival of GM Foods. *Science*. 2002; 298(5601): 2109-2110.
9. Goldstein DA, Thomas JA. Biopharmaceuticals derived from genetically modified plants. *QJM: An International Journal of Medicine*. 2004; 97(11): 705-716.
10. Smyth S, Phillips PW. Labeling to manage marketing of GM foods. *Trends Biotechnol*. 2003; 21(9): 389-393.
11. Saeedi Tehrani S, Parsapour A, Larijani B. Ethical considerations of genetic engineering in genetically modified organisms. *Journal of Medical Ethics and History of Medicine*. 2016; 9(2): 23-37.
12. James C. Global status of commercialized biotech/GM crops. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). 2011. ISBN: 978-1-892456-52-4.
13. Zakavi M, Tohidfar M. An overview of the global economy and the commercial aspects of genetically modified crops. *Journal of Biosafety*. 2017; 10(2): 73-90.
14. Consevation Tillage and plant biotechnology-How new technologies can improve the environment by reducing the need to plow. CTIC web site. 2002. Available at: <http://www.ctic.purdue.edu.2002>.
15. Pouresmaeili A, Vaezi Kakhki MR, Bameri E. A Comparative Study of the Consumers Rights of Gm Crops in Iran and European Union. *Journal of Bioethics*. 2017; 7(24): 99-114.
16. Barta A, Sommergruber K, Thompson D, Hartmuth K, Matzke MA, Matzke AJ. The expression of a nopaline synthase-human growth hormone chimaeric gene in transformed tobacco and sunflower callus tissue. *Plant Mol Biol*. 1986; 6(5): 347-357.
17. Fox JL. First plant-made biologic approved. *Nat Biotechnol*. 2012; 30(6): 472-473.
18. Burkhardt PK, Beyer P, Wünn J, Klöti A, Armstrong GA, Schledz M, et al. Transgenic rice (*Oryza sativa*) endosperm expressing daffodil (*Narcissus pseudonarcissus*) phytoene synthase accumulates phytoene, a key intermediate of provitamin A biosynthesis. *Plant J*. 2002; 11(5): 1071-1078.
19. Marx ME. The benefits and ethical issues behind using genetically modified organisms in agriculture. *The Interdisciplinary Journal of Health, Ethics and Policy*. 2007; 1-5.
20. Brookes G, Barfoot P. GM crops: The global economic and environmental impact-The first nine years 1996-2004. *AgBioForum*. 2005; 8(2-3): 187-196.
21. Pray CE, Huang J, Hu R, Rozelle S. Five years of Bt cotton in China-the benefits continue. *The Plant Journal*. 2002; 31(4): 423-430.
22. Shao H, Yong B, Xu P, Zheng H, Liao R, Wang X, et al. Phytoene Synthase Gene (PSY) from Sweet Potato (*Ipomoea batatas* Lam.) Enhances Tolerance to Abiotic Stress. *Braz. Arch. Biol. Technol*. 2018; 61: 1678-4324.
23. Banakar R, Alvarez Fernandez A, Abadía J, Capell T, Christou P. The expression of heterologous Fe (III) phytosiderophore transporter HvYS1 in rice increases Fe uptake, translocation and seed loading and excludes heavy metals by selective Fe transport. *Plant Biotechnol J*. 2016; 15(4): 423-432.
24. Lucca P, Hurrell R, Potrykus I. Fighting iron deficiency anemia with iron-rich rice. *J Am Coll Nutr*. 2002; 21(sup3): 184S-190S.
25. Wirth J, Poletti S, Aeschlimann B, Yakandawala N, Drosse B, Osorio S, et al. Rice endosperm iron biofortification by targeted and synergistic action of

- nicotianamine synthase and ferritin. *Plant Biotechnol J*. 2009; 7(7): 631-644.
26. Huang S, Frizzi A, Florida CA, Kruger DE, Luethy MH. High lysine and high tryptophan transgenic maize resulting from the reduction of both 19-and 22-kD α -zeins. *Plant Mol Biol*. 2006; 61(3): 525-535.
27. Wang FQ, Yao K, Wei DZ. From soybean phytosterols to steroid hormones. *Soybean and Health*. 2011; 11: 241-263.
28. Battey JF, Schmid KM, Ohlrogge JB. Genetic engineering for plant oils: potential and limitations. *Trends Biotechnol*. 1989; 7(5): 122-126.
29. Salehi Jouzani GH, Sharafi R, Soheilivand S. Fueling the future; plant genetic engineering for sustainable biodiesel production. *Biofuel Research Journal*. 2018; 5(3): 829-845.
30. Broun P, Gettner S, Somerville C. Genetic engineering of plant lipids. *Annu Rev Nutr*. 1999; 19(1): 197-216.
31. Rosati C, Aquilani R, Dharmapuri S, Pallara P, Marusic C, Tavazza R, et al. Metabolic engineering of beta-carotene and lycopene content in tomato fruit. *Plant J*. 2001; 24(3): 413-420.
32. Roadjanakamolson M, Suntornsuk W. Production of β -Carotene-Enriched Rice Bran Using Solid-State Fermentation of *Rhodotorula glutinis*. *J Microbiol Biotechnol*. 2010; 20(3): 525-531.
33. Ravanello MP, Ke D, Alvarez J, Huang B, Shewmaker CK. Coordinate expression of multiple bacterial carotenoid genes in canola leading to altered carotenoid production. *Metabolic Engineering*. 2003; 5(4): 255-263.
34. Lukaszewicz M, Matysiak-Kata I, Skala J, Fecka I, Cisowski W, Szopa J. Antioxidant capacity manipulation in transgenic potato tuber by changes in phenolic compounds content. *J. Agric. Food Chem*. 2004; 52(6): 1526-1533.
35. Pham AT, Shannon JG, Bilyeu KD. Combinations of mutant FAD2 and FAD3 genes to produce high oleic acid and low linolenic acid soybean oil. *Theoretical and Applied Genetics*. 2012; 125(3): 503-515.
36. Liu Q, Singh S, Green A. High-oleic and high-stearic cottonseed oils: Nutritionally improved cooking oils developed using gene silencing. *J Am Coll Nutr*. 2002; 21(sup3): 205S-211S.
37. Loh HS, Green BJ, Yusibov V. Using transgenic plants and modified plant viruses for the development of treatments for human diseases. *Curr Opin Virol*. 2017; 26: 81-89.
38. Tohidfar M, Khosravi S. Challenges for Releasing BT Transgenic Plants. *Journal of Agricultural Biotechnology*. 2015; 7(3): 33-54.
39. Chassy BM. Food safety evaluation of crops produced through biotechnology. *J Am Coll Nutr*. 2002; 21(sup3): 166S-173S.
40. Dizj Fag, Dehghan P. Safety evaluation of transgenic foods devided plants. Tehran: The 3rd International Congress and the 26th National Congress of Food Science and Industry of Iran: Iranian Food Science and Technology community; 1398.
41. Schröder M, Poulsen M, Wilcks A, Kroghsbo S, Miller A, Frenzel T, et al. A 90-day safety study of genetically modified rice expressing Cry1Ab protein (*Bacillus thuringiensis* toxin) in Wistar rats. *Food Chem Toxicol*. 2007; 45(3): 339-349.
42. Kazemi AAH, Abbasi M. Genetically Modified Foods And Consumers Rights. *Ethics In Science & Technology*. 2009; 3(3-4): 47-55.
43. Fedoroff NV. The past, present and future of crop genetic modification. *N Biotechnol*. 2010; 27(5): 461-465.
44. Lü L. Chinese public understanding of the use of agricultural biotechnology-A case study from Zhejiang Province of China. *J Zhejiang Univ Sci B*. 2006; 7(4): 257-266.
45. Paparini A, Romano-Spica V. Public health issues related with the consumption of food obtained from genetically modified organisms. *Biotechnol Annu Rev*. 2004; 10: 85-122.
46. Carpenter JE. Peer-reviewed surveys indicate positive impact of commercialized GM crops. *Nat Biotechnol*. 2010; 28(4): 319-321.
47. Tsatsakis AM, Nawaz MA, Tutelyan VA, Golokhvast KS, Kalantzi OI, Chung DH, et al. Impact on environment, ecosystem, diversity and health from culturing and using GMOs as feed and food. *Food Chem Toxicol*. 2017; 107: 108-121.
48. Midtvedt T. Antibiotic resistance and genetically modified plants. *Microb Ecol Health Dis*. 2014; 25(1): 25918-25918

49. Bawa AS, Anilakumar KR. Genetically modified foods: safety, risks and public concerns: A review. *J Food Sci Technol*. 2013; 50(6): 1035-1046.
50. Ewen SW, Pusztai A. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet*. 1999; 354(9187): 1353-1354.
51. Keshani P, Sharifi MH, Heydari MR, Joulaei H. The Effect of Genetically Modified Food on Infertility Indices: A Systematic Review Study. *The Scientific World Journal*. 2020; 2020: 1424789.
52. Hilbeck A, Meier M, Römbke J, Jänsch S, Teichmann H, Tappeser B. Environmental risk assessment of genetically modified plants-concepts and controversies. *Environ Sci Eur*. 2011; 23(1): 1-12.
53. Bradford KJ, Van Deynze A, Gutterson N, Parrott W, Strauss SH. Regulating transgenic crops sensibly: lessons from plant breeding, biotechnology and genomics. *Nat Biotechnol*. 2005; 23(4): 439-444.
54. Magaña-Gómez JA, Calderón de la Barca AM. Risk assessment of genetically modified crops for nutrition and health. *Nutr Rev*. 2009; 67(1): 1-16.
55. Kaplan JK. Bt corn not a threat to Monarchs. *Agricultural Research*. 2002; 50(2): 16-18.
56. Pennisi E. Parasitic weed uses chemical cues to find host plant. *Science*. 2006; 313(5795): 1867.
57. Dizon F, Costa S, Rock C, Harris A, Husk C, Mei J. Genetically modified (GM) foods and ethical eating. *J Food Sci*. 2016; 81(2): R287-R291.
58. Rahnama H. Bioethics and Transgenic Crops Production. *Ethics in Science & Technology*. 2008; 3(1-2): 1-14.
59. Macer D. Food, plant biotechnology and ethics. *Proceedings of the Unesco International Bioethics Committee Fourth Session*. 1996; 1: 29-53.
60. Larijani B, Gafarian A, Kazemian A, Sadr Hosseini S. Physician and ethical considerations. Tehran: Baraye Farda; 2004.
61. Sotgiu A, Tala M, Sardu G, Coroneo V, Dessi S, Contu P. Genetically modified organisms: European and Italian legislation to protect citizens' health. *Igiene e Sanita Pubblica*. 2005; 61(5): 475-496.
62. Craddock N. Flies in the soup-European GM labeling legislation. *Nat Biotechnol*. 2004; 22(4): 383-384.
63. Heritage J. Transgenes for tea? *Trends Biotechnol*. 2005; 23(1): 17-21.
64. Bryant JA, la Velle LB. Introduction to bioethics. United Kingdom: John Wiley & Sons; 2018.
65. Raab CA, Grobe D. Labeling genetically engineered food: the consumer's right to know? *AgBioForum*. 2003; 6(4): 155-161.
66. Salazar MP, Valenzuela D, Tironi M, Gutiérrez RA. The ambivalent regulator: The construction of a regulatory style for genetically modified crops in Chile. *Tapuya: Latin American Science, Technology and Society*. 2019; 2(1): 199-219.
67. Wharry C. Canada must bolster its GM food regulations, not add labels: Report. *JAMC*. 2002; 167(9): 1046.



REVIEW ARTICLE



Genetic Engineering in Food and Pharmaceutical Products: Benefits, Concerns and Ethical Considerations

Fatemeh Zahedipour¹, Seyede Atefe Hosseini², Amin Jalili^{3*}

1. Department of Medical Biotechnology and Nanotechnology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Mashhad, Iran.

2. Department of Medical Biotechnology and Nanotechnology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Mashhad, Iran.

3. Department of Medical Biotechnology and Nanotechnology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Mashhad, Iran.

ARTICLE INFORMATION

Article history:

Received: 22 June 2021

Accepted: 17 October 2021

Published online: 23 November 2021

Keywords:

Genetically Modified Organisms

Bioethics

Genetic Engineering

Safety

ABSTRACT

Background and Aim: In order to sustain the world's growing population, the production of food must be more than 70% of what it is produced today. A remarkable and stable solution for the eradication of hunger is using genetically modified organisms (GMOs). Genetic modifications have contributed to larger yields in agriculture and livestock as well as the development of new biopharmaceuticals, vaccines and proteins. Despite the large benefits that genetic engineering and GMOs can bring for us, they may produce some hazards and concerns in certain areas. Moreover, considering the products to be new and also vast changes that they can make in economical, social, health, and safety matters, ethical issues plays an important role in the application of these technologies.

Materials and Methods: This is a review study. Research data were collected by searching databases of Web of science, PubMed, Scopus, google scholar, Magiran (Bank of Iran's Magazines Information), SID (Jahad-e Daneshgahi Scientific Information Center) with keywords of Ethic, Genetic engineering, genetically modified organisms and transgenic.

Ethical Considerations: The findings of these articles are stated in all stages of the research without bias and with respect to ethical aspects.

Findings: In this study, first some of the beneficial effects of such products on humanity and their contribution to the conservation of available resources are pointed out and then possible concerns about mass production and consumption of transgenic products as well as safety issues are discussed. Finally, the need to observe ethical considerations, the importance of respecting the rights of customers and product labeling are mentioned.

Conclusion: Adopting rational and prospective policies by observing ethical aspects, enacting integrated laws to avoid consumer's confusion, observing ethical aspects and providing correct and unbiased informing can prevent the possible dangers of this technology and people will profit its benefits.

* Corresponding Author: Amin Jalili

Address: Department of Medical Biotechnology and Nanotechnology, Faculty of Medicine, Mashhad University of Medical Sciences, Mashhad, Iran.

Postal Box: 9177948564

Email: inamsom@yahoo.com

© Copyright (2018) Medical Ethics and Law Research Center, Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Cite this article as:

Zahedipour F, Hosseini SA, Jalili A. Genetic Engineering in Food and Pharmaceutical Products: Benefits, Concerns and Ethical Considerations. *Faslnameh-i akhlaq-i pizishki*. 2021; 15(46): e19.