



بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته، نقاط بحرانی و مخاطرات استفاده از آن

پوریا دلاوری

دانشجوی کارشناسی رشته علوم و مهندسی صنایع غذایی دانشگاه تهران

چکیده:

تراریخته‌ها یا گیاهان تراریخته، گیاهانی هستند که با استفاده از تکنولوژی ژنتیکی تغییر یافته‌اند تا بتوانند ویژگی‌های خاصی مانند مقاومت به آفت‌کش‌ها، بیماری‌ها یا تغییرات اقلیمی را داشته باشند. از آنجایی که محصولات تراریخته در بسیاری از کشورها واردات و فروش می‌شوند، امنیت غذایی این محصولات بسیار مهم است. اما بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته چالش‌های خاصی را به همراه دارد. یکی از نقاط بحرانی در امنیت غذایی محصولات تراریخته، میزان تأثیرات آنها بر سلامت انسان‌ها و محیط زیست است. برخی از محصولات تراریخته ممکن است دارای عوارض جانبی بر روی سلامت انسان‌ها باشند و در بلند مدت بتوانند به مشکلاتی ایجاد کنند. افزایش استفاده از آفت‌کش‌ها برای مقاومت گیاهان تراریخته می‌تواند منجر به آلودگی محیط زیست و کاهش تنوع زیستی شود. امکان انتقال ژن‌های تراریخته به گیاهان دیگر و حیوانات نیز یک مخاطره محسوب می‌شود که ممکن است تأثیرات نامطلوبی داشته باشد. بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته نیازمند تحقیقات دقیق و شفاف است تا بشود اطمینان حاصل کرد که این محصولات برای مصرف انسان‌ها و محیط زیست ایمن هستند. نظارت و کنترل‌های سختگیرانه بر روی فرآیند تولید، توزیع و مصرف محصولات تراریخته ضروری است تا بتوان از امنیت غذایی این محصولات مطمئن بود.

کلمات کلیدی: تراریخته، امنیت غذایی، آفت‌کش، سلامت انسان‌ها، محیط زیست

مقدمه:

امنیت غذایی یکی از مسائل حیاتی و حیاتی در جوامع جهانی است. با توجه به رشد جمعیت جهانی و افزایش نیازهای غذایی، توسعه فناوری در زمینه کشاورزی نیز اهمیت زیادی پیدا کرده است [1]. یکی از فناوری‌هایی که در این زمینه توسعه یافته است، فناوری تراریخته است. محصولات تراریخته به دلیل داشتن ویژگی‌های زیستی که توسط جین‌های خارجی افزوده شده به آن‌ها ایجاد شده‌اند، قابلیت افزایش عملکرد، مقاومت در برابر آفت و بیماری و کاهش استفاده از حشره‌کش‌ها را دارند. اما در کنار مزایا، محصولات تراریخته نیز مخاطراتی را به همراه دارند که امنیت غذایی را تهدید می‌کند [2].

یکی از نقاط بحرانی در امنیت غذایی محصولات تراریخته، احتمال ایجاد اثرات زیان‌بار بر سلامت انسان‌ها است. برخی از انتقادات مرتبط با محصولات تراریخته شامل احتمال ایجاد اثرات جانبی بر سلامت انسان‌ها می‌شود. برخی از این اثرات شامل افزایش حساسیت‌های غذایی، افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن مانند سرطان یا تغییرات در سیستم ایمنی بدن می‌شود [3]. علاوه بر این، برخی از افراد نگران این موضوع هستند که مصرف محصولات تراریخته ممکن است به مدت طولانی منجر به ایجاد اثرات نامطلوب بر سلامت افراد شود [4].

در کنار این موضوع، یکی دیگر از نقاط بحرانی امنیت غذایی محصولات تراریخته، احتمال افزایش مقاومت آفت‌ها و بیماری‌ها در برابر حشره‌کش‌ها است. با توجه به اینکه برخی از محصولات تراریخته مقاومت به حشره‌کش‌ها دارند، این حشره‌کش‌ها ممکن است به مرور زمان مقاومت خود را در برابر آن‌ها افزایش دهند. این موضوع می‌تواند منجر به افزایش استفاده از حشره‌کش‌ها و به دنبال آن افزایش آلودگی زیست محیطی و خطرات بهداشتی شود [5]. افزایش مقاومت آفت‌ها و بیماری‌ها می‌تواند به طور غیرمستقیم به تهدید امنیت غذایی منجر شود. در نتیجه، بررسی دقیق و مستند از اثرات محصولات تراریخته بر امنیت غذایی و سلامت عمومی ضروری است تا بتوان از این فناوری به بهترین نحو ممکن بهره برد [6].

بررسی تأثیر محصولات تراریخته بر سلامت انسان‌ها

یکی از نکات حیاتی در بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته، تأثیر این محصولات بر سلامت انسان‌ها است. مطالعات نشان داده است که مصرف محصولات تراریخته ممکن است منجر به اثرات زیان‌بار بر سلامت انسان‌ها شود، از جمله افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن مانند سرطان یا اختلالات هورمونی. مطالعات انجام شده نشان داده است که مصرف محصولات تراریخته ممکن است منجر به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های خطرناک شود [7]. برای مثال، برخی از محصولات تراریخته شامل ژن‌های مقاومت به حشرات یا علف‌های هرز هستند که ممکن است منجر به افزایش استفاده از سموم شیمیایی در کشاورزی شود. این مواد شیمیایی ممکن است در محصولات تراریخته حضور داشته باشند و پس از مصرف توسط انسان‌ها، منجر به اختلالات هورمونی یا حتی خطر سرطان شوند [8].

از آنجایی که محصولات تراریخته معمولاً با استفاده از فناوری‌های جدید و نوین تولید می‌شوند، ممکن است اثرات جانبی آن‌ها بر سلامت انسان‌ها هنوز به طور کامل مشخص نباشد. بررسی دقیق و کامل تأثیر محصولات تراریخته بر سلامت انسان‌ها امری ضروری و حیاتی است تا از احتمال وقوع خطرات ناشناخته جلوگیری شود و اطمینان حاصل شود که مصرف این محصولات برای سلامتی انسان‌ها ایمن است [9].

اثرات زیست محیطی محصولات تراریخته

از آنجا که محصولات تراریخته قابلیت مقاومت در برابر آفت و بیماری را دارند، استفاده از آن‌ها ممکن است به کاهش استفاده از حشره‌کش‌ها منجر شود. اما این امر می‌تواند به کاهش تنوع زیستی، اختلالات ژنتیکی و ایجاد خطرات زیست محیطی منجر شود. محصولات تراریخته یا

GMOs (Genetically Modified Organisms)، محصولاتی هستند که در آن‌ها ژن‌های دیگری از سایر گونه‌ها وارد و اضافه شده‌اند تا ویژگی‌های خاصی را در آن‌ها ایجاد کنند [10]. این محصولات به دلیل مقاومت در برابر آفت و بیماری‌ها، مصرف کمتر حشره‌کش‌ها و کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد محصول مورد توجه کشاورزان قرار گرفته‌اند. اما استفاده از این محصولات نقش مهمی در تغییرات زیست محیطی ایفا می‌کند [11].

یکی از اثرات زیست محیطی منفی محصولات تراریخته، کاهش تنوع زیستی است. با افزایش استفاده از این نوع محصولات، گیاهان و حیوانات دیگری که به این محصولات حساس هستند، از بین می‌روند و تنوع زیستی کاهش می‌یابد [12]. احتمال انتقال ژن‌های تراریخته به گیاهان دیگر نیز وجود دارد که می‌تواند به کاهش تنوع ژنتیکی و ایجاد مشکلات جدید در بیوسیستم منجر شود. استفاده از محصولات تراریخته ممکن است به تغییرات اکولوژیکی نامطلوب و افزایش آلودگی زیست محیطی منجر شود [13]. برخی از محصولات تراریخته ممکن است باعث ایجاد گونه‌های جدید آفت و بیماری شود و به تخریب بخش‌هایی از اکوسیستم بیابد. بنابراین، برای حفظ تعادل زیست محیطی و پیشگیری از اثرات ناخواسته، نیاز به مطالعه دقیق و کنترل مناسب بر روی محصولات تراریخته و استفاده از آن‌ها وجود دارد [14].

ردپای اقتصادی تراریخته‌ها

تراریخته‌ها به عنوان یک فناوری کشاورزی نوین، تأثیر بزرگی بر بازار جهانی دارند. اما به دلیل هزینه‌های بالای تحقیق و توسعه در این زمینه، مصرف کنندگان ممکن است با هزینه‌های افزایش یافته مواجه شوند. تراریخته‌ها یکی از فناوری‌های کشاورزی پیشرفته هستند که با استفاده از تکنولوژی ژنتیکی، بذرها و گیاهان را به نحوی تغییر می‌دهند که مقاومت بیشتری در برابر آفت‌ها، بیماری‌ها و شرایط محیطی نامساعد داشته باشند. این امکان به کشاورزان داده شده است که با استفاده از تراریخته‌ها محصولات با کیفیت و بهره‌ورتری تولید کنند. اما این فناوری نه تنها مزایا دارد، بلکه مخاطرات و نقاط ضعفی نیز دارد که باید مورد توجه قرار گیرد [15].

یکی از اختلافات بزرگ در مورد تراریخته‌ها، اثرات زیست محیطی و بهداشتی آن‌ها است. برخی معتقدند که تراریخته‌ها ممکن است به طور غیرمستقیم به سلامتی انسان‌ها آسیب بزنند یا به محیط زیست آسیب برسانند. همچنین، مسائل مربوط به صنعت بذر و تولید کنترل‌کننده‌ها نیز یکی از مشکلات اصلی در این زمینه است. بنابراین، بررسی دقیق و رعایت استانداردهای لازم در تولید و استفاده از تراریخته‌ها ضروری است تا از اثرات منفی آن‌ها جلوگیری شود و بهره‌وری کشاورزی به حداکثر برسد [16].

مسائل حقوقی و اخلاقی محصولات تراریخته

استفاده از محصولات تراریخته می‌تواند به مسائل حقوقی و اخلاقی منجر شود، به ویژه در مواردی که شرکت‌های بزرگ بذرها را تأمین می‌کنند و کنترل بر روی کشاورزان را اعمال می‌کنند. استفاده از محصولات تراریخته، به دلیل امکان افزایش عملکرد و کاهش هزینه‌ها، برای بسیاری از کشاورزان جذاب است. اما این محصولات به دلیل وجود ژن‌های خارجی و تغییرات ژنتیکی، باعث بروز اختلافات حقوقی میان کشاورزان و شرکت‌های تولید کننده می‌شود [17]. به عنوان مثال، در برخی موارد، شرکت‌های بزرگ بذرها تراریخته را به کشاورزان فروخته و در قراردادهایی شرایط خاصی را برای استفاده از این بذرها اعمال می‌کنند. این شرایط ممکن است شامل مواردی مانند ممنوعیت برای ذخیره و استفاده مجدد از بذرها، یا پرداخت هزینه‌های اضافی برای حق استفاده از بذرها در فصل‌های بعدی باشد [18].

این موضوعات حقوقی می‌توانند به سوالات اخلاقی نیز منجر شوند. به عنوان مثال، آیا شرکت‌های تولید کننده باید اجازه دهند کشاورزان از بذرها تراریخته خود استفاده کنند و یا آیا آن‌ها می‌توانند شرایط خاصی را برای استفاده از این بذرها اعمال کنند؟ آیا این نوع قراردادها

اخلاقی هستند یا نه؟ چه تأثیری از این نوع قراردادهای بر کشاورزان و جوامع محلی آنها خواهد داشت؟ این سوالات مهمی است که نیاز به بررسی دقیق و عمیق دارند تا بتوان به تعادل مناسبی بین مصلحت‌های اقتصادی و اخلاقی جامعه دست یافت [19].

راهکارهای افزایش امنیت غذایی در مورد محصولات تراریخته

برای افزایش امنیت غذایی در مورد محصولات تراریخته، باید استانداردهای سخت‌تری برای تولید و استفاده از این محصولات اعمال شود. همچنین باید تحقیقات بیشتری در زمینه اثرات این محصولات بر سلامت انسان‌ها و زیست محیطی انجام شود. محصولات تراریخته یا GMO ها، محصولاتی هستند که با استفاده از تکنولوژی ژنتیک، ژن‌های مورد نظر از یک گونه به گونه دیگر منتقل می‌شوند تا خصوصیات خاصی به آن‌ها اضافه شود، مانند مقاومت به آفات یا دیگر شرایط محیطی. اما این محصولات همواره مورد انتقاد و ابهام قرار گرفته‌اند، زیرا اثرات طولانی مدت آن‌ها بر سلامت انسان‌ها و زیست محیطی هنوز کاملاً مشخص نیست [20].

برای افزایش امنیت غذایی در مورد محصولات تراریخته، می‌توان به اعمال استانداردهای سخت‌تر برای تولید و عرضه این محصولات اشاره کرد. این استانداردها باید شامل دقت در انتخاب ژن‌هایی که به محصولات اضافه می‌شوند، بررسی دقیق اثرات جانبی این ژنتیک در طولانی مدت، و نظارت منظم بر فرایند تولید و عرضه محصولات تراریخته باشند [21]. برای افزایش اطمینان مصرف‌کنندگان، باید اطلاعات دقیق و شفاف در مورد ترکیبات و اجزای محصولات تراریخته ارائه شود تا افراد بتوانند تصمیم درستی در مورد مصرف این محصولات بگیرند. تحقیقات بیشتری در زمینه اثرات محصولات تراریخته بر سلامت انسان‌ها و زیست محیطی انجام شود تا این محصولات با اطمینان بیشتری مصرف شوند. نظارت دقیق و مستمر بر فرایند تولید و عرضه محصولات تراریخته نیز از اهمیت بالایی برخوردار است تا مطمئن شویم که این محصولات با استانداردهای لازم تولید و عرضه می‌شوند و امنیت غذایی مصرف‌کنندگان حفظ می‌شود [22].

ارزیابی اثرات بلند مدت مصرف محصولات ژنتیکی

محصولات ژنتیکی تغییر یافته (GM) در چند دهه گذشته به طور چشمگیری در تأمین غذایی ما رو به افزایش رسیده‌اند. این محصولات با تغییر ژنتیکی گیاهان یا حیوانات به منظور معرفی ویژگی‌های دلخواه مانند مقاومت در برابر آفت‌ها یا افزایش عملکرد ایجاد می‌شوند. در حالی که طرفداران ادعا می‌کنند که محصولات GM می‌توانند به مشکلاتی مانند کمبود غذا و کم‌تغذیه پاسخ دهند، هنوز بسیاری از عدم قطعیت‌ها در ارتباط با اثرات بلند مدت آنها بر سلامت انسان وجود دارد [23].

یکی از نگرانی‌های اصلی اطراف محصولات GM، احتمال واکنش‌های آلرژیک است. با معرفی ژن‌های خارجی به محصولات کشاورزی، خطر ایجاد آلرژن‌های جدیدی وجود دارد که ممکن است در گیاه اصلی وجود نداشته باشند. این ممکن است منجر به مشکلات جدی سلامت برای افرادی با آلرژی شود، به ویژه اگر این آلرژن‌ها در زنجیره تأمین غذا شناسایی نشوند [24]. علاوه بر این، نگرانی‌ها در مورد احتمال توسعه مقاومت ضد میکروبی در انسان‌ها به عنوان نتیجه مصرف محصولات GM که برای تولید آنتی‌بیوتیک‌ها طراحی شده‌اند، وجود دارد. این ممکن است پیامدهای جدی برای سلامت عمومی داشته باشد، زیرا باکتری‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک در حال تبدیل به یک تهدید سلامت جهانی فوری می‌شوند [25, 26].

با توجه به این نگرانی‌ها، انجام مطالعات علمی دقیق برای ارزیابی اثرات بلندمدت مصرف محصولات GM بر سلامت انسان بسیار حیاتی است. این تحقیقات باید شامل ارزیابی جامع احتمال آلرژنی و سمیت محصولات GM، و همچنین مطالعات برای بررسی تأثیر محصولات GM بر سلامت روده و میکروبیوم باشد. با به دست آوردن درک بهتری از خطرات مرتبط با محصولات GM، می‌توانیم تصمیمات بیشتری

در مورد استفاده از آنها بگیریم و اطمینان حاصل کنیم که برای مصرف انسانی ایمن هستند. در نهایت، سلامت و رفاه مصرف کنندگان باید اولویت اصلی باشد زمانی که به توسعه و تنظیم محصولات GM می پردازیم [27].

ایمنی مواد غذایی تغییر ژنتیکی

مواد غذایی تغییر ژنتیکی در سال های اخیر به یک موضوع مورد بحث تبدیل شده است، با برخی افرادی که نگرانی های خود را در مورد ایمنی و اثرات بلندمدت آنها بر سلامت انسانی بیان می کنند [28]. به علت این موضوع، تماس هایی برای اعمال مقررات سخت و سیستم های نظارتی شدید برای اطمینان از ایمنی این مواد غذایی در طول فرآیند تولید وجود دارد. یکی از اصلی ترین نگرانی ها در مورد مواد غذایی تغییر ژنتیکی، احتمال بروز عواقب غیرمنتظره از تغییرات ژنتیکی است [29]. به عنوان مثال، ترسی وجود دارد که وارد کردن ژن های خارجی به DNA محصولات کشاورزی ممکن است منجر به تولید آلرژن ها یا سموم غیرمنتظره شود. برای رفع این نگرانی، ضروری است که مقررات سختی وجود داشته باشد که کل فرآیند ایجاد مواد غذایی تغییر ژنتیکی را از تغییر ژنتیکی اولیه تا محصول نهایی که در سفره های مصرف کنندگان قرار می گیرد، کنترل کند [30].

برای اطمینان از ایمنی مواد غذایی تغییر ژنتیکی، حیاتی است که سیستم های نظارتی جامعی وجود داشته باشد که فرآیند تولید را از آغاز تا انتها پیگیری کند. این شامل نظارت بر فرآیند تغییر ژنتیکی خود است، و همچنین آزمایش محصولات نهایی برای هر گونه آلرژن یا سمومی است که احتمالاً به طور غیرمنتظره معرفی شده باشند [31,32]. با اجرای مقررات سخت و سیستم های نظارتی، می توانیم به کاهش برخی از نگرانی های مربوط به مواد غذایی تغییر ژنتیکی کمک کنیم و به مصرف کنندگان اطمینان بیشتری از ایمنی این محصولات ارائه دهیم [33].

خطرات و مزایای محصولات ژنتیکی تغییر یافته

محصولات ژنتیکی تغییر یافته، که اغلب به عنوان GMO ها شناخته می شوند، موضوعی از بحث و جدل برای سال ها بوده است. این محصولات از طریق تکنیک های مهندسی ژنتیکی ساخته می شوند که DNA گیاهان، حیوانات یا میکروارگانیسم ها را تغییر می دهند [34]. هدف اصلی GMO ها ارتقای کیفیت و کمیت تولید مواد غذایی، افزایش مقاومت محصولات کشاورزی در برابر آفات و بیماری ها، و افزایش ارزش غذایی است. با این حال، نگرانی ها در مورد خطرات محتمل مرتبط با مصرف GMO ها وجود دارد، مانند واکنش های حساسیتی، مقاومت آنتی بیوتیکی و آسیب های زیست محیطی.

یکی از موضوعات کلیدی اطراف GMO ها، کمبود آگاهی و آموزش عمومی درباره این محصولات است. بسیاری از مصرف کنندگان از حضور GMO ها در غذای خود و خطرات بهداشتی ممکن از مصرف آن ها آگاه نیستند [35]. اهمیت دارد که عموم مردم در مورد مزایا و خطرات GMO ها آگاه شوند تا بتوانند تصمیمات آگاهانه ای در مورد آنچه که می خواهند مصرف کنند، اتخاذ کنند. با افزایش آموزش عمومی در مورد GMO ها، افراد می توانند بهتر پیامدهای بهداشتی ممکن از مصرف محصولات ژنتیکی تغییر یافته را درک کرده و تصمیماتی بگیرند که با اعتقادات و ارزش های شخصی شان همخوانی دارد [36].

برای آموزش عمومی درباره GMO ها، ضروری است که دولت ها، سازمان ها و دانشمندان اطلاعات دقیق و قابل دسترس در مورد این محصولات ارائه کنند. این امر می تواند از طریق کمپین های آگاهی عمومی، برنامه های آموزشی در مدارس و قوانین برچسب گذاری صورت گیرد که موجب می شود GMO ها باید به وضوح در بسته بندی های غذایی شناسایی شوند. با افزایش شفافیت و ارائه اطلاعات بی طرف در

مورد GMO ها، مصرف کنندگان می توانند تصمیمات آگاهانه ای در مورد انتخابات غذایی شان بگیرند [37] و برای سیاست هایی که اولویت ایمنی و پایداری غذایی دارند، حمایت کنند. در نهایت، آموزش عمومی درباره خطرات و مزایای محصولات ژنتیکی تغییر یافته بسیار حیاتی است در ارتقای امنیت غذایی، حفاظت از سلامت عمومی و تقویت یک سیستم غذایی پایدارتر برای نسل های آینده [38].

شفافیت و برچسب گذاری مواد ژنتیکی تغییر یافته

در سال های اخیر، تقاضای بیشتری برای شفافیت بیشتر در صنعت غذا وجود داشته است، به خصوص زمانی که مواد ژنتیکی تغییر یافته مورد بحث قرار می گیرد. ارگانیسم های ژنتیکی تغییر یافته (GMOs) ارگانیسم هایی هستند که مواد ژنتیکی آن ها از طریق تکنیک های مهندسی ژنتیکی تغییر یافته است. در حالی که برخی اعتقاد دارند که GMOs می توانند به افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و کاهش نیاز به سموم کمک کنند، دیگران نگران مخاطرات احتمالی بهداشتی و زیست محیطی مرتبط با مصرف GMOs هستند. به همین دلیل، بسیاری از مصرف کنندگان درخواست برچسب گذاری واضح تر مواد GMO در محصولات غذایی دارند تا بتوانند تصمیمات آگاهانه درباره خرید و مصرف محصولات خود بگیرند [39].

یکی از دلایل اصلی حمایت از برچسب گذاری مواد GMO، حق دانستن آنچه در غذای ماست است. مصرف کنندگان حق دارند تا انتخابات آگاهانه درباره محصولات می کنند داشته باشند، و برچسب گذاری مواد GMO این اطلاعات را به آن ها می دهد. با برچسب گذاری واضح مواد ژنتیکی تغییر یافته، مصرف کنندگان می توانند تصمیم بگیرند که آیا می خواهند شرکت هایی را حمایت کنند که از GMO در محصولات خود استفاده می کنند یا خیر. این می تواند شفافیت بیشتری در صنعت غذا ایجاد کند و شرکت ها را به مسئولیت پذیری بیشتر برای موادی که استفاده می کنند تشویق کند [40].

برچسب گذاری مواد GMO همچنین می تواند به افراد دارای محدودیت های رژیمی یا حساسیت های غذایی کمک کند. برخی افراد ممکن است حساسیت یا حساسیت به برخی از مواد GMO داشته باشند، و داشتن برچسب گذاری واضح می تواند به آن ها کمک کند تا از مخاطرات بهداشتی احتمالی جلوگیری کنند. با ارائه اطلاعات دقیق و شفاف درباره مواد موجود در محصولات غذایی، مصرف کنندگان می توانند تصمیماتی بگیرند که با ارزش ها و باورهای شخصی آن ها همخوانی دارد. به طور کلی، تشویق به شفافیت و برچسب گذاری مواد ژنتیکی تغییر یافته در محصولات غذایی برای تقویت توان مصرف کنندگان برای تصمیم گیری آگاهانه و ترویج صنعت غذایی باز و صادق اساسی است [41].

سرمایه گذاری در تحقیق و توسعه روش های جایگزین برای افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذا بدون وابستگی به اصلاح ژنتیک، اهمیتش روز به روز بیشتر می شود زیرا نگرانی ها درباره تأثیرات محیطی و سلامتی از عوامل تغییر ژنتیکی (GMO) ادامه دارد. در حالی که GMO ها به عنوان راه حلی برای افزایش تقاضای غذایی و کاهش نیاز به سموم شناخته شده اند، اما سؤالاتی درباره اثرات سلامتی بلندمدت و تأثیر بر تنوع زیستی برمی خیزند. به همین دلیل، بسیاری از مصرف کنندگان و کشاورزان به دنبال راه های دیگر برای بهبود عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذا هستند که از اصلاح ژنتیکی استفاده نکنند [42].

یکی از روش های جایگزین که در حال جلب توجه است، آگرواکولوژی است که بر روی روش های کشاورزی پایدار و جامع تمرکز دارد که با طبیعت همکاری می کند نه در مقابل آن. این رویکرد بر اهمیت تنوع زیستی، سلامت خاک و خدمات اکوسیستمی برای ترویج محصولات سالم و موثر تأکید دارد. با استفاده از روش هایی مانند نوبت بندی محصولات، پوشش خاکی و کشاورزی جنگلی، کشاورزان می توانند بهبود بخشی خاک را افزایش دهند، نیاز به ورودی های مصنوعی را کاهش دهند و انعطاف پذیری در برابر آفات و بیماری ها را افزایش دهند.

آگرواکولوژی همچنین ترویج استفاده از دانش سنتی و بومی، و همچنین تحقیقات علمی مدرن، برای توسعه راهکارهای نوآورانه برای کشاورزی پایدار را دارد [43].

علاوه بر آگرواکولوژی، روش‌های جایگزین دیگر برای بهبود عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذا شامل کشاورزی دقیق، کشاورزی عمودی و آب‌کشت هستند. کشاورزی دقیق از فناوری‌هایی مانند GPS، سنسورها و پهپادها برای بهینه‌سازی ورودی‌ها و حداکثرسازی عملکرد استفاده می‌کند، در حالی که کشاورزی عمودی و آب‌کشت امکان تولید سالانه در مناطق شهری با استفاده از حداقل منابع زمین و آب را فراهم می‌کنند. این روش‌ها فرصت‌هایی برای افزایش تولید غذا به روشی پایدار و محیطی دوستانه فراهم می‌کنند، بدون نیاز به اصلاح ژنتیکی. با سرمایه‌گذاری در تحقیق و توسعه این روش‌های جایگزین، می‌توانیم برای نسل‌های آینده یک سامان غذایی مقاوم‌پذیر و پایدار تضمین کنیم [44].

نتیجه گیری:

امنیت غذایی یکی از مسائل حیاتی در جوامع جهانی است و استفاده از محصولات تراریخته می‌تواند به تأمین این امنیت کمک کند. با این حال، باید مسائل مرتبط با امنیت غذایی و مخاطرات استفاده از محصولات تراریخته را به دقت بررسی کرد و راهکارهای مناسب برای افزایش امنیت غذایی و کمک به حفظ سلامت انسان‌ها و زیست محیطی اتخاذ کرد. بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته باید به عنوان یک موضوع حساس و پیچیده در نظر گرفته شود. از یک سو، امکان افزایش عملکرد و کاهش استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی از جمله مزایای این فناوری است. اما از سوی دیگر، وجود مخاطرات و اثرات منفی بر سلامت انسان‌ها و زیست محیطی باعث نگرانی‌ها و اختلافات بسیاری شده است. بنابراین، بررسی دقیق و جامع این موضوع ضروری است.

از جمله مسائل مهم در بررسی امنیت غذایی محصولات تراریخته، تأثیر این محصولات بر سلامت انسان‌ها است. برخی از تحقیقات نشان داده است که مصرف محصولات تراریخته ممکن است به افزایش خطر ابتلا به بیماری‌های مزمن منجر شود. علاوه بر این، اثرات زیست محیطی نیز باید در نظر گرفته شود. استفاده از محصولات تراریخته می‌تواند منجر به کاهش تنوع زیستی و ایجاد خطرات زیست محیطی شود. به علاوه، مسائل اقتصادی و اخلاقی نیز باید مورد توجه قرار گیرد، زیرا استفاده از محصولات تراریخته ممکن است به مسائل حقوقی و اخلاقی منجر شود. برای حفظ امنیت غذایی و کمک به حفظ سلامت انسان‌ها و زیست محیطی، لازم است استانداردهای سخت‌تری برای تولید و استفاده از محصولات تراریخته اعمال شود. همچنین تحقیقات بیشتری برای بررسی اثرات این محصولات بر سلامت انسان‌ها و زیست محیطی انجام شود. به این ترتیب، می‌توان بهبودی در امنیت غذایی و حفظ سلامت انسان‌ها و زیست محیطی را تضمین کرد.

منابع:

- [1] Hirayama T, Shinozaki K. Research on plant abiotic stress responses in the post-genome era: past, present and future. *Plant J* 2010;61(6):1041–105. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2010.04124.x> Mid:20409277.
- [2] Bortesi L, Fischer R. The CRISPR/Cas9 system for plant genome editing and beyond. *Biotechnol Adv* 2015;33(1):41–52. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.12.006> PMid: 25536441.
- [3] Pabo C, Peisach E, Grant R. Design and selection of novel Cys2His2 zinc finger proteins. *Annu Rev Biochem* 2001;70:313–40. <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.70.1.313> PMid: 11395410.
- [4] Boch J, Scholze H, Schornack S, et al. Breaking the code of DNA binding specificity of TAL-type III effectors. *Science* 2001;326(5959):1509–12. <https://doi.org/10.1126/science.1178811> PMid: 19933107.
- [5] Moscou MJ, Bogdanove AJ. A simple cipher governs DNA recognition by TAL effectors. *Science* 2009;326(5959):1501. <https://doi.org/10.1126/science.1178817> PMid: 19933106.
- [6] Cong L, Ran FA, Cox D, et al. Multiplex genome engineering using CRISPR/Cas systems. *Science* 2013;339(6121):819–23. <https://doi.org/10.1126/science.1231143> PMid: 23287718.
- [7] Ran Y, Liang Z, Gao C. Current and future editing reagent delivery systems for plant genome editing. *Sci China Life Sci* 2017;60(5):490–505. <https://doi.org/10.1007/s11427-017-9022-1> PMid: 28527114.
- [8] Char SN, Neelakandan AK, Nahampun H, et al. An Agrobacterium-delivered CRISPR/ Cas9 system for high-frequency targeted mutagenesis in maize. *Plant Biotechnol J* 2017;15(2):257–68. <https://doi.org/10.1111/pbi.12611> PMid: 27510362.
- [9] Chandrasekaran J, Brumin M, Wolf D, et al. Development of broad virus resistance in non-transgenic cucumber using CRISPR/Cas9 technology. *Mol Plant Path* 2016;17 (7):1140–53. <https://doi.org/10.1111/mpp.12375> PMid:26808139.
- [10] Tian S, Jiang L, Gao Q, et al. Efficient CRISPR/Cas9-based gene knockout in watermelon. *Plant Cell Rep* 2017;36(3):399–406. <https://doi.org/10.1007/s00299-016-2089-5> PMid:27995308.
- [11] Arencibia AD, Carmona E, Téllez P, et al. An efficient protocol for sugarcane (*Saccharum* spp. L.) transformation mediated by *Agrobacterium tumefaciens*. *Transgenic Res* 1998;7(3):213–22. <https://doi.org/10.1023/A:1008845114531>.
- [12] Shen L, Hua Y, Fu Y, et al. Rapid generation of genetic diversity by multiplex CRISPR/ Cas9 genome editing in rice. *Sci China Life Sci* 2017;60:506–15. <https://doi.org/10.1007/s11427-017-9008-8> PMid:28349304.
- [13] Hiei Y, Ohta S, Komari T, et al. Efficient transformation of rice (*Oryza sativa* L.) mediated by *Agrobacterium* and sequence analysis of the boundaries of the T-DNA. *Plant J* 1994;6 (2):271–82. <https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.1994.6020271.x> PMid:7920717.
- [14] Wang Y, Geng L, Yuan M, et al. Deletion of a target gene in Indica rice via CRISPR/ Cas9. *Plant Cell Rep* 2017;36(8):1333–43. <https://doi.org/10.1007/s00299-017-2158-4> PMid:28584922.
- [15] Gui H, Li X, Liu Y, et al. The relationship between PMI (manA) gene expression and optimal selection pressure in Indica rice transformation. *Plant Cell Rep* 2014;33 (7):1081–90. <https://doi.org/10.1007/s00299-014-1596-5> PMid:24643423.

- [16] Arencibia AD, Carmona E, Pérez G, et al. Identification and characterization of hypervariable sequences within the Saccharum complex. *Plant Sci* 2005;169(3):478–86. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2005.03.017>.
- [17] Holeski LM, Jander G, Agrawal AA. Transgenerational defense induction and epigenetic inheritance in plants. *Trends Ecol Evol* 2012;27(11):618–26. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2012.07.011> PMID:22940222.
- [18] Diez CM, Roessler K, Gaut BS. Epigenetics and plant genome evolution. *Curr Opin Plant Biol* 2014;18:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2013.11.017> PMID:24424204.
- [19] Bond DM, Baulcombe DC. Small RNAs and heritable epigenetic variation in plants. *Trends Cell Biol* 2014;24(2):100–7. <https://doi.org/10.1016/j.tcb.2013.08.001> PMID:24012194.
- [20] Fuentes P, Armarego-Marriott T, Bock R. Plastid transformation and its application in metabolic engineering. *Curr Opin Biotechnol* 2018;49:10–5. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2017.07.004> PMID:28738208.
- [21] Bock R. Genetic engineering of the chloroplast: novel tools and new applications. *Curr Opin Biotechnol* 2014;26:7–13. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2013.06.004> PMID:24679252.
- [22] Daniell H, Khan MS, Allison L. Milestones in chloroplast genetic engineering: an environmentally friendly era in biotechnology. *Trends Plant Sci* 2002;7(2):84–91. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(01\)02193-8](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(01)02193-8).
- [23] Muhlbauer SK, Koop H-U. External control of transgene expression in tobacco plastids using the bacterial lac repressor. *Plant J* 2005;43:941–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2005.02495.x> PMID:16146531.
- [24] Verhounig A, Karcher D, Bock R. Inducible gene expression from the plastid genome by a synthetic riboswitch. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2010;104(14):6204–9. <https://doi.org/10.1073/pnas.0914423107> PMID:20308585.
- [25] Lee SB, Kwon HB, Kwon SJ, et al. Accumulation of trehalose within transgenic chloroplasts confers drought tolerance. *Molecular Breeding* 2003;11(1):1–13. <https://doi.org/10.1023/A:1022100404542>.
- [26] Maliga P, Bock R. Plastid biotechnology: food, fuel, and medicine for the 21st century. *Plant Physiol* 2011;155(4):1501–10. <https://doi.org/10.1104/pp.110.170969> PMID:21239622.
- [27] Michoux F, Ahmad N, Hennig A, et al. Production of leafy biomass using temporary immersion bioreactors: an alternative platform to express proteins in transplastomic plants with drastic phenotypes. *Planta* 2013;237(3):903–8. <https://doi.org/10.1007/s00425-012-1829-1> PMID:23262582.
- [28] Arencibia AD, Gómez A, Mora P, et al. Photomixotrophic cultures of blueberries (*Vaccinium corymbosum*) accumulate or release phenylpropanoids via inductive treatments. *Acta Physiologiae Plantarum* 2018;40:36–40. <https://doi.org/10.1007/s11738-018-2615-x>.
- [29] Tungschat-Huang T, Maliga P. Visual marker and Agrobacterium-delivered recombinase enable the manipulation of the plastid genome in greenhouse-grown tobacco plants. *Plant J* 2012;70(4):717–25. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2012.04918.x> PMID:22268515.
- [30] Huang S, Weigel D, Beachy RN, et al. A proposed regulatory framework for genome edited crops. *Nat Genet* 2016;48:109–11. <https://doi.org/10.1038/ng.3484> PMID:26813761.
- [31] Slaymaker IM, Gao L, Zetsche B, et al. Rationally engineered Cas9 nucleases with improved specificity. *Science* 2016;351(6268):84–8. <https://doi.org/10.1126/science.aad5227> PMID: 26628643.
- [32] Kleinstiver BP, Prew MS, Tsai SQ, et al. Engineered CRISPR-Cas9 nucleases with altered PAM specificities. *Nature* 2015;523:481–5. <https://doi.org/10.1038/nature14592> PMID:26098369.

- [33] Kosicki KM, Tomberg K, Bradley A. Repair of double-strand breaks induced by CrIsPr–Cas9 leads to large deletions and complex rearrangements. *Nat Biotechnol* 2018;36(8):765–71. <https://doi.org/10.1038/nbt.4192> PMID: 30010673.
- [34] Bao PH, Granata S, Castiglione S, et al. Evidence for genomic changes in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) recovered from protoplasts. *Transgenic Res* 1996;5(2): 97–103. <https://doi.org/10.1007/BF01969427> PMID:8866891.
- [35] Arencibia AD, Gentinetta E, Cuzzoni E, et al. Molecular analysis of the genome of transgenic rice (*Oryza sativa* L.) plants produced via particle bombardment or intact cell electroporation. *Mol Breeding* 1998;4(2):99–109. <https://doi.org/10.1023/A: 1009627409668>.
- [36] Labra M, Savini C, Bracale M, et al. Genomic changes in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) plants produced by infecting calli with *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Cell Rep* 2001;20(4):325–30. <https://doi.org/10.1007/s002990100329>.
- [37] Wang G, Castiglione S, Chen Y, et al. Poplar (*Populus nigra* L.) plants transformed with a *Bacillus thuringiensis* toxin gene: insecticidal activity and genome analysis. *Transgenic Res* 1996;5(5):1–13. <https://doi.org/10.1007/BF01968939>.
- [38] Arencibia AD, Carmona E, Cornide MT, et al. Somaclonal variation in insect-resistant transgenic sugarcane (*Saccharum hybrid*) plants produced by cell electroporation. *Transgenic Res* 1999;8(5):349–60. <https://doi.org/10.1023/A:1008900230144>.
- [39] Carmona E, Arencibia AD, López J, et al. Analysis of genomic variability in transgenic sugarcane (*Saccharum hybrid*) plants produced by *Agrobacterium tumefaciens*. *Plant Breeding* 2005;124(1):33–8. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2004.01021.x>.
- [40] Kaeppler SM, Kaeppler HF, Rhee Y. Epigenetic aspects of somaclonal variation in plants. *Plant Mol Biol* 2000;43(2–3):179–88. <https://doi.org/10.1023/A: 1006423110134> PMID:10999403.
- [41] Haig D. The (dual) origin of epigenetics. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* 2004;69: 67–70. <https://doi.org/10.1101/sqb.2004.69.67> PMID:16117634.
- [42] Felsenfeld G. A brief history of epigenetics. *Cold Spring Harb Perspect Biol* 2014;6 (1):a018200. <https://doi.org/10.1101/cshperspect.a018200> PMID:24384572.
- [43] Gallusci P, Dai Z, Génard M, et al. Epigenetics for plant improvement: current knowledge and modeling avenues. *Trends Plant Sci* 2017;22(7):610–23. <https://doi.org/ 10.1016/j.tplants.2017.04.009> PMID: 28587758.
- [44] Kumar S. Epigenomics of plant responses to environmental stress. *Epigenomes* 2018;2(6):1–17. <https://doi.org/10.3390/epigenomes2010006>.