

مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی: فرصت ها و چالش ها

مریم هاشمی¹، سید عباس شجاع الساداتی^{2*}

1- بخش بیوتکنولوژی میکروبی، پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی، کرج، بلوار شهید فهمیده
2- استاد گروه بیوتکنولوژی، بخش مهندسی شیمی دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه تربیت مدرس
(تاریخ دریافت: 87/5/2 تاریخ پذیرش: 87/11/7)

چکیده

بهره گیری از زیست فناوری¹ نوین برای تولید مواد غذایی، فرصت ها و چالش های جدیدی را فرا روی توسعه و سلامتی انسان گشوده است. به کارگیری فنون پیشرفته 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 اصلاح شده ژنتیکی² شده است. این امر از یک سو، افزایش بازدهی تولید و کاهش مصرف عوامل آلاینده و مخرب محیط زیست را به همراه داشته و می تواند برای امنیت غذایی جمعیت روز افزون جهان، به ویژه کشورهای در حال توسعه از اهمیت فراوانی برخوردار باشد. از نگاه دیگر، استفاده از فنون جدید مهندسی ژنتیک امکان ارتقاء ارزش تغذیه ای و تولید غذاهای فراسودمند³ را به طور گسترده ای فراهم آورده است. افزایش سطح زیر کشت گیاهان اصلاح شده ژنتیکی در جهان از 2 میلیون هکتار در سال 1996 به بیش از 100 میلیون هکتار در سال 2006، روند پیشرفت و فراگیری کاربرد این نوع محصولات را در دهه اول کشت به خوبی نمایان می سازد. بر اساس پیش بینی های انجام شده انتظار می رود که این روند در دهه دوم یعنی بین سال های 2006-2015 از سرعت بیشتری برخوردار باشد. البته همزمان با ورود مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی در زنجیره غذایی انسان، نگرانی هایی در ارتباط با خطرات بالقوه ناشی از تولید و مصرف این گونه مواد ایجاد، و پرسش های متعددی را در زمینه احتمال بروز عوارض نامطلوب مانند حساسیت، افزایش مقاومت نسبت به آنتی بیوتیک ها، اثرات مخرب محیطی و انتقال افقی ژنها⁴ در جامعه مطرح نموده است. به دلیل اهمیت موضوع، در طول دو دهه گذشته کمیته های بین المللی مسئولیت قانون گذاری و تعیین سیاست های لازم برای تضمین ایمنی مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی را بر عهده گرفته و در این راستا راهبردها و دستورالعمل های متعددی مطرح شده است. پروتکل جهانی ایمنی زیستی کارتاگنا⁵ از جمله این موارد است. بر اساس قوانین موجود برآورد ایمنی اینگونه محصولات مبتنی بر اثبات برابری همه جانبه آنها با انواع اصلاح نشده و همچنین انجام آزمون های اختصاصی در زمینه حساسیت زایی پروتئین ها، سمیت متابولیت ها و ماده غذایی به طور کل می باشد. با توجه به اهمیت کاربرد زیست فناوری در توسعه پایدار، جمهوری اسلامی ایران نیز در سال 2001 پروتکل کارتاگنا را امضا و از اوایل سال 2004 رسماً متعهد به اجرای آن شده است. در این راستا تشکیل شورای ملی ایمنی زیستی توسط دولت ابلاغ شده است، لیکن قانون ملی ایمنی زیستی در کشور به تصویب نرسیده است و به تبع آن، نظارت قانونمندی هم بر واردات مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی انجام نمی گیرد. بنابراین، لازم است هرچه سریعتر برای تحقق این امر مهم چاره اندیشی شود، در غیر این صورت خسارات جبران ناپذیری به مملکت تحمیل خواهد شد.

کلید واژه گان: مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی، ایمنی، ارزیابی

*مسئول مکاتبات: shoja_sa@modares.ac.ir

1. Biotechnology
2. Genetically Modified Food (GMF)
3. Functional food
4. Horizontal gene transfer
5. Cartagena protocol on biosafety

1- مقدمه

مهندسی ژنتیک علمی است که به کمک آن می توان خصوصیات یک موجود زنده را با دست ورزی مواد ژنتیکی، به ویژه DNA و انتقال ژن های معینی برای تولید رقم های جدید، اصلاح نمود. با دست ورزی DNA به روش های مختلف و انتقال آن از یک موجود زنده به موجود زنده دیگر (فناوری DNA نوترکیب)¹ انتقال صفات ارثی حیوان به گیاه، باکتری و ویروس ممکن می شود. امکان بالقوه فنون برش ژن و روش های دیگر زیست فناوری نوین مانند شبیه سازی² با پیشرفت های بزرگی در تاریخ بشر چون کشف آتش، اختراع ماشین چاپ و شکاف اتم مقایسه می شود. در حال حاضر تولید انبوه انواع آنزیم ها، پادتن های تک دودمانی³، مواد مغذی، هورمون ها و فراورده های دارویی به کمک موجودات اصلاح شده ژنتیکی توسعه یافته است [1]. عمده ترین کاربرد فناوری اصلاح ژنتیکی برای تولید مواد غذایی در عرصه محصولات کشاورزی صورت گرفته است. در حال حاضر بیش از نیمی از مواد غذایی فرآوری شده در ایالات متحده امریکا حاوی سویا، ذرت، کلزا، پنبه یا سیب زمینی مهندسی ژنتیکی شده هستند [2-6].

به کارگیری اصلاحات ژنتیکی در مورد حیوانات اهلی و ماهی به منظور تولید مواد غذایی نیز در مرحله تحقیق و توسعه می باشد. در حال حاضر روش های موجود در زمینه اصلاح حیوانات برای کاربرد در سطوح وسیع بسیار گران است. با این وجود تولید ماهی اصلاح شده ژنتیکی در آستانه تجاری شدن می باشد [7]. استفاده از ریزسازواره های اصلاح شده ژنتیکی برای تولید مواد غذایی تخمیری، آنزیم ها، افزودنی های غذایی، طعم دهنده ها و اسیدهای آمینه نیز موفقیت های شایان توجهی به همراه داشته است [8]. با توجه به اهمیت موضوع و وجود دیدگاه های متفاوت، در این مقاله کاربرد زیست فناوری نوین (به ویژه فناوری DNA نوترکیب) برای تولید مواد غذایی از جنبه های مختلف بررسی می شود.

تاریخچه تولید موجودات اصلاح شده ژنتیکی در دورانهای ماقبل از تاریخ، بشر مواد غذایی مورد نیاز را در طبیعت پیرامون خود جستجو می نمود، سپس به تدریج به اهلی کردن و کشت گیاهان پرداخت و با کمک دانشمندان، اصلاح طبیعی نباتات را در بین رقم های مرتبط آغاز نمود. در ابتدای قرن بیستم با استفاده از تئوری ارتقاء ژنتیکی محصولات کشاورزی مندل، مبنی بر توسعه از طریق انتخاب کلاسیکی، یک گیاه از یک رقم با گیاه مرتبط تلاقی داده می شد تا ویژگی های مطلوب تولید شوند. پس از کشف ساختمان سه بعدی مارپیچ دوتایی DNA توسط واتسون و کریک در سال 1953، دانشمندان به امکان شناسایی و برش ژن ها از یک موجود زنده و انتقال آنها به نوع دیگر پی بردند. در سال 1967 رقم جدیدی از سیب زمینی به نام سیب زمینی لنیپ⁵ پرورش داده شد این رقم به دلیل محتوی مواد جامد بیشتر برای تهیه چپیس سیب زمینی مناسب تر بود اما پس از دو سال عامل گسترش سمی به نام سولانین شد. بنابراین، وزارت کشاورزی امریکا آن را از بازار مصرف خارج کرد. توسعه سم در رقم جدید سیب زمینی نشان داد که تغییرات ژنتیکی گیاهان و یا حتی حیوانات ممکن است تأثیرات ناخواسته ای به همراه داشته باشد [9]. شایان ذکر است که اصلاح نباتات پیشینه ایمنی خوبی داشته و در حذف عناصر سمی از برخی مواد غذایی موفق بوده است. در سال 1973، بویر و کوهن⁶ تحقیقات خود را برای تولید اولین موجود زنده با روش DNA نوترکیب در شرایط برون تنی⁷ آغاز کردند. در سال 1980 دادگاه عالی ایالات متحده در دایموند قانون مالکیت معنوی ژنتیکی را اجباری نمود. در سال 1982 نیز سازمان غذا و داروی امریکا (FDA)، اولین داروی حاصل از روش های مهندسی ژنتیکی را ثبت کرد (نوعی انسولین انسانی که توسط باکتری تولید می شود). در سال 1992 گوجه فرنگی اصلاح شده، نخستین محصول کشاورزی GM. توسط کالازن به نام فلیورسیور تولید که پس از ارزیابی ایمنی توسط FDA، مصرف آن مجاز و سرانجام

1. Recombinant DNA technique
2. Cloning
3. Monoclonal antibodies
4. Microorganism

5. Lenape
6. Boyer and cohen
7. *in vitro*

بهبود سلامتی انسان کمک کند. یکی از اهداف اصلی تولید محصولات GM در کشورهای فقیر، کمک به رشد و توسعه اقتصادی دراز مدت آنها از طریق رفع سوء تغذیه ناشی از کمبود ریزمغذی ها و ارتقاء سلامتی می باشد به عنوان مثال می توان به تولید برنج غنی شده از پیش ساز ویتامین A و آهن اشاره نمود. محصولات کشاورزی GM مقاوم به خشکی، سبب زمینی GM مقاوم به نماتودها و سویای GM مقاوم به علف کش منجر به بهبود زندگی میلیون ها نفر در کشورهای مختلف شده است [11].

سطح زمین های زیر کشت محصولات اصلاح شده

ژنتیکی در جهان

سطح زمین های زیر کشت محصولات کشاورزی در جهان در اولین سال تجاری شدن این نوع محصولات (1996) حدود 2 میلیون هکتار و در پایان سال 2007 به 114/3 میلیون هکتار رسید که در مقایسه با سال 2006، 12/3 میلیون هکتار معادل 12% رشد نشان داده است (شکل 1).

به عبارت دیگر در طول این سال ها، سطح زمین های زیر کشت محصولات کشاورزی ترازیخته بیش از 57 برابر افزایش داشته است. سهم سطح زیرکشت محصولات ترازیخته در کشورهای در حال توسعه نیز افزایش سالانه داشته و در سال 2007 به 49/9 میلیون هکتار رسیده است. به عبارت دیگر ضریب رشد سال های 2006-2007 در این کشورها (21%) بسیار بیشتر از کشورهای توسعه یافته (6%) بوده است. رشد مداوم و سریع محصولات مذکور بیانگر پیشرفت قابل توجه و پایداری در بهره وری، منافع زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی برای مزرعه داران کوچک و بزرگ، مصرف کنندگان و کل جامعه در کشورهای صنعتی و در حال توسعه می باشد [12].

اتفاق بسیار مهم در سال 2005 افزایش تعداد کشورهای کشت کننده محصولات کشاورزی ترازیخته از 17 کشور در سال 2004 به 21 کشور، سه کشور از اتحادیه اروپا (پرتغال، فرانسه و جمهوری چک) و جمهوری اسلامی ایران بود که در سال 2006 به 22 کشور رسید. در سال 2007 با وجود حذف نام ایران از فهرست کشورهای تولید کننده محصولات کشاورزی ترازیخته تعداد

در سال 1994 وارد بازار شد. ژن آنتی سانس در گوجه فرنگی های فلیورسیور¹ فرایند رسیدن محصول را به تعویق انداخته و امکان نگهداری بهتر را فراهم می نماید. اولین آزمون سبب زمینی ترازیخته نیز در سال 1986 در بلژیک و یک سال بعد در ایالات متحده انجام شد. در سال 1994 تنباکو به عنوان اولین محصول مهندسی ژنتیک اتحادیه اروپا در فرانسه ثبت و در دستورالعمل بین المللی ایمنی زیستی کنوانسیون تنوع زیستی مونترال کانادا در سال 2000 توسط 130 کشور تأیید شد [10].

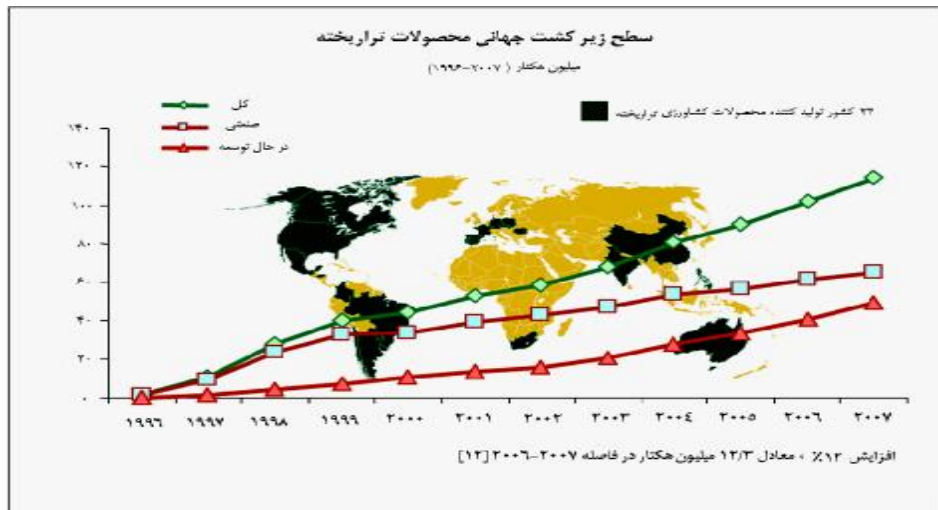
فواید غذاهای اصلاح شده ژنتیکی

به طور کلی مواد غذایی GM به دو نسل عمده تقسیم می شوند. لوبیای سویای مقاوم به آفت کش بخشی از نسل اول بذور تولید شده با فنون مهندسی ژنتیک می باشد. همچنین بذور مقاوم به آفت، بیماری یا ویروس خاص نیز در زمره این نسل محصولات ترازیخته به شمار می آید. منافع اولین نسل محصولات کشاورزی ترازیخته²، مصرف کمتر مواد شیمیایی و در نتیجه کاهش هزینه کشت برای کشاورزان است. البته کشت این گونه محصولات فواید جنبی دیگری برای مصرف کنندگان و محیط زیست دارد به عنوان مثال مطالعات نشان داده است که ذرت مقاوم به حشره (ذرت Bt) در برابر سایر آفات، قارچ ها و کپک ها نیز مقاومت داشته، بنابراین مقدار سمومی همچون افلاتوکسین در ذرت Bt بسیار کمتر از نوع بدون Bt است. استفاده از بذور مقاوم به آفات نیز مصرف آفت کش ها را تقلیل داده و در حفظ محیط زیست مؤثرند. نسل دوم بذور اصلاح شده ژنتیکی فرآوران و کاربران نهایی مواد غذایی را هدف قرار داده است و منافع خاصی مانند افزایش مقدار پروتئین، چربی های اصلاح شده و سلامتی بخش، کربوهیدرات های تعدیل شده، ارتقاء ویژگی های عطر و طعم و افزایش مقدار آنتی اکسیدان ها را ارائه می نمایند. تعدیل خصوصیات کمی و کیفی مواد مغذی مانند ترکیب پروتئین، نشاسته، چربی یا ویتامین ها از طریق اصلاح مسیرهای متابولیکی، ارزش تغذیه ای مواد غذایی را ارتقاء داده و ممکن است با رفع سوء تغذیه مزمن به

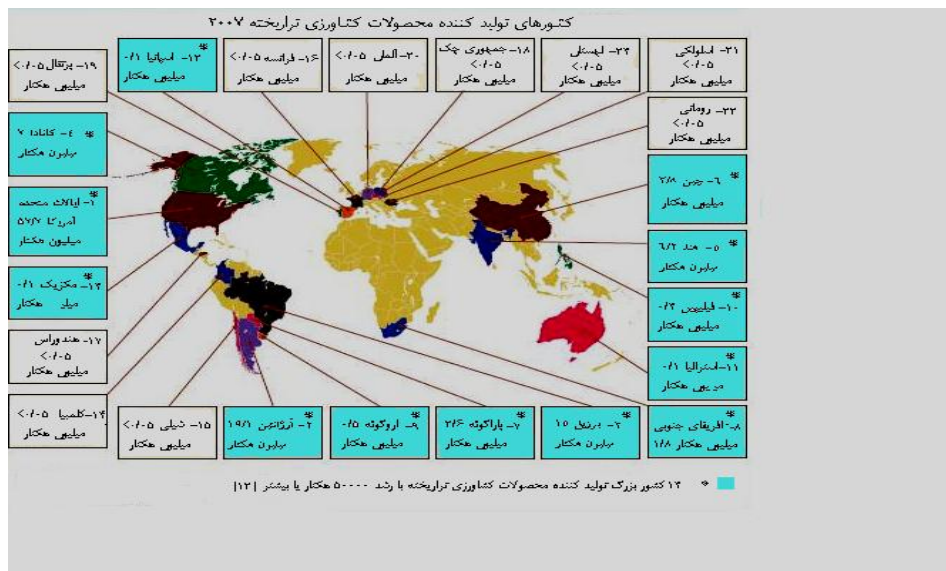
1. Flavr savr
2. Transgenic plants

هکتار معادل 50% سطح زیر کشت در جهان همچنان پیشتاز است. براساس شواهد موجود پیش بینی می‌شود که افزایش غیرمنتظره سطح زیر کشت محصولات تراریخته، در دهه دوم تجاری شدن (2006-2015) همچنان ادامه یافته و با سرعت بیشتری پیش رود. ارزش بازار جهانی محصولات کشاورزی زیست فناوری در سال 2007 به 6/9 میلیارد دلار رسید. مجموع ارزش بازار جهانی محصولات کشاورزی تراریخته از اولین سال تجاری شدن (1996) تا کنون 42/4 میلیارد دلار برآورد شده است. تخمین زده می‌شود که ارزش این بازار در سال 2008 به 7/5 میلیارد دلار برسد [12].

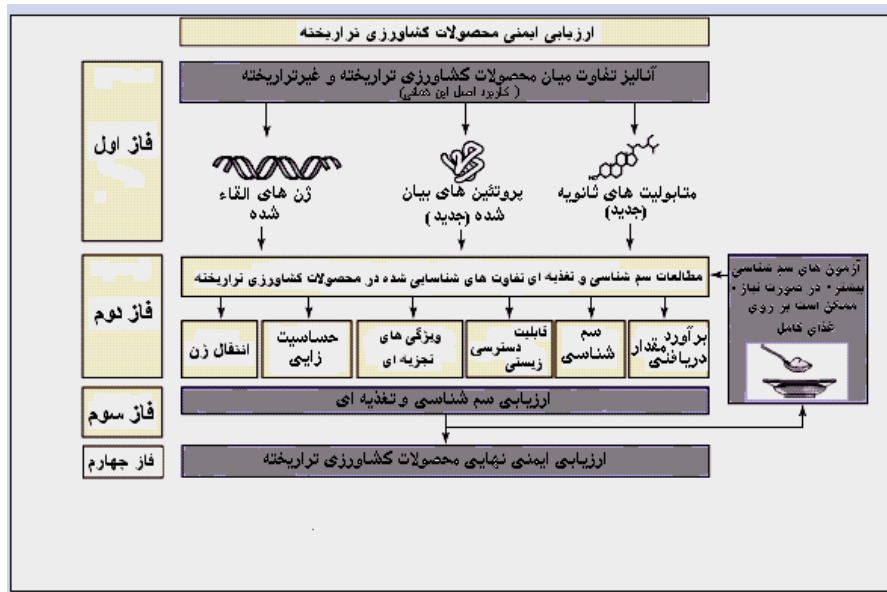
کشورهای مذکور به 23 رسید (شکل 2). دوازده کشور در حال توسعه و یازده کشور صنعتی به ترتیب سطح زمین‌های زیر کشت محصولات تراریخته عبارتند از: ایالات متحده آمریکا، آرژانتین، برزیل، کانادا، هندوستان، چین، پاراگوئه، افریقای جنوبی، ارگوئه، فیلیپین، استرالیا، اسپانیا، مکزیک، کلمبیا، شیلی، فرانسه، هندوراس، جمهوری چک، پرتغال، آلمان، اسلواکی، رومانی و لهستان [12]. در سال 2007 میلادی شش کشور ایالات متحده آمریکا، آرژانتین، برزیل، کانادا، هندوستان و چین بیشترین تولید محصولات کشاورزی تراریخته را داشتند. در این بین ایالات متحده آمریکا با کشت 57/7 میلیون



شکل 1 سطح زیر کشت محصولات تراریخته در جهان طی سال های 1996-2007



شکل 2 کشورهای تولید کننده محصولات تراریخته در سال 2007



شکل 3 دیاگرام ارزیابی ایمنی محصولات کشاورزی تراریخته

جدول 1 خطرات بالقوه یا نگرانی های مصرف مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی

منابع	خطرات یا نگرانی ها
Phillips, 1994[13]; Young and Lewis, 1995[14]	تغییر در کیفیت تغذیه ای مواد غذایی
Hileman, 1999[15]; Phillips, 1994[13]	مقاومت به آنتی بیوتیک
Phillips, 1994[13]	امکان سمیت زایی مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی
Nordlee et al., 1996[14]	امکان حساسیت زایی مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی
Billings, 1997[15]; Coleman, 1996[16]	
Hileman, 1999[17]; Kaiser, 1996[18]; Rissler and Melon, 1993, 1996[19,20]	انتقال غیر عمدی ژن ها به گیاهان وحشی
Phillips, 1994[13]	احتمال ایجاد ویروس ها و سموم جدید
Lustgarten, 1994[21]; Koch, 1998[22]	محدودیت دسترسی به بذور به دلیل مالکیت معنوی گیاهان غذایی اصلاح شده ژنتیکی
Koch, 1998[22]; Phillips, 1994[13]	تهدید تنوع ژنتیکی گیاهی
Crist, 1996[23]; Robinson, 1997[24]; Thompson, 1997[25]	نگرانی های مذهبی، فرهنگی و اخلاقی
Federal Register, 1992[26]; Hoef et al., 1998[27]	نگرانی های ناشی از عدم رعایت قوانین برجسب زنی
Kaiser, 1999[18]; Koenig, 1999[28]	نگرانی های گروه های حامی حقوق حیوانات
Koch, 1998[22]	نگرانی های کشاورزان محصولات ارگانیک و سنتی
Koch, 1998[22]; Longman, 1999[29]	ترس از ناشناخته ها

خطرات احتمالی موجودات اصلاح شده ژنتیکی

علی رغم منافع زیاد GMO، خطرات احتمالی متعددی نیز در ارتباط با تأثیر این گونه محصولات بر سلامتی انسان مطرح است. منتقدان بحث مهندسی ژنتیک مواد غذایی نگرانی‌هایی را در زمینه ایمنی، حساسیت‌زایی، سمیت، سرطان‌زایی و محیط زیست دارند (جدول 1). براساس نظریه‌های موجود برخی اوقات احتمال دارد انتقال مواد ژنتیکی جدید به سلول‌های هدف موفقیت آمیز نباشد یا ممکن است مواد ژنتیکی جدید به نقطه‌ای غیر از نقطه هدف در زنجیره DNA موجود هدف متصل شوند یا ژن جدید به طور ناخواسته باعث فعالیت ژن مجاور شود (که در حالت عادی غیرفعال است) یا با تغییر یا مهار عملکرد ژن‌های مختلف منجر به جهش‌های ژنتیکی غیرمنتظره‌ای شوند.

نظریه‌هایی مبنی بر امکان ایجاد حساسیت توسط پروتئین تولید شده از موجودات تغییر ژن یافته در افراد مستعد نیز وجود دارد [30]. مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی حاوی آلرژن‌های شناخته شده (مانند پروتئین‌های بادام زمینی، گندم، تخم مرغ، شیر، دانه‌های مغزدار، ماهی، صدف و خرچنگ) می‌توانند باعث عکس‌العمل‌های حساسیتی در افراد مستعد شوند [10]. به عنوان نمونه یک شرکت بین‌المللی تهیه بذر با هدف افزایش محتوی پروتئینی غذای دام تولیدی، اقدام به انتقال ژن‌های نوعی آجیل برزیلی به لوبیای سویا نمود. این اصلاح ژنتیکی سبب بروز واکنش‌های حساسیتی در افراد حساس به آجیل برزیلی شده و در نهایت منجر به جمع‌آوری و حذف محصول از بازار شد [16].

اصلاحات ژنتیکی همچنین ممکن است به صورت تصادفی با فعال نمودن ژنی که ضمن داشتن ویژگی مطلوب، باعث تولید سم نیز می‌شود، مقدار سموم طبیعی گیاه را افزایش دهد.

به دلیل استفاده از ژن‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک به عنوان نشانگر در مهندسی ژنتیک نگرانی‌هایی در زمینه انتقال ژن‌های مذکور به انسان‌ها و حیوانات مصرف‌کننده این گونه محصولات نیز وجود دارد [13]. براساس گزارشات انجمن پزشکی انگلستان امکان انتقال ژن‌های نشانگر مقاومت به آنتی‌بیوتیک از محصولات GM به

میکروبه‌های عامل بیماری در دستگاه گوارش انسان و حیوانات مصرف‌کننده غذاهای GM وجود دارد. این امر می‌تواند منجر به تولید میکروبه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک شده و مشکل افزایش مقاومت به آنتی‌بیوتیک را در جوامع گسترش دهد [31، 15]. احتمال انتقال افقی ژن‌ها، ایجاد علف‌های هرز مقاوم و اثرات نامطلوب بر تنوع بیولوژیکی از دغدغه‌های طرفداران محیط زیست می‌باشد. به عنوان مثال ایشان براین باورند که سم Bt با ورود به زنجیره غذایی می‌تواند تهدیدی برای حشرات مفید باشد. از سوی دیگر گیاهان مهندسی شده حاوی اجزاء ویروسی به عنوان بخشی از راهکارهای افزایش مقاومت، می‌توانند به تشکیل ویروس‌های جدید در محیط کمک کنند [13]. گیاهان مهندسی شده برای تولید مواد سمی مانند داروها و آفت‌کش‌ها، می‌توانند خطراتی برای موجودات غیر هدف به همراه داشته باشند. از دیگر مشکلات محصولات کشاورزی اصلاح شده ژنتیکی می‌توان به عدم امکان استفاده از بذر کشت سال قبل و وابستگی کشاورزان به شرکت‌های چند ملیتی تهیه‌کننده بذر اصلاح شده ژنتیکی اشاره نمود. دلیل این موضوع لقاء ژن خاتمه‌دهنده در بذر اصلاح شده ژنتیکی به هنگام تولید می‌باشد که امکان کشت پیش از یک بار را از کشاورزان گرفته و آنها را به شرکت‌های تولیدکننده وابسته می‌سازد. محدودیت مذکور به ویژه در کشورهای در حال توسعه تهدیدی برای توسعه کشاورزی به شمار می‌آید.

ارزیابی خطرات احتمالی موجودات اصلاح شده ژنتیکی نظریه ارزیابی خطرات احتمالی موجودات اصلاح شده ژنتیکی برای اولین بار در کنفرانس آسیلومار¹ در سال 1975 مورد بحث و بررسی قرار گرفت [32، 33]. پس از کشف DNA نوترکیب نگرانی‌هایی در میان محققان مطرح شد مبنی براین که با تشکیل ویروس نوترکیب، احتمال پخش شدن آن و تهدید سلامت عمومی هم وجود دارد [34]. در سال 1976 ایالات متحده آمریکا مجموعه راهنمایی برای تحقیقات زیست فناوری نوین تهیه نمود [35]. بنا به ضرورت وجود مقرراتی در جهت پیشگیری از رهایی تصادفی ریزسازواره‌ها در محیط قوانینی مانند

1. Asilomar

کنفرانس مشترک در زمینه مواد غذایی مشتق شده از زیست فناوری در سال 2000 تأیید کردند که عقیده "این همانی" به ارزیابی ایمنی کمک زیادی می‌کند و باید به عنوان نقطه شروع ارزیابی ایمنی مواد غذایی GM در مقایسه با انواع اصلاح نشده بکار رود [40]. در کنفرانس فوق به این نتیجه رسیدند که در نظر گرفتن تغییرات ترکیبات نباید اساس بنیادی برای تعیین ایمنی باشد و این که ایمنی تنها زمانی قابل تشخیص است که نتایج کلیه جنبه‌های تحت مقایسه کامل شود.

اصول ارزیابی ایمنی مواد غذایی اصلاح شده

ژنتیکی

کمسیون کدکس مواد غذایی³ (CAC) متن ذیل را در جولای 2003 منتشر کرد: اصول تجزیه و تحلیل خطرات احتمالی مواد غذایی حاصل از زیست فناوری نوین، راهنمایی برای انجام ارزیابی ایمنی محصولات غذایی تهیه شده از گیاهان حاوی DNA نو ترکیب و محصولات تهیه شده با ریزسازواره های حاوی DNA نو ترکیب می‌باشند. اصول ارزیابی ایمنی کدکس برای مواد غذایی GM بررسی موارد ذیل را الزامی می‌داند:

- (الف) اثرات مستقیم بر سلامتی (سمیت)؛
 (ب) پتانسیل تحریک عکس العمل‌های حساسیتی (حساسیت زایی)؛
 (ج) ترکیبات خاصی که به نظر آید دارای ویژگی های تغذیه‌ای یا سمی باشند؛
 (د) ثبات ژن اضافه شده؛
 (ه) اثرات تغذیه‌ای مرتبط با اصلاح ژنتیکی ویژه؛
 (و) هرگونه اثرات غیرمنتظره که ممکن است نتیجه اضافه شدن ژن ایجاد شوند.

طی گفتگوهای کارشناسی سال 2003، در زمینه ارزیابی ایمنی غذاهای حاصل از حیوانات GM نظیر ماهی [41] ضرورت توسعه بیشتر فرایند ارزیابی خطرات احتمالی با لحاظ کردن دانش علمی روز، ارزیابی‌های سم شناسی و تغذیه‌ای کامل برای تأیید ایمنی غذاهای مورد سؤال (شکل 3)، در دستور کار قرار گرفت. در این راستا در نظر گرفتن جامع داده‌های بدست آمده از مراحل مختلف

مقررات اتحادیه اروپا در سال 1990 برای کاربرد تحت کنترل و رهایی GMOs بسط داده شد. این گونه دستورات عملی ها براساس این که موجودات اصلاح شده ژنتیکی و مواد غذایی GM مواد جدیدی هستند و هیچ گونه سابقه‌ای از ایمنی مصرف غذایی و یا محیطی آنها وجود ندارد، ارزیابی ایمنی آنها را بر سلامتی انسان و محیط زیست الزامی نمودند.

با وجود این که اساس بسیاری از مقررات ملی ارزیابی ایمنی GMOs و مواد غذایی GM کشورهای مختلف بر طبق نقطه نظرات و عقاید مشترک بود اما تفاوت‌های موجود منجر به ایجاد اختلافات و گسترش پیچیدگی امور شد. بنابراین به منظور تأمین یکپارچگی بین المللی در تجزیه و تحلیل خطرات GMOs و مواد غذایی GM تعدادی از مراکز قانون گذاری و تدوین استانداردهای بین المللی، استانداردهای هماهنگی برای ارزیابی ایمنی GMOs و مواد غذایی GM بر سلامتی انسان و محیط زیست ارائه دادند. هدف استانداردهای یکپارچه جهانی از ارزیابی خطرات احتمالی به دلیل تصمیمات متفاوت کشورها در زمینه گستره ارزیابی به ویژه تفکیک یا عدم تفکیک نقطه نظرات اجتماعی و اقتصادی با تهدیدهای مواجهه شد. به همین دلیل سیستم‌های بین المللی قانون‌گذاری ایمنی مواد غذایی GM (اصول کدکس) [36] و ایمنی محیط زیست (پروتکل کارتهانا در ایمنی زیستی) [37] در سال 2003 اجباری شد.

نظریه مقایسه محصول نهایی با نوع مشابه دارای استاندارد ایمنی قابل قبول، عنصر مهمی در ارزیابی ایمنی مواد غذایی GM به شمار می‌آید. این اصل در اوائل دهه 1990 توسط WHO، FAO و OECD¹ تهیه و تحت عنوان "این همانی"² ارائه شد. اصل مذکور پیشنهاد می‌کند که مواد غذایی GM را زمانی می‌توان در حد مواد غذایی معمول ایمن در نظر گرفت که ویژگی‌های کلیدی سم شناسی و ترکیبات تغذیه‌ای آنها (در دامنه تغییرات طبیعی) قابل مقایسه، و اصلاح ژنتیکی انجام شده نیز ایمن باشد (شکل 3)، البته این عقیده مورد انتقاد برخی محققین قرار گرفت [38,39]. FAO/WHO در یک

1. Organisation for economic cooperation and development
 2. Substantial equivalence

3. Codex alimentarius commission

شناسایی و تعیین ویژگی‌های خطرات، در ارزیابی مصرف مواد غذایی مورد تأکید قرار گرفت [36,42,43].

خصوصیات منطقه‌ای در ارزیابی‌های ایمنی

یافته‌های ضد و نقیض در زمینه مزایا و خطرات احتمالی یک نوع محصول کشاورزی GM می‌تواند بیانگر تفاوت کشاورزی - اکولوژیکی محلی یا منطقه‌ای باشد، به عنوان مثال کاربرد محصولات کشاورزی مقاوم به علف کش در یک منطقه کشاورزی کوچک با چرخش زیاد محصول و تراکم حشره‌ای کم می‌تواند مضر باشد. استفاده از علف کش‌های با قدرت متوسط ممکن است در مورد چنین گیاهان GM نسبت به سایر مناطق کشاورزی مفید باشد. بسته به تفاوت گیاهان در مناطق اکولوژیکی مختلف، تلاقی ژنتیکی گونه‌های مختلف ممکن است خصوصیات بسیار متفاوتی به همراه داشته باشد [44]. بنابراین در ارزیابی خطرات علاوه بر خصوصیات GMO، توجه به ویژگی‌های منطقه‌ای و اکولوژیکی محیط دریافت کننده نیز لازم است.

توسعه مقررات قانون گذاری و ایمنی

مواد غذایی حاصل از زیست فناوری نوین

قانون گذاری و ارزیابی ایمنی محصولات کشاورزی اصلاح شده ژنتیکی با رویکردی بسیار ابتدایی توسعه یافته است. اولین مقررات ملی و بین‌المللی ارزیابی ایمنی و قانون گذاری موجودات اصلاح شده ژنتیکی و مواد غذایی مشتق شده از آنها در اواسط دهه 1980 توسط کارشناسان علمی ارائه داده شد. یک دهه بعد نخستین قانون محصولات کشاورزی GM در سال 1995 مورد تصویب قرار گرفت. سازمان همکاری و توسعه اقتصادی (OECD¹) نیز ضمن تشریح و تدوین مقررات ایمنی غذایی 29 عضو خود به طور ویژه به روش‌های ملی قانون گذاری و ارزیابی مواد غذایی مشتق شده از محصولات کشاورزی GM پرداخته است [45، 46].

سازمان‌های مستقل دیگر مانند سازمان بهداشت جهانی (WHO) و سازمان کشاورزی و خواروبار کشاورزی (FAO) در امر تدوین قوانین و مقررات ایمنی این گونه محصولات فعالیت دارند. کمیته کدکس الیمتاریوس نیز

که مسئولیت تدوین و اجرای استانداردهای غذایی FAO و WHO را برعهده دارد از سال 2000 گروه کاری تخصصی تحت عنوان "گروه کاری غذاهای حاصل از زیست فناوری نوین" با هدف تدوین مقررات ارزیابی سلامت، روش‌های نمونه برداری و شناسایی، برچسب گذاری و قابلیت ردیابی مواد غذایی حاصل از زیست فناوری، را تأسیس نموده است [38].

به طور کلی دو نوع چهارچوب مقرراتی برای مواد غذایی مشتق شده از محصولات کشاورزی GM قابل تشخیص است. برخی قوانین، مقرراتی اختصاصی براساس نظارت بر فرآیند اصلاح ژنتیکی موجودات زنده تصویب می‌کنند، این رویه در اتحادیه اروپا و استرالیا حاکم است. در مقابل سیستم‌های قانون گذاری دیگری نیز برپایه محصول بنا نهاده شده‌اند و به جای فرایند اصلاحات ژنتیکی بر ویژگی‌های محصول و کاربرد آن تمرکز دارند، این سیستم به عنوان نمونه در ایالات متحده آمریکا و کانادا به کار می‌رود [47,48].

به دلیل اهمیت موضوع، در طول دو دهه گذشته کمیته‌هایی متشکل از کارشناسان سازمانهای مختلف بین‌المللی مسئولیت قانونگذاری و تعیین سیاستهای لازم برای تضمین ایمنی مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی را برعهده گرفته و در این راستا راهبردها و دستورالعمل‌های متعددی مطرح شده است. یکی از معاهدات بین‌المللی که در زمینه ایمنی زیستی موجودات زنده دست ورزی شده تهیه و در حال حاضر در سطح جهانی لازم الاجراء شده است «پروتکل کارتاگنا» می‌باشد که در حقیقت اولین سیستم قانونی و جامع برای اطمینان از انتقال، نگهداری و استفاده ایمن از موجودات زنده اصلاح شده حاصل از زیست فناوری نوین است.

به طور کلی سیستم‌های کنترل مواد غذایی در کشورهای در حال توسعه پیشرفت داشته اما در مقایسه با کشورهای صنعتی کمتر سازماندهی شده‌اند. FAO نیازهای ظرفیتی این کشورها را در بخش ایمنی مواد غذایی به صورت ذیل خلاصه نموده است [40]: (1) زیرساخت‌های بنیادی؛ (2) راهکارهای ملی کنترل مواد غذایی؛ (3) وضع قوانین و چهارچوبهای مقرراتی مواد غذایی؛ (4) سرویس‌های بازرسی مواد غذایی؛ (5) آزمایشگاه‌ها و تجهیزات

1. Organisation for economic Co-operation and development

کنترل مواد غذایی و (6) به‌کارگیری سیستم های تضمین کیفیت و ایمنی مواد غذایی.

معمولاً کشورهای درحال توسعه از لحاظ کارشناسان فنی محدودیت دارند زیرا متخصصین زیست فناوری این کشورها اغلب درگیر مسائل تحقیقاتی بوده و کمتر در دسترس مراکز قانون گذاری و تدوین سیاست‌ها می‌باشند [49]. در اغلب کشورهای در حال توسعه دانشمندی که عضویت کمیته های ایمنی زیستی ملی را دارند در ارزیابی خطرات و تدوین سیاست ها نیز شرکت دارند. در این خصوص سه نکته آسیب پذیر وجود دارد: الف) هنگامی که توسعه دهندگان محصولات GM، خود ارزیاب کنندگان خطرات باشند در مخالفت های ناشی از ذی‌علاقه بودن اغراق خواهد شد، ب) به دلیل این که اغلب اعضاء کمیته ایمنی زیستی به طور داوطلبانه به کارگرفته می‌شوند وقت کافی برای چنین مسئولیتی صرف نخواهند کرد و ج) به دلیل چرخش مرتب اعضاء کمیته ملی ایمنی زیستی، پیوستگی در ظرفیت های ایجاد شده نتیجه کسب تجربه وجود نخواهد داشت. درحال حاضر تعداد کشورهای درحال توسعه‌ای که قوانین ملی ایمنی زیستی را به مرحله اجرا رسانده‌اند بیش از ده کشور نیست [50]، تعداد 20-30 کشور نیز در وضعیت انتقال به سر می‌برند به طوری که برخی از عناصر لازم و یا کلیه آنها در مراحل مختلفی از توسعه قرار دارند. تنها تعداد کمی از کشورهای درحال توسعه که کشت محصولات مشتق شده از زیست فناوری نوین را مجاز دانسته‌اند توان شایسته‌ای برای اجرای چهارچوب‌های مقرراتی دارند [51]. در مواردی که چهارچوب‌های ایمنی زیستی مشخص است نیز برحسب حق تقدم ملی و ساختارهای قانونی، تفاوت‌هایی میان کشورها وجود دارد. علی‌رغم تفاوت‌های مذکور، وجود برخی عناصر ضروری بوده و هسته بسیاری از چهارچوب های ملی را تشکیل می دهند که عبارتند از [52,53]:

- سیاست و راهکارهای ملی؛
- چهارچوب مقرراتی شامل قوانین و دستورالعمل‌ها
- سازوکارهایی برای پاسخگویی به تقاضاها و صدور مجوزها؛
- سیستمی برای اجباری کردن؛

- و سیستم اطلاع رسانی. تحقیقات نشان می‌دهد که کشورهای در حال توسعه به درک شفافیتی از تمامی مباحث مرتبط نیاز دارند. برای دستیابی به این هدف توسعه منابع انسانی در کنار بسط آموزش ایمنی زیستی و ایمنی مواد غذایی، مدیریت مالکیت معنوی و مسائل تجاری لازم است [54].

برچسب‌گذاری مواد غذایی GM و انتخاب مصرف کننده پایه‌گذاری سیاست‌های برچسب گذاری مواد غذایی GM با هدف آگاهی مصرف کننده، مقامات قانونی ذیربط را با جوانب مختلف مرتبط با GMOs از دیدگاه‌های علمی، سلامتی، زیست محیطی، سیاسی، فرهنگی و اقتصادی درگیر ساخته است [55]. در شالوده بحث‌های بین المللی مربوطه دو کاربرد متفاوت برچسب‌گذاری به چشم می‌خورد: الف) ضرورت انتقال اطلاعات مرتبط با سلامتی (مانند وجود آلرژن یا تغییر ترکیب)، و ب) سازوکارهایی برای انتقال اطلاعات روش تولید. درحالی که مورد اول به طور اصولی در تمامی مناطق پذیرفته شده است برچسب‌گذاری توصیف شده تحت مورد دوم تنها در برخی کشورها به کار می رود.

در اغلب قوانین موجود جهانی درج عبارت " اصلاح شده ژنتیکی" در ارتباط با نام ماده غذایی و یا اجزاء سازنده آن مورد نظر است [35]. در بعضی کشورها دلیل برچسب‌گذاری مواد غذایی GM (و مواد غذایی به طور کلی) آگاهی مصرف کننده در زمینه ایمنی مواد غذایی و آشکارسازی اجزاء سازنده آن می باشد. در ایالات متحده امریکا برچسب‌گذاری مواد غذایی معمولاً به دلایلی غیر از ایمنی محصولات، اجباری نمی‌شود در حالی که گروه‌های مدافع حقوق مصرف کنندگان در کشورهای دیگر به حق آگاهی مصرف کننده اشاره می‌کنند و اظهار می‌دارند که برچسب‌گذاری مواد غذایی GM حق انتخاب محصولات را براساس ترجیح مصرف کننده اعطا می‌کند [56].

براساس قانون جدیدی که از سپتامبر 2003 توسط کمیسیون کدکس مواد غذایی وضع شده است برچسب‌گذاری برای تمامی غذاهای انسان و خوراک حیوانات بدون توجه به DNA یا پروتئین تغییر ژن یافته الزامی می‌باشد [42,43].

- dinner plate. The Boston Sunday Globe, July 12, E1, E4.
- [4] Hsu, K. 1999. The future of foods is now: surprisingly genetically altered ingredients are already a staple of the American diet. The Boston Globe, July 12, E1, E4.
- [5] Lustgarden, S. 1994. Patently out of control: biotechnology. Vegetarian Times, 208:14.
- [6] Wilkinson, J. Q. 1997. Biotech plants: from lab bench to supermarket shelf. Food Technology, 51, 37-42.
- [7] Purchase, I. F. H. 2005. What determines the acceptability of genetically modified food that can improve human nutrition? Toxicology and Applied Pharmacology, 207, S19-S27.
- [8] Shojaosadatti, S. A. Sobati, A.R. 1379. Biotechnology in Food Production. Proceeding of 5th National Congress on Nutrition. Tehran, Iran, 305-309.
- [9] McMillan, M. Thompson, J. C. 1979. An outbreak of suspected solanine poisoning in school boys: examinations of criteria of solanine poisoning. Q J Med, 48, 227-243.
- [10] Celec, P. et al. 2005. Biological and biomedical aspects of genetically modified food. Biomedicine & Pharmacotherapy, 59, 531- 540.
- [11] Garza, C. Stover, P. 2003. General Introduction: the role of science in identifying common ground in the debate on genetic modification of food in: Genetically modified foods for human health and nutrition: the scientific basis for benefit/risk assessment. Trends in Food Science and Technology, 14, 182-190.
- [12] James, C. 2007. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops. The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). <http://www.isaaa.org>
- [13] Phillips, S. C. 1994. Genetically engineered foods: do they pose health and environmental hazards? CQ Researcher, 4:673-96.
- [14] Young, A. L. Lewis, C. G. 1995. Biotechnology and potential nutritional implications for children. Pediatr Clin North Am, 42:917-30.

2- نتیجه گیری

به دلیل اهمیت موضوع در طول دو دهه گذشته کمیته‌هایی متشکل از کارشناسان سازمانهای مختلف بین‌المللی مسئولیت قانونگذاری و تعیین سیاستهای لازم برای تضمین ایمنی مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی را برعهده گرفته و در این راستا راهبردها و دستورالعمل‌های متعددی مطرح شده است. براساس قوانین موجود برآورد ایمنی این‌گونه محصولات مبتنی بر اثبات برابری همه جانبه آنها با انواع اصلاح نشده و همچنین انجام آزمونهای اختصاصی در زمینه حساسیت‌زایی پروتئینها، سمیت متابولیتها و ماده غذایی به طور کل می‌باشد. بنابراین قوانین ایمنی زیستی، ارزیابی خطرات احتمالی و ایمنی مواد غذایی حاصل از زیست فناوری نوین، در بررسی این‌گونه محصولات و دستیابی به توافق در زمینه اطمینان از عدم وجود اثرات مضر بر محیط و سلامتی انسان کاملاً ضروری می‌باشد.

با توجه به اهمیت کاربرد زیست فناوری در توسعه پایدار، جمهوری اسلامی ایران نیز در سال 2001 پروتکل کارتاها را امضا و از اوایل سال 2004 رسماً متعهد به اجرای آن شده است. در این راستا تشکیل شورای ملی ایمنی زیستی توسط دولت ابلاغ شده است لیکن قانون ملی ایمنی زیستی در کشور به تصویب نرسیده است و به تبع آن، نظارت قانونمندی هم بر واردات مواد غذایی اصلاح شده ژنتیکی انجام نمی‌گیرد. بنابراین لازم است هرچه سریعتر برای تحقق این امر مهم چاره اندیشی شود، درغیراین صورت خسارات جبران ناپذیری به مملکت تحمیل خواهد شد.

3- منابع

- [1] Shojaosadatti, S. A. And Ezat Zadeh, Z. 1381. Genetically Engineered Food. Proceeding of 7th National Congress on Nutrition, Rasht, Iran, 124-127.
- [2] Allen, S. 1999a. Labelling rules prohibit food makers from telling what isn't in their products. The Boston Globe, July 12, E4.
- [3] Allen, S. 1999b. Revolution on the farm: tinkering with the DNA on your

- [29] Longman, J. P. 1999. The curse of Frankenfood. Genetically modified crops stir up controversy at home and abroad. US News and World Report July 26, 38–41.
- [30] Uzogara, S. G. 2000. The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review, *Biotechnology Advances*, 18, 179–206.
- [31] Bettelheim, A. 1999. Drug resistant bacteria: Can scientists find a way to control 'superbugs'? *CQ Researcher* June 4, 9, 473–496.
- [32] Fredrickson, D. S. 1979. A history of the recombinant DNA guidelines in the United States. In: Whelan WJ, Morgan J (eds), *Recombinant DNA and genetic experimentation*. Pergamon Press, 151–156.
http://profiles.nlm.nih.gov/FF/B/B/K/C/_/ffbbkc.pdf.
- [33] Talbot, B. 1983. Development of the National Institutes of Health guidelines for recombinant DNA research. *National Institute of Health, USA, Public Health Report*, 98, 361–368.
- [34] Shojaosadatti, S. A. Taheri, M. 2005. Biosafety in industrial biotechnology. *Proceeding of the First National Biosafety Congress of Iran, Karaj*, p. 143–150.
- [35] World Health Organization. 2005. *Modern food biotechnology, human health and development: an evidence-based study*. Food safety Department, ISBN 92 4 159305 9.
- [36] CAC (Codex Alimentarius Commission). 2003. Principles for the risk analysis of food derived from modern biotechnology. CAC/GL 44. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Rome, http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10007/CXG_044e.pdf.
- [37] CBD (Convention on Biological Diversity). 2000. Cartagena Protocol on Biosafety. Convention on Biological Diversity, UNEP (United Nations Environment Programme).
<http://www.biodiv.org/biosafety/2000>.
- [38] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 1993. Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology: concepts and
- [15] Hileman, B. 1999. UK moratorium on biotech crops. *Chemical & Eng News* May 24, p. 7.
- [16] Nordlee, J. A. Taylor, S. L. Townsend, J. A. 1996. Thomas LA, Bush RK. Identification of Brazil nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med*, 334:668–92.
- [17] Billings, P. R. 1999. Modified foods are like drugs. *The Boston Globe*, August 28.
- [18] Coleman, A. 1996. Production of proteins in the milk of transgenic livestock: problems, solutions and success. *Am J Clin Nutr*, 63:5639–45.
- [19] Kaiser, J. 1996. Pests overwhelm Bt cotton crop. *Science*, 273(5274):423.
- [20] Rissler, J. Mellon, M. 1993. Perils amid the promise: ecological risks of transgenic crops in a global market. *Union of Concerned Scientists, Washington D.C.*
- [21] Lustgarden, S. 1994. Patently out of control: biotechnology. *Vegetarian Times*, 208:14.
- [22] Koch, K. 1998. Food safety battle: organic vs. biotech. *Congressional Quarterly Researcher*, 9:761–84.
- [23] Crist, W. E. 1996. Waiter there's a flounder in my fruit. (Bio-engineered fruits and vegetables with animal genetic materials are not so labeled). *Vegetarian Times*, 231-22.
- [24] Robinson, C. 1997. Genetically modified foods and consumer choice. *Trends in Food Science and Technol*, 8:84–8.
- [25] Thompson, P. B. 1997. Food biotechnology's challenge to cultural integrity and individual consent. *Hastings Center Report*, 27:34–8.
- [26] Federal Register. 1992. US FDA's Statement of Policy: Foods derived from new plant varieties. 57:22984–23005.
- [27] Hoef, A. M. Kok, E. J. Bowo, E. Kuiper, H. A. Keijer, J. 1998. Development and application of a selective detection method for genetically modified soy and soy derived products. *Food Add Contamin*, 15:767–74.
- [28] Koenig, R. 1999. European researchers grapple with animal rights. *Science*, 284:1604–6.

- [44] Snow, A. 2002. Transgenic crops - why gene flow matters. *Nature Biotechnology*, 20, 542.
- [45] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2000. Compendium of National Food Safety Systems and Activities. Ad Hoc Group on Food Safety, Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris.
- [46] OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2003. Biotechnology Regulatory Developments in OECD Member countries. Organisation for Economic Cooperation and Development, Paris. <http://www.oecd.org/oecd/pages/home/>.
- [47] Health Canada. 2000. Guidelines for the Safety Assessment of Novel Foods. Vol I and II. Food Directorate, Health Protection Branch, Health Canada, Ottawa. <http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/mh-dm/2000>.
- [48] CFIA (Canadian Food Inspection Agency). 1998. Import Permit Requirements for Plants with Novel Traits (Including Transgenic Plants), and their Products, Directive D-96-13 of July 27. Plant Health and Production Division, Plant Products Directorate, Canadian Food Inspection Agency, Nepean. <http://www.inspection.gc.ca/English/playing/protect/dir/d-96-13e.shtml>.
- [49] Mugabe, J. (ed). 2000. Biotechnology in developing countries and countries with economies in transition: strategic capacity building considerations. African Centre for Technology Studies, Nairobi, Kenya.
- [50] CBD (Convention on Biological Diversity). 2000. Cartagena Protocol on Biosafety. Convention on Biological Diversity, UNEP (United Nations Environment Programme), <http://www.biodiv.org/biosafety/>.
- [51] Paarlberg, R. L. 2001. The politics of precaution — genetically modified crops in developing countries. *International Food Policy Research Institute (IFPRI) Food Policy Statement*, 35, October.
- [52] Nuffield Council on Bioethics. 2003. The use of genetically modified crops in developing countries: a follow-up principles. OECD, Paris, <http://www.oecd.org/dataoecd/57/3/1946129.pdf/1993>.
- [39] Millstone, E. Brunner, E. Mayer, S. 1999. Beyond substantial equivalence. *Nature*, 401, 525–526.
- [40] FAO/WHO (Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization). 2000. Safety aspects of genetically modified foods of plant origin. Report of a joint FAO/WHO expert consultation on foods derived from Biotechnology, Geneva, 29 May – 2 June, WHO, Geneva, www.who.int/entity/foodsafety/publications/biotech/en/ec_june2000_en.pdf.
- [41] CAC (Codex Alimentarius Commission). 2003. Report of the fourth session of the Codex ad hoc Intergovernmental Task Force on Foods Derived from Biotechnology, Yokohama, Japan 11–14 March 2003; Joint FAO/WHO Foods Standards Programme Codex Alimentarius Commission Twenty-sixth Session, Rome, Italy 30 June – 7 July, Alinorm 03/34A. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Rome, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/006/y9220e.pdf>.
- [42] CAC (Codex Alimentarius Commission). 2003. Guideline for the conduct of food safety assessment of foods derived from recombinant-DNA plants. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Rome, CAC/GL/45. http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10021/CXG_045e.pdf.
- [43] CAC (Codex Alimentarius Commission). 2003. Guideline for the conduct of food safety assessment of foods produced using recombinant-DNA microorganisms. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, Rome, CAC GL /46. http://www.codexalimentarius.net/download/standards/10021/CXG_046e.pdf.

- Food Policy Research Institute (IFPRI), Addis Ababa, Ethiopia, 12 p.
- [55] Shojaosadatti, S. A. Taheri, M. 1385. Genetically Modified Food and Bioethics . First Sub Regional Specialised Session of Ethical Education in Science and Technology. Tehran, Iran. 6-7 Aban.
- [56] Haslberger, A. G. 2000. Monitoring and labelling for genetically modified products. *Science*, 287, 431-432.
- [57] Kok, E. J., Kuiper, H. A. 2003. Comparative safety assessment for biotech crops. *Trends in Biotechnology*, 21, 439-444.
- discussion paper. Nuffield Council on Bioethics, London, 122 p.
- [53] Cohen, J. I. 2001. Harnessing biotechnology for the poor: challenges ahead for capacity, safety and public investment. *Journal of Human Development*, 2, 239-263.
- [54] McLean, M. A. Frederick, R. J. Traynor, P. Cohen, J. I. Komen, J. A. 2002. Conceptual framework for implementing biosafety: linking policy, capacity, and regulation. Briefing Paper No 47. International Service for National Agricultural Research. International

Genetically- modified food: opportunities & challenges

Hashemi, M. ¹, Shoja Sadati, A. ^{2*}

1- Department of Microbial Biotechnology & Biosafety, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran

2- Professor of Industrial Biotechnology, Biotechnology Group
Department of Chemical Engineering, Tarbiat Modares University

The application of modern biotechnology in food production presents new opportunities and challenges for human health and development. Use of advanced genetic engineering techniques in food crops production, and transferring genetic material from one species to another has developed the genetically modified (GM) food. The development of GM organisms (GMOs) offers the potential for increased field-crop production, reduced agricultural chemical usage, and improved crop sustainability and food security, particularly in developing countries. On the other hand, application of genetic engineering techniques could be lead to improve nutritional value and enhanced production of functional foods. Increasing global biotech crop area from 2 millionth hectares in 1996 to more than 100 millionth hectares in 2006 indicates the continuous development in the first decade of their cultivation. It is expected that stellar growth in biotech crops, witnessed in the first decade of commercialization, 1996 to 2005, will continue and probably be surpassed in the second decade 2006-2015. Despite the potential benefits of genetic engineering of foods, the technology is surrounded by controversy. Many concerns and risks of GMO related to human health and environment are allergy, extension of antibiotic resistance genes, horizontal gene transfer, and effect on biodiversity. During the two last decades, several international committees have instituted guidelines and legislations for risk assessment of GM foods. One of them is the Cartagena Protocol on Biosafety which covers environmental safety of GMOs. According to the regulations, safety assessment relies on establishing that the food is substantially equivalent to its non-GM counterpart and specific testing for allergenicity of proteins and toxicity of metabolites and the whole food. Regarding to significance of biotechnology in permanent development, Islamic republic of Iran approved the Cartagena Protocol in 2001 and officially has been obligated to accomplish it from the beginning of 2004. Therefore, government established the national biosafety council, but the related regulation has not been approved yet. As a result, there is not any legal control on the genetically modified food imports at the moment in our country. So, it is necessary to pass the related regulation as soon as possible. Otherwise, the country will encounter heavy losses.

Key words: Genetically modified food, Safety, Assessment

* Corresponding Author E-mail address: shoja_sa@modares.ac.ir