

JOURNAL FÜR ERNÄHRUNGSMEDIZIN

JANY K-D

Gentechnik in der Ernährung - unnötiges Risiko oder notwendige Hilfe? (Teil 2)

*Journal für Ernährungsmedizin 2001; 3 (2) (Ausgabe für Schweiz)
6-15*

*Journal für Ernährungsmedizin 2000; 2 (3) (Ausgabe für
Österreich), 15-19*

Homepage:

**[www.kup.at/
ernaehrungsmedizin](http://www.kup.at/ernaehrungsmedizin)**

**Online-Datenbank mit
Autoren- und Stichwortsuche**

Mit Nachrichten der



**INTERDISZIPLINÄRES ORGAN FÜR PRÄVENTION UND
THERAPIE VON KRANKHEITEN DURCH ERNÄHRUNG**

Erschaffen Sie sich Ihre ertragreiche grüne Oase in Ihrem Zuhause oder in Ihrer Praxis

Mehr als nur eine Dekoration:

- Sie wollen das Besondere?
- Sie möchten Ihre eigenen Salate, Kräuter und auch Ihr Gemüse ernten?
- Frisch, reif, ungespritzt und voller Geschmack?
- Ohne Vorkenntnisse und ganz ohne grünen Daumen?

Dann sind Sie hier richtig



Gentechnik in der Ernährung – unnötiges Risiko oder notwendige Hilfe? (2. Teil)*

K.-D. Jany

Landwirtschaftliche Urproduktion

Transgene Pflanzen

Nahezu alle Pflanzen werden heute in einer Kombination von Gentechnik und klassischer Züchtung fortentwickelt. Neben den Hauptnutzpflanzen, wie Mais, Reis, Weizen, Roggen, Sojabohnen, Süßkartoffeln und Kartoffeln, wurden gentechnische Modifizierungen an mehr als 90 weiteren Pflanzenarten durchgeführt. Die Erzeugung von Toleranzen gegenüber Herbiziden sowie Resistenzen gegen Pilz- und Viruserkrankungen oder Insektenbefall stehen noch im Vordergrund, da diese Eigenschaften meist monogener Natur und hierfür Gene bekannt sind bzw. zur Verfügung stehen. Qualitätsmerkmale dagegen werden sehr häufig von mehreren Genen ausgeprägt, jedoch sind gegenwärtig nur wenige solcher Gene bekannt, aber in den nächsten Jahren werden zunehmend Pflanzen mit geänderten Qualitätsmerkmalen auf den Markt gelangen. In Bereich der Qualitätsverbesserung war die Flavr-Savr-Tomate der Firma Calgene sicherlich das bekannteste Beispiel. Diese Tomate erhielt 1994 als erste gentechnisch veränderte Pflanze in den USA die Marktzulassung durch die FDA.

Gegenwärtig sind weltweit 48 transgene Pflanzen nach eingehender Prüfung zugelassen, und allein in Nordamerika stehen 21 im gewerbsmäßigen Anbau; weltweit (ohne China) betrug 1999 die Anbaufläche mit transgenen Pflanzen ca. 40 Mio. Hektar. Fast alle kommerziell genutzten Pflanzen weisen Änderungen in agronomischen Merkmalen, wie Herbizidtoleranz, Insekten- und Virusresistenz, auf (Tab. 6).

Im EU-Raum dürfen weder transgene Pflanzen kommerziell nutzbar angebaut werden, noch kann ihr ökologisches und ökonomisches Potential genutzt werden. Allein der Import von Sojabohnen und Mais (eingeschränkter Maisanbau seit Mitte 1998 in Frankreich, Spanien und Deutschland möglich) und Raps ist für Verarbeitungszwecke erlaubt. Alle transgenen Pflanzen und die daraus gewonnenen Erzeugnisse werden umfassend und intensiv einer staatlichen Sicherheitsbewertung unterzogen. Erst wenn die Unbedenklichkeit für Mensch und Umwelt auf wissenschaftlicher Basis festgestellt wurde, dürfen Pflanzen frei angebaut und ihre Erzeugnisse frei in den Verkehr gebracht werden. Bislang wurde noch keine neue Pflanzensorte oder ein Lebensmittel so umfassend untersucht wie die gentechnisch modifizierten. Insbesondere stellen Lebensmittel aus transgenen Pflanzen hinsichtlich Allergien die bestuntersuchteten und sichersten Erzeugnisse dar. Im Gegensatz zu den traditionellen Verfahren ist bei der Gentechnik das neu eingeführte Protein bekannt, und sein allergenes Potential kann überprüft werden.

Verarbeitungsprodukte (Tab. 7) aus Sojabohnen, Mais und Raps dürfen in der EU in den Verkehr gebracht werden, und insbesondere Öl und Stärken haben nach der Novel Food-Verordnung im Notifizierungsverfahren die

freie Verkehrsfähigkeit erhalten. Diese Produkte befinden sich auch im deutschsprachigen Raum auf dem Markt. Die gegenwärtig in der EU befindlichen Erzeugnisse, sei es aus herbizidtoleranten Sojabohnen, Raps oder insektentolerantem Mais, entsprechen den traditionellen Produkten. Sie sind genauso sicher und gesund wie diese; es besteht kein neues oder anderes Gefährdungspotential.

In Tabelle 8 sind die in der EU zugelassenen Pflanzen nochmals aufgeführt.

Tabelle 6. Anbauflächen (in Mio. Hektar) für transgene Pflanzen

Kultur	1996	1997	1998	1999	%-Anteil
Sojabohne	0,6	3,8	14,5	21,6	54
Mais	0,2	3,1	8,3	11,1	28
Baumwolle	0,8	1,3	2,6	3,7	9
Raps	0,004	1,03	2,4	3,4	9
Kartoffel	0,004	0,1	0,16	0,18	1
Papaya				< 0,1	< 1
Kürbis				< 0,1	< 0,1
Gesamt	1,91	9,24	23,84	39,9	

Tabelle 7. Verarbeitungsprodukte aus den gentechnisch veränderten Pflanzen Sojabohnen, Mais und Raps

Verarbeitungsprodukte aus transgenen Pflanzen	
<i>Sojabohnen</i>	<i>Mais</i>
Sojaprotein	Maisprotein, -mehl
Sojalecithin	Maisöl, -keimöl
Sojaöl	Maisstärke, modifizierte Stärke
Pflanzliche Würze	Stärkehydrolysate
Viehfutter	• Maltodextrin
	• Glukosesirup
<i>Raps</i>	• Glukose-Fruktose-Sirup
Rapsöl	• Fructose
Viehfutter	Viehfutter

Tabelle 8. Zulassung von transgenen Pflanzen in der EU

Pflanze	Merkmal	Antragsteller Firma	Antragsland	Zulassung
<i>Tabak</i>	HT-Bromoxynil	Seita	Frankreich 1993	1994
<i>Sojabohne</i>	HT-Glyphosat	Monsanto	Großbritannien 1994	1996
<i>Mais</i>				
Bt 176	IR-Bt-Toxin/ HT-Glufosinat ²	Ciba-Geigy Novartis	Frankreich 1994	1997
Bt 176	ditto	Mycogen	Frankreich 1994	1997
T25	HT-Glufosinat	AgrEvo	Frankreich 1994	1998
MON810	IR-Bt-Toxin	Monsanto	Frankreich 1995	1998
Bt11	IR-Bt-Toxin	Novartis	Großbritannien 1996	1998
<i>Raps</i>				
MS1/RF1 ³	MS/HT-Glufosinat	PGS/AgrEvo	Großbritannien 1994	1996
MS1/RF1	MS/HT-Glufosinat	PGS/AgrEvo	Frankreich 1995	1997
Topas	HT-Glufosinat	AgrEvo	Großbritannien 1995	1998
<i>Radicchio</i>				
RM3-3, -4	MS	Bejo Zaden	Niederlande 1994	1996
<i>Nelke</i>				
L4, 11, 16	Blütenfarbe	Florigene	Niederlande 1996	1998

IR, Insektenresistenz; HT, Herbizidtoleranz; MS, Männliche Sterilität, Bt. B. thuringensis-Toxin

Fortsetzung von J. Ernährungsmedizin, Heft 2/2000, S. 17

In Zukunft werden immer mehr Änderungen hinsichtlich Qualitätsverbesserungen und der Zusammensetzung von Speichersubstanzen pflanzlicher Produkte sowie Resistenzen gegenüber Stresssituationen an Bedeutung gewinnen. Mit mehr Erkenntnissen über Genregulation und über nutzbare Gene werden zusätzlich mehr Organismen gentechnisch „gezüchtet“ werden, bei denen eigene oder Gene naher Verwandter benutzt und entsprechend der naturbedingten Situation an- bzw. ausgeschaltet werden. Die Effizienz und der zielgerichtete Einbau von Genen wird in Zukunft noch verbessert werden. Es kann angenommen werden, daß innerhalb der nächsten 20–30 Jahre kaum noch neue Nutzpflanzensorten auf den Markt kommen werden, die nicht in irgendeiner Weise mit der Gentechnik in Berührung gekommen sind.

Transgene Tiere werden voraussichtlich in den nächsten 20 Jahren keine Bedeutung für die Lebensmittelproduktion erlangen.

Mögliche Gefährdungspotentiale

Gentechnisch hergestellte Lebensmittel sind *a priori* nicht unsicherer oder bergen höhere oder andersartige Risiken als konventionell gewonnene. Auch unterscheiden sich die gegenwärtig auf dem Markt befindlichen Erzeugnisse nicht von unseren traditionell hergestellten Lebensmitteln. Gesundheitliche Gefährdungen können sich prinzipiell aus dem gentechnischen Verfahren und/oder dem Verzehr solcher Lebensmittel und ökologische Risiken durch die Freisetzung von GVO ergeben. Die Risikobetrachtungen können nicht einheitlich für jedes Lebensmittel oder jeden Organismus durchgeführt werden. Die Sicherheitsbewertung muß in einer Einzelfallbetrachtung vorgenommen werden. Mögliche Gefährdungspotentiale lassen sich gegenwärtig nur aus Überlegungen zur Molekularbiologie sowie zu den traditionellen (züchterisch hergestellten) Organismen und Lebensmitteln ableiten. Als Risikopotentiale können angesehen werden:

- die Organismen, die als Spender oder Empfänger der genetischen Information dienen, insbesondere wenn sie noch keine sichere Tradition im Agrar- oder Lebensmittelsektor aufweisen. Hier wären z. B. Übertragungen von pathogenen Eigenschaften, allergenen Proteinen oder Toxinen möglich.
- die gentechnische Modifizierung, die Marker-Gene, der Integrationsort, die Anzahl der aufgenommenen Genkopien und den Gentransfer.
- die Produkte aus der gentechnischen Modifizierung, wobei selten Gefährdungen vom eigentlichen Genprodukt ausgehen, sondern vielmehr von Begleitsubstanzen, die aus Positionseffekten herrühren könnten, oder von stoffwechselphysiologischen Veränderungen im transgenen Organismus, die einen Einfluß auf die Verdaulichkeit und die Bioverfügbarkeit von Mikro- oder Makronährstoffen ausüben könnten.

Da Enzyme die direkten Genprodukte darstellen, können alle lebensmitteltechnologisch relevanten Enzyme recht einfach und kostengünstig aus/mit GVO gewonnen werden. Im Vergleich zu konventionell gewonnenen Enzymen wird mit dem höheren Reinheitsgrad der GV-Enzyme generell der Eintrag von zusätzlichen Substanzen mit einem möglichen Potential zum Auslösen von Allergien und Intoleranzen erniedrigt. GV-Enzyme können wie alle anderen klassisch gewonnenen Proteine grundsätzlich ein allergenes Potential aufweisen.

Enzyme, die traditionell in der Lebensmittelverarbeitung eingesetzt werden und nicht zu Lebensmittelallergien

führen, bergen auch nach ihrer Gewinnung aus GVO kein neues allergenes Risiko. Jedoch lassen sich durch die Gentechnik nun auch Enzyme herstellen, deren Gewinnung zuvor nicht rentabel war. Das Auftreten von Lebensmittelallergien durch den vermehrten Einsatz solcher Enzyme ist nicht auszuschließen. Es kann sogar mit solchen gerechnet werden. Diese Allergien lassen sich jedoch in der Regel nicht aus dem Verzehr dieser verarbeiteten Lebensmittel herleiten, sondern es sind Stauballergien. Arbeitsplatzbedingte Stauballergien werden hier nicht betrachtet; sie sind aber Gegenstand der Risikodiskussion. Durch geeignete produktions- und arbeitstechnische Vorsorgeverfahren haben sich solche Allergien im letzten Jahrzehnt drastisch reduziert. *Lebensmittelallergien sind aber grundsätzlich kein spezifisch gentechnisches Risiko.*

Bei der Sicherheitsbewertung von Organismen wird berücksichtigt, ob der DNA-Spender und/oder DNA-Empfänger bereits eine lange sichere Tradition in der Lebensmittelgewinnung hat. In den USA wurde der umfassende Begriff „GRAS“ (**Generally Recognized As Safe**) geprägt, der sich sowohl auf Einzelsubstanzen, Organismen und ganze Lebensmittel bezieht. Erhält in den USA ein Produkt den GRAS-Status, so kann davon ausgegangen werden, daß von ihm keine Gefährdung ausgeht. Auch das Chymosin aus GVO hat den GRAS-Status. Die Begriffe STIFF und STIHN werden fast ausschließlich in Europa benutzt und beziehen sich für STIFF (*Safe Tradition In Food Fermentation*) auf Fermentationsorganismen und für STIHN (*Safe Tradition In Human Nutrition*) auf pflanzliche und tierische Produkte bzw. Organismen.

Die Sicherheitsbedenken hinsichtlich eines gentechnisch veränderten Mikroorganismus betreffen vor allem dessen Fähigkeit, in Konkurrenz zur natürlichen Darmflora zu treten und den menschlichen Darm zu besiedeln. Im Ernährungsbereich werden in der Regel Organismen eingesetzt, die eine lange und sichere Tradition in der Lebensmittelproduktion besitzen und somit als unbedenklich gelten. Werden solche Organismen als Donor- und Akzeptororganismen verwendet, so ist es sehr wahrscheinlich, daß die gentechnische Veränderung wieder zu einem sicheren Organismus führt. Enthalten Lebensmittel Genprodukte der Antibiotikaresistenzgene in ihrer enzymatisch aktiven Form, ist es vorstellbar, daß im Magen-Darmtrakt kurz vor oder nach der Mahlzeit oral aufgenommene Antibiotika inaktiviert werden. Allerdings sind die Bedingungen im Darmtrakt für die enzymatische Inaktivierung sehr ungünstig. Antibiotikaresistenzenzyme sind empfindlich gegenüber dem proteolytischen Angriff der Verdauungsenzyme, so daß die Inaktivierung von oral aufgenommenen Antibiotika durch gentechnisch veränderte Organismen keinen bedenklichen Umfang erreichen wird.

Im Zusammenhang mit dem Verzehr von Lebensmitteln, die mit Hilfe der Gentechnik hergestellt wurden, wird der Gentransfer auf Mikroorganismen der menschlichen Darmflora und auf die Mukosa-Epithelzellen des menschlichen Darms diskutiert. Der Gentransfer auf die Darmepithelzellen ist nur von geringer Bedeutung, da es sehr unwahrscheinlich ist, daß mit der Nahrung aufgenommene Gene den Darm vollkommen intakt erreichen oder die zur Expression benötigten Regulationssequenzen aufweisen. Die Arbeiten von Doerffler zeigen zwar, daß mit der Nahrung aufgenommene DNA nicht vollständig hydrolysiert und teilweise in Zellen eintreten kann, aber auch diese Autoren kommen zu dem Schluß, daß hier kein besonderes neues Risiko von rekombinierter DNA gegenüber „klassischer“ DNA vorliegt. Außerdem wäre eine Etablie-

rung der Gene, falls sie intakt und mit den entsprechenden Regulationssequenzen übertragen werden, aufgrund der ständigen Abschieferung der Epithelzellen sehr unwahrscheinlich. Von größerer Bedeutung ist der Transfer von DNA auf Mikroorganismen der Darmflora. Beim Verzehr von gentechnisch veränderten Mikroorganismen als Lebkulturen besteht die Möglichkeit eines Gentransfers. Die Wahrscheinlichkeit ist beim Verzehr von unverarbeiteten (rohen) Lebensmitteln aus transgenen Pflanzen geringer, da bis zum Zeitpunkt der Exposition die verzehrte DNA durch die Aktivität von Verdauungsenzymen weitgehend abgebaut wird. Selbst wenn intakte Gene aus den verzehrten transgenen Pflanzen auf Mikroorganismen der Darmflora übertragen werden sollten, ist die Expression dieser Gene unwahrscheinlich, da die pflanzlichen Regulationssequenzen des übertragenen genetischen Materials in den Mikroorganismen der Darmflora keine Funktion ausüben.

Prinzipien der Sicherheitsbewertung

Die Novel Food-Verordnung regelt das Inverkehrbringen neuartiger Lebensmittel und neuartiger Lebensmittelzutaten einheitlich in der Europäischen Gemeinschaft. Hierbei werden einerseits einheitliche Bewertungsmaßstäbe für die gesundheitliche Unbedenklichkeit der Produkte angewandt und ein hoher vorbeugender Verbraucherschutz gewährleistet und andererseits innerhalb der Gemeinschaft Wettbewerbsverzerrungen vermieden.

Neuartige Lebensmittel und -zutaten dürfen nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie

- keine Gefahr für den Verbraucher darstellen;
- keine Irreführung des Verbrauchers bewirken;
- sich von vergleichbaren Erzeugnissen, die sie ersetzen sollen, nicht so unterscheiden, daß ihr normaler Verzehr Ernährungsmängel für den Verbraucher mit sich brächte.

Für die Sicherheitsbewertung von Einzelsubstanzen hat man eine langjährige Erfahrung. Hierfür können die lang erprobten und bewährten klassischen toxikologischen Verfahren angewandt werden. Bei komplexen Lebensmitteln versagen die klassischen Verfahren häufig, oder sie können leicht zu Fehlinterpretationen führen. Dies gilt insbesondere in Tierfütterungsversuchen. Die Verabreichung komplexer Lebensmittel kann leicht zu Ernährungsungleichgewichten führen. Beobachtete negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit sind somit nicht unbedingt die Folge des zu untersuchenden Produkts, sondern oft die eines Ernährungsungleichgewichts.

Als Schlüsselmerkmal für die Sicherheitsbewertung dient das von der OECD formulierte Prinzip der substantiellen Äquivalenz, heute der Gleichwertigkeit. Substantielle Äquivalenz bedeutet in diesem Zusammenhang,

a) daß der vergleichbare traditionelle Organismus/das Erzeugnis als Grundlage des Vergleichs mit dem transgenen Organismus oder dem daraus gewonnenen Erzeugnis herangezogen wird und

b) daß sich der neue Organismus oder die daraus gewonnenen Produkte nicht wesentlich hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, ihres Nährwertes, ihres Stoffwechsels, ihres Verwendungszweckes sowie ihres Gehaltes an unerwünschten Stoffen von dem traditionellen Vergleichsprodukt unterscheiden.

Die Bestimmung der wesentlichen Gleichwertigkeit einer transgenen Pflanze oder eines gentechnisch veränder-

ten Lebensmittels bildet eine Grundlage für die Sicherheitsbewertung. Drei Szenarien können unterschieden werden:

1. Die Pflanze oder das Lebensmittel ist substantiell äquivalent zu einem vergleichbaren traditionellen Organismus oder Erzeugnis.
2. Die Pflanze oder das Lebensmittel ist substantiell äquivalent zu einem vergleichbaren traditionellen Organismus oder Erzeugnis mit Ausnahme des neu eingeführten Merkmals.
3. Für die Pflanze oder das Lebensmittel besteht keine substantielle Äquivalenz.

Die Analyse der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von gentechnisch modifizierten Pflanzen bzw. von Lebensmitteln erfordert eine flexible, auf Fall-zu-Fall-Entscheidungen beruhende Vorgehensweise. Für die Bewertung werden grundsätzlich die Kenntnisse über die Spender- und Empfängerorganismen der genetischen Information, über die Genkonstrukte, die verwendeten Vektoren, den Gentransfer und die Anzahl der eingefügten Genkopien herangezogen. Zusätzlich finden die unterschiedlichen Parameter, wie Zusammensetzung, Nährwert, Gehalt an erwünschten und unerwünschten Inhaltsstoffen, Einfluß auf den Stoffwechsel, aber auch Gebrauchs- und Verzehrsgewohnheiten Berücksichtigung. Je nach Fallentscheidung werden umfassende *In-vitro*- und *In-vivo*-Toxizitäts-, Mutagenitäts-, Reproduktions- und Teratogenitätsuntersuchungen sowie eine Analyse der potentiellen Allergenität durchgeführt.

Fall 1: Bestehende substantielle Äquivalenz/Gleichwertigkeit

Zeigen die Daten der stofflichen Analyse des gentechnisch modifizierten Lebensmittels keine wesentlichen Unterschiede zu dem vergleichbaren traditionellen Erzeugnis, so wird das Produkt als substantiell äquivalent betrachtet. Für das Produkt werden keine zusätzlichen Sicherheitsprüfungen als notwendig erachtet, das neuartige Produkt ist genauso sicher wie das traditionelle Erzeugnis. In den stofflichen Analysen kann jedoch nur nach bekannten und zu erwartenden Inhaltsstoffen gesucht werden. Deshalb werden in Abhängigkeit von dem neu eingeführten Gen, seinem(n) Expressionsprodukt(en) und der Empfängerpflanze heute routinemäßig nach toxikologisch oder ernährungsphysiologisch bedenklichen Verbindungen gesucht, aber auch ernährungsphysiologisch relevante Inhaltsstoff-Analysen durchgeführt und toxikologische Untersuchungen sowie Tierfütterungsversuche unternommen. Mit diesen Experimenten sollen mögliche unerwartete Effekte der gentechnischen Modifizierung erkannt werden.

Klassische Beispiele für substantiell äquivalente Erzeugnisse sind Öl aus herbizidresistenten Sojabohnen oder Rapssamen sowie Zucker aus virusresistenten Rüben.

Fall 2: Bestehende substantielle Äquivalenz mit Ausnahme des neu eingeführten Merkmals.

Das neuartige Lebensmittel unterscheidet sich im wesentlichen nur durch das neu eingeführte Merkmal von dem vergleichbaren traditionellen Lebensmittel. Neben den bereits unter 1) aufgeführten Sicherheitsanalysen wird nun zusätzlich ein besonderer Schwerpunkt auf das neu eingeführte Gen bzw. das neue Protein gelegt. Es werden, wie dies z. B. bei der Roundup-Ready-Sojabohne oder dem Bt-Mais erfolgte, zunächst umfangreiche immunologische und toxikologische Untersuchungen am isolierten Protein durchgeführt und anschließend mit dem intakten und/oder mit dem verarbeiteten Produkt ergänzende

Sicherheitsanalysen und Tierfütterungsexperimente nicht nur an Nagern, sondern auch an Kühen, Schweinen, Hühnern und Fischen unternommen. Bei den Fütterungsexperimenten erfolgen in der Regel keine weitreichenden toxikologischen Untersuchungen; Hauptaugenmerk liegt hier auf Wachstum, Produktivität und Reproduktivität der Tiere sowie auf der Qualitätsbewertung der tierischen Produkte. Jedoch wird der Umfang der Untersuchungen fallabhängig von den Ergebnissen der Bewertung des neu eingeführten Merkmals ausfallen müssen. Bei den meisten transgenen Pflanzen erfolgt noch eine Beurteilung der Marker-Gene, wobei Antibiotikaresistenzgenen ein besonderes Gewicht zukommt. Bei der Bewertung dieser Gene spielt das Risiko zur Verbreitung der Antibiotikaresistenzgene im Magen-Darmtrakt sowie in der Umwelt durch horizontalen Gentransfer, die Verwendung der entsprechenden Antibiotika in der Human- und Tiermedizin, die Verbreitung bereits entsprechender antibiotikaresistenter Mikroorganismen eine zentrale Rolle.

Bei allen bislang zugelassenen Lebensmitteln aus transgenen Pflanzen wurde die substantielle Äquivalenz festgestellt. Die Daten der umfangreichen Sicherheitsanalyse ergaben keine Hinweise auf negative Auswirkungen auf die Tiergesundheit. Tierexperimente lassen sich häufig nicht einfach auf den Menschen übertragen. Aber aus unseren langjährigen Erfahrungen mit komplexen Lebensmitteln, gepaart mit den Ergebnissen aus den Untersuchungen zu den gentechnisch modifizierten Erzeugnissen, läßt sich vergleichend ableiten, daß diese neuartigen Lebensmittel keine anderen oder zusätzlichen Gefährdungspotentiale für die menschliche Gesundheit aufweisen als die vergleichbaren konventionellen Produkte.

Fall 3: Keine substantielle Äquivalenz nachweisbar

Gibt es kein konventionelles Lebensmittel zu dem sich eine substantielle Äquivalenz (ingesamt oder partiell) ableiten läßt, bedeutet dies nicht, daß das gentechnisch modifizierte Lebensmittel *per se* unsicher ist. In diesem Fall muß zusätzlich zu den in 1) und 2) Kriterien die Unbedenklichkeit in kombinierten toxikologischen und ernährungsphysiologischen Untersuchungen nachgewiesen werden. Insbesondere werden durch entsprechende Langzeitfütterungsstudien (mindestens 90 Tage) Aussagen über mögliche chronische Effekte ermöglicht, wobei je nach Fallentscheidung umfassende *In-vitro*- und *In-vivo*-Toxizitäts-, Mutagenitäts-, Reproduktions- und Teratogenitätsuntersuchungen durchgeführt werden.

Zukünftige Entwicklung

Die Erzeugnisse der 1. Generation, die fast ausschließlich von herbizid- oder insektentoleranten Pflanzen abstammen oder Hilfs- und Zusatzstoffe aus gentechnisch veränderten Organismen (GVO) enthalten, entsprechen unseren konventionellen Lebensmitteln. Für diese Lebensmittel der 1. Generation ist der unmittelbare persönliche Nutzen oder Vorteil der Gentechnik gegenüber traditionellen Verfahren für den Verbraucher nicht erkennbar. Der Nutzen liegt hier vorwiegend übergeordnet in der Entlastung der Umwelt bei der Erzeugung von landwirtschaftlichen Produkten und ihrer technologischen Bearbeitung, sowie für Hersteller und Landwirte (heute US-Farmer).

Mit der Gentechnik lassen sich gezielt Stoffwechselwege verändern oder bestimmte Proteine/Enzyme selektiv in ihrer Synthese inhibieren/aktivieren oder organspezifisch zur Expression bringen. Dies eröffnet die Möglich-

keit, Allergene aus Lebensmitteln zu entfernen, die Synthese von Antioxidantien, Flavonen und Vitaminen in bestimmten Pflanzenteilen zu erhöhen oder in Ölsaaten das Fettsäuremuster zu verändern. Bei den transgenen Pflanzen der 2. und 3. Generation richtet sich das Augenmerk auf die

- Verbesserung der sensorischen und ernährungsphysiologischen Qualität von Rohstoffen und von Lebensmitteln,
- Erhöhung der hygienischen Sicherheit von Rohstoffen/Lebensmitteln und bei Verfahrensschritten,
- Reduzierung von Verarbeitungsschritten oder Prozeßtiefe sowie zur Qualitätserhaltung.

Diese gentechnischen Ziele haben Bedeutung für den vorbeugenden Gesundheitsschutz (Herz-Kreislaufkrankungen, Krebsprävention, Lebensmittelallergien), die Konkurrenzfähigkeit nachwachsender Rohstoffe (Fasern, Öle, Stärken) und die Erschließung neuer Einnahmequellen landwirtschaftlicher Betriebe.

In Raps und Soja werden Änderungen des Fettsäuremusters zugunsten von ungesättigten langkettigen Fettsäuren in Ölsaaten, die bei der Herstellung pflanzlicher Öle Verwendung finden, durchgeführt. Die Erhöhung des Gehaltes an gesättigten Fettsäuren, wie z. B. Stearinsäure, könnte zu einer Reduktion der katalytischen Hydrierung und zur Härtung des Pflanzenfetts beitragen und damit den Anteil von Trans-Fettsäuren in unserer Nahrung noch weiter vermindern. Ebenso werden kurzkettige Fettsäuren, insbesondere im Bereich C₁₀-C₁₄, für diätetische oder kosmetische Anwendungen angereichert oder die Gewinnung neuer spezieller Mikronährstoffe, wie z. B. langkettiger Fettsäuren für die Säuglingsernährung ermöglicht.

Transgene Kartoffeln mit einer veränderten Stärkezusammensetzung bieten aus ernährungsphysiologischer Sicht einen Vorteil gegenüber den konventionellen Kartoffeln, da der Verzweigungsgrad der Stärke erhöht ist und somit die Speisekartoffel mit einem komplexen Kohlenhydrat ausgestattet wird, das Ballaststoffen ähnelt und präventiv die Entstehung von Dickdarmkrebs behindert. Ähnliche Veränderungen werden auch an Mais und anderen Getreidearten unternommen, um die Synthese von ernährungsphysiologisch günstigen Oligosacchariden zu ermöglichen und zu erhöhen. Diese Oligosaccharide haben präbiotische Wirkungen und unterstützen die positiven Wirkungen probiotischer Darmbakterien.

Einsatzmöglichkeiten für die Gentechnik bietet außerdem der Bereich Diätetik. Beispielsweise können Patienten mit Phenylketonurie die Aminosäure Phenylalanin nicht verstoffwechseln und müssen daher eine Diät zu sich nehmen, die einen sehr geringen Gehalt an Phenylalanin aufweist. In der Praxis gelingt das durch eine phenylalaninfreie Mischung aus Aminosäuren, die den Nachteil eines äußerst unangenehmen Geschmacks besitzt. Mit Hilfe gentechnisch veränderter Pflanzen besteht die Möglichkeit zur Herstellung eines phenylalaninfreien Proteingemisches. Dadurch ließe sich den Patienten eine wesentlich wohlschmeckendere Diät anbieten. Dazu wurde versucht, ein synthetisches Gen, das für ein phenylalaninfreies Protein codiert, in den von Natur aus schon recht phenylalaninarmen Kartoffeln zu exprimieren.

Die Gentechnik wird zur Entwicklung von glutenfreien Lebensmitteln eingesetzt, um das Angebot für Zöliakie-Patienten geschmacklich zu erweitern.

Für Lebensmittel der 3. Generation sollen in den transgenen Pflanzen natürlich vorkommende antinutritive oder toxische Inhaltsstoffe nicht oder nur noch in einem sehr geringen Ausmaß synthetisiert sowie exo- und endogene Schadstoffe metabolisiert oder an Proteine gebunden und in nicht zum Verzehr bestimmten Pflanzenteilen abgelagert werden. Im Raps und Soja z. B. wird die Reduktion von Phytat direkt durch Unterdrückung der Synthese eines Zwischenproduktes bewirkt oder durch die Aktivierung der Phytase während der Samenreife Phytat in Inositolphosphate hydrolysiert. Ähnliche Versuche werden bei Zerealien unternommen. Beim Kaffee wird die Synthese von Koffein unterdrückt. Bei Bohnen könnte die Synthese von Lektinen und Hämagglutininen und Enzyminhibitoren verhindert werden und Bohnen so auch im frischen, grünen Zustand genießbar machen. Die Solanin- und Tomatinbildung sowie die Synthese anderer Alkaloidabkömmlinge kann verhindert werden. Sicherlich läßt sich auch die Bildung von Glykosinolaten und Saponinen nachhaltig beeinflussen, so daß weitere technologische Aufarbeitungen der Produkte überflüssig werden.

Der Trend in der Grünen Gentechnik geht in Richtung Functional Foods, zu Lebensmitteln des täglichen Gebrauchs, die zusätzlich zur Ernährungsfunktion Eigenschaften aufweisen, die dem Gesundheitsstatus und dem Wohlbefinden der Menschen förderlich sind. Allerdings sollte man sich hier nicht der Hoffnung hingeben, daß diese gentechnisch modifizierten Lebensmittel innerhalb der nächsten 3–5 Jahre auf dem Markt erscheinen

Schlußbetrachtung

Gesundheitsgefährdende Lebensmittel dürfen nicht in Verkehr gebracht werden. Nicht nur die Lebensmittelhersteller müssen hier in die Verantwortung genommen werden, sondern auch der Staat, der einem vorbeugenden Gesundheitsschutz seiner Bürger verpflichtet ist. Aussagen zu möglichen Gefährdungspotentialen von GVO oder den daraus gewonnenen Produkten gibt es viele, aber bis heute konnten aufgrund wissenschaftlich belegbarer Fakten keine gentechnisch spezifischen gesundheitlichen Risiken ausgemacht werden. Da aber kaum Erfahrungen mit gentechnisch erzeugten Lebensmitteln vorliegen, wird von der breiten Öffentlichkeit erwartet, daß diese neuartigen Lebensmittel einer umfassenden Sicherheitsbewertung unterzogen werden. Hierbei müssen jedoch nicht nur die Produkte mit lebenden GVO, sondern auch isolierte Produkte aus GVO in die Risikobewertung einbezogen werden. Die Kriterien für die Sicherheitsbewertung müssen wissenschaftlich fundiert sein und einheitlich definiert werden. Die Durchführung der Sicherheitsbewertung muß in allen EU-Staaten nach den gleichen strengen Maßstäben erfolgen, und das Ergebnis muß wissenschaftlich nachvollziehbar sein. Mit der Verabschiedung der Novel-Food-Verordnung sind die Kennzeichnung und die Bedingungen für das Inverkehrbringen von neuartigen Lebensmitteln, auch gentechnisch modifizierter Erzeugnissen, geregelt. Ebenso gewährleisten die Ausführungsbestimmungen zur Sicherheitsbewertung neuartiger Lebensmittel einheitliche Bewertungsmaßstäbe. Nicht nur Verbraucher fordern eine Kennzeichnung der Lebensmittel, sondern auch Wirtschaft und Handel erwarten Ausführungsbestimmungen zur Etikettierung. Es ist zu hoffen, daß die Ausführungsbestimmungen für die Kennzeichnung und die Nachweisverfahren so schnell wie möglich von der Europäischen Kommission in Kraft gesetzt werden.

Eine gesunde und bedarfsgerechte Ernährung ist bei uns nicht abhängig von Verarbeitungsverfahren oder der

Gewinnung der Lebensmittel. Mit und ohne Gentechnik kommen sichere, gesunde und qualitativ hochwertige Lebensmittel in den Handel. Das falsche Eß- und Ernährungsverhalten – zu viel und zu fett – stellt das eigentliche Risiko dar. Die Gentechnik im Lebensmittelbereich stellt keine Bedrohung für unsere Gesundheit oder Umwelt dar. Die Chancen der Gentechnik zur Abwehr von gesundheitlichen und ökologischen Risiken sollten verantwortungsvoll genutzt werden.

Literatur:

- Nossal GJV, Coppel RL. Thema Gentechnik – eine lebensverändernde Wissenschaft. Spektrum Akad Verlag, Heidelberg, 1992.
- Brandt P (ed). Zukunft der Gentechnik. Birkhäuser Verlag, Basel, 1995.
- Erbersdobler HF, Hammes WP, Jany KD (eds). Gentechnik und Ernährung. Wiss Verlagsges, Stuttgart, 1995.
- Lebensmittelchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der GDCh. Gentechnologie – Stand und Perspektiven bei der Gewinnung von Rohstoffen für die Lebensmittelproduktion. Behr's Verlag, Hamburg, 1994.
- Jany KD. Neuartige Lebensmittel. In: Ernährungsbericht 1996. Deutsche Gesellschaft für Ernährung eV (DGE) (ed), Frankfurt, 1996.
- Jany KD, Greiner R. Gentechnik und Lebensmittel, Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernährung (BFE-R-98-1) (ISSN 0933-5463) 1998.
- Brandt P. Transgene Pflanzen – Herstellung, Anwendung, Risiken und Richtlinien. Birkhäuser Verlag, Basel, 1995.
- Deutsche Landjugend-Akademie, Fredeburg eV (ed). Gentechnik-Fortschritt für die deutsche Landwirtschaft Wehle-Verlag, 1997.
- Padgett SR, Kolacz KH, Delannay X, Re DB, LaVallee B, Tinius CN, Rhodes WK, Otero YI, Barry GF, Eichholtz DA, Peschke VM, Nida DL, Taylor NB, Kishore GH. Development, identification and characterization of a glyphosate-tolerante soybean line. *Crop Sci* 1996; 35: 1451–61.
- Padgett SR, Taylor NB, Nida DL, Bailey MR MacDonald J, Holden LR, Fuchs RL. The composition of glyphosate-tolerante soybean seeds is equivalent to that of conventional soybeans. *J Nutr* 1996; 126: 702–16.
- Müller M, Brehm G. Somatischer und Keimbahn-Genstransfer bei Nutztieren. In: Erbersdobler HF, Hammes WP, Jany KD (eds). Wiss Verlagsges, Stuttgart 1995; 63–76.
- Teuber M. Genetic engineering techniques in food microbiology and enzymology. *Food Rev International* 1993; 389–409.
- Hammes WP. Grundlagen der Lebensmittelverarbeitung. In: Gassen HG, Hammes WP (eds). Handbuch Gentechnologie und Lebensmittel. Behr's Verlag, Hamburg, 1997.
- Jany KD, Greiner R, Engel KH. Bewertung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit mit Hilfe gentechnischer Verfahren hergestellter Lebensmittel. In: Lebensmittelchemische Gesellschaft – Fachgruppe in der GDCh: Gentechnik im Lebensmittelbereich. Behr's Verlag, Hamburg, 1998; 83–92.
- Doerfler W, Schubert R. Fremde DNA im Säugersystem. *Dt Ärztebl* 1997; 94: A3465–A3470.
- Schubert R, Renz D, Schmitz B, Doerfler W. Foreign (M13) DNA ingested by mice reaches peripheral leukocytes, spleen, and liver via the intestinal wall mucosa and can be covalently linked to mouse DNA. *Proc Natl Acad Sci USA* 1997; 94: 961–6.
- Matsuda T, Nakase M, Adachi T, Nakamura R, Tada Y, Shimada H, Takahashi M, Fujimura T. Allergenic proteins in rice: Strategies for reduction and evaluation. In: Eisenbrand G, Aulepp H, Dayan AD, Elias PS, Grunow W, Ring J, Schlatter J (eds). Food allergies and intolerances: Symposium der Deutschen Forschungsgemeinschaft. VCH, Weinheim, New York, 1996; 161–9.
- Nakamura R, Matsuda T. Rice allergenic protein and molecular genetic approach for hypoallergenic rice. *Biosci Biotech Biochem* 1996; 60: 1215–21.
- Wüthrich B. Zur Nahrungsmittelallergie: Begriffsbestimmung, Diagnostik, Epidemiologie, Klinik. *Schweizer Medizinische Wochenschr* 1996; 126: 770–6.
- Eisenbrand G, Aulepp H, Dayan AD, Elias PS, Grunow W, Ring J, Schlatter J (eds). Food allergies and intolerances. Symposium Deutsche Forschungsgemeinschaft, VCH, Weinheim, 1996.
- Fuchs RL, Astwood JA. Allergenicity assessment of foods derived from genetically modified plants. *Food Technol*. 1996; 50: 83–8.
- Nordlee JA, Taylor SL, Townsend JA, Thomas LA, Bush RK. Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. *N Engl J Med*. 1996; 14: 688–692.

Weiterführende Literatur kann per Post oder unter e-mail klaus-dieter.jany@bfe.uni-karlsruhe.de beim Autor angefordert werden.