

Gentechnik in der Lebensmittelherstellung

Klaus-Dieter Jany

Molekularbiologisches Zentrum der Bundesforschungsanstalt für Ernährung, Karlsruhe

Gen- und Biotechnologie gelten als Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts und ihre zukünftige Bedeutung kann mit der heutigen wirtschaftlichen Stellung der Mikroelektronik und der Informationstechnik verglichen werden. Die Gentechnik stellt eine Querschnittstechnologie dar, die weite Bereiche der Medizin, der Chemie, der Lebensmittelwirtschaft und des Umweltschutzes nachhaltig beeinflussen wird. Im Pharmabereich zeichnet sich für die Anwendung der Gentechnik bereits ein positiver Trend sowohl für die Wirtschaft als auch für die Akzeptanz der Produkte durch die Öffentlichkeit ab. Im Agrar- und Lebensmittelsektor dagegen ist bislang das Bild der Gentechnik mehr von Skepsis, Mißtrauen und Ablehnung geprägt. Schlagworte wie "Genfraß", "Gentech-Nahrung", Franken-Food", "Frankenstein-Küche" u.v.a. haben hier ihren Beitrag geleistet. Essen und Lebensmittel sind sensible Bereiche; sie werden von Traditionen und Emotionen geprägt. Im Laufe der Zeit haben die Menschen gelernt, bekömmliche Nahrungsmittel zu erkennen und abträgliche Produkte zu meiden. Dabei erlernten sie auch, Pflanzen, Tiere und Mikroorganismen zu ihrem Nutzen zu manipulieren. Insgesamt eigneten sie sich von Generation zu Generation einen großen Erfahrungsschatz an und bewahrten traditionelle Vorstellungen über Herstellungsverfahren ihrer Lebensmittel. Die Gentechnik paßt hier nicht in diese Vorstellung. Unkenntnis und Mißtrauen in die Gentechnik und die Lebensmittel erzeugen Unbehagen und Verunsicherung!

Gewinnung und Verarbeitung unserer traditionellen Lebensmitteln unterliegen einem ständigen Wandel, der durch technische Entwicklungen, wissenschaftlichen Erkenntnissen und soziologischen Veränderung bedingt ist. Hohe gesundheitliche und sensorische Qualität, hervorragende Haltbarkeit, absolute Hygiene sowie ständige Verfügbarkeit und vieles mehr werden heute fast wie selbstverständlich, naturgegeben von unseren Lebensmitteln erwartet. Von Natur aus kann ein Lebensmittel diesen hohen Anforderungen nicht gerecht werden. Im Verbund mit konventionellen Verfahren ermöglichen, gentechnisch veränderte Mikroorganismen und transgene Pflanzen zumindest teilweise diese Ansprüche zu erfüllen.

Im Agrar- und Lebensmittelsektor wird die Gentechnik als Werkzeug eingesetzt in der

Lebensmittelverarbeitung

Zur fermentativen Gewinnung von Hilfs- und Zusatzstoffen durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen und Zellkulturen (GVO). Aus GVO oder den Fermentationsbrühen werden Enzyme, Geschmacksverstärker, Süßstoffe, Aromen, Vitamine, Hormone und Dickungsmittel isoliert.

Zur Herstellung von GVO (Milchsäurebakterien, Hefen, filamentöse Pilze) als Starter-, Schutz- und Indikatorkulturen. Diese GVO sollen/werden in der Milch-, Fleisch-, und Obst/Gemüseverarbeitung, im Brau- und Backgewerbe sowie bei Fein- und Frischkostprodukten eingesetzt (werden).

Landwirtschaftliche Urproduktion

Zur Züchtung von transgenen Pflanzen mit neuen Resistenzen gegenüber Herbiziden, Virus-, Pilz- und Insektenbefall sowie mit Systemen zur Erhöhung der Lagerfähigkeit oder Qualitätsverbesserung landwirtschaftlicher Erzeugnisse.

Zur Züchtung transgener Tiere sowie zur Diagnostik und Genomanalyse bei Nutztieren.

Lebensmittelüberwachung

Zur Kontrolle der Prozeßtechnik und der Hygiene und Qualität von Lebensmitteln sowie zum Nachweis von gentechnisch veränderten Lebensmitteln.

Entsprechend den Anwendungsbereichen und den gesetzlichen Vorgaben werden drei Kategorien von "gentechnisch veränderten" Lebensmitteln unterschieden:

1. **Lebensmittel ist selbst der lebende GVO:** Tomate, Kürbis, Melone, Raps, Mais, Sojabohne, Kartoffel
2. **Lebensmittel enthält lebende GVO:** Joghurt mit Milchsäurebakterien
3. **Lebensmittel enthält isolierte oder verarbeitete Produkte aus GVO, aber nicht den lebenden GVO mehr:** Enzyme, Aminosäuren, Vitamine, Zucker, Stärken, Öle,
oder inaktivierte GVO: Tomatenketchup, Kartoffelpüree, Fruchtmarmeladen, pasteurisierter Joghurt, Bier, Brot,

Lebensmittelverarbeitung

Landwirtschaftliche Produkte werden zum größten Teil in weiteren Verarbeitungsschritten, u.a. durch Enzyme und Mikroorganismen, zu hochwertigen Lebensmitteln veredelt.

Enzyme

Enzympräparate werden seit Anfang dieses Jahrhunderts in der Lebensmittelwirtschaft eingesetzt. Enzyme erlauben eine milde und schonende und damit werthaltende Verarbeitung, z.B. bei der Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften oder Diäten. Auf einzelnen Einsatzgebiete soll mit Ausnahme des Chymosins nicht genauer eingegangen werden. Nur erwähnt werden soll die Phytase, die in Deutschland als Tierfuttermittelzusatzstoff zugelassen ist. Durch die Verwendung der Phytase kann im Tierfutter der Phytin-Phosphor besser ausgenutzt werden und der Phosphateintrag in die Gülle reduziert werden. Hieraus ergibt sich ein aktiver Beitrag zum Umweltschutz bei der Schweine- und Hühnerhaltung. Über den Einsatz von Enzymen aus GVO liegen nur vereinzelt Daten vor. Die stärkeverarbeitende Industrie z.B. erklärt ganz offen, daß solche Enzyme für die Gewinnung von Fructose-Sirup verwendet.

In der Milchverarbeitung ist unter den Enzymen das aus GVO fermentativ gewonnene Labferment, Chymosin, das bekannteste. Das Labferment wird klassisch aus dem Labmagen von Kälbern oder aus Mikroorganismen als Labersatzstoff isoliert. Das Labferment dient bei der Käseherstellung zur spezifischen Ausfällung des Caseins, der Dicklegung der Milch. Das Kälberlabferment wird heute auch aus GVO gewonnen. Geprüfte und für sicher bewertete Handelsprodukte aus dem Darmbakterium *Escherichia coli*, der Hefe *Kluyveromyces lactis* oder dem filamentösen Pilz *Aspergillus niger var. awamori* sind am Markt und dürfen in vielen außereuropäischen und europäischen Ländern (Ausnahme: Österreich und Frankreich, in Deutschland seit März 1997) verwendet werden. Das gentechnisch gewonnene Labferment ist ein naturidentisches Produkt. Der Hauptunterschied zwischen den Labfermentpräparaten liegt in dem Gehalt an aktivem Enzym. Kälbermagenpräparate enthalten durchschnittlich 4-8% an Labferment, den Rest stellen "Verunreinigungen" (Proteine und Inhaltsstoffe) aus dem Magen dar. Gentechnisch gewonnene Präparate weisen dagegen einen Gehalt von 70-80 % an Enzym-

protein auf. Verunreinigungen sind hier vorwiegend Salze; nur ein geringer Anteil aus Fremdproteinen. Bei der fermentativen Gewinnung von Produkten aus gentechnisch veränderten Mikroorganismen ergeben sich erhebliche Einsparungen an Primärenergien und bei der Abfallsorgung; Reduzierungen um mehr als 90 % sind keine Ausnahme.. Mit gentechnisch veränderten Organismen ließe sich der Weltbedarf von ca. 50 t Kälberlab-identischem Enzym umweltfreundlich und kostengünstig decken.

Tab. 1: Kommerziell erhältliche Enzyme aus gentechnisch veränderten Organismen

Enzym bzw. Hauptenzymaktivität	Anwendungsbereich
a-Amylase	Bäckerei Brauerei Stärkeverzuckerung Brennerei
a-Acetolactat-Decarboxylase	Brauerei
Chymosin	Molkerei, Käseherstellung
Mikrobielles Labenzym	Brauerei
β-Glucanase	Stärkeverzuckerung
α-Glucantransferase	Stärkeverzuckerung
Glucose-Isomerase	Bäckerei, Mehlerarbeitung
Glucose-Oxidase	Eiverarbeitung Feinkost - Mayonnaise
Hemicellulase	Backerei
Katalase	Feinkost - Mayonnaise
Lipase	Fett- und Ölverarbeitung
Malto-Amylase	Backerei, Konfitüren
Phytase	Tierernährung, Stärkeverarbeitung
Proteasen	Bäckerei Brauerei Molkerei Brennerei Fleisch- Fischverarbeitung Gemüseverarbeitung
Pullulanase	Stärkeverzuckerung
Xylanase	Brauerei Bäckerei Stärkeverarbeitung

Da Enzyme die direkten Genprodukte darstellen, können alle lebensmitteltechnologisch-relevanten Enzyme recht einfach und kostengünstig aus/mit GVO gewonnen werden.. Nach Einschätzung der Enzymherstellern sollen noch in diesem Jahrhundert mehr als 80% der Enzyme mit GVO produziert werden.

Starter- und Schutzkulturen

Milchsäurebakterien, Hefen und filamentöse Pilze besitzen traditionell eine große Bedeutung als Starterkulturen. GVO sind für alle drei Mikroorganismengruppen entwickelt und in der Laborpraxis erprobt. Hauptziele der gentechnischen Veränderung dieser Organismen liegen in der Erhöhung der Produktqualität und -vielfalt, in der Verbesserung der Prozessführung und -sicherheit sowie in der Reduktion hygienischer Risiken. GVO als Lebendkulturen in Lebensmitteln werden gegenwärtig nicht in der EU und wahrscheinlich auch weltweit noch nicht eingesetzt. In naher Zukunft muß aber damit gerechnet werden, das gentechnisch bearbeitete Starterkulturen wie traditionelle Kulturen Eingang in die Lebensmittelverarbeitung finden.

In der fermentativen Verarbeitung von Milch zu Joghurt, Kefir, Dickmilch und Käseprodukten haben Milchsäurebakterien großes Interesse für gentechnische Veränderungen gefunden. Hohe wirtschaftliche Verluste treten immer wieder durch Phageninfektionen bei Fermentationen auf; sie machen den Hauptteil aller Prozeßstörungen aus. Der Phagenbefall kann durch eine gentechnische stabile Integration des natürlich vorkommenden aber plasmidcodierten Resistenzgens in das Genom verhindert werden.

In der Fleischwirtschaft werden Starterkulturen vorwiegend für die Rohwurstreifung eingesetzt. Erste GVO wurden entwickelt. Hier wurden Gene für die Bildung von Proteinasen, Lipasen, Katalasen, Nitratreduktasen und Aromastoffen in die Organismen eingeführt.

Hefen für das Back- und Braugewerbe sind Ziele gentechnischer Modifizierungen, wobei sich die Forschungsaktivitäten hauptsächlich auf Bierhefen konzentrierten. Bei Brauhefen stehen Arbeiten zur Erweiterung der Enzymausstattung im Vordergrund. Einige Forschungsarbeiten an Brauhefen sind in Tab. 2 aufgeführt. Unter den gentechnisch veränderten Brauhefen ist nur eine in Großbritannien seit 1993 zugelassen. Dieser Hefe wurde ein Amylase-Glucoamylasegen integriert, so daß der Organismus jetzt auch die sonst nicht vergärbaren Grenzdextrine abbauen kann. Die mit dieser Hefe gebrauten Biere weisen einen geringeren Gehalt an Kohlenhydraten (Diätbier; light-Bier) bei etwas erhöhtem Alkoholgehalt auf. Das Bier ist gegenwärtig nicht frei kommerziell erhältlich; es wird noch in kleinen Mengen in der Versuchsbrauerei gewonnen. Jedoch beabsichtigt die Brauerei demnächst das Bier auch großtechnisch herzustellen.

Gentechnisch optimierte Brauhefen werden noch nicht kommerziell eingesetzt. Sie würden aber dem deutschen Reinheitsgebot genügen, das den Zusatz von exogenen Enzymen beim Bierbrauen verbietet.

Auch gentechnisch veränderte Hefen für die Wein- Champagner- und Spirituosenherstellung sind in der Entwicklung. In Frankreich sollen (?) bereits bei der Gärung des Beaujolais Primeur solche Hefen eingesetzt werden. Hier sollen die Hefen bei verkürzter Gärzeit die bestimmten charakteristischen Aromastoffe in hinreichender Menge bilden. Bei Champagner soll die Zeit der Flaschengärung verkürzt werden.

Bei der in Großbritannien zugelassene Backhefe handelt es sich um eine Hefe, die im Gegensatz zu konventionellen Hefen auch in Gegenwart von Glucose maltoseabbauende Enzyme produziert, wodurch es nicht mehr zu einer Verzögerung der Teiggehzeit kommt. Hier wurden keine neuen Gene eingeführt, sondern durch die Umgruppierung der entsprechenden Regulationsgenen konnte der Effekt ausgeprägt werden. Diese Hefe ist seit Frühjahr 1990 zugelassen; wird aber aufgrund negativer Pressemeldungen und fehlender Akzeptanz nicht eingesetzt.

Ebenso wurde eine Backhefe entwickelt, die das Enzym Lipoxygenase neu synthetisiert und freisetzt. Diese Enzym dient zum Bleichen von Weizenmehl (Verzicht von oxidativen Chemikalien) sowie zur Verbesserung der Rheologie und Stabilität des Teiges durch Oxidation der "Schwefelgruppen" im Gluten. In Tab.2 sind gentechnische Veränderungen an Hefen und die entsprechenden Ziele aufgelistet.

Tab.2 Gentechnisch veränderte Hefen im Back- und Braugewerbe

Zielgen	Effekt
Backhefe:	
Amylase	größeres Brotvolumen
Thermo-Amylase	verbessertes Lagerverhalten des Brotes
Glucoamylase	besser gehender Teig
Hemicellulase	Abbau von Zellwand-Kohlenhydraten
Lipase	Geschmacksoptimierung

Maltozymase	süßer Teig ohne Zuckerzusatz
Bierhefe:	
Acetolactatdecarboxylase	Verkürzung der Lagerzeit des Bieres
Amylase, Glucoamlyse	Prozessierhilfen, Ersatz der Gerste
Glucanase	Verbesserung der Filtration
Proteasen, Peptidase	Schaumstabilität

Landwirtschaftliche Urproduktion

Nahezu alle Nutzpflanzen werden heute in einer Kombination von Gentechnik und klassischer Züchtung bearbeitet. Zur Überprüfung der Labor- und Gewächshausergebnisse sind Freisetzungsexperimente der transgenen Pflanzen unter natürlichen Umweltbedingungen notwendig. Weltweit wurden mehr als 3800 Freisetzungsexperimente an mehr als 10000 Standorten durchgeführt.

Qualitätsmerkmale werden in der Regel nicht von einem Gen ausgeprägt und bis jetzt sind nur wenige Gene, die solche Eigenschaften beeinflussen, bekannt. Wohl aber stehen Gene zur Verfügung, die Pflanzen Resistenzen gegenüber Herbiziden, Insekten- sowie Pilzbefall und Krankheiten verleihen. Deshalb stehen gentechnische Arbeiten zur Ausbildung dieser Resistenzen noch im Vordergrund. Aber die zunehmenden Informationen über qualitätsprägende Merkmale und das geregelte Zusammenspiel von Genen werden in Zukunft verstärkt transgene Pflanzen entwickelt, die Veränderungen in ihren Speichersubstanzen und minderen wertgebenden Inhaltsstoffen aufweisen.

Tab.: In den USA zugelassene transgene Pflanzen

Pflanze/Frucht	Verändertes Merkmal	Jahr	Firma
Tomate	Reife/Lagerfähigkeit	1994	Calgene
	Verzögerte Reifung	1994	DNA Plant Technology
	Verzögerte Reifung	1994	Monsanto
	Verzögertes Weichwerden	1994	Zeneca
Kürbis	Virustoleranz	1994	Asgrow Seed
Baumwolle	Herbizidtoleranz (Bromoxynil)	1994	Calgene
Sojabohne	Herbizidtoleranz (Glyphosat)	1994	Monsanto
Kartoffel	Insektentoleranz (Bt-Toxin)	1994	Monsanto
Raps	Herbizidtoleranz (Glufosinat)	1995	AgrEvo
Mais	Herbizidtoleranz (Glufosinat)	1995	AgrEvo
Raps-Canola	Fettsäurespektrum (C12)	1995	Calgene
Mais	Herbizidtoleranz (Glyphosat)	1995	Monsanto
Raps	Herbizidtoleranz (Glyphosat)	1995	Monsanto
Mais	Insektentoleranz (Bt-Toxin)	1995	Ciba-Geigy
Tomate	Modifizierte Fruchtreifung	1996	Agritope
Mais	Herbizidtoleranz (Glyphosat)	1996	Dekalb Genetics
Mais	Insektentoleranz (Bt-Toxin)	1996	Monsanto, Northrup K.
Baumwolle	Herbizidtoleranz (Sulfonyl-	1996	Dupont
Kartoffeln	harns.)	1996	Monsanto
Raps	Insektentoleranz (Bt-Toxin)	1996	Plant Genetics
Mais	männlich-steril	1996	Plant Genetics
	männlich-steril		

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

In der Europäischen Gemeinschaft haben mit Ausnahme von Tabak noch keine transgenen Pflanzen die allgemeine Verkehrsgenehmigung für den Anbau erhalten. Eingeführt werden dürfen Sojabohnen, Mais und Raps für Verarbeitungszwecke.

In Großbritannien haben seit 1995 Tomatenpüree, Rapsöl, Rapsschrot sowie Sojabohnenprodukte aus den entsprechenden GVO die Zulassung für das Inverkehrbringen erhalten. Darüberhinaus sind Anträge für die Zulassung von ungesättigten Fettsäuren für den Einsatz in Kleinkinddiäten, für Starterkulturen für die Fermentation von Milchprodukten und Öl aus herbizidresistentem Raps gestellt worden. Transgene Sojabohnen und transgener Mais dürfen nach der Freisetzungsrichtlinie 220/90/EWG zu Arbeitszwecken in die europäische Gemeinschaft eingeführt werden. Mit der Sojaernte 1996 sind solche Sojabohnen (als Mischung mit konventionellen) auch nach Deutschland importiert und zu Öl, Lecithin und Protein verarbeitet wurden. Der Hauptanteil des Sojas, als auch vom Mais werden als Viehfutter in den Handel gebracht.

Transgene Pflanzen stehen nicht im Widerspruch zum alternativen oder ökologischen Landbau. Vielmehr können solche Pflanzen eine sinnvolle Ergänzung und Bereicherung sein. Der ökologische Landbau allein wird aber in Zukunft kaum die Versorgung der Bevölkerung mit hinreichenden Mengen und preiswerten Lebensmitteln gewährleisten können.

Ausblick

Gegenwärtig bestehen Mißtrauen sowohl in die Unbedenklichkeit gentechnisch modifizierter Lebensmittel als auch gegenüber Landwirtschaft und Lebensmittelverarbeiter. Eine öffentliche und sachgerechte Diskussion über Chancen und Risiken, aber auch die Möglichkeit offene solche Produkte kennenzulernen, kann das Mißtrauen zur Gentechnik abbauen. Nicht unbedingt Akzeptanz ist notwendig, sondern die Transparenz der Produkte muß im Vordergrund stehen.

A priori sind gentechnisch modifizierte Lebensmittel nicht unsicher oder bergen grundsätzlich höhere Gefährdungspotentiale als "züchterisch" gewonnene Lebensmittel. Durch ein neues Risikobewußtsein werden Lebensmittel einer umfassenden Sicherheitsbewertung unterzogen, und in Zukunft kann, gerade durch die Gentechnik, mit noch besseren und sichereren Lebensmitteln als wir sie bereits jetzt haben, gerechnet werden. Für eine gesunde und bedarfsgerechte Ernährung ist aber gerade in unseren Industrieländern das richtige Eß- und Ernährungsverhalten entscheidend.