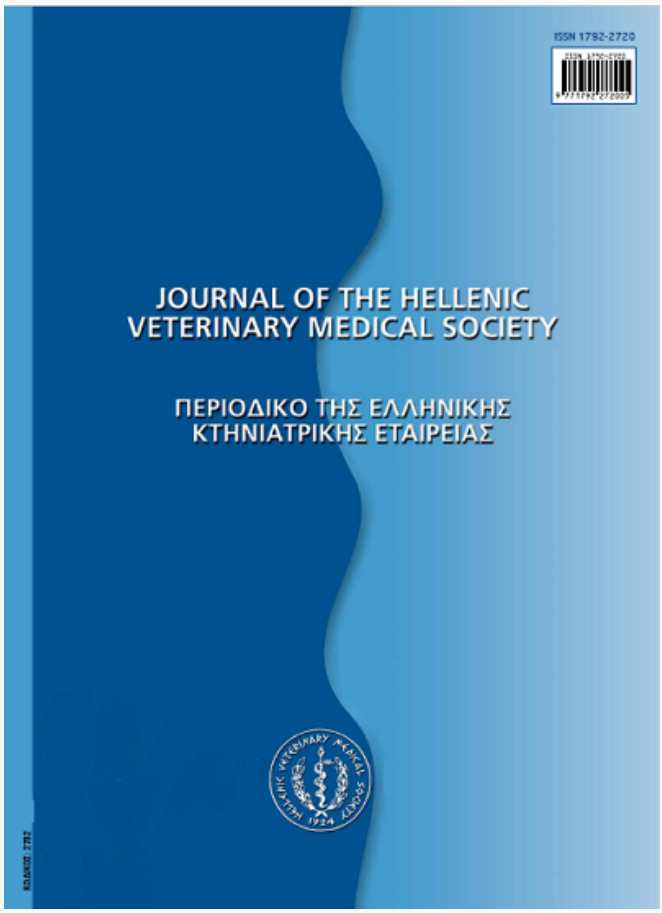
ePublishing

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 57, No 3 (2006)



Genetically modified food

F. PAPPAS (Φ. ΠΑΠΠΑΣ), M. STEFANIDOU (Μ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ)

doi: 10.12681/jhvms.15047

To cite this article:

PAPPAS (Φ. ΠΑΠΠΑΣ) F., & STEFANIDOU (Μ. ΣΤΕΦΑΝΙΔΟΥ) M. (2017). Genetically modified food. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, *57*(3), 231–246. https://doi.org/10.12681/jhvms.15047

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 19/12/2025 04:05:44

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 2006, 57(3): 241-246
JOURNAL OF THE HELLENIC VETERINARY MEDICAL SOCIETY 2006, 57(3): 241-246

Ειδικό άρθρο
Special article

Τοξικότητα σχετικά με τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα

Φ. Παππάς[1], Μ. Στεφανίδου[2]

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Ένας τρόπος βελτίωσης της φυτικής και της ζωικής παραγωγής, εκτός από τις ελεγχόμενες διασταυρώσεις, είναι η εφαρμογή των μεθόδων της Γενετικής Μηχανικής, με την οποία εξασφαλίζεται η παραγωγή διαγονιδιακών φυτών και ζώων με συγκεκριμένους επιθυμητούς χαρακτήρες. Τα διαγονιδιακά φυτά και ζώα έχουν την ικανότητα να μεταβιβάζουν τις νέες ιδιότητες στους απογόνους τους. Η χρήση της Γενετικής Μηχανικής φέρει στο προσκήνιο πολλά ερωτήματα που αφορούν στην ασφάλεια και την υγεία του ανθρώπου, στην προστασία των καταναλωτών και των αγροτών, στην ποιότητα της ζωής των ζώων, και σε μία σειρά από ηθικά και ανθρωπιστικά ζητήματα, που σχετίζονται με την παρέμβαση του ανθρώπου στη φύση και με την εναντίωσή του στη Δημιουργία. Οι μέχρι σήμερα μελέτες έχουν αποδείξει ότι η ασφάλεια για τους καταναλωτές που καταναλώνουν γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα είναι ίδια με εκείνη της παραδοσιακής τροφής και προς το παρόν δεν υπάρχουν αποδείξεις για βλάβες στην υγεία από τα γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα. Η εκτίμηση της επικινδυνότητας των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων επιτυγχάνεται με πρότυπες τοξικολογικές μεθόδους, με τις οποίες μπορεί να προσδιοριστεί η πιθανή τοξική ή αλλεργιογόνος δράση τους. Η αξιολόγηση της ασφάλειας των γενετικώς τροποποιημένων τροφίμων πρέπει να ολοκληρώνεται πριν από την κυκλοφορία των τροφίμων στην αγορά. Επίσης, επιβάλλεται και η παρακολούθηση των προϊόντων αυτών μετά την κυκλοφορία τους στην αγορά και η συλλογή πληροφοριών για τη μακροπρόθεσμη επίδραση των προϊόντων αυτών ή των συστατικών τους στην υγεία των καταναλωτών.

Λέξεις ευρετηρίασης: γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα, εκτίμηση επικινδυνότητας

Genetically modified food

Pappas F.[1], Stefanidou M.[2]

ABSTRACT. International consensus has been reached on the principles regarding evaluation of the food safety of genetically modified plants. The concept of substantial equivalence has been developed as part of a safety evaluation framework, based on the idea that existing foods can serve as a basis for comparing the properties of genetically modified foods with the appropriate counterpart. Substantial equivalence is a starting point in the safety evaluation, rather than an endpoint of the assessment. The development and validation of new profiling methods, such as DNA microarray technology, proteomics and metabonomics for the identification and characterization of unintended effects, which may occur as a result of the genetic modification, is recommended. The assessment of the allergenicity of newly inserted proteins and of marker genes is discussed. Also, the post-marketing surveillance of the foods derived from genetically modified crops is imperative.

Key words: genetically modified food, toxicity assessment

ΓΕΝΕΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ

Για να καλυφθούν οι αυξημένες ανάγκες του πληθυσμού της γης σε τροφή είναι απαραίτητη η αύξηση και η βελτίωση της φυτικής και της ζωικής παραγωγής.

Ένας τρόπος βελτίωσης της φυτικής και της ζωικής παραγωγής είναι οι ελεγχόμενες από τον άνθρωπο διασταυρώσεις φυτών, όμως οι απόγονοι που προκύπτουν φέρουν συνήθως ορισμένους μόνο από τους επιθυμητούς χαρακτήρες μαζί με άλλες μη επιθυμητές ιδιότητες. Με τη σκέψη αυτή, το 1973 Αμερικανοί ερευνητές στράφηκαν στη Γενετική Μηχανική, με την οποία εξασφαλίζεται η παραγωγή οργανισμών με συγκεκρι-

[1] ΙΒΙΤΟΔΙΖ, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων.
[2] Εργαστήριο Ιατροδικαστικής και Τοξικολογίας, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Αθηνών

Ημερομηνία υποβολής: 07.11.2005
Ημερομηνία εγκρίσεως: 06.12.2006

[1] Institute of Biochemistry, Toxicology & Nourishment of Animals, Hellenic Ministry of Rural Development & Food, Agia Paraskevi, Athens, Greece
[2] Department of Forensic Medicine and Toxicology, Medical School, University of Athens, 75, M. Asias str., Goudi, 115 27 Athens, Greece

Submission date: 07.11.2005
Approval date: 06.12.2006

μένους επιθυμητούς χαρακτήρες και με τον τρόπο αυτό έδωσαν τη λύση στο πρόβλημα της ανεπάρκειας τροφής, με την τεχνική μεταφοράς των γονιδίων από οργανισμό σε οργανισμό. Το υβριδικό DNA, που προκύπτει με τον τρόπο αυτό, ονομάζεται ανασυνδυασμένο DNA, το οποίο ενσωματώνεται στο χρωμόσωμα του οργανισμού. Η τεχνική μεταφοράς των γονιδίων ονομάζεται Γενετική Μηχανική και οι οργανισμοί που προκύπτουν με τον τρόπο αυτό ονομάζονται γενετικώς τροποποιημένοι οργανισμοί (ΓΤΟ ή ΓΤ) ή διαγονιδιακοί, τα δε προκύπτοντα τρόφιμα ονομάζονται γενετικώς τροποποιημένα τρόφιμα (ΓΤΤ). Τα διαγονιδιακά φυτά και ζώα έχουν την ικανότητα να μεταβιβάζουν τις νέες ιδιότητες στους απογόνους τους (FDA, 1992, Maryanski, 1995).

Τα γενετικώς τροποποιημένα φυτά παρέχουν τη δυνατότητα στους αγρότες:

- Να προφυλάσσουν αποτελεσματικά τις καλλιέργειες από τα έντομα και τα ζιζάνια
- Να προφυλάσσουν αποτελεσματικά τις καλλιέργειες από ασθένειες και από ακραίες περιβαλλοντικές συνθήκες
- Να παράγουν προϊόντα με μεγαλύτερη «διάρκεια ζωής» από το χωράφι έως τον καταναλωτή.

Γενετικώς τροποποιημένα φυτά, με οικονομική σημασία, είναι το βαμβάκι, η πατάτα, η σόγια, η ελαιοκράμβη, το ζαχαρότευτλο, ο καπνός, οι φράουλες και το ρύζι. Οι τροποποιήσεις αυτές έγιναν με σκοπό τη μεταβολή ενός χαρακτηριστικού για να παραχθούν, π.χ. κολοκύθια ανθεκτικά σε ιούς, ζαχαρότευτλα ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα, τομάτες ανθεκτικές σε έντομα, βαμβάκι ανθεκτικό σε ζιζανιοκτόνα, αραβόσιτος ανθεκτικός σε έντομα, πατάτα ανθεκτική σε έντομα και ζιζανιοκτόνα, σόγια ανθεκτική σε ζιζανιοκτόνα ή σόγια πλούσια σε ελαϊκό οξύ (FAO/WHO, 2000, NRC, 2000).

Εκτός από τα γενετικώς τροποποιημένα φυτά, των οποίων η καλλιέργεια αποτελεί επιλογή των αγροτών, στη φύση είναι δυνατή και η «συμπτωματική παρουσία» ΓΤ φυτών, δηλαδή η αναπόφευκτη ή τυχαία παρουσία ιχνών ΓΤ φυτών στα τρόφιμα ή στις ζωοτροφές. Αυτό είναι μία πραγματικότητα, αφού έτσι λειτουργεί η φύση και η γύρη μεταφέρεται με τον αέρα και με τα έντομα από τα ΓΤΤ στα παραδοσιακά.

Τον τελευταίο χρόνο πάνω από 300.000 τόνοι ΓΤΤ εισήχθησαν στη χώρα μας. Τα περισσότερα από αυτά χρησιμοποιήθηκαν ως ζωοτροφές, μικρή δε ποσότητα των σπερμάτων σόγιας χρησιμοποιήθηκε απευθείας για ανθρώπινη κατανάλωση είτε ως σογιέλαιο είτε με τη μορφή λεκιθίνης σόγιας. Η εισαγωγή των προϊόντων αυτών είναι νόμιμη, εφόσον οι συγκεκριμένες ποικιλίες των φυτών έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση και φέρουν τα αναγκαία πιστοποιητικά. Εγκεκριμένη ποικιλία σημαίνει ότι έχουν πραγματοποιηθεί οι απαιτούμενοι έλεγχοι για τις επιδράσεις στην υγεία και στο περιβάλλον. Μάλιστα, εφόσον οι ΓΤΟ χρησιμοποιούνται για ζωοτροφές, στο τελικό κτηνοτροφικό προϊόν (γάλα, κρέας, τυρί, αυγά) δεν χρειάζεται να αναγράφεται ότι τα ζώα έχουν τραφεί με ΓΤΤ. Επίσης, όταν περιέχονται στα τρόφιμα ως συστατικά και πάλι δεν είναι υποχρεωτική η επισήμανση αυτή, εφόσον περιέχονται σε ποσοστό κάτω του 0,9%. Όσον αφορά στην καλλιέργεια ΓΤ ποικιλιών, η ελληνική κυβέρνηση έχει εκφράσει με κάθε τρόπο την αντίθεσή της. Παράλληλα, ενώ πρόσφατα η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ενέκρινε 17 γενετικώς τροποποιημένα υβρίδια αραβοσίτου για καλλιέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το Ελληνικό Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης απαγόρευσε την καλλιέργεια των συγκεκριμένων υβριδίων στην Ελλάδα για δύο τουλάχιστον χρόνια. Στην Ελλάδα έχουν υποβληθεί πολλές αιτήσεις για πειραματικές καλλιέργειες και προς το παρόν έχει επιτραπεί η πειραματική καλλιέργεια σε τρεις ποικιλίες βαμβακιού, στον αραβόσιτο και στην τομάτα.

Τον προηγούμενο χρόνο, ωστόσο, οι ΗΠΑ παραδέχτηκαν ότι εξήγαγαν κατά λάθος για πειραματική καλλιέργεια στη Γαλλία και στην Ισπανία ποσότητα σπερμάτων ΓΤ αραβοσίτου της ποικιλίας Bt10, που δεν έχει εγκριθεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση. Και στην Κίνα, όμως, καλλιεργήθηκε ΓΤ ρύζι εν αγνοία αυτών που το καλλιέργησαν (Wang et al., 2000).

ΤΟΞΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Το καταναλωτικό κοινό είναι εξαιρετικά δύσπιστο και καχύποπτο απέναντι στα ΓΤΤ, τα οποία θεωρεί ότι είναι αντίθετα προς τη φύση και υποστηρίζει ότι ο άνθρωπος πρέπει να εμπιστεύεται το Δημιουργό του και να μην παρεμβαίνει στη φύση και στη Δημιουργία. Το θέμα αυτό φέρει στο προσκήνιο τους ηθικούς προβληματισμούς από τη χρήση των ΓΤΤ (Royal Society of Canada, 2001, Davies, 2001).

Τα κυριότερα ζητήματα, τα σχετικά με την ασφάλεια των ΓΤΤ, είναι τα εξής (Society of Toxicology, 2003):

1. Αν το μεταφερόμενο γονίδιο είναι τοξικό από μόνο του και αν μπορεί να μεταφερθεί και να ενσωματωθεί στο γονιδίωμα του καταναλωτή.

Τα πλασμίδια που χρησιμοποιούνται ως φορείς για τη γενετική τροποποίηση των φυτικών ή ζωικών οργανισμών περιέχουν, εκτός από το γονίδιο που βοηθά στη βελτίωση των ιδιοτήτων των οργανισμών, και γονίδια ανθεκτικότητας σε ορισμένα αντιβιοτικά, κυρίως στην καναμυκίνη. Τα γονίδια εισέρχονται μαζί με τα πλασμίδια στους οργανισμούς και τους τροποποιούν.

Το πρώτο προϊόν που κυκλοφόρησε στην αγορά ήταν μία ποικιλία τομάτας, η οποία περιείχε γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά. Το ερώτημα που προκύπτει είναι το εάν το γονίδιο μπορεί να περάσει από την τομάτα στα βακτήρια E. coli, που βρίσκονται στο έντερο, και να τα καταστήσει ανθεκτικά στην καναμυκίνη και στα συγγενή αντιβιοτικά. Επιπλέον, επειδή τα βακτήρια αποβάλλονται από το έντερο στο περιβάλλον, τα γονίδια ανθεκτικότητας θα μπορούσαν να διασπαρούν σε άλλα πιθανόν βλαβερά βακτήρια του περιβάλλοντος. Τα τελευταία, εάν προσβάλλουν τον άνθρωπο, δεν θα μπορούν να καταπολεμηθούν επειδή είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά. Στην πραγματικότητα βέβαια είναι πολλές οι πιθανότητες το γονίδιο ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά να διασπαστεί στο πεπτικό σύστημα ή να μη μεταφερθεί σε άλλους οργανισμούς (Astwood et al., 1996). Η πιθανή μεταφορά γονιδίων σήμανσης (marker genes), με ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά, μέσω των ΓΤΤ στα μικρόβια του εντέρου, αποτελεί ένα σημαντικό κίνδυνο για τον άνθρωπο (Flavell et al., 1992, Goldsbrough et al., 1996).

2. Αν το μεταφερόμενο γονίδιο παράγει τοξίνες (π.χ. ενδοτοξίνες του Bacillus thuringiensis [Bt]).

Τα έντομα καταστρέφουν τη γεωργική παραγωγή, επειδή δε η καταπολέμησή τους με εντομοκτόνα περικλείει κινδύνους, κρίθηκε αναγκαία η εύρεση εναλλακτικών τρόπων αντιμετώπισης των εντόμων. Έτσι επελέγη το βακτήριο Bacillus thuringiensis και το οποίο ζει στο έδαφος και το οποίο παράγει μία ισχυρή τοξίνη με εντομοκτόνο δράση 80.000 φορές ισχυρότερη από πολλά εντομοκτόνα (Lozzia et al., 1998). Το βακτήριο αυτό αρχικά πολλαπλασιάζεται στο εργαστήριο και στη συνέχεια ψεκάζεται στον αγρό (Pilcher et al., 1997). Όμως, η τεχνική αυτή είναι δαπανηρή, διότι τα βακτήρια αυτά δεν επιβιώνουν για μεγάλο χρονικό διάστημα και κατά συνέπεια απαιτούνται συνεχείς ψεκασμοί. Για το λόγο αυτό έγιναν προσπάθειες αφενός για την απομόνωση του γονιδίου του βακτηρίου που παράγει την τοξίνη και αφετέρου για τη μεταφορά του στα φυτά. Η μεταφορά στα φυτά έγινε με τη βοήθεια του πλασμιδίου Ti του Agrobacterium tumefaciens και έτσι τα προκύπτοντα ΓΤ φυτά θα είναι ανθεκτικά στα έντομα. Το πρώτο φυτό, στο οποίο ενσωματώθηκε το γονίδιο του Bacillus thuringiensis με ανθεκτικότητα στα έντομα, ήταν ο αραβόσιτος, οι δε γενετικώς τροποποιημένες ποικιλίες του ονομάζονται ποικιλίες Bt (U.S.EPA, 1998, 2001, CDC, 2001).

3. Αν το μεταφερόμενο γονίδιο παράγει πρωτεΐνες με αλλεργιογόνες ιδιότητες.

Η πρόκληση αλλεργίας είναι ένα από τα σπουδαιότερα μειονεκτήματα των τροφίμων που προέρχονται από διαγονιδιακές καλλιέργειες (FAO/WHO, 2001). Σχετική με την αλλεργιογόνο δράση των ΓΤΤ είναι και η άρνηση των Αμερικανικών Ομοσπονδιακών Αρχών να εγκρίνουν τον αραβόσιτο StarLink για ανθρώπινη κατανάλωση, λόγω της Bt πρωτεΐνης, Cry9C, που είναι πιθανώς αλλεργιογόνος για τον άνθρωπο. Μετά την τυχαία εισαγωγή του αραβοσίτου StarLink στην ανθρώπινη τροφική αλυσίδα, παρατηρήθηκε νοσηρότητα σε καταναλωτές και έτσι δεν κυκλοφορεί πλέον στην αγορά, η πρωτεΐνη δε αυτή είναι η μόνη από τις παραγόμενες με γενετική μηχανική, έπειτα από έλεγχο από το FDA, που έχει τα χαρακτηριστικά ενός αλλεργιογόνου (CDC, 2001a).

Μία άλλη αποδεδειγμένη περίπτωση εισαγωγής ενός αλλεργιογόνου στην τροφική αλυσίδα του ανθρώπου αφορά στην προσπάθεια βελτίωσης της θρεπτικής αξίας των σπερμάτων της σόγιας με τη χρήση μιας πρωτεΐνης από βραζιλιάνικα καρύδια. Προκλήθηκαν πολλές αλλεργίες από την πρωτεΐνη αυτή και τα άτομα που ήταν αλλεργικά στα βραζιλιάνικα καρύδια απάντησαν με αλλεργική αντίδραση και στα νέα σπέρματα της σόγιας, με αποτέλεσμα να απαγορευτεί η παραγωγή της σόγιας αυτής (Arshad et al., 1991, Nordlee et al., 1996).

4. Ένα άλλο ζήτημα σχετίζεται με το εάν η γενετική τροποποίηση μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς τη θρεπτική αξία του φυτού. Παράδειγμα ο αραβόσιτος ο ανθεκτικός στο ζιζανιοκτόνο glyphosate, με την εμπορική ονομασία Roundup (Sidhu et al., 2000).

Διεξήχθησαν μελέτες με σκοπό να προσδιοριστεί το εάν τα θρεπτικά συστατικά, οι βιταμίνες και τα ιχνοστοιχεία στην τροποποιημένη τροφή βρίσκονται στις ίδιες συγκεντρώσεις με εκείνες των μη τροποποιημένων τροφίμων. Σύμφωνα με το FDA, η γενετική τροποποίηση δεν επηρεάζει τη θρεπτική αξία των ΓΤΤ (Society of Toxicology, 2003).

5. Αν το διαγονιδιακό προϊόν επηρεάζει δυσμενώς τους οργανισμούς μη-στόχους.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται αν το διαγονιδιακό προϊόν έχει παρασιτοκτόνο δράση ή είναι τοξικό για οργανισμούς μη-στόχους, οι οποίοι θα το καταναλώσουν. Ένα παράδειγμα είναι η ενσωμάτωση των γονιδίων Bt σε φυτά με σκοπό την προστασία τους από τα έντομα (U.S.EPA, 1998). Τα φυτά που έχουν τροποποιηθεί με γονίδια Bt για τον έλεγχο των λεπιδοπτέρων-στόχων, είναι τοξικά και για τα λεπιδόπτερα μη-στόχους και για άλλα ωφέλιμα έντομα, εφόσον αυτά τραφούν με τα φυτά αυτά. Έχουν γίνει σοβαρές συζητήσεις για την πιθανή τοξικότητα της τοξίνης Bt που βρίσκεται στη γύρη του αραβοσίτου έναντι της πεταλούδας Monarch, αφού εργαστηριακές μελέτες απέδειξαν ότι

οι κάμπιες που ετρέφοντο με φύλλα στα οποία υπήρχε γύρη από διαγονιδιακά φυτά παρουσίασαν αυξημένη θνησιμότητα (Losey et al., 1999, Gatehouse et al., 2002). Όμως, η γύρη του διαγονιδιακού αραβοσίτου περιέχει μικρότερη ποσότητα τοξίνης Bt από τη χρησιμοποιηθείσα στην παρούσα μελέτη. Επίσης, η γύρη του αραβοσίτου δεν μεταφέρεται πέραν των ορίων της καλλιεργούμενης περιοχής, με αποτέλεσμα να μη μολύνονται από την τοξίνη αυτή μεγάλες εκτάσεις. Επομένως, ο κίνδυνος για τις πεταλούδες θεωρείται μηδαμινός στον αγρό (Society of Toxicology, 2003).

6. Αν στα ΓΤ φυτά η εισαγωγή ενός νέου γονιδίου έχει μεταλλαξιογόνο δράση.

Η μεταλλαξιογόνος δράση μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στην έκφραση άλλων γονιδίων και αλλαγές στο βαθμό έκφρασής τους ή μπορεί να ενεργοποιήσει κατεσταλμένα γονίδια, τα οποία δεν είχαν μέχρι τότε εκφραστεί (Conner and Jacobs, 1999, Kuiper et al., 2001).

7. Αν τα ΓΤΤ έχουν επίδραση στο περιβάλλον.

Για παράδειγμα στην Αγγλία καλλιεργείται η ελαιοκράμβη (Brassica niger), που περιέχει γονίδια ανθεκτικά στα ζιζανιοκτόνα. Με τον τρόπο αυτό καταπολεμούνται στον αγρό τα ζιζάνια, χωρίς να δημιουργείται πρόβλημα στις καλλιέργειες της ελαιοκράμβης. Η ελαιοκράμβη όμως μπορεί να γίνει επικίνδυνη, επειδή μπορεί να διασταυρωθεί με συγγενή είδη, όπως το Brassica campestris, εξαπλώνοντας έτσι την ανθεκτικότητα στα ζιζανιοκτόνα και στα άγρια φυτά. Οικολογικές οργανώσεις εναντιώνονται στην απελευθέρωση της γενετικώς τροποποιημένης ελαιοκράμβης (Society of Toxicology, 2003).

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΓΕΝΕΤΙΚΩΣ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Το 1990, το Διεθνές Συμβούλιο Βιοτεχνολογίας Τροφίμων δημοσίευσε την πρώτη αναφορά για την εκτίμηση της ασφάλειας των νέων ποικιλιών των φυτών. Στη συνέχεια και οι οργανισμοί FAO, WHO και ILSI εξέδωσαν κατευθυντήριες οδηγίες για την εκτίμηση της ασφάλειας των τροφίμων. Οι οργανισμοί αυτοί ασχολήθηκαν αρχικά με τη σύγκριση των ΓΤΤ με τα παραδοσιακά τρόφιμα και κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα νέα τρόφιμα δεν είναι ίδια με τα παραδοσιακά. Οι αλλαγές, όμως, στη σύνθεση των ΓΓΤ τροφίμων φαίνεται ότι είναι μικρές σε σύγκριση με τα παραδοσιακά τρόφιμα (Noteborn et al., 2000, Kuiper et al., 2001). Οι μέχρι σήμερα μελέτες έχουν αποδείξει ότι η ασφάλεια για τους καταναλωτές που καταναλώνουν ΓΤΤ είναι ίδια με εκείνη της παραδοσιακής τροφής και προς το παρόν δεν υπάρχουν αποδείξεις για βλάβες στην υγεία από τα ΓΤ τρόφιμα (Davies, 2001). Οι εμπειρογνώμονες, όμως, στην ασφάλεια των ΓΤΤ υποστηρίζουν ότι ελάχιστα είναι γνωστά για τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις των ΓΤΤ στην υγεία και ότι η αναγνώριση αυτών των επιδράσεων είναι πολύ δύσκολη ή και αδύνατη, λόγω των πολλών παραγόντων που υπεισέρχονται κατά την αξιολόγηση της ασφάλειας. Επομένως, η αναγνώριση των μακροπρόθεσμων επιδράσεων που προέρχονται από τα ΓΤΤ είναι σχεδόν απίθανη, οι δε επιδημιολογικές μελέτες δεν είναι σε θέση να ταυτοποιήσουν τις επιδράσεις αυτές (FAO/WHO, 2000, CDC, 2001).

Κατά τον έλεγχο ενός τροφίμου για να διαπιστωθεί το εάν είναι γενετικώς τροποποιημένο ή το εάν περιέχει γενετικώς τροποποιημένους οργανισμούς διενεργούνται προδοκιμαστικοί έλεγχοι (screening tests). Αν το αποτέλεσμα των ελέγχων αυτών είναι θετικό, τα συστατικά του τροφίμου πρέπει να υποβληθούν σε ποσοτική ανάλυση για να διαπιστωθεί το ποσοστό του γενετικώς τροποποιημένου οργανισμού που περιέχεται στο τρόφιμο. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση των ΓΤΟ είναι οι εξής:

Α) Μέθοδος ανίχνευσης των ειδικών κλασμάτων του DNA, που διενεργείται με τη χρήση PCR και

Β) Μέθοδος ανίχνευσης της νεοεκφρασθείσας πρωτεΐνης, που διενεργείται με ELISA.

Η εκτίμηση της ασφάλειας των τροφίμων αυτών για την υγεία και το περιβάλλον εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του αρχικού οργανισμού, από το μεταφερόμενο γενετικό υλικό, από τον οργανισμό που θα παραχθεί, από το περιβάλλον του αρχικού οργανισμού και από την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους ΓΤΟ και στο περιβάλλον.

Η εκτίμηση της επικινδυνότητας των ΓΓΤ επιτυγχάνεται με πρότυπες τοξικολογικές μεθόδους και με μελέτες σε πειραματόζωα. Με τη χρήση, όμως, των πειραματικών αυτών μοντέλων γίνεται η εκτίμηση της ασφάλειας μεμονωμένων συστατικών της τροφής, όπως της τοξίνης Bt. Η τροφή, όμως, είναι ένα πολύπλοκο μίγμα πολλών χημικών ουσιών και επομένως είναι πολύ δύσκολη η εκτίμηση της ασφάλειάς της (Baynton, 1999, Beever and Kemp, 2000).

Η αξιολόγηση των κινδύνων για το περιβάλλον αποσκοπεί στην αναγνώριση των ανεπιθύμητων ενεργειών που οφείλονται στα ΓΤΤ. Αυτές οι ανεπιθύμητες ενέργειες πιθανόν να είναι άμεσες ή έμμεσες ή να οφείλονται στη μακροπρόθεσμη επίδραση στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Η εκτίμηση των κινδύνων για το περιβάλλον περιλαμβάνει και τη μελέτη των κινδύνων που πιθανόν να προέλθουν από τα νέα ΓΤ προϊόντα, π.χ. τοξικές ή αλλεργιογόνες πρωτεΐνες, καθώς και τη δυνατότητα μεταφοράς στο περι-

βάλλον γονιδίων με ανθεκτικότητα στα αντιβιοτικά.

Η μέχρι σήμερα γνωστή μεθοδολογία δεν μπορεί να ανιχνεύσει τις ελαφρές ή τις σπάνιες ανεπιθύμητες ενέργειες των ΓΤΤ ή μια μέτρια αύξηση κάποιων ανεπιθύμητων ενεργειών, οι οποίες είναι πολύ συνηθισμένες, όπως π.χ. είναι η διάρροια (Maryanski, 1995, Davies, 2001). Για το λόγο αυτό πρέπει να αναπτυχθούν μέθοδοι για την ταυτοποίηση και το χαρακτηρισμό των πιθανώς αλλεργιογόνων πρωτεϊνών, δεδομένου ότι η πρόκληση αλλεργίας είναι ένα κρίσιμο ζήτημα που αφορά στα ΓΤΤ και το οποίο διερευνάται ιδιαίτερα από τους επιστήμονες (Kuiper et al., 2001).

Η αξιολόγηση της ασφάλειας των ΓΤΤ πρέπει να ολοκληρώνεται πριν από την κυκλοφορία των τροφίμων στην αγορά. Επίσης, επιβάλλεται και η παρακολούθηση των προϊόντων αυτών μετά την κυκλοφορία τους στην αγορά και η συλλογή πληροφοριών για τη μακροπρόθεσμη επίδραση των τροφίμων ή των συστατικών τους (FDA, 1992, FAO/WHO, 2000).

Η εκτίμηση της ασφάλειας των ΓΤ φυτών απαιτεί μία προσέγγιση από την πλευρά της μοριακής βιολογίας, της τοξικολογίας, της διαιτολογίας και της γενετικής. Νέες πρωτοποριακές τεχνικές, όπως η τεχνολογία του DNA και η πρωτεωμική, πρέπει να εφαρμοστούν για να επιτευχθεί ο χαρακτηρισμός των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων των βιοδραστικών συστατικών της τροφής σε μοριακό κυτταρικό επίπεδο (Noteborn et al., 2000, U.S. General Accounting Office, 2002).

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Είναι υποχρέωση των τοξικολόγων να αποφανθούν για την ασφάλεια των τροφίμων που προέρχονται από ΓΤ φυτά. Επειδή προς το παρόν δεν έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι για την εκτίμηση της ασφάλειας των τροφίμων αυτών καθεαυτών, παρά μόνο για τα επί μέρους συστατικά τους, κρίνεται αναγκαία η ανάπτυξη μεθόδων για την εκτίμηση της ασφάλειας ολόκληρου του τροφίμου, και όχι των επιμέρους συστατικών του. Επίσης, απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την ανάπτυξη μεθόδων για την ταυτοποίηση και το χαρακτηρισμό των αλλεργιογόνων πρωτεϊνών.

Η εκτίμηση της ασφάλειας πρέπει να επικεντρώνεται σε διάφορα επίπεδα της φυτικής παραγωγής, π.χ. στην τελική σοδειά, σε ιστούς από τη σοδειά ή στα μεμονωμένα συστατικά, τα οποία χρησιμοποιούνται και ως προσθετικά τροφίμων. Επίσης, κρίνεται απαραίτητη η σήμανση των προϊόντων που παράγονται με τις τεχνικές της Γενετικής Μηχανικής. Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης του 1997, τα τρόφιμα που κυκλοφορούν στα κράτη-μέλη πρέπει να φέρουν επισήμανση ότι είναι ΓΤ ή προέρχονται από ΓΤΟ, το ίδιο όμως δεν ισχύει για άλλες χώρες, όπως για την Αμερική και την Ιαπωνία, όπου δεν είναι απαραίτητη η επισήμανση.

Εφόσον οι Υπηρεσίες Τροφίμων κρίνουν ασφαλές ένα ΓΤΤ ή μία ζωοτροφή, εναπόκειται πλέον στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή και στους αντιπροσώπους των κρατών-μελών να αποφασίσουν το εάν θα επιτρέψουν τη χρήση του και υπό ποίους όρους. Εφόσον οι Υπηρεσίες Τροφίμων αποφανθούν αρνητικά για ένα ΓΤΤ ή μια ζωοτροφή, τότε τα προϊόντα αυτά δεν θα μπορούν να πωλούνται στην Ευρώπη και το ίδιο φυσικά ισχύει και για τα εισαγόμενα προϊόντα.

Τέλος, είναι επιτακτική η συνεχής επαγρύπνηση των τοξικολόγων για την εφαρμογή των επιτευγμάτων της επιστήμης, σύμφωνα με τις Αρχές της Ηθικής και της Δεοντολογίας. ❑

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

Arshad, S. H., Malmberg, E., Krapf, K., and Hide, D. W. (1991). Clinical and immunological characteristics of Brazil nut allergy. Clin. Exp. Allergy 21, 373-376.

Astwood, J. D., Leach J. N., and Fuchs, R. L. (1996). Stability of food allergens to digestion in vitro. Nature Biotechnol. 14, 1269-1273.

Baynton, C. (1999). Surveillance and Post Market Monitoring of Potential Health Effects of Novel Foods. Feasability Study. London, UK: Food Standards Agency.

Beever, D.E. and Kemp, C.F. (2000). Safety issues associated with the DNA in animal feed derived from genetically modified crops. A review of the scientific and regulatory procedures. Nutr. Abstr. Rev. Ser. A, 70, 197-204.

CDC (2001). Investigation of human health effects associated with potential exposure to genetically modified corn. A Report to the U.S. Food and Drug Administration from the Centers for Disease Control and Prevention.

CDC (2001a). Development and Use of a Mathod for Detection of IgE Antibodies to Cry9C. June 13, 2001. Atlanta: Centers for Disease Control and Prevention. http://www.cdc.gov/nceh/ehhe/Cry9Creport.

Conner, A. J., and Jacobs, J. M. E. (1999). Genetic engineering of crops as potential source of genetic hazard in the human diet. Mutat. Res. Genet. Tox. Environ. Mutagen. 443, 223-234.

Davies K.G. (2001). What makes genetically modified organisms so distasteful. Trends in Biotechnology, 19, 424-427.

FAO/WHO (2000). Safety aspects of genetically modified foods of plant origin: Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology. Food and Agriculture Organization of the United Nations and World Health Organization. WHO, Geneva, Switzerland.

FAO/WHO (2001). Allergenicity of Genetically Modified Foods. Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods

Derived from Biotechnology. Rome, 22-25 January 2001. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations. http://www.fao.org/es/esn/gm/biotec-e.htm.

FDA (1992). Statement of policy: Foods derived from new plant varieties. Food and Drug Administration. Fed. Reg. 57, 22984-23002.

Flavell, R. B., Dart, E., Fuchs, R. L., and Fraley, R. T. (1992). Selectable marker genes: Safe for plants? Biotechnology (N.Y.) 10, 141-144.

Gatehouse, A. M. R., Ferry, N., and Raemaekers, R. J. M. (2002). The case of the monarch butterfly: A verdict is returned. Trends Genet. 18, 249-251.

Goldsbrough, A. P., Tong, Y., and Yoder, J. I. (1996). Lc as a non-destructive visual reporter and transposition excision marker gene for tomato. Plant J. 9, 927-933.

Kuiper, H. A., Kleter, G. A., Noteburn, H. P. J. M., and Kok, E. J. (2001). Assessment of the food safety issues related to genetically modified foods. Plant J. 27, 503-528.

Losey, J. E., Rayor, L. S., and Carter, M. E. (1999). Transgenic pollen harms monarch larvae. Nature 399, 214.

Lozzia, G. C., Furlanis, C., Manachini, B., and Rigamonti, I. E. (1998). Effects of Bt corn on Rhopalosiphum padi L. (Rhynchota, Aphididae) and on its predator Chrysoperla cornea Stephen (Neuroptera chrysopidae). Boll. Zoo/. Agrar. Bachicolt. 30, 153-164.

Maryanski, J. H. (1995). Food and Drug Administration policy for foods developed by biotechnology. In Genetically Modified Foods: Safety Issues (K.-H. Engel, G. R. Takeoka, and R. Teranishi, Eds.), pp. 12-22. ACS Symposium Series No. 605. American Chemical Society, Washington, DC.

Nordlee, J. A., Taylor, S. L., Townsend, J. A., Thomas, L. A., and Bush, R.K. (1996). Identification of a Brazil-nut allergen in transgenic soybeans. N. Engl. J. Med. 334, 688-692.

Noteborn, H.P.J.M., Lommen, A., Van der Jagt, R.C. and Weseman, J.M. (2000). Chemical fingerprinting for the evaluation of unintended secondary metabolic changes in transgenic food crops. J. Biotechnol. 77, 103-114.

NRC (2000). Genetically Modified Pest-Protected Plants: Science and Regu-lation. Committee on Genetically Modified Pest-Protected Plants, National Academy Press, Washington D.C.

Pilcher, C. D., Obrycki, J. J., Rice, M. E., and Lewis, L. C. (1997). Preimaginal development, survival, field abundance of insect predators on transgenic Bacillus thuringiensis corn. Environ. Entomol. 26, 446-454.

Royal Society of Canada (2001). Report of the Expert Panel on the Future of Food Biotechnology. Royal Society of Canada, Ottawa, Ontario.

Sidhu, R.S., Hammond, B.G., Fuchs, R.L.,Mutz, J-N., Holden, L.R., George, B., and Olson, T. (2000). Glyphosate-tolerant corn: The composition and 1 feeding value of grain from glyphosate-tolerant corn is equivalent to that of conventional corn (Zea mays L.). J. Agric. Food. Chem. 48, 2305-2312.

Society of Toxicology- Position Paper (2003). The safety of genetically modified foods produced through biotechnology. Toxicological Sciences 71, 2-8.

U.S. EPA (1998). Registration Eligibility Decision (RED): Bacillus thuringiensis. Document EPA738-R-98-004. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

U.S. EPA (2001). Bacillus thuringiensis Plant-Incorporated Protectants. Biopesticide Registration Action Document, Oct 15, 2001. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.

U.S. General Accounting Office (2002). Genetically Modified Foods: Experts vj view regimen of safety tests as adequate, but FDA's evaluation process could be enhanced. Document GAO-02-566.

Wang, Y., Lai, W., Chen, J., Mei, S., Fu, Y., Hu, X. and Zhang, W. (2000). Toxicity of anti-herbicide gene (BAR) transgenic rice. Weisheng Yanjiu, 29, 141-142.