

## Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 55, No 2 (2004)



### The applications of biotechnology in animal feeding: A critical overview

P. ZOIOPOULOS (Π. ΖΩΪΟΠΟΥΛΟΣ)

doi: [10.12681/jhvms.15186](https://doi.org/10.12681/jhvms.15186)

#### To cite this article:

ZOIOPOULOS (Π. ΖΩΪΟΠΟΥΛΟΣ) P. (2017). The applications of biotechnology in animal feeding: A critical overview. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 55(2), 156–164. <https://doi.org/10.12681/jhvms.15186>

## Κριτική επισκόπηση των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων

Π. Ζωϊόπουλος

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ.** Στο άρθρο αυτό σχολιάζονται οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας σχετικά με τη βελτίωση της θρεπτικής αξίας ή τη δημιουργία νεοφανών ζωοτροφών, καθώς και την παραγωγή διαφόρων προσθετικών ουσιών των ζωοτροφών. Όσον αφορά στις πρώτες ύλες ζωοτροφών έχει επιχειρηθεί η με βιοτεχνολογικά μέσα αναβάθμιση της ποιότητάς τους, όπως στην περίπτωση της αποδόμησης των λιγνοκυτταρινών ή του εμπλουτισμού τους σε πρωτεΐνη. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στην περίπτωση των βιοπρωτεϊνών, καθώς και στην παραγωγή ζωοτροφών από διαγονιδιακά φυτά, κυρίως ανθεκτικά σε ζιζανιοκτόνα. Επίσης, γίνεται αναφορά στα αμινοξέα ως προϊόντων βιομηχανικής ζύμωσης. Επιπλέον, σχολιάζεται η περίπτωση της βιοτεχνολογικής παραγωγής διαφόρων προσθετικών ουσιών των ζωοτροφών, όπως ένζυμα, αντιβιοτικά, προβιοτικά, καθώς και μέσα που συμπιέζουν τη μεθανιογένεση στους προστομάχους των μηρυκαστικών, αλλά και παράγοντες ενσίρωσης των ζωοτροφών, όπως ενοφθαλμίσματα και ένζυμα. Κατά περίπτωση γίνεται αναφορά στην αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια της χρήσης των προϊόντων της βιοτεχνολογίας στη θρέψη των αγροτικών ζώων. Τέλος, και λόγω της ανάγκης χορήγησης αδείας για την κυκλοφορία των προϊόντων αυτών, γίνεται αναφορά στις διατάξεις της Κοινοτικής νομοθεσίας που διέπουν την εμπορία τους. Το άρθρο καταλήγει σε συμπεράσματα για το μέλλον του τομέα των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων.

**Λέξεις ευρετηρίασης:** Θρέψη των ζώων, βιοτεχνολογία, πρώτες ύλες, προσθετικά, ασφάλεια ζωοτροφών

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στην παραγωγή τροφίμων υπό τη μορφή ζυμώσεων είναι γνωστές από τους αρχαίους χρόνους (οινοποίηση, αρτοποιία, κ.τ.λ.). Όμως, μετά την ανακάλυψη της διπλής έλικας του DNA από τους Watson and Crick (1953) ανεπτύχθη ο κλάδος της γενετικής μηχανικής και παρήχθη μεγάλος όγκος ερευνητικών εργασιών και δημοσιευμάτων που οδήγησε στην παραγωγή

## The applications of biotechnology in animal feeding: A critical overview

Zoiopoulos P.

**ABSTRACT.** An effort is made in this article to present the applications of biotechnology as regards the improvement of nutritive value and the development of novel feeds as well as the production of various types of feed additives. With respect to raw materials, quality upgrading by biotechnological means has been attempted through lignocellulose breakdown or protein enrichment. In addition, reference is made to bioproteins and feeds derived from transgenic plants, particularly those resistant to herbicides. In turn, reference is made to aminoacids as products of industrial fermentation. Furthermore, various feed additives, products of biotechnology, such as enzymes, antibiotics, probiotics, but also means for depression of methanogenesis in the forestomachs of ruminants, as well as silage agents, like inoculants and enzymes, are commented upon. In certain cases, reference is made to the issue of efficacy of biotechnology products when used in animal nutrition and the subject of feed safety. Finally, because of the need for licensing these products in order to be circulated, reference is made to the provisions of Community legislation governing the marketing of feeds. The article concludes with some thoughts on the future of the sector of application of biotechnology in the case of animal nutrition.

**Key words:** animal nutrition, biotechnology, raw materials, additives, feed safety

γή του ανασυνδιασμένου (recombinant) DNA (Villa-Komaroff et al. 1978) και στη συνέχεια στη δημιουργία των διαγονιδιακών (transgenic) φυτών από τον Bevan (1984). Το κοινό, απέναντι στην πληθώρα των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας, θεωρεί καταρχήν ότι ο βασικός τομέας αξιοποίησης των αποτελεσμάτων της επιστήμης αυτής είναι τα τρόφιμα και η διατροφή του ανθρώπου, ενώ στην πραγματικότητα κύριος αποδέκτης των επιτευγμάτων της βιοτε-

Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Σχολή Διαχείρισης Φυσικών Πόρων και Επιχειρήσεων Αγρινίου, Τμήμα Οργάνωσης και Διαχείρισης Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων, Εργαστήριο Ζωικής Παραγωγής

Ημερομηνία υποβολής: 28.01.2004  
Ημερομηνία εγκρίσεως: 21.05.2004

University of Ioannina, School of Management of Natural Resources and Enterprises, Agrinio, Laboratory of Animal Production

Submission date: 28.01.2004  
Approval date: 21.05.2004



χνολογίας είναι οι ζωοτροφές και η διατροφή των ζώων.

Η βιοτεχνολογία παρεμβαίνει με τις εφαρμογές της στη διατροφή των ζώων, τόσο στην παραγωγή νεοφανών (novel) πρώτων υλών όσο και θρεπτικών συστατικών, αλλά και προσθετικών ουσιών των ζωοτροφών. Η εφαρμογή της βιοτεχνολογίας στη ζωική παραγωγή έχει ανασκοπηθεί από το Σμοκοβίτη (1997), μόνο όσον αφορά στην πλευρά του ίδιου του ζώου. Στο παρόν άρθρο παρατίθενται συνοπτικά οι εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων, με έμφαση στα προβλήματα και τις προοπτικές χρησιμοποίησής τους στην πράξη. Επειδή τα προϊόντα της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων εμπíπνουν σε εκείνη την κατηγορία, για την κυκλοφορία των οποίων στην επικράτεια της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε.) απαιτείται άδεια (licensing), θα κάνουμε αναφορά και στις σχετικές διατάξεις της Κοινοτικής νομοθεσίας, δεδομένου ότι το Κοινοτικό Δίκαιο είναι κυρίαρχο επί του Εθνικού Δικαίου των επιμέρους Κρατών-Μελών. Τέλος, για ορισμένους τεχνικούς όρους, σε ένα νεωτερικό αντικείμενο, όπως αυτό της βιοτεχνολογίας, θα παραθέσουμε τη μετάφραση του όρου στην Αγγλική.

## 1. ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ ΖΩΟΤΡΟΦΩΝ

Οι αρχές της βιοτεχνολογίας έχουν βρει ευρεία εφαρμογή στην περίπτωση των πρώτων υλών ζωοτροφών (Σπαιής 1997), αφενός μεν στην ποιοτική τους αναβάθμιση μέσω της αύξησης του περιεχομένου σε ορισμένα θρεπτικά συστατικά ή της βελτίωσης της πεπτικότητάς τους, αφ' ετέρου δε στην παραγωγή νεοφανών πρώτων υλών ζωοτροφών, όπως οι βιοπρωτεΐνες και τα διαγονιδιακά φυτά.

### 1.1 Ποιοτική αναβάθμιση των ζωοτροφών

Επειδή, μεταξύ των κύριων θρεπτικών συστατικών των ζωοτροφών, δηλαδή υδατανθράκων, λιπών και πρωτεϊνών, η πρωτεΐνη είναι το πιο πολύτιμο και δαπανηρό συστατικό, έχει επιχειρηθεί ο εμπλουτισμός σε πρωτεΐνη (protein enrichment) και κατά συνέπεια σε αμινοξέα, ενεργειακών κατά τα άλλα ζωοτροφών με ενοφθαλμισμό και ανάπτυξη στη μάζα τους μικροοργανισμών, κυρίως μυκηλίου μυκήτων, πολλές φορές με τη σύγχρονη προσθήκη μη πρωτεϊνικού αζώτου, όπως η ουρία ως πηγή αζώτου (Singh et al. 1989).

Εκεί όμως που βρίσκει, κατά κύριο λόγο, εφαρμογή η βιοτεχνολογική επεξεργασία των ζωοτροφών είναι η βελτίωση της πεπτικότητάς τους και μάλιστα του πιο δύσκολου κλάσματος για να πεφθεί, εκείνου των συστατικών των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών. Έτσι, η αποδόμηση (degradation, breakdown) των λιγνοκυτταρινών με βιοτεχνολογικά μέσα και συγκεκριμένα η ζύμωση στερεάς κατάστασης (Solid State Fermentation – SSF) σε πολύ ινώδη υλικά, όπως το άχυρο των σιτηρών, κυρίως με τη χρήση μυκήτων, έχει επιχειρηθεί ευρέως (Reed 1989, Zadrazil 1985). Κρίσιμα σημεία στην όλη διαδικασία αποτελούν η επιλογή του κατάλληλου μικροοργανισμού, των συνθηκών υγρασίας, pH, θερμοκρασίας και αερισμού

του ζυμούμενου μέσου, καθώς και το μέγεθος του ενοφθαλμίσματος και η πυκνότητα του υποστρώματος. Οι περιορισμοί που διέπουν τη ζύμωση στερεάς κατάστασης και εμποδίζουν τη διάδοσή της στην πράξη, συνίστανται στην ανάγκη χειρισμού και αποθήκευσης μεγάλων ποσοτήτων στερεών υποστρωμάτων, καθώς και σε δυσκολίες ελέγχου της θερμοκρασίας και υγρασίας στο ζυμωτή, τον αργό ρυθμό ζύμωσης του υλικού και τη μικρή προσθετική αξία του τελικού προϊόντος (Zadrazil et al. 1993). Όσον αφορά στο μέλλον της τεχνικής αυτής, ειδικά σε περιοχές με έλλειψη νομευτικών πόρων, θα πρέπει να τονιστεί ότι στο κόστος των εγκαταστάσεων θα μπορούσαν να αντεπεξέλθουν μόνον οι αναπτυγμένες βιομηχανικά χώρες. Όμως για τις τελευταίες, λόγω της εύκολης διαθεσιμότητας δημητριακών καρπών και πρωτεϊνούχων ζωοτροφών, η ανάγκη μιας τέτοιας τεχνολογίας δεν εμφανίζεται επιτακτική. Υπάρχει, όμως, μαρτυρία ότι η τεχνολογία ζύμωσης στερεάς κατάστασης μπορεί να εφαρμοστεί σε επίπεδο αγροτικής εκμετάλλευσης και να γίνει ευκολότερη και οικονομικώς βιώσιμη (Weinland 1988).

### 1.2 Βιοπρωτεΐνες

Ο όρος βιοπρωτεΐνες (bioproteins) οφείλεται σε μετεξέλιξη, σε Κοινοτικό επίπεδο, του όρου «Πρωτεΐνες Μονοκύτταρων Οργανισμών» (single cell proteins). Η αλλαγή του όρου σε βιοπρωτεΐνες έγινε για να συμπεριλάβει και το μυκήλιο των μυκήτων που είναι πολυκύτταροι οργανισμοί. Οι ζωοτροφές αυτές, που είναι πηγές πρωτεΐνης, παράγονται από την ανάπτυξη μικροοργανισμών σε διάφορα ενεργειακά υποστρώματα. Για την αδειοδότησή τους στην Κοινοτική νομοθεσία (EEC 1982), χρειάζεται η υποβολή φακέλου, όπως στην περίπτωση των προσθετικών ουσιών, συντεταγμένου σύμφωνα με ορισμένες κατευθυντήριες γραμμές (guidelines), ώστε να αποδεικνύεται ότι το προϊόν διαθέτει, αφενός αποτελεσματικότητα (efficacy) και αφετέρου ότι είναι μη τοξικό (non-toxic). Η διαδικασία παραγωγής βιοπρωτεΐνων με τη χρήση υπολειμμάτων γεωργικών βιομηχανιών πλούσιων σε υδατάνθρακες, έχει επιχειρηθεί από τα μέσα της δεκαετίας του '70. Στην Κοινότητα υπήρξε μια δραστηριότητα για την έγκριση βιοπρωτεϊνών το πρώτο μισό της δεκαετίας του '80, με την αξιολόγηση δύο κυρίως προϊόντων. Το πρώτο, καλλιέργεια ζυμών του γένους *Candida* σε n-αλκάνια απεργίφθη, ενώ το δεύτερο, καλλιέργεια του βακτηρίου *Methylophilus methylotrophus* σε μεθανόλη ενεργήθη μετά από μακρές συζητήσεις. Το τελευταίο προϊόν, με την εμπορική ονομασία PRUTEEN της εταιρίας ICI, είχε μια αυξανόμενη χρήση ως συστατικό των σύνθετων ζωοτροφών για παχυνόμενους νεοσσούς, χοιρίδια, μόσχους προ-μηρυκασμού και ιχθυοκαλλιέργειες, αλλά αργότερα η παραγωγή του διεκόπη λόγω της αύξησης της διεθνούς τιμής του μεθανόλου, που ήταν η πηγή για την παραγωγή μεθανόλης, γεγονός που κατέστησε τη διαδικασία παραγωγής του ιδιαίτερα δαπανηρή (Armstrong 1997).

### 1.3 Γενετικώς τροποποιημένες ζωοτροφές

Η γενετική μηχανική είναι μια σχετικά πρόσφατη επι-



στημονική και τεχνολογική εξέλιξη των βιολογικών επισημών με επαναστατικές δυνατότητες για εφαρμογές σε ένα ευρύτατο πεδίο παραγωγικών δραστηριοτήτων, ιδιαίτερα αυτών που σχετίζονται με τη φυτική παραγωγή (Πανόπουλος 1999). Η σημαντικότητα των διαγονιδιακών φυτών για τη διατροφή των ζώων έγκειται στο ότι τα προϊόντα ή υποπροϊόντα των τεσσάρων σπουδαιότερων καλλιεργειών που αφορούν σε Γενετικώς Τροποποιημένα (ΓΤ) φυτά παγκοσμίως προορίζονται για ζωοτροφές. Έτσι, το 85% περίπου του αραβοσίτου προορίζεται για ζωοτροφή, ως χλωρός, ενσιρωμένος, καρπός ή υποπροϊόν (φυτρόπιτα, γλουτένη, στέμφυλα οينوπνευματοποιίας, κλπ), το σύνολο της σόγιας χρησιμοποιείται κατ' αρχήν ως ελαιούχος σπόρος με παράλληλη αξιοποίηση του σογιάλευρου ως υποπροϊόντος για ζωοτροφή, τα 2/3 του βάρους του σύσπορου βαμβακιού προορίζεται για ζωοτροφή είτε ως βαμβακόπιτα (προϊόν εκθλίψεως) είτε ως βαμβακάλευρο (προϊόν εκχυλίσσεως), αλλά πρόσφατα και ως βαμβακόσπορος (λόγω χαμηλής τιμής του βαμβακέλαιου) και τέλος, όλα τα σπέρματα της ελαιοκράμβης προορίζονται – μετά από εκχύλιση – για ζωοτροφή.

Λόγω της σημασίας που έχουν τα ΓΤ φυτά για τη διατροφή των ζώων, θα ανέμενε κανείς να δοθεί προτεραιότητα στην παραγωγή διαγονιδιακών φυτών με αυξημένο περιεχόμενο σε θρεπτικά συστατικά, όπως πρωτεΐνη και αμινοξέα (Altenbach et al. 1992) ή υδατάνθρακες (Sonnwald et al. 1993). Εντούτοις υπήρξε καθυστέρηση προς την κατεύθυνση αυτή, ενώ αντίθετα δόθηκε προτεραιότητα στη βελτίωση ορισμένων αγρονομικών χαρακτηριστικών των ΓΤ φυτών, όπως αντοχή στα έντομα (BT φυτά) ή σε ζιζανιοκτόνα (herbicide resistant).

Η παραγωγή των BT φυτών γίνεται με τη μεταφορά του σχετικού γονιδίου από το θετικό κατά Gram βακτήριο *Bacillus thuringiensis*, που παράγει μια πρωτεΐνη με εντομοπαθογόνο δράση. Όμως, η περιοχή της γενετικής μηχανικής που έχει λάβει μεγάλη έκταση διεθνώς αντιστοιχεί στην παραγωγή ΓΤ φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα (Vasil et al. 1992). Ο διακινούμενος όγκος ζιζανιοκτόνων αφορά πλέον του ημίσεως της αγοράς του συνόλου των φυτοφαρμάκων παγκοσμίως, δεδομένου ότι τα ζιζάνια ανταγωνίζονται τα καλλιεργούμενα φυτά στη χρήση των θρεπτικών συστατικών του εδάφους και του ύδατος. Το τελευταίο θεωρείται ότι θα είναι το πλέον κρίσιμο αγαθό του 21ου αιώνα. Για το λόγο αυτό έχουν εισέλθει στον τομέα οι εταιρίες-κολοσσοί που παράγουν αγροχημικά. Όμως, η δημιουργία των προϊόντων της γενετικής τροποποίησης έχει εγείρει σοβαρές αντιδράσεις, στα πλαίσια της βιοηθικής, τόσο από το κοινό όσο και από μέρους της επιστημονικής κοινότητας, όσον αφορά στην ασφάλειά τους για την υγεία των ζώων και του ανθρώπου που καταναλώνει τα προϊόντα τους (Dekker and Comstock 1992, Mepham 1996, Kappeli and Auberson 1998).

Η φύση του προβλήματος έγκειται στην αξιολόγηση των ΓΤ φυτών η οποία έχει διττή σημασία: (α) *αγρονομική*, που αναφέρεται στην αξιολόγηση των ισχυρισμών της εταιρείας που τα παράγει ως προς την ύπαρξη αποτελε-

σματικότητας, δηλαδή ότι τα φυτά διαθέτουν τις ιδιότητες που τους προσάπτονται, π.χ. ανθεκτικότητα σε ένα ζιζανιοκτόνο και (β) *διαιτητική*, που αναφέρεται στην απουσία ανεπιθύμητων παραγόντων από τα νεοφανή φυτά ή τα προϊόντα τους και προϋποθέτει την αξιολόγηση τυχόν δυσμενών επιπτώσεων από τη χορήγηση ΓΤ φυτών στα ζώα, δηλαδή την εκτίμηση των κινδύνων (risk assessment).

Στην πρώτη περίπτωση, η έρευνα είναι εκτεταμένη, ενώ στη δεύτερη περιορίζεται κυρίως σε αποτελέσματα των ίδιων των εταιριών που τα παράγουν, ενώ η έρευνα από κρατικά ιδρύματα είναι περιορισμένη. Η κριτική συνίσταται τόσο στη δυσμενή επίπτωση των ΓΤΟ στη βιοποικιλότητα των φυτών στη φύση όσο και στη χρήση, κατά τη γενετική τροποποίηση, ανθεκτικού σε αντιβιοτικά γονιδίου δείκτη (antibiotic resistant marker gene), που σχετίζεται με το κρίσιμο θέμα της ανάπτυξης ανθεκτικότητας σε παθογόνα μικρόβια που προσβάλλουν τον άνθρωπο (cross resistance). Ειδικότερα, στη περίπτωση των ΓΤ φυτών ανθεκτικών στα ζιζανιοκτόνα, υπάρχει κίνδυνος να ξεφύγει το υπεύθυνο γονίδιο σε άλλα αυτοφυή φυτά και να έχουμε τη δημιουργία ανθεκτικών ζιζανίων που θα καταπολεμούνται δύσκολα. Αλλά και μέσα στον οργανισμό του ζώου που καταναλώνει ΓΤ φυτά ή προϊόντα τους, κατά τη διάρκεια της πέψης είναι δυνατόν να διασπαστεί με τη δράση ενός ενζύμου της μικροχλωρίδας του πεπτικού, το ανενεργό σύμπλοκο το οποίο προέρχεται από την ένωση του εισαχθέντος παράγοντα ανθεκτικότητας με την δραστική ουσία του ζιζανιοκτόνου και έτσι να απελευθερωθεί εντός του ζώου η δραστική αυτή ουσία με απρόβλεπτες συνέπειες. Το ίδιο θα μπορούσε να συμβεί μετά από κάποια εναλλακτική ενζυματική δράση με τα ζυμωτικά φαινόμενα που συμβαίνουν κατά την ενσίρωση μίας ΓΤ ζωοτροφής.

Η ΕΕ εξετάζει το θέμα των ΓΤΟ σε τέσσερα επίπεδα: (α) απελευθέρωση στο περιβάλλον, (β) σπόρους, (γ) τρόφιμα και (δ) ζωοτροφές (Zoiropoulos 1998a). Ενώ η πρώτη περίπτωση αντιμετωπίστηκε νομοθετικά εκ μέρους της ΕΕ από το 1990, εντούτοις η θεσμική κάλυψη του θέματος των ζωοτροφών έγινε μόλις πρόσφατα (EU 2003a, 2003b). Κεντρικές συνιστώσες της Κοινοτικής νομοθεσίας για τους ΓΤΟ αποτελούν το θέμα της επιμόλυνσης (cross contamination) των συμβατικών με ΓΤ ζωοτροφές, της σήμανσης (labeling), της ιχνηλασιμότητας (traceability) και των κατευθυντήριων γραμμών αξιολόγησης της ασφάλειάς τους (guidelines).

Το θέμα της ασφάλειας των ΓΤ ζωοτροφών έχει ανασκοπηθεί από τους Beever and Kemp (2000). Ο Aumaitre (2001) πιστεύει ότι υπάρχει ερευνητική μαρτυρία που εγγυάται την ασφάλεια των ΓΤ ζωοτροφών, ενώ καταγράφονται και διαφορετικές απόψεις (Pusztai et al. 2000). Γενικώς θεωρείται ότι υπάρχει σπουδή εκ μέρους των εταιριών παραγωγής ΓΤΟ στο θέμα της εκτίμησης των κινδύνων για γρήγορη εξασφάλιση της έγκρισης κυκλοφορίας των προϊόντων τους. Για να το επιτύχουν αυτό, οι εταιρίες επένδυσαν στην έννοια «ουσιώδους ισοδυναμίας» (substantial equivalence), ότι δηλαδή το ΓΤ φυτό είναι ουσιο-



δώς ισοδύναμο με το αντίστοιχο συμβατικό και πρότειναν τρία κριτήρια για να το αποδείξουν. Τα κριτήρια αυτά είναι, (α) χημικά, δηλαδή προβαίνουν σε προσδιορισμό της αλληλουχίας (sequence) των αμινοξέων της ξένης πρωτεΐνης των ΓΤ φυτών και τη συγκρίνουν με εκείνη της πρωτεΐνης γνωστών αλλεργιογόνων, (β) εργαστηριακά (*in vitro*), με την παρακολούθηση της τύχης (αποδόμησης ή μη) του εισαγόμενου παράγοντα μετά από κατεργασία με απομίμηση γαστρικού και εντερικού υγρού και (γ) βιολογικά (*in vivo*), με την εκτέλεση «οξέος διατροφικού πειράματος τοξικότητας» (acute oral toxicity test) με εφαρμογή βραχείων διαδικασιών αξιολόγησης με χρήση επιμύων. Αλλά ενώ τα παραπάνω αποτελούν μία πρώτη προσέγγιση, εντούτοις είναι γνωστή στις βιολογικές επιστήμες η περιορισμένη ισχύς των αξιολογήσεων που βασίζονται σε χημικές αναλύσεις ή εργαστηριακές δοκιμές *in vitro*. Ακόμη και οι διαδικασίες με χρήση επιμύων, πέραν του ότι είναι βραχείες, διέπονται και από περιορισμούς, για να μπορεί κανείς με βεβαιότητα να προεκτείνει αποτελέσματα στην πράξη, από ένα είδος μικρού πειραματόζωου σε ένα είδος αγροτικού ζώου ή τον ίδιο τον άνθρωπο (Zoiopoulos 1998b).

Παρά το γεγονός ότι η βιομηχανία παραγωγής των ΓΤΟ προσέβλεπε στην ισχύ της «ουσιώδους ισοδυναμίας» ως αρχής αξιολόγησης, εντούτοις στο προσώμο πρόσφατου νομοθετήματος της ΕΕ (ΕΥ 2003a) σημειώνεται ότι: «ενώ η ουσιώδης ισοδυναμία είναι βασικό στάδιο της διεργασίας αξιολόγησης της ασφάλειας των ΓΤ τροφίμων, δεν αποτελεί από μόνη της αξιολόγηση της ασφάλειας και προκειμένου να εξασφαλιστεί η σαφήνεια, η διαφάνεια και ένα εναρμονισμένο πλαίσιο για την έγκριση ΓΤ τροφίμων, αυτή η διαδικασία θα πρέπει να εγκαταληφθεί». Με την τρέχουσα Κοινοτική νομοθεσία, δεν μπορεί να εμποδιστεί η εισαγωγή ΓΤ ζωοτροφών, πρέπει όμως αυτές να σημαίνονται ως τέτοιες, ώστε κάποιος, εάν το επιθυμεί, να μην τις επιλέγει.

## 2. ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Στην κατηγορία αυτή εντάσσονται δύο προϊόντα της βιοτεχνολογίας, (α) τα αμινοξέα και (β) οι ολιγοσακχαρίτες, τα οποία προστίθενται στις ζωοτροφές και θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν ως προσθετικά, διαφέρουν, όμως, από τα τελευταία, γιατί και τα δύο έχουν θρεπτική αξία, ώστε ορισμένες χώρες-μέλη της ΕΕ να τα θεωρούν ως πρώτες ύλες ζωοτροφών. Όμως, με πρόσφατο κανονισμό της ΕΕ (ΕΥ 2003c) περιελήφθησαν στις προσθετικές ουσίες για άλλες δράσεις τους πέραν της θρεπτικής και συγκεκριμένα, τα αμινοξέα (αμφολύτες) ως ρυθμιστικοί (buffering) παράγοντες και οι ολιγοσακχαρίτες ως εναλλακτικοί των αντιβιοτικών αυξητικοί παράγοντες.

### 2.1 Αμινοξέα

Τα αμινοξέα είναι οι δομικοί λίθοι όλων των πρωτεϊνών που απαντώνται στη φύση. Διακρίνονται σε απαραίτητα, αυτά που δεν μπορεί να συνθέσει το ζώο και χορηγούνται με το σιτηρέσιο, και μη απαραίτητα. Σχετικές εί-

ναι και οι έννοιες «οριακό αμινοξύ», αυτό δηλαδή που με βάση το νόμο του ελαχίστου επηρεάζει το σχηματισμό μιας πρωτεΐνης στον οργανισμό, και «ιδεώδης πρωτεΐνη», δηλαδή η ποσοτική αναλογία της πρωτεΐνης σε απαραίτητα αμινοξέα, που θα επιτρέψει την αριστοποίηση της παραγωγής του αγροτικού ζώου (Sève and Hess 2000). Για την άρση των προβλημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα της πρωτεΐνης και πηγάζουν από τη σύνθεση του σιτηρεσίου, συνηθίζεται στην πράξη η προσθήκη αμινοξέων στο σιτηρέσιο των μη μηρυκαστικών (χοίρων και πτηνών), αλλά και των μηρυκαστικών την περίοδο προ της λειτουργίας του μηρυκασμού (Buracewska and Buracewski 1997). Τρεις μέθοδοι χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αμινοξέων από τη βιομηχανία, (α) απομόνωση από υδρολύματα πρωτεΐνης, (β) χημική σύνθεση και (γ) τεχνολογία ζύμωσης. Τέσσερα αμινοξέα είναι διαθέσιμα στο εμπόριο. Από αυτά, ένα, η μεθειονίνη παράγεται με χημική σύνθεση, ενώ τρία, L-λυσίνη, L-θρεονίνη και L-τρυπτοφάνη, παράγονται μέσω της βιοτεχνολογίας με ζύμωση φυτικής προέλευσης υποστρωμάτων, όπως μελάσσα σαχαροτεύλων ή υδρολύματα αμύλου αραβοσίτου με τη χρησιμοποίηση εξειδικευμένων μικροοργανισμών (Aida et al. 1986). Τα βιομηχανικής παραγωγής αμινοξέα που παράγονται από τη βιοτεχνολογία είναι ταυτόσημα με αυτά που απαντώνται στα φυτά και τα ζώα και τα οφέλη από τη χρήση τους συνίστανται στο ότι εγγυώνται τον εφοδιασμό του ζώου με το οριακό για κάθε περίπτωση αμινοξύ, αλλά και επιτρέπουν στην πρωτεΐνη του σιτηρεσίου να ρυθμιστεί στο άριστο επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η περίσσεια αμινοξέων στον οργανισμό και η έκκριση αζώτου στα ούρα. Η τελευταία έχει σημασία, όχι μόνο λόγω σπατάλης του αζώτου ως θρεπτικού συστατικού, αλλά και λόγω της προκαλούμενης ρύπανσης μέσω της εκκρίσεως αζώτου στο περιβάλλον σε περιοχές εντατικής κτηνοτροφίας.

Μία άλλη περίπτωση προϊόντων βιοτεχνολογίας αποτελούν τα «προστατευμένα αμινοξέα» (protected aminoacids) και αναφέρεται στη χορήγησή τους στα μηρυκαστικά ζώα μετά την έναρξη λειτουργίας του μηρυκασμού. Η χορήγηση προστατευμένων αμινοξέων κατ' αρχήν κατέστη αναγκαία για την αποφυγή αποδόμησης σωματικής πρωτεΐνης (απαμίνωση αμινοξέων) για παραγωγή ενέργειας, μέσω γλυκονεογένεσης, σε υπεραρραγωγές αγελάδες, όταν στο πρώτο τρίτο της γαλακτοπαραγωγικής περιόδου δεν μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες τους σε ενέργεια από το σιτηρέσιο λόγω μηχανικού κορεσμού. Επιπλέον, με τις σύγχρονες τάσεις στη διατροφή των μηρυκαστικών είναι σημαντική η χορήγηση μη ζυμούμενης στους προστομάχους πρωτεΐνης με τέτοια ισορροπία αμινοξέων, που να συμπληρώνει εκείνη της συντιθέμενης στους προστομάχους μικροβιακής πρωτεΐνης και με τον τρόπο αυτό παρέχει τον επιθυμητό λόγο πρωτεΐνης προς ενέργεια στα απορροφούμενα θρεπτικά συστατικά (Loerch and Oke 1989). Για την αποφυγή αποδόμησης των αμινοξέων λόγω μικροβιακής ζύμωσης στους προστομάχους, η βιομηχανία παρήγαγε προστατευμένα αμινοξέα ή υδροξυανάλογα μετ'



ασβεστίου άλατα της μεθειονίνης και λυσίνης, με ειδική επικάλυψη (coating), ώστε να αποφεύγεται η αποδόμηση στους προστομάχους και να επιτρέπεται η απορρόφηση τους στο λεπτό έντερο και η διάθεσή τους για παραγωγικούς σκοπούς στον οργανισμό του μηρυκαστικού ζώου. Τα προστατευμένα αμινοξέα δίνουν την ευκαιρία στον παραγωγό να αριστοποιήσει την ισορροπία των αμινοξέων στη μη ζυμώμενη στους προστομάχους πρωτεΐνη, γεγονός που του δίνει το πλεονέκτημα να μειώσει την ποσότητα της μη ζυμώμενης πρωτεΐνης που απαιτείται για την επίτευξη του επιδιωκόμενου επιπέδου παραγωγής.

## 2.2 Ολιγοσακχαρίτες

Οι ολιγοσακχαρίτες αποτελούν μία εναλλακτική προσέγγιση στη χρήση μικροοργανισμών (προβιοτικών) και αντιβιοτικών για το χειρισμό της εντερικής χλωρίδας και το μεταβολισμό των ζώων. Οι ολιγοσακχαρίτες αυτοί θεωρούνται ως «διαλυτές ίνες» (soluble fibre). Έχουν ως ιδιότητα την αντοχή στην προσβολή από ένζυμα του πεπτικού συστήματος των μονογαστρικών ζώων και κατ' αυτόν τον τρόπο δε μεταβολίζονται από το ζώο. Για το λόγο αυτό φτάνουν στο παχύ έντερο και συγκεντρωμένα στο κόλον, όπου αλληλεπιδρούν με τη μικροχλωρίδα, δρώντας ως εξειδικευμένα υποστρώματα ανάπτυξης, καθώς και με τους υποδοχείς υδατανθράκων της επιφάνειας των μικροβιακών ή επιθηλιακών κυττάρων και με τον τρόπο αυτό επηρεάζουν τη συμπεριφορά των κυττάρων. Έχει βρεθεί ότι ολιγοσακχαρίτες, χορηγούμενοι σε μικρές ποσότητες (έως 1% του σιτηρεσίου), έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της αύξησης του ζώντος βάρους, της κατανάλωσης της τροφής, αλλά και της υγιεινής κατάστασης του ζώου. Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι οι επιπτώσεις αυτές παρουσιάζουν κάποια κύμανση ανάλογα με τον τύπο του ολιγοσακχαρίτη, το είδος και την κατηγορία του ζώου και τις συνθήκες εκτροφής. Οι ολιγοσακχαρίτες μπορεί να παραχθούν με (α) εκχύλιση από πηγές φυτικής προέλευσης, (β) ελεγχόμενη ενζυμική υδρόλυση των πολυσακχαριτών και (γ) ενζυμική σύνθεση. Η χρήση ολιγοσακχαριτών έχει μελετηθεί διεθνώς, αλλά και πρόσφατα στη χώρα μας (Μουντζούρης και συν. 2003).

## 3. ΠΡΟΣΘΕΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

Οι πρόσθετες ύλες ζωοτροφών είναι ουσίες οι οποίες προστίθενται στις ζωοτροφές για να βελτιώσουν τα διατηρητικά τους χαρακτηριστικά ή την ποσότητα και ποιότητα των παραγόμενων κτηνοτροφικών προϊόντων. Στην Κοινοτική νομοθεσία τα προσθετικά καλύπτονται από τη βασική Οδηγία 70/524, η οποία είναι η πρώτη Κοινοτική Οδηγία που εκδόθηκε στον τομέα της διατροφής των ζώων, με πληθώρα τροποποιήσεων έκτοτε. Η οδηγία αυτή περιλαμβάνει πολλές κατηγορίες προσθετικών και η κάθε κατηγορία πολλούς επιμέρους τύπους. Στο παρόν άρθρο θα περιοριστούμε στα προσθετικά εκείνα που αποτελούν προϊόν της βιοτεχνολογίας και συγκεκριμένα, (α) αναστολείς της μεθανιογένεσης, (β) παράγοντες ενσίρωσης, (γ) ένζυμα, (δ) μικροοργανισμοί (προβιοτικά) και (ε) αντιμικροβιακά βελτιωτικά της θρέψης (αντιβιοτικά).

### 3.1 Αναστολείς μεθανιογένεσης

Η παραγωγή μεθανίου ( $\text{CH}_4$ ) από τα μηρυκαστικά είναι υπεύθυνη για το 95% περίπου της παγκόσμιας εκπομπής μεθανίου από τα ζώα και τον άνθρωπο και κατά συνέπεια υπεύθυνη για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας (Williams and Kelly 1994). Το 90% της ποσότητας, που αφορά σε εκπομπή από τα μηρυκαστικά, προέρχεται από τους προστομάχους, ενώ το 10% από ζυμώσεις στο παχύ έντερο (Johnson et al. 1991). Με τη χρήση αναστολέων της μεθανιογένεσης εμποδίζεται στους προστομάχους η παραγωγή μεθανίου από τα μεθανιοπαραγωγά βακτήρια. Με τον τρόπο αυτό, το πλεονάζον  $\text{H}_2$  χρησιμοποιείται για την παραγωγή προπιονικού οξέος από το γαλακτικό και βουτυρικού οξέος από το οξικό, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγής προπιονικού και βουτυρικού οξέος εις βάρος του οξικού. Έτσι, μειώνονται οι απώλειες σε ενέργεια υπό μορφή ενός καυσίμου αερίου, όπως είναι το μεθάνιο, και αυξάνεται η μεταβολιστέα ενέργεια του σιτηρεσίου, ενώ παράλληλα βελτιώνεται και η απόδοση της μεταβολιστέας ενέργειας σε καθαρή, γιατί το προπιονικό οξύ αποδίδει στο διάμεσο μεταβολισμό περισσότερη ποσότητα ATP απ' ότι το οξικό (Ζέρβας και συν. 2000).

Η μείωση της παραγωγής μεθανίου έχει επιχειρηθεί με την προσθήκη στο σιτηρέσιο διαφόρων μέσων: χημικών ουσιών, όπως αλογονομεθάνιο ή λιπαρά οξέα μακράς αλύσεως, καθώς και βιοτεχνολογικών, όπως η χρήση προσθετικών ουσιών μικροβιακής προέλευσης (αντιβιοτικά) ή χειρισμών, όπως η αποπανάδωση (defaunation) και η αναγωγική οξικογένεση (reductive acetogenesis) στη μεγάλη κοιλία (Van Nevel and Demeyer 1995).

Οι επιπτώσεις των αντιβιοτικών στο θέμα αυτό δεν είναι συστηματικές, αφού στον πειραματισμό έχει παρατηρηθεί μείωση ή αύξηση, αλλά και καμία επίδραση επί της παραγωγής μεθανίου στους προστομάχους των μηρυκαστικών. Αρχετές μέθοδοι έχουν δημοσιευτεί αλλά καμία δεν είναι ανατίρητα αποτελεσματική, γιατί οι παρεμποδιστές της μεθανιογένεσης προξενούν συχνά αλληλεπιδράσεις στον οργανισμό του ζώου που σε ορισμένες περιπτώσεις εμποδίζουν τις παραγωγικές του επιδόσεις, όπως παρεμπόδιση της πεπτικότητας των ινωδών ουσιών του σιτηρεσίου. Ο ιδεώδης αναστολέας μεθανιογένεσης πρέπει να είναι εξειδικευμένος στη δράση του, μη τοξικός για το ζώο στη δόση του και απόλυτα ασφαλής, όσον αφορά στα υπολείμματά του στους εδωδιμους ιστούς και το γάλα. Οι βιοτεχνολογικές παρεμβάσεις στον τομέα αυτό, αν και σε μερικές περιπτώσεις είναι πολλά υποσχόμενες, δεν είναι εφαρμόσιμες σε ευρεία κλίμακα στην πράξη και ως εκ τούτου όχι απόλυτα πειστικές.

### 3.2 Βελτιωτικά ενσίρωσης

Προϊόντα της βιοτεχνολογίας χρησιμοποιούνται ως προσθετικές ύλες στην ενσίρωση για δύο λόγους: (α) ως ενοφθαλμίσματα (inoculants) για να ενισχύσουν τη γαλακτική ζύμωση, και (β) ως ένζυμα, δηλ. προϊόντα μεταβολισμού μικροοργανισμών που αποσκοπούν στην απελευθέρωση ενέργειας από τους πολυσακχαρίτες (αποθησαυρι-



στικούς και δομικούς) δυσκόλως ζυμούνται φυτών. Τα βελτιωτικά της ενσίρωσης μέχρι πρόσφατα δεν καλύπτονταν από τη νομοθεσία της ΕΕ για τα προσθετικά των ζωοτροφών και αντιμετωπίζονταν με την ονομασία «μέσα ή παράγοντες ενσίρωσης» (silage agents). Όμως πολύ πρόσφατα, η ΕΕ τα ενέταξε ως προσθετικά ενσίρωσης στην Οδηγία 70/524 για τα προσθετικά των ζωοτροφών, με μία μεταβατική περίοδο έγκρισης (ΕΥ 2003c) λόγω της πληθώρας χημικών, μικροβιακών και ενζυμικών παρασκευασμάτων που κυκλοφορούσαν στην αγορά (Spoelstra 1991, Kung 1992, Wilkinson and Stark 1992). Το μέλλον των προσθετικών της ενσίρωσης σχετίζεται με την καλύτερη κατανόηση της βιοχημείας και μικροβιολογίας των ζυμωτικών φαινομένων της ενσίρωσης. Τα χημικά προσθετικά της ενσίρωσης (οξέα και άλατά τους) χρησιμοποιούνται ευρέως σε υγρά κλίματα. Όμως, τα μικροβιακά ενοφθαλμίσματα κερδίζουν έδαφος, γιατί εξασφαλίζουν γρήγορη και αποτελεσματική ζύμωση. Θα πρέπει όμως η βιομηχανία να τους προσδώσει και ιδιότητες που θα παρεμποδίσουν την ανάπτυξη κλωστριδίων για την αποφυγή ανεπιθύμητης βουτυρικής ζύμωσης. Τέλος, υπάρχει μία κατηγορία βελτιωτικών της ενσίρωσης και συγκεκριμένα, τα ένζυμα που αποδομούν την ενέργεια δομικών υδατανθράκων των κυτταρικών τοιχωμάτων κατά την ενσίρωση. Τα τελευταία θεωρούνται πολλά υποσχόμενα, αλλά χρειάζεται περισσότερη έρευνα για να αξιοποιηθεί το δυναμικό τους στη γεωργική πράξη.

### 3.3 Ένζυμα

Τα ένζυμα δύνανται να βελτιώσουν την πεπτικότητα των θρεπτικών συστατικών του σιτηρεσίου των ζώων (Ασπιώτης 1968) και με τον τρόπο αυτό συντελούν στην αύξηση της απορρόφησης των θρεπτικών αυτών συστατικών από τον πεπτικό σωλήνα του ζώου, γεγονός που έχει διττή σημασία, (α) κάνει διαθέσιμες μεγαλύτερες ποσότητες θρεπτικών συστατικών για παραγωγικούς σκοπούς, και (β) έχει περιβαλλοντικώς ευνοϊκή επίπτωση με τον περιορισμό της αποβολής, μέσω των εκκρίματων του ζώου (κόπρου, ούρων), συστατικών του άπεπτου μέρους της τροφής, κυρίως αζώτου και φωσφόρου, τα οποία ρυπαίνουν το περιβάλλον (Marquardt and Bedford 2001, Sheppy 2001). Αν και ήταν γνωστή από πολλά χρόνια η θετική επίδραση της χρήσης των ενζύμων στη διατροφή των ζώων, μόνο τελευταία χρησιμοποιήθηκαν εκτεταμένα σε εμπορική κλίμακα λόγω (α) μείωσης της τιμής τους, και (β) βελτίωσης της αντοχής τους σε υψηλές θερμοκρασίες. Έτσι σήμερα, «σταθεροποιημένα» (stabilised) ένζυμα μπορούν να προστεθούν στις σύνθετες ζωοτροφές πριν το στάδιο της σύμπτυξης, χωρίς ουσιαστική μείωση της δραστητικότητάς τους.

Η χρήση των ενζύμων έχει μελετηθεί ιδιαίτερα στα μη ρυπαρικά ζώα (χοίροι, πτηνά) για δύο λόγους (α) ως παραγόντων αύξησης της διαθέσιμης ενέργειας από τους δημητριακούς καρπούς, όπως η κριθή, που αποτελούν τον κύριο όγκο στο σιτηρέσιο αυτών των ειδών αγροτικών ζώων, αλλά και (β) ως μία δυνατότητα μείωσης της περιβαλλοντικής ρύπανσης. Όσον αφορά στην πρώτη περίπτωση,

η προσθήκη στην τροφή κυτταρινολυτικών ενζύμων φαίνεται ότι έχει θετική επίδραση στην αύξηση της ενέργειας που απελευθερώνεται κατά τη διαδικασία της πέψης. Επίσης, στην περίπτωση των νεαρών ζώων, όπου η παραγωγή ενδογενών ενζύμων είναι ανεπαρκής, αλλά και σε περιόδους stress, η προσθήκη ενζύμων πέραν των κυτταρινολυτικών, όπως είναι οι αμυλάσες και οι πρωτεάσες, μπορεί να αποδειχθεί συμφέρουσα. Ιδιαίτερα για μη αμυλώδεις πολυσακχαρίτες (Non Starch Polysaccharides-NSP), όπως οι β-γλυκάνες και πεντοζάνες που μειώνουν τη θρεπτική αξία πολλών σιτηρών, τα προβλήματα διαθεσιμότητας της ενέργειας μπορούν να αντιμετωπιστούν επιτυχώς με τη χρήση ειδικών ενζύμων, όπως π.χ. β-γλυκανάση, β-ξυλανάση ή μίγματα αυτών που προσφέρονται στο εμπόριο (Adams 2001).

Επίσης, υπάρχει μεγάλο ενδιαφέρον για τη συμπλήρωση του σιτηρεσίου των μη-μηρυκαστικών ζώων με το ένζυμο φυτάση, ιδιαίτερα σε χώρες με περιορισμένη έκταση όπου η κτηνοτροφία ασκείται σε εντατική μορφή. Ο λόγος είναι ότι ο φώσφορος σε φυτικής προέλευσης ζωοτροφές είναι κατά το πλείστον ενωμένος με φυτίνες, υπό μορφή άλατος του φυτικού οξέος, σύμπλοκο το οποίο δε διασπάται από τα ένζυμα του πεπτικού συστήματος των μονογαστρικών και αποβάλλεται στην κόπρη, συντείνοντας στη ρύπανση του περιβάλλοντος. Το πρόβλημα περιορίζεται με την προσθήκη φυτάσης στο σιτηρέσιο (Armstrong 1997). Όσον αφορά στο μέλλον των ενζύμων στη διατροφή των ζώων, αυτό εξαρτάται από την: (α) χρήση μικροοργανισμών με δυνατότητα υψηλής παραγωγής και χαμηλού κόστους ενζύμων, (β) καλύτερη κατανόηση του τρόπου δράσης των ενζύμων και (γ) ανάπτυξη εφαρμογών σε ζωοτροφές πέραν των δημητριακών και για ζώα εκτός των χοίρων και πτηνών. Η επόμενη γενεά ενζύμων θα έχει στόχο την αποδόμηση αντιθρεπτικών παραγόντων των ζωοτροφών, όπως παρεμποδιστές τρυψίνης, φαινόλες, λεκτίνες, κλπ. Η περιοχή της βιοτεχνολογίας που σχετίζεται με την παραγωγή ενζύμων ζωοτροφών είναι πολλά υποσχόμενη.

### 3.4 Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί ως προσθετικές ύλες των ζωοτροφών είναι γνωστοί με την ονομασία «προβιοτικά». Από καιρού υπάρχει μία συζήτηση για το ποιο θα πρέπει να είναι το όνομα αυτής της κατηγορίας των προσθετικών, καθώς και ποιος θα πρέπει να είναι ο ορισμός του πεδίου εφαρμογής, δηλαδή τι πρέπει να περιλαμβάνει αυτή η κατηγορία. Το δεδομένο είναι ότι στην Κοινοτική νομοθεσία η κατηγορία αυτή των προσθετικών ονομάζεται «μικροοργανισμοί» και αφορά σε ζώντα κύτταρα μικροοργανισμών, ενώ οι βιοπρωτεΐνες αποτελούνται από νεκρά κύτταρα μικροοργανισμών. Τα προβιοτικά βελτιώνουν το συντελεστή εκμετάλλευσης της τροφής και το ρυθμό ανάπτυξης των παχυνόμενων ζώων, ανταγωνιζόμενα βλαπτικά βακτήρια του εντέρου. Όμως η εκλογή του κατάλληλου προβιοτικού εξαρτάται από την ικανότητα των μικροοργανισμών που περιέχει να επιβιώσουν στο εντερικό περιβάλλον του ζώου, έτσι το ίδιο προβιοτικό δε δίνει πάντα



όμοια αποτελέσματα (Marchard and Vandenplas 2000, Roberfroid 2000, Tomasik and Tomasik 2003). Τελευταία, η χρησιμοποίησή τους είναι πολύ επίκαιρη ως εναλλακτική δυνατότητα στη χρήση αντιμικροβιακών παραγόντων στις ζωοτροφές. Πέραν της ευνοϊκής επίδρασης στην εκμετάλλευση του σιτηρεσίου, τους αποδίδονται οφέλη σχετικά με αυξημένη επιβίωση νεογεννήτων, μείωση ή αποφυγή διάρροιας και αυξημένη ανταπόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος. Η αντίδραση στη χρήση μικροοργανισμών είναι περισσότερο εμφανής όταν τα ζώα βρίσκονται σε stress και η μικροχλωρίδα του εντέρου έχει διαταραχθεί. Ο τρόπος δράσης τους παραμένει ασαφής. Οι κυριότερες θεωρίες που προτείνονται αφορούν στον (α) ανταγωνισμό για θρεπτικά συστατικά, (β) ανταγωνισμό για προσκόλληση σε ειδικούς υποδοχείς στο πεπτικό επιθήλιο και (γ) στη δραστηριοποίηση του ανοσοποιητικού συστήματος. Η ανάπτυξη σταθερής μικροχλωρίδας στο πεπτικό σύστημα θεωρείται απαραίτητη για την εξασφάλιση της υγείας και παραγωγικότητας και είναι γενικά παραδεκτό ότι τα προβιοτικά επηρεάζουν το ζώο μέσω της δράσης τους στη μικροχλωρίδα. Στο μέλλον θα χρειαστεί πειραματισμός για να αποσαφηνιστεί το θέμα του τρόπου δράσης των προβιοτικών και οι επιπτώσεις τους σε διάφορα είδη, ηλικίες και φυσιολογικές καταστάσεις αγροτικών ζώων. Η μελέτη, όμως, θα πρέπει να διεξαχθεί στο στάβλο, σε βιομηχανική κλίμακα, κάτω από τις συνθήκες που ασκείται η κτηνοτροφία και υποχρεούνται τα ζώα να παράγουν και όχι κάτω από ελεγχόμενες εργαστηριακές συνθήκες (Guillot 2001).

### 3.5 Αντιμικροβιακά βελτιωτικά της θρέψης

Αφήσαμε τελευταία την κατηγορία αυτή των προϊόντων βιοτεχνολογίας, γιατί η κυκλοφορία τους στην αγορά κατέστη τελευταία προβληματική σε διεθνές επίπεδο, ενώ στην Κοινοτική επικράτεια έχει ημερομηνία λήξης. Εδώ ανήκουν τα μη-ιοντοφόρα αντιβιοτικά. Σε γενικές γραμμές η ποσότητα των αντιβιοτικών που χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία σε καθημερινή βάση στο σιτηρέσιο των ζώων για διαιτητικούς σκοπούς ως αυξητικοί παράγοντες, συναγωνίζεται εκείνη που αντιστοιχεί στο άθροισμα των ποσοτήτων αντιβιοτικών που χρησιμοποιούνται στον άνθρωπο και τα ζώα για προληπτικούς ή θεραπευτικούς σκοπούς. Αυτό, γιατί έχει δείχθει ερευνητικά ότι τα αντιβιοτικά ενσωματούμενα στα σιτηρέσια μόσχων (ηλικίας μέχρι 6 μηνών), χοίρων και ορνιθίων σε μικρά ποσά, αναστέλλουν τον πολλαπλασιασμό ορισμένων βακτηρίων του εντέρου και βελτιώνουν το Συντελεστή Εκμετάλλευσης του σιτηρεσίου κατά 5% περίπου, και εμμέσως το ρυθμό ανάπτυξης των ζώων μέχρι 10-12%. Είναι δε τόσο περισσότερο αποτελεσματικά όσο πιο νοσηρό είναι το περιβάλλον της εκτροφής (Damron et al. 1991, Bergero et al. 1993, MAFF 1997a, Ζέρβας και συν. 2000). Το πρόβλημα προέκυψε από την αντίθετη άποψη και επιχειρηματολογία του κοινού και μερίδας της επιστημονικής κοινότητας (MAFF 1997b, Hedegaard 2001), ότι από τη συνεχή χρήση αντιβιοτικών για διατροφικούς σκοπούς στα ζώα αναπτύσσεται ανθεκτικότητα σε στελέχη παθογόνων

μικροοργανισμών (Goransson 1997), οι οποίοι δύσκολα μπορούν να αντιμετωπιστούν στη συνέχεια στον άνθρωπο (cross resistance).

Το πρόβλημα για τις χώρες-μέλη της ΕΕ πήρε απρόσμενα μεγάλες διαστάσεις, όταν, μετά την είσοδο της Σουηδίας στην Κοινότητα, δόθηκε το δικαίωμα στη χώρα αυτή, μέσω μίας παρέκκλισης (derogation) της νομοθεσίας, να συνεχίσει την απαγόρευση χρήσης αντιβιοτικών για διατροφικούς σκοπούς που ίσχυε στην επικράτειά της, μέχρι το 1998, οπότε και θα έπρεπε να εναρμονιστεί με το ισχύον Κοινοτικό Δίκαιο (Anon., 1997). Όμως, κάτω από την πίεση του κοινού, λόγω του σκανδάλου της νόσου των τρελών αγελάδων (Forbs 1996), η ΕΕ προέβη από το 1997 στην απαγόρευση της χρήσης πέντε εγκεκριμένων αντιβιοτικών ως αυξητικών παραγόντων, αρχικά της αβοπακίνης και στη συνέχεια της βιγινιαμυκίνης, τυλοζίνης, Ζη-βασιτρασίνης και σπειραμυκίνης, ενώ υπάρχει γραπτή δέσμευση για την κατάργηση και των υπόλοιπων τεσσάρων αντιβιοτικών της ομάδας αυτής μέχρι τις 31.12.2005. Ήδη μελετώνται διάφορες διατροφικές στρατηγικές για την εντατική κτηνοτροφία, χωρίς τη χρήση στην τροφή αντιβιοτικών ως αυξητικών παραγόντων, που περιλαμβάνουν την αναβάθμιση της διαχείρισης και υγιεινής των χώρων εκτροφής, τη χρήση στη διατροφή των ζώων φυτικών εκχυλισμάτων, οργανικών οξέων, προβιοτικών, κλπ (Mateos et al. 2001).

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο τομέας των εφαρμογών της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων παρουσιάζει μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον διεθνώς, αφού διακινεί μεγάλο όγκο πρώτων υλών και σκευασμάτων και εμπλέκονται σημαντικά χρηματικά ποσά. Πέραν των παραπάνω που χορηγούνται με την τροφή, υπάρχουν και άλλα προϊόντα βιοτεχνολογίας που έχουν σχέση με τη θρέψη του ζώου εμμέσως, όπως η αυξητική ορμόνη (σωματοτροπίνη) που χρησιμοποιείται ενέσιμα για τη βελτίωση του Συντελεστή Εκμετάλλευσης του σιτηρεσίου μέσω της αύξησης της παραγωγής του ζώου (Ρογδάκης 1992). Η χρήση της έχει απαγορευτεί στην κτηνοτροφία της ΕΕ, ενώ επιτρέπεται στις ΗΠΑ όπου όμως υπάρχουν αντιδράσεις από το κοινό (De Puis 2000). Η βιοτεχνολογία θεωρείται ότι θα είναι η κορυφαία επιστήμη του 21ου αιώνα και αναμένεται ότι τα ευρήματά της θα τύχουν ευρείας εφαρμογής στη γεωργική πράξη, συμπεριλαμβανομένης της ζωικής παραγωγής. Όμως το θέμα της χορήγησης προϊόντων βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων εμφανίζεται να είναι ιδιαίτερα σύνθετο. Το πρόβλημα είναι κατ' αρχήν βιολογικό, γιατί έχει να κάνει με ζώα, τεχνικό, γιατί εμπλέκεται η τεχνολογία των μεθόδων παραγωγής και χορήγησης των προϊόντων αυτών και οικονομικό, όπως κάθε γεωργική δραστηριότητα. Είναι, όμως, επιπλέον και κοινωνικό, επειδή ο άνθρωπος παράγει ως καταναλωτής, εκτροφέας και επιστήμων είναι στο κέντρο των διαδικασιών αυτών, αλλά και νομικό μιάς και καλύπτεται από την Κοινοτική νομοθεσία της οποίας ορισμένες διατάξεις πολλές φορές επιδέχονται πε-



ρισσότερες της μίας ερμηνείες και ηθικό υπό την έννοια της βιοηθικής, ή καλύτερα, της δεοντολογίας. Τέλος, είναι πολιτικό, επειδή εμπλέκονται μεγάλα συμφέροντα παραγωγικών ομάδων σε Εθνικό, Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο επίπεδο. Υπάρχουν, όμως, μεγάλες αντιδράσεις από το κοινό για την κυκλοφορία των προϊόντων αυτών. Μάλιστα, μετά τις πρόσφατες κρίσεις στη διατροφική αλυσίδα και συγκεκριμένα το σκάνδαλο BSE στη Βρετανία, το επεισόδιο των διοξινών στο Βέλγιο και τη διχογνωμία για την ασφάλεια των ΓΤ ζωοτροφών παγκοσμίως, κινητοποιήθηκε το κοινό, που με τη σειρά του πίεσε τις κυβερνήσεις, γεγονός που αναθάρησε το ρόλο του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου – πιο ευαίσθητου Οργάνου στα ερεθίσματα του κοινού απ' ό,τι η τεχνοκρατικής φύσεως Επιτροπή στο νομοθετικό έργο της ΕΕ (έκδοση συναποφάσεων). Η ασφάλεια των τροφίμων ήλθε στο προσκήνιο και εκδόθηκε ένα θεμελιώδες νομοθέτημα γνωστό ως «Νόμος για την Ασφάλεια των Τροφίμων» (Food Safety Law) που εισάγει

τη διαφάνεια, θέτει το θέμα της ασφάλειας των ζωοτροφών στο ίδιο επίπεδο με εκείνο των τροφίμων και υπογραμμίζει την ανάγκη εφαρμογής των αρχών της ιχνηλασιμότητας και της εκτίμησης των κινδύνων (ΕΥ 2002). Κανείς δεν μπορεί να προβλέψει εύκολα την τύχη των προϊόντων της βιοτεχνολογίας στην αγορά. Όπως κανείς δεν μπορούσε να προβλέψει την απαγόρευση της χρήσης των αντιβιοτικών στη διατροφή των ζώων. Τα ΓΤ φυτά, κυρίως ζωοτροφές, θεωρούνται το μεγαλύτερο επίτευγμα της σύγχρονης επιστήμης της εφαρμοσμένης βιολογίας. Όμως, με την υποχρεωτική σήμανση των ΓΤ τροφίμων και ζωοτροφών που επέβαλε πρόσφατα η Κοινότητα, η κυκλοφορία τους στην επικράτεια της ΕΕ γίνεται εξαιρετικά δύσκολη. Το μέλλον των προϊόντων της βιοτεχνολογίας στη διατροφή των ζώων θα εξαρτηθεί από την ισορροπία των δυνάμεων της παραγωγής και της κοινωνίας σε μία δεδομένη χρονική στιγμή. □

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- Adams CA (2001) Interactions of feed enzymes and antibiotic growth promoters in broiler performance. *Cah Options Mediterr*, 54:71-74
- Aida K, Chibata I, Nakayama K, Takinami K and Yanada H (1986) *Biotechnology of Aminoacid Production*, Elsevier, Amsterdam, The Netherlands
- Altenbach SB, Kuo CC, Staraci LC, Pearson KW, Weinwright C, Georgesku A and Townsend J (1992) Accumulation of a Brazil nut albumin in seeds of transgenic canola results in enhanced levels of seed protein methionine. *Plant Mol Biol*, 18:235-245
- Armstrong DG (1997) Objectives of the feed manufacturers conference from a scientific point of view. *Cah Options Mediterr*, 26:15-22
- Aspiotis N (1968) *Biochemistry*. Thessaloniki
- Aumaitre A (2001) Feeds derived through modern biotechnology: Principle, safety and substantial equivalence. *Cah Options Mediterr*, 54:129-139
- Beever DE and Kemp CF (2000) Safety issues associated with the DNA in animal feed derived from genetically modified crops: A review of scientific and regulatory procedures. *Nutr Abst Rev*, 70:175-182
- Bergero D, Romboli I, Sacchi P, Turi RM and Ladetto G (1993) The use of Virginiamycin and Flavomycin in diets for Muscovy ducklings. *Arch Gefluegelk*, 57:131-135
- Bevan M (1984) Binary Agrobacterium vectors for plant transformation. *Nucleic Acids Res*, 12:8711-8721
- Boulter D (1993) Insect pest control by copying nature using genetically engineered crops. *Phytochemistry*, 34:1453-1466
- Buracewska L and Buracewski S (1997) Nutritional effects in pigs fed diets supplemented with aminoacids. In: Laplace JP, Fevrier C and Barbeau A (eds). *Digestive Physiology in Pigs*. EAAP Publication no 88, INRA, Paris, 387-390
- Chesson A (1993) Probiotics and other intestinal mediators. In: Cole DJA, Wiseman J and Varley MA (eds). *Principles of Pig Science*. Nottingham University Press, 197-214
- Damron BL, Wilson HR and Fell RV (1991) Growth and performance of broiler breeders fed bacitracin methylene disalicylate and zinc bacitracin. *Poultry Sci*, 70:1487-1492
- Dekker J and Comstock G (1992) Ethical and environmental considerations in the release of herbicide resistant crops. *Agric Human Values*, 9:31-43
- Du Puis E (2000) Not in by body: rBGH and the rise of organic milk. *Agric Human Values*, 17:285-295
- EEC (1970) Council Directive 70/524 for additives used in animal nutrition. *Offic J Eur Comm*, L 270, 14.12.70, 1-24
- EEC (1982) Council Directive 82/471 for certain products used in animal nutrition. *Offic J Eur Comm*, L 213, 21.07.82, 1-12
- EU (2002) Regulation No 178/2002 of the European Parliament and Council establishing the food safety law. *Offic J Eur Union*, L 31, 01.02.02, 1-24
- EU (2003a) Regulation No 1829/2003 of the European Parliament and Council for genetically modified foods and feeds. *Offic J Eur Union*, L 268, 18.10.03, 1-23
- EU (2003b) Regulation No 1830/2003 of the European Parliament and Council for labeling and traceability of genetically modified foods and feeds. *Offic J Eur Union*, L 268, 18.10.03, 24-28
- EU (2003c) Regulation No 1831/2003 of the European Parliament and Council for additives used in animal nutrition. *Offic J Eur Union*, L 268, 18.10.03, 29-43
- Forbs B (1996) *BSE The Facts: Mad Cow Disease and the Risk to Mankind*. CorgiBooks, London
- Goransson L (1997) Alternatives to feed antibiotics. In: Garnsworthy PC and Wiseman G (eds). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, 45-46
- Guillot JF (2001) Consequences of probiotics release in the intestine of animals. *Cah Options Mediterr*, 54:17-21
- Hedegaard A (2001) Danish approach on swine production with no antibiotics. *Cah Options Mediterr*, 54:23-28
- Johnson DE, Hill TM, Carmean BR, Lodman DW and Ward GM (1991) New perspectives on ruminant methane emissions. In: Wenc C and Boessinger M (eds). *Energy Metabolism of Farm Animals*. ETH, Zurich, 376-379
- Kung L Jr (1992) Use of additives in silage fermentation. In: *Direct-fed Microbial Enzyme and Forage Additive Compendium*, Miller Publishing Co., Minnetonka, Minnesota, 31-35
- Loerch SC and Oke BO (1989) Rumen protected aminoacids in ruminant nutrition. In: Friedman M (ed). *Absorption and Utili-*

- zation of Aminoacids. Vol III. CRC Press, Boca Raton, Florida, 187-200
- MAFF (1997a) Antimicrobial Feed Additives. Report from the Commission on Antimicrobial Feed Additives, SOU 1997:132, Ministry of Agriculture Food and Fisheries Publication, Stockholm
- MAFF (1997b) Can you use less antibiotics in feed ? Ministry of Agriculture Food and Fisheries Publication, Stockholm
- Marchard J and Vandenplas Y (2000) Microorganisms administered in the benefit of the host: Myths and facts. *Eur J Gastroent Hepat*, 12:1077-1088
- Marquardt RR and Bedford MR (2001) Future Horizons. In: Bedford MR and Partridge GG (eds). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CAB International, Oxon, UK, 389-398
- Mateos GG, Lazaro R and Mendel P (2001) Feeding strategies for intensive livestock production without in feed antibiotic growth promoters. *Cah Options Mediterr*, 54:11-16
- McDonald P, Edwards RA and Greenhalgh JFD (1988) *Animal Nutrition*. Longman Scientific and Technical, London
- Mephan B (1996) *Food Ethics*. Routledge, London
- Mountzouris K, Kouseris I, Xypoleas I and Fegeros K (2003) Effects of the inclusion of fructo- or galacto- oligosaccharides in the diet of growing pigs. *Anim Sci Rev, Special Issue* 28:112-113
- Panopoulos N (1999) Genetically modified plants. *Tribune of Agriculture Association of Larissa*, 36:32-34
- Pusztai A (2000) The need for rigorous risk assessment in GMOs. *Chem Indust*, 8:280
- Reed ID (1989) Solid state fermentation for biological delignification. *Enz Microb Technol*, 11:786-803
- Roberfroid MB (2000) Prebiotics and probiotics: are they functional foods? *Am J Clin Nutr*, 71:1682-1687
- Rogdakis E (1992) The use of recombinant Bovine Growth Hormone in dairy cattle production. *Anim Sci Rev, Special Issue* 11:13-33
- Sève B and Hess V (2000) Aminoacid digestibility in formulation of diets for pigs: Present interest and limitations, future prospects. In: Garnsworthy PC and Wiseman J (eds). *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, 167-181
- Sheppy C (2001) The current feed enzyme market and likely trends. In: Bedford MR and Partridge GG (eds). *Enzymes in Farm Animal Nutrition*. CAB International, Oxon, UK, 1-10
- Singh K, Rai SN, Singh GP and Gupta BN (1989) Solid state fermentation of urea-ammonia treated straw and rice straw with *Coprinus fimetarius*. *Indian J Microbiol*, 29:371-376
- Smokovitis A (1997) Topics on physiology of animal production. Thessaloniki
- Sonnenwald U, Schaewen A and Willmitzer L (1993) Subcellular manipulation of sucrose metabolism in transgenic plants. *J Exp Bot*, 44:293-296
- Spais A (1997) *Feeds and Rations*. "Synchroni paideia" publishers, Thessaloniki
- Spoelstra SF (1991) Chemical and biological additives in forage conservation. In: Pahlow G and Honing H (eds). *Forage Conservation Towards 2000*. Institute of Grassland Forage Research, Braunschweig, Germany, 48-70
- Tomasik PJ and Tomasik P (2003) Probiotics and Prebiotics. *Cereal Chem*, 80:113-117
- Van Nevel C and Demeyer D (1995) Feed additives and other interventions for decreasing methane emissions. In: Wallace RJ and Chesson A (eds). *Biotechnology in Animal Feeds and Animal Feeding*. VCH Publishers, Weinheim, Germany, 329-349
- Vasil V, Castilo AM, Fromm NE and Vasil IK (1992) Herbicide resistant fertile transgenic weed plants obtained by microprojectile bombardment of regenerable embryonic callus. *Biotechnology*, 10:667-674
- Villa-Komaroff L, Efstratiadis A, Broome S, Lomedico P, Tizard R, Nabet SP, Chick WL and Gilbert W (1978) A bacterial clone synthesizing proinsuline. *Proc Natl Acad Sci USA*, 75:3727-3731
- Watson JD and Crick FH (1953) Molecular structure of nucleic acids: A structure for deoxyribose nucleic acid. *Nature*, 171:737-738
- Weinland P (1988) Principles of solid state fermentation. In: Zadrazil F and Reininger P (eds). *Treatment of Lignocellulosics with White Rot Fungi*. Elsevier, Amsterdam, 64-76
- Wilkinson JM and Stark BA (1992) *Silage in Western Europe*. 2nd ed., Chalcombe Publications, Canterbury, UK
- Williams PEV and Kelly JM (1994) Animal production and pollution problem. In Thacker PA (ed.). *Livestock Production for the 21st Century: Priorities and Research Needs*. University of Saskatchewan, Canada, 159-186
- Young VR and Scrimshaw NS (1975) Clinical studies on the nutritional value of SCP. In: Tannenbaum SR and Wang DIC (eds). *Single Cell Protein II*. MIT, MA, USA, 564-576
- Zadrazil F (1985) Screening of fungi for lignin decomposition and conversion of straw into feed. *Angew Botanic*, 59:433-542
- Zadrazil F, Puniya AK and Singh K (1993) Studies on the effect of different gas compositions on degradation characteristics of crop residues and resulting digestibility with *Pleurotus sajor-caju*. *Indian J Microbiol*, 33:249-252
- Zervas G, Kalaisakis P and Fegeros C (2000) *Farm Animal Feeding*. Stamoulis Publishers, Athens
- Zoiopoulos PE (1998a) Modified animal feeds must be put to the test. *Nature*, 394:823
- Zoiopoulos PE (1998b) Keep it clean: Biotech companies should pay for independent research. *New Scientist*, 2161:59