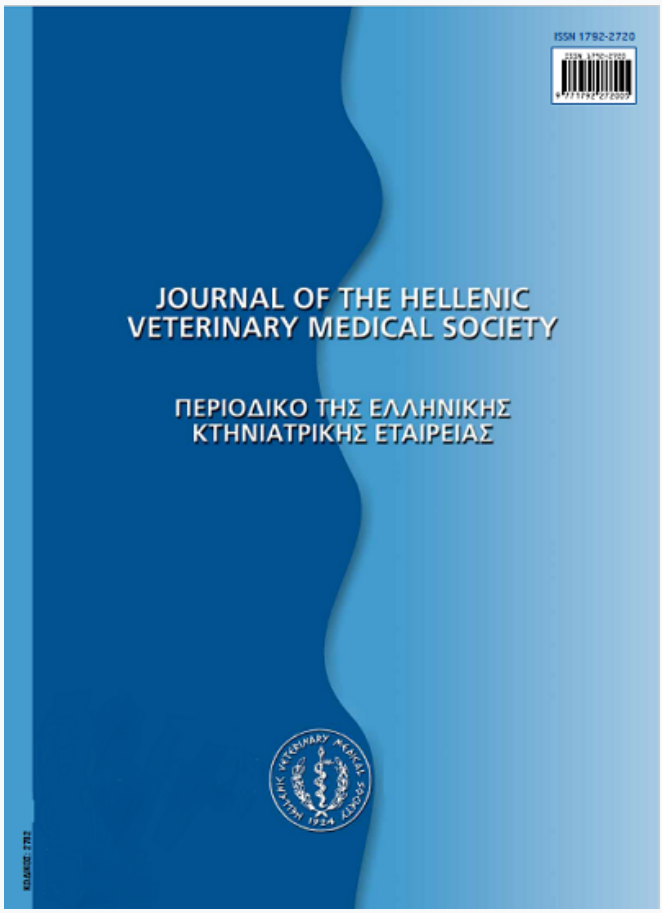
ePublishing

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 57, No 1 (2006)



Organic acids in pig and poultry nutrition

I. A GIANNENAS (Η. ΓΙΑΝΝΕΝΑΣ)

doi: 10.12681/jhvms.15009

To cite this article:

GIANNENAS (Η. ΓΙΑΝΝΕΝΑΣ) I. A. (2017). Organic acids in pig and poultry nutrition. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, *57*(1), 51–62. https://doi.org/10.12681/jhvms.15009

https://epublishing.ekt.gr | **e-Publisher:** EKT | **Downloaded at:** 23/01/2026 00:02:05

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ 2006, 57(1): 51-62
JOURNAL OF THE HELLENIC VETERINARY MEDICAL SOCIETY 2006, 57(1): 51-62

Ανασκόπηση
Review article

Η χρήση των οργανικών οξέων στη διατροφή του χοίρου και των πτηνών

Η. Α. Γιάννενας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ. Σε αυτήν τη βιβλιογραφική εργασία εξετάστηκε η χρήση των οργανικών οξέων ως πρόσθετων υλών ζωοτροφών στη διατροφή του χοίρου και των πτηνών. Σκοπός της εργασίας ήταν η εκτίμηση της επίδρασης των οργανικών οξέων και των αλάτων τους στις αποδόσεις του χοίρου και των πτηνών, η περιγραφή των οργανικών οξέων που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων, ο τρόπος χορήγησής τους, αλλά και η διερεύνηση του μηχανισμού δράσης τους. Τα οργανικά οξέα που συνήθως χρησιμοποιούνται είναι το μυρμηκικό, το οξικό, το προπιονικό, το φουμαρικό, το κιτρικό, το σορβικό και το βουτυρικό οξύ, καθώς και τα άλατά τους. Τα οξέα αυτά χορηγούνται κυρίως με την τροφή, αλλά μπορεί να χορηγηθούν και με το πόσιμο νερό. Η αποτελεσματική χρησιμοποίηση των οργανικών οξέων στη διατροφή του χοίρου και των πτηνών απαιτεί γνώση του τρόπου δράσης τους. Γενικά, θεωρείται ότι τα οργανικά οξέα και τα άλατά τους μειώνουν το *pH* της τροφής και του στομάχου, με αποτέλεσμα να αυξάνουν την ενεργότητα των πρωτεολυτικών ενζύμων και να βελτιώνουν έτσι την πέψη των πρωτεϊνών. Ακόμη, μειώνουν την *pH*-ρυθμιστική ικανότητα των τροφών, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο αποικισμός του εντέρου από παθογόνα μικρόβια. Επίσης, βελτιώνουν τη φαινομένη πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των αμινοξέων, αυξάνουν την απορρόφηση των ανόργανων ουσιών και επηρεάζουν τη σύνθεση της μικροβιακής χλωρίδας και τη μορφολογική δομή του βλεννογόνου του εντέρου. Αποτελέσματα σχετικών πειραματισμών δείχνουν ότι τα οργανικά οξέα βελτιώνουν το ρυθμό αύξησης και το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής στα απογαλακτισμένα χοιρίδια και τους παχυνόμενους χοίρους. Εξάλλου, τα οργανικά οξέα βελτιώνουν τις αποδόσεις των κρεοπαραγωγών ορνιθίων, όταν χορηγούνται σε σχετικά μεγάλες δόσεις, ενώ στις αυγοπαραγωγές όρνιθες βελτιώνουν την απορρόφηση μακροστοιχείων, όπως του φωσφόρου ή του ασβεστίου. Από την παρούσα εργασία συνάγεται ότι μετά την πρόσφατη απαγόρευση της χρήσης των αντιβιοτικών ουσιών ως αυξητικών παραγόντων από την Ευρωπαϊκή Ένωση, η χρήση των οργανικών οξέων ως πρόσθετων υλών ζωοτροφών για το χοίρο και τα πτηνά μπορεί να είναι μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση. Ωστόσο, η επίδραση των οργανικών οξέων στις αποδόσεις του χοίρου και των πτηνών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και απαιτείται περαιτέρω έρευνα για καλύτερη κατανόηση της δράσης και της αποτελεσματικότητας των ουσιών αυτών.

Λέξεις ευρετηρίασης: προσθετικά ζωοτροφών, οργανικά οξέα, αυξητικοί παράγοντες, χοίροι, πτηνά

Εργαστήριο Διατροφής, Ζωοτεχνίας και Συμπεριφοράς των Ζώων, Τμήμα Κτηνιατρικής Καρδίτσας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 431 00 Καρδίτσα

Ημερομηνία υποβολής: 28.03.2006
Ημερομηνία εγκρίσεως: 18.05.2006

Organic acids in pig and poultry nutrition

Giannenas I. A.

ABSTRACT. In this review article, the use of organic acids as feed additives is being examined in pig and poultry nutrition. The aim of this article was to evaluate the effect of organic acids and their salts on pig and poultry performance, to describe the organic acids used in animal nutrition, to discuss the route of administration and to investigate the mode of their action. The most widely used organic acids are formic, acetic, propionic, fumaric, citric, sorbic and butyric acid, and their salts as well. These organic acids are administered mainly through the feed, but they may be administered through the drinking water as well. Successful utilization of organic acids in pig and poultry nutrition requires knowledge of their mode of action. It is generally accepted that organic acids and their salts lower feed and gastric *pH,* increasing the activity of proteolytic enzymes and, thus, improving protein digestion. Besides, they reduce the buffering capacity of the feeds, resulting in reduced intestinal colonization with pathogens. They also improve the apparent digestibility of proteins and amino acids, increase the absorption of minerals and affect the composition of intestinal microflora and mucosal morphology. Relevant experimentations suggest that the organic acids improve growth rate and feed efficiency ratio in weaned piglets and fattening pigs. Also, the organic acids improve the performance of broiler chickens when used in relatively high doses, whereas, in laying hens, they improve the absorption of macroelements, like phosphorus and calcium. The present article suggests that after the recent ban on the use of the antibiotic growth promoting substances by the EU, the use of organic acids in pig and poultry nutrition appears to be an interesting alternative. However, the effect of organic acids on performance of pigs and poultry varies considerably and, thus, further research is needed for a better understanding of the mode of action and the efficacy of these compounds.

Key words: feed additives, organic acids, growth promoters, pigs, poultry

Laboratory of Nutrition, Animal Husbandry and Animal Behaviour, Department of Health Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, University of Thessaly, 221 Trikalon str., 431 00 Karditsa, Greece

Submission date: 28.03.2006
Approval date: 18.05.2006

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πρακτική της προσθήκης αντιβιοτικών σε μικρές ποσότητες στα σιτηρέσια των παραγωγικών ζώων με σκοπό την επιτάχυνση του ρυθμού σωματικής αύξησης, που είναι γνωστά με τον όρο αυξητικοί παράγοντες, υπόκειται τα τελευταία χρόνια σε έντονη κριτική για την ενδεχόμενη ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών παθογόνων βακτηρίων (Wegener et al. 1998). Ο κίνδυνος μεταβίβασης αυτής της ανθεκτικότητας μέσω της τροφικής αλυσίδας στον άνθρωπο οδήγησε στην απόφαση απαγόρευσης της χρήσης των αντιβιοτικών που προσθέτονται στην τροφή των ζώων ως αυξητικοί παράγοντες (European Commission Regulations 1998). Ωστόσο, η προσθήκη στην τροφή ορισμένων κοκκιδιοστατικών ουσιών επιτρέπεται ακόμη, αν και είναι πολύ πιθανό να απαγορευθεί στο εγγύς μέλλον η χρήση και των παραπάνω φαρμακευτικών ουσιών.

Με την απαγόρευση της χρήσης των αντιβιοτικών ως αυξητικών παραγόντων, θα πρέπει να υιοθετηθούν αλλαγές στη στρατηγική που ακολουθείται στη διατροφή των παραγωγικών ζώων για την εξουδετέρωση τυχόν δυσμενών επιπτώσεων στην παραγωγή. Βελτιώσεις της διαχείρισης των μονάδων ζωικής παραγωγής, με σκοπό τη μείωση της καταπόνησης των ζώων και τη μόλυνσή τους από μικροοργανισμούς, θα μπορούσαν ίσως να αντισταθμίσουν την απουσία των αυξητικών αντιβιοτικών από τις ζωοτροφές. Παρόλα αυτά θα πρέπει να αναζητηθούν φυσικές εναλλακτικές αυξητικές ουσίες, όπως είναι τα ένζυμα, τα προβιοτικά, τα πρεβιοτικά, τα εκχυλίσματα βοτάνων, τα αρωματικά φυτά και τα οργανικά οξέα ή οξινοποιητές και τα άλατά τους (Spais et al. 2001), που θα μπορούσαν να ικανοποιούν τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Η ενσωμάτωση των ουσιών αυτών στις ζωοτροφές δεν θα πρέπει να οδηγεί σε ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών βακτηρίων στα αντιβιοτικά, ούτε σε παρουσία ανεπιθύμητων καταλοίπων στο παραγόμενο κρέας ή στα αυγά (Botsoglou and Fletouris 2001).

Ειδικότερα για τα οργανικά οξέα και τα άλατά τους, έρευνες που έγιναν τα τελευταία χρόνια έδειξαν ότι ορισμένα από αυτά θα μπορούσαν να αποτελέσουν αυξητικούς παράγοντες, εναλλακτικούς των αντιβιοτικών. Ενώ τα αντιβιοτικά ασκούν την ευεργετική επίδρασή τους στις αποδόσεις των παραγωγικών ζώων διαμέσου της αντιμικροβιακής δράσης τους (Cromwell 1990), τα οργανικά οξέα την ασκούν επιφέροντας μείωση της τιμής του *pH* του γαστρικού υγρού. Με τη μείωση του *pH* ευνοείται η επικράτηση των ωφέλιμων μικροοργανισμών στον πεπτικό σωλήνα και αναστέλλεται η ανάπτυξη των επιβλαβών. Οι ωφέλιμοι μικροοργανισμοί συνθέτουν μια μικροβιακή χλωρίδα που προάγει τη λειτουργία της πέψης και βελτιώνει το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής (Mathew et al. 1991). Έτσι, τα οργανικά οξέα χρησιμοποιούνται ως αποτελεσματικές πρόσθετες ύλες για τη βελτίωση των αποδόσεων των πρώιμα απογαλακτισμένων χοιριδίων (Adams 1999; Best 2000; Nikolakakis et al. 2002).

Στα πτηνά, η αποτελεσματικότητα των οργανικών οξέων ως μέσων ελέγχου των μικροοργανισμών του εντέρου και βελτίωσης της μετατρεψιμότητας της τροφής, δεν έχει μέχρι σήμερα πλήρως διερευνηθεί (Watkins and Miller 1983; Eidelsburger and Kirchgessner 1994; Waldroup et al. 1995).

Σκοπός της παρούσας βιβλιογραφικής εργασίας είναι η εκτίμηση της επίδρασης των οργανικών οξέων και των αλάτων τους στις αποδόσεις του χοίρου και των πτηνών, καθώς και η περιγραφή των ειδών των οργανικών οξέων που χρησιμοποιούνται στη διατροφή των ζώων, ο τρόπος χορήγησής τους, αλλά και η διερεύνηση του τρόπου δράσης τους.

ΕΙΔΗ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΣΤΗ ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ

Τα οργανικά οξέα είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση ως φυσικά συστατικά των φυτών, αλλά και των ιστών των ζώων. Πολλά από τα οργανικά οξέα που χρησιμοποιούνται στη διατροφή του χοίρου και των πτηνών είναι διαθέσιμα όχι μόνο στην ελεύθερη μορφή τους, αλλά και ως άλατα νατρίου, καλίου ή ασβεστίου. Το πλεονέκτημα των αλάτων σε σχέση με τα ελεύθερα οξέα είναι ότι τα άλατα είναι γενικά περισσότερο άοσμα και προσφέρουν μεγαλύτερη ασφάλεια και ευκολία χειρισμών κατά τη διαδικασία ενσωμάτωσής τους στις ζωοτροφές, αφού παρουσιάζουν μικρότερη διαβρωτική δράση έναντι των μεταλλικών τμημάτων του παρασκευαστηρίου των ζωοτροφών.

Τα οργανικά οξέα είναι περισσότερο γνωστά ως συντηρητικά των ζωοτροφών παρά ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών για τη βελτίωση των αποδόσεων των ζώων (Spais et al. 2001).

Το μυρμηκικό οξύ είναι άχρωμο υγρό με δριμεία οσμή, το οποίο με την αδιάστατη μορφή του μπορεί ταχύτατα να διαχυθεί μέσω των κυτταρικών μεμβρανών. Έτσι, το μυρμηκικό οξύ είναι ένα αποτελεσματικό αντιμικροβιακό μέσο έναντι ζυμών και ορισμένων βακτηρίων σε μικρές δόσεις (Lueck 1980). Το μυρμηκικό οξύ παρουσιάζει ισχυρότερη αντιβακτηριακή δράση από τα υπόλοιπα οργανικά οξέα και, συγκεκριμένα, δυο φορές ισχυρότερη από εκείνη του προπιονικού οξέος και τρεις φορές ισχυρότερη από εκείνη του γαλακτικού οξέος έναντι των βακτηρίων *Pseudomonas aeroginosa, Salmonella typhimurium, Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Campylobacter jejuni, Listeria monocytogenes, Clostridium botulinum* και *Clostridium*

perfrigens (Strauss and Hayler 2001). Το μυρμηκικό οξύ απορροφάται εύκολα από τους βλεννογόνους όταν καταναλώνεται από τα ζώα, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του μεταφέρεται στο ήπαρ και οξειδώνεται σε CO_2 και H_2O. Η υπόλοιπη ποσότητά του αποβάλλεται με τη μορφή αλκαλικών αλάτων μέσω των νεφρών.

Το οξικό οξύ είναι υγρό με χαρακτηριστική δριμεία οσμή, ενώ το προπιονικό και το βουτυρικό οξύ είναι ελαιώδη υγρά με χαρακτηριστική δυσάρεστη οσμή. Το οξικό, το προπιονικό και το βουτυρικό οξύ αποτελούν τα κύρια τελικά προϊόντα της βακτηριακής ζύμωσης των υδατανθράκων στο παχύ έντερο του χοίρου, καθώς και στα τυφλά έντερα των πτηνών και απορροφούνται με παθητική διάχυση (Sturkie 1976). Ο ρυθμός απορρόφησής τους εξαρτάται κυρίως από το pK_a του οξέος, αλλά και από το *pH* του εντερικού περιεχομένου. Όταν το *pH* του εντερικού περιεχομένου είναι χαμηλότερο από το pK_a, τα λιπαρά αυτά οξέα απορροφούνται ταχύτατα. Επειδή το *pH* του εντερικού περιεχομένου στον ειλεό,σ το τυφλό έντερο και στο κόλον του χοίρου είναι γενικά υψηλότερο από 6,5, τα λιπαρά αυτά οξέα παραμένουν σε διάσταση και απορροφούνται ελάχιστα. Όμως, η ανταλλαγή ιόντων νατρίου-πρωτονίων στα επιθηλιακά κύτταρα μπορεί να μειώσει το *pH* τοπικά, στην επιφάνεια απορρόφησης, οδηγώντας σε αύξηση της αδιάστατης μορφής σε βάρος της ιονισμένης, με αποτέλεσμα η διαδικασία απορρόφησης να διενεργείται με βάση τη μεταβολή της συγκέντρωσης μεταξύ του εντερικού περιεχομένου και των επιθηλιακών κυττάρων (Chang and Rao 1994). Το οξικό οξύ παρεμποδίζει την ανάπτυξη πολλών ειδών βακτηρίων και σε μικρότερο βαθμό των ζυμών και των μυκήτων.

Η δράση του προπιονικού οξέος είναι κυρίως έναντι των μυκήτων. Το προπιονικό οξύ παρουσιάζει έντονη δράση έναντι μυκήτων, μικρή έναντι βακτηρίων και ελάχιστη έναντι ζυμών, διότι οι τελευταίες μεταβολίζουν το οξύ αυτό (Foegeding and Busta 1991). Η ελάχιστη συγκέντρωση οξικού ή προπιονικού που παρεμποδίζει την ανάπτυξη της *Escherichia coli* είναι περίπου πέντε φορές μεγαλύτερη από εκείνη του μυρμηκικού οξέος (Strauss and Hayler 2001).

Το γαλακτικό οξύ αποτελεί φυσικό συστατικό μερικών ζωοτροφών και είναι μια από τις αρχαιότερες συντηρητικές ουσίες. Η αντιμικροβιακή δράση του γαλακτικού οξέος περιορίζεται στα βακτήρια, γιατί μεταβολίζεται από τις ζύμες και τους μύκητες (Foegeding and Busta 1991). Στο στόμαχο και στο λεπτό έντερο, το γαλακτικό οξύ παράγεται ως τελικό προϊόν της ζύμωσης των σακχάρων. Το γαλακτικό παράγεται επίσης στα μυϊκά κύτταρα από τη διάσπαση του γλυκογόνου, όταν δεν επαρκεί η παροχή οξυγόνου για την οξείδωση του πυροσταφυλικού οξέος και την παραγωγή ATP μέσω αερόβιου μεταβολισμού. Το γαλακτικό οξύ που εισέρχεται στην κυκλοφορία του αίματος είτε από τους μύες είτε από το γαστρεντερικό σωλήνα μεταφέρεται στο ήπαρ, όπου επανοξειδώνεται σε πυροσταφυλικό οξύ (Sturkie 1976).

Το κιτρικό και το φουμαρικό οξύ είναι κρυσταλλικές ουσίες με ευχάριστη υπόξινη οσμή. Το κιτρικό οξύ παρουσιάζει γενικά μικρότερη αντιμικροβιακή δράση σε σχέση με τα άλλα οργανικά οξέα, γιατί έχει χαμηλό pK_a, ενώ, παράλληλα, πολλοί μικροοργανισμοί μπορούν και να το μεταβολίσουν (Foegeding and Busta 1991).

Το μηλικό οξύ, το ταρταρικό οξύ, το σορβικό οξύ, καθώς και μίγματά τους έχουν ακόμη μελετηθεί ως πρόσθετες ύλες ζωοτροφών στη διατροφή του χοίρου και των πτηνών. Το μηλικό οξύ είναι ένα φυσικό συστατικό που απαντάται στα μήλα και σε άλλα φρούτα και είναι δραστικό έναντι μεγάλου αριθμού βακτηρίων και ζυμών. Το ταρταρικό οξύ, το οποίο απαντάται κυρίως στα σταφύλια, έχει ισχυρή όξινη οσμή. Το σορβικό οξύ απαντάται σε αρκετά είδη μούρων. Έχει μια χαρακτηριστική υπόξινη οσμή και θεωρείται ότι είναι ατοξικό. Το σορβικό οξύ παρεμποδίζει την ανάπτυξη ζυμών, μυκήτων και μερικών βακτηρίων. Η αντιμικροβιακή του δράση οφείλεται σε παρεμπόδιση της δράσης ενζύμων, καθώς και της μεταφοράς θρεπτικών ουσιών στο κυτταρόπλασμα των μικροοργανισμών (Foegeding and Busta 1991).

Το διφορμικό κάλιο είναι άλας του μυρμηκικού οξέος με κάλιο και παρουσιάζει αντιμικροβιακή δράση και πρόσφατα εγκρίθηκε η χρησιμοποίησή του από την Ε.Ε. ως πρόσθετη ύλη ζωοτροφών για χοίρους. Επίσης, πρόσφατα εγκρίθηκε και η χρήση του βενζοϊκού οξέος ως οξινοποιητή για τις τροφές των χοίρων.

ΤΡΟΠΟΣ ΧΟΡΗΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ

Το υψηλό κόστος των καθαρών από χημική άποψη οργανικών οξέων αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για τη χρήση τους στη διατροφή των ζώων. Όμως, υπάρχουν και φθηνές λύσεις για ορισμένα από αυτά. Ενδεικτικά αναφέρεται το άλας του μυρμηκικού οξέος με ασβέστιο που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παρασκευής χρωμάτων και είναι διαθέσιμο σε σχετικά χαμηλό κόστος.

Τα οργανικά οξέα χορηγούνται στα ζώα κυρίως με την τροφή. Πολλές φορές, όμως, η χορήγηση αυτή μπορεί να μην είναι αποτελεσματική στον επιθυμητό βαθμό, γιατί τα παραγωγικά ζώα σε κάποιες κρίσιμες περιόδους της ζωής τους παρουσιάζουν μείωση της κατανάλωσης της τροφής. Έτσι, στα νεαρά χοιρίδια μειωμένη κατανάλωση τροφής παρατηρείται κατά την περίοδο μετά τον απογαλακτισμό, όπου εμφανίζονται πε-

πτικές διαταραχές, κυρίως διάρροια και μειωμένη κατακράτηση των θρεπτικών συστατικών, εξαιτίας της μεταβολής του τρόπου διατροφής από το μητρικό γάλα σε στερεή τροφή. Στα ορνίθια, εξάλλου, μειωμένη κατανάλωση τροφής παρατηρείται τις πρώτες ημέρες της ζωής των νεοσσών, εξαιτίας της μεταβολής του τρόπου διατροφής τους από τα θρεπτικά συστατικά της λεκίθου στην πρόσληψη στερεής τροφής. Επιπλέον, οι νεοσσοί υφίστανται σημαντική καταπόνηση κατά τη μεταφορά τους από το εκκολαπτήριο στο πτηνοτροφείο. Μερικές φορές, τόσο στα χοιρίδια όσο και στα ορνίθια, μειωμένη κατανάλωση τροφής παρατηρείται και σε περιπτώσεις επιβάρυνσης της τροφής από μυκοτοξίνες, σε περιόδους εμβολιασμών ή κατά την περίοδο του θέρους, όταν σημειώνονται υψηλές θερμοκρασίες.

Τα οργανικά οξέα, ανάλογα με τη φύση τους, συνιστάται να προσθέτονται στις πλήρεις τροφές των χοίρων και των πτηνών, μόνα ή σε συνδυασμό δύο ή και περισσότερων, σε ποσότητες που μπορεί να κυμαίνονται συνήθως από 0,15 έως 1,2% (Hyden 2000). Το μυρμηκικό οξύ, ειδικότερα, συνιστάται να προστίθεται στην τροφή των χοίρων και των πτηνών σε ποσότητες 0,8-1,0%, το προπιονικό οξύ 0,6-0,8%, το φουμαρικό οξύ 1,2-1,5% και το κιτρικό οξύ 2,0-2,5% (Mc Donald et al 2002).

Σε περιπτώσεις που τα ζώα καταναλώνουν λιγότερη από την αναμενόμενη ποσότητα τροφής, καλύτερη οδός χορήγησης των οργανικών οξέων είναι με το πόσιμο νερό. Και αυτό διότι τα υγιή ζώα καταναλώνουν σε βάρος διπλάσια ποσότητα νερού σε σχέση με την τροφή. Όταν μάλιστα τα ζώα παρουσιάζουν υπερθερμία ή πυρετό καταναλώνουν ακόμη περισσότερο νερό. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την προσθήκη των οργανικών οξέων στο πόσιμο νερό, το *pH* του νερού θα πρέπει ιδανικά να μειώνεται στην τιμή 4. Και αυτό γιατί στο *pH* αυτό τα παθογόνα βακτήρια δεν πολλαπλασιάζονται και, επιπλέον, δεν παρατηρείται μείωση στην κατανάλωση του νερού. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι για το μυρμηκικό οξύ απαιτούνται 300-400 ml οξέος/1.000 L νερού για μείωση του *pH* στην τιμή 4, για το γαλακτικό οξύ 1.000-1.200 ml/1.000 L, για το οξικό οξύ 2.600-2.800 ml/1.000 L και για το προπιονικό οξύ 3000-3300 ml/1.000 L. Για το μαγειρικό ξίδι απαιτούνται 25.000 ml/1.000 L για μείωση του *pH* του νερού στην τιμή 4, αν και μια τέτοια χορήγηση μπορεί να προκαλέσει μείωση της κατανάλωσης του νερού (Phillipsen 2005).

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ

Η χρησιμοποίηση των οργανικών οξέων στην τροφή των χοίρων και των πτηνών απαιτεί λεπτομερή γνώση του τρόπου δράσης τους. Αν και έχουν διατυπωθεί διάφορες θεωρίες, ο ακριβής μηχανισμός της δράσης των οργανικών οξέων δεν έχει ακόμη πλήρως διευκρινιστεί. Γενικά, θεωρείται ότι τα οργανικά οξέα και τα άλατά τους που προσθέτονται στην τροφή προκαλούν πτώση του *pH* στο γαστρικό υγρό, με αποτέλεσμα την αυξημένη ενεργότητα των πρωτεολυτικών ενζύμων και την καλύτερη πέψη των πρωτεϊνών (Easter 1988; Kirchgessner and Roth 1988). Υποστηρίζεται, επίσης, ότι τα οργανικά οξέα προκαλούν μείωση της *pH*-ρυθμιστικής ικανότητας των ζωοτροφών, με αποτέλεσμα να παρεμποδίζεται ο πολλαπλασιασμός ή και ο αποικισμός των ανεπιθύμητων μικροβίων στο γαστρεντερικό σωλήνα. Θα πρέπει ακόμη να σημειωθεί ότι τα οργανικά οξέα μπορεί να επηρεάσουν και τη μορφολογική δομή του βλεννογόνου του εντέρου, καθώς και να διεγείρουν την εκκριτική λειτουργία του παγκρέατος. Αυτός ο πολυλειτουργικός ρόλος των οργανικών οξέων μπορεί να οδηγήσει σε καλύτερη πέψη της τροφής και απορρόφηση των θρεπτικών ουσιών (Partanen and Mroz 1999).

Η προστατευτική δράση τους έναντι των ζωοτροφών οφείλεται σε εκλεκτική αναστολή ή καθυστέρηση της ανάπτυξης ορισμένων στελεχών βακτηρίων εξαιτίας της προκαλούμενης πτώσης του *pH* των ζωοτροφών, αλλά και της αντιμικροβιακής δράσης που ασκεί η εν διαστάσει μορφή των οργανικών οξέων. Όταν το οξύ βρίσκεται στην αδιάστατη μορφή του μπορεί ελεύθερα να διαχυθεί μέσω της ημιδιαπερατής μεμβράνης των μικροοργανισμών μέσα στο κυτταρόπλασμα, όπου το *pH* διατηρείται περίπου στο 7. Σε αυτήν την τιμή *pH*, το οξύ θα υποστεί διάσταση και θα παρεμποδίσει τη δράση των κυτταρικών ενζύμων, όπως είναι οι αποκαρβοξυλάσες και οι καταλάσες, καθώς και των συστημάτων μεταφοράς θρεπτικών ουσιών στους μικροοργανισμούς (Lueck 1980). Επομένως, η αποτελεσματικότητα της αντιμικροβιακής δράσης ενός οξέος εξαρτάται ουσιαστικά από την τιμή pK_a του οξέος, δηλαδή την τιμή *pH* στην οποία το 50% του οξέος βρίσκεται σε διάσταση. Αξίζει, όμως, να επισημανθεί ότι τα οργανικά οξέα με υψηλότερες τιμές pK_a είναι περισσότερο αποτελεσματικά ως συντηρητικά των ζωοτροφών και η εν λόγω δράση τους αυξάνει όσο αυξάνεται το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας, καθώς και όσο μειώνεται ο βαθμός κορεσμού (Foegeding and Busta 1991). Σύμφωνα με τους Foegeding & Busta (1991), το μυρμηκικό οξύ έχει τιμή pKa 3,75, το οξικό 4,76, το προπιονικό 4,88, το βουτυρικό 4,82, το γαλακτικό 3,86, το σορβικό 4,76, το φουμαρικό 3,2 και το κιτρικό 3,02.

Η πτώση της τιμής του *pH* είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επαρκή πέψη των πρωτεϊνών στο στόμαχο του χοίρου και τον αδενώδη στόμαχο των πτηνών. Η πεψίνη παρουσιάζει μέγιστη ενεργότητα σε τιμές *pH*

2 και 3,5, αλλά η ενεργότητά της μειώνεται ταχύτατα, όταν το *pH* αυξηθεί πάνω από 3,6, ενώ αδρανοποιείται σε *pH* 6 (Sturkie 1976). Τα προϊόντα της πέψης των πρωτεϊνών και το χαμηλό *pH* του εντερικού περιεχομένου στο δωδεκαδάκτυλο ευθύνονται για τη διέγερση της εκκριτικής λειτουργίας του παγκρέατος και την παραγωγή ενζύμων και διττανθρακικών αλάτων, ενώ διαδραματίζουν επίσης και ένα μικρό ρόλο στη ρύθμιση της κένωσης του στομάχου (Sturkie 1976). Η πτώση της τιμής του *pH* του γαστρικού υγρού παρεμποδίζει, επιπλέον, το πέρασμα των παθογόνων μικροβίων στο λεπτό έντερο. Μια άνοδος του *pH* του γαστρικού υγρού μπορεί να παρέχει ευνοϊκό περιβάλλον για τον αποικισμό του αυλού του εντέρου και ειδικά των λαχνών του βλεννογόνου από εντεροτοξινογόνα και αιμολυτικά στελέχη, με αποτέλεσμα την εμφάνιση φλεγμονής ή και της νόσου του οιδήματος στα νεαρά χοιρίδια, ειδικά μετά τον απογαλακτισμό (Smith 1963).

Η θεωρία ότι η μείωση της τιμής του *pH* της τροφής με την προσθήκη οργανικών οξέων συνεπάγεται και μείωση της τιμής του *pH* στο γαστρεντερικό σωλήνα έχει υποστηριχθεί από μερικούς ερευνητές (Eidelsburger et al. 1992), ενώ έχει αμφισβητηθεί από άλλους (Bolduan et al. 1988; Gabert and Sauer 1995; Florou-Paneri et al. 2001). Ενδεικτικά αναφέρεται ένας πειραματισμός κατά τον οποίο σε πτηνοτροφή με pH 6,2 προστέθηκαν 4 g μίγματος (1:1) μυρμηκικού και προπιονικού οξέος/kg ή 3 g διττανθρακικού νατρίου/kg επιπλέον των παραπάνω οξέων. Μολονότι το pH της πτηνοτροφής μειώθηκε στην τιμή 6,1 και αυξήθηκε στην τιμή 6,4, αντίστοιχα, οι συγκεντρώσεις των ιόντων υδρογόνου στα κύρια τμήματα του πεπτικού σωλήνα ορνιθίων, στα οποία χορηγήθηκαν οι παραπάνω τροφές, δεν μεταβλήθηκαν (Florou-Paneri et al. 2001).

Ακόμη έχει διατυπωθεί η άποψη ότι οι πηγές παροχής ανόργανων στοιχείων που χρησιμοποιούνται για κάλυψη των θρεπτικών αναγκών του χοίρου ή των πτηνών μπορεί να επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την οξεοβασική ισορροπία και κατά συνέπεια την *pH*-ρυθμιστική ικανότητα της τροφής. Ως *pH*-ρυθμιστική ικανότητα νοείται η ποσότητα 0,1 N υδροχλωρικού οξέος σε χιλιοστόλιτρα (ml), που αναλώνεται για τη μείωση του *pH* δείγματος 10 g ζωοτροφής/100 ml νερού, στην τιμή 4 (Makkink 2001). Το *pH* της τροφής εξαρτάται από την τιμή της ρυθμιστικής ικανότητας των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση της τροφής, αλλά και από το *pH* του οργανικού οξέος που τυχόν προστίθεται. Η ικανότητα των οργανικών οξέων να μειώνουν το *pH* της τροφής στην οποία προστίθενται έχει την εξής σειρά: ταρταρικό > κιτρικό > μηλικό > φουμαρικό > γαλακτικό = μυρμηκικό > οξικό > προπιονικό. Τα άλατα, όμως, των οργανικών οξέων έχουν μικρή μόνο επίδραση στην τιμή του *pH* της τροφής. Επισημαίνεται ότι η *pH*-ρυθμιστική ικανότητα είναι χαμηλότερη στους δημητριακούς καρπούς και τα υποπροϊόντα τους, ενδιάμεση ή υψηλή στις πρωτεϊνούχες ζωοτροφές και πολύ υψηλή στις ανόργανες πρώτες ύλες ζωοτροφών, με εξαίρεση το δισόξινο φωσφορικό ασβέστιο και το δισόξινο φωσφορικό νάτριο. Η μαρμαρόσκονη, το διττανθρακικό νάτριο και τα προμίγματα βιταμινών και ιχνοστοιχείων παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα σε σύγκριση με τις άλλες πρώτες ύλες. Επομένως, κατά την επιλογή των πρώτων υλών ανόργανων ζωοτροφών για την κατάρτιση ενός σιτηρεσίου, θα πρέπει να συνεξετάζεται και η *pH*-ρυθμιστική ικανότητά τους (Patience et al. 1987; Evans and Kornegay 1991; Kornegay and Evans 1991; Straw et al. 1991; Florou-Paneri et al. 2001).

Σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, η προσθήκη οργανικών οξέων στις τροφές των απογαλακτισμένων χοιριδίων και των παχυνόμενων χοίρων βελτιώνει τη φαινομένη πεπτικότητα ορισμένων θρεπτικών συστατικών και της ενέργειας. Ωστόσο, άλλοι ερευνητές δεν παρατήρησαν καμιά επίδραση των οργανικών οξέων στην πεπτικότητα των πρωτεϊνών, της ενέργειας ή στην κατακράτηση του αζώτου (Falkowski and Aherne 1984; Radecki et al. 1988; Eidelsburger et al. 1992). Φαίνεται ότι η επίδραση αυτή εξαρτάται από το είδος του οξέος, αλλά και από την ποσότητα που χρησιμοποιείται. Έτσι, το μυρμηκικό οξύ βρέθηκε να επηρεάζει θετικά την πεπτικότητα των πρωτεϊνών, όταν προστίθεται στην τροφή πολύ νεαρών χοιριδίων σε υψηλό ποσοστό (Eckel et al. 1992), καθώς άλλωστε και το άλας με ασβέστιο ή νάτριο (Eidelsburger et al. 1992). Επίσης, οι Kirchgessner et al. (1993), μελετώντας την επίδραση του μυρμηκικού οξέος στην απορρόφηση θρεπτικών ουσιών και ενέργειας σε απογαλακτισμένα χοιρίδια, βρήκαν αύξηση της κατακράτησης των πρωτεϊνών στα σφάγια των χοίρων και βελτίωση της απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών. Εξάλλου, οι Bolduan et al. (1988) δε διαπίστωσαν επίδραση του μυρμηκικού οξέος στη φαινομένη πεπτικότητα των πρωτεϊνών στο λεπτό έντερο.

Σε ό,τι αφορά στο προπιονικό οξύ, αναφέρθηκε ότι αυτό δεν επιδρά στην πεπτικότητα της ξηρής ουσίας και των πρωτεϊνών της τροφής, ούτε στην απορρόφηση της ενέργειας στα νεαρά χοιρίδια (Kirchgessner & Roth 1982). Άλλοι ερευνητές ανέφεραν επίσης ότι το προπιονικό οξύ δεν βελτιώνει την πεπτικότητα της οργανικής ουσίας της τροφής, βρήκαν όμως βελτίωση της πεπτικότητας της ξηρής ουσίας και των ανόργανων στοιχείων (Partanen and Mroz 1999). Σε αντίθεση με τους παραπάνω, οι Mosentin et al. (1992) παρατήρησαν ότι το προπιονικό οξύ βελτιώνει τη φαινομένη πεπτικότητα της αργινίνης, ιστιδίνης, λευκίνης, φαινυλαλα-

νίνης και βαλίνης. Το κιτρικό οξύ δεν βρέθηκε να επηρεάζει την πεπτικότητα των πρωτεϊνών και την κατακράτηση του αζώτου (Falkowski and Aherne 1984; Broz and Schulze 1987), αν και παρατηρήθηκε βελτίωση της πεπτικότητας της οργανικής ουσίας και της συνολικής ενέργειας (Broz and Schulze 1987). Το φουμαρικό οξύ βρέθηκε ότι βελτιώνει την πεπτικότητα της οργανικής ουσίας, των λιπαρών ουσιών και των ολικών αζωτούχων ουσιών, καθώς και της ενέργειας της τροφής (Kirchgessner and Roth 1980). Οι Giesting & Easter (1991) βρήκαν επίσης σημαντική βελτίωση της φαινομένης πεπτικότητας των πρωτεϊνών στο λεπτό έντερο, όταν σε ένα σιτηρέσιο που αποτελούνταν κυρίως από καλαμπόκι και σογιάλευρο προστέθηκε φουμαρικό οξύ σε ποσότητα 20g/kg. Η βελτίωση όμως αυτή δεν παρατηρήθηκε, όταν στο σιτηρέσιο προστέθηκε σκόνη αποβουτυρωμένου γάλακτος. Εξάλλου, οι Mroz et al. (1997a) βρήκαν ότι τα οξέα, μυρμηκικό, φουμαρικό και βουτυρικό, βελτιώνουν τη φαινομένη πεπτικότητα πολλών απαραίτητων και μη, αμινοξέων. Τα αποτελέσματα όμως αυτά ήταν αντικρουόμενα για τα χοιρίδια κατά τον απογαλακτισμό (Gabert and Sauer 1995). Φαίνεται ότι η επίδραση των οργανικών οξέων στην πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των αμινοξέων εξαρτάται όχι μόνο από το είδος του οργανικού οξέος, αλλά από την ηλικία των χοιριδίων, καθώς και από τη σύνθεση των πρώτων υλών του σιτηρεσίου. Τέλος, το γαλακτικό οξύ βρέθηκε ότι βελτιώνει τη φαινομένη πεπτικότητα της αργινίνης, ισολευκίνης, λυσίνης, μεθειονίνης, ιστιδίνης, φαινυλαλανίνης, θρεονίνης και βαλίνης (Kemme et al. 1995).

Σε ό,τι πάλι αφορά στην επίδραση των οργανικών οξέων στην απορρόφηση και κατακράτηση των ανόργανων ουσιών, έχει βρεθεί ότι τα οργανικά οξέα βελτιώνουν την απορρόφηση των μακροστοιχείων, ιδιαίτερα του ασβεστίου και του φωσφόρου (Kirchgessner and Roth 1980). Υποστηρίζεται ότι η πτώση του *pH* στο περιεχόμενο του εντέρου αυξάνει τη διαλυτότητα του φωσφόρου και αυτό βοηθά στην καλύτερη απορρόφηση. Η βελτίωση της απορρόφησης των ανόργανων ουσιών και ιδιαίτερα του φωσφόρου μπορεί να εξηγηθεί και από την επίδραση των οργανικών οξέων στο ένζυμο φυτάση (Kirchgessner and Roth 1980). Βρέθηκε ότι η φυτάση παρουσιάζει καλύτερη δράση παρουσία γαλακτικού και μυρμηκικού οξέος. Τα οργανικά οξέα βελτιώνουν επίσης την απορρόφηση μακροστοιχείων όπως, του μαγνησίου και του ασβεστίου, αλλά και ιχνοστοιχείων, όπως του ψευδαργύρου, του σιδήρου, του χαλκού και του μαγγανίου (Kirchgessner and Roth 1980).

Η επίδραση των οργανικών οξέων στη μικροχλωρίδα του εντέρου δεν έχει ακόμη πλήρως διερευνηθεί. Γενικά υποστηρίζεται ότι το χαμηλό *pH* στο γαστρικό υγρό και η ταχεία κένωση του γαστρικού περιεχομένου μπορεί να μειώσουν σημαντικά την ανάπτυξη των μικροβίων σε όλο το μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα (Maxwell and Stewart 1995). Έχει βρεθεί ότι το περισσότερο όξινο *pH* ευνοεί την ανάπτυξη των γαλακτοβακίλλων στο έντερο (Fuller 1977) και αυτό αποτελεί εμπόδιο στον αποικισμό και στην ανάπτυξη του βακτηρίου *Escherichia coli.* Αναφέρθηκε, επίσης, ότι η χρήση των οργανικών οξέων μπορεί να μειώσει το φορτίο των κολοβακτηριοειδών στο γαστρεντερικό σωλήνα (Cole et al. 1968; Scipioni et al. 1978; Mathew et al. 1991) και να περιορίσει την εμφάνιση διάρροιας και τη θνησιμότητα των χοιριδίων. Βρέθηκε ότι η προσθήκη στην τροφή 6-24 g μυρμηκικού οξέος/kg μπορεί να προκαλέσει σημαντική μείωση του πληθυσμού των βακτηρίων *Lactobacillus, Bifidobacterium, Eubacterium* και *Bacteroidaceae* σε διάφορα τμήματα του εντέρου (Gedek et al. 1992). Η προσθήκη, εξάλλου, στην τροφή 18 g φουμαρικού οξέος/kg προκάλεσε σημαντική μείωση του πληθυσμού των βακτηρίων *Lactobacillus, Bifidobacterium* και *Eubacterium*, καθώς και της μικροβιακής χλωρίδας του δωδεκαδακτύλου, της νήστιδας και του ειλεού (Gedek et al. 1992). Η προσθήκη αυτή προκάλεσε, επίσης, μείωση του πληθυσμού *E. coli* στη νήστιδα, αλλά όχι και στα άλλα μέρη του γαστρεντερικού σωλήνα. Σε άλλους όμως πειραματισμούς, η προσθήκη 15 g κιτρικού ή φουμαρικού οξέος /kg τροφής δεν είχε ουσιαστική επίδραση στον πληθυσμό των γαλακτοβακίλλων, των κλωστηριδίων και της *E. coli* στο στόμαχο, τη νήστιδα, τον ειλεό ή το κόλον των χοιριδίων (Risley et al. 1993). Σε μία πρόσφατη in vitro μελέτη (Knarreborg et al. 2002) διαπιστώθηκε ότι τα κολοβακτηριοειδή εξοντώνονται παρουσία οργανικών οξέων (μυρμηκικό, προπιονικό, βουτυρικό, γαλακτικό, βενζοϊκό και φουμαρικό οξύ) στο χαμηλό *pH* του στομάχου, ενώ επηρεάζεται αρνητικά η ανάπτυξή τους σε *pH* 5 και 7. Την ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση παρουσίασε το βενζοϊκό οξύ, ενώ η δράση των οργανικών οξέων παρουσιαζόταν αυξανόμενη όσο αυξανόταν η συγκέντρωσή τους. Αντίθετα, τα οξυγαλακτικά βακτήρια βρέθηκαν να έχουν την ικανότητα να πολλαπλασιάζονται στο όξινο *pH* του στομάχου παρουσία των περισσότερων οργανικών οξέων (προπιονικού, βουτυρικού, γαλακτικού, βενζοϊκού, φουμαρικού), αλλά όχι του μυρμηκικού οξέος (Knarreborg et al. 2002).

Μέχρι τώρα, λίγα είναι γνωστά σχετικά με την επίδραση των οργανικών οξέων στη μορφολογική δομή του εντέρου. Στο λεπτό έντερο των απογαλακτισμένων χοιριδίων παρατηρείται μείωση του ύψους των λαχνών και αύξηση του βάθους των κρυπτών, μεταβολές οι οποίες σχετίζονται με μειωμένη ικανότητα απορρόφησης των θρεπτικών ουσιών (Nabuurs 1995). Οι μεταβολές αυτές είναι σημαντικές, διότι προκαλούν μείωση

στο ρυθμό σωματικής αύξησης των χοίρων και μπορεί μερικώς να αποφευχθούν με τη χορήγηση συμπληρωματικής τροφής στα χοιρίδια που θηλάζουν ή με τη χορήγηση υγρής τροφής με βάση το γάλα στα απογαλακτισμένα χοιρίδια (Nabuurs 1995). Η προσθήκη, εξάλλου, βουτυρικού νατρίου στην τροφή μπορεί να προκαλέσει σημαντική αύξηση στον αριθμό των κυττάρων που συνιστούν τις μικρολάχνες του εντέρου, καθώς και στο μήκος των μικρολαχνών στον ειλεό των αναπτυσσόμενων χοιριδίων (Galfi and Bokori 1990). Η πιθανότητα ανάλογης δράσης άλλων οργανικών οξέων στο βλεννογόνο του εντέρου δεν έχει διερευνηθεί πλήρως μέχρι σήμερα, είναι όμως γνωστό ότι τα οργανικά οξέα μικρής ανθρακικής αλυσίδας που παράγονται κατά τις ζυμώσεις των υδατανθράκων από τη μικροβιακή χλωρίδα μπορεί να διεγείρουν την ανάπτυξη των κυττάρων του επιθηλίου του βλεννογόνου (Lupton and Kurtz 1993). Η διέγερση που προκαλείται είναι μεγαλύτερη από το βουτυρικό οξύ, μικρότερη από το προπιονικό οξύ και ακόμη πιο μικρή από το οξικό οξύ (Sakata et al. 1995).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΟΥ ΧΟΙΡΟΥ

Η εντατικοποίηση της εκτροφής του χοίρου έχει επιφέρει μείωση του χρόνου γαλουχίας των χοιριδίων από 5-6 εβδομάδες σε 3-4 εβδομάδες, ώστε να αυξηθεί η ετήσια παραγωγικότητα των χοιρομητέρων. Η περίοδος, όμως, του απογαλακτισμού συνοδεύεται από μειωμένη ικανότητα πέψης της τροφής, λόγω της ανεπαρκούς παραγωγής υδροχλωρικού οξέος, παγκρεατικών ενζύμων και της απότομης αλλαγής της σύστασης της τροφής σε σχέση με το μητρικό γάλα (Cranwell 1995). Επισημαίνεται ότι το υδροχλωρικό οξύ, το οποίο εκκρίνεται στο στόμαχο κατά τη λειτουργία της πέψης, συμπεριφέρεται και ως αντιμικροβιακός παράγοντας, ενισχύοντας την άμυνα του πεπτικού σωλήνα από τον αποικισμό παθογόνων βακτηρίων. Η παρουσία σχετικά μεγάλων ποσοτήτων μάκρο- και ιχνοστοιχείων στις τροφές, με σκοπό την κάλυψη των αναγκών των νεαρών χοιριδίων κατά την περίοδο του απογαλακτισμού, επιτείνει τα προβλήματα από την ανεπαρκή παραγωγή υδροχλωρικού οξέος, διότι οι περισσότερες πηγές ανόργανων ουσιών που συνήθως χρησιμοποιούνται έχουν μεγάλη *pH*-ρυθμιστική ικανότητα (Bolduan et al. 1988). Ακόμη, στα νεαρά χοιρίδια το ανοσοποιητικό σύστημα του οργανισμού τους βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα, διότι η παθητική ανοσία που αποκτήθηκε με το μητρικό πρωτόγαλα μειώνεται δραματικά, ενώ η ενεργητική ανοσία μόλις αρχίζει να αναπτύσσεται (Gaskins and Kelley 1995). Έτσι, ο απογαλακτισμός σε ηλικία 3-4 εβδομάδων εκθέτει τα χοιρίδια τόσο σε διατροφικές όσο και σε περιβαλλοντολογικές καταπονήσεις, οι οποίες συχνά συνοδεύονται από μειωμένη κατανάλωση τροφής, μικρή ή καθόλου αύξηση του σωματικού βάρους και σε ορισμένες περιπτώσεις εμφάνιση διάρροιας και αύξηση της θνησιμότητας (Scipioni et al. 1978). Υποστηρίζεται ότι η μείωση της τιμής του pH του πεπτικού σωλήνα με χορήγηση ασθενών οργανικών οξέων, όπως είναι το μυρμηκικό, το κιτρικό, το φουμαρικό, το γαλακτικό ή το προπιονικό οξύ μπορεί να δώσει λύσεις σε πολλά από τα προβλήματα που συνοδεύουν τον απογαλακτισμό (Falkowski and Aherne 1984; Henry et al. 1985).

Η επίδραση οργανικών οξέων, όπως του μυρμηκικού οξέος και των αλάτων του με ασβέστιο, νάτριο ή κάλιο (Kirhgessner and Roth 1987), του φουμαρικού και του κιτρικού οξέος (Henry et al. 1985), του οξικού οξέος (Roth and Kirhgessner 1988), του γαλακτικού οξέος και του σορβικού οξέος (Kirhgessner et al. 1995), στις αποδόσεις των απογαλακτισμένων χοιριδίων έχει ευρύτατα διερευνηθεί. Παρά τις αντιγνωμίες και τις αντιθέσεις που έχουν διατυπωθεί, φαίνεται ότι γενικά τα οργανικά οξέα αυξάνουν το σωματικό βάρος και βελτιώνουν το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής. Επισημαίνεται, όμως, ότι η αυξητική δράση των οργανικών οξέων εμφανίζεται μικρότερη από εκείνη των αυξητικών αντιβιοτικών. Τα συχνά αντικρουόμενα ευρήματα θα μπορούσαν να αποδοθούν στη μεγάλη ποικιλία του είδους και της ποσότητας των οργανικών οξέων, στη σύνθεση των τροφών, στην ηλικία και στην κατάσταση της υγείας των ζώων που χρησιμοποιήθηκαν στους εν λόγω πειραματισμούς (Ravindran and Kornegay 1993).

Υποστηρίχθηκε ότι η επίδραση των οργανικών οξέων στις αποδόσεις των χοιριδίων συνδέεται και με τη δράση τους στην ελκυστικότητα της τροφής (Cole et al. 1968; Bolduan et al. 1988). Έτσι, η προσθήκη μυρμηκικού οξέος στην τροφή βελτιώνει την ελκυστικότητά της, αν και σε αυξημένες ποσότητες τη μειώνει, η προσθήκη κιτρικού μειώνει την ελκυστικότητα, ενώ η προσθήκη φουμαρικού δεν φαίνεται να επηρεάζει την κατανάλωση της τροφής. Η δράση αυτή πρέπει να συνδέεται και με την ηλικία των χοιριδίων, αφού τα νεαρότερα χοιρίδια βρέθηκαν να είναι περισσότερο ευαίσθητα στην παρουσία οργανικών οξέων στην τροφή. Έχει αναφερθεί ότι χοιρίδια που είχαν ελεύθερη πρόσβαση τόσο σε τροφή που περιείχε κιτρικό και φουμαρικό οξύ όσο και σε τροφή χωρίς οργανικά οξέα, κατανάλωσαν σημαντικά περισσότερη ποσότητα από την τροφή που δεν περιείχε οργανικά οξέα (Henry et al. 1985). Ορισμένα οργανικά οξέα, όπως το ταρταρικό και το μυρμηκικό έχουν έντονη οσμή και όταν αυξάνεται η ποσότητα τους στην τροφή μπορεί να επιφέρουν σημαντική μείωση της κατανάλωσης της τροφής, με συ-

νέπεια τη μείωση του ρυθμού αύξησης του σωματικού βάρους (Eckel et al. 1992; Kirhgessner et al. 1993). Επιπλέον, προσθήκη υπερβολικής ποσότητας μυρμηκικών αλάτων στην τροφή μπορεί να επιφέρει διαταραχή της οξεοβασικής ισορροπίας στον οργανισμό και να οδηγήσει σε μεταβολική οξέωση, με αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης της τροφής και τη μειωμένη ανάπτυξη (Eckel et al. 1992; Eidelsburger et al. 1992; Grassmann et al. 1992). Όταν η τροφή αποτελείται από δημητριακούς καρπούς και πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης και δεν περιλαμβάνει υποκατάστατα γάλακτος ή υποπροϊόντα γάλακτος, η προσθήκη οργανικών οξέων μπορεί να βελτιώσει τις αποδόσεις των χοιριδίων (Burnell et al. 1988; Roth et al. 1993). Αυτό δικαιολογείται από το γεγονός ότι η ζύμωση της λακτόζης δίνει γαλακτικό οξύ στο στόμαχο και το λεπτό έντερο, οπότε επέρχεται μείωση του *pH,* με αποτέλεσμα να μειώνεται η ανάγκη για χρήση οργανικών οξέων στην τροφή (Easter 1988; Stryer 1988). Η μείωση του *pH* αποτελεί ερέθισμα για την κένωση του στομάχου. Το βενζοϊκό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί στις τροφές των χοιριδίων ως συντηρητικό ή ως οξινοποιητής· σε πειραματισμό χρησιμοποιήθηκε στις τροφές απογαλακτισμού σε ποσοστό 2% και στην εναρκτήρια τροφή πάχυνσης σε ποσοστό 1%. Το βενζοϊκό οξύ ανιχνεύθηκε σε σημαντική ποσότητα στο στόμαχο των χοιριδίων και σε μικρότερες ποσότητες στο λεπτό έντερο υποδεικνύοντας ότι το βενζοϊκό οξύ μεταβολίζεται με βραδύτερο ρυθμό σε σχέση με άλλα οργανικά οξέα. Η προσθήκη στην τροφή βενζοϊκού οξέος είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του πληθυσμού των οξυγαλακτικών βακτηρίων, των γαλακτοβάκιλλων και των ζυμών σε όλο το γαστρεντερικό σωλήνα (Maribo et al. 2000). Οι αριθμοί των κολοβακτηριοειδών μειώθηκαν σημαντικά στα χοιρίδια που κατανάλωσαν την τροφή με το βενζοϊκό οξύ σε σύγκριση με τους μάρτυρες. Επίσης, τα χοιρίδια αυτά παρουσίασαν μικρότερα ποσοστά εμφάνισης διάρροιας, ενώ είχαν υψηλότερο ρυθμό σωματικής αύξησης και καλύτερο δείκτη μετατρεψιμότητας σε σύγκριση με τους μάρτυρες (Maribo et al. 2000). Το βενζοϊκό οξύ ή και το άλας του με ασβέστιο έχουν την ιδιότητα να μειώνουν την τιμή του *pH* των ούρων, με αποτέλεσμα τη μικρότερη έκλυση αμμωνίας και τη μικρότερη επιβάρυνση του μικροκλίματος ενός θαλάμου εκτροφής χοίρων (Mroz et al 1997b; Maribo et al. 2000).

Η προσθήκη διφορμικού καλίου σε ποσότητα 1,8% στην τροφή απογαλακτισμένων χοιριδίων δεν επηρέασε σημαντικά την τιμή του *pH* σε όλο το μήκος του γαστρεντερικού σωλήνα, αλλά παρουσιάστηκε αυξημένη ποσότητα μυρμηκικού οξέος στο στόμαχο και στο λεπτό έντερο. Επίσης, παρουσιάστηκαν μικρότεροι πληθυσμοί αναερόβιων βακτηρίων, οξυγαλακτικών βακτηρίων και ζυμών στο λεπτό και στο παχύ έντερο. Οι αριθμοί των κολοβακτηριοειδών δεν μειώθηκαν σημαντικά στα χοιρίδια που κατανάλωσαν με την τροφή διφορμικό κάλιο σε σύγκριση με τους μάρτυρες, αν και παρουσίασαν μείωση (Canibe et al. 2001). Όμως σε άλλη εργασία βρέθηκε ότι οι αριθμοί των κολοβακτηριοειδών βακτηρίων μειώθηκαν σημαντικά στα χοιρίδια που κατανάλωσαν με την τροφή διφορμικό κάλιο σε σύγκριση με τους μάρτυρες (Overlant et al. 2000).

Στους παχυνόμενους χοίρους τα οργανικά οξέα βελτιώνουν, επίσης, τη φαινομένη πεπτικότητα των πρωτεϊνών και των αμινοξέων, καθώς και την απορρόφηση των ανόργανων ουσιών (Mosentin et al. 1992; Kemme et al. 1995; Mroz et al. 1997a). Οι δράσεις αυτές έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτίωση των αποδόσεων, αλλά και τη μειωμένη απέκκριση αζώτου και φωσφόρου στο περιβάλλον με τα κόπρανα. Τα τελευταία χρόνια η εκτροφή του χοίρου παγκοσμίως δέχεται αυξημένες πιέσεις ώστε να αναπτύξει μεθόδους για την καλύτερη απορρόφηση και αφομοίωση του αζώτου και φωσφόρου και να μειώσει την απόθεσή τους στο περιβάλλον, με σκοπό τον περιορισμό του φαινομένου του ευτροφισμού. Τα οργανικά οξέα μπορεί να αποτελέσουν μια επιλογή για την επίτευξη αυτού του στόχου.

Η διερεύνηση της δράσης των οργανικών οξέων στις αποδόσεις των παχυνόμενων χοίρων έδειξε ότι το μυρμηκικό οξύ και τα άλατά του παρουσιάζουν καλύτερα αποτελέσματα από αυτά του φουμαρικού οξέος όταν χορηγήθηκαν σε ποσότητα 8 g/kg τροφής το καθένα (Galfi and Bokori 1990). Επίσης, το γαλακτικό οξύ και το άλας του βουτυρικού οξέος με νάτριο είχαν ικανοποιητική επίδραση στις αποδόσεις των παχυνόμενων χοίρων (Galfi and Bokori 1990). Διευκρινίζεται, όμως, ότι η χρήση αυξημένης ποσότητας προπιονικού οξέος στις τροφές είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού αύξησης του βάρους, καθώς και τη μειωμένη πρόσληψη τροφής (Thacker et al. 1992), πιθανώς επειδή το προπιονικό οξύ προσδίδει στις τροφές χαρακτηριστική οσμή.

Η διερεύνηση της δράσης των οργανικών οξέων στις αποδόσεις των χοιρομητέρων είναι περιορισμένη. Η προσθήκη μυρμηκικού οξέος στην τροφή χοιρομητέρων που βρίσκονταν σε κυοφορία ή γαλουχία δεν προκάλεσε μεταβολή στη θρεπτική κατάσταση των χοιρομητέρων καθόλη την περίοδο του κύκλου κυοφορίας-τοκετού-γαλουχίας. Επίσης, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές στο μέγεθος της τοκετοομάδας, στο βάρος των χοιριδίων κατά τη γέννηση και στο βάρος των χοιριδίων κατά τον απογαλακτισμό. Παρατηρήθηκαν, όμως, σημαντικές διαφορές στην κατάσταση της υγείας των χοιρομητέρων και θεωρήθηκε ότι το μυρμηκικό οξύ έχει αντιμικροβιακές ιδιότητες που προλαμβάνουν το σύνδρομο της αγαλαξίας (Mroz et al. 1998).

Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΟΞΕΩΝ ΣΤΙΣ ΑΠΟΔΟΣΕΙΣ ΤΩΝ ΠΤΗΝΩΝ

Η επίδραση των οργανικών οξέων στις αποδόσεις των κρεοπαραγωγών ορνιθίων έχει ευρύτατα διερευνηθεί. Η προσθήκη μυρμηκικού ασβεστίου σε ποσοστά 0,5% και 1% είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του σωματικού βάρους των ορνιθίων και του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής, ενώ σε ποσοστά 1,5-2,5% είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της κατανάλωσης της τροφής και του ρυθμού αύξησης του σωματικού βάρους (Watkins and Miller 1983). Άλλοι όμως ερευνητές ανέφεραν ότι η προσθήκη μυρμηκικού ασβεστίου στις τροφές σε ποσότητα 2% επηρέασε αρνητικά το ρυθμό αύξησης του σωματικού βάρους και το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής (Vogt et al. 1981; Patten and Waldroup 1988). Η προσθήκη προπιονικού οξέος στην τροφή ορνιθίων σε ποσοστό 1% είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής, ενώ σε ποσοστό πάνω από 2% δεν είχε ευνοϊκή επίδραση (Giesting and Easter 1985). Η προσθήκη, όμως, ενός μίγματος μυρμηκικού και προπιονικού οξέος στην τροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων σε ποσοστά 0,125-1% δεν επηρέασε το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής, τη θνησιμότητα, ούτε τη σωματική αύξηση και την κατανάλωση της τροφής (Waldroup et al. 1995). Άλλοι ερευνητές βρήκαν ότι η προσθήκη μίγματος μυρμηκικού και προπιονικού οξέος στην τροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων σε ποσοστό 0,4% είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση του σωματικού βάρους των ορνιθίων και του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής υπό εμπορικές συνθήκες (Spais et al. 2002), ενώ δεν είχε καμία επίδραση όταν ο πειραματισμός διενεργήθηκε σε εργαστηριακές συνθήκες (Florou-Paneri et al. 2001). Αυτά τα αντικρουόμενα πειραματικά αποτελέσματα, που σημειώνονται στη διεθνή βιβλιογραφία, θα μπορούσαν εν μέρει να αποδοθούν στο είδος και στη συγκέντρωση των οργανικών οξέων που χρησιμοποιούνται, αλλά και στην κατάσταση της υγείας των εκτρεφόμενων ζώων.

Η προσθήκη φουμαρικού οξέος στην τροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων σε ποσότητα 1 ή 1,5% βελτίωσε την αύξηση του σωματικού βάρους (Vogt et al. 1981; Patten and Waldroup 1988). Η ευνοϊκή αυτή επίδραση αποδόθηκε στο γεγονός ότι το φουμαρικό οξύ μειώνει τον ολικό αριθμό των βακτηρίων στο λεπτό έντερο και στα τυφλά των ορνιθίων (Vogt et al. 1981). Η προσθήκη, πάλι, σορβικού οξέος στην τροφή κρεοπαραγωγών ορνιθίων σε ποσότητα μέχρι 2% βελτίωσε το ρυθμό σωματικής αύξησης και το δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής (Vogt et al 1981). Η ευνοϊκή αυτή επίδραση αποδόθηκε στο γεγονός ότι τα οργανικά οξέα μεταβάλλουν το *pH* στον εντερικό σωλήνα, ενεργοποιούν τα πρωτεολυτικά ένζυμα και μεταβάλλουν τη σύνθεση της εντερικής μικροχλωρίδας.

Το βουτυρικό οξύ έχει τη δυνατότητα να βελτιώνει, επίσης, τις αποδόσεις των κρεοπαραγωγών ορνιθίων, όταν προστίθεται στην τροφή σε ποσότητα μέχρι 0,2% με τη μορφή του εστέρα του με γλυκερίνη, που έχει λιγότερο πικρή γεύση και οσμή ταγγίσματος σε σχέση με το καθαρό βουτυρικό οξύ (Leeson et al. 2005). Οι Bolton & Dewar (1965) έδειξαν ότι το βουτυρικό οξύ απορροφάται ταχύτατα από τον πρόλοβο και ίσως να μη φτάνει μέχρι το στόμαχο των πτηνών, οπότε η ευεργετική δράση του μπορεί να περιορίζεται μόνο στην εξυγίανση της τροφής και στη μείωση του αριθμού των μικροοργανισμών που διέρχονται τον πρόλοβο.

Η χρήση των οργανικών οξέων στη διατροφή των αυγοπαραγωγών ορνίθων, των ινδορνιθίων, των ορτυκιών και των άλλων ειδών εκτρεφόμενων πτηνών είναι περιορισμένη. Σε σχετικές μελέτες βρέθηκε ότι τα οργανικά οξέα βελτιώνουν την απορρόφηση του φωσφόρου στις όρνιθες και στα κρεοπαραγωγά ορνίθια (Rafacz-Livingston et al. 2005). Τα οργανικά οξέα μπορεί να ανταγωνίζονται τα φυτικά οξέα στη δέσμευση και δημιουργία χηλικών ενώσεων ιχνοστοιχείων και έτσι να αποδεσμεύουν το ασβέστιο και το φωσφόρο και να μη δημιουργούνται ανθεκτικά σύμπλοκα στην υδρόλυση από ενδογενή ένζυμα. Επίσης, τα οργανικά οξέα μπορεί να ενισχύουν και τη δράση της φυτάσης που χορηγείται με σκοπό τη βελτίωση της απορρόφησης του φωσφόρου. Η αύξηση της απορρόφησης του ασβεστίου και του φωσφόρου μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα του κέλυφους των αυγών (Vogt et al. 1981).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την παρούσα εργασία συνάγεται ότι τα οργανικά οξέα μπορεί να προσθέτονται στην τροφή των χοίρων και των πτηνών σε ποσοστά που κυμαίνονται από 0,6-0,8% για το μυρμηκικό οξύ, 0,8-1,0% για το προπιονικό οξύ, 1,2-1,5% για το φουμαρικό οξύ και 2,0-2,5% για το κιτρικό οξύ (Mc Donald et al. 2002). Σήμερα, με τον περιορισμό της χρήσης των αντιβιοτικών τόσο για την αύξηση των αποδόσεων των ζώων, όσο και για την πρόληψη τυχόν νόσων, η χρήση των οργανικών οξέων ως πρόσθετων υλών ζωοτροφών στο χοίρο και στα πτηνά μπορεί να αποτελέσει μια ενδιαφέρουσα εναλλακτική λύση (Spais et al. 2001). Όμως, η αποτελεσματικότητα της προσθήκης των οργανικών οξέων στις αποδόσεις των χοίρων και των πτηνών παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα, η οποία μπορεί να οφείλεται σε διαφορές στο είδος και την ποσότητα προσθήκης του οργανικού οξέος, στο είδος, τη σύνθεση της τροφής και την *pH*-ρυθμιστική της ικανότητα, στα επίπεδα παραγωγής πτητικών λιπαρών οξέων σε ορισμένα τμήματα του εντέρου από τη μικροβιακή

χλωρίδα, στην περιεκτικότητα σε ζυμώσιμους υδατάνθρακες της τροφής, στο επίπεδο της μητρικής ανοσίας, στην ηλικία των χοίρων και των πτηνών, στο υπάρχον επίπεδο αποδόσεων, υγείας, και ευζωίας, όπως πυκνότητα πληθυσμού, αερισμός, συχνότητα καθαρισμών (Mroz 2005). Μολονότι η χρήση αυτή συνιστά ένα μέτρο προφύλαξης του ζωικού οργανισμού από την επιβλαβή δράση ορισμένων μικροβίων, ανάλογο με εκείνο που προσφέρει η προσθήκη στις ζωοτροφές αντιβιοτικών, εντούτοις πλεονεκτεί, γιατί δεν συνεπάγεται κατάλοιπα αντιβιοτικών στα παραγόμενα ζωικά προϊόντα, ούτε δημιουργεί ανθεκτικά βακτήρια στα αντιβιοτικά.

Όμως, η επίδραση των οργανικών οξέων στις αποδόσεις του χοίρου και των πτηνών παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις και απαιτείται να διεξαχθούν περαιτέρω ερευνητικές μελέτες για καλύτερη κατανόηση του μηχανισμού δράσης και της αποτελεσματικότητάς τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ν. Μπότσογλου, καθηγητή Διατροφής της Κτηνιατρικής Σχολής του Α.Π.Θ., για την εποικοδομητική κριτική του και τις πολύτιμες υποδείξεις του κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εν λόγω εργασίας. ❑

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

Adams C (1999) Nutricines: Food Components in Health and Nutrition. University Press Nottingham:20-35

Best P (2000) How do acids work as growth promoters? Feed Inter, May: 23-24

Bolduan G, Jung H, Schneider R, Block J, Klenke B (1988) Influence of propionic and formic acids on piglets. J Anim Phys Anim Nutr 59: 72-78.

Bolton W, Dewar W (1965) The digestibility of acetic, propionic and butyric acids by the fowl. Br Poult Sci, 6: 103-105.

Botsoglou NA, Fletouris DJ (2001) Drug Residues In Foods,. Pharmacology, Food Safety and Analysis. Marcel Dekker, Inc., New York.

Broz J, Schulze J (1987) Efficacy of citric acid as a feed additive in early weaned piglets. J Anim Phys Anim Nutr 58: 215-223.

Burnell TW, Cromwell GL, Stahly TS (1988) Effects of dried whey and copper sulfate on the growth responses to organic acid in diets for weanling pigs. J Anim Sci 66: 1100-1108.

Canibe N, Steien S, Overland M, Jensen B (2001) Effect of K-difformate to starter piglet diets on digesta and faecal microbial profile, and on stomach alterations. J Anim Sci 79: 2123-2133.

Chang EB, Rao MC (1994) Intestinal water and electrolyte transport. Mechanisms of physiological and adaptive responses. In Physiology of the Gastrointestinal Tract, 3rd ed. LR Johnson, DH Alpers, J Christensen and E Jacobsen, editors. New York: Lippencott Raven Press.

Cole DJA, Beal RM, Luscombe JR (1968) The effect on performance and bacterial flora of lactic acid, propionic acid, calcium propionate and calcium acrylate in the drinking water of weaned pigs. Vet Rec, 83: 459-463.

Cranwell PD (1995) Development of the neonatal gut and enzyme systems. In The Neonatal Pig: Development and Survival, MA Varley, editor. Wallingford, Oxon.: CAB International.

Cromwell GL (1990) Antimicrobial agents. In: Swine Nutrition. ER Miller, DE Ullrey, AJ Lewis, eds, Butterworth-Heinemann, Boston, MA, USA.

Easter RA (1988) Acidification of diets for pigs. In Recent Advances in Animal Nutrition , 1988,W Haresign and DJA Cole, editors. London: Butterworths.

Eckel B, Kirchgessner M, Roth FX (1992) Influence of formic acid on daily weight gain, feed intake, feed conversion rate and digestibility. 1. The nutritive value of organic acids in the rearing of piglets. J Anim Phys Anim Nutr 67: 93-100.

Eidelsburger U, Kirchgessner M, Roth FX (1992) Influence of fumaric acid, hydrochloric acid, sodium formate, tylosin and toyocerin on daily weight gain, feed conversion rate and digestibility. 1.Nutritive value of organic acids in piglet rearing. J Anim Phys Anim Nutr 68: 82-92.

Eidelsburger U, Kirchgessner M (1994) Effect of organic acids and salts in the feed on fattening performance of broilers. Arch Geflugelk, 58: 268-277

European Communities, Commission Regulation (EC) No 2821/98 of 17 December 1998 amending, as regards withdrawal of the authorization of certain antibiotics, Council Directive 70/524/EC concerning additives in feedingstuffs, OJ L 351/4:1-5

Evans JL, Kornegay ET (1991) Performance, intestinal digesta, bone and tissue measurements of weanling pigs fed low and high protein diets with varying titratable acidity. J Anim Sci, 69 (suppl. 1): 167-168.

Falkowski JF, Aherne FX (1984) Fumaric and citric acid as feed additives in starter pig nutrition. J Anim Sci 58: 935-938.

Florou-Paneri P, Christaki E, Botsoglou NA, Kalousis A, Spais AB (2001) Performance of broilers and the hydrogen ion concentration in their digestive tract following feeding of diets with different buffering capacities. Arch Geflugelk, 65: 1-5

Foegeding PM, Busta FF (1991) Chemical food preservatives. In Disinfection, Sterilization and Preservation, SS Block, editor. Philadelphia, PA: Lea & Febiger.

Fuller R (1977) The importance of lactobacilli in maintaining normal microbial balance in the crop. Br Poult Sci, 18: 89-94.

Gabert VM, Sauer WC (1995) The effect of fumaric acid and sodium fumarate supplementation to diets for weanling pigs on amino acid digestibility and volatile fatty acid concentrations in ileal digesta. Anim Feed Sci Tech, 53: 243-254.

Galfi P, Bokori J (1990) Feeding trial in pigs with a diet containing sodium n-butyrate. Acta Vet Hung, 38: 3-17.

Gaskins HR. Kelley KW (1995) Immunology and neonatal mortality. In The Neonatal Pig: Development and Survival, MA Varley, editor. Wallingford, Oxon.: CAB International.

Gedek B, Kirchgessner M, Eidelsburger U, Wiehler S, Bott A, Roth FX (1992) Influence of formic acid on the microflora in different segments of the gastrointestinal tract. 5. Nutritive value of organic acids in piglet rearing J Anim Phys Anim Nutr, 67: 206-214.

Giesting DW, Easter RA (1991) Effect of protein source and fumaric

acid supplementation on apparent ileal digestibility of nutrients by young pigs. J Anim Sci, 69: 2497- 2503.

Giesting DW, Easter RA (1985) Response of starter pigs to supplementation of corn-soybean meal diets with organic acids. J Anim Sci, 60: 1288-1294

Grassmann E, Roth FX, Kirchgessner M (1992) Metabolic effects of formic acid in daily use. 6. Nutritive value of organic acids in piglet rearing. J Anim Phys Anim Nutr, 67: 250-257.

Henry RW, Pickard DW, Hughes PE (1985) Citric acid and fumaric acid as food additives for early-weaned piglets. Anim Prod, 40: 505- 509.

Hyden M (2000) Control of *E.coli* in poultry production. Therapeutic alternatives. WPSA Symposium, Expoaviga International Congress on Production and Animal Health, Barcelona, Spain.

Kemme PA, Jongbloed AW, Mroz Z, Maekinen M (1995) Apparent ileal amino acid digestibility in pigs as affected by phytate, microbial phytase, and lactic acid. J Anim Sci, 73: Suppl. 1, 173-176.

Kirchgessner M, Roth FX (1980) Digestibility and balance of protein, energy and some minerals in piglets given supplements of fumaric acid. Zeit Tierphys Tierernah Futter, 44: 239-246.

Kirchgessner M, Roth FX (1982) Propionic acid as a feed additive in the rearing of piglets and fattening of pigs. Wirts Futter 28: 225-234.

Kirchgessner M, Roth FX (1987) Use of formates in the feeding of piglets. 1. Calcium formate. Landwirts Fors, 40: 141-152.

Kirchgessner M, Roth FX (1988) Energy value of organic acids in the rearing of piglets and the fattening of pigs. Tierernah, 16: 93-108.

Kirchgessner M, Roth FX, Eidelsburger U (1993) Nutritive value of tartaric and malic acids in piglet rearing. J Anim Phys Anim Nutr, 70: 216-224.

Kirchgessner M, Roth FX, Paulicks BR (1995) Nutritive value of sorbic acid in piglet rearing. J Anim Phys Anim Nutr, 74: 235-242.

Knarreborg A, Miquel N, Granli T, Jensen B (2002) Establishment and application of an in vitro methodology to study the effects of organic acids on coliform and lactic acid bacteria in the proximal part of the gastrointestinal tract of piglets. Anim Feed Sci Tech, 99: 131-140.

Kornegay ET, Evans JL (1991) Growth, intestinal digesta, bone and tissue measurements of weanling pigs fed diets with two calcium sources and varying titratable acidity. J Anim Sci, 69 (suppl. 1): 170.

Leeson S, Namkung H, Antongiovanni M, Lee EH (2005) Effect of butyric acid on the performance and carcass yield of broiler chickens. Poult Sci, 84: 1418-1422.

Lueck E (1980) Antimicrobial Food Additives: Characteristics, Uses, Effects. Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Lupton JR, Kurtz PP (1993) Relationship of colonic luminal short-chain fatty acids and *pH* to in vivo cell proliferation in rats. J Nutr, 123: 1522-1530.

Makkink C (2001) Acid binding capacity in feedstuffs. Feed Int, October: 24-27.

Maribo H, Olsen L, Jensen B, Miquel N (2000) Production until Slaughter, Combination of organic acids, Danish Slaughter Journal: 1-13

Mathew AG, Sutton AL, Scheidt AB, Forsyth DM, Patterson JA, Kelly DT (1991) Effects of propionic acid containing feed additive on performance and intestinal microbial fermentation of the weanling pig. Proc. 6th Int Symp on the digestive Physiology in pigs, PUDOC Wageningen, The Netherlands: 464-469

Maxwell FJ, Stewart CS (1995) The microbiology of the gut and the role of probiotics. In The Neonatal Pig: Development and Survival, MA Varley, editor. Wallingford, Oxon.: CAB International.

McDonald P, Edwards RA, Greenhalgh JFD, Morgan CA (2002) Animal Nutrition, 6th ed. London: Longman Scientific & Technical Group, UK Ltd, Essex, England.

Mosenthin R, Sauer WC, Ahrens F, de Lange CFM, Bornholdt U (1992) Effect of dietary supplements of propionic acid, siliceous earth or a combination of these on the energy, protein and amino acid digestibilities and concentrations of microbial metabolites in the digestive tract of growing pigs. Anim Feed Sci Tech, 37: 245-255.

Mroz Z (2005) Organic acids as potential alternatives to antibiotic growth promoters for pigs.Adv Pork Prod, 16: 169-182.

Mroz Z, Grela ER, Krasucki W, Kies AK, Schoener FJ (1998) Microbial phytase in combination with formic acid for reproductive sows. J Anim Sci, 76: Suppl. 1, 177.

Mroz Z, Jongbloed AW, Partanen K, van Diepen JTM, Kemme PA, Kogut J (1997a) Apparent digestibility of amino acids and balance of nitrogen and minerals as influenced by buffering capacity and organic acids in diets for growing swine. J Anim Sci, 75: Suppl. 1, 185.

Mroz Z, Krasucki W, Grela E (1997b) Prevention of bacteriuria and ammonia emission by adding sodium benzoate to diets for pregnant sows. Australasian Pig Science Assosiation. 6th Biennial Conference, Canberra, Australia.

Nabuurs MJA (1995) Microbiological, structural and functional changes of the small intestine of pigs at weaning. Pig News Inf, 16: 93-97.

Nikolakakis I, Efremidis K, Dotas B, Agelopoulos S (2002) Feed acidification as biological factor of piglets growth. Geoponica, 1: 1-14

Overland M, Granli T, Kjos N, Fjetland O, Stockstad M, Steien S (2000) Effect of dietary organic formats on growth performance, carcass traits, sensory quality, intestinal microflora and, stomach alterations in growing-finishing pigs. J Anim Sci, 78: 1875-1884.

Patience JF, Austic RE, Boyd RD (1987) Effect of dietary electrolyte balance on growth and acid-base status in swine. J Anim Sci, 64: 457-466.

Partanen K, Mroz Z (1999) Organic acids for performance enhancement in pig diets. Nutr Res Rev, 12: 117-145.

Patten J, Waldroup P (1982) Use of organic acids in broiler diets. Poult Sci, 67: 1178-1182.

Phillipsen P (2005) Animals benefit from adding acids to the drinking water. Feed Tech, 9: 24-26.

Radecki SV, Juhl MR, Miller ER (1988) Fumaric and citric acids as feed additives in starter pig diets: effect on performance and nutrient balance. J Anim Sci, 66: 2598-2605.

Ravindran V, Kornegay ET (1993) Acidification of weaner pig diets: a review. J Sci Food Agric, 62: 313-322.

Risley CR, Kornegay ET, Lindemann MD, Wood CM, Eigel WN (1993) Effect of feeding organic acids on gastrointestinal digesta measurements at various times post weaning in pigs challenged with enterotoxigenic Escherichia coli. Can J Anim Sci, 73: 931-940.

Roth FX, Kirchgessner M (1988) Use of acetic acid in pig nutrition. Landwirt Fors, 41: 253-258.

Roth FX, Kirchgessner M, Eidelsburger U (1993) Nutritive value of lactic acid in piglet rearing. Agr Res, 46: 229-239.

Sakata T, Adachi M, Hashida M, Sato N, Kojima T (1995) Effect of n-butyric acid on epithelial cell proliferation of pig colonic

mucosa in short-term culture. Tier Woch, 102: 163-164.

Scipioni R, Zaghini G, Biavati B (1978) The use of acidified diets for early weaning of piglets. Zootec Nutr Anim, 4: 201-218.

Smith H (1963) Observations on the flora of the alimentary tract of animals and factors affecting its composition. J Path Bact, 49: 95-112.

Spais AB, Florou-Paneri P, Christaki E (2001) The principles of nutrition of mammals and birds. Synchrony Paideia, Thessaloniki.

Spais AB, Giannenas I, Florou-Paneri P, Christaki E, Botsoglou NA (2002) Effect of Genex, a feed additive containing organic acids and herb extracts, on the performance of broiler chickens. J Hel Vet Med Soc, 53: 247-256.

Strauss G, Hayler R (2001) Effects of organic acids on micro-organisms. Feed Mag, 4: 147-152.

Straw ML, Kornegay ET, Evans JL, Wood CM (1991) Effects of dietary pH and phosphorus source on performance, gastrointestinal tract digesta, and bone measurements of weanling pigs. J Anim Sci, 69:4496-4504.

Stryer L (1988) Biochemistry. 3rd Ed, WH Freeman Company, New York.

Sturkie PD (1976) Protein metabolism. In: Avian Physiology. 3rd Ed, Springer-Verlag, New York.

Thacker PA, Campbell GL, Groot Wassink J (1992) The effect of organic acids and enzyme supplementation on the performance of pigs fed barley-based diets. Can J Anim Sci, 72: 395-402.

Vogt V, Matthes S, Harnish S (1981) The effect of organic acids in the rations on the performance of broilers and laying hens. Arch Geflugelk, 45: 221-232.

Waldroup A, Kaniawati S, Mauromustakos A (1995) Performance characteristics and microbiological aspects of broilers fed diets supplemented with organic acids. J Food Prot, 58: 482-489.

Watkins BA, Miller BF (1983) Competitive gut exclusion of avian pathogens by Lactobacillus acidophilus in gnobiotic chicks. Poult Sci, 62: 1772-1779

Wegener HC, Aarestrup FM, Jensen LB, Hammerum AM, Bager F (1998) The association between the use of antimicrobial growth promoters and development of resistance in pathogenic bacteria towards growth promoting and therapeutic antimicrobials. J Anim Feed Sci Tech, 7: 7-14.