

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 33, No 3 (1982)

Υπεύθυνα σύμφωνα με το νόμο

ΠΡΟΪΚΤΗΤΗΣ: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

Επισημονύχ Σωματείο άνεγχορτισμένο, έπισημ. 110/19.2.1975
 ροδικοί: Αθηνών.
 όρος γι τó έτος 1982.
 Κωδικός

ΟΤΗΣ Έκδίδεται υπό αίρετη πενταετής συντακτικής έπιτροπής (Σ.Ε.) μέλών τής Ε.Κ.Ε.

ΠΡΟΪΚΤΗΣ ΣΥΝΤΑΞΕΩΣ: Ό Πρόεδρος τής Σ.Ε. Λουκάς Εύσταθίου, Ζαλοκίστα 30, Χαλάνδρι, Τηλ. 6823439

Ενικός Έπιπ.:
 Πρωτοβόλος
 Δομάνης
 Λοματριάδης
 Μιλάγγης
 Παναγιωτοπούλου - Έκτύπωση
 ΕΠΙΤΑΛΟΦΟΣ Α.Β.Ε.Ε.
 Τηλ. 12 16 Αθήνα
 Τ.Κ. 11513 - 9214820
 ΕΚΔΟΣΕΩΣ: Αθήνα


Αριθμός: 546
 Τεχνόδρομείο

Εθνικού	δρχ.	500
Εξωτερικού	"	1000
Επιτηδίων ημεδαπής	"	300
Επιτηδίων αλλοδαπής	"	500
του τεύχους	"	200
κ.λ.π.	"	1000

P.O.B. 546
 Central Post Office
 Athens - Greece

L. Efsthioiu
 Zalokosta 30,
 Halandri
 Greece

Subscription rates:
 Foreign Countries)
 S.A. 20 per year.



Δελτίον

ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ

ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΕΚΔΟΣΗ
 ΠΕΡΙΟΔΟΣ Β
 ΤΟΜΟΣ 33
 ΤΕΥΧΟΣ 3

ΙΟΥΛΙΟΣ - ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ
 1982

Bulletin

OF THE HELLENIC VETERINARY MEDICAL SOCIETY

QUARTERLY
 SECOND PERIOD
 VOLUME 33
 No 3

JULY - SEPTEMBER
 1982

Έπιτοχές και έμβόσηματα άποστέλλονται έπ' όνόμω κ. Στ. Μόλαρη Κτην. Ίνστι. Ύγιανής και Τεχνολογίας Τροφίμων. Ίερά όδός 75, Τ.Τ. 301 Αθήνα. Μόλιτες έπιστολές κ.λ.π. άποστέλλονται στον κ. Α. Εύσταθίου, Κτηνιατρικό Ίνστιτούτο Φυσιολογίας, Άνευπαγωγής και Διατροφής Ζώων, Ναυπόλεος 9-25, Άγία Παρασκευή Άττικής.

Water activity: Its significance and application in food safety and preservation

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΓΕΝΗΠΩΡΓΗΣ

doi: [10.12681/jhvms.21545](https://doi.org/10.12681/jhvms.21545)

Copyright © 2019, ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΓΕΝΗΠΩΡΓΗΣ



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

To cite this article:

ΓΕΝΗΠΩΡΓΗΣ Κ. Α. (2019). Water activity: Its significance and application in food safety and preservation. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 33(3), 211–225. <https://doi.org/10.12681/jhvms.21545>

ΕΝΕΡΓΟ ΝΕΡΟ (a_w): ΣΗΜΑΣΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α. ΓΕΝΗΓΙΩΡΓΗΣ*

WATER ACTIVITY: ITS SIGNIFICANCE AND APPLICATION IN FOOD SAFETY AND PRESERVATION

CONSTANTIN A. GENIGEORGIS*

SUMMARY

One of the most important environmental parameters which affect the growth, biochemical activities and death of microorganisms in foods is water activity (a_w). By appropriate adjustment of a_w in the food system the food scientist can secure its extended preservation and minimize the possibility of a food-borne disease problem. This paper deals with the following subjects with respect to a_w : the effect of a_w on the growth and the biochemical activities of microorganisms; the parameters which affect the water requirement of microorganisms; the effect of a_w on the survival of microorganisms at low and high temperature; the technology of a_w adjustment in foods and its food safety implications and finally a discussion of some recent developments, trends and problems in the application of the a_w principle in food preservation.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους πλέον σπουδαίους παράγοντας του περιβάλλοντος που επηρεάζουν την ανάπτυξη, βιοχημική δραστηριότητα, βλάστηση σπόρων και θάνατο των μικροοργανισμών (Μ.Ο) στις τροφές είναι το ενεργό ή ελεύθερο νερό (water activity). Με κατάλληλη ρύθμιση της ποσότητας του ενεργού νερού στις τροφές ο επιστήμων των τροφίμων μπορεί σήμερα να εξασφαλίσει την παρατεταμένη συντήρησή τους και να μειώσει τον κίνδυνο τροφοδηλητηριάσεων.

II. ΟΡΙΣΜΟΣ - ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Ός συντελεστής ενεργού ή ελεύθερου νερού (a_w) μιάς τροφής ή διαλύματος θεωρείται ο λόγος της πίεσεως των υδρατμών της τροφής ή διαλύματος (P) σε σχέση με την πίεση των υδρατμών του άπεσταγμένου νερού (P_0) στην ίδια θερμοκρασία ($a_w = P/P_0$). Όταν η τροφή είναι σε ίσορροπία με την ατμόσφαιρα τότε η σχετική υγρασία αντιστοιχεί με $100 \times a_w$. Η προσθήκη αλάτων, σακχάρων ή άλλων ουσιών στο νερό ή την τροφή μειώνει το a_w .

* Τμήμα Έπιδημιολογίας και Προληπτικής Ύατρικής Κτηνιατρικής Σχολής Πανεπιστημίου Καλιφόρνιας, Davis, CA, 95616, USA.
Department of Epidemiology and Preventive Medicine, School of Veterinary Medicine, University of California, Davis, California 95616, USA.

Στήν περίπτωση τῶν ιδεωδῶν διαλυμάτων τὸ a_w σύμφωνα μὲ τὸ νόμο τοῦ Ραούλ ἰσοῦται μὲ

$$a_w = \frac{N_2}{N_2 + N_1}$$

δπου N_1 καὶ N_2 εἶναι τὰ γραμμομόρια τῆς οὐσίας καὶ τοῦ διαλύτου (νερὸ) ἀντίστοιχα (30,65). Ἔτσι γιὰ μιὰ ιδεώδη διάλυση ἑνὸς γραμμομορίου μιᾶς οὐσίας σὲ νερὸ τὸ a_w θὰ εἶναι $1000/18/1000/18+1 = 0.9823$. Στὴν πραγματικότητα μὴ ἠλεκτρολύτες σὲ ἀραιὲς συγκεντρώσεις πλησιάζουν αὐτὴ τὴ θεωρητικὴ τιμὴ, ἐνῶ διαλύματα ἠλεκτρολυτῶν ἀπομακρύνονται σημαντικὰ τῆς θεωρητικῆς τιμῆς σὲ ὄλες τὶς συγκεντρώσεις. Ἔτσι διάλυμα ἑνὸς γραμμομορίου ζάχαρης, NaCl, γλυκερίνης καὶ CaCl ἔχουν ἀντίστοιχα a_w 0.9806, 0.9669, 0.9816 καὶ 0.945 ἀντὶ τῆς θεωρητικῆς τιμῆς τοῦ 0.9823.

Τροφῆς μὲ τὸ αὐτὸ ποσὸ νεροῦ δὲν ἔχουν ἀπαραίτητα τὸ ἴδιο a_w . Ἐπίσης τροφῆς μὲ τὸ ἴδιο a_w δὲν ἔχουν ἀπαραίτητα τὸ ἴδιο ποσὸ συνολικοῦ νεροῦ (5, 6, 9). Γιὰ κάθε τροφή ὑπάρχει εἰδικὴ καμπύλη ποῦ συσχετίζει τὸ a_w μὲ τὸ συνολικὸ ποσὸ νεροῦ. Ἡ σχέση a_w μὲ τὸ συνολικὸ νερὸ μεταβάλλεται ἀνάλογα μὲ τὸν τρόπο ρυθμίσεως τοῦ a_w δηλαδὴ ἐὰν προστέθηκαν οὐσίες γιὰ νὰ ληφθεῖ μιὰ ὀρισμένη τιμὴ a_w ἢ ἔγινε πρῶτα ἀφυδάτωση τῆς τροφῆς καὶ μετὰ προστέθηκε νερὸ ἕως δτου ληφθεῖ τὸ a_w ποῦ ἐπιθυμοῦμε (7,65).

III. ΕΝΕΡΓΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Τὸ a_w τῶν τροφῶν ἐπηρεάζει σημαντικὰ τὴν ἀνάπτυξη τῶν Μ.Ο., τὶς μεταβολικὲς τοὺς δραστηριότητες καὶ τὴν ἀντίσταση καὶ ἐπιβίωσή τους σὲ διάφορα περιβάλλοντα. Οἱ ἐπιδράσεις αὐτὲς ἀφοροῦν τόσο τοὺς παθογόνους ὅσο καὶ τοὺς μὴ παθογόνους Μ.Ο. ποῦ προκαλοῦν ἀλλοιώσεις τῶν τροφίμων ἢ χρησιμοποιοῦνται σὰν καλλιέργειες ἀπὸ τὶς βιομηχανίες τροφίμων.

A. Ἐπίδραση a_w ἐπὶ τοῦ πολλαπλασιασμοῦ καὶ τῶν μεταβολικῶν δραστηριοτήτων τῶν μικροοργανισμῶν.

Γενικὰ τὸ a_w ἐπηρεάζει τὴ φάση προσαρμογῆς (lag phase) καὶ τὴν ταχύτητα πολλαπλασιασμοῦ καὶ θανάτου τῶν Μ.Ο. (59,65). Οἱ Μ.Ο. ἀναπτύσσονται στὶς τροφῆς μέσα σὲ ὀρισμένα ὄρια a_w . Ἡ φάση προσαρμογῆς παρατείνεται ὅσο τὸ a_w ἀυξάνει. Οἱ περισσότεροι Μ.Ο. ποῦ ἀναπτύσσονται στὶς τροφῆς ἀπαιτοῦν ὑψηλὸ a_w (κοντὰ στὸ 1) γιὰ ταχύτερο καὶ ἄνετο πολλαπλασιασμό. Ἐλάχιστοι Μ.Ο. ἀπαιτοῦν μειωμένο a_w . Ὁ πολλαπλασιασμός τῶν Μ.Ο. παύει ὅταν τὸ a_w μειώνεται κάτω τοῦ 0.62. Κάτω τῆς τιμῆς αὐτῆς ἐπίσης οἱ Μ.Ο. πεθαίνουν βαθμιαῖα καὶ μὲ ταχύτητα ποῦ ἐπηρεάζεται ἀπὸ πολλοὺς παράγοντες. Γενικὰ οἱ μύκητες εἶναι πιὸ ἀνθεκτικοὶ σὲ χαμηλὸ a_w ἀπὸ ὅτι οἱ ζῦμες ποῦ εἶναι πιὸ ἀνθεκτικὲς ἀπὸ τὰ μικρόβια.

Οἱ ἀπαιτήσεις τῶν Μ.Ο. σὲ ἐλεύθερο νερὸ καὶ ἡ χαμηλότερη τιμὴ τοῦ a_w ποῦ σταματᾷ τὸν πολλαπλασιασμό ἐπηρεάζονται ἀπὸ:

1) Διατροφή: Το είδος της τροφής επηρεάζει την ταχύτητα ανάπτυξεως σε ένα όρισμένο a_w . Βιταμίνες και όρισμένα αμινοξέα επιτρέπουν την ανάπτυξη των σταφυλοκόκκων και σαλμονελλών σε χαμηλότερο a_w (9,53,61).

2) Όξυγόνο: Οί σταφυλόκοκκοι και οί σαλμονέλλες αναπτύσσονται σε τροφές με χαμηλότερο a_w υπό αερόβιες συνθήκες από ότι με αναερόβιες συνθήκες (19,23).

3) Θερμοκρασία: Γενικά το χαμηλότερο a_w επιτυγχάνεται όταν ή θερμοκρασία είναι ή πλέον ευνοϊκή.

4) Είδος ρυθμιστικής ουσίας: Η ρύθμιση του a_w με μιá όρισμένη ουσία ή μίγματα ουσιών σε μιá όρισμένη τιμή έχει διαφορετική επίδραση στον κάθε Μ.Ο. (4, 48,53).

5) Ρύθμιση pH: Στο πλέον ευνοϊκό pH οί Μ.Ο. αναπτύσσονται στο πλέον χαμηλό a_w (3,4,50,53).

6) Τρόπος ρυθμίσεως του a_w : Η ρύθμιση του a_w με προσθήκη διαφόρων ουσιών επιτρέπει ανάπτυξη σε χαμηλότερο a_w από ότι εάν ή ρύθμιση στην ίδια τιμή a_w γινόταν με συνδυασμό αφυδατώσεως και στή συνέχεια με προσθήκη νερού (32).

7) Αρχικός αριθμός μικροοργανισμών και διαφορές μεταξύ στελεχών: Μέχρι ένα όριο όσο πιο έντονος ό βαθμός μόλυνσεως της τροφής από ένα όρισμένο είδος Μ.Ο., τόσο πιο χαμηλό είναι το a_w που σταματά τον πολλαπλασιασμό (18-23,47,66). Διαφορές μεταξύ στελεχών έχουν παρατηρηθεί επανειλημμένα.

B. Ελάχιστες τιμές a_w για την ανάπτυξη των παθογόνων μικροοργανισμών.

1) **Staphylococcus aureus.** Αερόβια ανάπτυξη παρατηρήθηκε σε a_w 0.86 και αναερόβια σε 0.9 υπό του Scott (53).

Πρόσφατα παρατηρήθηκε αερόβια ανάπτυξη σε a_w 0.83-0.84 (32, 63). Αερόβια παραγωγή έντεροτοξίνης Α παρατηρήθηκε σε 0.87 και 0.86 αντίστοιχα σε κρέας βοδινό και ζαμπόν (61). Αερόβια παραγωγή έντεροτοξινών Β και C παρατηρήθηκε σε a_w 0.925 (18,20,62).

2) **V. parahaemolyticus:** Ελάχιστο a_w 0.937, 0.945, 0.957, 0.983 και 0.986 παρατηρήθηκε όταν το a_w ρυθμίστηκε αντίστοιχα με γλυκερίνη, KCl, ζάχαρη, γλυκόζη και propylene oxide (4).

3) **Salmonella:** Η χαμηλότερη τιμή a_w που επέτρεψε αερόβια ανάπτυξη των σαλμονελλών ήταν 0.93 (8).

4) **B. cereus.** Το ελάχιστο a_w που επέτρεψε ανάπτυξη σε ζωμό ήταν 0.955 (51).

5) **C. perfringens:** Το ελάχιστο a_w βρέθηκε να είναι 0.95-0.97, όταν χρησιμοποιήθηκε ζάχαρη ή NaCl και 0.93-0.95 όταν χρησιμοποιήθηκε γλυκερίνη (29,60).

6) **C. botulinum:** Ανάπτυξη και τοξιγένεση έχει παρατηρηθεί για τους τύπους Α και Β σε a_w 0.93 και 0.97 όταν ή ρύθμιση του a_w έγινε αντίστοιχα με γλυκερίνη και NaCl. Το ελάχιστο a_w για τον τύπο Ε ήταν 0.95 και 0.98 κάτω από τις ίδιες συνθήκες (3).

7) Άλλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί: 'Η **Y. enterocolitica** παύει να αναπτύσσεται όταν το a_w είναι 0.945 (58). 'Η ανάπτυξη του **Campylobacter** παρεμποδίζεται με 3.5% άλμη (14) της οποίας το a_w υπολογίζεται σε 0.985. Γενικά όταν χρησιμοποιούνται NaCl και σάκχαρα για τη ρύθμιση του a_w , τότε ή ανάπτυξη της **E. coli** παρεμποδίζεται με $a_w < 0.95$ και της **Shigella** με $a_w < 0.96$ (8.37).

Μύκητες: Οί μύκητες μπορούν να αναπτυχθούν σε τροφές με πολύ χαμηλό a_w (> 0.62). Έλάχιστες τιμές a_w που επέτρεψαν παραγωγή μυκοτοξινών είναι: για Citrinin 0.90, για Patulin 0.9, για Cyclopiiazonic acid 0.87, για Citreoviridin 0.86, Ochratoxin A 0.85, Criseofulvin 0.85, Aflatoxin 0.83 και για Penicillic acid 0.80 (2.13.37). Γενικά οί μύκητες αναπτύσσονται σε χαμηλότερο a_w από εκείνο που χρειάζεται για την παραγωγή μυκοτοξινών.

Γ. Ένεργό νερό και επιβίωση τών μικροοργανισμών

1) Έπίδραση του a_w στην θερμοανθεκτικότητα του μικροοργανισμού: Γενικά ή θερμοανθεκτικότητα τών βλαστικών μορφών τών Μ.Ο αυξάνει με την μείωση του a_w και εξαρτάται από το είδος και την ποσότητα της προσθετικής ούσιος που χρησιμοποιήθηκε για τη ρύθμιση του a_w (23,65). Συχνά σε χαμηλό a_w υπάρχει μεγαλύτερη επίδραση της τοξικότητας τών ούσιών από ότι ή αύξηση της θερμοανθεκτικότητας. Οί επίδρασεις τών διαφόρων ρυθμιστικών ούσιών επί της θερμοανθεκτικότητας τών Μ.Ο. είναι πιό εμφανείς σε a_w 0.2-0.4. 'Η προσθήκη ύδατανθράκων γενικά αυξάνει την θερμοανθεκτικότητα ενώ το NaCl την μειώνει. 'Η επίδραση άραιών συγκεντρώσεων εξαρτάται από τόν Μ.Ο., είδος τροφής και συγκέντρωση. 'Η θερμοαντοχή τών σπόρων αυξάνει με την μείωση του a_w (23). 'Η μέγιστη θερμοαντοχή παρατηρείται σε a_w 0.2-0.4 (46). Αύξημένη συγκέντρωση αλάτων μειώνει την ανάνηψη τραυματισμένων σπόρων. 'Η θερμοαντοχή τών σπόρων του **C. botulinum E** αυξήθηκε κατά 10 φορές με τη μείωση του a_w από 1 σε 0.9 (46). 'Ο λογάριθμος της τιμής D σε 95°C για τούς σπόρους του **B. subtilis** ήταν 4 όταν το a_w ρυθμίστηκε με άτμούς, 2.5 όταν ρυθμίστηκε με LiCl και 1.5 όταν ρυθμίστηκε με γλυκερίνη. Στις τροφές γενικά όσο το a_w μειώνεται και ή τροφή γίνεται «πιό ξηρή», τόσο πιό έντονη θέρμανση (ύψηλότερη θερμοκρασία ή παράταση χρόνου) χρειάζεται για άποτελεσματική καταστροφή του αυτού άρχικου άριθμού Μ.Ο. 'Η παρουσία λιπών μειώνει το a_w και αυξάνει την θερμοαντοχή. Έτσι οί σπόροι του **B. cereus** βρέθηκαν να είναι 1.000 φορές πιό άνθεκτικοί σε λάδι σόγιας από ότι σε λάδι σόγιας με 1% νερό (45). Για τούς σταφυλοκόκκους ή D_{60} ήταν 5.3 και 42.4 λεπτά όταν ή θέρμανση έγινε σε 10% σκόνη γάλα και σκόνη γάλα με 57% ζάχαρη (23). Για τίς σαλμονέλλες ή D_{57} ήταν 0.6-1.5 και 5-38 λεπτά αντίστοιχα σε a_w 0.99 και 0.96 (23). Είδικά για την **S. senftenberg** 775W ή D_{57} ήταν 13-16 και 43-55 λεπτά σε a_w 0.99 και 0.96 (23).

Πρίν μερικά χρόνια ή κατανάλωση σοκολάτας προκάλεσε έκτεταμένες τροφολητηριάσεις στις Η.Π.Α και τόν Καναδά. Πειραματισμοί άπέδειξαν ότι ή

υπεύθυνη για την τροφοδηλητηρίαση σαλμονέλλα ήταν πάρα πολύ θερμοανθεκτική στο περιβάλλον της σοκολάτας και επέζησε της διαδικασίας παραγωγής. Βρέθηκε πώς ή $D_{70}=12$ ώρες. Δηλαδή χρειάστηκαν 12 ώρες θερμάνσεως της σοκολάτας σε 70°C για τη μείωση του αρχικού αριθμού των σαλμονελλών κατά 90%. Η περιεκτικότητα της σοκολάτας σε νερό ήταν 1%, πράγμα που εξηγεί και τη μεγάλη θερμοανθεκτικότητα του Μ.Ο. Η D_{57} για την **S. montevideo** σε $a_w=0.96$ και pH 6.9 όταν η ρύθμιση του a_w έγινε με ζάχαρη, γλυκερίνη, σορβιτόλη, φρουκτόζη και ζάχαρη με γλυκόζη (40:1) ήταν αντίστοιχα 16.5, 1.2, 5.5, 9 και 1.3 λεπτά (10). Η διαφορετική επίδραση των παραπάνω καθώς και άλλων ουσιών στην θερμοανθεκτικότητα των Μ.Ο. αποδίδεται στο βαθμό άφωδατώσεως και το βαθμό αντικαταστάσεως του ένδοκυτταρικού νερού από τις ρυθμιστικές ουσίες. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αλλαγή της ένδοκυτταρικής πίεσεως και του a_w .

2) *Επιβίωση των μικροοργανισμών κατά την κατάψυξη:* Κατά την κατάψυξη των τροφίμων το a_w μειώνεται λόγω κρυσταλλώσεως του νερού. Ο βαθμός μείωσης του a_w εξαρτάται από την θερμοκρασία καταψύξεως και άποθηκέυσεως. Έτσι το a_w του νερού στους $-5, -10, -15, -20,$ και -50°C είναι αντίστοιχα 0.953, 0.907, 0.864, 0.823 και 0.62, (34, 36, 37). Κατεψυγμένες τροφές κάτω του σημείου καταψύξεως και στην ίδια θερμοκρασία έχουν το ίδιο a_w . Έτσι φρέσκο κρέας, σαλάμι αέρος και άλλαντικό τύπου Bologna είχαν 0.864 στους -15°C και 0.823 στους -20° (34).

Λόγω μείωσης του a_w ο πολλαπλασιασμός των Μ.Ο στις κατεψυγμένες τροφές μειώνεται και τελικά αναστέλλεται ανάλογα με το a_w , την θερμοκρασία και το είδος του Μ.Ο. Γενικά οι μύκητες και οι ζύμες επειδή έπηρεάζονται λιγότερο από ότι τα μικρόβια στη μείωση του a_w μπορούν να συνεχίσουν την ανάπτυξη τους σε κατεψυγμένες τροφές και χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αν και αναφέρεται στη βιβλιογραφία ανάπτυξη των Μ.Ο. σε -18 και -34°C (16) από πρακτικής απόψεως -12°C θεωρείται ως το κατώτερο όριο το οποίο επιτρέπει πολλαπλασιασμό Μ.Ο. που έχουν κάποια σημασία στις τροφές.

Κατά την κατάψυξη όρισμένοι Μ.Ο. τραυματίζονται άμετάτρεπτα, άλλοι επουλώνουν τα τραύματά τους κατά την απόψυξη και άλλοι παραμένουν χωρίς τραυματισμό. Επίσης αναμένεται μείωση του αρχικού αριθμού των Μ.Ο. κατά 10-100 φορές. Η μείωση αυτή συνεχίζεται με βραδύτερο ρυθμό κατά τη διάρκεια της άποθηκέυσεως και εξαρτάται από ένα αριθμό παραγόντων. Οι κατά Gram θετικοί είναι πιο ανθεκτικοί από τους κατά Gram αρνητικούς. Γενικά υπάρχει καλύτερη επιβίωση των Μ.Ο σε χαμηλότερες θερμοκρασίες άποθηκέυσεως. Η επιβίωση εξαρτάται επίσης από το είδος της τροφής και μειώνεται όταν η θερμοκρασία δεν παραμένει σταθερή (23,28,43). Τα παράσιτα στις τροφές είναι ευαίσθητα στην κατάψυξη ενώ οι ιοί και οι σπόροι είναι πολύ ανθεκτικοί.

Δ. *Άφωδατωμένες τροφές* — a_w — επιβίωση μικροοργανισμών

Η συντήρηση των τροφίμων με ξηρασία βασίζεται στην αφαίρεση όρισμέ-

νης ποσότητας νερού για να μειωθεί το a_w κάτω του 0.62, όποτε παύει ο πολλαπλασιασμός των Μ.Ο. Συνήθως οι αποξηραμένες τροφές έχουν $a_w < 0.1$. Οι Μ.Ο. που έχουν επιζήσει της διαδικασίας αποξηράνσεως πεθαίνουν βραδέως κατά την αποθήκευση των ξηρών τροφών. Η ταχύτητα θανάτου επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως το a_w , pH, Eh, θερμοκρασία, είδος Μ.Ο., σύσταση τροφής κλπ. Γενικά όσο μειώνεται το a_w της τροφής, το όξυγόνο, ή θερμοκρασία αποθηκείσεως και γίνεται οξυδότερο το pH, τόσο μειώνεται ή ταχύτητα θανάτου του Μ.Ο. Έτσι οι σαλμονέλλες και οι σταφυλόκοκκοι στις ξηρές τροφές πεθαίνουν πιο γρήγορα με αύξηση του a_w τροφής από 0 σε 0.53, στην παρουσία αέρα έναντι κενού και σε 20°C έναντι 3°C (8,23,54). Η σύσταση της τροφής έχει επίσης μεγάλη επίδραση στο βαθμό επιβίωσης. Γενικά όρισμένα σάκχαρα (μη αναγωγικά) αυξάνουν το ποσοστό επιβίωσης κατά την αποθήκευση (59), ενώ ελεύθερα λιπαρά οξέα, συντηρητικά και προϊόντα της αντίδρασης Maillard (40) μειώνουν την επιβίωση. Ο θάνατος των Μ.Ο. οφείλεται κύρια σε αντιδράσεις αμινοξέων και καρβονυλίων.

Γενικά η επίδραση της αφυδατώσεως επί των βιοχημικών μεταβολών των ξηρών τροφών έχει μεγαλύτερη σημασία από ότι το μικροβιακό πρόβλημα. Στην περίπτωση αυτή το χαμηλό a_w , ή χαμηλή θερμοκρασία αποθηκείσεως και η συσκευασία υπό κενό ή σε ατμόσφαιρα άζωτου συμβάλει στη διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της τροφής.

Ιδιαίτερης σημασίας στην υγιεινή των τροφίμων είναι η διαδικασία λυοφιλούσεως των μικροβιακών καλλιιεργειών που χρησιμοποιούνται στις ζυμώσεις τροφίμων (γαλακτικά μικρόβια στα κρεατοσκευάσματα και τυριά). Στην περίπτωση αυτή υπάρχει τεράστιο ενδιαφέρον για την καλύτερη συντήρηση των καλλιιεργειών αυτών ώστε να διατηρήσουν την ζωτικότητα τους και να προκαλέσουν γρήγορη ζύμωση. Το θέμα αυτό το μελετήσαμε ιδιαίτερα τόσο από πλευράς τεχνολογίας παραγωγής και συντηρήσεως καλλιιεργειών, όσο και από πλευράς εφαρμογής σε βιομηχανικό επίπεδο (17,24). Πολλές καλλιιεργείες εμπορίου πιθανόν λόγω κακής τεχνολογίας παραγωγής και συντηρήσεως βρέθηκαν άρκετά άσθενείς κατά τη διάρκεια της χρήσης των στην παραγωγή ξηρών άλλαντικών άερος (17, 24), με αποτέλεσμα να εξουδετερώνονται γρήγορα από την μικροβιακή χλωρίδα του κρέατος αντί να την εξουδετερώνουν οι ίδιες.

IV. ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΟΥ A_w ΓΙΑ ΤΗ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Η σημασία του a_w στην συντήρηση των τροφίμων είναι άρκετά άναγνωρισμένη σήμερα. Οι διάφοροι τρόποι ρυθμίσεως του a_w και οι επιπτώσεις επί της υγιεινής των τροφίμων θά συζητηθούν.

Α. Ρύθμιση a_w με προσθήκη άλάτων και σακχάρων: Πρόκειται για μεθόδους που χρησιμοποιούνται από μακροῦ χρόνου. Σήμερα NaCl προστίθεται στα κρέατα και ψάρια κατά την άλιπάσωση και συχνά σε συνδυασμό με αφυδάτωση (άλλαντικά άερος). Ζάχαρη, μέλι και γλυκόζη χρησιμοποιούνται στην παρασκευή κομπόστας, μαρμελάδας και άλλων γλυκών. Πιο πρόσφατα ζάχαρη μαζί με γλυκερίνη χρησιμοποιούνται στις τροφές μέση υγρασίας.

1. Έπίδραση NaCl επί τῶν μικροοργανισμῶν:

Στὸ κείμενο πὸ ἀκολουθεῖ ὁ ὅρος «ἄλμη» ὑπονοεῖ τὸ ποσοστὸ NaCl στὸ νερὸ μιᾶς τροφῆς καὶ δίνεται ἀπὸ τὸν τύπο:

$$\% \text{ ἄλμης} = \frac{\% \text{ NaCl (τροφῆς)}}{\% \text{ NaCl} + \text{H}_2\text{O (τροφῆς)}} \times 100$$

α. **Salmonella:** Οἱ σαλμονέλλες εἶναι σχετικὰ εὐαίσθητες στὸ NaCl. Ἄλμη κάτω τοῦ 8% ἀναστέλλει τὸν πολλαπλασιασμό. Τὰ ἀνώτατο ἀνεκτὸ ὄριο ἄλμης γιὰ πολλαπλασιασμό ἐξαρτᾶται ἀπὸ τὸ στέλεχος, pH, Eh καὶ θερμοκρασία. Ἐτσι στοὺς 8°C ἀνάπτυξη ἔλαβε χώρα μέχρι 2% ἄλμης, στοὺς 12°C μέχρι 4%, στοὺς 22°C μέχρι 5-8% καὶ στοὺς 37°C μέχρι 8% (42). Ὅσο τὸ ποσοστὸ ἄλμης αὐξάνει ἡ φάση προσαρμογῆς ἐπιμηκύνεται καὶ ἡ πιθανότητα ἀναπτύξεως μειώνεται (22). Οἱ σαλμονέλλες μποροῦν νὰ ἐπιζήσουν σὲ ἀλίπαστα κρέατα γιὰ μακρὸ χρονικὸ διάστημα. Γενικὰ ἡ προσθήκη ἄλατος στὰ κρέατα ἐπηρεάζει ἔντονα ὅλα τὰ ἐντεροβακτηριοειδῆ μικρόβια καὶ πολλὰ ἄλλα ἀρνητικὰ κατὰ Gram ψυχρόφιλα μικρόβια ὑπεύθυνα γιὰ τὶς σήψεις τῶν κρεάτων.

β. **S. aureus:** Οἱ σταφυλόκοκκοι ὡς γνωστὸν εἶναι ἀνθεκτικοὶ στὸ NaCl. Ὑπὸ ἀερόβιες συνθῆκες πολλαπλασιάζονται σὲ τροφές μὲ 16-18% ἄλμη καὶ ὑπὸ ἀναερόβιες συνθῆκες μέχρι 14-16%. Ἡ πιθανότητα ἀναπτύξεως μειώνεται σὲ εὐθεία γραμμικὴ σχέση μὲ τὴν αὐξηση τοῦ NaCl καὶ τὴ μείωση τοῦ pH καὶ τῆς θερμοκρασίας (18-20,23,47). Ἡ ἀερόβια καὶ ἀναερόβια παραγωγή ἐντεροτοξινῶν σταματᾶ ὅταν ἀντίστοιχα ἡ ἄλμη ἔχει ξεπεράσει 12-13% καὶ 9.5% (23).

γ. **V. parahaemolyticus:** Ἀπαιτεῖ τουλάχιστον 0.5% ἄλμη γιὰ ἀνάπτυξη στὶς τροφές, πλέον εὐνοϊκὴ εἶναι 3% ἄλμη, ἐνῶ τὸ ἀνώτατο ὄριο γιὰ πολλαπλασιασμό εἶναι 9-10%. Περίεργα παρατηρεῖται αὐξημένη ἐπιβίωση σὲ ζωμοὺς μὲ αὐξηση τῆς ἄλμης ἀπὸ 0 σὲ 12% (4,11).

δ. **Campylobacter jejuni:** Πολὺ εὐαίσθητο στὴν ἄλμη (14).

ε. **C. botulinum:** Τὸ θέμα ἔχει μελετηθεῖ ἐκτεταμένα. Γενικὰ 10% καὶ πλέον ἄλμη παρεμποδίζει τὸν πολλαπλασιασμό. Κατώτερη πυκνότητα ἄλμης ἔχει ἀποτελέσματα πὸ ποικίλλουν μὲ τὸ ὑπόστρωμα, τὸν τύπο καὶ τὸ στέλεχος (3,23). Ἡ μεγαλύτερη ἀντίσταση στὸ NaCl παρατηρεῖται ὅταν τὸ pH καὶ ἡ θερμοκρασία εἶναι πλέον εὐνοϊκά. Ὅσο αὐξάνει τὸ NaCl τόσο περισσότεροι σπόροι χρειάζονται γιὰ νὰ παρατηρηθεῖ ἀνάπτυξη (23). Ἀνάπτυξη στὶς τροφές καὶ ἰδιαίτερα στὰ ἀλίπαστα κρέατα παρεμποδίζεται καὶ ἀπὸ ποσοστὰ ἄλμης κάτω τοῦ 10%. Αὐτὸ ὀφείλεται στὴν παρουσία ἄλλων παραγόντων ὅπως τὰ νιτρικὰ ἄλατα, στὴ τιμὴ τοῦ pH, στὴ ἐπίδραση τῆς θερμάνσεως καὶ τοῦ γεγονότος ὅτι ὁ ἀριθμὸς τῶν σπόρων στὰ κρέατα εἶναι πολὺ μικρὸς (<1/kg) (52,56,57). Σὲ ἀντίθεση μὲ τοὺς τύπους A καὶ B τῶν ὁποίων ἡ ἀνάπτυξη σταματᾶ μὲ 10% ἄλμη, ὁ τύπος E εἶναι εὐαίσθητος καὶ ἡ ἀνάπτυξή του παρεμπο-

δίεται από 5,5% άλμη. Σε τροφές όπως τα κρεατοσκευάσματα ή παρουσία λίπους προκαλεί άνομοιογενή διανομή του νερού και ως έκ τούτου και της άλμης. Ανάπτυξη των τύπων Α και Β σε bacoon με 11-27% άλμη έχει παρατηρηθεί (1). Πιστεύεται όμως ότι στο bacoon μπορεί να υπάρχουν σημεία με άλμη κάτω του 10%. (Γενηγιώργης, άδημοσίευτες παρατηρήσεις). Τοπικές μεταβολές στην άλμη και το a_w μπορούν επίσης να προκληθούν μετά την έκθεση των προϊόντων σε μεταβαλλόμενη θερμοκρασία άποθηκείωσης. Οί άλλαντικοί σπόροι έπιζούν έπί μήνες στα άλίπαστα κρέατα και άλμες (49).

ζ. **C. perfringens:** Ο Μ.Ο. αυτός είναι άρκετά ευάισθητος στο NaCl. Η ανάπτυξη του παρεμποδίζεται από 2,4% άλμη στους 20°C, 2-5% στους 24 και 30°C, 4-6% στους 37°C και 44% στους 45°C (55). Σε πρόσφατη μελέτη παρατηρήσαμε ότι το ποσοστό άλμης που σταματά τον πολλαπλασιασμό εξαρτάται από το στέλεχος, pH και τον αριθμό των μικροβίων. Έτσι η ανάπτυξη σε άλμη 7,5% στους 37°C, pH 7.0 παρατηρήθηκε σε 3 από 4 στελέχη και σε 6 από 24 πειρατισμούς και όταν ο άρχικός αριθμός ήταν τουλάχιστον 3.2×10^7 κύτταρα/κ.έ. ζωμού (66). Το a_w του ζωμού ήταν 0.959. Σπόροι έπέζησαν για 35 ήμέρες σε ζωμό με 21,5% άλμη και 1500 ppm NaNO₂ (25).

η. **B. cereus:** Ανάπτυξη παρατηρήθηκε σε ύποστρώματα και τροφές με άλμη μέχρι 7,5% (51). Όσο το ποσοστό άλμης αυξάνει τόσο μεγαλύτερος αριθμός μικροβίων χρειάζεται για να άρχισει ο πολλαπλασιασμός .

θ. **Παράσιτα, ιοί, τοξίνες:** Παρατεταμένη έκθεση παρασίτων, όπως ή τριχίνα, στο άλάτι καταλήγει στο θανατό τους. Κυβερνητικοί κανονισμοί ανά τον κόσμο καθορίζουν το ποσοστό άλατος και βαθμό άφυδατώσεως των διαφόρων κρεατοσκευασμάτων που δεν υποβάλλονται σε θερμοκή έπεξεργασία.

Πρόσφατα πειράματα (39) έδειξαν ότι ή ζωτικότητα της τριχίνας εξουδετερώθηκε σε άλλαντικά άέρος (fermented sausages) μέσα σε 6-14 ήμέρες, όταν το a_w ήταν 0.949-0.931 και στο ξηρό ζαμπόν (raw ham) σε 10-57 ήμέρες όταν το a_w ήταν 0.948-0.904. Οί έρευνητές πρότειναν όπως τα άλλαντικά άέρος και ξηρά ζαμπόν έχουν αντίστοιχα $a_w \leq 0.90$ και ≤ 0.87 . Οί τιμές αυτές έχουν πολύ έκτεταμένο περιθώριο άσφαλείας.

Οί ιοί και οί τοξίνες άντέχουν πολύ σε χαμηλό a_w και σ'ς ποσότητες άλατος που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή άλίπαστων κρεάτων. Ο ίός του άφθώδους άντέχει σε άλμη μέχρι 20%, ενώ ο ίός της φυσσαλιδώδους νόσου των χοίρων έπιζει της διαδικασίας παραγωγής άλλαντικών άέρος και παραμένει στα προϊόντα αυτά μέχρι 200 ήμέρες (26). Οί Η.Π.Α. άπαιτούν όπως τέτοια προϊόντα πριν εισαχθούν από τις χώρες όπως οί άρρώστιες αυτές είναι ένδημικές θερμανθούν σε τουλάχιστον 74,4°C(41)

2. Ρύθμιση του a_w με σάκχαρα:

Η μέθοδος εφαρμόζεται από αιώνες στην παραγωγή πολυάριθμων προϊόντων. Τα προστιθέμενα σάκχαρα ή μέλι είναι τέτοια, ώστε να έπιτυγχάνεται χαμηλό a_w στο όποιο μόνο μύκητες και ζύμες μπορούν να αναπτυχθούν. Παθογόνοι Μ.Ο. δεν άποτελούν πρόβλημα. Η χρήση θερμάνσεως, το χαμηλό

pH, ή αφαίρεση του αέρα στις γυάλες ή κουτιά συμβάλλουν στη μείωση του προβλήματος των μυκήτων και ζυμών.

Β. Ρύθμιση του a_w με αφυδάτωση: Με την αφυδάτωση επιτυγχάνεται μείωση του a_w και καλή συντήρηση της ποιότητας. Μετά από μείωση του a_w κάτω του 0.62 έχουμε άναστολή του πολλαπλασιασμού των Μ.Ο. Συνήθως όμως το a_w μειώνεται σε τιμές κάτω του 0.1. Οί Μ.Ο. που έπιζούν της διαδικασίας αφυδατώσεως πεθαίνουν κατά την αποθήκευση των ξηρών προϊόντων με ρυθμό που έπηρεάζεται από πολλούς παράγοντες που έχουν ήδη συζητηθεί.

Οί περισσότερες διαδικασίες αφυδατώσεως δεν έξουδετερώνουν πλήρως τους Μ.Ο. οί όποιοι άργότερα μπορεί να άναπτυχθούν με ταχύ ρυθμό άμέσως μετά την προσθήκη του νερού. Γι' αυτό τó λόγο πριν από την αφυδάτωση προϊόντων όπως τó γάλα και τά αυγά χρειάζεται παστερίωση. Προϊόντα αυτού του είδους έγιναν πρό έτων αίτιες έκτεταμένων τροφοδηλητηριάσεων (23) από σαλμονέλλες και σταφυλοκόκκους στις Η.Π.Α.

Τά ένζυμα των τροφών διατηρούν τή δραστηριότητά τους και κάτω του 0.62. Πολλά δρούν και σε a_w κάτω του 0.2 (33). Γι' αυτό τó λόγο και για τή διατήρηση της ποιότητας των ξηρών τροφών άπαιτείται κάποιος βαθμός θερμάνσεως πριν από την αφυδάτωση, ώστε να άδρανοποιηθούν τά ένζυμα και έτσι να μειωθούν οί πιθανότητες βιοχημικών άλλοιώσεων.

Γ. Ρύθμιση του a_w με κατάψυξη: Τó θέμα συζητήθηκε προηγουμένως.

Δ. Τροφές μέσης ύγρασίας (TMY): 'Ως τροφές μέσης ύγρασίας (intermediate moisture foods) θεωρούνται διάφορα τρόφιμα τά όποια όμοιάζουν με ξηρές τροφές από άπόψεως αντίστασεως στα μικροβιακά προβλήματα αλλά οί όποιες έχουν άρκετ ή ύγρασία, ώστε να μη θεωρηθούν ως ξηρές (5). Τó a_w αυτών των τροφίμων είναι 0.70-0.85 και κατά μερικούς 0.60-0.90 ή δέ περιεκτικότητα σε νερό από 20-50% (31). 'Η παραγωγή TMY δέν είναι νέα έφεύρεση. Τέτοιου είδους τροφές όπως οί μαρμελάδες, τó μέλι, ξηρά φρούτα, άλλαντικά άέρος είναι γνωστά από αίώνες.

'Από τις πιο πρόσφατες TMY αυτές που προορίζονται για τή διατροφή των μικρών κατοικιδίων ζώων (σκύλων, κ.λπ.), έχουν σήμερα μεγαλύτερη έμπορική έπιτυχία από άπόψεως συντηρήσεως και κόστους. 'Η πρόοδος για τήν παραγωγή TMY για άνθρωπους είναι μάλλον βραδεία.

'Η συντήρηση των TMY βασίζεται στις ακόλουθες άρχές: Μείωση του a_w σε επίπεδα που μόνο άλόφιλα μικρόβια, μύκητες και ζύμες μπορούν να άναπτυχθούν. Τις περισσότερες φορές γίνεται και χρήση θερμάνσεως σε βαθμό παστερίωσης για τήν καταστροφή των βλαστικών μικροβιακών μορφών.

'Επιζώντες σπόροι δέν βλαστάνουν λόγω του χαμηλού a_w . Τó πρόβλημα των μυκήτων άντιμετωπίζεται με προσθήκη άντιμυκητιακών ουσιών όπως τó σορβικό κάλιο, προπιονικό όξύ ή βενζοϊκό όξύ, ή και ειδική συσκευασία υπό κενό ή σε άτμόσφαιρα άδρανών άερίων (5,30,65). Για τήν άντιμετώπιση των ένζυμικών άλλοιώσεων (όξειδωση λιπών, άλλαγή χρώματος κλπ.) εφαρμόζεται πρώτα ήπια θέρμανση και μετά ή προσθήκη άντιοξειδωτικών ουσιών και ή εί-

δική συσκευασία (33). Συνήθως ή συσκευασία τών ΤΜΥ γίνεται σέ πλαστικές θήκες χαμηλού κόστους και χαμηλής διαπερατότητας σέ άέρια και ύδρατμούς γιά νά άποφευχθεΐ ή επίδραση τής άτμόσφαιρας.

Ό πίνακας 1 παρουσιάζει τήν τυπική σύνθεση ΤΜΥ γιά μικρά ζώα (65) και τό ρόλο κάθε συστατικού. Στο παράδειγμα αυτό ή έπεξεργασία άρχίζει μέ παστερίωση τών προϊόντων κρέατος μαζί μέ τά ύγρά ύλικά γιά 10 λεπτά σέ 100°C. Μετά γίνεται προσθήκη όλων τών άλλων συστατικών και θέρμανση στους 82°C γιά λίγα λεπτά. Άκολουθεΐ ειδικός τεμαχισμός, άνάμειξη και συσκευασία. Σέ άλλες περιπτώσεις παραγωγής ΤΜΥ γιά άνθρώπους λεπτά τεμάχια κρέατος πρώτα θερμαίνονται γιά λίγα λεπτά και έν συνεχεία βυθίζονται σέ διαλύματα μέ έπιθυμητό a_w τά όποΐα περιέχουν έπίσης και άντιμικητιακές ούσιες. Η έξισορρόπηση τοϋ a_w τοϋ κρέατος μέ έκείνο τοϋ διαλύματος γίνεται σέ χαμηλή θερμοκρασία και στη συνέχεια τό προϊόν συσκευάζεται.

Πίνακας 1

Τυπική Σύνθεση Τροφής Μέσης Ύγρασίας γιά Σκυλιά και Γάτες (65)

Περιεχόμενο	%	Σκοπός
Ύποπροΐοντα κρέατος	32	Θρεπτικός
Ύποπροΐοντα σόγιας	21	θρεπτικός
Ζάχαρη	21.7	Θρεπτικός, μείωση a_w
Φλοιοί σόγιας	3	Θρεπτικός
Γάλα σκόνη	2.5	Θρεπτικός, μείωση a_w
Προπυλενική γλυκόλη	2	Μείωση a_w , άντιμικητιακός, πλαστικός, μείωση μη ένζυματικής άλλοιώσεως χρώματος
Λίπος	1	Θρεπτικός, πλαστικός
Μονο, διγλυκερίδια	1	Θρεπτικός, πλαστικός
Σορβικό κάλιο	0.3	Άντιμικητιακός
NaCl	1	Μείωση a_w θρεπτικός, γεύση
Χρωστική	0.006	Όμοιογένεια χρώματος
Σκόρδο	0.2	Όργανοληπτικός κυρίως
Βιταμίνες, άλατα	0.06	Θρεπτικός

Παρόλη τή μεγάλη έπιτυχία τών ΤΜΥ γιά τά μικρά κατοικίδια ζώα ή χρήση τών ΤΜΥ μέχρι σήμερα στη διατροφή τοϋ άνθρώπου είναι πολύ περιορισμένη λόγω όργανοληπτικών, τοξικών και τεχνικών προβλημάτων.

Θά άναφερθώ μέ συντομία σέ όρισμένα άπό αυτά τά προβλήματα και σημεία ιδιαίτερου ενδιαφέροντος.

1) Λόγω τοϋ ήπιου τρόπου έπεξεργασίας γιά τήν παραγωγή τών ΤΜΥ οι πρώτες ύλες πρέπει νά έχουν μικρό σχετικά αριθμό Μ.Ο. γιά μακροχρόνια

μικροβιακή σταθερότητα, ιδίως μικρό αριθμό Μ.Ο που είναι άνηκτικοί σε χαμηλό a_w .

2) Η χρήση ήπιας θερμάνσεως συμβάλλει στη μείωση των Μ.Ο και άδρανοποίηση των ενζύμων. Οί άνηκτικοί σε χαμηλό a_w Μ.Ο γενικά δέν είναι και θερμοάνηκτικοί. Σε άντίθεση ή θερμοάνηκτοή των παθογόνων Μ.Ο. αυξάνεται με τη μείωση του a_w και έπηρεάζεται από τό είδος των προσθετικών ούσιών. Γι' αυτό τό λόγο ή χρήση θερμοότητας για τήν καταστροφή των βλαστικών μορφών των Μ.Ο πρέπει νά γίνεται πριν από τη μείωση του a_w π.χ. παστερίωση πρώτων ύλδων πριν από τη μίξη (27).

3) Η χρήση μικροβιακών καλλιεργειών που έχουν έπιλεχθεί για ταχεία άνάπτυξη σε χαμηλό a_w δυνατόν νά χρησιμοποιέσει στο μέλλον ως άνασχετικό μέσο στην άνάπτυξη παθογόνων Μ.Ο ή Μ.Ο ύπεύθυνων για άλλιώσεις. Η νέα αυτή τεχνολογία θά συμβάλλει στη χρησιμοποίηση ήπιότερων τρόπων συντηρήσεως τροφίμων.

4) Στην παραγωγή ΤΜΥ μπορεί νά γίνει χρήση και άλλων μικροβιακών «έμποδίων» (34), ώστε νά μήν άπαιτηθεί μείωση του a_w σε πολύ χαμηλές τιμές και ως έκ τούτου προσθήκη σημαντικής ποσότητας προσθετικών ούσιών. Τέτοια μικροβιακά «έμπόδια» περιλαμβάνουν π.χ. τη μείωση του pH, Eh, είδική συσκευασία. Με συσκευασία ύπό κενό άναστέλεται ή άνάπτυξη των μυκήτων ένδ οι σταφυλόκοκκοι παράγουν 100 φορές λιγώτερη έντεροτοξίνη σε σχέση με τήν συσκευασία στην παρουσία άέρα (23).

5) Η όρθη έπιλογή των προσθετικών ούσιών για τη ρύθμιση του a_w είναι μεγάλης σημασίας διότι όχι μόνο μειώνουν τό a_w σε διάφορο βαθμό, αλλά έχουν και διάφορο βαθμό τοξικότητας έπί των Μ.Ο., όπως άναφέρθηκε προηγουμένως. Ίδιαίτερης σημασίας έπίσης παραμένει ή πιθανή τοξικότητα των ούσιών αυτών έπί της υγείας του άνθρώπου.

6) Γενικά οί παραδοσιακές ΤΜΥ για διατροφή του άνθρώπου παραμένουν έπιτυχή προϊόντα, συχνά με ύψηλή θρεπτική άξία, όργανοληπτική ποιότητα και μικροβιακή σταθερότητα. Σε άντίθεση οί νέες ΤΜΥ παρά τήν τρομερή έπιτυχία τους στη διατροφή των μικρών κατοικιδίων ζώων παραμένουν προβληματικές στην πλατειά έφαρμογή τους στη διατροφή του άνθρώπου. Παράγοντες που συμβάλλουν σ' αυτή τήν κατάσταση είναι ή έλλειψη φθηνών, άποτελεσματικών και έλευθέρων από όργανοληπτικά και τοξικολογικά προβλήματα ούσιών.

7) Όπως άναφέρθηκε προηγουμένως πρόσφατες τάσεις στον τομέα αυτών κατευθύνονται προς τη χρήση όχι πολύ χαμηλού a_w σε συνδυασμό με τη χρήση και άλλων μικροβιακών «έμποδίων» όπως τό pH, Eh, θέρμανση, μικροβιακές καλλιέργειες και προσθετικές άντιμικροβιακές ούσιες. Πρόοδοι στον τομέα αυτό σημειώθηκαν κυρίως στην περιοχή παραγωγής κρεατοσκευασμάτων (34, 36, 37,38). Έτσι Ίταλική μουρταδέλα, Γερμανικό άλλαντικό τύπου Tiroler και πατε σηκωτιού σε κονσέρβα γίνονται μικροβιακώς σταθερά με μείωση του a_w κάτω του 0.95 σε συνδυασμό με ήπια θέρμανση. Τό a_w τής μουρταδέλας ρυθμίζεται περίπου με 2-3% NaCl, 1%, ζάχαρη και 3% σκόνη γάλατος, ένδ στο Tiroler χρησιμοποιείται και μερική άφυδάτωση για 1-3 έβδο-

μάδες σε 5°C. Το pH των προϊόντων καθορίζεται από το απαιτούμενο για μικροβιακή σταθερότητα a_w . Έτσι $pH > 6.3$ απαιτεί $a_w < 0.94$, ενώ $pH < 6.3$ απαιτεί $a_w > 0.95$ (38). Η χρήση γαλακτικών καλλιιεργειών για ταχεία ζύμωση μπορεί να συμβάλει σε μία γρήγορη πτώση του pH στο 6.0 ή λιγότερο και έτσι επιτρέπει σταθεροποίηση του προϊόντος με a_w όχι κάτω του 0.95. Η βλάστηση και ανάπτυξη των μικροβιακών σπόρων αναστέλλεται στο χαμηλό a_w του προϊόντος. Στην περίπτωση όμως αυτή ο αριθμός των σπόρων προσδιορίζει και το απαιτούμενο a_w για μικροβιακή σταθερότητα. Έτσι το a_w 0.942 ήταν ανασταλτικό σε 22.000 σπόρους /g κονσερβοποιημένου πατέ σηκωτιού (canned liver sausage), ενώ στο ίδιο προϊόν για την αναστολή της ανάπτυξεως 17 σπόρων χρειάστηκε a_w 0.961 (35). Γενικά τα προϊόντα αυτού του είδους θερμαίνονται σε εσωτερική θερμοκρασία μέχρι 99°C. Η ήπια αυτή θερμοκρασία καταστρέφει τις βλαστικές μικροβιακές μορφές ενώ ειδική συσκευασία προστατεύει το προϊόν από νέα μόλυνση μετά την επεξεργασία. Η παραγωγή τροφίμων με βάση τις παραπάνω αρχές για μικροβιακή σταθερότητα κατά την αποθήκευση σε θερμοκρασίες δωματίου έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

(α) χρήση μειωμένης ενέργειας, (β) το νιτρῶδες νάτριο μπορεί να μειωθεί μέχρι 25 ppm για να δώσει απλῶς το χρώμα, (γ) μείωση των πιθανών επιπτώσεων της επεξεργασίας επί της θρεπτικής αξίας των προϊόντων.

Με την έρευνητική μου ομάδα τα τελευταία χρόνια κάναμε ένα άκομη σπουδαίο βήμα προς την κατεύθυνση αυτή, δηλαδή χρήση ήπιότερων μεθόδων επεξεργασίας με αυξημένη μικροβιακή σταθερότητα και ασφάλεια. Έτσι χρησιμοποιώντας ειδικούς πειραματισμούς (multifactorial) κατορθώσαμε να προσδιορίσουμε μαθηματικά την πιθανότητα ανάπτυξεως ή επιβιώσεως παθογόνων Μ.Ο., όταν γνωρίζαμε όρισμένα χαρακτηριστικά των προϊόντων. Η έξιωση που ακολουθεί προσδιορίζει τον βαθμό ανάπτυξεως των σταφυλοκόκκων σε σαλάμι άερος τύπου Ιταλίας, ένα προϊόν μέσης υγρασίας (24,44).

$\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_n = \alpha + \beta_1(\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_0) + \beta_2(\eta) + \beta_3(K) + \beta_4(pH_0) + \beta_5(pH_0) \cdot (K) + \beta_6(H)(K)$ όπου
 $\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_n$ = λογάριθμος αριθμού σταφυλοκόκκων την ημέρα της ζυμώσεως του προϊόντος.

$\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_0$ = λογάριθμος αριθμού σταφυλοκόκκων στο προϊόν την ημέρα της παραγωγής.

$\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6$ = regression coefficients.

η = ημέρα ζυμώσεως 1,2,3,15 κλπ.

pH_0 = αρχικό pH προϊόντος.

K = λογάριθμος αριθμού γαλακτικών καλλιιεργειών που προστέθηκαν στο προϊόν ενός εργοστασίου με σταθερό a_w .

Ένα παράδειγμα προσδιορισμού του βαθμού ανάπτυξεως των σταφυλοκόκκων τις πρώτες 7 ημέρες της ζυμώσεως σε σαλάμια δύο εργοστασίων με διαφορετικό pH και γαλακτική καλλιέργεια δίνεται στον πίνακα 2(44). Στο παράδειγμα αυτό γίνεται φανερό ότι εάν έχουμε ένα προκαθορισμένο μέγιστο άνεκτο αριθμό σταφυλοκόκκων στο προϊόν τότε με αλλαγή στην αρχική σύνθεση του προϊόντος μπορούμε να πετύχουμε έλεγχο της ανάπτυξεως του Μ.Ο.

σέ άνεκτά επίπεδα. Τά πειράματα αὐτοῦ τοῦ εἶδους ἔχουν ἐπεκταθεῖ καί στόν προσδιορισμό πιθανότητας ἀναπτύξεως ἄλλων παθογόνων, ὅπως οἱ σαλμονέλλες, **C. botulinum**, **C. perfringens**, καί **B. cereus** (22,23,51,66).

Στήν ἀνασκόπηση αὐτή τῆς σημασίας τοῦ a_w στήν ὑγιεινή καί συντήρηση τῶν τροφίμων προσπάθησα νά παρουσιάσω σύντομα τίς βασικές ἀρχές σέ συνδυασμό μέ τήν πρακτική τους ἐφαρμογή στήν ρουτίνα τῆς ἐπιστήμης τῶν τροφίμων. Ἡ μεθοδολογία μετρήσεως τοῦ a_w στίς τροφές δέν συζητήθηκε σκόπιμα γιά νά μὴν ἐπεκταθεῖ ἡ ἐργασία αὐτή. Γιά περισσότερες πληροφορίες ὁ ἀναγνώστης μπορεῖ νά συμβουλευθεῖ τήν βιβλιογραφία καί ἰδίως τίς πηγές 1, 12, 15, 23, 36, 37, 64 καί 65.

Πίνακας 2

Ἐπίδραση τῶν ἀλλαγῶν τοῦ ἀρχικοῦ pH καί μεγέθους τῆς γαλακτικῆς καλλιέργειας στήν κρεατομάζα ἀλλαντικοῦ ἀέρος τύπου Ἰταλίας (Η.Π.Α) ἐπὶ τοῦ μέγιστου βαθμοῦ ἀναπτύξεως σταφυλοκόκκων κατὰ τὴ διάρκεια τῶν πρώτων ἑπτὰ ἡμερῶν τῆς ζυμώσεως τοῦ προϊόντος σέ δύο διαφορετικὰ ἐργοστάσια (44).

Ἀριθμὸς γαλακτικῆς καλλιέργειας	Ἐργοστάσιο	A	Ἐργοστάσιο	B
	Ἀρχικό 6.1	pH 5.7	Ἀρχικό 6.1	pH 5.7
10 ⁴	6.35*	5.03	6.86	5.32
10 ⁵	5.88	4.68	6.32	4.83
10 ⁶	5.48	4.33	5.74	4.33

* Λογάρημος τοῦ ἀριθμοῦ τῶν σταφυλοκόκκων. Οἱ ὑπολογισμοὶ βασίστηκαν σέ ἐξιιώσεις πού ἀναπτύξαμε καί μέ τὸ δεδομένο ὅτι ὁ μέγιστος ἀρχικὸς ἀριθμὸς τῶν σταφυλοκόκκων ἦταν $7 \times 10^4/g$.

Αὐτὸς ὁ ἀριθμὸς εἶναι ὁ μεγαλύτερος πού διαπιστώθηκε στήν κρεατομάζα κατὰ τὴ διάρκεια 4 ἑτῶν παρακολούθησεως τῆς παραγωγῆς στὰ δύο ἐργοστάσια.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Anellis, A. et al. 1965. Appl. Microbiol. 13:37.
2. Bacon, C.W. et al. 1973. Appl. Microbiol. 26:155
3. Baird-Parker, A. Cand, B. Freame 1967. J. Appl. Bacteriol. 30:420
4. Beuchat L.R. 1975. J. Milk Food Technol. 38:476.
5. Brockmann, M.C. 1970. Food Technol. 24:60
6. Christian, J.H.B. 1963. Recent Adv. Food Sci. 3:248.
7. Christian, J.H.B. 1980. In «Microbiol. Ecology of Foods» (ICMSF eds), p. 70, Vol 1. Academic Press, New York.
8. Christian, J.H.B., and W.J. Scott. 1953. Aust. J. Biol Sci. 6:555

9. Christian, J.H.B and J. Waltho 1962. *V. Appl. Bacteriol.* 25:369
10. Corry, J.E.L. 1974. *J. Appl. Bacteriol.* 37:31
11. Covert, D. and Woodburn. 1972. *Appl. Microbiol* 23:321
12. Davies, et al. (eds) 1976. *Intermediate Moisture Foods*. Applied Science Publishers, London.
13. Diener, U.L. and N.D. Davies. 1967. *J. Amer. Oil Chem Soc.* 44:259.
14. Doyle, M.P. 1981. *J. Food Protection* 44:480.
15. Duckworth, R.B. ed. 1975 *Water Relations in Foods*. Academic Press, New York.
16. Elliot, P.R. and D.H. Michener. 1965. *Agr. Res. Serv. USDA, Tech. Bull.* 1320.
17. Genigeorgis, C. 1978. *Proc. Meat Proc. Conf.* p. 21 Univ. Calif. Davis.
18. Genigeorgis, C and W.W. Sadler. 1966. *J. Bacteriol.* 92:1383
19. Genigeorgis, C. et al. 1969. *J. Food Sci.* 36:62
20. Genigeorgis, C et al. 1971. *Appl. Microbiol.* 21:862
21. Genigeorgis, C et al. 1971. *Appl. Microbiol.* 21:934.
22. Genigeorgis, C et al. 1977. *Proc. Symp. World Assoc. Vet. Food Hyg.* 7th. Vol I p. 269.
23. Genigeorgis, C and H. Riemann 1979. In «Food-borne infections and Intoxications» (H. Riemann and F. Bryan eds) p. 613, Academic Press, New York.
24. Genigeorgis, C et al. 1980. *Proc. World Cong. Food borne Infections and Intoxications* 1st. In Press.
25. Gough, B.J and J.A. Alford. 1965. *J. Food Sci.* 30:1025.
26. Heidelbaugh, N.D. et al. 1968. *Food Technol* 22:120.
27. Hsieh, F. et al. 1975. *Lebensm-Wiss U. Technol.* 8:78.
28. Ingram, M and B. M.Mackey. 1976 In «Inhibition and Inactivation of Vegetative Microbes». (F.A Skinner and W.B. Hugoeds) p. 111, Academic Press, New York.
29. Kang, C.K et al. 1969. *Appl. Microbiol.* 18:798.
30. Kaplow, M. 1970. *Food Technol.* 24:889.
31. Karel, M. 1973. *CRC, Crit. Revs. Food Technol,* 3:329.
32. Labuza, T.P. et al. 1972. *J. Food Sci.* 37:160.
33. Labuza, T.P. 1972. *J. Food Sci.* 37:154.
34. Leistner L. 1978. *Fleischwirtschaft.* 8:2008
35. Leistner, L. and S. Karan-Djurdjic 1970. *Fleischwirtschaft* 50:1547.
36. Leistner, L and W. Rödel 1976. In «Inhibition and Inactivation of Vegetative Microbes» (F.A. Skinner and W.B. Hugoeds) p. 219. Academic Press, New York.
37. Leistner, L. et al. 1978. *Inter. Symp. on Properties of Water in Relation to Food Quality and Stability.* 2nd Osaka, Japan.
38. Leistner, L. et al. 1979. *Fleischwirtschaft.* 59:1313.
39. Löttsch, R. and L. Leistner 1977. *Proc. Europ. Congr. Meat Res. Work.* 24th, Moskow.

40. Marshal, B.J et al. 1974. CSIRO Aust. Div. Food Res., Tech pap. No 39, p.1
41. Mc Kercher, P.D. et al. 1974. Proc. Annu. Meet. U.S. Anim. Health Assoc. 78th. p. 213.
42. Matches, J.R. and Liston, J. 1972, J. Milk Food Technol. 35:39.
43. Mazur, P. 1966. In «Cryobiology» (M.T. Meryman, ed) p. 214. Academic Press, London.
44. Metaxopoulos, J. et al. 1981. Appl. Env. Microbiol. In Press.
45. Molin, N. and B.G. Snygg. 1967. Appl. Microbiol. 15:1422.
46. Murrell W.G and W.J. Scott. 1966. J. Gen. Microbiol.
47. Nderu, F. and C. Genigeorgis 1975. Proc. World Vet. Congr. 20th 1974 p. 812.
48. Ohye, D.R., and J.H.B. Christian 1967. In «Botulism 1966» (M. Ingram and T.A. Roberts eds) p. 117, Chapman and Hall, London.
49. Pedersen H.O. 1958. Proc. Inter. Symp. Microbiol. 2nd 1957, p. 289.
50. Plitman, M et al. 1973. J. Food Sci. 38:1004.
51. Raevuori, M. and C. Genigeorgis. 1975. Appl. Microbiol 29:152.
52. Riemann, H. et al. 1972. J. Milk Food Technol. 35:514.
53. Scott, W.J. 1957. Adv. Food Res. 7:83.
54. Scott, W.J. 1958. J. Gen. Microbiol. 19:624.
55. Scith, L.D.S. 1971. Proc. SOS/70. In Congr. Food Sci. Technol. 3rd 1970 p. 661.
56. Sofos, J.N. 1979. J. Food Protection 42:739.
57. Sofos, N.N. 1980. Food Technol. 34 (5):244.
58. Stern, N.V. and M.D. Pierson 1979. J. Food Sci. 44:1736.
59. Strange, R.E. and C.S. Cox. 1976. In «The Survival of Vegetative Microbe» (T.R.G. Gray and J.R. Postgate eds) p. 111. Cambridge University Press, London.
60. Strong, D.H et al. 1970. Appl. Microbiol 19:980.
61. Tatini, S.R. 1973. J. Milk Food Technol. 36:559.
62. Troller, J.A. 1973. J. Milk Food Technol. 36:276.
63. Troller, J.A. 1976, J.Milk Food Technol. 39:499.
64. Troller, J.A. 1980. Food Technol 34:77.
65. Troller, J.A. and J.H.B. Christian. 1978. Water Activity and Food. Academic Press, New York.
66. Yip, B. and C. Genigeorgis 1981. Proc. World Congr. Foodborne Infections and Intoxications, 1st, Berlin 1980. In Press.