

Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 33, No 3 (1982)

Υπεύθυνα σύμφωνα με το νόμο

ΠΡΟΪΚΟΤΗΤΗΣ: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΚΤΗΝΙΑΤΡΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

Επισημοι Σωματείο άνεγνωρισμένο, άποφ. 110/19.2.1975
 οδικοί: Αθηνών.
 άρος γ ι τό έτος 1982.
 Κυρι κης

ΟΤΗΣ Έκδίδεται υπό αίρετης πεντα-ελοδς συντακτικής έπιτροπής (Σ.Ε.) μελών της Ε.Κ.Ε.

ΝΟΣ ΣΥΝΤΑΞΕΩΣ: Ο Πρόεδρος της Σ.Ε. Λουκάς Εύσταθίου, Ζαλοκισσα 30, Χαλάνδρι, Τηλ. 6823439

Ενικής Έπ.:
 Παιπούδης
 Μόλετες
 Λαμνιριάδης
 Μιλάγγης
 Εργασιοθήσια - Έκτύπωση
 ΕΠΙΤΑΛΟΦΟΣ Α.Β.Ε.Ε.
 1216 Αθήνα
 7513 - 9214820
 ΕΚΔΟΣΕΩΣ: Αθήνα


Άνωση:
 546
 Ταχυδρομείο

εφ. ημερησίως	δρχ.	500
εφ. ημερησίως	»	1000
εφ. ημερησίως	»	300
εφ. ημερησίως	»	500
εφ. ημερησίως	»	200
εφ. ημερησίως	»	1000

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

L. Efstathiou
 Zalogosta 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

Έπιτογές και έμβόσηματα άποστέλλονται έπ' όνό-
 μετι κ. Στ. Μόλετη Κτην. Ίνστι. Ύγιανής και Τε-
 χνολογίας Τροφήων. Ίερά όδός 75, Τ.Τ. 301
 Αθήνα. Μόλετες, έπιστολές κ.λπ. άποστέλλονται
 στον κ. Α. Εύσταθίου, Κτηνιατρικό Ίνστιτούτο
 Φυσιολογίας, Άνεπαγωγής και Διατροφής
 Ζώων, Νασιόλεως 9-25, Άγία Παρασκευή Άτι-
 κής.

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 μιὰ όρισμένη ουσία ή μίγματα ουσιών σε μιὰ 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: Ή **Y. enterocolitica** παύει νά αναπτύσσεται όταν τό a_w είναι 0.945 (58). Ή ανάπτυξη του **Campylobacter** παρεμποδίζεται μέ 3.5% άλμη (14) τής όποιás τό a_w ύπολογίζεται σέ 0.985. Γενικά όταν χρησιμοποιούνται NaCl καί σάκχαρα γιά τή ρύθμιση του a_w , τότε ή ανάπτυξη τής **E. coli** παρεμποδίζεται μέ $a_w < 0.95$ καί τής **Shigella** μέ $a_w < 0.96$ (8.37).

Μύκητες: Οί μύκητες μπορούν νά αναπτυχθούν σέ τροφές μέ πολύ χαμηλό a_w (> 0.62). Ήλάχιστες τιμές a_w πού επέτρεψαν παραγωγή μυκοτοξινών είναι: γιά Citrinin 0.90, γιά Patulin 0.9, γιά Cyclopiazonic acid 0.87, γιά Citreoviridin 0.86, Ochratoxin A 0.85, Criseofulvin 0.85, Aflatoxin 0.83 καί γιά Penicillic acid 0.80 (2.13.37). Γενικά οί μύκητες αναπτύσσονται σέ χαμηλότερο a_w από έκείνο πού χρειάζεται γιά τήν παραγωγή μυκοτοξινών.

Γ. Ήνεργό νερό καί επιβίωση τών μικροοργανισμών

1) Ήπίδραση του a_w στην θερμοανθεκτικότητα του μικροοργανισμού: Γενικά ή θερμοανθεκτικότητα τών βλαστικών μορφών τών Μ.Ο αυξάνει μέ τήν μείωση του a_w καί εξαρτάται από τό είδος καί τήν ποσότητα τής προσθετικής ούσιás πού χρησιμοποιήθηκε γιά τή ρύθμιση του a_w (23.65). Συχνά σέ χαμηλό a_w ύπάρχει μεγαλύτερη επίδραση τής τοξικότητας τών ούσιών από ότι ή αύξηση τής θερμοανθεκτικότητας. Οί επίδράσεις τών διαφόρων ρυθμιστικών ούσιών επί τής θερμοανθεκτικότητας τών Μ.Ο. είναι πιό έμφανείς σέ a_w 0.2-0.4. Ή προσθήκη ύδατανθράκων γενικά αυξάνει τήν θερμοανθεκτικότητα ένώ τό NaCl τήν μειώνει. Ή επίδραση άραιών συγκεντρώσεων εξαρτάται από τόν Μ.Ο., είδος τροφής καί συγκέντρωση. Ή θερμοαντοχή τών σπόρων αυξάνει μέ τήν μείωση του a_w (23). Ή μέγιστη θερμοαντοχή παρατηρείται σέ a_w 0.2-0.4 (46). Αύξημένη συγκέντρωση άλάτων μειώνει τήν άνάνηψη τραυματισμένων σπόρων. Ή θερμοαντοχή τών σπόρων του **C. botulinum E** αυξήθηκε κατά 10 φορές μέ τή μείωση του a_w από 1 σέ 0.9 (46). Ή λογάριθμος τής τιμής D σέ 95°C γιά τούς σπόρους του **B. subtilis** ήταν 4 όταν τό a_w ρυθμίστηκε μέ άτμούς, 2.5 όταν ρυθμίστηκε μέ LiCl καί 1.5 όταν ρυθμίστηκε μέ γλυκερίνη. Στις τροφές γενικά όσο τό a_w μειώνεται καί ή τροφή γίνεται «πιό ξηρή», τόσο πιό έντονη θέρμανση (ύψηλότερη θερμοκρασία ή παράταση χρόνου) χρειάζεται γιά άποτελεσματική καταστροφή του αυτου άρχικου άριθμου Μ.Ο. Ή παρουσία λιπών μειώνει τό a_w καί αυξάνει τήν θερμοαντοχή. Ήτσι οί σπόροι του **B. cereus** βρέθηκαν νά είναι 1.000 φορές πιό άνθεκτικοί σέ λάδι σόγιας από ότι σέ λάδι σόγιας μέ 1% νερό (45). Γιά τούς σταφυλοκόκκους ή D_{60} ήταν 5.3 καί 42.4 λεπτά όταν ή θέρμανση έγινε σέ 10% σκόνη γάλα καί σκόνη γάλα μέ 57% ζάχαρη (23). Γιά τίς σαλμονέλλες ή D_{57} ήταν 0.6-1.5 καί 5-38 λεπτά άντίστοιχα σέ a_w 0.99 καί 0.96 (23). Είδικά γιά τήν **S. senftenberg 775W** ή D_{57} ήταν 13-16 καί 43-55 λεπτά σέ a_w 0.99 καί 0.96 (23).

Πρίν μερικά χρόνια ή κατανάλωση σοκολάτας προκάλεσε έκτεταμένες τροφοδηλητηριάσεις στις Η.Π.Α καί 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) Έπιβίωση 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 έπιβίωση των Μ.Ο σε χαμηλότερες θερμοκρασίες άποθηκέυσεως. Η έπιβίωση εξαρτάται επίσης από το είδος της τροφής και μειώνεται όταν η θερμοκρασία δέν παραμένει σταθερή (23,28,43). Τα παράσιτα στις τροφές είναι ευαίσθητα στην κατάψυξη ενώ οι ίοι και οι σπόροι είναι πολύ ανθεκτικοί.

Δ. Άφωδατωμένες τροφές $-a_w$ - έπιβίωση μικροοργανισμών

Η συντήρηση των τροφίμων με ξηρασία βασίζεται στην άφαιρεση 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 αποθηκεύσεως 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 αντιδράσεως 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 αποθηκεύσεως 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 αναγνωρισμένη σήμερα. Οι διάφοροι τρόποι ρυθμίσεως του a_w και οι επιπτώσεις επί της υγιεινής των τροφίμων θα συζητηθούν.

Α. Ρύθμιση a_w με προσθήκη αλάτων και σακχάρων: Πρόκειται για μεθόδους που χρησιμοποιούνται από μακρού χρόνου. Σήμερα NaCl προστίθεται στα κρέατα και ψάρια κατά την αλιπάσωση 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. Επίδραση NaCl επί των μικροοργανισμών:

Στό κείμενο που ακολουθεί ό δρος «άλμη» ύπονοεί τό ποσοστό NaCl στό νερό μιάς τροφής και δίνεται από τόν τύπο:

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

α. **Salmonella:** Οί σαλμονέλλες είναι σχετικά ευαίσθητες στό NaCl. Άλμη κάτω του 8% αναστέλλει τόν πολλαπλασιασμό. Τα άνώτατο άνεκτό δριο άλμης για πολλαπλασιασμό έξαρτάται από τό στέλεχος, pH, Eh και θερμοκρασία. Έτσι στους 8°C άνάπτυξη έλαβε χώρα μέχρι 2% άλμης, στους 12°C μέχρι 4%, στους 22°C μέχρι 5-8% και στους 37°C μέχρι 8% (42). Όσο τό ποσοστό άλμης αύξάνει ή φάση προσαρμογής επιμηκύνεται και ή πιθανότητα άναπτύξεως μειώνεται (22). Οί σαλμονέλλες μπορούν να έπιζήσουν σε άλίπαστα κρέατα για μακρό χρονικό διάστημα. Γενικά ή προσθήκη άλατος στά κρέατα έπηρεάζει έντονα όλα τα έντεροβακτηριοειδή μικρόβια και πολλά άλλα άρνητικά κατά Gram ψυχρόφιλα μικρόβια ύπεύθυνα για τίς σήψεις τών κρεάτων.

β. **S. aureus:** Οί σταφυλόκοκκοι ως γνωστόν είναι άνθεκτικοί στό NaCl. Όπό άερόβιες συνθήκες πολλαπλασιάζονται σε τροφές με 16-18% άλμη και ύπό άναερόβιες συνθήκες μέχρι 14-16%. Ό πιθανότητα άναπτύξεως μειώνεται σε ευθεία γραμμική σχέση με τήν αύξηση του NaCl και τή μείωση του pH και τής θερμοκρασίας (18-20,23,47). Ό άερόβια και άναερόβια παραγωγή έντεροτοξινών σταματά όταν άντίστοιχα ή άλμη έχει ξεπεράσει 12-13% και 9.5% (23).

γ. **V. parahaemolyticus:** Άπαιτεί τουλάχιστον 0.5% άλμη για άνάπτυξη στις τροφές, πλέον ευνοϊκή είναι 3% άλμη, ένω τό άνώτατο δριο για πολλαπλασιασμό είναι 9-10%. Περιέργα παρατηρείται αύξημένη επιβίωση σε ζωμούς με αύξηση τής άλμης από 0 σε 12% (4,11).

δ. **Campylobacter jejuni:** Πολύ ευαίσθητο στην άλμη (14).

ε. **C. botulinum:** Τό θέμα έχει μελετηθεί έκτεταμένα. Γενικά 10% και πλέον άλμη παρεμποδίζει τόν πολλαπλασιασμό. Κατώτερη πυκνότητα άλμης έχει άποτελέσματα που ποικίλλουν με τό ύπόστρωμα, τόν τύπο και τό στέλεχος (3,23). Ό μεγαλύτερη άντίσταση στό NaCl παρατηρείται όταν τό pH και ή θερμοκρασία είναι πλέον ευνοϊκά. Όσο αύξάνει τό NaCl τόσο περισσότεροι σπόροι χρειάζονται για να παρατηρηθεί άνάπτυξη (23). Άνάπτυξη στις τροφές και ιδιαίτερα στά άλίπαστα κρέατα παρεμποδίζεται και από ποσοστά άλμης κάτω του 10%. Αυτό όφείλεται στην παρουσία άλλων παραγόντων όπως τα νιτρικά άλατα, στη τιμή του pH, στη επίδραση τής θερμάνσεως και του γεγονότος ότι ό αριθμός τών σπόρων στά κρέατα είναι πολύ μικρός (<1/kg) (52,56,57). Σε άντίθεση με τους τύπους A και B τών όποιών ή άνάπτυξη σταματά με 10% άλμη, ό τύπος E είναι ευαίσθητος και ή άνάπτυξή 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. Άνάπτυξη 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:** Ό Μ.Ο. αυτός είναι άρκετά ευάισθητος στο NaCl. Ό 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 ή 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:** Άνάπτυξη 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 ύποβάλλονται σε θερμοκή έπεξεργασία.

Πρόσφατα πειράματα (39) έδειξαν ότι ή ζωτικότητα της τριχίνας έξουδετερώθηκε 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 στ'ς ποσότητες άλατος που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή άλίπαστων κρεάτων. Ό ιός του άφθώδους άντέχει σε άλμη μέχρι 20%, ενώ ο ιός 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:

Ό 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. Ό 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 αναπτυχθούν με ταχύ ρυθμό άμεσως 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 άερος 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 αναπτυχθούν. 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 αερίων (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.

Ο 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 αντίθεση ή θερμοάντοχή 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 θερμότητας 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 ανάπτυξη σε χαμηλό a_w δυνατόν νά χρησιμοποιέσει στό μέλλον ως άνασχετικό μέσο στην ανάπτυξη 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 ανάπτυξη 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 ανθρώπου.

6) Γενικά οί παραδοσιακές ΤΜΥ για διατροφή του ανθρώπου παραμένουν έπιτυχή προϊόντα, συχνά με ύψηλή θρεπτική άξία, όργανοληπτική ποιότητα και μικροβιακή σταθερότητα. Σε αντίθεση οί νέες ΤΜΥ παρά τήν τρομερή έπιτυχία τους στη διατροφή των μικρών κατοικιδίων ζώων παραμένουν προβληματικές στην πλατειά έφαρμογή τους στη διατροφή του ανθρώπου. 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 στόν τομέα αυτόν 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 στόν 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 στό 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 μιά 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 έσωτερική 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 άπλῶς 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 Ίταλίας, ένα προϊόν μέσης υγρασίας (24,44).

$\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_n = \alpha + \beta_1 (\Sigma\sigma\tau\alpha\phi_0) + \beta_2(\eta) + \beta_3(K) + \beta_4(pH_0) + \beta_5(pH_0).(K) + \beta_6(H)(K)$ 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 έργοστασίου με σταθερό a_w .

Ένα παράδειγμα προσδιορισμού του βαθμού ανάπτυξεως των σταφυλοκόκκων τις πρώτες 7 ημέρες της ζυμώσεως σε σαλάμια δύο έργοστασιών 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.

σε άνεκτά επίπεδα. Τα πειράματα αυτού του είδους έχουν έπεκταθεί και στον προσδιορισμό πιθανότητας ανάπτυξεως άλλων παθογόνων, όπως οι σαλμονέλλες, **C. botulinum**, **C. perfringens**, και **B. cereus** (22,23,51,66).

Στην ανασκόπηση αυτή της σημασίας του a_w στην υγιεινή και συντήρηση των τροφίμων προσπάθησα να παρουσιάσω σύντομα τις βασικές αρχές σε συνδυασμό με την πρακτική τους εφαρμογή στην ρουτίνα της έπιστήμης των τροφίμων. Η μεθοδολογία μετρήσεως του a_w στις τροφές δέν συζητήθηκε σκόπιμα για να μην έπεκταθεί ή έργασία αυτή. Για περισσότερες πληροφορίες ό άναγνώστης μπορεί να συμβουλευθεί την βιβλιογραφία και ιδίως τις πηγές 1, 12, 15, 23, 36, 37, 64 και 65.

Πίνακας 2

Έπίδραση των αλλαγών του αρχικού pH και μεγέθους της γαλακτικής καλλιέργειας στην κρεατομάζα άλλαντικού άερος τύπου Ίταλίας (Η.Π.Α) επί του μέγιστου βαθμού ανάπτυξεως σταφυλοκόκκων κατά τη διάρκεια των πρώτων έπτά ήμερών της ζυμώσεως του προϊόντος σε δύο διαφορετικά έργοστάσια (44).

Άριθμός γαλακτικής καλλιέργειας	Έργοστάσιο	A	Έργοστάσιο	B
	Άρχικό 6.1	pH 5.7	Άρχικό 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

* Λογάριθμος του άριθμού των σταφυλοκόκκων. Οί ύπολογισμοί βασίστηκαν σε έξισώσεις που άναπτύξαμε και με τó δεδομένο ότι ό μέγιστος άρχικός άριθμός των σταφυλοκόκκων ήταν $7 \times 10^4/g$.

Αυτός ό άριθμός είναι ό μεγαλύτερος που διαπιστώθηκε στην κρεατομάζα κατά τη διάρκεια 4 έτων παρακολούθησεως της παραγωγής στα δύο έργοστάσια.

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.