



Υγιεινή & Ασφάλεια Τροφίμων

Βιολογικοί Κίνδυνοι στα Τρόφιμα

Ευστάθιος Κλαυδιανός
Στρ. Κτηνίατρος, MSc

Σχεδιάγραμμα διάλεξης

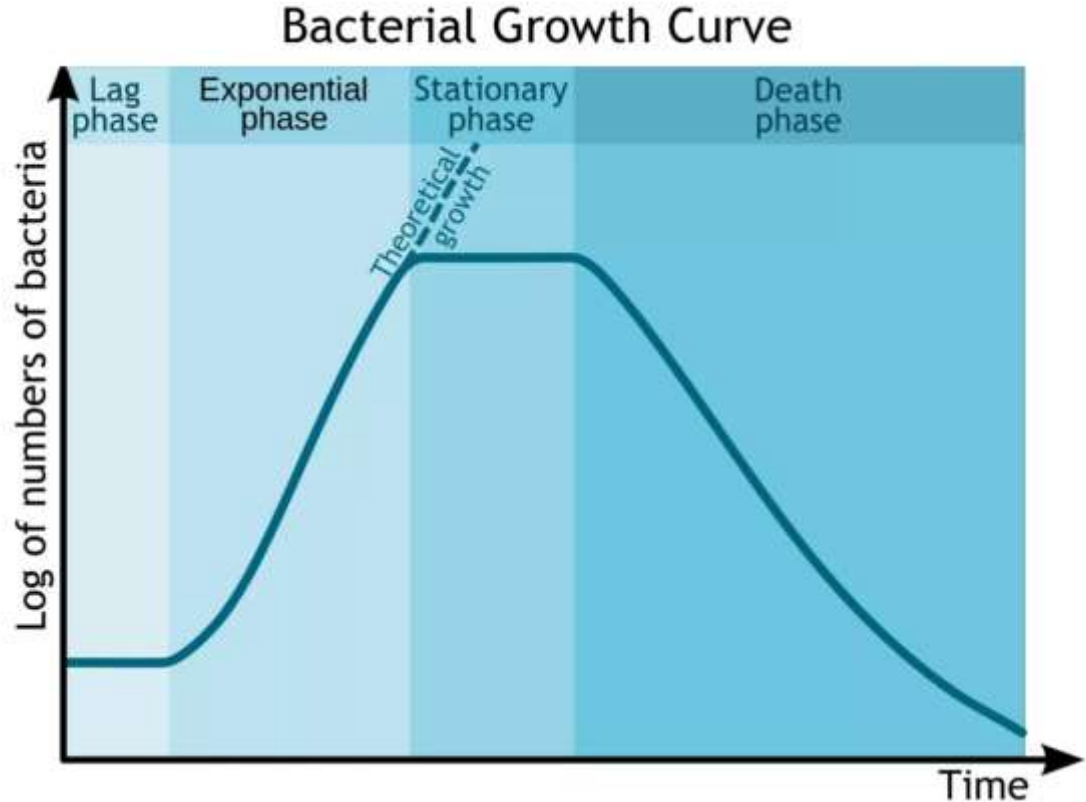
- ▶ **Οικολογία τροφιμογενών παθογόνων & αλλοιογόνων μικροοργανισμών**
- ▶ **Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα**
- ▶ **Τροφιμογενή παθογόνα**
 - Βακτήρια (bacteria)
 - Μύκητες – Ζύμες (moulds – yeasts)
 - Ιοί (viruses)
 - Παράσιτα (parasites)
 - Πρίον (prions)

Οικολογία τροφιμογενών παθογόνων & αλλοιογόνων μικροοργανισμών

- ▶ Ένα τρόφιμο αποτελεί ένα **οικοσύστημα** για τα μικρόβια
- ▶ **Μικροβιακή οικολογία των τροφίμων**
 - Τύπος των μικροοργανισμών που υπάρχουν (ποικιλομορφία και δομή)
 - Ποσοστό εμφάνισης και δραστηριότητές τους (λειτουργικότητα)
 - Αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους (μικροβιακές κοινότητες) και το περιβάλλον τους
- ▶ Οι μικροοργανισμοί **κατανέμονται** μέσα στα τρόφιμα πιο συχνά **ετερογενώς**
 - δομική ετερογένεια της υφής των τροφίμων
 - ατελής ανάμιξη
 - τυχαία επιμόλυνση
 - εντοπισμένη μικροβιακή ανάπτυξη

Οικολογία τροφιογενών παθογόνων & αλλοιογόνων μικροοργανισμών

Η καμπύλη ανάπτυξης των βακτηρίων αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ζωντανών κυττάρων σε έναν πληθυσμό με την πάροδο του χρόνου



Οικολογία τροφιμογενών παθογόνων & αλλοιογόνων μικροοργανισμών

- ▶ Η **μικροβιακή οικολογία** συνδέεται στενά με τη **μικροβιακή φυσιολογία**
- ▶ Τρεις βασικές ομάδες οικοφυσιολογικών παραγόντων:
 1. Εγγενείς παράγοντες
 2. Εξωγενείς παράγοντες
 3. Έμμεσοι παράγοντες

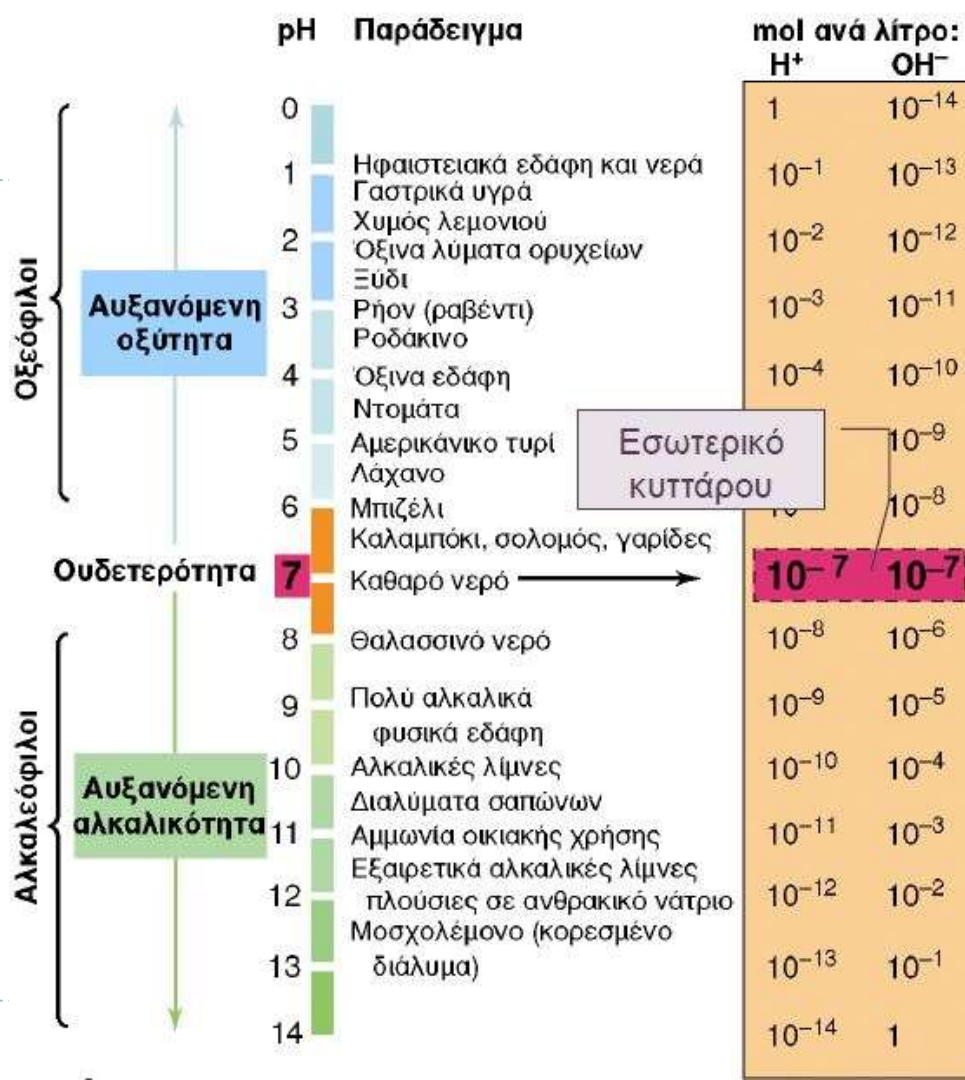
1. Εγγενείς παράγοντες

- ▶ Τιμή pH
- ▶ Συντελεστής ενεργού ύδατος (a_w)
- ▶ Οξυγόνο και δυναμικό οξειδοαναγωγής (E_h)
- ▶ Θρεπτικά συστατικά
- ▶ Βιολογική δομή
- ▶ Φυσικές και τεχνητές αντιμικροβιακές ουσίες

1. Εγγενείς παράγοντες : pH

- ▶ Ανάλογα με την τιμή του pH τα τρόφιμα διακρίνονται σε :
 - Τρόφιμα **χαμηλής οξύτητας** όπου το pH είναι $> 4,6$ και $< 7,0$
 - **Όξινα** τρόφιμα που έχουν $\text{pH} < 4,6$
 - **Οξιτισμένα** τρόφιμα που προκύπτουν κατά την προσθήκη οξέων σε τρόφιμα με χαμηλή οξύτητα
- ▶ Οι μικροοργανισμοί έχουν μια **βέλτιστη**, μια **ελάχιστη** και μια **μέγιστη** τιμή pH για την ανάπτυξη τους στα τρόφιμα
- ▶ Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί γενικά δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε τιμές $\text{pH} < 4,6$





1. Εγγενείς παράγοντες : pH

- ▶ Όρια pH για ανάπτυξη μ/ο
- **Lactic acid bacteria (LAB):** τα πλέον οξυανθεκτικά βακτήρια (επιβίωση σε pH<4,0)
- ***S. aureus*** : το πλέον οξυανθεκτικό παθογόνο βακτήριο (επιβίωση σε pH≥4)
- ***Clostridium botulinum*** δεν αναπτύσσεται σε pH <4.6 → αυτή η τιμή pH καθορίζει το ύψος θερμικής επεξεργασίας σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα
- **Αντοχή ζυμών-μυκήτων** σε όξινο pH (διέγερση μυκήτων σε όξινο pH)

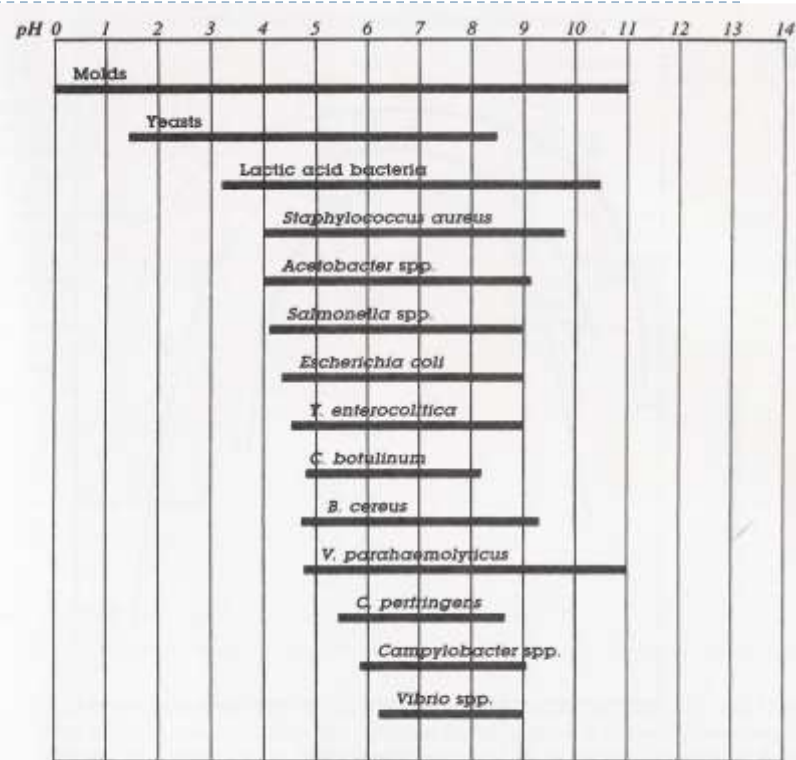


Figure 3.1. Approximate pH growth ranges for some foodborne organisms.

1. Εγγενείς παράγοντες : pH

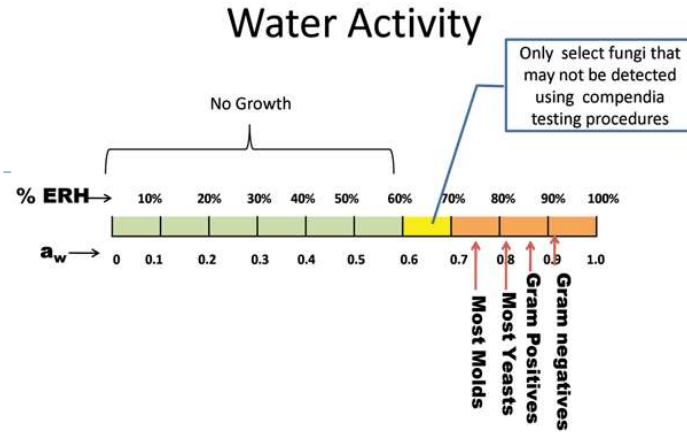
- ▶ Μηχανισμοί αντίστασης των μ/ο σε αλλαγές του pH:
 - **Ομοιοστατική απόκριση**: αντλία πρωτονίων διώχνει H^+ εκτός κυττάρου (σε διαρκή λειτουργία)
 - **Απόκριση οξυαντοχής** (Acid tolerance response-ATR): μεμβρανικές πρωτεΐνες που αντλούν H^+ ή OH^- από το κυτταρόπλασμα προς το εξωκυτταρικό περιβάλλον (ATPase-proton pump): aminoacid decarboxylase σε χαμηλό pH, aminoacid deaminase σε υψηλό pH
 - **Πρωτεΐνες όξινου shock**: συντίθενται σε pH 3.0-5.0

1. Εγγενείς παράγοντες : a_w

- ▶ Ο **συντελεστής ενεργού ύδατος** (a_w - **water activity**) ενός τροφίμου περιγράφει τον βαθμό στον οποίο το νερό είναι «δεσμευμένο» στο τρόφιμο και επομένως τη διαθεσιμότητά του για συμμετοχή σε χημικές/βιοχημικές αντιδράσεις και για τη διευκόλυνση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών
- ▶ Στον τομέα της επιστήμης των τροφίμων, ο συντελεστής ενεργού ύδατος (a_w) είναι η μερική τάση ατμών του νερού σε ένα τρόφιμο διαιρεμένη με τη μερική τάση ατμών του καθαρού αποσταγμένου νερού ($a_w = 1$) στην ίδια θερμοκρασία
- ▶ Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, συνήθως αυξάνεται το a_w , εκτός από τρόφιμα που περιέχουν κρυσταλλικό αλάτι ή ζάχαρη

1. Εγγενείς παράγοντες : a_w

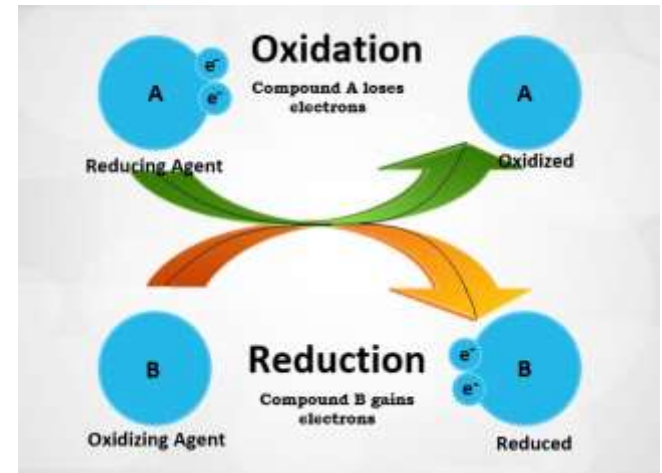
- ▶ Τα τρόφιμα διακρίνονται σε κατηγορίες με:
 - υψηλό a_w ($> 0,92$)
 - ενδιάμεσο a_w (0,85 έως 0,92)
 - χαμηλό a_w ($< 0,85$)



- ▶ Τα περισσότερα φρέσκα τρόφιμα έχουν τιμές a_w που είναι κοντά στο βέλτιστο επίπεδο ανάπτυξης των περισσότερων μικροοργανισμών (0,97 - 0,99)
- ▶ Γενικά, οι μικροοργανισμοί διαθέτουν **βέλτιστα** και **ελάχιστα** επίπεδα a_w για την ανάπτυξή τους
 - Τα βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα από τις ζύμες και τους μύκητες σε χαμηλές τιμές a_w
 - Τα Gram (-) βακτήρια είναι γενικά πιο ευαίσθητα σε χαμηλές τιμές a_w από τα Gram (+) βακτήρια
- ▶ Η ανάπτυξη των τροφιμογενών παθογόνων αναστέλλεται γενικά όταν $a_w < 0,86$
- ▶ Ο *Staphylococcus aureus* μπορεί να αναπτυχθεί στα τρόφιμα σε ελάχιστη τιμή $a_w = 0,83$ και να παράγει τοξίνη σε ελάχιστη τιμή $a_w = 0,90$

1. Εγγενείς παράγοντες : E_h

- ▶ Το δυναμικό οξειδοαναγωγής (**Redox potential – E_h**) είναι η μέτρηση της ευκολίας με την οποία μια ουσία κερδίζει ή χάνει ηλεκτρόνια (μονάδα μέτρησης millivolts-mV)
- ▶ Το δυναμικό οξειδοαναγωγής ορίζεται ως το άθροισμα όλων των **οξειδωτικών** (διαλυμένο οξυγόνο, ελεύθερες ρίζες, υπεροξείδιο του υδρογόνου, οξειδωμένα μεταλλικά ιόντα) **και αναγωγικών** (ορισμένες βιταμίνες, αναγόμενα ιόντα μετάλλων, μόρια που περιέχουν θειόλη, υδρογόνο) **ζευγών** που βρίσκονται μέσα στο υπόστρωμα-τρόφιμο
- ▶ Αυτό σημαίνει ότι όταν αυξάνεται η συγκέντρωση οξειδωτικών μορίων, αυξάνεται η πιθανή οξειδοαναγωγική τιμή του υποστρώματος, αλλά όταν αυξάνεται η συγκέντρωση του αναγωγικού μορίου, μειώνεται η οξειδοαναγωγική τιμή του υποστρώματος
- ❖ *Redox = η συγκέντρωση κινητών ηλεκτρονίων (που μπορεί να κινηθεί από μόριο σε άλλο) μέσα στο τρόφιμο*
- ❖ *τιμή pH = η συγκέντρωση των πρωτονίων (H^+) μέσα στο τρόφιμο*



1. Εγγενείς παράγοντες : E_h

- ▶ Τα μικρόβια με βάση τις τιμές του E_h που ευνοούν την ανάπτυξή τους ταξινομούνται ως:
 - Υποχρεωτικά αερόβια
 - Υποχρεωτικά αναερόβια
 - Δυνητικά αερόβια (ή Δυνητικά αναερόβια)

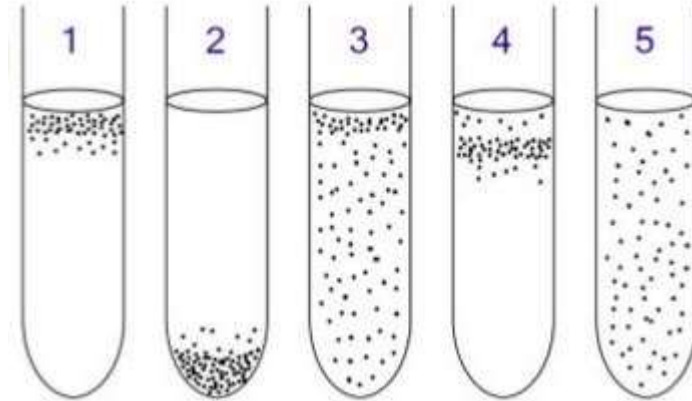
- ▶ Το εύρος E_h στο οποίο μπορούν να αναπτυχθούν οι διαφορετικοί μικροοργανισμοί είναι:
 - αερόβια από +500 έως +300 mV
 - δυνητικά αναερόβια από +300 έως -100 mV
 - αναερόβια από +100 έως χαμηλότερα από -250 mV






1. Εγγενείς παράγοντες : E_h

- ▶ Η βέλτιστη συγκέντρωση οξυγόνου για έναν μ/ο είναι το επίπεδο οξυγόνου που προάγει τον ταχύτερο ρυθμό ανάπτυξης
- ▶ Η ελάχιστη επιτρεπτή συγκέντρωση οξυγόνου και η μέγιστη επιτρεπτή συγκέντρωση οξυγόνου είναι, αντίστοιχα, τα χαμηλότερα και τα υψηλότερα επίπεδα οξυγόνου που ο μ/ο μπορεί να ανεχθεί ώστε να επιβιώσει και να πολλαπλασιαστεί
- ▶ Όταν ένας μ/ο βρίσκεται σε αερόβιο υπόστρωμα (που περιέχει διαλυμένο οξυγόνο) σημαίνει ότι αυτό το υπόστρωμα είναι ευνοϊκό για την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών που μπορούν να χρησιμοποιήσουν το οξυγόνο ως τελικό δέκτη ηλεκτρονίων που παράγονται από το υπόστρωμα (π.χ. τρόφιμο, μικροβιολογικό υπόστρωμα καλλιέργειας στο εργαστήριο) μέσω του μεταβολισμού

1. Εγγενείς παράγοντες : E_h

1. **Υποχρεωτικά αερόβια** = απαραίτητο το οξυγόνο → ανάπτυξη στην κορυφή του δοκιμαστικού σωλήνα (π.χ. *Pseudomonas aeruginosa*)
2. **Υποχρεωτικά αναερόβια** = το οξυγόνο είναι τοξικό (απαιτούν $O_2 < 0.05\%$) → ανάπτυξη στον πυθμένα του δοκιμαστικού σωλήνα (π.χ. *Clostridium botulinum*)
3. **Δυνητικά αναερόβια** = το οξυγόνο δεν είναι απαραίτητο και δεν είναι τοξικό → ανάπτυξη σε όλο το εύρος του δοκιμαστικού σωλήνα (π.χ. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*)
4. **Μικροαερόφιλα** = απαιτούν χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου (γενικά 2-10%) → ανάπτυξη κάτω από την κορυφή του υποστρώματος στο δοκιμαστικό σωλήνα (π.χ. *Campylobacter jejuni*)
5. **Αεροανεκτικά αναερόβια** = αναερόβια στα οποία το οξυγόνο δεν είναι τοξικό → ανάπτυξη σε όλο το εύρος του δοκιμαστικού σωλήνα (π.χ. *Bacillus cereus*, *Campylobacter jejuni*)



	a. Obligate Aerobes	b. Facultative Anaerobes	c. Obligate Anaerobes	d. Aerotolerant Anaerobes	e. Microaerophiles
Effect of Oxygen on Growth	Only aerobic growth; oxygen required.	Both aerobic and anaerobic growth; greater growth in presence of oxygen.	Only anaerobic growth; ceases in presence of oxygen.	Only anaerobic growth; but continues in presence of oxygen.	Only aerobic growth; oxygen required in low concentration.
Bacterial Growth in Tube of Solid Growth Medium					
Explanation of Growth Patterns	Growth occurs only where high concentrations of oxygen have diffused into the medium.	Growth is best where most oxygen is present, but occurs throughout tube.	Growth occurs only where there is no oxygen.	Growth occurs evenly; oxygen has no effect.	Growth occurs only where a low concentration of oxygen has diffused into medium.
Explanation of Oxygen's Effects	Presence of enzymes catalase and superoxide dismutase (SOD) allows toxic forms of oxygen to be neutralized; can use oxygen.	Presence of enzymes catalase and SOD allows toxic forms of oxygen to be neutralized; can use oxygen.	Lacks enzymes to neutralize harmful forms of oxygen; cannot tolerate oxygen.	Presence of one enzyme, SOD, allows harmful forms of oxygen to be partially neutralized; tolerates oxygen.	Produce lethal amounts of toxic forms of oxygen if exposed to normal atmospheric oxygen.

1. Εγγενείς παράγοντες : E_h

- ▶ Το E_h αλλάζει με την ανάπτυξη των μ/ο και την επεξεργασία των τροφίμων (θέρμανση, συσκευασία)
- Ανάπτυξη αεροβίων μ/ο → πτώση του E_h (εξάντληση O_2)
- Το E_h είναι υψηλότερο σε όξινο περιβάλλον
- Παραγωγή H_2S , CO_2 → πτώση του E_h
- Θέρμανση απελευθερώνει ('διώχνει') το O_2 προς την ατμόσφαιρα
- Συσκευασία vacuum/MAP μειώνει το O_2
- Οι ζυμωτικοί μ/ο (ζύμες, οξυγαλακτικά) παράγουν οργανικά οξέα, αιθανόλη, ακετόνη αναεροβίως (σημαντικός ο ρόλος του O_2 σε ζυμώσεις από ζύμες)
- Άκρως οξειδωτικές συνθήκες (όζον, ελεύθερες ρίζες υπεροξειδίων,) προκαλούν οξειδωτικό στρες, πιθανόν καταστροφικό για τους μ/ο
- Τα αερόβια βακτήρια έχουν μηχανισμούς απόκρισης στο οξειδωτικό στρες (superoxide dismutase, catalase), που δεσμεύουν τις τοξικές ελεύθερες ρίζες

1. Εγγενείς παράγοντες : **Θρεπτικά συστατικά**

- ▶ Οι μικροοργανισμοί απαιτούν ορισμένα βασικά θρεπτικά συστατικά για την επιβίωση και την ανάπτυξή τους:
 - νερό
 - μια πηγή ενέργειας
 - άζωτο
 - βιταμίνες
 - μέταλλα (φωσφόρος, σίδηρος, μαγνήσιο, θείο, μαγγάνιο, ασβέστιο και κάλιο)
- ▶ Οι διατροφικές ανάγκες των μικροοργανισμών μπορούν συνήθως να καλυφθούν μέσα στα τρόφιμα λόγω της ύπαρξης των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών

1. Εγγενείς παράγοντες : Θρεπτικά συστατικά

- ▶ Τα τροφιμογενή παθογόνα μπορούν να αντλήσουν ενέργεια από υδατάνθρακες, αλκοόλες και αμινοξέα
- ▶ Οι απλοί υδατάνθρακες και τα αμινοξέα χρησιμοποιούνται πρώτα και ακολουθούν οι περισσότερο σύνθετες μορφές αυτών των θρεπτικών συστατικών
- ▶ Τα Gram (+) βακτήρια είναι πιο απαιτητικά στις διατροφικές τους ανάγκες
- ▶ Τα Gram (-) βακτήρια είναι γενικά σε θέση να αντλήσουν τις βασικές τους διατροφικές απαιτήσεις από τους υπάρχοντες υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λιπίδια, μέταλλα και βιταμίνες που απαντώνται σε ένα ευρύ φάσμα τροφίμων

1. Εγγενείς παράγοντες : Βιολογική δομή

- Τα **φυσικά εμπόδια** στην αλλοίωση των τροφίμων από μικροοργανισμούς είναι:
 - το δέρμα των ψαριών και των κρεάτων
 - το κέλυφος των ξηρών καρπών και των αυγών
 - τα εξωτερικά στρώματα των σπόρων
 - το εξωτερικό περίβλημα των φρούτων και λαχανικών όπως ο φλοιός
- Αυτές οι προστατευτικές βιολογικές δομές αποτελούνται συνήθως από **μακρομόρια** που είναι σχετικά ανθεκτικά στη διείσδυση ή την αποδόμηση από μικροοργανισμούς
- Παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη δομή αυτών των εμποδίων:
 - Η **φυσική βλάβη** κατά τη συγκομιδή, τη μεταφορά ή την αποθήκευση, καθώς και η εισβολή εντόμων, που μπορεί να επιτρέψει τη διείσδυση μικροοργανισμών
 - Διεργασίες όπως **τεμαχισμός, φιλετοποίηση και άλεση** κατά τη διάρκεια της προετοιμασίας των τροφίμων

1. Εγγενείς παράγοντες : Βιολογική δομή

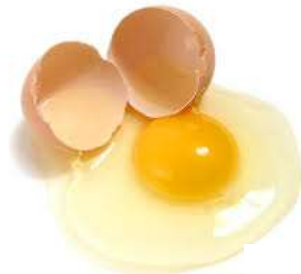
- ▶ Μόλις διαταραχθεί η ακεραιότητα της επιφάνειας ενός τροφίμου (ιδίως σε φρούτα-λαχανικά), τα μικρόβια διεισδύουν
- ▶ Κιμάς πιο ευαλλοίωτος από ό,τι ένα ενιαίο τεμάχιο κρέατος (μεγαλύτερη εκτεθειμένη επιφάνεια)
- ▶ Υγρά-ρευστά τρόφιμα πιο ευαλλοίωτα από ό,τι στερεά με παρόμοια σύνθεση (ευκολότερη διάχυση μικροβίων στο υπόστρωμα)
- ▶ Πρόβλημα: ομοιόμορφη θερμική επεξεργασία ή ψύξη ή ακτινοβολία σε τεμάχια διαφορετικών μεγεθών!

1. Εγγενείς παράγοντες : Αντιμικροβιακές ουσίες

- Ορισμένα τρόφιμα περιέχουν **εγγενείς αντιμικροβιακές ενώσεις** που απαντώνται στη φύση και παρέχουν κάποιο επίπεδο μικροβιολογικής σταθερότητας σε αυτά
- **Φυτικά** αντιμικροβιακά συστατικά (αιθέρια έλαια, τανίνες, γλυκοζίτες και ρητίνες, φυτοαλεξίνες και λεκτίνες = πρωτεΐνες που δεσμεύουν υδατάνθρακες):
 - ευγενόλη (αιθέριο έλαιο) στο γαρίφαλο
 - αλικίνη στο σκόρδο
 - κινναμική αλδεΐδη και ευγενόλη στην κανέλα
 - ισοθειοκυανικό αλλύλιο στη μουστάρδα
 - ευγενόλη και θυμόλη στο φασκόμηλο
 - καρβακρόλη (ισοθυμόλη) και θυμόλη στη ρίγανη (αιθέρια έλαια)
 - φαινόλες σε τσάι και κρασί
 - κουμαρικό, φερουλικό, καφεϊκό οξύ σε φρούτα, λαχανικά και τσάι
 - γλυκοσινολίδια-ισοκυανίδιο σε λάχανο και μπρόκολο

1. Εγγενείς παράγοντες : Αντιμικροβιακές ουσίες

- Αντιμικροβιακές ενώσεις σε τρόφιμα **ζωικής προέλευσης** :
 - **Λακτοφερίνη & Λεκτίνη** στον βόειο ορό, το πρωτόγαλα και το γάλα
 - Το σύστημα **γαλακτοϋπεροξειδάσης** στο αγελαδινό γάλα – τα Gram (-) ψυχρότροφα όπως οι ψευδομονάδες (*Pseudomonas* spp.) είναι πολύ ευαίσθητες στο σύστημα γαλακτοϋπεροξειδάσης
 - **Λυσοζύμη** σε αυγά και γάλα – μια μικρή πρωτεΐνη που μπορεί να υδρολύσει το κυτταρικό τοίχωμα των βακτηρίων



1. Εγγενείς παράγοντες : Αντιμικροβιακές ουσίες

- ▶ Η επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό αντιμικροβιακών ενώσεων
- ▶ Η **κάπνιση** ψαριών και κρέατος μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα την εναπόθεση αντιμικροβιακών ουσιών στην επιφάνεια του προϊόντος. Το συμπύκνωμα του καπνού περιέχει φαινόλη, η οποία έχει αντιμικροβιακή δράση και μειώνει το pH στην επιφάνεια του τροφίμου
- ▶ Οι **ενώσεις Maillard** εμφανίζονται σε ένα βαθμό αντιμικροβιακή δράση



1. Εγγενείς παράγοντες : Αντιμικροβιακές ουσίες

- ▶ Η επεξεργασία των τροφίμων μπορεί να οδηγήσει στον σχηματισμό αντιμικροβιακών ενώσεων
- ▶ Η **ζύμωση (fermentation)** μπορεί να οδηγήσει στο σχηματισμό αντιμικροβιακών ενώσεων (βακτηριοσίνες, αντιβιοτικά, άλλοι αναστολείς μικροβίων)
 - Οι **βακτηριοσίνες** είναι πρωτεΐνες ή πεπτίδια (nisin, reuterin, helveticin, mecedonicin, pedionisin) που παράγονται από ορισμένα στελέχη βακτηρίων (π.χ. οξυγαλακτικά) που απενεργοποιούν συνήθως άλλα συγγενικά βακτήρια
 - Η **νισίνη** (nisin) έχει εγκριθεί ως πρόσθετο σε τρόφιμα (food additive) και είναι αποτελεσματική έναντι των περισσότερων Gram (+) βακτηρίων

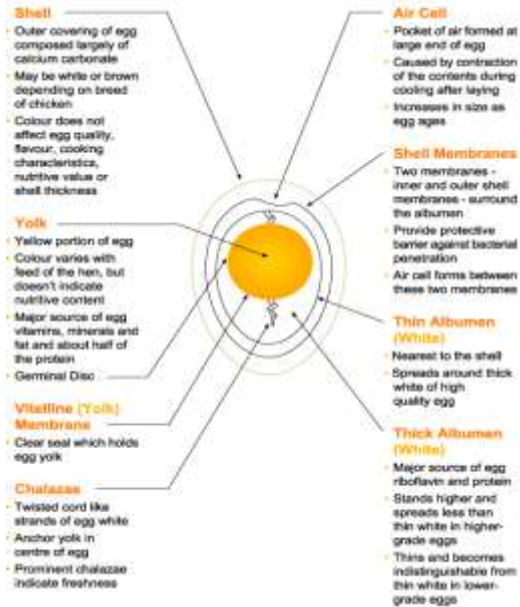


1. Εγγενείς παράγοντες : Αντιμικροβιακές ουσίες

- ▶ **Χημικά συντηρητικά:** Αναστολή ανάπτυξης μ/ο (βακτηριοστατικά, μυκοστατικά) ή καταστροφή μ/ο (βακτηριοκτόνα, μυκητοκτόνα, ιοκτόνα, σποριοκτόνα)
- ▶ Μηχανισμός δράσης:
 - Προσβολή του γενετικού συστήματος των μ/ο (αναστολή σύνθεσης πρωτεϊνών, RNA, DNA)
 - Προσβολή (διαπερατότητα) κυτταρικής μεμβράνης
 - Αναστολή δράσης ενζύμων (π.χ. λόγω μεταβολής pH ή οξειδώσεων)
- ▶ Η αποτελεσματικότητα της δράσης εξαρτάται από:
 - Συγκέντρωση και διαλυτότητα συντηρητικού
 - Είδος μ/ο (πιο ανθεκτικά τα σπόρια βακτηρίων, μυκήτων)
 - Πληθυσμός μ/ο
 - Φάση ανάπτυξης μ/ο (ευαίσθητη στη φάση λογαριθμικής ανάπτυξης, ανθεκτικοί στη φάση στασιμότητας)
 - Το pH και η φυσική κατάσταση του τροφίμου
 - Θερμοκρασία τροφίμου

1. Εγγενείς παράγοντες :

Βιολογική δομή & Αντιμικροβιακές ουσίες του αυγού



I. Μηχανικοί (φυσικοί) φραγμοί

Κέλυφος

Κηρώδης εξωτερική μεμβράνη κελύφους (επιδερμίδα) → μπλοκάρει τους πόρους του κελύφους

Εσωτερικές μεμβράνες κελύφους (ενεργούν ως φίλτρα)

Δομή του λευκώματος (παχύρρευστο → υψηλό ιξώδες → δυσκολία στην κίνηση μ/ο προς τον κρόκο)

Εξωτερική μεμβράνη κρόκου

II. Βιολογικά εμπόδια

Λεύκωμα (Ασπράδι)

ο Πρωτεΐνες

- Λυσοζύμη (υδρολύει δομικά συστατικά βακτηριακού κυτταρικού τοιχώματος)
- Conalbumin (Ονοτρανσφερρίν) (δεσμεύει ιόντα Fe και άλλα ιόντα απαραίτητα για βακτηριακή ανάπτυξη)
- Αβιδίνη (δεσμεύεται με βιοτίνη που είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη βακτηρίων)
- Κυστατίνη (αναστολέας πρωτεάσης)
- Ονομυκοΐδη (αναστολέας πρωτεάσης)
- Ονοϊνιhibitορ (αναστολέας πρωτεάσης)

ο pH (> 9,0 κατά την αποθήκευση των αυγών)

Κρόκος

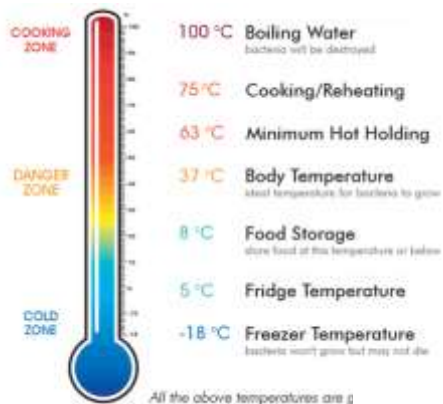
ο Πρωτεΐνες

- Λυσοζύμη, conalbumin, ονομυκοΐδη

ο Ανοσοσφαιρίνη κρόκου (IgY) (δεσμεύει και ακινητοποιεί παθογόνους μ/ο)

2. Εξωγενείς παράγοντες

- ▶ Εύρος θερμοκρασίας

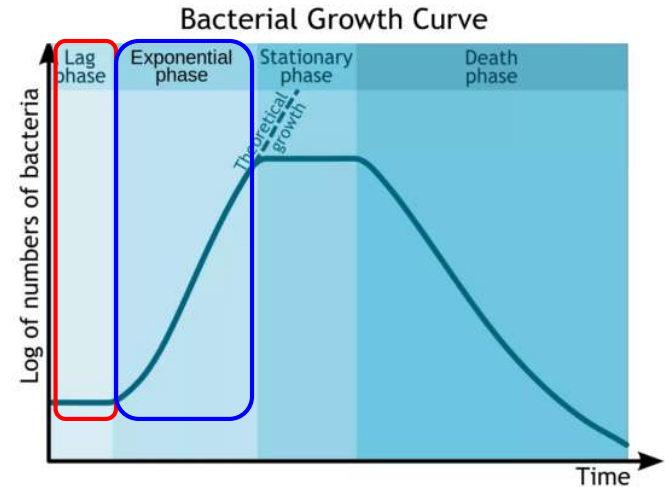


- ▶ Τύπος συσκευασίας / ατμόσφαιρας
- ▶ Σχετική υγρασία του περιβάλλοντος



2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

- ▶ Η **περίοδος προσαρμογής (lag phase)** και ο **εκθετικός ρυθμός ανάπτυξης (exponential phase)** ενός μικροοργανισμού επηρεάζονται από τη θερμοκρασία καθώς η ανάπτυξη μπορεί να ανασταλεί με μείωση ή αύξηση της θερμοκρασίας κάτω ή πάνω από το βέλτιστο εύρος ανάπτυξης
- ▶ Σε **χαμηλές θερμοκρασίες**:
 - τα ποσοστά αντίδρασης για τα μεμονωμένα ένζυμα στον οργανισμό γίνονται πολύ πιο αργά
 - η ρευστότητα της κυτταροπλασματικής μεμβράνης μειώνεται, παρεμποδίζοντας έτσι τους μηχανισμούς μεταφοράς
- ▶ Σε **υψηλές θερμοκρασίες**:
 - τα δομικά συστατικά των κυττάρων μετουσιώνονται και απενεργοποιούνται ευαίσθητα στη θερμότητα ένζυμα

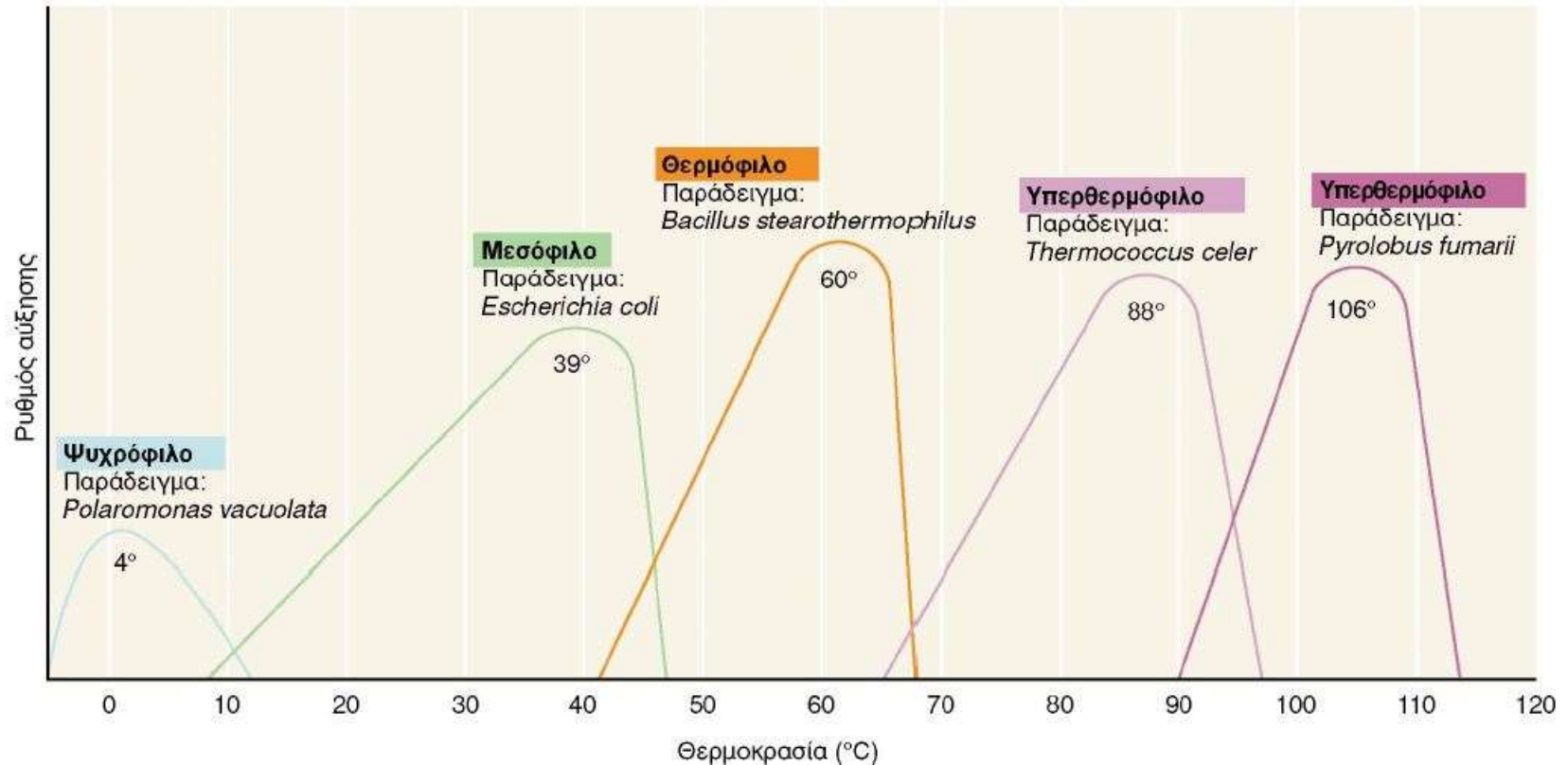


2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

- ▶ Όλοι οι μικροοργανισμοί έχουν καθορισμένο εύρος θερμοκρασίας στο οποίο αναπτύσσονται, με ελάχιστο, μέγιστο και βέλτιστο (εύρος -5 έως 110 °C)
- ▶ Τέσσερις βασικές ομάδες μικροοργανισμών με βάση την θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης:

Είδος βακτηρίων	Θερμοκρασιακή περιοχή ανάπτυξης (°C)
Ψυχρόφιλα	-5 έως 20
Μεσόφιλα	8 έως 45
Θερμόφιλα	40 έως 70
Υπερθερμόφιλα	65 έως 110

2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας



2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

Group	Temperature °C (°F)		
	Minimum	Optimum	Maximum
Thermophiles	40 - 45 (104 - 113)	55 - 75 (131 - 167)	60 - 90 (140 - 194)
Mesophiles	5 - 15 (41 - 59)	30 - 45 (86 - 113)	35 - 47 (95 - 117)
Psychrophiles	-5 - +5 (23 - 41)	12 - 15 (54 - 59)	15 - 20 (59 - 68)
Psychrotrophs	-5 - +5 (23 - 41)	25 - 30 (77 - 86)	30 - 35 (86 - 95)

- ▶ Τα **υποχρεωτικά ψυχρόφιλα** δεν αναπτύσσονται σε θερμοκρασίες > 20 °C
- ▶ Τα **προαιρετικά ψυχρόφιλα ή ψυχρότροφα** μπορούν να αναπτυχθούν σε χαμηλές θερμοκρασίες (όπως τα υποχρεωτικά ψυχρόφιλα) αλλά έχουν υψηλότερες βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης
- ▶ Η αντοχή των ψυχρότροφων σε μεγαλύτερο εύρος θερμοκρασιών τα καθιστά πιο επικίνδυνα για τα τρόφιμα

2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

Ψυχρότροφα μικρόβια

- ▶ Τα ψυχρότροφα («**ανεκτικά στο κρύο μικρόβια**») έχουν εύρος ανάπτυξης 0-35°C (βέλτιστο $\geq 16^{\circ}\text{C}$)
- ▶ Απαντώνται σε πολλά φυσικά περιβάλλοντα σε εύκρατα κλίματα και είναι υπεύθυνα για **την αλλοίωση των τροφίμων υπό ψύξη** καθώς αναπτύσσονται με σχετική άνεση σε θερμοκρασίες ψυγείου
- ▶ Επειδή είναι ενεργά σε χαμηλή θερμοκρασία, τα ψυχρότροφα μικρόβια αποτελούν σημαντικούς αποσυνθέτες των τροφίμων υπό ψύξη (προκαλούν πρωτεολυτικές και λιπολυτικές αλλοιώσεις) και τα ένζυμα τους ενδιαφέρουν τη βιοτεχνολογία
- ▶ Το ανθρώπινο παθογόνο *Listeria monocytogenes* είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα
 - Αναπτύσσεται στον εντερικό αυλό των ζώων και μπορεί να μολύνει το κρέας, το γάλα και τις καλλιέργειες, αλλά σε αντίθεση με τα τυπικά μεσόφιλα παθογόνα, αναπτύσσεται και σε θερμοκρασίες ψύξης
 - Οι τροφιμογενείς λοιμώξεις από *Listeria monocytogenes* οφείλονται στην κατανάλωση έτοιμων για κατανάλωση τροφίμων, όπως λαχανικά, μη παστεριωμένα τυριά και αλλαντικά

2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

Μεσόφιλα μικρόβια

- ▶ Τα μικρόβια που κατηγοριοποιούνται ως μεσόφιλα («αγαπούν τη μέτρια θερμοκρασία») προσαρμόζονται σε μέτριες θερμοκρασίες, με βέλτιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης που κυμαίνονται από τη θερμοκρασία δωματίου (περίπου 20 °C) έως περίπου 45 °C.
- ▶ Όπως θα αναμενόταν από τη θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος (37 °C), όχι μόνο τα φυσιολογικά ανθρώπινα μικροβιοτικά (human microbiota, π.χ. *Lactobacillus spp.*) αλλά και τα παθογόνα βακτήρια (π.χ. *E. coli*, *Salmonella spp.*) είναι μεσόφιλα
- ▶ Τα μεσόφιλα μικρόβια απαντώνται ευρέως στα τρόφιμα, τις επιφάνειες που αγγίζουμε και το νερό που κολυμπάμε και πίνουμε

2. Εξωγενείς παράγοντες: Εύρος θερμοκρασίας

Organism	Minimum °C/F	Temperature Optimum °C/F	Maximum °C/F
<i>Aeromonas hydrophila</i>	>1->4/<34->39	28-35/82-95	>42-45/<108->113
<i>Aspergillus flavus</i> (aflatoxin production)	10/50	33/91	43/109
<i>Bacillus cereus</i>	4/39	30/86	50-55/122-131 ^a
<i>Brucella</i>	6/43	37/99	42/108
<i>Campylobacter jejuni</i>	32/90	42/108	45/113
<i>Clostridium botulinum</i> type A (toxin production)	4/39	37/99	50/122
<i>Clostridium botulinum</i> type B (toxin production)	3/37	37/99	50/122
<i>Clostridium botulinum</i> type E (toxin production)	4/39	29/84	45/113
<i>Clostridium botulinum</i> type F (toxin production)	4/39	29/84	45/113
<i>Clostridium perfringens</i>	12/53	46/115	50/122
<i>Escherichia coli</i> (pathogenic)	7/45	37/99	46/115
<i>Listeria monocytogenes</i>	-0.4/31	37/99	45/113
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	8/46	30/86	45/113
<i>Salmonella</i>	5.2/41 ^a	35-43/95-109	46/115
<i>Shigella</i>	5/41	37/99	47/117
<i>Staphylococcus aureus</i>	7/45 ^b	37/99	48/118 ^b
<i>Streptococcus pyogenes</i>	>10/>50	37/99	<45/<113
<i>Vibrio cholerae</i>	10/50	37/99	43/109
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	5/41 ^a	37/99	43/109
<i>Vibrio vulnificus</i>	8/46	37/99	43/109
<i>Yersinia enterocolitica</i>	-1.3/30	25-37/77-99	42/108

^a Values for some strains vary and may differ slightly from the listed data.
^b Minimal temperature for enterotoxin production is 14C (57.2F); maximal temperature for enterotoxin production is 45C (113F).

Table 1. Optimal and limiting temperatures (rounded to nearest whole number) influencing growth of common foodborn pathogens with other conditions optimum or near optimum (e.g., pH and water activity).

2. Εξωγενείς παράγοντες: Τύπος συσκευασίας / ατμόσφαιρας

▶ Τα αέρια αναστέλλουν τους μικροοργανισμούς με δύο μηχανισμούς:

1. **Άμεση τοξική επίδραση** που μπορεί να αναστείλει την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό

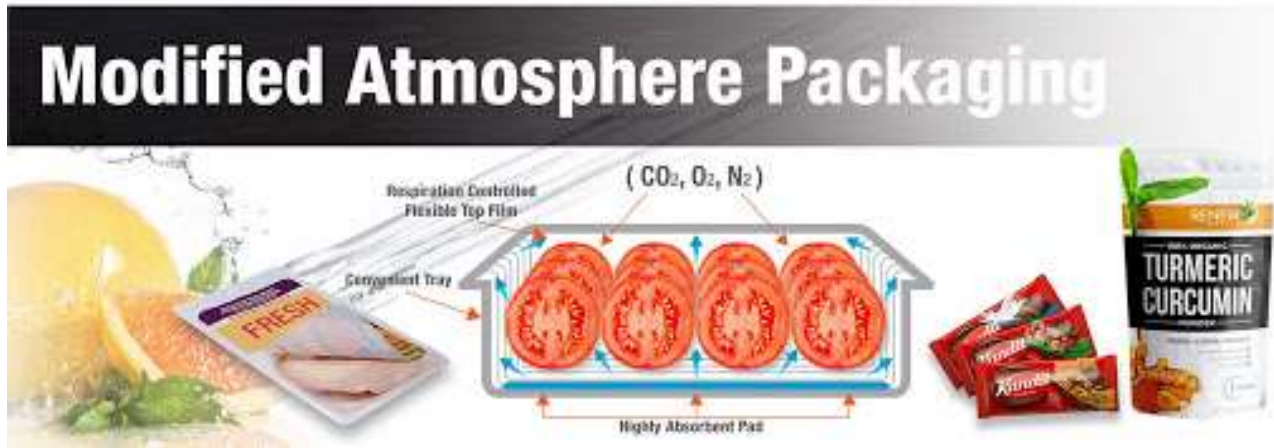
- το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) είναι αποτελεσματικό έναντι των υποχρεωτικών αερόβιων και σε υψηλά επίπεδα μπορεί να αποτρέψει και άλλους μικροοργανισμούς
- το όζον (O_3) και το οξυγόνο (O_2) είναι πολύ τοξικά για τα αναερόβια βακτήρια και μπορεί να έχουν ανασταλτική επίδραση στα αερόβια ανάλογα με τη συγκέντρωσή τους

2. **Τροποποίηση της σύνθεσης της ατμόσφαιρας** (μίγμα αερίων), η οποία έχει έμμεσες ανασταλτικές επιδράσεις μεταβάλλοντας την οικολογία του μικροβιακού περιβάλλοντος του τροφίμου

- οι ατμόσφαιρες που έχουν αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη ενός συγκεκριμένου μικροοργανισμού μπορούν να προωθήσουν την ανάπτυξη ενός άλλου

2. Εξωγενείς παράγοντες: Τύπος συσκευασίας / ατμόσφαιρας

- ▶ **Τεχνολογίες** που χρησιμοποιούνται για την αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών
 - συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας
 - συσκευασία ελεγχόμενης ατμόσφαιρας



2. Εξωγενείς παράγοντες: Σχετική υγρασία του περιβάλλοντος

- ▶ Σχετική υγρασία (% RH) της ατμόσφαιρας του περιβάλλοντος του τροφίμου
- ▶ Υψηλή σχετική υγρασία αυξάνει την ενεργότητα νερού (a_w) ιδίως σε ξηρά τρόφιμα → αλλοίωση από μύκητες
- ▶ Μυκοτοξίνες παράγονται κατά την αποθήκευση σιτηρών, ζωοτροφών, ξηρών καρπών και ξηρών φρούτων σε περιβάλλον με υψηλή % RH
- ▶ Χρησιμότητα υδατοστεγούς συσκευασίας όπου είναι εφικτό, έλεγχος σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας σε αποθήκες σιτηρών
- ▶ Για τα τρόφιμα με υψηλή υγρασία (φρούτα, λαχανικά, κρέας) η αποθήκευση σε χαμηλή RH% επιδρά αρνητικά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και την οικονομική αξία του προϊόντος !

3. Έμμεσοι παράγοντες

- ▶ Το οικοσύστημα του τροφίμου αλλάζει επίσης από τις **αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ίδιων των μικροβίων** που μπορεί να είναι
 - θετικές (+)
 - ουδέτερες (0)
 - αρνητικές (-)
- ▶ Αυτές οι αλληλεπιδράσεις μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε:
 - Αμοιβαιότητα-**Mutualism** (+/+ αλληλεπίδραση): αμφότερα τα εμπλεκόμενα μικρόβια επωφελούνται από την αλληλεπίδραση
 - Κομισμαλισμός-**Commensalism** (+/0 αλληλεπίδραση): ο ένας οργανισμός επωφελείται από την αλληλεπίδραση ενώ ο άλλος δεν επηρεάζεται
 - Αμασισμός-**Amensalism** (-/0 αλληλεπίδραση): αλληλεπίδραση μεταξύ των ειδών στην οποία ο ένας οργανισμός επηρεάζει δυσμενώς τον άλλο χωρίς να επηρεάζεται ο ίδιος
 - Παρασιτισμός-**Parasitism** (+/- αλληλεπίδραση): ένα είδος ωφελεί σε βάρος ενός άλλου
 - Ανταγωνισμός-**Competition** (-/- αλληλεπίδραση): δύο ή περισσότερα είδη, στελέχη ή υποπληθυσμοί μικροβίων ανταγωνίζονται για πηγές ενέργειας και θρεπτικά συστατικά

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ Είδη αλλοιώσεων και υπεύθυνοι μικροοργανισμοί στους βασικότερους τύπους τροφίμων με βάση τη σύνθεσή τους:

Κρέας και προϊόντα

Αυγά

Αλιεύματα

Γαλακτοκομικά προϊόντα

Φρούτα – Λαχανικά και προϊόντα τους (σάλτσες, τουρσιά)

Σιτηρά - Όσπρια

Καρυκεύματα

Ποτά

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ **Οξεοπαραγωγικά μικρόβια** → οξίνιση τροφίμων (souring-acidification)
 - **Οξυγαλακτικά βακτήρια (Lactic Acid Bacteria)**: παράγουν γαλακτικό οξύ, *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus*
 - **Οξικά βακτήρια**: παράγουν οξικό οξύ, *Acetobacter aceti*
 - **Προπιονικά βακτήρια**: *Propionibacterium freundenreichii*
 - **Βουτυρικά βακτήρια**: *Clostridium butyricum*
 - **Coliforms** (Enterobacteriaceae)
 - **Μύκητες**
- ▶ **Πρωτεολυτικά μικρόβια** (putrefactive) → πρωτεόλυση-σήψη, δυσάρεστες οσμές πρωτεόλυσης, υδρόθειο, μερκαπτάνες, απώλεια δομής (μαλάκωμα), αύξηση pH
 - Πρωτεολυτικά βακτήρια, π.χ. *Bacillus*, *Clostridium*, *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Proteus*, μύκητες

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ **Λιπολυτικά μικρόβια** → λιπόλυση, τάγγιση, οσμές εστέρων λιπαρών οξέων
Micrococcus, Staphylococcus, Pseudomonas, Alteromonas, Flavobacterium, μύκητες

- ▶ **Σακχαρολυτικά μικρόβια** → οξίνιση, μαλάκωμα υφής σε φρούτα-λαχανικά, παραγωγή αλκοόλης και CO₂
Bacillus, Clostridium, Aeromonas, Pseudomonas, Enterobacter, Erwinia, μύκητες

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ **Αεριογόνα μικρόβια** (παράγουν CO_2 , H_2S , H_2) → δυσάρεστες οσμές, φούσκωμα σε συσκευασμένα τρόφιμα, 'σκάσιμο' τυριών

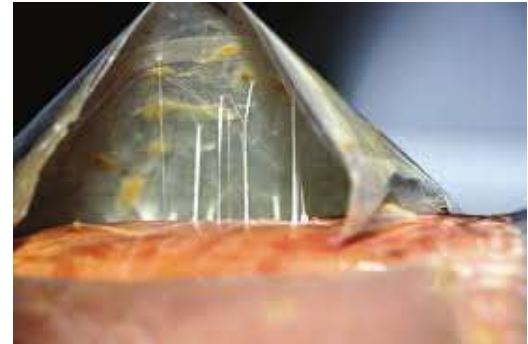
Leuconostoc, *Lactobacillus*, *Desulfotomaculum*,
Clostridium, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Propionibacterium*,
ζύμες (π.χ. *Saccharomyces*)



Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ **Βακτήρια που παράγουν πολυσακχαρίτες και πρωτεογλυκάνες** → αύξηση ιξώδους σε άλμες, γλοιώδης αλλοίωση (‘σχοίνιασμα’) στην επιφάνεια αλλαντικών

Pseudomonas, Xanthomonas, LAB, Alcaligenes, ζύμες-μύκητες



- ▶ **Βακτήρια που προκαλούν αποχρωματισμό (off-color)** → πρασίνισμα αλλαντικών, κρεάτων

Pseudomonas, Weissella, Leuconostoc, ζύμες-μύκητες



Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ ΚΡΕΑΣ

- Σύνθεση: πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά (πρωτεΐνες-αμινοξέα 20%, λιπίδια 3%, γλυκογόνο-γλυκόζη 0,3%, μέταλλα 0,6% και νερό ~76%) με ουδέτερο pH (~6.5)
- Τα βακτήρια επικρατούν στην μικροχλωρίδα του κρέατος
- Πηγές μικροχλωρίδας κρέατος: δέρμα ζώων (*Staphylococcus*, *Micrococcus*), εντερικός σωλήνας (*Enterobacteriaceae*, *Clostridium*, *LAB*), ζωοτροφές (*Salmonella*), χειριστές κρέατος, εργαλεία και μηχανήματα επεξεργασίας, δοχεία-περιέκτες κρέατος
- Κρίσιμα σημεία κατά τη σφαγή (εντερική & δερματική μόλυνση), την τυποποίηση και την συντήρηση και διακίνηση (πάντα σε ψύξη)
- Η νεκρική ακαμψία και η ορθή μεταχείριση των ζώων πριν τη σφαγή συμβάλλουν στην ομαλή πτώση του pH του κρέατος (pH 7.0 →5.5). Αντίθετα, αν ένα ζώο εξαντληθεί πριν τη σφαγή (κατανάλωση γλυκογόνου στους μύες) κατά τη νεκρική ακαμψία η τιμή του pH παραμένει υψηλή (pH 6.5 →6.0)
- Η ωρίμαση του κρέατος που ακολουθεί →πρωτεόλυση ακτινομυοσίνης και αύξηση του pH (6.5)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ ΚΡΕΑΣ

○ Μικροχλωρίδα κρέατος:

- Αερόβια ψυχρότροφα βακτήρια
- Ζύμες (*Candida*, *Torulopsis*, *Rhodotorula*)
- Μύκητες (*Cladosporium*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Sporotrichum*, *Thamnidium*)

Table 4.1. Genera of Bacteria Most Frequently Found on Meats and Poultry.

Genus	Gram Reaction	Fresh Meats	Fresh Livers	Poultry
<i>Acinetobacter</i>	-	XX	X	XX
<i>Aeromonas</i>	-	XX		X
<i>Alcaligenes</i>	-	X	X	X
<i>Bacillus</i>	+	X		X
<i>Brochothrix</i>	+	X	X	X
<i>Campylobacter</i>	-			XX
<i>Carnobacterium</i>	+	X		
<i>Citrobacter</i>	-	X		X
<i>Clostridium</i>	+	X		X
<i>Corynebacterium</i>	+	X	X	XX
<i>Enterobacter</i>	-	X		X
<i>Enterococcus</i>	+	XX	X	X
<i>Escherichia</i>	-	X		X
<i>Flavobacterium</i>	-	X	X	X
<i>Hafnia</i>	-	X		
<i>Kocuria</i>	+	X	X	X
<i>Kurtzia</i>	+	X		
<i>Lactococcus</i>	+	X		
<i>Lactobacillus</i>	+	X		
<i>Leuconostoc</i>	+	X	X	
<i>Listeria</i>	+	X		XX
<i>Microbacterium</i>	+	X		X
<i>Micrococcus</i>	+	X	XX	X
<i>Moraxella</i>	-	XX	X	X
<i>Paenibacillus</i>	+	X		X
<i>Pantoea</i>	-	X		X
<i>Pediococcus</i>	+	X		
<i>Proteus</i>	-	X		X
<i>Pseudomonas</i>	-	XX		XX
<i>Psychrobacter</i>	-	XX		X
<i>Salmonella</i>	-	X		X
<i>Serratia</i>	-	X		X
<i>Shewanella</i>	-	X		
<i>Staphylococcus</i>	+	X	X	X
<i>Vagococcus</i>	+			XX
<i>Weissella</i>	+	X	X	
<i>Yersinia</i>	-	X		

Note: X = known to occur; XX = most frequently reported.

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις κρέατος:

- Οξίνιση ή πρωτεόλυση επιφανειακά: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Moraxella*, *Brochothrix* (ψυχρότροφα), *Bacillus*
- Οξίνιση ή πρωτεόλυση στο εσωτερικό ενός τεμαχίου (“bone taint”) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος: *Cl. perfringens*, *Enterobacteriaceae*
- Τάγγιση λίπους: *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Flavobacterium*, fungi
- Πράσινες χρωστικές στην επιφάνεια (π.χ. φέτες ζαμπόν): *Pseudomonas fluorescens*, *Shewanella putrefaciens*
- Επιφανειακό «σχοίνιασμα» σε φέτες ζαμπόν: *Pseudomonas* (συνένωση αποικιών, παραγωγή πολυσακχαριτών), LAB
- Μούχλα επιφανειακά:
 - Βαμβακώδη γκρι μυκήλια των μυκήτων *Thamnidium*, *Mucor*, *Rhizopus*
 - Μαύρες κηλίδες από *Cladosporium*
 - Λευκές κηλίδες από *Sporotrichum* και *Chrysosporum*
 - Πράσινες κηλίδες από *Penicillium*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις κρέατος:

- Πρώτα πολλαπλασιάζονται γρήγορα τα ψυχρότροφα αερόβια στελέχη (*Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Aeromonas*)
- Όταν ο πληθυσμός φτάσει τα 10^6 - 10^8 cfu/gr, το οξυγόνο μειώνεται σημαντικά και ξεκινάει η διάσπαση των αμινοξέων (πρωτεόλυση) από πρωτεολυτικά είδη (*Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Bacillus Clostridium*) → αμίνες, ινδόλη, NH_3 , H_2S , άσχημη οσμή-γεύση
- Σε χαμηλό pH (ζυμούμενα αλλαντικά) τα οξυγαλακτικά βακτήρια επικρατούν
- Μύκητες αναπτύσσονται εκεί που δεν μπορούν να αναπτυχθούν βακτήρια, και συνήθως πάνω από 5°C , π.χ. όταν το κρέας ξηραθεί αρκετά ή όταν υπάρχουν βακτηριοστατικές ουσίες (π.χ. νιτρώδη)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλλαντικών:

- Η άλεση του κρέατος (κιμάς) αυξάνει σημαντικά την ΟΜΧ (Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα)
- Συσκευασία Vacuum / MAP (ανάλογα με τη διαπερατότητα του φιλμ = permeability) αναστέλλει τα αερόβια, ευνοεί όμως τα προαιρετικά αναερόβια (*Lactobacilli*, *Brochothrix*, *Shewanella*) → οξίνιση (μείωση pH)
- Η νίτρωση του κρέατος (προσθήκη νιτρωδών ή/και νιτρικών αλάτων = curing) κατά την παραγωγή αλλαντικών ευνοεί τα ανθεκτικά από τη φύση τους οξυγαλακτικά (*Leuconostoc carnosus*, *Leuc. gelidium*, *Carnobacterium divergens*), που παράγουν CO₂, και αναστέλλουν το *B. thermosphacta*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλλαντικών με νιτρώδη (cured meats) :

- Χαρακτηριστικά αλλαντικών
 - Υψηλή τιμή a_w στα βραστά (hams-frankfurters)
 - Χαμηλή τιμή a_w & pH , σχετικά υψηλή συγκέντρωση NaCl στα ζυμούμενα αλλαντικά (αέρος, προσούτο)
 - Επιπλέον της φυσικής μικροχλωρίδας υπάρχουν επιμολύνσεις από τις θήκες και τα καρυκεύματα-πρόσθετα
- Γλοιώδης αλλοίωση των θηκών (σε υψηλή υγρασία)
 - Ζύμες (*Candida*, *Torulopsis*), *Lactobacillus*, *Enterococcus*, *Weissella*, *Brochothrix*
- Οξίνιση (ζύμωση σακχάρων)
 - Επικρατούν τα *B. thermosphacta*, LAB

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλλαντικών με νιτρώδη (cured meats) :

- Πρασίνισμα λόγω H_2O_2 αναερόβιως
 - Όταν μια συσκευασία κενού ανοίγει, τα frankfurters εκτίθενται σε οξυγόνο (H_2O_2 + nitrosohemochrome → oxidized porphyrin). Σημείωση: ακίνδυνη αλλοίωση
 - *Weissella viridescens*, *leuconsostocs*, *enterococci*
- Πρασίνισμα λόγω H_2S αναερόβιως
 - *Shewanella putrefaciens*, *Lactobacillus sake* (H_2S + myoglobin → sulphomyoglobin)
- Κιτρίνισμα κατά την ψύξη (χρόνος 3-4 βδομάδες)
 - *Enterococcus casseliflavus*
- Αέριο από clostridia σε αλλαντικά ωρίμασης (ευνοούνται από κάπνιση, αναστέλλονται από νιτρώδη+ οξύτητα)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις ζωικών οργάνων-εντοσθίων:

- Ήπαρ, νεφροί, καρδιά, γλώσσες, κλπ. → έχουν ελαφρώς υψηλότερο pH από το κρέας και σημαντικά περισσότερο γλυκογόνο (3%)
- Αρχική μικροχλωρίδα σχετικά χαμηλή (ΟΜΧ~ 10^2 - 10^4)
- Κυρίως Gram+ cocci, coryneforms, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, LAB
- LAB προκαλούν οξίνιση (pH 6.5→5.9 σε 14 ημέρες στους 2°C)
- Λιγότερο έντονη η πρωτεόλυση σε σχέση με το κρέας λόγω της παρουσίας γλυκογόνου (προτιμότερο υπόστρωμα για μικροβιακή ανάπτυξη)
- Η Gram(-) αερόβια χλωρίδα προκαλεί τις περισσότερες αλλοιώσεις σε νωπά προϊόντα (αναπτύσσεται ταχύτερα από τα LAB)
- Σε συσκευασίες κενού επικρατούν τα οξυγαλακτικά

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις πουλερικών:

- Γενικά παρόμοια μικροχλωρίδα με νωπό κόκκινο κρέας
- Επιμολύνσεις από τα έντερα, τα φτερά και τα μηχανήματα κοπής είναι αναπόφευκτες
- Το δέρμα προσφέρει προσωρινή προστασία για το μυϊκό ιστό (αλλά συγκεντρώνει υψηλό μικροβιακό φορτίο το ίδιο)
- Το κρέας από στήθος είναι πιο όξινο (pH 5.8) σε σχέση με το μπούτι (pH 6.5)
- Κύριοι αλλοιογόνοι μ/ο: *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Aeromonas*, *Shewanella*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις πουλερικών:

○ Κύριες αλλοιώσεις:

- γλοιώδης υφή (όταν *Pseudomonads* φτάσουν σε $8 \log_{10}$ cfu), συχνά ανιχνεύσιμη ως φθορισμός σε έκθεση σε ακτινοβολία UV
- οξίνιση στο εσωτερικό όπου υπάρχουν τα εντόσθια, ιδίως αν δεν αφαιρεθούν
- θειώδης ουσίες-δυσσομία εντός 7 ημερών, λόγω ανάπτυξης της *Shewanella putrefaciens* (H_2S , dimethyl sulfide, methyl mercaptane)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αυγών:

- Η αλλοίωση των **επιτραπέζιων αυγών** προϋποθέτει ράγισμα του κελύφους του αυγού, ακατάλληλες τεχνικές πλύσης και αποθήκευσης → η κυρίαρχη αλλοίωση (σήψη) προκαλείται από Gram(-) : *Pseudomonas*, *Proteus*, *Alcaligenes*, *Aeromonas* και *Coliforms*
- **Παστεριωμένα** προϊόντα αυγών υπό ψύξη → περιορισμένη διάρκεια ζωής (απουσία συντηρητικών) → τα κυρίαρχα βακτήρια που προκαλούν αλλοίωση είναι ψυχρότροφα Gram(-): *Pseudomonas*, *Proteus*
- **Αποξηραμένα** αυγά (σκόνη αυγού) → χαμηλή τιμή a_w → ανθεκτικά σε μικροβιακή αλλοίωση

Egg Storage Chart		
Product	Refrigerator	Freezer
Raw eggs in shell 	3 to 5 days	Do not freeze. Instead, beat yolks and whites together, then freeze.
Raw egg whites 	2 to 4 days	12 months
Raw egg yolks 	2 to 4 days	Yolks do not freeze well.
Raw egg accidentally frozen in shell 	Use immediately after thawing	Keep frozen; then refrigerate to thaw.
Hard-cooked eggs 	1 week	Do not freeze.
Egg substitutes, liquid Unopened 	10 days	12 months
Egg substitutes, liquid Opened 	3 days	Do not freeze.
Egg substitutes, frozen Unopened 	After thawing, 7 days or refer to "Use-By" date	12 months
Egg substitutes, frozen Opened 	After thawing, 3 days or refer to "Use-By" date	Do not freeze.
Casseroles with eggs 	3 to 4 days	After baking, 2 to 3 months
Eggnog Commercial 	3 to 5 days	6 months
Eggnog Homemade 	2 to 4 days	Do not freeze.
Pies Pumpkin or pecan 	3 to 4 days	After baking, 1 to 2 months
Pies Custard & chiffon 	3 to 4 days	Do not freeze.
Quiche with filling 	3 to 4 days	After baking, 1 to 2 months

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλιευμάτων:

- Σημαντικές παράμετροι που καθορίζουν το είδος μικροχλωρίδας και αλλοίωσης: η ποιότητα του νερού, η θερμοκρασία, η μέθοδος αλίευσης, η επεξεργασία και η θερμοκρασιακή μεταχείριση.
- Ψάρια τροπικών περιοχών → κυρίως μεσόφιλα βακτήρια (*Bacillus*, *Micrococcus*, *Coryneforms*)
- Ψάρια ψυχρών θαλασσών → κυρίως ψυχρότροφα (*Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Shewanella*, *Moraxella*, *Vibrio*)
- Τα ψάρια από μεγάλες τράτες έχουν μεγαλύτερο μικροβιακό φορτίο (επαφή με άμμο, ανάμιξη με λάσπη-άμμο, σύνθλιψη λόγω μεγάλου βάρους αλιευμένων ιχθύων)
- Η μικροχλωρίδα των οστρακοειδών αντικατοπτρίζει την μικροβιολογική ποιότητα του νερού

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλιευμάτων:

- Οι περισσότεροι μ/ο βρίσκονται στο δέρμα και τα εντόσθια
- Σε διακοπή της αλυσίδας ψύξης ελλοχεύει κινδύνος από παθογόνα και βιογενείς αμίνες (histamine or scombrototoxin) λόγω έντονης πρωτεόλυσης (π.χ. *Proteus morgani*)
- Υπό αερόβιες συνθήκες → επικρατούν Pseudomonads
- Υπό αναερόβιες συνθήκες (vacuum/MAP) → *B. thermosphacta*, *S. putrefaciens*, LAB (όξινο pH, οστρακοειδή)
- Στα αλλίπαστα ψάρια → ζύμες-μύκητες

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλιευμάτων:

- Τα μη λιπαρά ψάρια υπόκεινται σε πρωτεόλυση → τριμεθυλαμίνη-TMA, αμμωνία, ισταμίνη, H_2S , ινδόλη, πτητικά συστατικά → δυσάρεστες οσμές (off-odors)
- Τόσο τα μικροβιακά (π.χ. από *Pseudomonas*, *Shewanella*) όσο και τα ενδογενή πρωτεολυτικά ένζυμα προκαλούν επίσης μαλάκωμα της υφής και ανοίγουν το δρόμο για τη διείδυση στη σάρκα και άλλων μικροβίων
- Τα λιπαρά ψάρια υπόκεινται σε λιπόλυση → τάγγιση (λιπαροί εστέρες, ελεύθερα λιπαρά οξέα-SCFH, αλδεΐδες, κετόνες)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις αλιευμάτων:

- Αλκοόλες (phenylethylalcohol, ethanol, propanol) παράγονται από κυρίως από το *Achromobacter*
- Σε συσκευασίες κενού → τα *Carnobacterium* και *Weissella* παράγουν τυραμίνες
- Η τριμεθυλαμίνη και το Ολικό (Βασικό) Πτητικό Άζωτο (TVBN) αποτελούν σημαντικούς δείκτες ποιότητας
- Στα οστρακοειδή, ζυμωτικοί οργανισμοί (*Lactobacilli* and *Streptococci*) προκαλούν οξίνιση (ζυμώνουν το γλυκογόνο)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων:

- Το γάλα είναι πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, νερό, και έχει τιμή pH ~6.7 → ιδανικό υπόστρωμα για ανάπτυξη μ/ο
- Φυσιικοί αναστολείς: lactoperoxidase, lactoferrin, lysozyme, immunoglobulins
- Τα ζυμούμενα γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν χαμηλότερη τιμή a_w , όξινο pH, αλάτι → πιο σταθερά προϊόντα
- Η μικροχλωρίδα του γάλακτος προέρχεται από το δέρμα και εντερικό περιεχόμενο ζώων, το έδαφος (χώμα-φυτικός ιστός), τους περιέκτες (δοχεία-παγολεκάνες), τα μηχανήματα επεξεργασίας και τους χειριστές

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων:

- Κυρίως Gram(+) μ/ο στο νωπό γάλα
 - *Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus, Micrococcus, Staphylococcus, Bacillus, Listeria*
- Παρούσα όμως και Gram(-) μ/ο
 - *Pseudomonas, Proteus, Propionibacterium, Mycobacterium, Coliforms* (εντερική μόλυνση)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων:

- Υπό ψύξη → επικρατούν ψυχρότροφοι μ/ο (*Pseudomonas*, *Alcaligenes*, ψυχρότροφοι Bacilli and LAB)
- Μετά την παστερίωση → ανάπτυξη θερμοάντοχων βακτηρίων (*Streptococcus thermophilus*, *Enterococcus*, *Bacillus*, *Clostridium*)
- Η αποστείρωση γάλακτος αδρανοποιεί ακόμη και τα σπόρια των *Bacillus-Clostridium* (πιθανή εξαίρεση: UHT milk)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων:

- Η ζύμωση του γάλακτος από οξυγαλακτικά ή/και ζύμες-μύκητες, τελικά καταστρέφει την ανταγωνιστική μικροχλωρίδα και εξυγιαίνει το προϊόν. Μηχανισμοί δράσης: όξινο pH, συγκέντρωση αλατιού, χαμηλή τιμή aw, δράση βακτηριοσινών
- Η απλή παστερίωση (LTLT) και η παστερίωση σε υψηλή θερμοκρασία (UHT) δεν αδρανοποιούν πλήρως τις θερμοάντοχες λιπάσες-πρωτεάσες προερχόμενες από ψυχρότροφα βακτήρια (π.χ. *Pseudomonas*) → αλλοίωση κατά τη συντήρηση στο ψυγείο
- Η αρχική ΟΜΧ στο γάλα είναι σημαντικό κριτήριο ποιότητας και συντηρησιμότητας (ιδανικά $\sim 10^3$ cfu/ml)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ Ο ρόλος των σπορογόνων βακτηρίων στην αλλοίωση γαλακτοκομικών προϊόντων (*Bacillus, Clostridium*):
 - Αλλοίωση παστεριωμένου γάλακτος και κρέμας
 - Γλυκιά πήξη (συσσωμάτωση πρωτεϊνών από πρωτεολυτικούς *Bacillus*)
 - Πίκρισμα της κρέμας (λιπόλυση και πήξη λιποσφαιριδίων)
 - Αλλοίωση γάλακτος εβαπορέ
 - Γλυκιά πήξη
 - Διόγκωση κονσερβών (αεριογόνα κλωστρήδια , π.χ. *C. sporogenes*)
 - Επίπεδη οξίνιση (χωρίς παραγωγή αερίου, από *Bacillus stearothermophilus, licheniformis, coagulans, macerans, subtilis*)



Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

- ▶ Ο ρόλος των σπορογόνων βακτηρίων στην αλλοίωση γαλακτοκομικών προϊόντων (*Bacillus*, *Clostridium*):
 - Αλλοίωση τυριών
 - Όψιμο φούσκωμα (CO_2 , H_2 , βουτυρικό από *Clostridium tyrobutyricum*, ιδίως σε υψηλό pH προς το τέλος της ωρίμασης)
 - Αλλοίωση βουτύρου
 - Τάγγιση από λυπολυτικά στελέχη *Bacillus* και *Clostridium*
 - Σημείωση: η σπορογονία διεγείρεται μετά την παστερίωση, σημαντική η άμεση ψύξη!

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις γαλακτοκομικών από Ζύμες-Μύκητες:



- Τυριά, ξυνόγαλο, γιαούρτι, βούτυρο: ευάλωτα σε ζύμες-μύκητες (λόγω pH, aw)
- Η *Candida* παράγει ethanol, ethyl acetate, ethyl butyrate → οσμή ζύμης
- Επίσης κυριαρχούν ζύμες των ειδών *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica*, *Rhodotorula*, *Torulasporea*, *Pichia*
- Τα *Penicillium* (*P. commune*, *P. roqueforti*, *P. cyclospium*) πιο συνήθη στην «μούχλα» τυριών-γιαουρτιών → μικροβιολογικοί δείκτες για εκτίμηση της διάρκειας ζωής
- Άλλοι κοινοί μύκητες: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις φρούτων - λαχανικών:



- Νωπά : Βακτήρια *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* → μαλακή σήψη, αποχρωματισμοί
- Συσκευασμένα σε MAP (5-20% CO₂) → δεν αναπτύσσονται ζυμομύκητες, μόνο LAB, *Enterococcus*, *Listeria*
- Σε κονσέρβες → σπόρια *Bacillus* & *Clostridium* → επίπεδη οξίνιση (*B. stearothermophilus*, *B. coagulans*) και διόγκωση (CO₂ και H₂ από *Cl. thermosaccharolyticum*)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα



▶ Αλλοιώσεις λαχανικών:

- Πράσινες ελιές (γαλακτικής ζύμωσης) αλλοιώνονται-μαλακώνουν από ζύμες (*Rhodotorula*-παράγει πολυγαλακτουρονάσες)
- Μαύρες ελιές (ωριμάζουν με ζύμες) → ετεροζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια και άγριες ζύμες αναπτύσσουν αέρια ή γεύση προπιονικού οξέος (*Propionibacterium*)
- Τουρσιά → μαλακώνουν από ζύμες-μύκητες ή *Bacillus*, διογκώνονται από αέριο-CO₂ (*Enterobacter*, LAB), χρωματίζονται μαύρα λόγω του *Bacillus nigrificans*, ή ρόδινα (ζύμη *Torula-Candida*), ή αποκτούν γλοιώδη υφή (πολυσακχαρίτες από *Lb. cucumeris* και *Lb. plantarum*)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοιώσεις φρούτων:

- Ξηρά φρούτα (υγρασία <35%, a_w <0.85) αλλοιώνονται μόνο από ξηρόφιλους μύκητες (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Eurotium*, *Wallemia*) και ωσμόφιλες ζύμες (*Zygosaccharomyces rouxii*, *Hanseniaspora*, *Candida*, *Debaryomyces*, *Pichia*)
- Χυμοί φρούτων προσβάλλονται από LAB (βουτυρώδη οσμή) ή μύκητες (συμπυκνωμένοι χυμοί)
- Σε παστεριωμένους χυμούς: σπόρια *Bacillus* και *Clostridium* δεν εκβλαστάνουν (πολύ χαμηλό pH), αλλά τα σπόρια του *Alicyclobacillus acidoterrestris* είναι οξεάντοχα → γεύση φαινόλης
- Μαρμελάδες (a_w 0.84-0.92) συντηρούνται καλύτερα λόγω θέρμανσης και συμπύκνωσης, αλλοίωση από μύκητες
- Κονσέρβες φρούτων (~90°C) → ζύμες-μύκητες σκοτώνονται υπό φυσιολογικές συνθήκες, αλλά μπορεί να επιβιώσουν σκληρότια και ασκοσπόρια μυκήτων (*Byssochlamys fulva*, *Neosartorya*, *Talaromyces*) → μούχλα, πηκτινόλυση και μαλάκωμα υφής, δυσάρεστες οσμές

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοίωση σιτηρών-οσπρίων:



Φυτικά προϊόντα, με πολύ χαμηλή τιμή a_w (<0.65)

Ελάχιστη μικροβιακή μόλυνση και αλλοίωση (μόνο από μύκητες) και μόνο όταν αποκτούν επιπλέον υγρασία από το περιβάλλον → ξηροφιλικοί μύκητες (*Aspergillus*, *Eurotium*, *Wallemia*)

-Αποχρωματισμοί, δυσάρεστες οσμές (πτητικά προϊόντα) , ελεύθερα λιπαρά οξέα

-Η τιμή Λιπαρών Οξέων [Fatty Acid Value (FAV)] είναι δείκτης μικροβιολογικής ποιότητας και μυκητιακής δράσης σε άλευρα και σιτηρά

-Κύριο πρόβλημα ασφάλειας = μυκοτοξίνες!

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοίωση γλυκαντικών & καρυκευμάτων:

Βασικό φυσικοχημικό χαρακτηριστικό: πολύ χαμηλή τιμή a_w

Αλλοίωση μόνο αν συντηρηθούν υπό υψηλή σχετική υγρασία (% RH)

Επιμόλυνση ζάχαρης με:

- Οσμώφιλες ζύμες (*Torulasporea*, *Zygosaccharomyces*) → μετατροπή γλυκόζης σε φρουκτόζη (ιμβερτάσες)
- *Leuconostoc mesenteroides* → παραγωγή δεξτράνης (πολυμερές της γλυκόζης), αύξηση ιξώδους → πιθανή απόφραξη σωληνώσεων όπου ρέουν σιρόπια γλυκόζης
- *Clostridium sporogenes* και *Bacillus* sp. → παράγουν CO₂ → διόγκωση-σκάσιμο σε γλυκίσματα

Τα καρυκεύματα δεν αλλοιώνονται μόνο αν προσρροφήσουν υγρασία από το περιβάλλον (χαμηλή τιμή a_w + αντιμικροβιακά αιθέρια έλαια) → ωστόσο, μεταφέρουν σπόρια βακτηρίων και μυκήτων στα τρόφιμα όπου προστίθενται (αποστείρωση με ακτινοβοληση!)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί στα τρόφιμα

▶ Αλλοίωση αλκοολούχων ποτών :

Βασικά χαρακτηριστικά: χαμηλό pH, μέση ή υψηλή συγκέντρωση αλκοόλης (πολύ υψηλή συγκέντρωση αλκοόλης → καμία ανάπτυξη μικροβίων, π.χ. βότκα)

○ Αλλοιώσεις μπύρας (pH 4.0-5.0, αλκοόλη 5%)

Υψηλό ιξώδες-γλοιώδης υφή από *Acetobacter*, *Pediococcus*, *Lactobacillus*, *Gluconobacter*

Οξίνιση από *Acetobacter aceti*

Θόλωμα και δυσοσμίες από *Zygomonas anaerobia* ή άγριες ζύμες *Saccharomyces*

Οξίνιση και υδρόθειο από *Megasphaera cerevisiae* and *Selenomonas lactificifex* (Gram- βακτήρια)

○ Αλλοιώσεις κρασιού (pH ~ 3.5, αλκοόλη 14-18%)

Επιφανειακή ανάπτυξη ζύμης-βιοφίλμ της *Candida valida* (“wine flowers”), καταναλώνει την αλκοόλη

“Tourne disease” (θόλωμα, μυρωδιά ψόφιου ποντικού, πτητικές ενώσεις) από προαιρετικά αναερόβιες ζύμες

Μηλογαλακτική ζύμωση από LAB → διάσπαση μηλικού οξέος σε γαλακτικό + CO₂ → δυσάρεστη όξινη γεύση και αέρια

Οξίνιση (γεύση ξιδιού) λόγω παραγωγικού οξικού οξέος από *Acetobacter*

Τροφιμογενή παθογόνα

- ▶ **Gram(-)** βακτήρια

- *Salmonella spp*

- *Campylobacter spp*

- *Escherichia coli (VTEC)*

- *Yersinia enterocolitica*

- *Shigella spp*

- *Vibrio spp*

- ▶ **Gram(+)** βακτήρια

- *Listeria monocytogenes*

- *Staphylococcus aureus*

- *Clostridium botulinum*

- *Clostridium perfringens*

- *Bacillus cereus*

- ▶ Τοξιγενείς μύκητες (*Aspergillus, Penicilium, Fusarium*) → μυκοτοξίνες

- ▶ Τροφογενείς ιοί

- ▶ Prions

- ▶ Παράσιτα (πρωτόζωα, μετάζωα)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

- ▶ Η πιο κοινή **δεξαμενή** για τα βακτηριακά παθογόνα που μεταδίδονται με τα τρόφιμα **είναι τα ζώα**
- ▶ Τα ζώα που φέρουν στον οργανισμό τους (π.χ. γαστρεντερικός σωλήνας) βακτηριακά παθογόνα για τον άνθρωπο συνήθως δεν παρουσιάζουν κλινικά συμπτώματα (**ασυμπτωματικοί φορείς**)
- ▶ Σε αντίθεση με τα παθογόνα βακτήρια, οι ιοί που μεταδίδονται με τα τρόφιμα προέρχονται από τον άνθρωπο (π.χ. μολυσμένοι χειριστές τροφίμων)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Salmonella spp.

Προαιρετικά αναερόβια Gram (-) βακτήρια της οικογένειας Enterobacteriaceae

Πολλαπλοί ορότυποι με σωματικά (O) και μαστιγιακά (H) αντιγόνα

Οι μη-τυφοειδείς ορότυποι σχετίζονται με τα τρόφιμα (*S. Enteritidis* & *S. Typhimurium*)

Παράγει οξύ και αέριο από ζύμωση της γλυκόζης, δε ζυμώνει τη λακτόζη ή τη σακχαρόζη

Μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης στους 37°C (εύρος ανάπτυξης 2-54 °C)

Αναπτύσσεται σε pH 4.5-9.5

Αναστολή σε 3-4% NaCl ή $a_w < 0.93$ στα τρόφιμα

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Salmonella spp.



Κύρια αιτία τροφικών επιδημικών εκρήξεων στην ΕΕ (foodborne outbreaks)

Μπορεί να επιβιώσει σε συσκευασία MAP (προαιρετικά αναερόβιο βακτήριο)

Καταστροφή με παστερίωση ή με πολύ καλό μαγείρεμα (θερμική επεξεργασία)

Συνήθη κρούσματα από κρέας πουλερικών και αυγά, αλλά και από άλλα είδη κρέατος και αλλαντικά, σοκολάτα, λαχανικά (μολυσμένο νερό ή κακή υγιεινή), απαστερίωτο γάλα

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Salmonella spp.

Πηγές και Αίτια μολύνσεων:

Εντερικός σωλήνας άγριων και οικόσιτων θηλαστικών και πτηνών → ευρεία διάδοση στη φύση

Υπερεντατική εκτροφή ζώων (π.χ. πουλερικά, βοοειδή, χοιρινά)

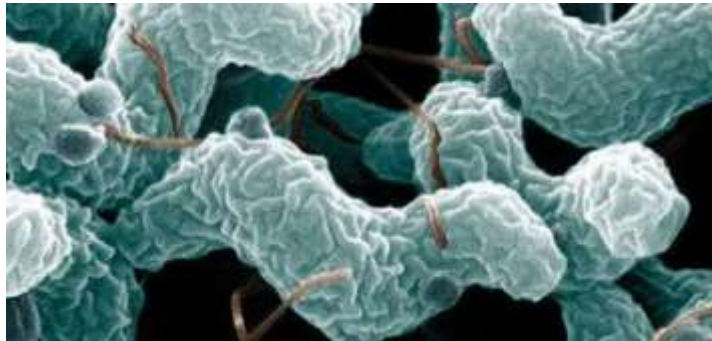
Μόνο λίγα κύτταρα στο τρόφιμο (1 cfu/gr) μπορεί προκαλέσουν ασθένεια στον άνθρωπο

Είσοδος βακτηριακών κυττάρων σε λιπώδη μικκύλια → προστασία και επιβίωση σε λιπαρά τρόφιμα

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Campylobacter spp.

Καμπυλωτά ή σπειροειδή Gram (-) βακτήρια της οικογένειας *Campylobacteriaceae*
Κυριότερα παθογόνα είναι τα θερμόφιλα είδη *Campylobacter jejuni* και *Campylobacter coli* (90% περιστατικών στον άνθρωπο παγκοσμίως)
Παράγουν εντεροτοξίνες παρόμοιες με αυτές τις χολέρας



Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Campylobacter spp.

Μικροαερόφιλοι μ/ο (5% O₂ και 10% CO₂)

Βέλτιστη ανάπτυξη στους 42°C, επιβίωση καλύτερα στους 4 °C παρά στους 25 °C

Αναπτύσσονται παρουσία χολικών αλάτων στους 37 °C

Ευαίσθητα σε περιβαλλοντικές συνθήκες λόγω της παρουσίας οξυγόνου

Δεν αναπτύσσονται κάτω από 30 °C, ευαίσθητα στην ξήρανση, πολύ οξυγόνο, χαμηλό pH, ακτινοβολία, κατάψυξη και θέρμανση (καταστροφή με παστερίωση)

Εντερικός σωλήνας άγριων και οικόσιτων θηλαστικών και πτηνών → ευρεία διάδοση στη φύση

Εμπλεκόμενα τρόφιμα: ατελώς μαγειρεμένο κρέας πουλερικών, απαστερίωτο γάλα, νερό (viable but not culturable cells), λαχανικά (διασταυρούμενη μόλυνση)

Μολυσματική δόση: < 1000 cfu ή χαμηλότερη (< 500 cfu)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Escherichia coli (E. coli)

Προαιρετικά αναερόβια Gram (-) βακτήρια της οικογένειας Enterobacteriaceae και της ομάδας των Coliforms

Μέρος της φυσιολογικής χλωρίδας των βακτηρίων στο έντερο ανθρώπων και ζώων

Πολύ ανθεκτικά βακτήρια σε χαμηλό pH

Ιδιαίτερως οξυάντοχη, (παράγει η ίδια οξέα), αναπτύσσεται μέχρι pH 4.0-4.5

Παράγει CO₂ από γλυκόζη

Αντοχή σε αντιβιοτικά

Καταστροφή με παστερίωση

Ευαίσθητη στην ακτινοβολία (εγκεκριμένη μέθοδος για επεξεργασία ωμού κρέατος στις ΗΠΑ)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Escherichia coli (E. coli)

Τα τροφιμογενή παθογόνα βακτήρια της *E.coli* (εντεροαιμορραγικά) παράγουν Shigatoxin ή Verocytotoxin → **VTEC / STEC / EHEC**

Πηγές μόλυνσης: Τρόφιμα (ατελώς ψημένο βόειο κρέας, απαστερίωτο γάλα, τυρί, λαχανικά), νερό, επαφή με ζώα (βοοειδή), από άνθρωπο σε άνθρωπο

Χαμηλή μολύνουσα δόση (< 100 cfu)

Αιμολυτικό-ουραιμικό σύνδρομο (HUS)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Listeria monocytogenes

Ψυχρότροφα, προαιρετικά αναερόβια Gram (+) ραβδωτά βακτήρια με αιμολυτική δράση

Ανάπτυξη σε 0-45 °C, $\geq 6.5\%$ NaCl , pH 4.4, $a_w \geq 0.93$

Αναστολή σε 0.1% acetic/citric/lactic acid

Καταστροφή σε >50-60 °C, δεν επηρεάζεται από vacuum/MAP!

Πηγή : έδαφος και νερό

Τα κρούσματα συνδέονται με έτοιμα προς κατανάλωση φαγητά, μαλακά τυριά, ωμό γάλα, αλλαντικά, πουλερικά, ψάρια, λαχανικά και σαλάτες

Εισέρχεται στη βιομηχανία τροφίμων με το χώμα ή τη σκόνη που μεταφέρεται από τους ανθρώπους (π.χ. υποδήματα εργατών, οχήματα) ή μέσω μολυσμένων φυτών ή ζωικών κοπράνων

Προσδένεται στις επιφάνειες και σχηματίζει ανθεκτικά βιοφίλμ

Κύριο αίτιο ανακλήσεων στη βιομηχανία

Έγκυες και άτομα σε ανασοκαταστολή ιδιαίτερα ευαίσθητα



Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Yersinia enterocolitica

Προαιρετικά αναερόβια Gram (-) ραβδωτά βακτήρια της οικογένειας Enterobacteriaceae

Ασυνήθιστα ψυχρότροφο (ανάπτυξη στους 4 °C)

Ευρύ pH ανάπτυξης (4-10), οξυάντοχο (παραγωγή αμμωνίας και αλκαλικών ουσιών από την υδρόλυση της ουρίας)

Καταστρέφεται με παστερίωση (72 °C x 18 sec), ακτινοβόληση, και με νιτρώδη άλατα

Ανθεκτικότητα σε συγκέντρωσή έως 5% NaCl

Πηγές: εντερικός σωλήνας ζώων (κυρίως χοίροι) → μόλυνση κρέατος χοίρων

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Staphylococcus aureus

Gram (+) κόκκοι

Φυσιικός του βιότοπος το δέρμα και οι κοιλότητες (ρινική, στοματική, κλπ) ανθρώπων και ζώων

Κύριες πηγές επιμόλυνσης ο άνθρωπος και τα ανεπαρκώς καθαρισμένα σκεύη/μηχανήματα.

Σημαντική η επιβάρυνση κρέατος κατά τη σφαγή (επαφή με το δέρμα κατά την εκδορά)

Συχνή αιτία γαστρεντερίτιδων, λόγω της παραγωγής εντεροτοξινών στο τρόφιμο

Μπορεί ο μικροοργανισμός να καταστραφεί (π.χ. με θέρμανση) αλλά η τοξίνη να παραμένει ενεργή

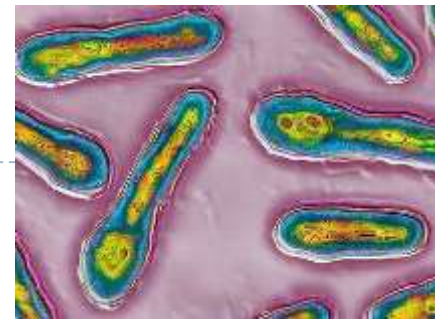
Φυσιολογία: ανθεκτικός σε χαμηλό aw (0.86), αλάτι (20%), αντιβιοτικά, νιτρώδη-νιτρικά, αλλά καταστρέφεται με το καλό μαγείρεμα (όχι όμως η τοξίνη, αν έχει ήδη παραχθεί)

Υπό συνθήκες περιβαλλοντικού stress ή υπό ψύξη δεν παράγεται τοξίνη

Συνθήκες που ευνοούν την μόλυνση τροφίμων με *S. aureus*: ανεπαρκής ψύξη ή μαγείρεμα, κακή ατομική υγιεινή, παρατεταμένη διατήρηση τροφίμων σε υψηλές αλλά μη-καταστροφικές θερμοκρασίες, μαστίτιδα βοοειδών λόγω ακάθαρτων θηλών (επιμόλυνση στο γάλα)

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα

Clostridium botulinum



Υποχρεωτικά αναερόβια σπορογόνα βακτήρια που ζουν στο έδαφος και παράγουν θανατηφόρο νευροτοξίνη

Ελάχιστο pH ανάπτυξης 4.6 (σημαντικό στοιχείο για την ασφάλεια όξινων τροφίμων και κονσερβών)

NaCl (5-10%), aw (0.94), ή νιτρώδη (150-200ppm) αναστέλλουν την ανάπτυξή του

Δεν αναπτύσσεται ούτε παράγει τοξίνη υπό ψύξη (εξαίρεση (*Cl. botulinum* type E)

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια (και οι καλλιέργειες εκκίνησης) αναστέλλουν την ανάπτυξη του *C. botulinum* (παραγωγή οξέων, βακτηριοσινών)

Τα σπόρια είναι πολύ ανθεκτικά στην ακτινοβολία και είναι τα πλέον θερμοάντοχα (αντοχή μέχρι 121°C): αποτελούν το στόχο της εμπορικής αποστείρωσης μη όξινων κονσερβών

Τροφιμογενή βακτηριακά παθογόνα



Clostridium perfringens

Αναερόβια σπορογόνα ραβδωτά βακτήρια που παράγουν εντεροτοξίνη

Βρίσκονται στο έδαφος, στη σκόνη, στο ωμό κρέας, στον εντερικό σωλήνα ζώων

Είναι θερμοάντοχα ($>100^{\circ}\text{C}$) , αλλά δεν αναπτύσσονται στους 6°C , είναι ευαίσθητα σε $\text{pH}<5.0$, και σε $a_w<0.93$

Ωστόσο, σπόρια που δεν έχουν εκβλαστήσει μπορεί να παραμείνουν ζωντανά (αδρανή) για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή έπειτα από διάφορες επεξεργασίες (π.χ. σε καρυκεύματα και ξηρές τροφές)

Συνήθη τρόφιμα-πηγές είναι το κρέας

Η μόλυνση προκαλείται λόγω κακής θερμοκρασιακής μεταχείρισης, ψύξης ή αποθήκευσης (μέτρια θέρμανση μπορεί να διεγείρει την σπορογονία)

Είναι σημαντική η γρήγορη ψύξη μετά από κάθε θέρμανση!

Δείκτες ποιότητας και ασφάλειας τροφίμων

- Οξυγαλακτικά βακτήρια σε χυμούς φρούτων, μπύρα, κρασί (αλλοιώσεις γεύσης-οσμής, οξίνιση, παραγωγή CO₂)
- *Enterococcus* σε νερό (δείκτης εντερικής μόλυνσης -αποτελεσματικής χλωρίωσης)
- ΟΜΧ (αερόβια μικροχλωρίδα) σε νωπό γάλα (δείκτης υγιεινής κατάστασης και αποτελεσματικότητας της αλυσίδας ψύξης του γάλακτος)
- *E. coli* σε τρόφιμα (συνδέεται πάντα με κοπρανώδη μόλυνση)
- H₂S σε κονσέρβες (υποδηλώνει ανάπτυξη σπόρων πρωτεολυτικών *Clostridium* spp.)
- *S. aureus* σε μη γαλακτοκομικά προϊόντα (π.χ. έτοιμα σάντουιτς) υποδηλώνει δερματική μόλυνση
- Τριμεθυλαμίνη σε ψάρια
- Αιθανόλη σε χυμούς φρούτων

Τροφογενείς ιοί

▶ **Norovirus**

Οικογένεια: Caliciviridae, RNA ιός

Η πιο κοινή αιτία ιογενούς τροφιμογενούς ασθένειας στην ΕΕ

Μετάδοση

- Μεταξύ μολυσμένων ατόμων (κοπρανο-στοματική οδός, μέσω επαφής, αλλά και μολυσμένων τροφίμων και νερού)
- Οι NoV είναι ειδικοί για κάθε είδος (όχι μετάδοση από ζώα σε ανθρώπους)

Τροφογενείς ιοί

▶ **HepA virus (ιός ηπατίτιδας A)**

Οικογένεια: Picornaviridae, RNA ιός

Μετάδοση

- Μεταξύ μολυσμένων ατόμων (κοπρανο-στοματική οδός, μέσω επαφής)
- Μολυσμένα τρόφιμα από χειριστές (φρούτα, λαχανικά, είδη αρτοποιίας)
- Μολυσμένο νερό - οστρακοειδή

Επιδημία 2013/2014 στην ΕΕ με υπεύθυνο τρόφιμο εισαγόμενα κατεψυγμένα μούρα

Τροφογενείς ιοί

▶ **HepE virus (ιός ηπατίτιδας E)**

Οικογένεια: *Hepeviridae*, ιός RNA

Μετάδοση

- Μεταξύ μολυσμένων ατόμων (κοπρανο-στοματική οδός, μέσω επαφής)
- Ατελώς μαγειρεμένο κρέας χοιρινό και αγριογούρουνο
- Μολυσμένο νερό – οστρακοειδή (υψηλή αντοχή!, λύματα)

Prions

▶ Σπογγώδης εγκεφαλοπάθεια των βοοειδών («νόσος των τρελών αγελάδων»)

Υπόθεση: προκαλείται από τροποποιημένη μορφή της φυσιολογικής πρωτεΐνης που ονομάζεται PrP^c = κυτταρική πρωτεΐνη πρίον στην επιφάνεια των νευρώνων (ευαίσθητη στην πρωτεάση), ενώ PrP^{res} = παθολογική πρωτεΐνη πρίον, μεταλλαγμένη (ανθεκτική στην πρωτεάση)

Η πρώτη εμφάνιση μπορεί πιθανόν να οφείλεται στη σίτιση βοοειδών με κρέας και οστεάλευρα από βοοειδή που ανέπτυξαν την ασθένεια αυθόρμητα ή μολυσμένα με τρομώδη νόσο πρόβατα
Πολύ υψηλή αντοχή (UV, ένζυμα, απολυμαντικά, θερμότητα)

Πιθανή σύνδεση με την παραλλαγή της νόσου Creutzfeldt-Jakob σε ανθρώπους

Υλικά ειδικού κινδύνου σε βοοειδή και μικρά μηρυκαστικά – απόρριψη σε επίπεδο σφαγείου και καταστροφή (απομάκρυνση από την τροφική αλυσίδα)

Παράσιτα (πρωτόζωα, μετάζωα)

- ▶ **Κορυφαία 10 παράσιτα με τη μεγαλύτερη παγκόσμια επίδραση (σύμφωνα με FAO / WHO)**
- 1. *Taenia solium* (ταινία χοιρινού κρέατος, κυστικέρκωση): Στο χοιρινό κρέας (ταινίαση ανθρώπου)
- 2. *Echinococcus granulosus* (ταινία σκύλου): Σε φρέσκα προϊόντα
- 3. *Echinococcus multilocularis* (ταινία κυνοειδών): Σε φρέσκα προϊόντα
- 4. *Toxoplasma gondii* (πρωτόζωα): Σε κρέας γιδοπροβάτων, χοιρινό, βόειο, θηραμάτων (κόκκινο κρέας και όργανα), φρέσκα λαχανικά-φρούτα
- 5. *Cryptosporidium* spp. (πρωτόζωα): Σε φρέσκα προϊόντα, χυμό φρούτων, γάλα
- 6. *Entamoeba histolytica* (πρωτόζωα): Σε φρέσκα λαχανικά-φρούτα
- 7. *Trichinella spiralis* (νηματώδες παράσιτο χοίρου): Στο χοιρινό κρέας
- 8. *Opisthorchiidae* (τρηματώδη παράσιτα): Σε ψάρια γλυκού νερού
- 9. *Ascaris* spp. (νηματώδη παράσιτα): Σε φρέσκα λαχανικά-φρούτα
- 10. *Trypanosoma cruzi* (πρωτόζωα): Σε χυμούς φρούτων

Ευχαριστώ για την προσοχή σας

