

Μικροβιολογία Τροφίμων

Δρ. Ιωάννης Γιαβάσης
Μικροβιολόγος-Βιοτεχνολόγος Τροφίμων
Αναπληρωτής Καθηγητής Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής

Μικροβιολογία Τροφίμων

Με τι ασχολείται η Μικροβιολογία Τροφίμων?

- > Ασφάλεια Τροφίμων - Τροφοπαθογόνα Μικρόβια
- > Συντήρηση, Ποιότητα και Διάρκεια Ζωής Τροφίμων – Αλλοιογόνα Μικρόβια
- > Τεχνολογικά ωφέλιμοι Μικροοργανισμοί-Ζυμούμενα Τρόφιμα
- > Προβιοτικοί-βιοδραστικοί μικροοργανισμοί

Εισαγωγή στην Μικροβιολογία Τροφίμων

Στο τέλος του 18^{ου} αιώνα και μετά την ανακάλυψη του οπτικού μικροσκοπίου αναπτύχθηκε ως ξεχωριστή επιστήμη η Μικροβιολογία Τροφίμων. Σταδιακά, εξελίχθηκε καλύπτοντας τα εξής πεδία:

- **Συντήρηση τροφίμων.** Αν και εφαρμοζόταν από την αρχαιότητα (μαγείρεμα, ξήρανση, αλάτισμα, κάπνισμα, ζύμωση) η μελέτες του Pateur και Appert στη θερμική επεξεργασία και καταστροφή των μικροβίων έδωσαν σημαντική ώθηση.
- **Τροφογενείς ασθένειες και τροφοπαθογόνα μικρόβια.** Εγκαταλείφτηκε η θεωρία της αυθόρμητης γένεσης και μελετήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων και τροφικών δηλητηριάσεων
- **Αλλοίωση τροφίμων.** Συσχετίστηκε με συγκεκριμένους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς για διαφορετικά είδη τροφίμων (*Acetobacter aceti*, *Lactococcus lactis*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Pseudomonas putida*, Ζύμες-Μύκητες, κλπ)
- **Ζυμούμενα τρόφιμα** (τυριά, κρασί, αλλαντικά αέρος, κρασί, μπύρα, κλπ). Μελετήθηκε ο ρόλος τεχνολογικά απαραίτητων οργανισμών στην διαδικασία της ζύμωσης
- Έτσι προέκυψαν τρεις βασικές κατευθύνσεις της Μικροβιολογίας Τροφίμων:
(i) **Τροφοπαθογόνα μικρόβια και τροφογενείς ασθένειες** (ii) **Μικροβιολογική αλλοίωση και συντήρηση τροφίμων** (iii) **Βιοτεχνολογία Τροφίμων και Μικροβιακές ζυμώσεις**

Εισαγωγή στην Μικροβιολογία Τροφίμων

Σήμερα ο Μικροβιολόγος Τροφίμων ασχολείται με :

- Την διασφάλιση της μικροβιολογικής ποιότητας και ασφάλειας σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα (HACCP, ISO, IFS, κλπ)
- Τον προσδιορισμό των γενών/ειδών των μικροβίων που προκαλούν αλλοιώσεις ή τροφογενείς ασθένειες, τον πληθυσμό αυτών, καθώς και την πηγή προέλευσης αυτών.
- Την επίδραση συμβατικών και σύγχρονων μεθόδων επεξεργασίας και συντήρησης τροφίμων στην επιβίωση και ανάπτυξη αλλοιογόνων και παθογόνων μικροβίων.
- Την αξιοποίηση μικροοργανισμών για την παραγωγή ζυμούμενων τροφίμων, την αξιοποίηση χρήσιμων μικροβιακών μεταβολιτών (ένζυμα, πρωτεΐνες, πολυσακχαρίτες, αρωματικές ουσίες, οργανικά οξέα, κλπ) και την ανάπτυξη βιολειτουργικών/προβιοτικών τροφίμων
- Την συνεχή αμφίδρομη ενημέρωση για τα μικροβιολογικά πρότυπα στα τρόφιμα και τη σχετική νομοθεσία.

Εισαγωγή στη Μικροβιολογία Τροφίμων

Μορφολογικά-δομικά-αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά των μικροοργανισμών

Βακτήρια: προκαρυωτικά (χωρίς πυρήνα), μονοκυτταρικά, μέγεθος 0.2-10 μm , κόκκοι, ραβδία, σπειροειδή, ή καμπυλωτά μεμονωμένα ή σε αλυσίδες ή συσσωματώματα. Αναπαράγονται με απλή διχοτόμηση (μίτωση) . Μερικά παράγουν ενδοσπόρια (πολύ ανθεκτικά !). Αρκετά έχουν δυνατότητα κίνησης (με μαστίγια, ή ινίδια-φίμπριες)

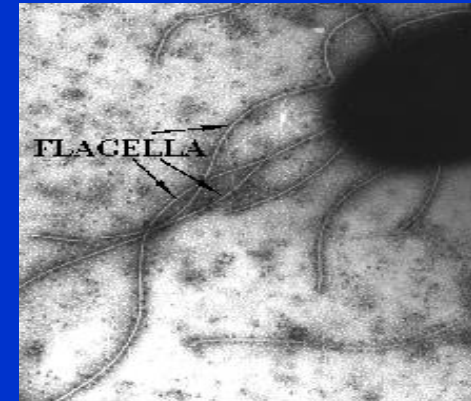
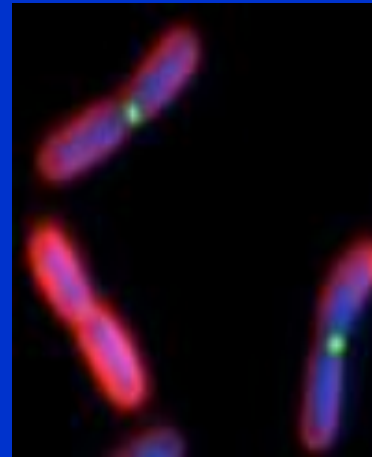
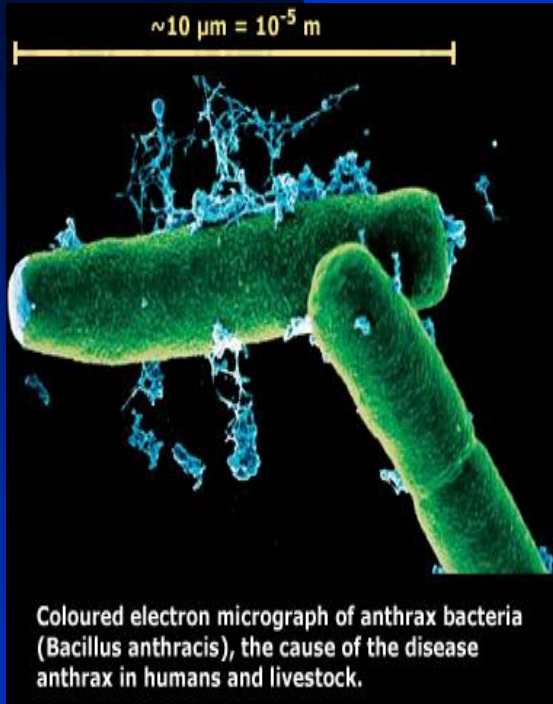
Μύκητες: ευκαρυωτικοί, πολυκυτταρικοί, μέγεθος 20-100 μm , χωρίς δυνατότητα κίνησης, διακλαδισμένοι σε μυκηλιακές υφές. Αποτελούνται από βλαστικά και αναπαραγωγικά κύτταρα που συνθέτουν το μυκήλιο του μύκητα. Αναπαράγονται είτε αγενώς με εξοσπόρια που αναπτύσσονται στα άκρα ή στο εσωτερικό των μυκηλιακών υφών (ασκοσπόρια, κονιδιοσπόρια, θαλλοσπόρια), είτε εγγενώς με τη συνένωση διαφορετικών αναπαραγωγικών κυττάρων-γαμετών.

Ζύμες: ευκαρυωτικά αλλά μονοκυτταρικά, σφαιροειδή ή ωοειδή κύτταρα, μέγεθος 5-30 μm , ακίνητα, με πολλές από τις λειτουργίες των μυκήτων . Αναπαράγονται συνήθως με εκβλάστηση (budding) στο ένα άκρο του κυτταρικού τοιχώματος , καθώς και με απλή διχοτόμηση ή και με εξοσπόρια (ασκοσπόρια)

Ιοί: ατελείς οργανισμοί χωρίς κυτταρική οργάνωση, υποχρεωτικά παράσιτα αποκλειστικά ζωντανών κυττάρων. Αποτελούνται από ένα μόριο DNA ή RNA καλυμμένο από ένα πρωτεϊνικό καψίδιο (με "κεφάλι" και "ουρά") που το προφυλάσει. Η αναπαραγωγή γίνεται στο κυτταρόπλασμα ή και τον πυρήνα του ξενιστή, έπειτα από την πρόσδεση του ιού στην επιφάνεια του ξενιστή και την έγχυση του ιικού γονιδιώματος εντός του κυττάρου-ξενιστή. Μετά τον πολλαπλασιασμό του ιικού σωματιδίου το κύτταρο-ξενιστής καταστρέφεται.

Μορφολογία μικροοργανισμών

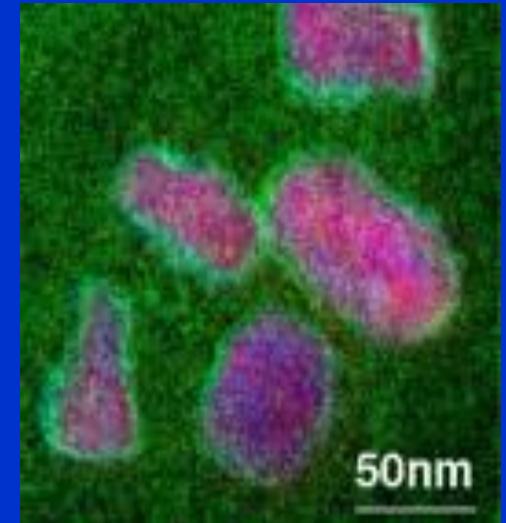
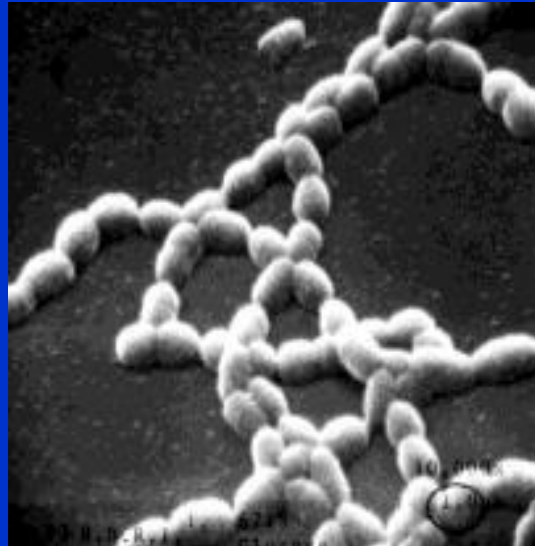
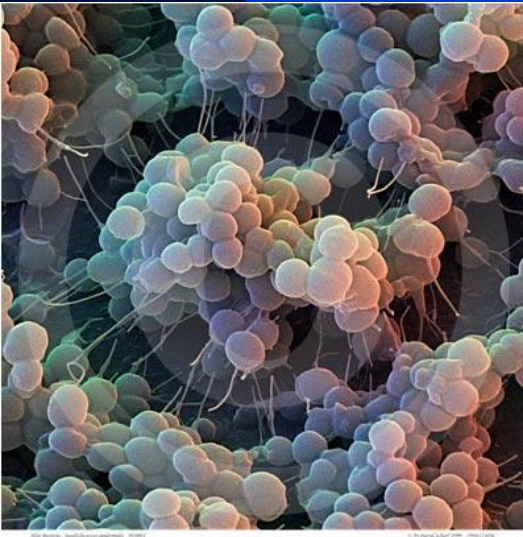
Βακτήρια - ραβδιά



- Από αριστερά: *Bacillus anthracis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*, μαστιγιοφόρα ραβδιά

Μορφολογία μικροοργανισμών

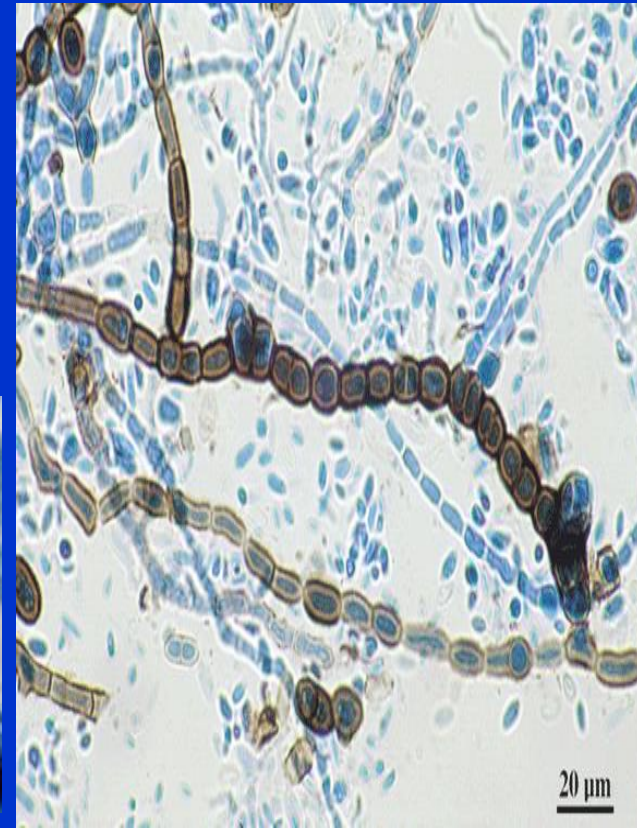
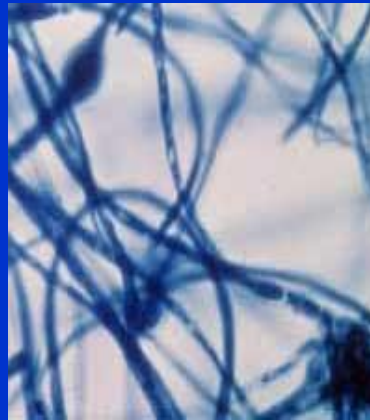
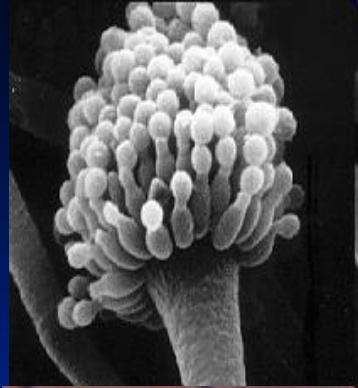
βακτήρια - κόκκοι



- Από αριστερά: *Staphylococcus aureus*, *Streptomyces*, χρωματισμένα Gram- βακτήρια

Μορφολογία μικροοργανισμών

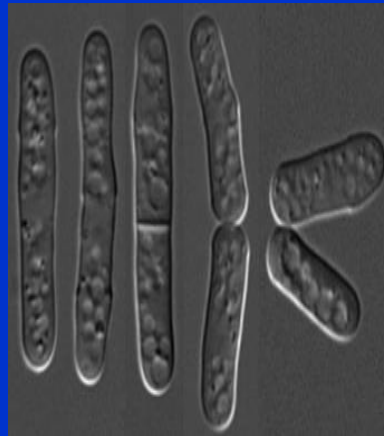
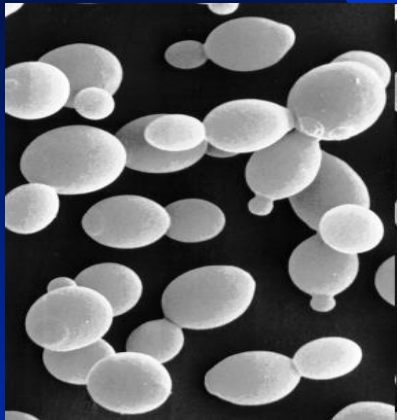
Μύκητες



- Από αριστερά: *Aspergillus fumigatus* conidia (πάνω), *Penicillium* conidia (κάτω), *Mucor ascosporus* (πάνω), *Rhizopus* sporiangia (κάτω), άλλα ασκοσπόρια (πάνω), τυπικό μυκήλιο μύκητα (κάτω), υφές του *Aureobasidium pullulans* με septa

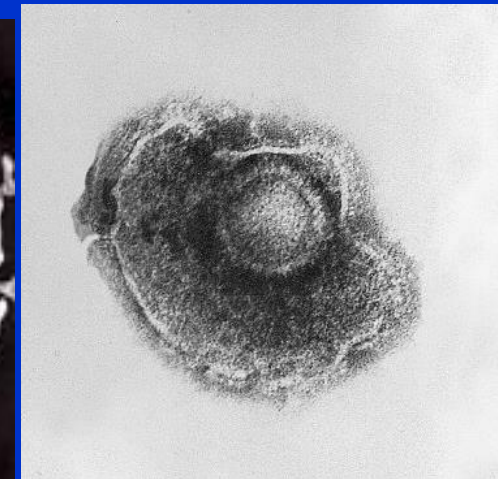
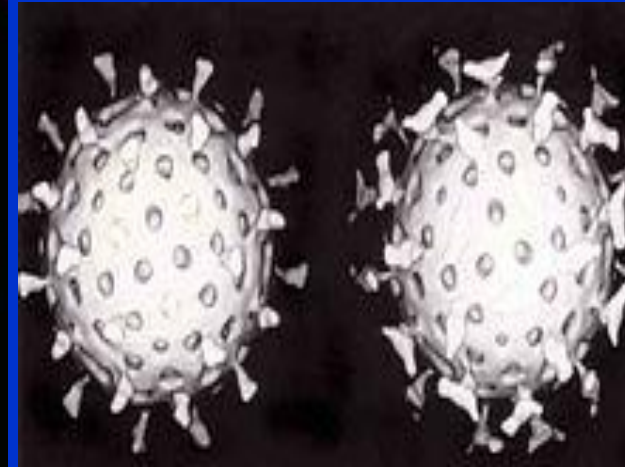
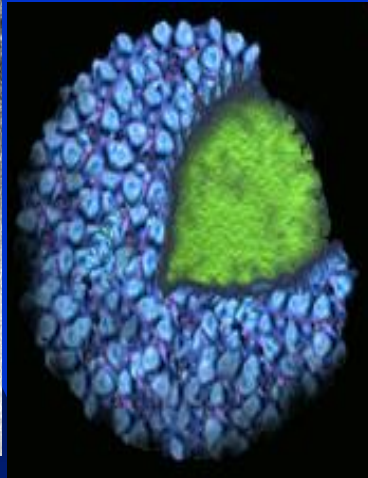
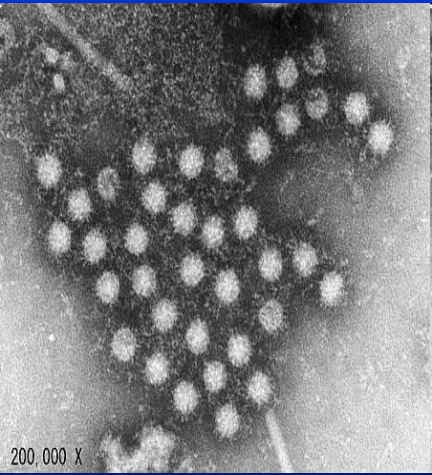
Μορφολογία μικροοργανισμών

Ζύμες

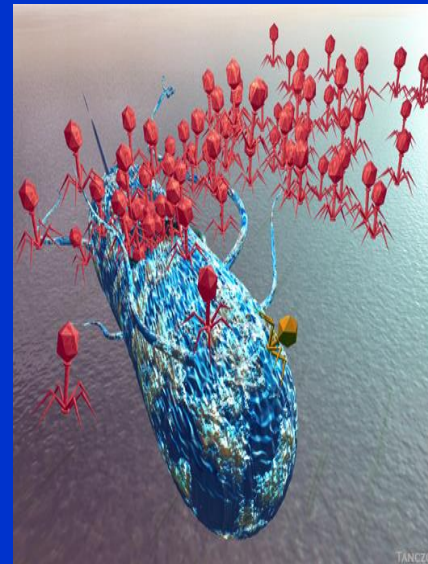
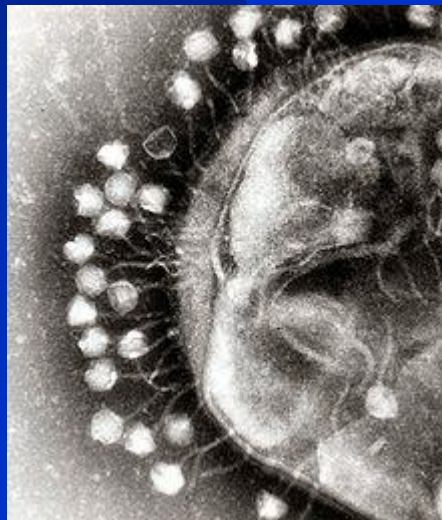


- Από αριστερά: *Saccharomyces* σε αναπαραγωγή (budding), *Rhodotorula* (budding), διχοτόμηση κυττάρων *Schizosaccharomyces* , ασκοσπόρια ζυμών

Μορφολογία μικροοργανισμών - Ιοί



■ Από αριστερά: ιός Norwalk , καψίδιο και νουκλεοτίδιο του ιού Norwalk, Rota virus χωρίς και με πρόσδεση αντισωμάτων, ιός του έρπη με λιπώδη φάκελο



■ Αριστερά: βακτηριοφάγοι (coliphages), Δεξιά: βακτηριοφάγοι εισβάλουν σε βάκιλο¹⁰

Πηγές των μικροοργανισμών στη φύση (φυσικοί βιότοποι- Natural Habitats/Reservoirs)

- **Έδαφος και νερό** – συνεχής αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο, μέσω της βροχής, του ανέμου, της ροής των υδάτων. Εξαίρεση: Μικροχλωρίδα θαλάσσιων υδάτων. Η φυσική μικροχλωρίδα περιλαμβάνει αρκετά Gram+ (κυρίως) και Gram- βακτήρια, ζύμες, παράσιτα, ιούς
- **Αέρας -σκόνη** – κυρίως Gram+ βακτήρια (ιδίως τα σπορογόνα Bacillus και Clostridium), ζύμες-μύκητες
- **Εντερικός σωλήνας ανθρώπων & ζώων / κόπρانا** – βακτήρια της οικογένειας Enterobacteriaceae, πρωτόζωα, ιοί. Κυρίως προαιρετικά αναερόβια ή μικροαερόφιλα βακτήρια, αρκετά παθογόνα.
- **Επιδερμίδα ανθρώπων και ζώων, κοιλότητες/οπές του δέρματος (δέρμα, τρίχες, αυτιά, στόμα, μύτη)** – κυρίως Staphylococci, Micrococci, Streptococci
- **Φυτά** – Ζύμες-Μύκητες (ιδίως σε όξινα, π.χ. φρούτα, ή σε ξηρά, π.χ. σιτηρά) , γαλακτικά βακτήρια (LAB-lactic acid bacteria), corynebacteria, pseudomonas. Μικρόβια που προσδένονται σε επιφάνειες φυτικού ιστού.

Πηγές επιμόλυνσης τροφίμων με μικροοργανισμούς (cross-contamination)

- **Σκεύη, εργαλεία και μηχανήματα επεξεργασίας τροφίμων** – απαραίτητο το τακτικό και αποτελεσματικό πλύσιμο με (α) καθαρίσμα-απορρύπανση και (β) απολύμανση). Σημαντική η τεχνολογία CIP στη βιομηχανία (**Clean in Place**)
- **Χειριστές τροφίμων** – καλή ατομική υγιεινή (τακτικό πλύσιμο χεριών, ποδιές, γάντια, μάσκες, σκούφοι όπου χρειάζεται, αποφυγή επαφής με δέρμα, μύτη, στόμα, μαλλιά, κόπρανα, κλπ), προσοχή σε άτομα που νοσούν. Σημαντικό: Πάντα κρατάμε τα νωπώ-ωμά τρόφιμα μακριά και ξεχωριστά από τα μαγειρεμένα ή έτοιμα προς κατανάλωση.
- **Ζωοτροφές** – *Salmonella* και *Listeria monocytogenes* συχνά μεταφέρονται στο γάλα ή το κρέας μέσω των ζωοτροφών.
- **Πρόσθετα τροφίμων (καρυκεύματα, πρωτεΐνη ορού γάλακτος, σκόνη γάλακτος/αυγού, ζελατίνη, κλπ)** – περιέχουν ζύμες, σπόρια βακτηρίων και σε περιπτώσεις κακής θερμοκρασιακής μεταχείρισης κατά την παραγωγή ή συντήρηση μπορεί να περιέχουν μη σπορογόνα παθογόνα (π.χ. *Salmonella*)
- **Έντομα (μύγες), τρωκτικά** – κουβαλούν πολλά παθογόνα βακτήρια και παράσιτα
- **Νερό άρδευσης ή νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία** – πρέπει να είναι χλωριωμένο και ποιότητας πόσιμου νερού (για βιομηχανία τροφίμων), αλλιώς κίνδυνοι υδατογενών ιών και βακτηρίων. Π.χ. *E. coli* 157:H7, 104:H4. Ιδιαίτερη προσοχή σε κανοσερβοποιεία και μονάδες επεξεργασίας φρούτων-λαχανικών
- **Αγρο-βιομηχανικά απόβλητα και αστικά λύματα** – απαραίτητη η βιολογική επεξεργασία για μείωση τιμών BOD-COD. Προσοχή σε διαρροές αποβλήτων και επιμόλυνση νερού άρδευσης-ύδρευσης. Αλιεύματα σε παράκτιες περιοχές απορροής αποβλήτων: κίνδυνος εντερροϊών και παθογόνων βακτηρίων.

■ Πηγές μικροοργανισμών των τροφίμων

Table 2.1. Relative Importance of Eight Sources of Bacteria and Protozoa to Foods

Organisms	Soil & Water	Plants/Products	Utensils	Gastrointestinal Tract	Handlers	Animal Feeds	Animal Hides	Air & Dust
Bacteria								
<i>Acinetobacter</i>	XX	X	X				X	X
<i>Aeromonas</i>	XX ^a	X						
<i>Alcaligenes</i>	X	X	X	X			X	
<i>Alteromonas</i>	XX ^a							
<i>Bacillus</i>	XX ^b	X	X		X	X	X	XX
<i>Brochothrix</i>		XX	X					
<i>Campylobacter</i>				XX	X			
<i>Carnobacterium</i>	X	X	X					
<i>Citrobacter</i>	X	XX	X	XX				
<i>Clostridium</i>	XX ^b	X	X	X	X	X	X	XX
<i>Corynebacterium</i>	XX ^b	X	X		X		X	X
<i>Enterobacter</i>	X	XX	X				X	
<i>Enterococcus</i>	X	X	X	XX	X	X	X	X
<i>Erwinia</i>	X	XX	X					
<i>Escherichia</i>	X	X		XX	X			
<i>Flavobacterium</i>	X	XX					X	
<i>Hafnia</i>	X	X		XX				
<i>Kocuria</i>	X	X	X		X		X	X
<i>Lactococcus</i>		XX	X	X			X	
<i>Lactobacillus</i>		XX	X	X			X	
<i>Leuconostoc</i>		XX	X	X			X	
<i>Listeria</i>	X	XX		X	X	X	X	
<i>Micrococcus</i>	X	X	X		X	X	X	XX
<i>Moraxella</i>	X	X					X	
<i>Paenibacillus</i>	XX	X	X					XX
<i>Pantoea</i>	X	X		X				
<i>Pediococcus</i>		XX	X	X			X	
<i>Proteus</i>	X	X	X	X	X		X	
<i>Pseudomonas</i>	XX	X	X			X	X	
<i>Psychrobacter</i>	XX	X	X				X	
<i>Salmonella</i>				XX		XX		
<i>Serratia</i>	X	X	X	X		X	X	
<i>Shewanella</i>	X	X						
<i>Shigella</i>				XX				
<i>Staphylococcus</i>				X	XX		X	
<i>Vagococcus</i>	XX			XX				
<i>Vibrio</i>	XX ^a			X				
<i>Weissella</i>		XX	X					
<i>Yersinia</i>	X	X		X				
Protozoa								
<i>C. parvum</i>	XX ^a			X	X			
<i>E. histolytica</i>	XX ^a			X	X			
<i>G. lamblia</i>	XX ^a			X	X			
<i>T. gondii</i>		X		XX				

NOTE: XX indicates a very important source.

^aPrimarily water.

^bPrimarily soil.

■ Κύρια γένη μικροοργανισμών τροφίμων

Bacteria

<i>Acinetobacter</i>	<i>Erwinia</i>	<i>Pediococcus</i>
<i>Aeromonas</i>	<i>Escherichia</i>	<i>Proteus</i>
<i>Alcaligenes</i>	<i>Flavobacterium</i>	<i>Pseudomonas</i>
<i>Bacillus</i>	<i>Hafnia</i>	<i>Psychrobacter</i>
<i>Brochothrix</i>	<i>Kocuria</i>	<i>Salmonella</i>
<i>Campylobacter</i>	<i>Lactococcus</i>	<i>Serratia</i>
<i>Carnobacterium</i>	<i>Lactobacillus</i>	<i>Shewanella</i>
<i>Citrobacter</i>	<i>Leuconostoc</i>	<i>Shigella</i>
<i>Clostridium</i>	<i>Listeria</i>	<i>Staphylococcus</i>
<i>Corynebacterium</i>	<i>Micrococcus</i>	<i>Vagococcus</i>
<i>Enterobacter</i>	<i>Moraxella</i>	<i>Vibrio</i>
<i>Enterococcus</i>	<i>Paenibacillus</i>	<i>Weissella</i>
	<i>Pantoea</i>	<i>Yersinia</i>

Molds

<i>Alternaria</i>	<i>Cladosporium</i>	<i>Mucor</i>
<i>Aspergillus</i>	<i>Colletotrichum</i>	<i>Penicillium</i>
<i>Aureobasidium</i>	<i>Fusarium</i>	<i>Rhizopus</i>
<i>Botrytis</i>	<i>Geotrichum</i>	<i>Trichothecium</i>
<i>Byssochlamys</i>	<i>Monilia</i>	<i>Wallemia</i>
		<i>Xeromyces</i>

Yeasts

<i>Brettanomyces</i>	<i>Issatchenkia</i>	<i>Schizosaccharomyces</i>
<i>Candida</i>	<i>Kluyveromyces</i>	<i>Torulaspota</i>
<i>Cryptococcus</i>	<i>Pichia</i>	<i>Trichosporon</i>
<i>Debaryomyces</i>	<i>Rhodotorula</i>	<i>Zygosaccharomyces</i>
<i>Hanseniaspora</i>	<i>Saccharomyces</i>	

Protozoa

<i>Cryptosporidium parvum</i>	<i>Giardia lamblia</i>
<i>Entamoeba histolytica</i>	<i>Toxoplasma gondii</i>

Παράγοντες μικροβιακής ανάπτυξης

Ενδογενείς παράγοντες (εντός του τροφίμου):

1. Θρεπτικά στοιχεία
2. Ενεργότητα νερού (a_w)
3. Οξύτητα
4. Συγκέντρωση οξυγόνου (δυναμικό οξειδοαναγωγής)
5. Αντιμικροβιακές ουσίες
6. Δομή και σχήμα του τροφίμου

Εξογενείς παράγοντες (που επιβάλλονται έξωθεν):

1. Θερμοκρασία
2. Σχετική υγρασία (επηρεάζει την ενεργότητα νερού του τροφίμου)
3. Σύνθεση αερίων σε συσκευασία κενού ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP)
4. Προσθήκη συντηρητικών

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

1. Θρεπτικά στοιχεία

- Εκτός από νερό, οι μικροοργανισμοί απαιτούν στη διατροφή τους :
 - μια **πηγή άνθρακα (C)** για παραγωγή ενέργειας (ATP) και για βιοσύνθεση πολυσακχαριτών του κυττάρου. Πηγή άνθρακα : σάκχαρα, αμινοξέα, λιπίδια
 - μια **πηγή αζώτου (N)** για τη βιοσύνθεση νέων πρωτεϊνών, ενζύμων, νουκλεοτιδίων , κλπ. Πηγή αζώτου: πρωτεΐνες, πεπτίδια, αμινοξέα, άλατα νιτρώδη, νιτρικά, αμμωνιακά)
- **Μέταλλα και ιχνοστοιχεία (K, Na, Mg, Mn, Fe, Ca, κλπ)** για την ενεργοποίηση ενζύμων, τη σύνθεση βιταμινών, την αντίσταση στην ωσμωτική πίεση
- **Ενισχυτικούς παράγοντες** όπως βιταμίνες, αμινοξέα, κλπ.
- Με άλλα λόγια, τρόφιμα πλούσια σε θρεπτικά συστατικά → εύκολη αλλοίωση
- Οι μικροοργανισμοί προτιμούν συνήθως **απλές πηγές C-N** (μονοσακχαρίτες, αμινοξέα ή άλατα αζώτου) από τις πιο σύνθετες πηγές (πολυσακχαρίτες ή πρωτεΐνες, αντίστοιχα). Έτσι, αναπτύσσονται πιο γρήγορα σε υπόστρωμα με γλυκόζη απ'ότι σε άμυλο.
- Τα Gram+ βακτήρια έχουν γενικά μεγαλύτερες θρεπτικές απαιτήσεις από τα Gram-
- Οι **μύκητες** έχουν τις **λιγότερες απαιτήσεις σε θρεπτικά** υλικά, καθώς μπορούν και συνθέτουν μεγάλη γκάμα ενζύμων και βιολογικών μορίων (εξηγεί την ανάπτυξη σε πολύ φτωχά υποστρώματα)
- Γενικά, σε πρωτεϊνούχα τρόφιμα → ανάπτυξη βακτηρίων, ενώ σε αμυλούχα τρόφιμα (φυτικής προέλευσης) → ανάπτυξη ζυμών-μυκήτων

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

2. Ενεργότητα νερού a_w

- Δείκτης του ελεύθερου νερού, δηλ. αυτού που δεν είναι δεσμευμένο σε άλλα μόρια (π.χ. πολυσακχαριτών, πρωτεϊνών) και παραμένει διαθέσιμο για την ανάπτυξη των μικροβίων
- $a_w = P/P_0$ (τάση ατμών του τροφίμου / τάση ατμών απεσταγμένου νερού)
- Τα κύτταρα χρειάζονται το νερό ως διαλύτη, και ως συστατικό βιοχημικών αντιδράσεων (υδρόλυσης)
- **Μέγιστη τιμή $a_w = 1,0$** (στο απεσταγμένο νερό)
- Μείωση της a_w κάτω από ένα ελάχιστο όριο ανάπτυξης προκαλεί αναστολή μικροβιακής ανάπτυξης και ίσως θάνατο (ωσμωτικό stress)
- **Η χαμηλότερη a_w για ανάπτυξη μικροβίων = 0.6** (ξηροφιλικοί μύκητες, οσμώφιλες ζύμες) ώσμωση
- Ελάχιστη a_w για ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων = 0.85 (*S. aureus*)
- **Αλόφιλα/οσμώφιλα μικρόβια: ικανά να αναπτύσσονται σε υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων (>10% αλάτι)**
 - *Staphylococcus*, *Vibrio*, *Micrococcus*, *Pediococcus*, *Corynebacterium*, πολλοί μύκητες (π.χ. *Aspergillus*)
- **Οσμώφιλα μικρόβια : ικανά να αναπτύσσονται σε υψηλές συγκεντρώσεις σακχάρων (>20% σάκχαρα)**
 - *Staphylococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, ζύμες (*Zygosaccharomyces*, *Schizosaccharomyces*) και μύκητες (π.χ. *Aspergillus*, *Xeromyces*)

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Ελάχιστες τιμές a_w

Table 3.5. Approximate Minimum a_w Values for Growth of Microorganisms Important in Foods

Organisms	a_w	Organisms	a_w
Groups		Groups	
Most spoilage bacteria	0.9	Halophilic bacteria	0.75
Most spoilage yeasts	0.88	Xerophilic molds	0.61
Most spoilage molds	0.80	Osmophilic yeasts	0.61
Specific Organisms		Specific Organisms	
<i>Clostridium botulinum</i> , type E	0.97	<i>Candida scottii</i>	0.92
<i>Pseudomonas</i> spp.	0.97	<i>Trichosporon pullulans</i>	0.91
<i>Acinetobacter</i> spp.	0.96	<i>Candida zeylanoides</i>	0.90
<i>Escherichia coli</i>	0.96	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86
<i>Enterobacter aerogenes</i>	0.95	<i>Alternaria citri</i>	0.84
<i>Bacillus subtilis</i>	0.95	<i>Penicillium patulum</i>	0.81
<i>Clostridium botulinum</i> , types A and B	0.94	<i>Aspergillus glaucus</i> ^a	0.70
<i>Candida utilis</i>	0.94	<i>Aspergillus conicus</i>	0.70
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94	<i>Aspergillus echinulatus</i>	0.64
<i>Botrytis cinerea</i>	0.93	<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.62
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.93	<i>Xeromyces bisporus</i>	0.61
<i>Mucor spinosus</i>	0.93		

^aPerfect stages of the *A. glaucus* group are found in the genus *Eurotium*.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Συσχέτιση της a_w με την υγρασία ενός τροφίμου

Ισόθερμη καμπύλη προσρόφησης εκρόφησης νερού

- Σε υψηλή συγκέντρωση υγρασίας, μια μεγάλη μείωση νερού αντιστοιχεί σε μικρή ελάττωση a_w
- Σε ένα συγκεκριμένο ποσοστό υγρασίας η a_w είναι μικρότερη όταν αφαιρείται νερό, και μεγαλύτερη όταν προστίθεται νερό
- Πολύ μεγάλη η σημασία της προσρόφησης νερού σε αφυδατωμένα-ξηρά τρόφιμα!
- Μικρή απορρόφηση υγρασίας σε σιτηρά-σκόνες-ξηρούς καρπούς → δυσανάλογη αύξηση a_w → αλλοίωση

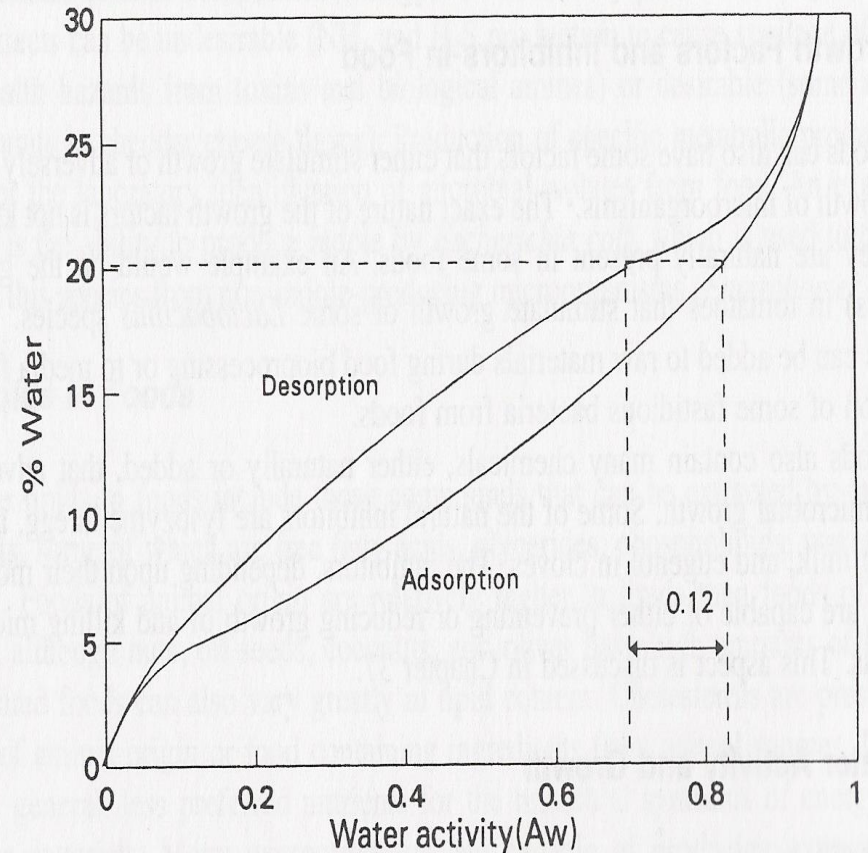


Figure 6.1 Water sorption isotherm showing hysteresis. At the same percentage of water, A_w is lower by desorption than by adsorption.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

3. pH και Οξύτητα

- Τα περισσότερα μικρόβια προτιμούν ουδέτερο pH (~7.0), λίγα αναπτύσσονται κάτω από 4.0
- Τα **βακτήρια είναι τα πλέον ευαίσθητα στην οξίνιση**, ζύμες και κυρίως μύκητες πολύ ανθεκτικοί. Από τα βακτήρια τα πλέον ανθεκτικά είναι τα γαλακτικά.
- Η οξύτητα είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες αναστολής της μικροβιακής ανάπτυξης (συντήρηση φρούτων, όξινων λαχανικών αναψυκτικών, ξυδιού,) και καθοριστικός για το ύψος μιας θερμικής επεξεργασίας (όξινες-μη όξινες κονσέρβες)
- **Δεν αναπτύσσονται παθογόνα μικρόβια σε pH <4.0**, (εξαίρεση μυκοτοξίνες μυκήτων *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*)
- Πρωτεϊνούχα τρόφιμα έχουν ουδέτερο pH (buffering capacity-κρέας)
- Μεγάλη η σημασία της οξίνισης σε ζυμούμενα τρόφιμα (π.χ. τυριά, ή στην νεκρική ακαμψία και την ωρίμανση κρέατος)
- Διαφορετικά οξέα (οργανικά/ανόργανα επιδρούν σε διαφορετικό βαθμό: πιο ανασταλτικά τα οργανικά οξέα γαλακτικό, οξικό, κιτρικό
- **Ο μικροβιακός μεταβολισμός επηρεάζει το pH** : παραγωγή γαλακτικού/οξικού/κιτρικού/μυρμιγκικού ή παραγωγή αμμωνίας/αμμινών που αυξάνουν το pH. Οι ζύμες-μύκητες καταναλώνουν οξέα → αύξηση pH → **οξυαντοχή ζυμομυκήτων**
- **Πως δρα η οξύτητα στα μικροβιακά κύτταρα?**
 - Τα οργανικά οξέα εισέρχονται στο κύτταρο αδιάσπαστα και δίστανται σε H⁺ στο κυτταρόπλασμα → ζωτικά ένζυμα, μεταφορικές πρωτεΐνες μετουσιώνονται, καθώς και μόρια DNA, ATP.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Όρια pH για ανάπτυξη μ/ο

- LAB: τα πλέον οξυανθεκτικά βακτήρια (επιβίωση σε <math><4,0</math>)
- *S.aureus* : το πλέον οξυανθεκτικό παθογόνα βακτήριο
- Δεν αναπτύσσεται το *Clostridium botulinum* σε pH <math><4.6</math> το pH καθορίζει το ύψος θερμικής επεξεργασίας σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα
- Αντοχή ζυμών-μυκήτων σε όξινα pH (διέγερση μυκήτων σε όξινο pH)

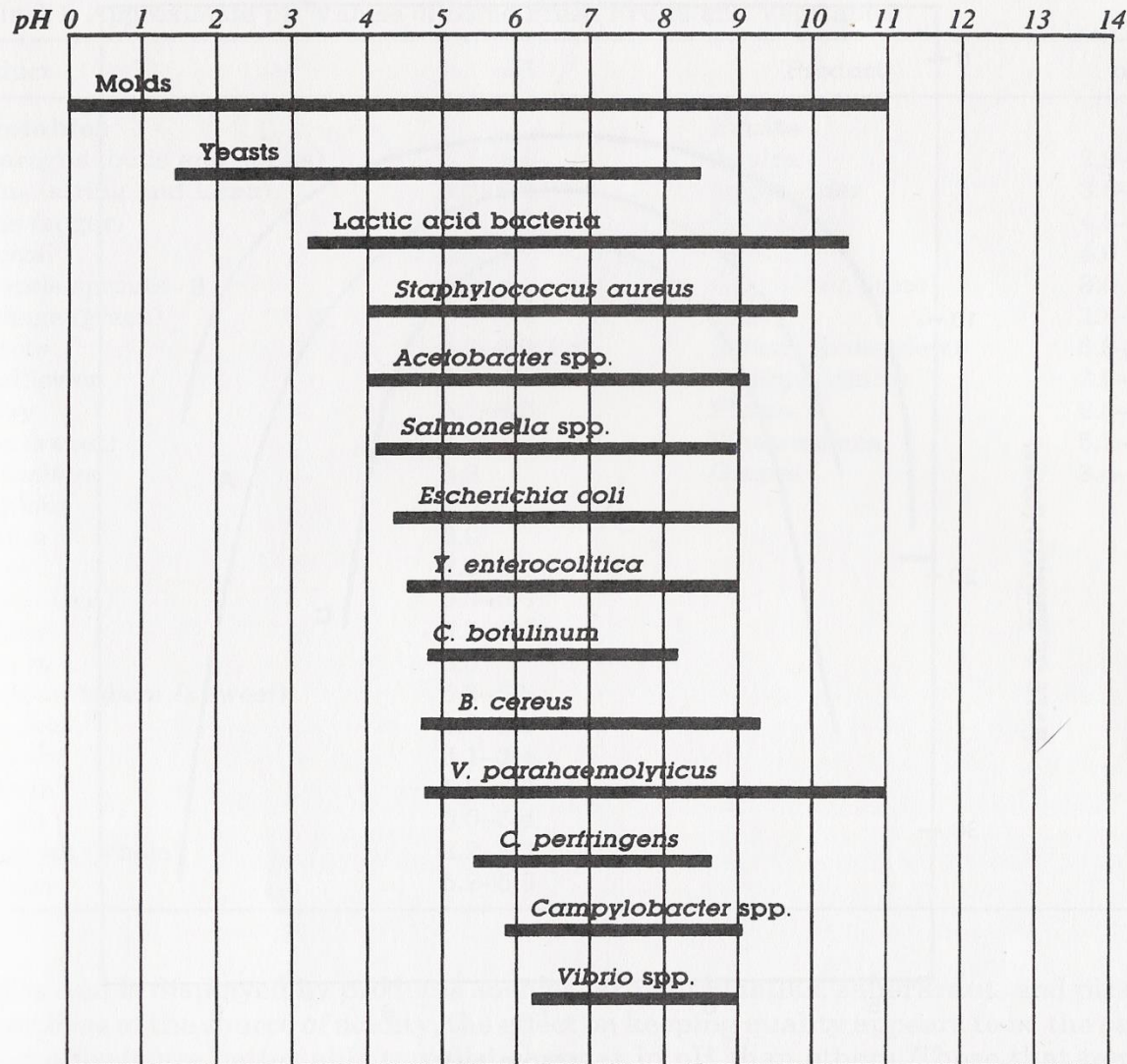


Figure 3.1. Approximate pH growth ranges for some foodborne organisms.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Μηχανισμοί αντίστασης σε αλλαγές του pH:

- **Ομοιοστατική απόκριση** : αντλία πρωτονίων διώχνει H^+ εκτός κυττάρου (σε διαρκή λειτουργία)
- **Απόκριση οξυαντοχής (Acid tolerance response-ATR)**: μεμβρανικές πρωτεΐνες 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

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

4. Συγκέντρωση οξυγόνου – Οξειδωαναγωγικό δυναμικό (Redox potential - Eh)

- Oxidation/Reduction potential = η τάση ενός υποστρώματος να χάνει / αποκτάει ηλεκτρόνια
- Οξειδωμένο υπόστρωμα → υψηλό Eh
- Ανηγμένο υπόστρωμα → χαμηλό (αρνητικό) Eh
- **Αερόβιοι οργανισμοί (π.χ. Pseudomonas, μύκητες) απαιτούν** Eh [300-500mV]
- **Αυστηρά αναερόβιοι** (π.χ. Clostridium, Desulfotomaculum) απαιτούν [(100 έως (-300)]mV
- **Προαιρετικά αναερόβιοι (π.χ. LAB, Listeria, coliforms)** αναπτύσσονται σε οξειδωτικές ή ελαφρώς αναγωγικές συνθήκες [300 έως (-100)]mV
- **Μικροαερόφιλα βακτήρια** (π.χ. Campylobacter, Lactobacillus) απαιτούν λιγότερο οξυγόνο από αυτό της ατμόσφαιρας ή μικρές συγκεντρώσεις CO₂)
- **Υψηλή συγκέντρωση οξυγόνου, O₃, οξειδάσες → θετικό Eh → αερόβιες συνθήκες**
- **Παρουσία CO₂, θειώδη αμινοξέα (SH-groups), ασκορβικό οξύ, αναγωγικά σάκχαρα, αναγωγάσες → αρνητικό Eh → αναερόβιες συνθήκες**
- **Αλλά για αυστηρά αναερόβια βακτήρια** (Clostridium, Desulfotomaculum), η απουσία O₂ είναι πιο σημαντική από το αρνητικό Eh (το O₂ τα σκοτώνει !)
- Φρούτα-λαχανικά: Eh= 300 – 500mV
- Κρέας και τυριά (σε μεγάλα κομμάτια): (-100) έως (-200)mV,
- Όμως ο κιμάς: 200mV

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Το Eh αλλάζει με την ανάπτυξη των μ/ο και τις επεξεργασίες τροφίμων (θέρμανση, συσκευασία)

- Ανάπτυξη αεροβίων μ/ο → πτώση Eh (εξάντληση O₂)
- Το Eh είναι υψηλότερο σε όξινο περιβάλλον
- Παραγωγή H₂S, CO₂ μειώνει το Eh
- Θέρμανση απελευθερώνει (ελαττώνει) το οξυγόνο, συσκευασία vacuum/MAP μειώνει το οξυγόνο

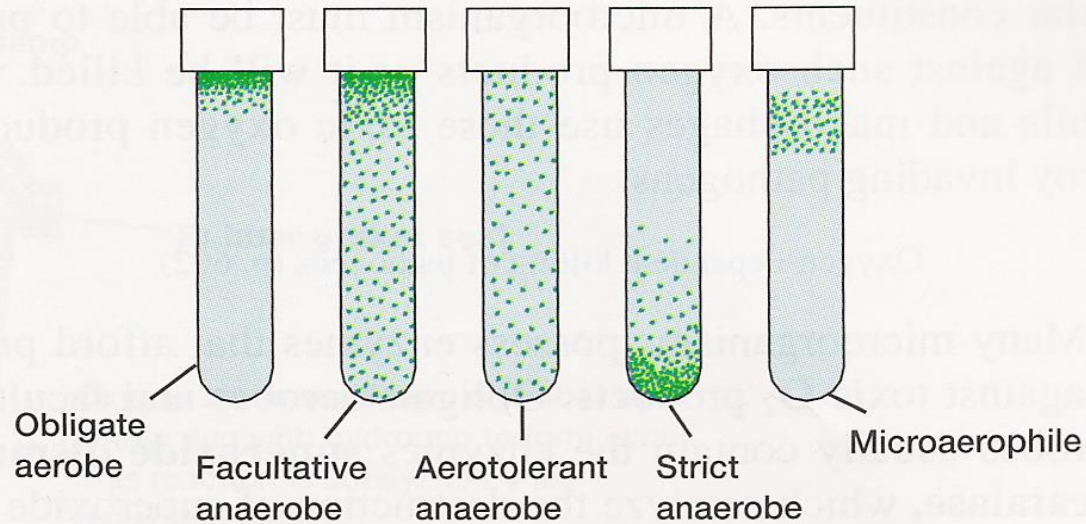
Οι ζυμωτικοί οργανισμοί (ζύμες, γαλακτικά) παράγουν οργανικά οξέα, αιθανόλη, ακετόνη, αναεροβίως (σημαντικός ο ρόλος του οξυγόνου σε ζυμώσεις ζυμών)


Άκρως οξειδωτικές συνθήκες (όζον, ελεύθερες ρίζες υπεροξειδίων, κλπ) προκαλούν οξειδωτικό στρες, πιθανόν καταστροφικό

- Τα αερόβια βακτήρια έχουν μηχανισμούς απόκρισης στο οξειδωτικό στρες (**superoxide dismutase, catalase**), που δεσμεύουν ελεύθερες ρίζες

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

Ανάπτυξη μ/ο ανάλογα με την αντοχή σε O₂



 **Figure 6.16 Oxygen and Bacterial Growth.** An illustration of the growth of bacteria with varying responses to oxygen. Each dot represents an individual bacterial colony within the agar or on its surface. The surface, which is directly exposed to atmospheric oxygen, will be aerobic. The oxygen content of the medium decreases with depth until the medium becomes anaerobic toward the bottom of the tube.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

5. Αντιμικροβιακά συστατικά τροφίμων

- Αιθέρια έλαια αρωματικών φυτών-καρυκευμάτων (thymol, carvacrol, eugenol)
- Φαινόλες σε τσάι, κρασί, κλπ
- Κουμαρικό, φερουλικό, καφεϊκό σε φρούτα, λαχανικά και τσάι
- Γλυκοσινολίδια-Ισοκυανίδιο, σε λάχανο, μπρόκολο
- Λυσοζύμη, κοναλβουμίνη σε αυγά
- Λακτοφερρίνη, λυσοζύμη, lactoperoxidase, agglutinin (rotavirus inhibitor) σε αγελαδινό γάλα
- Διακετύλιο από LAB σε γαλακτοκομικά
- Βακτηριοσίνες από LAB (nisin, reuterin, helveticin, mecedonicin, pedionisin)
- Αντιβιοτικά από Bacillus (polymixin, bacitracin), Streptomyces (streptomycin)

Τρόπος δράσης

- Lactoperoxidase system (lactoperoxidase, thiocyanate, H_2O_2): δρά εναντίον Gram- ψυχρόφιλων βακτηρίων, μειώνει τις τιμές D της απαιτούμενης θερμικής επεξεργασίας
- Λυσοζύμη: υδρολύει κυτταρικό τοίχωμα σε Gram+
- Αιθέρια έλαια: ευρεία δράση (αναστολή ενζύμων)
- Διακετύλιο : βακτηριοκτόνο μέσω της αδρανοποίησης της αργινίνης σε ένζυμα

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

“Γαλακτικός ανταγωνισμός” των *Lb. plantarum* ή *P. cerevisiae* ενάντια στο *S. aureus* σε μαγειρεμένο κρέας κοτόπουλου

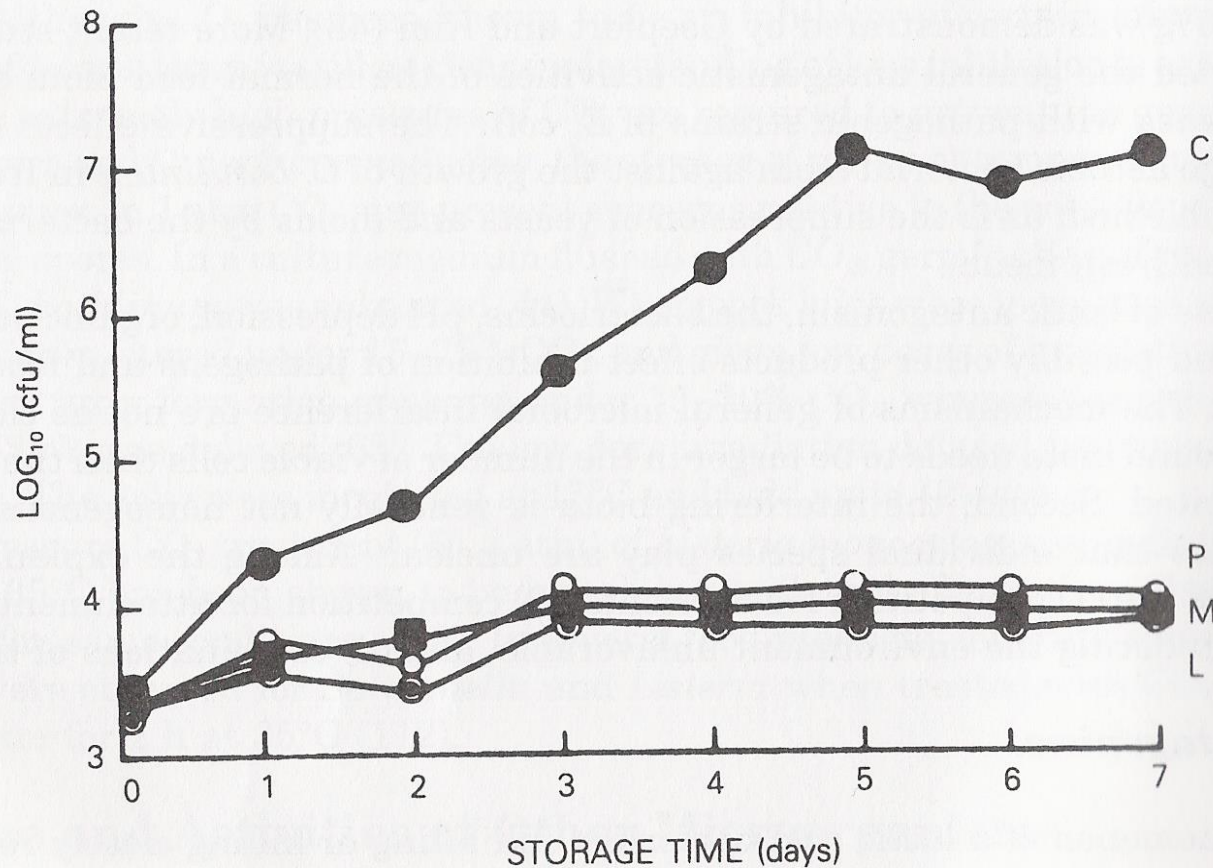


Figure 3.5. Growth of *S. aureus* in pure culture (C) and in association with *L. plantarum* (L), *P. cerevisiae* (P), and the mixture (M) in cooked mechanically deboned poultry meat (MDPM) at 15°C. Lactic acid bacteria were added at a concentration of 10⁹ cells/g. From Raccach and Baker (87), copyright © 1978, International Association of Milk, Food and Environmental Sanitarians.

Ενδογενείς παράγοντες ανάπτυξης

6. Δομή-σχήμα τροφίμου

- Φυσική προστασία σε αυγά (κέλυφος), καρπούς με κέλυφος, φρούτα (επιδερμίδα) κρέας-ψάρια (δέρμα)
- Μόλις διαταραχθεί η ακεραιότητα της επιφάνειας ενός τροφίμου (ιδίως σε φρούτα-λαχανικά), τα μικρόβια διεισδύουν
- Κιμάς πιο ευαλλοίωτος από ότι ένα ενιαίο τεμάχιο κρέατος (μεγαλύτερη εκτεθειμένη επιφάνεια)
- Υγρά-ρευστά πιο ευαλλοίωτα από ότι στερεά με παρόμοια σύνθεση (ευκολότερη διάχυση μικροβίων στο υπόστρωμα)
- **Πρόβλημα:** ομοιόμορφη θερμική επεξεργασία ή ψύξη ή ακτινοβολία σε τεμάχια διαφορετικών μεγεθών!

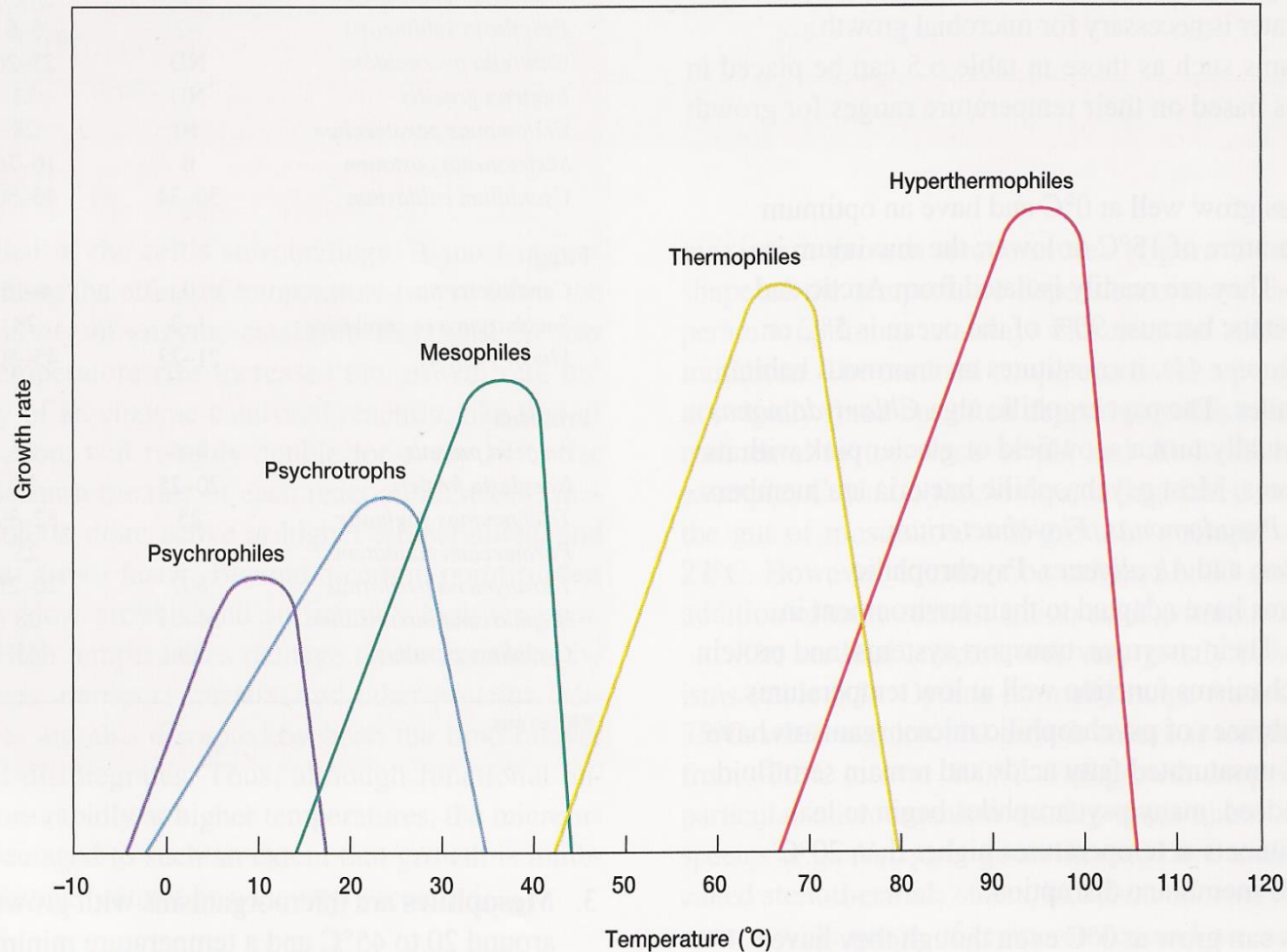
Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης


1. Θερμοκρασία

- Η θερμοκρασία επηρεάζει την **ενζυμική δραστηριότητα** και άρα τον μικροβιακό μεταβολισμό και την ανάπτυξη (περίπου μείωση/αύξηση ενζυμικής ενεργότητας για κάθε μετατόπιση της θερμοκρασίας κατά 10°C)
- Τα μικρόβια έχουν ελάχιστη, μέγιστη και βέλτιστη θερμοκρασία ανάπτυξης
- Πάνω από την μέγιστη T_{\max} ($\sim 10^{\circ}\text{C} > T_{\max}$), προκαλείται θανάτωση
- Κάτω από την ελάχιστη T_{\min} προκαλείται αναστολή αλλά όχι θάνατος (εξαίρεση: κάποια κύτταρα τραυματίζονται κατά την ψύξη ή ιδίως την κατάψυξη και μπορεί να θανατωθούν)
- Ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης μικροβίων : -34°C (στα τρόφιμα συνήθως μέχρι -2°C)
- Μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης: $>100^{\circ}\text{C}$ (θερμές πηγές) στα τρόφιμα συνήθως μέχρι $75-80^{\circ}\text{C}$
- Ταξινόμηση μ/ο με βάση τις θερμοκρασίες ανάπτυξης:
- Ψυχρόφιλα: $0-20^{\circ}\text{C}$, optimum 10°C
- Ψυχρότροφα: $0-30^{\circ}\text{C}$, optimum $20-25^{\circ}\text{C}$
- Μεσόφιλα: $20-45^{\circ}\text{C}$, optimum $30-40^{\circ}\text{C}$
- Θερμόφιλα: $45-80^{\circ}\text{C}$, optimum $55-65^{\circ}\text{C}$

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

Όρια θερμοκρασιών ανάπτυξης μ/ο



 **Figure 6.15 Temperature Ranges for Microbial Growth.** Microorganisms can be placed in different classes based on their temperature ranges for growth. They are ranked in order of increasing growth temperature range as psychrophiles, psychrotrophs, mesophiles, thermophiles, and hyperthermophiles. Representative ranges and optima for these five types are illustrated here.

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

■ Επίδραση θερμοκρασίας στην μικροβιακή ανάπτυξη

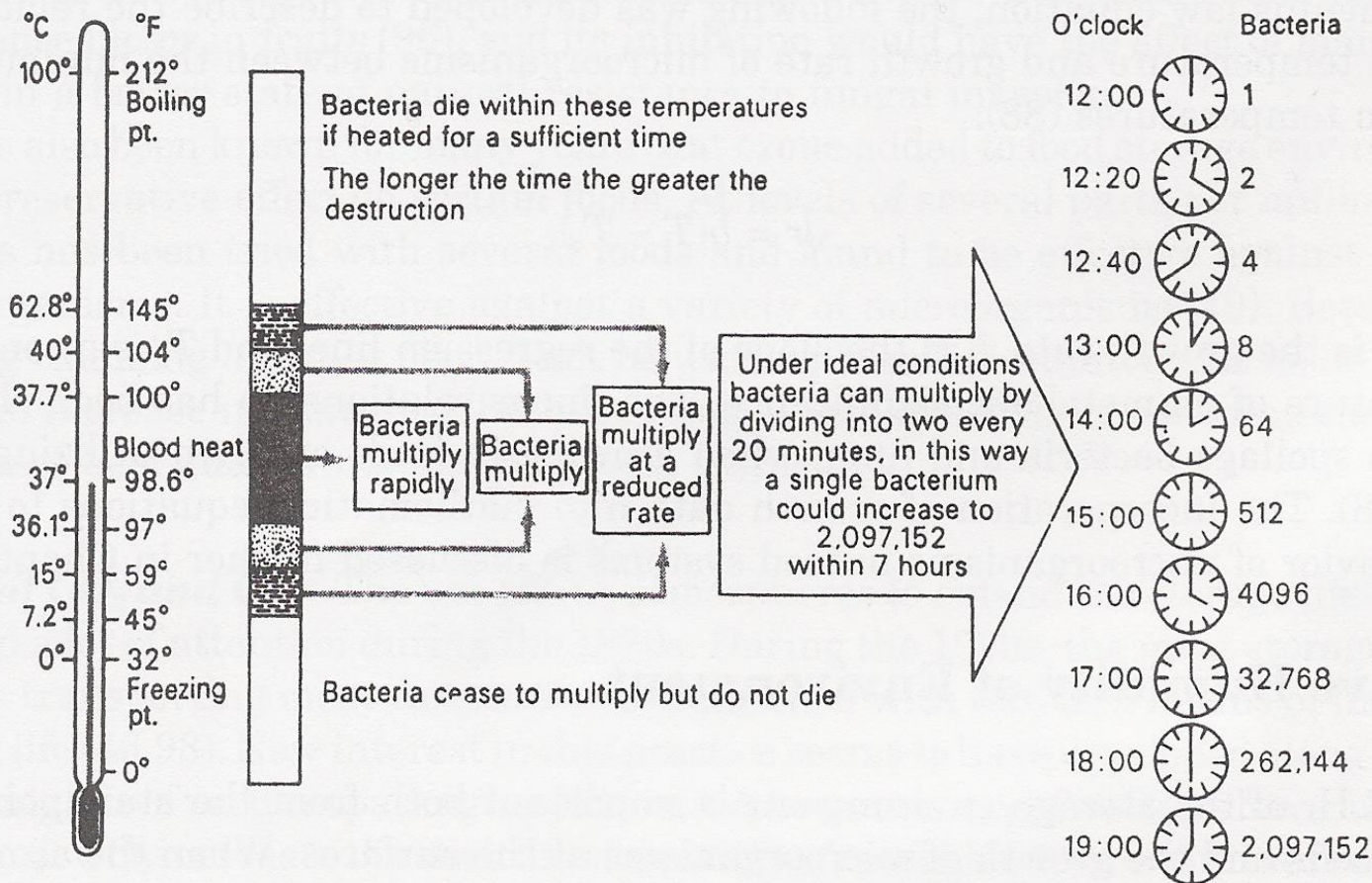


Figure 3.4. Effect of temperature and time on the growth of bacteria. Safe and dangerous temperatures for foodstuffs. From Hobbs (53), reproduced with permission of the publisher.

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

■ Ψυχρότροφα βακτήρια τροφίμων:

Pseudomonas, Enterobacter, Moraxella, Acinetobacter, Alcaligenes, Shewanella, Aeromonas, Brochothrix, Corynebacterium, Flavobacterium, Psychrobacter, Lactobacillus → κύριοι **μικροοργανισμοί αλλοίωσης** κατά την ψύξη; **Ψυχρότροφα παθογόνα**: Yersinia enterocolitica, Listeria monocytogenes, Clostridium type E

■ **Τα περισσότερα βακτήρια είναι μεσόφιλα** → κύριοι στόχοι της παστερίωσης και της ψύξης

■ **Θερμόφιλα βακτήρια**: Clostridium και Bacillus (σπορογόνα)

■ **Θερμοάντοχα βακτήρια (μη σπορογόνα)**: Streptococcus, Enterococcus, Lactobacillus, Micrococcus, Pediococcus,

■ **Οι ζύμες και μύκητες** συνήθως αναπτύσσονται υπό ψύξη και **θανατώνονται με παστερίωση**. Ωστόσο υπάρχουν και **θερμοάντοχοι μύκητες και ζύμες**: Byssochlamys, Talaromyces, Eupenicillium, Neosartorya (πρόβλημα σε παστεριωμένους χυμούς και κονσέρβες φρούτων-όξινων λαχανικών)

■ **Κατά την ψύξη επιβραδύνεται η ανάπτυξη, και πολλές τοξίνες δεν παράγονται** (π.χ. S. aureus toxins)

■ **Σημείωση**: η αλλοίωση στους 10°C (και η πιθανότητα ανάπτυξης κάποιου παθογόνου) είναι περίπου δύο φορές αυξημένη σε σχέση με τους 5°C.

Σημαντικό πρόβλημα: Οικιακά ψυγεία, ψυγεία σουπερμάρκετ !!!

■ **Απαραίτητη η γρήγορη ψύξη μετά από κάθε θερμική επεξεργασία** → αποφυγή ανάπτυξης θερμοφίλων βακτηρίων

■ **Συντήρηση κρεάτων και γαλακτοκομικών σε 0-4°C, φρούτων λαχανικών σε 5-10°C**

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

2. Σχετική υγρασία της ατμόσφαιρας (%RH)

- 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
- **Όμως για το τρόφιμα με υψηλή υγρασία** (φρούτα, λαχανικά, κρέας) η αποθήκευση σε χαμηλή RH επιδρά αρνητικά στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και την οικονομική αξία του προϊόντος !

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

3. Σύνθεση (μίγματος) αερίων σε συσκευασίες κενού/MAP

- Σε μη συσκευασμένα τρόφιμα : 18-21% O_2 , 0-2% CO_2 , ~80% N_2
- Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα αποθήκευσης (CA storage) : για φρούτα-λαχανικά: ~10% CO_2 → επιβραδύνει την αλλοίωση από μύκητες
- Συσκευασία Τροποποιημένης Ατμόσφαιρας (MAP): μίγμα αερίων CO_2 , N_2 (ή/και O_2) → αναστολή αερόβιων μ/ο από το CO_2 , αναερόβιες συνθήκες
- Το CO_2 αναστέλλει κυρίως τα Gram- (αυξάνει τη διαπερατότητα της μεμβράνης τους), αλλά όχι τα γαλακτικά και τα αναερόβια (*Clostridium*)
- Το N_2 δεν προκαλεί αναστολή, αλλά είναι αδρανές και αντικαθιστά τον όγκο του οξυγόνου.
- Το O_2 σε χαμηλή συγκέντρωση (~5%) είναι χρήσιμο για την αναστολή των κλωστρηδίων (καθώς και για τη διατήρηση του χρώματος σε νωπό κρέας)
- Τυπική σύνθεση μίγματος αερίων για νωπό κρέας: 10% CO_2 + 5% O_2 + 85% N_2 ή 20% CO_2 + 80% N_2 → επιμήκυνση διάρκειας ζωής μέχρι και 30 days στους 4°C
- Συσκευασία κενού περιέχει λίγο ή καθόλου αέρα, ανάλογα με το ύψος του κενού (υποπίεση) και τη διαπερατότητα της συσκευασίας σε οξυγόνο
- Μικροχλωρίδα τροφίμων σε συσκευασία vacuum/MAP: *LAB*, *Weissella viridescens*, *Brochothrix thermosphacta*, *Enterococcus*, *Serratia*. Πρόβλημα: τυχόν ανάπτυξη *Clostridium*

Εξωγενείς παράγοντες ανάπτυξης

- Επίδραση κενού/MAP σε κρέας συντηρημένο στους 4°C

Table 3.6. Effect of Storage on the Microflora of Two Meats Held from 48 to 140 Days at 4°C

	Smoked Pork Loins			
	0 Day	Vacuum 48 Days	CO ₂ 48 Days	N ₂ 48 Days
Log APC/g	2.5	7.6	6.9	7.2
pH	5.8	5.8	5.9	5.9
Dominant flora (%)	Flavo (20) Arthro (20) Yeasts (20) Pseudo (11) Coryne (10)	Lactos (52) ^a	Lactos (74) ^b	Lactos (67) ^c
	Frankfurter Sausage			
	0 Day	Vacuum 98 Days	CO ₂ 140 Days	N ₂ 140 Days
Log APC/g	1.7	9.0	2.4	4.8
pH	5.9	5.4	5.6	5.9
Dominant flora (%)	Bac (34) Coryne (34) Flavo (8) Broch (8)	Lactos (38)	Lactos (88) ^d	Lactos (88) ^e

NOTE: Percent flora represented by *Weissella viridescens*: ^a40; ^b72; ^c50; ^d22; ^e35.

Flavo = *Flavobacterium*; Arthro = *Arthrobacter*; Pseudo = *Pseudomonas*; Coryne = *Corynebacterium*; Bac = *Bacillus*; Broch = *Brochothrix*.

SOURCE: Adapted from Ref. 12.

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΟΥΝ ΣΥΝΤΗΡΗΤΙΚΑ

- 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)

Αποτελεσματικότητα δράσης εξαρτάται από

- Συγκέντρωση και διαλυτότητα συντηρητικού
- Είδος μ/ο (πιο ανθεκτικά τα σπόρια βακτηρίων, μυκήτων)
- Πληθυσμό μ/ο
- Φάση ανάπτυξης μ/ο (ευαίσθητη στη φάση λογαριθμικής ανάπτυξης, ανθεκτικοί στη φάση στασιμότητας)
- Το pH και η φυσική κατάσταση του τροφίμου (\downarrow pH \Rightarrow \uparrow δράση, \uparrow υγρασίας \Rightarrow \uparrow δράση)
- Θερμοκρασία τροφίμου και χρόνος δράσης)

Μικροβιολογία Τροφίμων

Ανεπιθύμητες δράσεις

- Μειωμένη διαλυτότητα στα τρόφιμα
- Επικίνδυνα για την υγεία
- Υποβαθμίζουν χρώμα/άρωμα/γεύση
- **Προσοχή:** πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο όταν οι υπόλοιποι μέθοδοι συντήρησης δεν επαρκούν!

Μικροβιολογία Τροφίμων

Αντιμικροβιακό φάσμα οργανικών οξέων

Συντηρητικό	Συγκέντρωση % του αδιάστατου οξέος που απαιτείται				Κύρια χρήση
	ΖΥΜΕΣ	ΜΥΚΗΤΕΣ	ΕΝΤΕΡΟΒΑΚΤ.	ΒΑΚΙΛΛΟΙ	
Οξικό	0.5	0.1	0.05	0.1	Ζύμες βακτήρια σε σάλτες-τουρσί
Βενζοϊκό	0.05	0.1	0.01	0.02	Ζύμες-μύκητες
Κιτρικό	0.005	0.005	0.005	0.005	Δράση, οξίνιση
Εστέρες υδροξυ-βενζοϊκού	0.01-0.1	0.02-0.1	0.1-0.2	0.05-0.2	Ευρύ φάσμα σε ουδετ. Τρόφιμα
Προπιονικό	0.2	0.05	0.05	0.1	Μύκητες σε ψωμί-άλευρα
Σορβικό	0.02	0.04	0.01	0.02	Ευρύ φάσμα δράσης αναστολή τοξίνης Cl. botulinum
Φωσφορικό					Μέσο οξίνισης
Γαλακτικό					Μέσο οξίνισης

Μικροβιολογία Τροφίμων

■ ΝΙΤΡΙΚΑ ΚΑΙ ΝΙΤΡΩΔΗ ΑΛΑΤΑ

- Δραστική αναστολή μ/ο (βλαστικών μορφών) και σπορίων σε θερμαινόμενα ή μη τρόφιμα
- Αναστολή ανάπτυξης και παραγωγής τοξίνης από *Cl. botulinum*
- Ανθεκτικά τα γαλακτικά βακτήρια και οι σταφυλόκοκκοι
- Συνδυασμός με : NaCl, ασκορβικό, pH => αύξηση δραστηριότητας
- Αναγωγή νιτρικών νιτρώδη από *Micrococcus*, ζύμες : $(\text{NO}_3^-) \longrightarrow (\text{NO}_2^-)$
- Μέγιστη συγκέντρωση σε τρόφιμα : NO_2^- 200ppm, NO_3^- 500ppm
- Πρόβλημα : σχηματισμός νιτροζαμινών (καρκινογόνες) με τη θέρμανση



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΣΟΥΛΦΙΔΙΑ

- SO_2 , SO_3 , HSO_3^- , κτλ
- Αναστολή μυκήτων (κυρίως), ζυμών και βακτηρίων σε κρασί, αναψυκτικά, χυμούς, φρούτα, λαχανικά
- Maximum 350 ppm SO_2 σε κρασιά (ΗΠΑ)
- Σταθεροποίηση χρώματος
- Όχι σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα (παραγωγή H_2S => μαύρο χρώμα-ίζημα)
- Προσοχή στη χρήση : διαβρωτικά-ερεθιστικά

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΕΠΟΞΕΙΔΙΑ (Αιθυλενοξειδιο, Προπυλαιοξειδιο)

- Ευρεία αντιμικροβιακή δράση
- Κατάλληλα για προϊόντα ευαίσθητα σε θέρμανση για ξηρά τρόφιμα και υλικά συσκευασίας
- Αέρια μορφή – διεισδυτικότητα
 - τοξικότητα και είναι εύφλεκτα
- Απαραίτητος ο αερισμός (εξάτμιση πριν την κατανάλωση των τροφίμων)

ΟΖΟΝ (O₃)

- Μόνο επιφανειακή δράση – αποστειρ. αέρα
 - (διαλύεται στο H₂O) – αποστειρ. φιαλών
 - αποστειρ. νερού
- Έντονα οξειδωτικό → τάγγισμα, οξίνιση αδράνεια ενζύμων
- Αυξημένη δραστηριότητα σε ↓ pH, ↑T°C, ↓RH ή ↓%H₂O

ΥΠΕΡΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΥΔΡΟΓΟΝΟΥ (H₂O₂)

- Ευρεία αντιμικροβιακή δράση
- Σε υγρό διάλυμα 3-10%, σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις είναι ερεθιστικό και όξινο
- Για αποστείρωση φιαλών, εργαλείων, επιφανειών

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΑΝΤΙΒΙΟΤΙΚΑ

- Ναταμυκίνη : (από το *Streptomyces natalensis*)
μυκοστατική δράση (τυριά, αλλαντικά)
διαλυτότητα σε νερό

ΒΑΚΤΗΡΙΟΣΙΝΕΣ

- Νισίνη : από *Lactococcus lactis*
δρα ενάντια σε Gram⁺ κυρίως (όχι ζυμομύκητες)
ανθεκτική σε θέρμανση – κατάλληλος συνδυασμός χρήση σε
κονσέρβες λαχανικών (pH > 4.6) και μαλακά τυριά, μπύρα και κρασιά
- Κουρβασίνη (curvacin): από *Lactobacillus curvatus*
Δράση ενάντια σε *Listeria monocytogenes* και άλλα Gram⁺ παθογόνα (π.χ.
Clostridium) και αλλοιογόνα (π.χ. *Brochothrix*)
- Πεδιοσίνες (pediocin): Από *Pediococcus acidilactici*, *P. pentosaceus*
Δράση ενάντια σε *Listeria monocytogenes* και άλλα Gram⁺ παθογόνα (π.χ.
Clostridium) και αλλοιογόνα (π.χ. *Brochothrix*)

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΝΤΙΜΙΚΡΟΒΙΑΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ

- Φαινολικές ουσίες, φλαβονοειδή (σε πικρά-στυφά φυτικά προϊόντα-ελιές, στέμφυλα, καφέ, φλοιός φρούτων-λαχανικών)
- Αιθέρια έλαια
- Λοιπά φυτικά εκχυλίσματα
- Ένζυμα (λυσοζύμη, υπεροξειδάση, λακτοφερρίνη, κλπ)

Μέτρια δράση, κατάλληλα για συνδυαστική δράση με άλλες ήπιες αντιμικροβιακές ουσίες (hurdle technology)

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΣΥΝΤΗΡΟΥΝΤΑΙ ΜΕ ΨΥΞΗ/ΚΑΤΑΨΥΞΗ

- Ψύξη => επιβράδυνση μεταβολισμού => παράταση συντήρησης μέσω της μείωσης ρυθμού ανάπτυξης μ/ο και δράσης ενζύμων
- Κατάψυξη => αδρανοποίηση μικροοργανισμών (όχι ενζύμων), τραυματισμός κυττάρων, μεταβολή υφής τροφίμων
- Ψυχρόφιλοι μ/ο : ανάπτυξη σε (-2) έως 20°C (εξαιρέσεις : βακτ. -20°C, 12°C, μυκητ. -12°C, ζύμες -18°C, -34°C)
- Ψυχρότροφοι μ/ο : ανάπτυξη 0-7°C

Ψυχροτροφοί μύκητες (μούχλες)	Ψυχρότροφες ζύμες
Penicillium	Debaryomyces
Mucor	Candida
Cladosporium	Rhodotorula
Botrytis	
Geotrichum	

Ψυχρότροφα Gram ⁻	Ψυχρότροφα Gram ⁺
Pseudomonas	Brochothrix
Shewanalla	Carnobacterium
Vibrio	Enterococcus
Acinetobacter	Bacillus
Aeromonas	Clostridium
Alteromonas	Lactococcus
Enterobacter	Lactobacillus
Erwinia	Listeria
Flavobacterium	Micrococcus
Moraxella	Vagococcus
Psychrobacter	
Serratia	

Μικροβιολογία Τροφίμων

Παράγοντες που επηρεάζουν την ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης

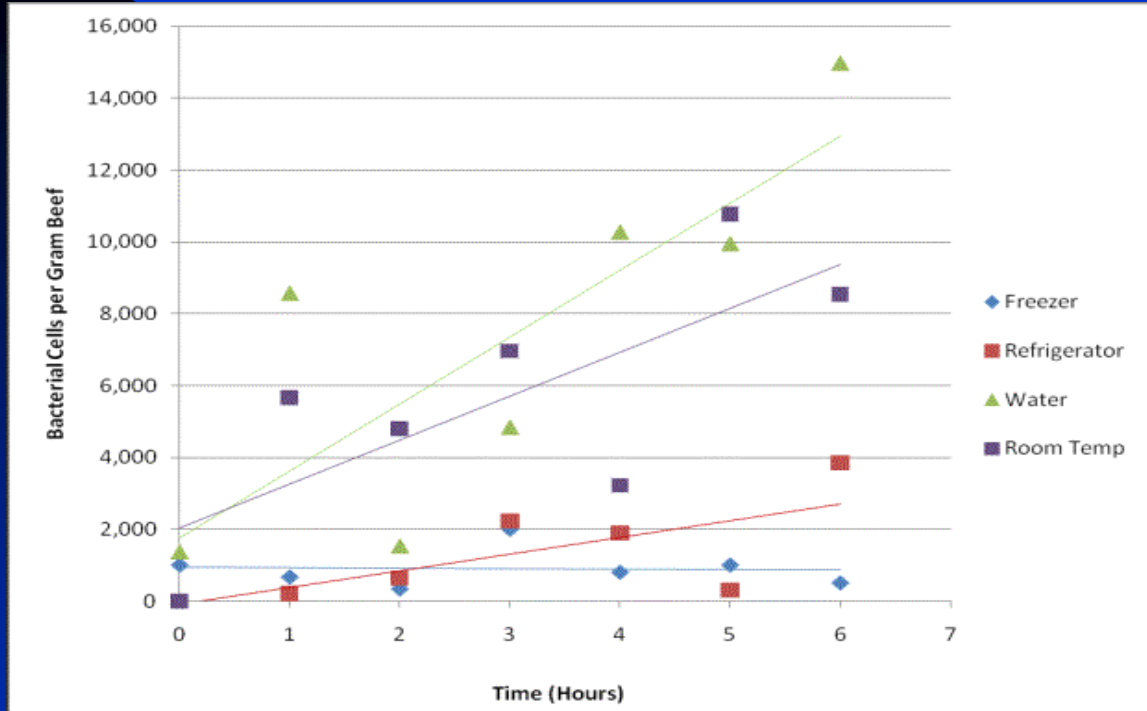
- Διαθέσιμα θρεπτικά συστατικά (έλλειψη θρεπτικών ουσιών αυξάνει την ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης)
- aw: μείωση aw αυξάνει την ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης).
Εξαίρεση : αλόφιλοι μ/ο)
- pH: μείωση pH αυξάνει την ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης
- Φυσιολογική κατάσταση των κυττάρων (ανάλογα με το αν είναι σε φάση ανάπτυξης ή στασιμότητας, τραυματισμένα ή όχι, αν υπάρχει συνδυασμός με θέρμανση/ακτινοβολία)

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΨΥΞΗΣ ΣΕ Μ/Ο

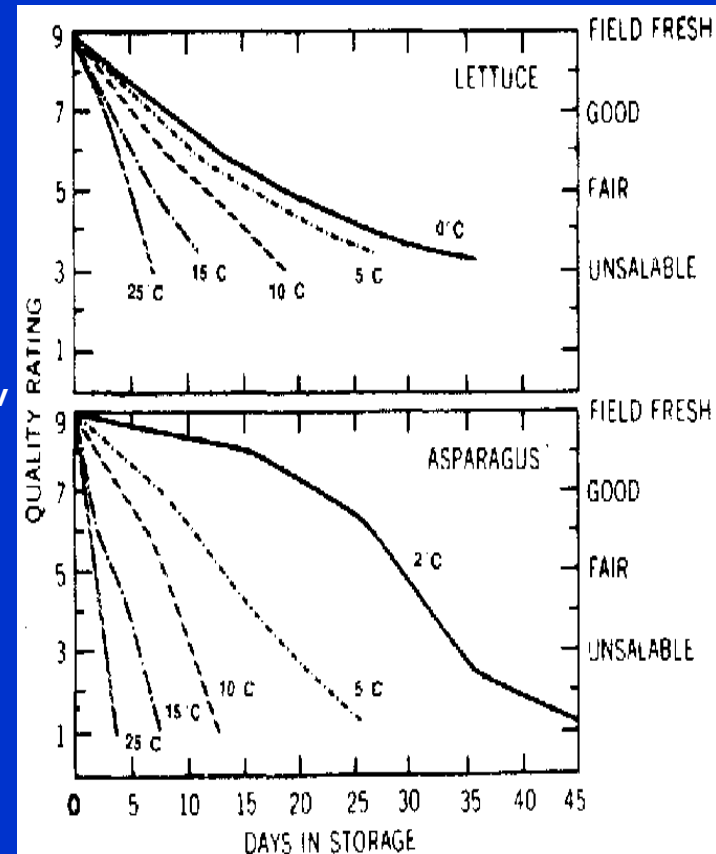
- επιβράδυνση ή και αναστολή μεταβολισμού, άρα επιμήκυνση περιόδου προσαρμογής (τείνει στο ∞)
- Υπό συνθήκες ψύξης : μεγαλύτερη αναλογία ψυχρότροφων μ/ο στις ψυχρές χώρες (αλλά και χαμηλότερη ΟΜΧ)

Μικροβιολογία Τροφίμων

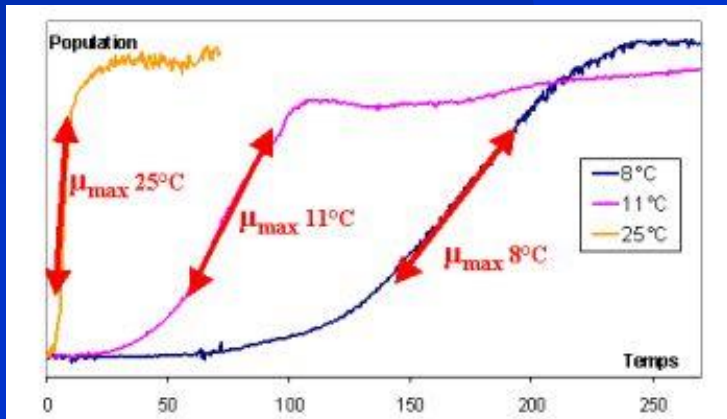
Ανάπτυξη αερόβιων βακτηρίων (OMX) σε βοδινό κρέας υπό διαφορετικές θερμοκρασίες απόψυξης



Επίδραση θερμοκρασίας στη συντήρηση λαχανικών



Επίδραση θερμοκρασίας στο ρυθμό ανάπτυξης μεσόφιλων μικροοργανισμών



Μικροβιολογία Τροφίμων

Ελάχιστες βέλτιστες και μέγιστες θερμοκρασίες ανάπτυξης παθογόνων βακτηρίων

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).

Μικροβιολογία Τροφίμων

Μεταβολή του χρόνου γενεάς ανάλογα με τη θερμοκρασία ανάπτυξης

Table 1 Generation times of psychrotrophic *Pseudomonas* species during growth in food. Adapted from Snyder (1996).

Temperature		Generation time (h)	Food
°C	°F		
0	32	26.6	Dairy product
0	32	30.2	Fish
2.5	36.5	7.7	Dairy product
2.5	36.5	8.0	Chicken
2.5	36.5	13.8	Meat
4.5	40	11.7	Dairy product
4.5	40	6.7	Fish
4.5	40	5.0	Dairy product
10	50	5.4	Dairy product
10	50	2.6	Dairy product
10	50	2.7	Chicken
10	50	1.9	Fish

Μικροοργανικοί δείκτες σε τρόφιμα υπό ψύξη

E. Coli	8 έως 10
Klebsiella sp., Enterobacter sp.	0
Enterococcus faecalis	0

Μικροβιολογία Τροφίμων

Επίδραση κατάψυξης ανάπτυξη μικροβίων

- Πάγωμα νερού, διόγκωση κυττάρων και έντονος τραυματισμός κυττάρων (κάποια κύτταρα πεθαίνουν)
- Σταματάει εντελώς ο μεταβολισμός σε θερμοκρασίες $< -5^{\circ}\text{C}$
- Μειώνεται σημαντικά η ενεργότητα νερού (οσμωτικό σοκ)
- Ψυχρότροφα παθογόνα που αναπτύσσονται στους -2 έως 0°C : *Yersinia enterocolytica*, *Listeria monocytogenes*

During freezing

- **The freezing point being lower than that of pure water**
- **unfrozen water increases**
- **microbial growth is possible**
- **Further more freezing reduced water activity.**
- **No microbial growth is possible**

Temperature (°C)	a_w
0	1
-5	0.953
-10	0.907
-15	0.864
-20	0.823
-40	0.68

Μικροβιολογία Τροφίμων

Συντήρηση τροφίμων υπό κατάψυξη (-20°C): δεν υπάρχει μικροβιολογική αλλοίωση, παρά μόνο ενζυμική (λιπόλυση, πρωτεόλυση, οξειδωση χρώματος)

Βαθεία κατάψυξη (-40 έως -80°C): δεν υπάρχει ενζυμική δράση, ούτε αλλοίωση του DNA (καλύτερη μέθοδος για συντήρηση μικροοργανισμών)

Ρυθμός κατάψυξης: πολύ αργός ρυθμός (<1°/min) τραυματίζει/θανατώνει περισσότερα κύτταρα (δημιουργία μεγάλων παγοκρυστάλλων εξωκυτταρικά και μεγάλος χρόνος έκθεσης σε υψηλή οσμωτική πίεση) απ'ότι ο ταχύς ρυθμός κατάψυξης (5-10°/min)

Κρυοπροστατευτικές ουσίες που βοηθούν την επιβίωση μικροοργανισμών στην κατάψυξη:

- γλυκερόλη,
- γλουταμινικό νάτριο
- σακχαρόζη, σορβιτόλη, δεξτράνες

Freezer Storage Chart (0 °F)

Note: Freezer storage is for quality only. Frozen foods remain safe indefinitely.








Item	Months
Bacon and Sausage	1 to 2
Casseroles	2 to 3
Egg whites or egg substitutes	12
Frozen Dinners and Entrees	3 to 4
Gravy, meat or poultry	2 to 3
Ham, Hotdogs and Lunchmeats	1 to 2
Meat, uncooked roasts	4 to 12
Meat, uncooked steaks or chops	4 to 12
Meat, uncooked ground	3 to 4
Meat, cooked	2 to 3
Poultry, uncooked whole	12
Poultry, uncooked parts	9
Poultry, uncooked giblets	3 to 4
Poultry, cooked	4
Soups and Stews	2 to 3
Wild game, uncooked	8 to 12

Μικροβιολογία Τροφίμων

Διάρκεια συντήρησης τροφίμων υπό κατάψυξη

FROZEN IN TIME

All frozen foods are safe forever. For best quality, use oldest packages first. These maximum recommended storage times are for best flavor and texture:

	1 MONTH	2 MONTHS	3 MONTHS	4 MONTHS	6 MONTHS	8 MONTHS	12 MONTHS
Meats		Smoked or cured (bacon, ham, hot dogs, lunch meats, sausage)	Cooked meats	Ground meats and burger patties			Beef, lamb, pork and veal (chops, roasts and steaks)
Seafood			Fatty fish, such as bluefish, mackerel, salmon and tuna Cooked fish, shellfish and frozen breaded fish		Shellfish, such as crab meat, clams, crayfish, lobster, mussels, oysters, shrimp, scallops and squid	Lean fish, such as cod, flounder, haddock, halibut, perch and sole	
Poultry		Chicken and turkey, lunch meats, paté		Ground poultry, patties and giblets: cooked poultry and convenience meals, fried chicken and rotisserie chicken			Chicken, turkey, duck and goose (whole or parts)
Convenience foods			TV dinners, entrees and pizza Casseroles (lasagna, chili, meat sauces, etc.) Cooked leftovers				
Vegetables and fruit	Bananas, grapes, melon	Tofu		Berries, cherries	Vegetables		Soy meat substitutes, soy hot dogs, tempeh
Dairy			Milk and buttermilk	Shredded cheese Ice cream and sherbet			Butter and margarine
Bakery items		Pies (pumpkin, pecan) and quiche	Cakes, cheesecakes, bread, rolls, bagels and tortillas			Pies (fruit and mincemeat)	Cookies (baked), purchased or homemade; cookie dough

BETTER NOT FREEZE

Just because you can put any food in the freezer doesn't mean you should. Some foods don't freeze well and will have compromised quality when defrosted.

Results of freezing

- **Cheese in blocks** Crumbles
- **Cottage cheese** Separates, becomes mushy
- **Cream pies** Custard becomes watery, crust gets soggy
- **Custards** Watery
- **Eggs:**
 - Cooked eggs Become rubbery
 - Cooked egg whites Crumble
 - Raw yolks Become gummy
- **Gravy** Fat separates; whisk when reheating
- **Lettuce, green onions, tomatoes** Become watery and limp
- **Mayonnaise, milk, milk sauces, sour cream, yogurt** Some separation occurs
- **Potatoes, raw** Texture changes, may darken

Μικροβιολογία Τροφίμων

Συντήρηση τροφίμων με θερμικές επεξεργασίες

A. Παστερίωση: σκοτώνει τα μη σπορογόνα παθογόνα βακτήρια, και τα ψυχρόφιλα, ψυχρότροφα και τα περισσότερα μεσόφιλα βακτήρια, καθώς και ζύμες, μύκητες, ιούς παράσιτα.

Προσοχή: δεν σκοτώνει θερμοφιλα (π.χ. *Streptococcus thermophilus*) και σπορογόνα (*Bacillus*, *Clostridium*)

- Χαμηλή παστερίωση: 65x20' (βραδεία) ή 72 °C x 15'' (ταχεία) για γάλα ή 70-72 °C x 2' (για αλλαντικά),
- Υψηλή παστερίωση: 115-135°C x 1-15'' (UHT γάλα)

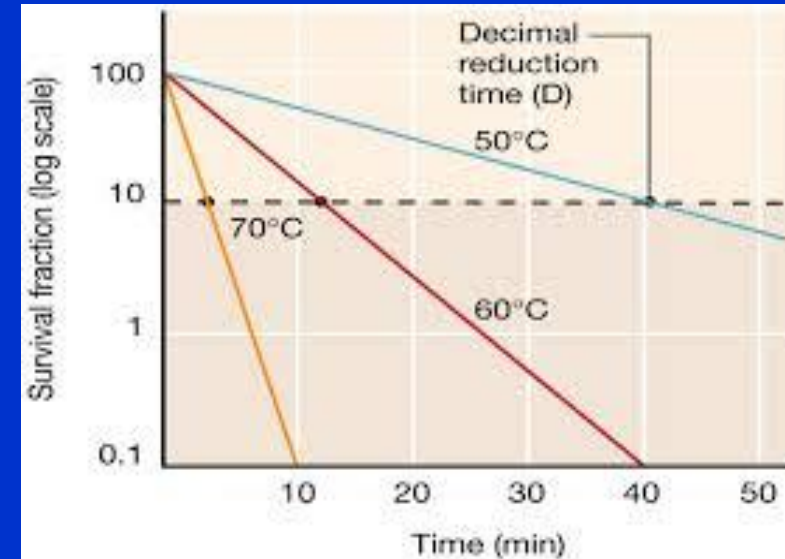
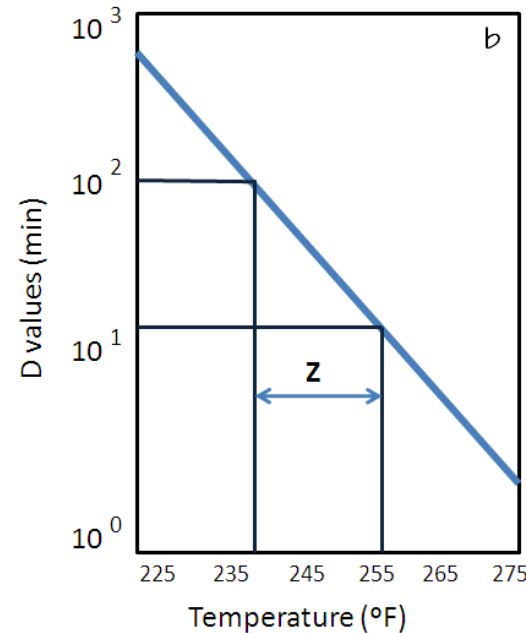
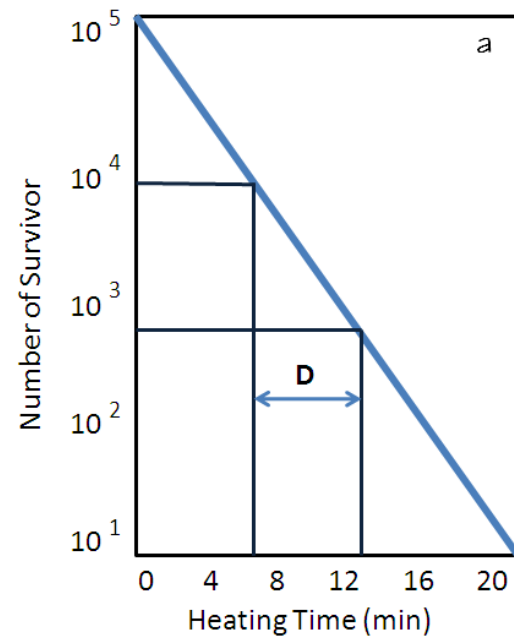
B. Αποστείρωση (121°C x 15') ή ισοδύναμη μείωση κατά 12D στα σπόρια του *C. botulinum*

Γ. Blanching (ζεμάτισμα): 55-65°C για λίγα λεπτά (αδρανοποίηση ενζύμων σε μαλακά/φυλλώδη λαχανικά πριν την κατάψυξη)

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- Θέρμανση κυττάρων μ/ο \Rightarrow αποικοδόμηση πρωτεϊνών, DNA, RNA και αδρανοποίηση ενζύμων \Rightarrow θάνατος μ
- Καμπύλες καταστροφής μ/ών: D values, Z values

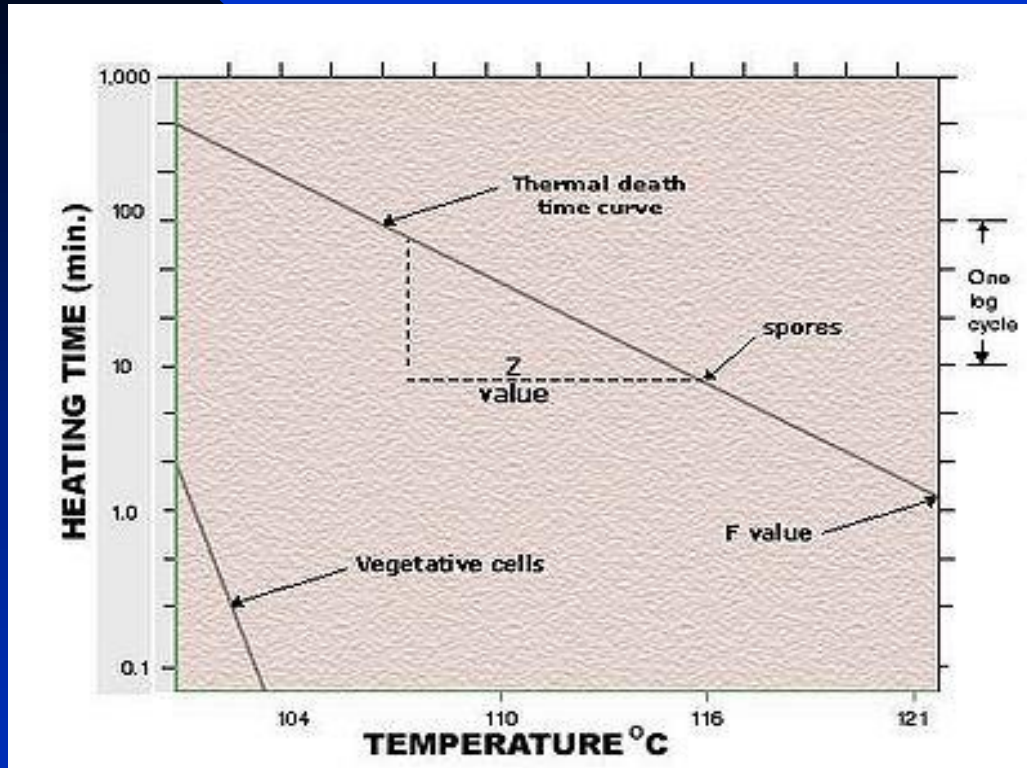


- **Τιμή D:** χρόνος θερμικής επεξεργασία που χρειάζεται για να πετύχουμε μείωση κατά 1log (υποδεκαπλασιασμός) στον πληθυσμό μ/ών σε μια συγκεκριμένη θ $^{\circ}$ C. **Υψηλό D \Rightarrow υψηλή θερμοαντοχή**
- **Τιμή Z:** η θερμοκρασιακή διαφορά (αύξηση/μείωση θερμοκρασίας) που χρειάζεται για να αλλάξει κατά 10 φορές (να μειωθεί ή να αυξηθεί αντίστοιχα) η τιμή D. **Υψηλό Z \Rightarrow χαμηλή θερμοαντοχή**

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- D values, Z values, F values



- Τιμή F: ο χρόνος που χρειάζεται ώστε να μειωθεί ο αρχικός πληθυσμός μικροβίων κατά ένα ποσό σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία και εξαρτάται από την ρυθμό θανάτωσης (Lethal rate vs processing time)
- Ρυθμός θανάτωσης (lethal rate) = Lethal rate = $10^{(T-Tr)/z}$
- Υπολογισμός F values: <http://www.dairyscience.info/lethalcomp.aspx>

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- Παράγοντες που επηρεάζουν την θερμοανθεκτικότητα μ/ο
- Χρόνος και θερμοκρασία θέρμανσης
- Αριθμός μ/ο, συσσωματώματα (υψηλός αριθμός ή συσσωμάτωμα \Rightarrow μεγαλύτερη θερμοανθεκτικότητα)
- Είδος μ/ο (ψυχρόφιλα < ψυχρότροφα < μεσόφιλα < θερμόφιλα < σπόρια)

ζύμες	μύκητες	ιοί
50-60°C x 10-15'	60°C x 5-10'	60-70°C
- Μορφολογία (κόκκοι-ραβδιά)
- Φάση ανάπτυξης (ευαίσθητα κατά τη φάση log phase)
- pH (εφαρμογή σε όξινα τρόφιμα που απαιτούν χαμηλότερη θέρμανση), (οργανικά οξέα πιο αποτελεσματικά)
- aw (χαμηλή aw \Rightarrow υψηλή επιβίωση)
- Σύνθεση προϊόντος: σάκχαρα, λίπη, πρωτεΐνες \Rightarrow αυξάνουν την θερμοαντοχή
- Προσθήκη συντηρητικών (νιτρωδών) και νισίνης προκαλούν αναστολή σπορίων
- Πάχος και σχήμα τροφίμου και είδος θέρμανσης
- Υλικό συσκευασίας
- Ρόλος ασβεστίου στα σπόρια (αυξάνει θερμοαντοχή)
- Θερμοκρασία επώασης τροφίμων

Μικροβιολογία Τροφίμων

D-τιμές διαφόρων
μικροοργανισμών (Banwart,
1981)

Μικροοργανισμός	Υπόστρωμα	Θερμοκρασία (°C)	D-τιμή (min)
Βλαστικά κύτταρα			
Salmomnella senftenberg 775W	Κρέμα	60	11.3
	κοτόπουλο με σάλτσα	60	9.6
Salmonella manhattan	Κρέμα	60	2.4
	κοτόπουλο με σάλτσα	60	0.4
Staphylococcus aureus	Κρέμα	60	7.7-7.8
	κοτόπουλο με σάλτσα	60	5.2-5.4
Escherichia coli	Νωπό γάλα	57.3	1.3
	Μίγμα παγωτού	57.3	5.1
Σπόρια			
Aspergillus flavus	Φωσφορικό	50	16.2
	ρυθμιστικό διάλυμα pH 7.0	55	3.1
Clostridium botulinum τύπος A	Φωσφορικό ρυθμιστικό διάλυμα pH 7.0	104.4	17.6
		110.0	4.4
		115.6	1.3
		121	0.2-0.4
		104.4	6.0
	Χυμός τομάτας pH 4.2	110.0	1.6
		115.6	0.4
		110.0	0.7
		70.0	29.3-37.5
		80.0	0.4-3.3
Clostridium botulinum τύπος B	φωσφορικό ρυθμιστικό διάλυμα pH 7.0	115.0	17.5-18.3
		115.0	11.3-12.7
		115.0	9.2-11.3
		115.0	4.2
		115.0	4.2
Bacillus stearothermophilus	Νερό	115.0	17.5-18.3
	4% NaCl	115.0	11.3-12.7
	ρυθμιστικό διάλυμα pH 7.0	115.0	9.2-11.3
	ρυθμιστικό διάλυμα pH 7.0	115.0	4.2

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

- Εμπορική αποστείρωση (πλήρης αποστείρωση): Καταστροφή παθογόνων και θερμοφίλων, Καταστροφή σπορίων
- Για αναστολή ανάπτυξης κατά την συντήρηση: χαμηλό pH, $\theta^{\circ}\text{C}$, υγρασία, αποφυγή διαρροών, πλύσιμο φρούτων-λαχανικών πριν την κονσερβοποίηση

A) Χαμηλής οξύτητας κονσερβοποιημένα τρόφιμα ($\text{pH}>4.6$) \implies Επεξεργασία 12-D για *Cl. botulinum*
(εξαίρεση προϊόντα με συντηρητικά ή με χαμηλή a_w)

Αλλοιώσεις: σπόρια, *Bacillus*, *Clostridium*, μη σπορογόνα

B) Όξινα κονσερβοποιημένα τρόφιμα ($\text{pH}<4,6$) \implies $85-95^{\circ}\text{C}$ για 15-30'

Καταστροφή ζυμών-μυκήτων, αναστολή σπορίων και θερμόφιλων μ/ο (λόγω όξινου pH)

Αλλοιώσεις: σπόρια, *Bacillus*, *Clostridium*, ζύμες-μύκητες

- Αερόβια σπορογόνα βακτήρια
- *Bacillus stearothermophilus* \implies επίπεδη οξίνιση
- *B. coagulans*, *B. circulans* \implies επίπεδη οξίνιση
- *B. cereus*, *B. subtilis* \implies δυσάρεστες οσμές (πρωτεόλυση) + αποχρωματισμός + μαλακή υφή (πρωτεόλυση)
- *B. polymyxa*, *B. macerans* \implies αέριο διόγκωση
- Αναερόβια σπορογόνα
- *Cl. Thermosaccharolyticum* (σακχαρόλυση), *Cl. butyricum*, *Cl. perfringens* \implies CO_2 (διόγκωση), H_2 , βουτυρικό
- *Cl. sporogenes*, *Cl. bifermentans*, *Cl. pasterianum*, *Cl. botulinum* \implies πρωτεολυτικά [H_2S (διόγκωση), NH_3 , ινδόλιο]
- *Desulfotomaculum nigrificans* (θερμοευαίσθητο) \implies σακχαρόλυση, πρωτεόλυση \implies διόγκωση
- Μη σπορογόνα θερμοάντοχα: (*Enterococcus* \implies οξίνιση, *Micrococcus*, *Enterobacteriaceae* \implies αέριο)
(Ζύμες-μύκητες: οξίνιση-διόγκωση: *Turulopsis Aspergillus*)
- Θερμοανθεκτικά ένζυμα από : *Byssochamys* (πηκτινολυτικά), *Rhizopus*, *Mucor*

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Στάδια κονσερβοποίησης

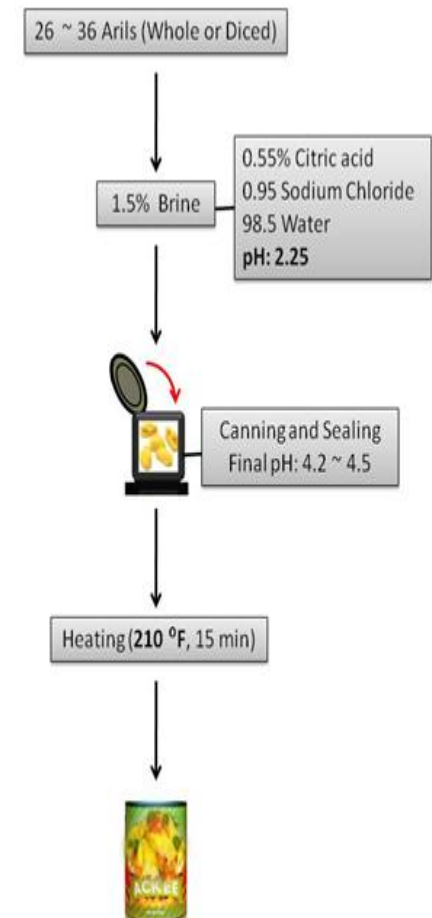
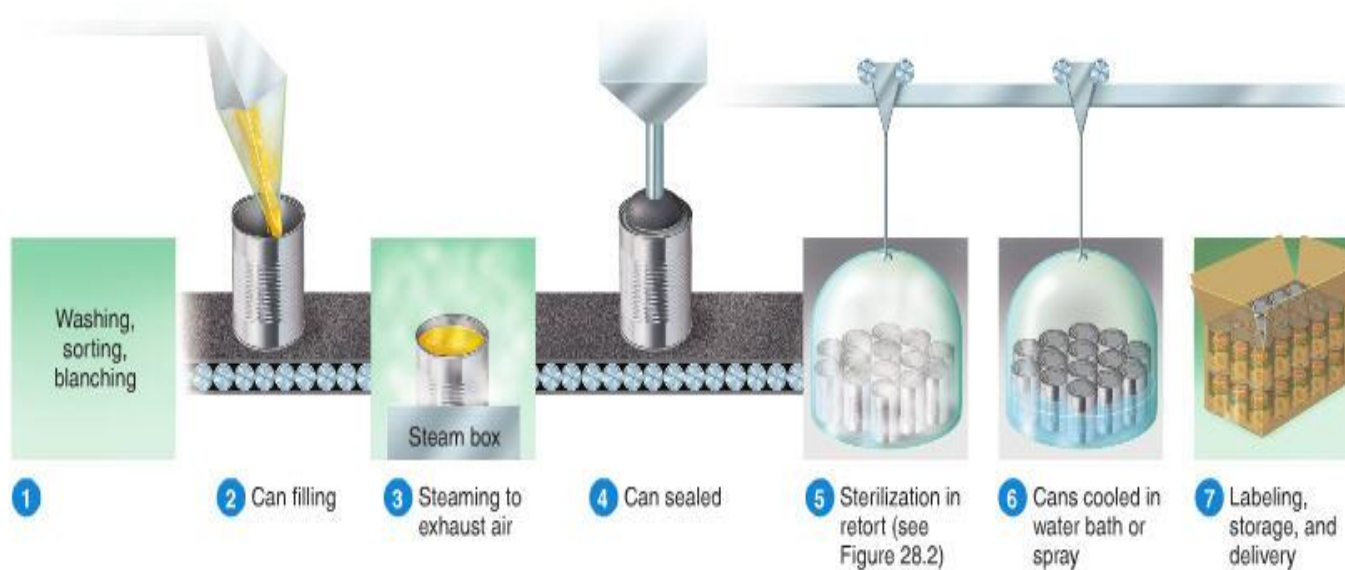


Figure 28.1 The commercial sterilization process in industrial canning. **1** Blanching is a treatment with hot water or steam intended to soften the product so the can will fill better. It also destroys enzymes that might alter the color, flavor, or texture of the product and lower the microbial population. **2** Cans are filled to capacity, leaving as little dead space as possible. **3** To exhaust (drive out) most dissolved air, cans are

heated in a steam box. **4** The cans are sealed. **5** Cans are sterilized by steam under pressure. **6** Cans are cooled by submerging them or spraying them with water. **7** Cans are labeled for sale.

Q How does commercial sterilization differ from complete sterilization?

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΚΟΝΣΕΡΒΟΠΟΙΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Αλλοιώσεις κονσερβοποιημένων τροφίμων

Canned food	Products	Type of spoilage	Organism	Signs of spoilage	
				In the can	In the canned food
Corn, peas, spinach, asparagus	Low and medium acid products; pH above 4-6	Flat sour spoilage	<i>Bacillus steavo-thermophilus</i>	Possible loss of vacuum	Lowered pH; sour, slightly abnormal odour, etc.
		Thermophilic anaerobic	<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	Can swells, may burst	Fermented, sour cheesy, or butyric odour
		Sulfide spoilage	<i>Clostridium nigricans</i>	Can flat	Usually blackened, 'rotten egg' odour
		Putrefaction	<i>Clostridium sporogenes</i>	Can swells; may burst	Typical putrid odour; pH slightly above normal; may be toxic
Tomato juice, fruits, fruit juices	Acid products; pH below 4.6	Flat sour	<i>Bacillus thermoacidurans</i>	Little change in vacuum	Slight pH change; off flavour and odour
		Butyric anaerobes	<i>Clostridium butyricum</i>	Can swells; may burst	Fermented, butyric odour
			Mostly lactic acid type of bacteria	Can swells; may burst	Acid odour
			Yeasts	Can swells; may burst	Fermented, yeasty odour
			Molds	Can flat	Surface growth, musty odour

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

D-τιμές στην
ακτινοβολία ιονισμού
ορισμένων μικροοργανισμών

Μικροοργανισμός	D-τιμή (kGy)
Βακτήρια	
Σπόρια	
<i>Clostridium botulinum</i> τύπου A	2.79
<i>Clostridium botulinum</i> τύπου B	2.38
<i>Clostridium botulinum</i> τύπου E	1.1-1.7
<i>Clostridium butyricum</i>	1.5
<i>Clostridium perfringens</i> τύπου A	1.2
<i>Clostridium sporogenes</i>	2.2
Βλαστικά κύτταρα	
<i>Clostridium botulinum</i> τύπου E	0,8
<i>Escherichia coli</i>	0,2
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,42-0,55
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,13
<i>Salmonella typhimurium</i>	0,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,16
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,19
Τοξίνες	
<i>Clostridium botulinum</i> τύπου A	36.08
<i>Staphylococcus aureus</i> εντεροτοξίνη A	61.18
Μύκητες	
<i>Aspergillus flavus</i>	0.66
<i>Penicillium citrinum</i>	0.88
Ζύμες	
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0,36
Ιοί	
Ιός Coxsackie	4,1-5,0
Αδενοϊός	4,1-4,9

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

A. ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

- Μηχανισμός δράσης: θερμική μετουσίωση πρωτεϊνών, νουκλεοτιδίων, μέσω της θέρμανσης μορίων νερού
- Προβλήματα ανομοιογενούς δράσης (ανάλογα με συγκέντρωση σε υγρασία, λίπος, αλάτι, σχήμα)
- Ευαίσθητα: ζύμες-μύκητες
- Ανθεκτικά: βακτήρια (ιδίως τα σπόρια)
- Εφαρμογές: τσιπς, ψωμί, μπύρα
- Μειονέκτημα: προκαλούν θέρμανση των τροφίμων

B. ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΙΟΝΙΣΜΟΥ [ακτίνες - γ , -X, - β (e^-)]

- Ακτίνες γ (ραδιενεργά ισότοπα Co, Cs): υψηλή διείσδυση, κίνδυνος ραδιενέργειας για χειριστές μηχανημάτων, ανάγκη αντικατάστασης
- Ακτίνες ηλεκτρονίων: χαμηλή διείσδυση, υψηλή ασφάλεια
- Για ψυχρή παστερίωση: 1-10 kGy
Για ψυχρή αποστείρωση: 10-100 kGy
- Ευαίσθητα: βλαστικά κύτταρα βακτηριών, ζυμών, μυκήτων
- Ανθεκτικά: σπόρια, τοξίνες, ιοί (υψηλή τιμή D)
- Μειωμένο O_2 και $H_2O \Rightarrow$ αύξηση ανθεκτικότητας μ/ο

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ ΙΟΝΙΣΜΟΥ [ακτίνες - γ , - X , - β (e^-)]

“Low” doses, < 1 kGy

- ✓ Control insects in grains and fruits
- ✓ Inhibit sprouting in tubers
- ✓ Delay the ripening of some fruits/vegetables
- ✓ Reduce the problems of parasites in products of animal origin, (e.g., *trichinella spiralis* in pork)

“Medium” doses, (1-10 kGy)

- ✓ Control *Salmonella*, *Shigella*, *Campylobacter*, *Yersinia*, *Listeria* and *E. coli* in meat, poultry, and fish
- ✓ Delay mold growth on strawberries and other fruits

“High” doses, (> than 10 kGy)

- ✓ Kill microorganisms and insects in spices
- ✓ Commercially sterilize foods, destroying all microorganisms of public health concern (i.e., special diets for people with weakened immune systems)

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

What Foods Can Be Irradiated?

Approval Year	Food	Dose (kGy)	Purpose
1963	Wheat Flour	0.2-0.5	Control of mold
1964	White Potatoes	0.05-0.15	Inhibit sprouting
1986	Pork	0.3-1.0	Kill <i>Trichina</i> parasite
1986	Fruit and Vegetables	1.0	•Insect Control •Increase Shelf Life
1986	Herbs and Spices	30	Sterilization
1990 _(FDA) 1992 _(USDA)	Poultry	3 _(FDA) 1.5-3 _(USDA)	Bacterial pathogen reduction
1997 _(FDA) 1999 _(USDA)	Meat	4.5	

Table 1 Applications of Ionizing Radiation Accepted in the U.S. by the Food and Drug Administration.

Product	Dose (kGy)	Purpose	Date
Wheat, wheat flour	0.2 - 0.5	Insect disinfestation	1963
White potatoes	0.05 - 0.15	Sprout inhibition	1964
Pork	0.3 - 1	<i>Trichinella spiralis</i> Control	7/22/85
Enzymes (dehydrated)	10 max.	Microbial Control	4/18/86
Fruit	1 max.	Disinfestation, Ripening Delay	4/18/86
Vegetables, fresh	1 max.	Disinfestation	4/18/86
Herbs	30 max.	Microbial Control	4/18/86
Spices	30 max.	Microbial Control	4/18/86
Vegetable Seasonings	30 max.	Microbial Control	4/18/86
Poultry, fresh or frozen	3 max.	Microbial Control	5/2/90
Meat, frozen, packaged ^a	44 min.	Sterilization	3/8/95
Animal Feed and Pet Food	2 - 25	<i>Salmonella</i> Control	9/28/95
Meat, uncooked, chilled	4.5 max.	Microbial Control	12/2/97
Meat, uncooked, frozen	7.0 max.	Microbial Control	12/2/97

^a For meats used solely in the National Aeronautics and Space Administration space flight programs.



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ/ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

PROS

vs.

CONS

Economical + Social:
Longer shelf life.

Health: Decreases the chance of spreading food-borne diseases - especially for those with immunodeficiency.

Health + Economical + Environmental: Less need for pesticides and preservatives.

Health: Masks spoiled food.

Economical + Social + Environmental: Risk of accidents in irradiation facilities.

Economical: Expensive machinery and maintenance.

Social: Still developing.

Health:
Changes nutritional composition.

Health:
Makes food radioactive and/or toxic.

Health:
Increases level of carcinogens.

Table 2 Information Required by the U.S. Food and Drug Administration To Establish the Safety of Irradiated Food

Considerations	Question(s)
Radiological Safety	Will radioactivity be induced in the food?
Toxicological Safety	Is there evidence of adverse toxicological effects that can be attributed to toxic substances produced by irradiating the food? What should be tested? What tests provide useful information?
Microbiological Safety	Can irradiation mutate microorganisms, producing more virulent pathogens? Will irradiation reduce the numbers of spoilage microorganisms, allowing pathogens to grow undetected without competition?
Nutritional Adequacy	Does irradiation under the proposed conditions of use result in a significant loss of any nutrient in the food? Is the food proposed for irradiation an important dietary source of the affected nutrient?

From Pauli and Tarantino (1995)

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΔΟΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Table 1—D₁₀ values for specific pathogens on meat and egg products. Adapted from Molins (2001).

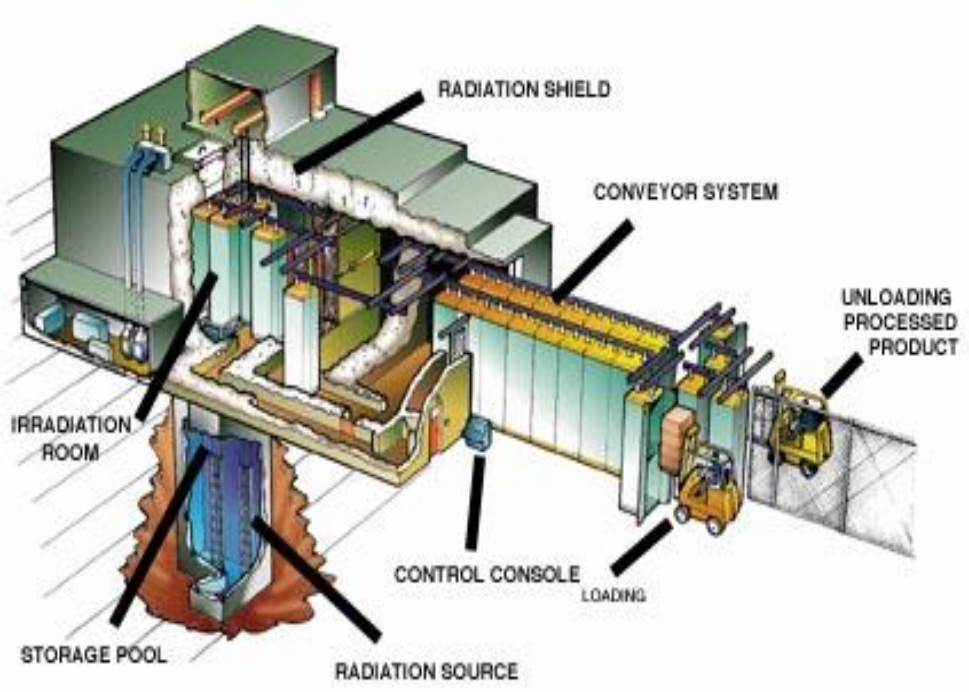
Target organism	Temperature (°C)	Product	D ₁₀ value (kGy)	Reference
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	Turkey breast meat	0.45	Thayer et al. (1995)
<i>Campylobacter jejuni</i>	30	Ground turkey	0.16	Lambert and Maxcy (1984)
	5		0.19	
	-30		0.29	
<i>Salmonella</i> Heidelberg	0	Poultry (air packed)	0.24	Licciardello et al. (1970)
	0	Poultry (vacuum packed)	0.39	
<i>Salmonella</i> Enteritidis	5	Egg powder	0.6	Matic et al. (1990)
	3	Ground beef	0.55–0.78	Tarkowski et al. (1984)
<i>Salmonella</i> spp.	5	Turkey breast meat	0.71	Thayer et al. (1995)
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	Beef	0.45	
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	5	Ground beef patties	0.27–0.38	Lopez-Gonzales et al. (1999)

Dose level	Purpose	Product examples
Low dose (up to 1 kGy)	Kill parasites	Trichinae in pork
	Kill insects and larvae after harvest	Fruits, vegetables, wheat, flour
	Inhibit sprouting	Potatoes, garlic, onions
	Slow ripening	Non-citrus fruits and vegetables
Medium dose (1–10 kGy)	Pasteurization to eliminate spoilage organisms	Strawberries, grapes
	Pasteurization to eliminate food borne illness causing microbes	Fresh or frozen seafood, poultry (3 kGy) and meat (3.5 kGy, fresh; 7.0 kGy, frozen)
High dose (10–50 kGy)	Sterilize food for immunocompromised people	Pathogen-free hospital foods
	Eliminate some viruses. Decontaminate some food additives and ingredients	Spices (10 kGy), enzyme preparations (10 kGy), gums, aromatic substances (30 kGy)

Source: Food safety and inspection service. 1999. irradiation of meat food products. Federal register. 64. (264) 72150-72166. 9 CFR Parts 381 and 424. Docket No. 97-076F.

Μικροβιολογία Τροφίμων

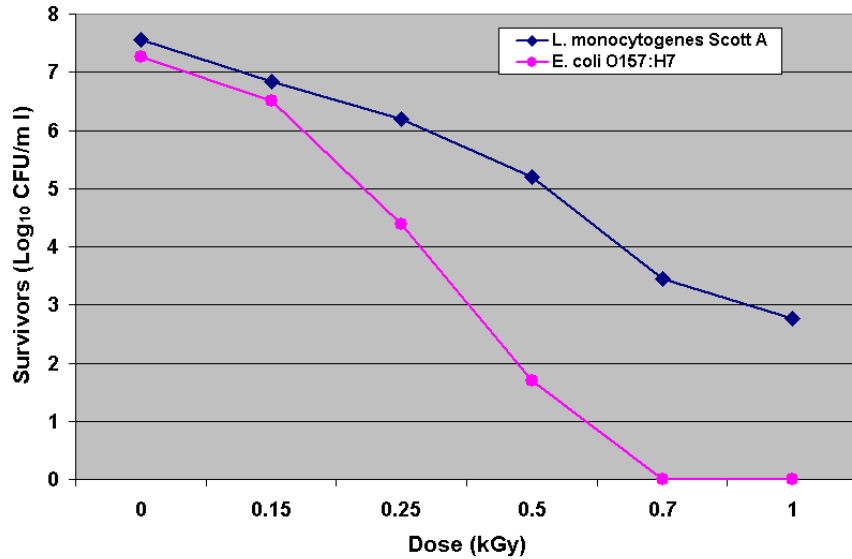
ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ



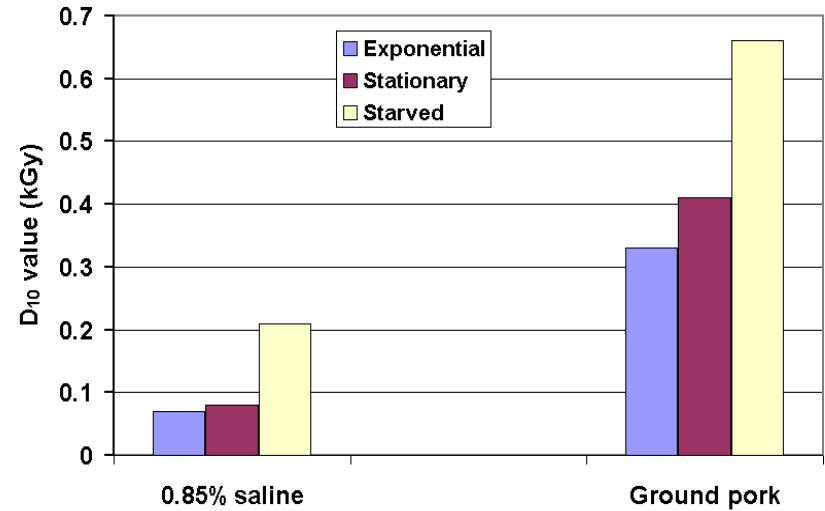
Μικροβιολογία Τροφίμων

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΗΣΗΣ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΒΙΩΝ

Viability of *L. monocytogenes* Scott A and *E. coli* O157:H7 following E-beam irradiation in buffered peptone water at 4 °C



D₁₀ values (kGy) for *L. monocytogenes* Scott A in 0.85% saline or ground pork following electron beam irradiation



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΦΥΔΑΤΩΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- Μέθοδοι αφυδάτωσης: - σε δίσκους ή τύμπανα (εναλλάκτες) με εξάτμιση (evaporation)
- με εκνέφωση (spray-drying)
- με λυοφιλίωση (freeze-drying)
- Αφυδατωμένα τρόφιμα: υγρασία $\leq 25\%$, $a_w \leq 0.6$
Συμπυκνωμένα τρόφιμα (μέσης περιεκτικότητας σε νερό): υγρασία $\leq 50\%$, $a_w \leq 0.85$
- Πριν την αφυδάτωση: - επιλογή α' ύλης καλής ποιότητας, μείωση ΟΜΧ με:
- blanching (ζεμάτισμα για αδρανοποίηση ενζύμων)
- εμβάπτιση σε διάλυμα SO_2 ή αλκάλειας 0.1%
- Κατά την αφυδάτωση: απώλεια υγρασίας, όχι καταστροφή μ/ο, όχι αδρανοποίηση πολλών ενζύμων
- Διαφορές αφυδάτωσης σε πολύ χαμηλή/υψηλή θ : αρνητική επίδραση θέρμανσης στην ποιότητα
- Κατά την αποθήκευση: αλλοίωση από μύκητες (αν προσληφθεί υγρασία)
- Μετά από ενυδάτωση: ευαλλοίωτο – συντήρηση σε ψύξη
- Ελάχιστες τιμές a_w για ανάπτυξη μ/ο: 0,62, αλλά παραγωγή μυκοτοξινών σε $a_w > 0.81$
- Ωσμώφιλες ζύμες: *Zygosaccharomyces (rouxii)*
Ωσμώφιλοι μύκητες: *Eurotium*, *Aspergillus*
Πιθανότητα επιβίωσης σπορίων μετά την αφυδάτωση
- Πρόληψη αλλοιώσεων: χαμηλή τιμή RH, pH, $\theta^\circ C$, συσκευασία αεροστεγής/κενού, μυκοστατικές ουσίες

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΦΥΔΑΤΩΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

- Ενδεικτικές ελάχιστες τιμές a_w για την ανάπτυξη βακτηρίων, ζυμών και μυκήτων

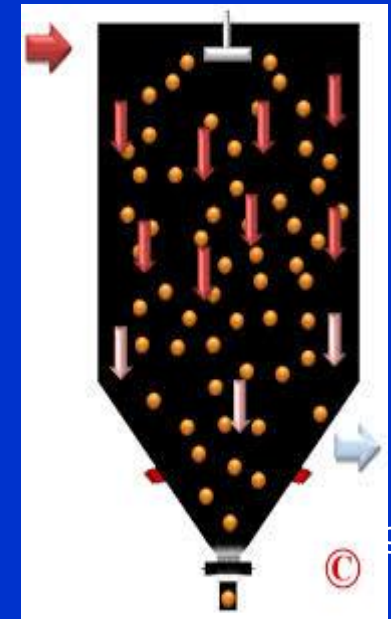
Table 1.

Microbial Group	Example	a_w	Products Affected
Normal bacteria	<i>Salmonella species</i> <i>Clostridium botulinum</i>	0.91	Fresh meat, milk
Normal yeast	<i>Torulopsis species</i>	0.88	Fruit juice concentrate
Normal molds	<i>Aspergillus flavus</i>	0.80	Jams, Jellies
Halophilic bacteria	<i>Wallemia sebi</i>	0.75	Honey
Xerophilic molds	<i>Aspergillus echinulatas</i>	0.65	Flour
Osmophilic yeast	<i>Saccharomyces bisporus</i>	0.60	Dried fruits

Ξηραντήρας τύπου ραφιών



spray-drying



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΑΦΥΔΑΤΩΜΕΝΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

■ Πίνακας: Ελάχιστες τιμές ενεργότητας νερού a_w για την ανάπτυξη ορισμένων βακτηρίων (Troller, 1987)

Μικροοργανισμός	Ελάχιστες τιμές a_w στα υποστρώματα στα οποία η ρύθμιση έγινε με:	
	NaCl	Γλυκερόλη
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.97	0.95
<i>Salmonella oranienburg</i>	0.95	0.935
<i>Escherichia coli</i>	0.95	0.935
<i>Clostridium botulinum</i> **	0.945	0.93
<i>Bacillus megaterium</i> **	0.945	0.925
<i>Micrococcus lysodeikticus</i>	0.93	0.93
<i>Bacillus cereus</i> **	0.92	0.92
<i>Bacillus subtilis</i> **	0.90	0.92
<i>Staphylococcus aureus</i> **	0.85	0.89

■ Πίνακας: Ελάχιστες τιμές για a_w για την ανάπτυξη ζυμών και μυκήτων που προκαλούν αλλοιώσεις στα τρόφιμα

Μικροοργανισμός	Ελάχιστη τιμή a_w
<i>Candida utilis</i>	0.94
<i>Botrytis cinerea</i>	0.93
<i>Rhizopus stolonifer</i>	0.93
<i>Mucor spinosus</i>	0.93
<i>Candida scottii</i>	0.92
<i>Trichosporon pullulans</i>	0.91
<i>Candida zeylanoides</i>	0.90
<i>Saccharomyces vernalis</i>	0.89
<i>Alternaria citri</i>	0.84
<i>Aspergillus glaucus</i> *	0.70
<i>Aspergillus echinulatus</i> *	0.64
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.62
<i>Xeromucor bisporus</i>	0.61

■ *ελάχιστη a_w για εκβλάστηση σπορίων: λίγο πιο χαμηλή από ελάχιστη a_w για ανάπτυξη, ελάχιστη a_w για παραγωγή τοξίνων: λίγο πιο υψηλή από a_w για ανάπτυξη, ελάχιστη a_w για ανάπτυξη μυκοτοξινών: 0.81

■ Αφυδάτωση δεν θανατώνει μ/ο: προσοχή σε μολύνσεις από κακής ποιότητας α' ύλης (π.χ. επιβίωση *Salmonella*)

■ Για a_w 0.80-0.85: αλλοίωση σε 1-2 εβδομάδες από μύκητες (*Eurotium*, *Aspergillus*, *Zygosaccharomyces*)

■ Για a_w <0.70: συντήρηση για χρόνια

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Προϊόντα `sous-vide` συσκευασμένα σε κενό ή MAP (έτοιμα φαγητά, έτοιμες σάλτσες και σαλάτες, ψάρια, κρέας, αλλαντικά)
- Χαρακτηριστικά φρέσκου προϊόντος \Rightarrow υψηλή θρεπτική αξία
- Μικροβιακή σταθερότητα – ενζυμική σταθερότητα για αρκετές μέρες-εβδομάδες
- Συντήρηση για 4-5 μέρες μέχρι 3-4 βδομάδες
- Εφαρμογή hurdle technology (τεχνολογία συνδυασμού παρεμποδιστών)

Διαδικασία παραγωγής τροφίμων sous-vide :

- Νωπό προϊόν (μαγείρεμα-επεξεργασία) \Rightarrow συσκευασία \Rightarrow υδατόλουτρο 65-95°C (π.χ 70°Cx100') \Rightarrow ψύξη \Rightarrow διακίνηση υπό ψύξη
- Σημαντικό: καλής ποιότητας α' ύλη (χαμηλή ΟΜΧ) και συνεχής ψύξη
- Ήπια θέρμανση: υψηλή ΟΜΧ (επιβίωση κυρίως σπορίων, καταστροφή Gram⁺)
- Συσκευασία κενού: αναστολή ανάπτυξη αερόβιων μ/ο, αναστολή οξειδώσεων
- Συσκευασία MAP: κενό + αέρια (CO₂+N₂). Το CO₂ αναστέλλει ένζυμα και μ/ούς
- Αλλοιώσεις: γαλακτικά βακτήρια (ευνοούνται από CO₂), Brochothrix \Rightarrow παραγωγή οξέων κτλ
- Παθογόνα: τοξίνες B. cereus και S. aureus: ανθεκτικές (>100°C), Cl. botulinum (ευνοϊκό περιβάλλον, σε θ^ο≤3°C αναστολή όλων των τοξίνων από Cl. botulinum), Cl. perfingens, L. monocytogenes, Yersinia enterocolitica, Aeromonas hydrophila

Για ασφαλή τρόφιμα sous-vide

- Μείωση θερμοκρασίας σε T<10°C μέσα σε 4 ώρες μετά την παστερίωση
- Συντήρηση και διακίνηση σε ≤3°C
- Προσθήκη χρονοθερμοκρασιακών δεικτών
- Προσθήκη συντηρητικών
- Οξίνιση (προσοχή σε αλλαγές pH)
- χαμηλή aw (π.χ με προσθήκη NaCl)
- Δείκτης παστερίωσης: μείωση πληθυσμού του Enterococcus faecalis κατά 12-13D, ή/και Listeria monocytogenes κατά 4-6D
- Προσοχή σε νωπά MAP τρόφιμα: πιθανότητα παρουσίας παθογόνων χωρίς εμφανή αλλοίωση

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

- Προϊόντα `sous-vide`



Vacuum Packaging Equipment



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΗΣ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ

■ Ελάχιστες τιμές pH, a_w , θερμοκρασίας και δυνατότητα αναερόβιας ανάπτυξης για διαφορετικούς μικροοργανισμούς (μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό μια τεχνολογίας συνδυασμού παρεμποδιστών (hurdle technology))

Microorganism	Minimum pH For Growth	Minimum a_w For Growth	Minimum Growth Temperature (°C)	Anaerobic Growth
Bacteria				
<i>Pseudomonas</i>	5.5	0.97	<0	No
Most Spoilage	variable	0.90	variable	variable
Pathogens	>4.6	>0.85	variable	Yes
Lactic Acid Bacteria	3.8	0.94	4	Yes
Yeast	<2.0		-5	Yes
Refrigeration		0.80		
Most Spoilage		0.88		
Osmophilic		0.61		
Mold	<2.0		<0	No
Refrigeration		0.60		
Most Spoilage		0.80		
Xerophilic		0.61		

Table 1. Minimum growth conditions for spoilage organisms.

Μικροβιολογία Τροφίμων

Ενζυμικές αλλοιώσεις τροφίμων

- Προέρχονται από ενδογενή ένζυμα του τροφίμου ή ένζυμα μικροοργανισμών που αναπτύχθηκαν πριν την επεξεργασία
- Η θέρμανση (ακόμα και η αποστείρωση) μπορεί να μην αδρανοποιήσει πλήρως κάποια ένζυμα
- Η ψύξη, κατάψυξη, συμπύκνωση, αφυδάτωση, υψηλές πιέσεις, κλπ. δεν αδρανοποιούν όλα τα ένζυμα
- Η ενζυμική αλλοίωση είναι αργή και δεν ελλοχεύει κινδύνους για τη δημόσια υγεία, απλώς υποβαθμίζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων

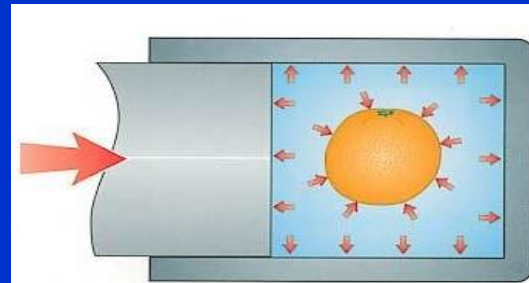
Enzymes that cause food spoilage

enzyme	food	spoilage action
ascorbic acid oxidase	vegetables	destruction of vitamin C
lipase	cereals	discoloration
	milk	hydrolytic rancidity
	oils	hydrolytic rancidity
lipoxygenase	vegetables	destruction of vitamin A, off-flavour
pectic enzyme	citrus juices	destruction of pectic substances
	fruits	excessive softening
peroxidase	fruits	browning
polyphenoloxidase	fruits, vegetables	browning, off-flavour, vitamin loss
protease	eggs	reduction of shelf life of fresh and dried whole eggs
	crab, lobster	overtenderization
	flour	reduction of gluten formation
thiaminase	meats, fish	destruction of thiamine

Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΥΠΕΡΥΨΗΛΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ

- Προϊόντα που παστεριώνονται σε πολύ υψηλή πίεση (3000-10.000 bar ή 300-1000MPa) χωρίς θέρμανση με τη βοήθεια εμβόλων που πιέζουν το νερό σε ένα κλειστό κύκλωμα στο κέντρο του οποίου υπάρχει προσυσκευασμένο τρόφιμο (σε συσκευασία κενού συνήθως ή MAP)
- Αποτέλεσμα: τα κύτταρα των μικροβίων καταστρέφονται (σκάνε) ακαριαία λόγω της πολύ υψηλής πίεσης που προκαλεί διάρρηξη της κυτταρικής μεμβράνης
- Ομοιόμορφη καταστροφή μικροβίων άσχετα με το μέγεθος ή το σχήμα του τροφίμου
- Δεν υπάρχει οργανοληπτική ή θρεπτική υποβάθμιση των τροφίμων (διατηρούν τα χαρακτηριστικά του φρέσκου προϊόντος)
- Τα βλαστικά κύτταρα καταστρέφονται πιο εύκολα, ενώ τα σπόρια βακτηρίων είναι πιο ανθεκτικά (απαιτούν τουλάχιστον 600MPa για μείωση 1log, ενώ τα βλαστικά κύτταρα καταστρέφονται σημαντικά με 300-600MPa \Rightarrow μείωση 5-6 log)
- Μια επεξεργασία 400MPa για 10' μειώνει την ΟΜΧ και ζύμες-μύκητες σε βραστά αλλαντικά ~ 5log
- Η καταστροφή σπορίων διευκολύνεται αν υπάρχει όξινο pH ή γίνει συνδυασμός με ήπια θέρμανση
- Γενικά η μέθοδος μπορεί να αντικαταστήσει την παστερίωση αλλά δεν συστήνεται για αποστείρωση



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΥΠΕΡΥΨΗΛΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ

High Pressure & Yogurts

Extended Shelf life
Fresh taste, quality



Better
Texture

High viscosity
Low fat/Fat-free



Each elephant
weighing 5000kg

Diameter - 18mm



Pressure exerted
(600Mpa or 87000 Psi)

High Pressure Processing: Infographic

- Do you know how much pressure is applied in HPP ???
- ★ About 600 Mega Pascals :)

It is same as pressure exerted when 3 elephants stand one above the other on a circular disc of 9 mm radii

High Pressure

$$\begin{aligned}
 &= \text{Force exerted / Disc Area} \\
 &= \text{Weight of 3 elephants} / \pi r^2 \\
 &= (3 * 5000 * 9.81) / (3.14 * 0.009^2) \\
 &= 579 \text{ M Pa } (\sim 87000 \text{ Psi})
 \end{aligned}$$

Heat Vs Pressure

Bacterial spores can be killed
Microbial enzymes can be destroyed
Better for low-acid food products

Thermal Processing



Pressure Processing

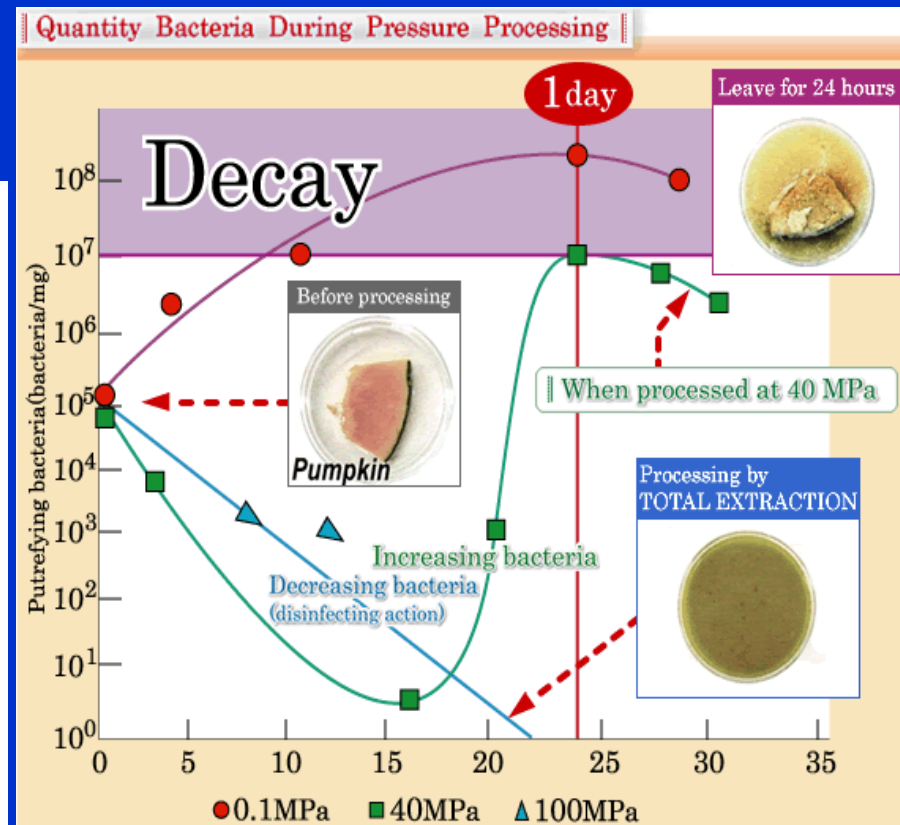
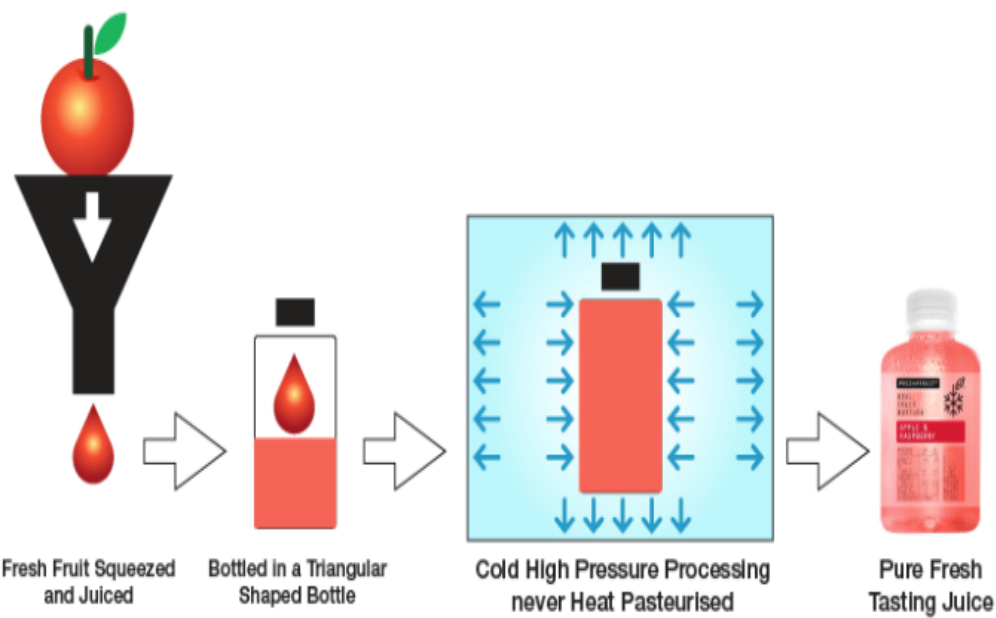
Fresher taste, better texture
No cooked off-flavors / No char
Better option for heat-sensitive foods
Diverse prop - gelation, emulsification
No need of chemical food additives



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΥΠΕΡΥΨΗΛΕΣ ΠΙΕΣΕΙΣ

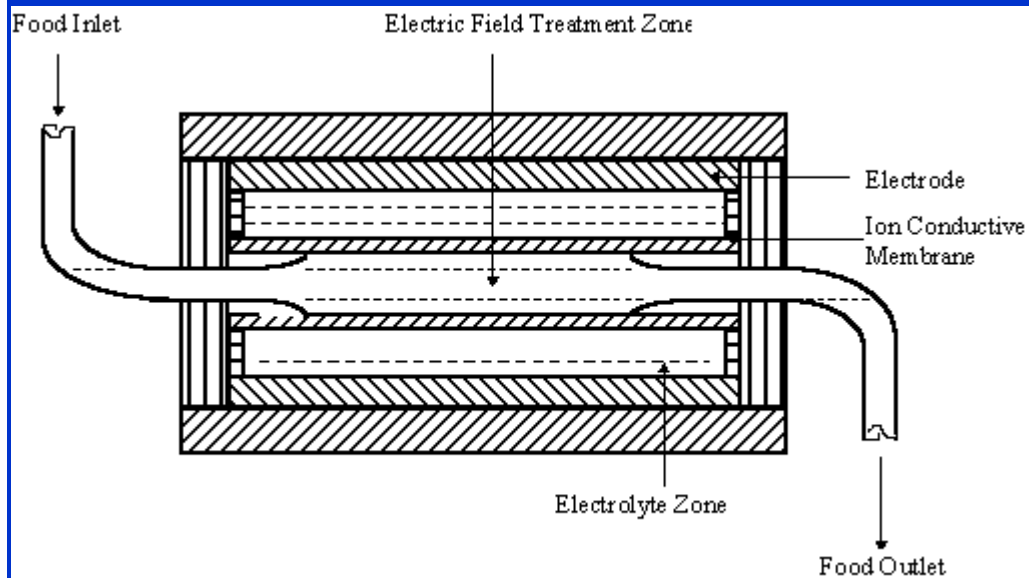
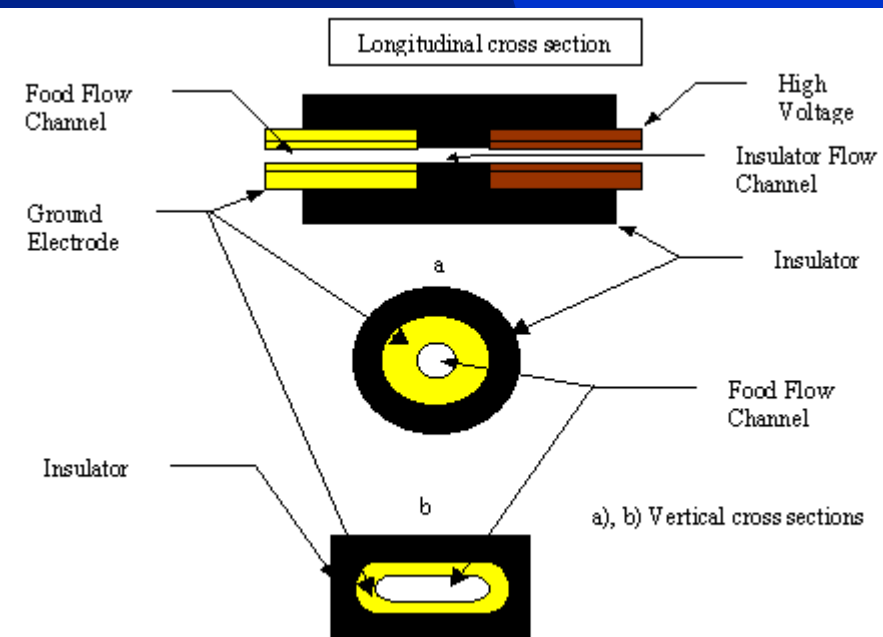
- Προϊόντα που εφαρμόζεται οι υπερυψηλές πιέσεις (HPP-High Pressure Pasteurization):
- Υγρά ή ρευστά τρόφιμα σε εύκαμπτη συσκευασία (π.χ. χυμοί, σάλτσες)
- Νωπό κρέας και αλλαντικά συσκευασμένα
- Γιαούρτι, κρέμες και άλλα ημίρευστα προϊόντα
- Συνδυάζεται πάντα με αναερόβια συσκευασία (κενού/MAP) και ψύξη
- Τα ένζυμα δεν αδρανοποιούνται (αντίθετα μπορεί να αυξηθεί η ευαισθησία σε ενζυμική αλλοίωση), εκτός και αν συνδυαστεί με ήπια θέρμανση (π.χ. 50-60C)
- Το όξινο pH αυξάνει την αποτελεσματικότητα του HPP



Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΑΛΛΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

- Pulsed Electric Fields pasteurization: μη θερμική μέθοδος παστερίωση με χρήση ηλεκτροδίων υψηλής τάσης
- Τα κύτταρα φορτίζονται έντονα με ηλεκτρικό φορτίο και συμπεριφέρονται ως δίπολα
- Τα κύτταρα (η κυτταρική μεμβράνη) διαστέλλονται υπάρχει απώλεια ιόντων και διάρρηξη της μεμβράνης
- Κατάλληλη για υγρά τρόφιμα (γάλα, χυμοί, κλπ) με υψηλή συγκέντρωση νερού που είναι καλός αγωγός του ρεύματος
- Μειονέκτημα : η αποτελεσματική και ομοιόμορφη παστερίωση εξαρτάται από τη συγκέντρωση και την κατανομή υγρασίας στο τρόφιμο
- Χρησιμοποιείται τάση ισχύος 30-35kV/cm για λίγα δευτερόλεπτα (διοχετεύονται σε ~30 παλμούς σε 2 sec)
- Σκοτώνονται βλαστικά κύτταρα, αλλά όχι ενδοσπόρια βακτηρίων
- Τα Gram αρνητικά βακτήρια είναι πιο ευαίσθητα
- Το προϊόν διατηρεί τα οργανοληπτικά-θρεπτικά χαρακτηριστικά του φρέσκου προϊόντος για μέρες έως αρκετές εβδομάδες υπό ψύξη
- Αν συνδυαστεί με θέρμανση ~70C επέρχεται και θανάτωση σπορίων

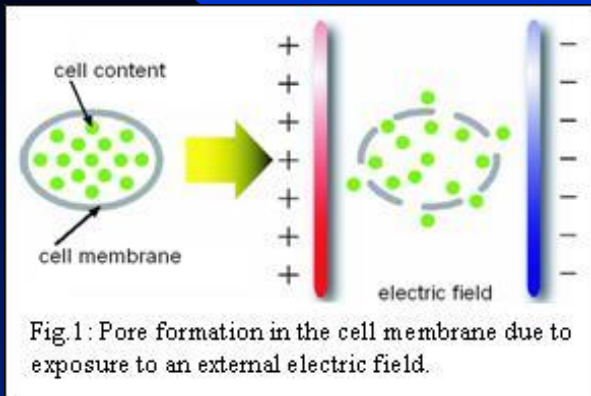


Μικροβιολογία Τροφίμων

ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΠΟΥ ΕΠΕΞΕΡΓΑΖΟΝΤΑΙ ΜΕ ΠΑΛΛΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΠΕΔΙΑ

■ Διάρρηξη κυτταρικής μεμβράνης με Pulsed Electric Fields

συσκευή PEF



Before Pulse

During E-field

After Pulse

Cell membrane

Introduce genes/drugs

Cell "heals" with gene/drug inside

Electric field induces a voltage across cell membrane

Μικροβιακή αλλοίωση τροφίμων

Μελέτη των ειδών αλλοίωσης και των υπεύθυνων μικροοργανισμών στα βασικότερα είδη τροφίμων με βάση τη σύνθεσή τους:

1. Κρέας-Κρεατοσκευάσματα, πουλερικά και αυγά
- 2 . Αλιεύματα
3. Γαλακτοκομικά προϊόντα
4. Φρούτα-χυμοί-αναψυκτικά
5. Λαχανικά
6. Σιτηρά και όσπρια
7. Καρυκεύματα
8. Σάλτσες-dressings
9. Ζυμούμενα τρόφιμα
10. Ποτά

Microbial Spoilage of Food

Κύριες κατηγορίες αλλοιογόνων μικροοργανισμών

- **Οξεοπαραγωγικά μικρόβια** → οξίνιση τροφίμων (souring-acidification)
 - Γαλακτικά βακτήρια (LAB): παράγουν γαλακτικό οξύ. Lactococcus, Streptococcus, Lactobacillus, Leuconostoc, Pediococcus
 - Οξικά βακτήρια: παράγουν οξικό οξύ. Acetobacter aceti
 - Προπιονικά βακτήρια: Propionibacterium freundenreichii
 - Βουτυρικά βακτήρια : e.g. 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

Microbial Spoilage of Food

- **Λιπολυτικά μικρόβια** → λιπόλυση, τάγγιση, οσμές εστέρων λιπαρών οξέων
 - λιπολυτικοί *Micrococcus*, *Staphylococcus*, *Pseudomonas*, *Alteromonas*, *Flavobacterium*, μύκητες
- **Σακχαρολυτικά μικρόβια** → οξίνιση, μαλάκωμα υφής σε φρούτα-λαχανικά, παραγωγή αλκοόλης και CO_2
 - *Bacillus*, *Clostridium*, *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Erwinia*, μύκητες
- **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*)
- **Βακτήρια που παράγουν γλίτσα** (πολυσακχαρίτες, πρωτεογλυκάνες) → αύξηση ιξώδους σε άλμες, γλίτσα σε επιφάνεια αλλαντικών
 - *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, LAB, *Alcaligenes*, ζύμες-μύκητες
- **Βακτήρια που προκαλούν αποχρωματισμό (off-color)** → πρασίνισμα αλλαντικών
 - *Pseudomonas*, *Weissella*, *Leuconostoc*, ζύμες-μύκητες

Microbial Spoilage of Food

Η ολική αερόβια μικροχλωρίδα (Aerobic Plate count -APC) ως δείκτης της ανιχνεύσιμης αλλοίωσης τροφίμων

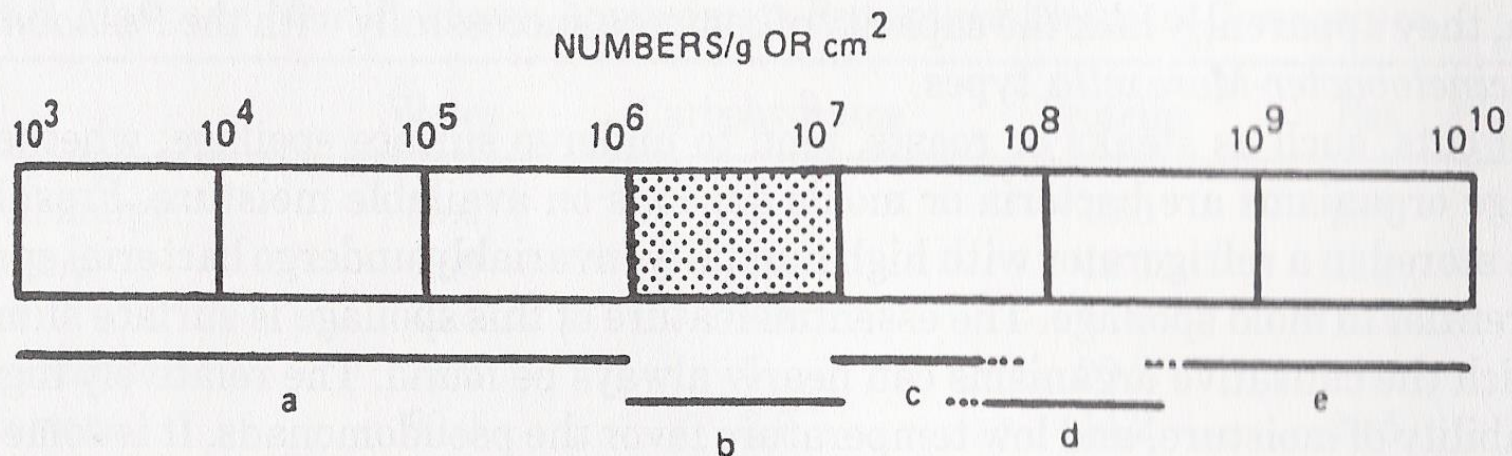


Figure 4.2. Significance of total viable microbial numbers in food products relative to their use as indicators of spoilage. *a:* Microbial spoilage generally not recognized with the possible exception of raw milk, which may sour in the 10^5 – 10^6 range. *b:* Some food products show incipency in this range. Vacuum-packaged meats often display objectionable odors and may be spoiled. *c:* Off-odors generally associated with aerobically stored meats and some vegetables. *d:* Almost all food products display obvious signs of spoilage. Slime is common on aerobically stored meats. *e:* Definite structural changes in product occur at this stage.

Microbial Spoilage of Food

1. Κρέας και Κρεατοσκευάσματα

- **Σύνθεση κρέατος:** πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά (πρωτεΐνες-αμινοξέα 20%, λιπίδια 3%, γλυκογόνο-γλυκόζη 0,3%, μέταλλα 0,6% και νερό ~76%) με ουδέτερο pH (~6.5)
- Συνεπώς, τα βακτήρια επικρατούν στην μικροχλωρίδα
- **Πηγές μικροχλωρίδας** κρέατος: δέρμα ζώου (Staphylococcus, Micrococcus), εντερικός σωλήνας και κοιλότητες (Enterobacteriaceae, Clostridium, LAB), ζωοτροφές (Salmonella), χειριστές κρέατος, εργαλεία και μηχανήματα επεξεργασίας, δοχεία-περιέκτες κρέατος.
- **Προσοχή κατά τη σφαγή** (εντερική & δερματική μόλυνση), τη τυποποίηση και τη συντήρηση και διακίνηση (πάντα σε ψύξη).
- **Η νεκρική ακαμψία και η ήρεμη μεταχείριση πριν τη σφαγή** βοηθούν την ομαλή πτώση του pH του κρέατος (pH 7.0 → 5.5); Αλλά αν το ζώο εξαντληθεί μένει ελάχιστο γλυκογόνο κατά τη νεκρική ακαμψία (pH 6.5 → 6.0)
- **Η ωρίμανση του κρέατος που ακολουθεί** → πρωτεόλυση ακτινομοοσίνης και αύξηση του pH (στο 6.5)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Μικροχλωρίδα κρέατος:

- Πολλά αερόβια ψυχρότροφα βακτήρια

- Λίγες ζύμες (Candida, Torulopsis, Rhodotorula)

- Λίγοι 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>Kurthia</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

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 επιφάνειες (π.χ. φέτες ζαμπόν)
 - Pseudomonas fluorescens, Shewanella putrefaciens
- Επιφανειακή γλίτσα σε φέτες ζαμπόν
 - Pseudomonas (συνένωση αποικιών, παραγωγή πολυσακχαριτών
- Μούχλα επιφανειακά
 - Βαμβακώδη γκρι μυκήλα των μυκήτων Thamnidium, Mucor, Rhizopus
 - Μαύρες κηλίδες από Cladosporium
 - Λευκές κηλίδες από Sporotrichum και Chrysosporium
 - Πράσινες κηλίδες από Penicillium

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση κρεάτων

- Ξεκινάει με 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 αμινοξέων (πρωτεόλυση) από πρωτεολυτικά είδη (*Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae*, *Bacillus Clostridium*) → αμίνες, ινδόλη, NH_3 , H_2S , άσχημη οσμή-γεύση
- Σε χαμηλό pH (ζυμούμενα αλλαντικά) τα γαλακτικά 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

Αλλοίωση αλλαντικών

- **Η άλεση του κρέατος** (κιμάς) αυξάνει σημαντικά την ΟΜΧ (Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα).
- **Το μηχανικώς αποστεωμένο** κρέας έχει λιγότερους σταφυλοκκόκκους. Γιατί?
- **Συσκευασία Vacuum / MAP** (ανάλογα με διαπερατότητα του φιλμ permeability) αναστέλλει αερόβια, ευνοεί όμως τα εξής :
 - προαιρετικά αναερόβια (Lactobacilli, Brochothrix, Shewanella) → οξίνιση (μείωση σε pH 5),
 - αυστηρά αναερόβια (ψυχρότροφα κλωστήριδια) → σουλφίδια, H₂, CO₂, βουτανόλη-ακετόνη
 - κάποια παθόγόνα (L. monocytogenes, S. aureus, Y. enterocolytica)
- **Η νίτρωση κρέατος (curing)** ευνοεί τα ανθεκτικά γαλακτικά (Leuconostoc carnosus, Leuc. gelidium, Carnobacterium divergens, formerly Lb. divergens), που παράγουν CO₂ , και αναστέλλουν το B. thermosphacta

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

■ Ενδεικτικός πληθυσμός μικροβίων σε κιμά υπό κενό ή χωρίς συσκευασία

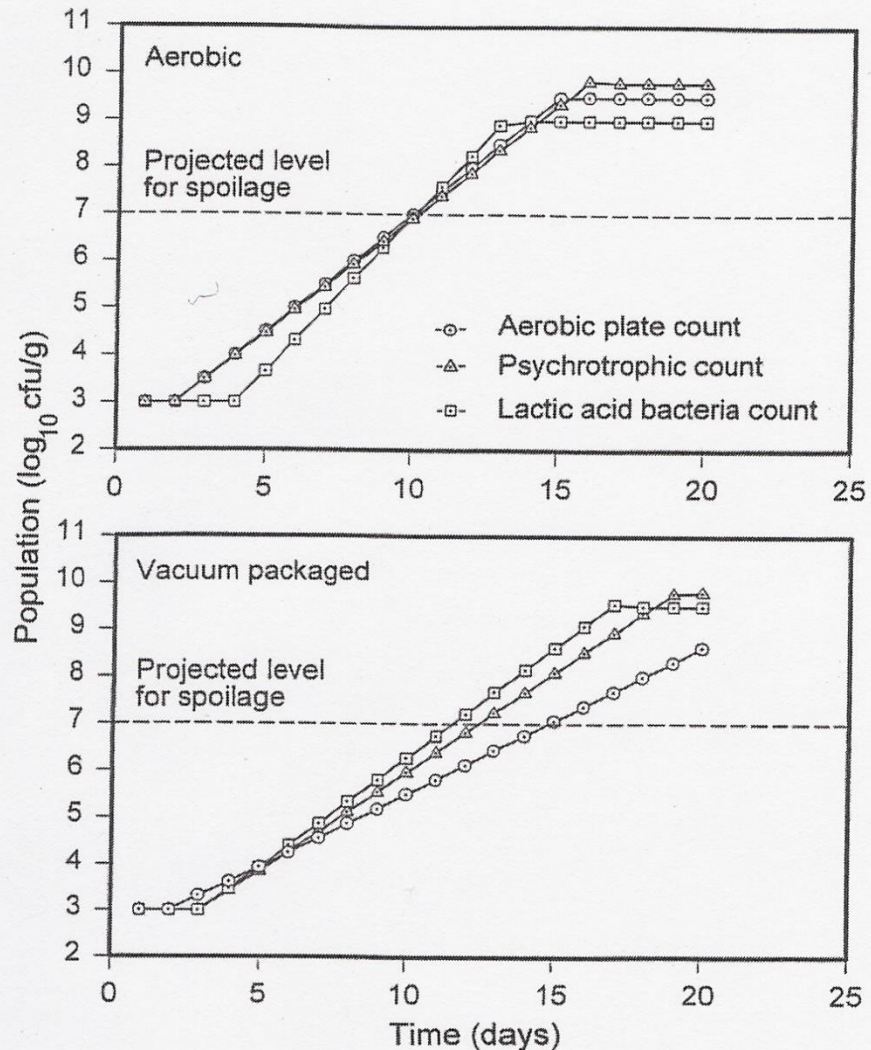


Figure 19.2 Populations of total aerobic, psychrotrophic, and lactic acid bacteria in aerobically packaged and vacuum-packaged ground pork stored at 0°C. The growth curves are based on the derived values for lag phase duration and generation time. Reprinted from T. C. Jackson, D. L. Marshall, G. R. Acuff, and J. S. Dickson, p. 91–109, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση αλλαντικών (cured meats)

■ Χαρακτηριστικά αλλαντικών

- Υψηλή a_w στα βραστά (hams-frankfurters); Χαμηλή a_w & pH, αρκετό 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

■ Πρασίνισμα λόγω H_2O_2 αναεροβίως

(Όταν μια συσκευασία κενού ανοίγει, τα frankfurters εκτείνονται σε οξυγόνο (H_2O_2 + nitrosohemochrome \rightarrow oxidized porphyrin)). Σημείωση : ακίνδυνη αλλοίωση)

- Weissella viridescens, leuconsostocs, enterococci

■ Πρασίνισμα λόγω H_2S αναεροβίως

- Shewanella putrefaciens, Lactobacillus sake (H_2S + myoglobin \rightarrow sulphomyoglobin)

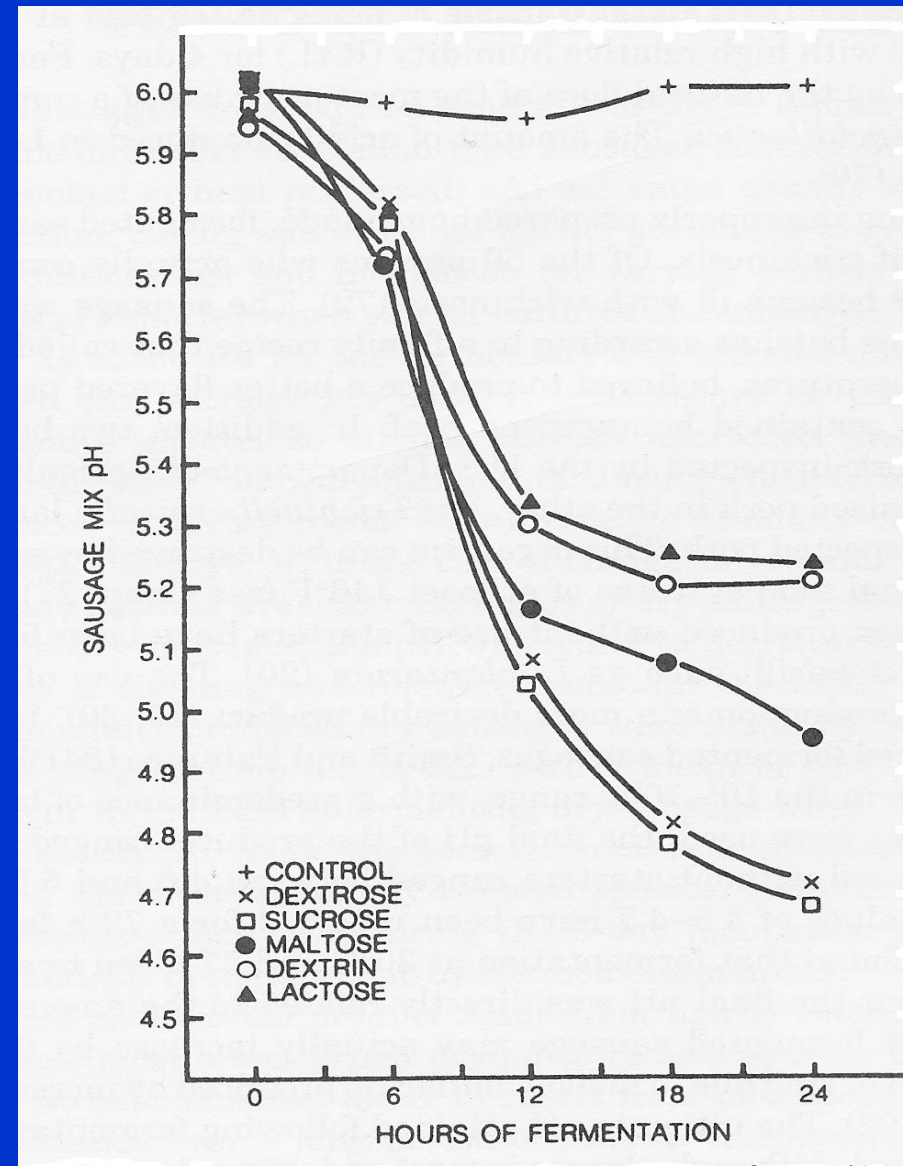
■ Κιτρίνισμα κατά την ψύξη (απαιτεί 3-4 βδομάδες)

- Enterococcus casseliflavus

- **Αέριο από Clostridia** σε αλλαντικά ωρίμανσης(ευνοούνται από κάπνισμα, αναστέλλονται από νιτρώδη+ οξύτητα)

Κυρίαρχη **μικροχλωρίδα** και καλλιέργειες **εκκίνησης** σε αλλαντικά ωρίμανσης (αέρος):

- **Αλόφιλα, οξεόφιλα είδη επικρατούν**
- **Note:** *S. aureus* and *Salmonella* may survive
- **Ομοζυμωτικοί Lactobacilli** (π.χ. *Lb. plantarum*, *Lb. bulgaricus*) παράγουν γαλακτικό οξύ
- **Ετεροζυμωτικοί Lactobacilli** (π.χ. *Lb. brevis*) και **Leuconostoc** παράγουν επιπλέον και άλλα οξέα, CO₂, ακεταλδεύδη → άρωμα
- **Micrococci** (*M. aurantiacus*) και **Staphylococci** (*S. carnosus*) ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη
- **Pediococcus cerevisiae**, *P. acidilacti* παράγουν οξέα



pH fall in fermented sausages containing 1% carbohydrates

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλοιώση ζωικών οργάνων-εντόσθιων

- Συκώτι, νεφρά, καρδιές, γλώσσες, κλπ. Έχουν λίγο υψηλότερο pH από το κρέας και σημαντικά περισσότερο γλυκογόνο (3%)
- Αρχική μικροχλωρίδα χαμηλή (OMX ~ 10^2 - 10^4)
- Κυρίως Gram+ cocci, coryneforms, Bacillus, Pseudomonas, Moraxella, Acinetobacter, LAB
- LAB προκαλούν οξίνιση (pH 6.5→5.9 in 14d at 2°C)
- Λιγότερο έντονη η πρωτεόλυση λόγω παρουσίας γλυκογόνου (προτιμότερο υπόστρωμα για μικροβιακή ανάπτυξη)
- Η Gram- αερόβια χλωρίδα προκαλεί τις περισσότερες αλλοιώσεις σε νωπό προϊόν (αναπτύσσεται ταχύτερα από τα LAB)
- Σε συσκευασίες κενού τα γαλακτικά επικρατούν

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Άλλοίωση 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
- **Κύριες αλλοιώσεις:**
 - **γλοιώδης** υφή (όταν Pseudomonads φτάσουν σε log 8), συχνά ανιχνεύσιμη ως φθορισμός σε λάμπα UV
 - **Οξίνιση** στο εσωτερικό όπου υπάρχουν τα εντόσθια, ιδίως αν δεν αφαιρεθούν
 - **Θειώδης** ουσίες-δυσοσμία το πολύ εντός 7 ημερών, λόγω ανάπτυξης της Shewanella putrefaciens (H₂S, dimethyl sulfide, methyl mercaptane)
- **Προσοχή:** **Salmonella** βρίσκεται πολύ συχνά σε πτηνά σε υψηλό πληθυσμό (προερχόμενη από κόπρανα πτηνών και ζωοτροφές). **Πρόβλημα** η υπερεντατική εκτροφή, ενώ τα «βιολογικής εκτροφής» μπορεί να έχουν όμοια ή περισσότερη μικροχλωρίδα (δεν σημαίνει ότι είναι και «εκτατικής εκτροφής»)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

- Μικροβιακή ποιότητα προϊόντων γαλοπούλας

Products	No. of Samples	Microbial Group/Target	% Samples Meeting Target	Ref.
Precooked turkey rolls	6	APC: log 3.00/g	100	79
	6	Coliforms: log 2.00 or less/g	67	79
	6	Enterococci: log 2.00 or less/g	83	79
	48	Presence of salmonellae	4	79
	48	Presence of <i>C. perfringens</i>	0	79
Precooked turkey rolls/ sliced turkey meat	30	APC: <log 2.00/g	20	113
	29	Presence of coliforms	21	113
	29	Presence of <i>E. coli</i> or salmonellae	0	113
Ground fresh turkey meat	74	APC: log 7.00 or less/g	51	42
	75	Presence of coliforms	99	42
	75	Presence of <i>E. coli</i>	41	42
	75	Presence of “fecal streptococci”	95	42
	75	Presence of <i>S. aureus</i>	69	42
	75	Presence of salmonellae	28	42
	75	Presence of salmonellae	28	42
Frozen ground turkey meat	50	APC 32°C: <10 ⁶ /g	54	43
	50	Psychrotrophs: <10 ⁶ /g	32	43
	50	MPN <i>E. coli</i> : <10/g	80	43
	50	MPN <i>S. aureus</i> : <10/g	94	43
	50	MPN “fecal streptococci”: <10/g	54	43

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Κύρια παθογόνα των κρεάτων-κρεατοσκευασμάτων (“σύντομη ματιά”)

- Escherichia coli
- Clostridium perfringens
- Clostridium botulinum
- Staphylococcus aureus
- Salmonella enteritis, S. thyphimurium (“zero tolerance”)
- Listeria monocytogenes (“zero tolerance”)
- Campylobacter jejuni
- Bacillus cereus

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση 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 ψυχρόφιλα-ψυχρότροφα (Acinetobacter, Aeromonas, Pseudomonas, Flavobacterium, Shewanella, Moraxella, Vibrio)
- Τα ψάρια από μεγάλες τράτες έχουν μεγαλύτερο μικροβιακό φορτίο (σέρνονται στην άμμο, αναμιγνύονται με λάσπη-άμμο, συνθλίβονται)
- Η μικροχλωρίδα των **οστρακοειδών** αντικατοπτρίζει την μικροβιολογική ποιότητα του νερού
- Οι περισσότεροι μ/ο βρίσκονται στο δέρμα και τα εντόσθια
- Η σύνθεση των αλιευμάτων ποικίλει: 1% λίπος ο μπακαλιάρος, 30% η ρέγγα, 05-5.5% γλυκογόνο τα οστρακοειδή σε αντίθεση με τα ψάρια
- Προσοχή: διακοπή της αλυσίδας ψύξης ελοχεύει κίνδυνος από παθογόνα και βιογενείς αμίνες (histamine or scombrototoxin) λόγω έντονης πρωτεόλυσης (Proteus morganii)
- Υπό αερόβιες συνθήκες, επικρατούν Pseudomonads
- Υπό αναερόβιες συνθήκες (vacuum/MAP), B. thermosphacta, S. putrefaciens, LAB (σε όξινο pH, στα οστρακοειδή)
- Στα παστά ψάρια: ζύμες-μύκητες

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλοιωση αλιευμάτων

- Αλλοιογόνος μικροχλωρίδα αλιευμάτων

Table 6.1. Genera of Bacteria, Yeasts, and Molds Most Often Found on Fresh and Spoiled Fish and Other Seafoods

Bacteria	Gram	Prev.	Yeasts	Prev.	Molds	Prev.
<i>Acinetobacter</i>	-	X	<i>Candida</i>	XX	<i>Aspergillus</i>	X
<i>Aeromonas</i>	-	X	<i>Cryptococcus</i>	XX	<i>Aureobasidium (Pullularia)</i>	XX
<i>Alcaligenes</i>	-	X	<i>Debaryomyces</i>	X	<i>Penicillium</i>	X
<i>Bacillus</i>	+	X	<i>Hansenula</i>	X	<i>Scopulariopsis</i>	X
<i>Corynebacterium</i>	+	X	<i>Pichia</i>	X		
<i>Enterobacter</i>	-	X	<i>Rhodoturula</i>	XX		
<i>Enterococcus</i>	+	X	<i>Sporobolomyces</i>	X		
<i>Escherichia</i>	-	X	<i>Trichosporon</i>	X		
<i>Flavobacterium</i>	-	X				
<i>Lactobacillus</i>	+	X				
<i>Listeria</i>	+	X				
<i>Microbacterium</i>	+	X				
<i>Moraxella</i>	-	X				
<i>Pseudomonas</i>	-	XX				
<i>Psychrobacter</i>	-	X				
<i>Shewanella</i>	-	XX				
<i>Vibrio</i>	-	XX				
<i>Weissella</i>	+	X				

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Είδη αλλοίωσης αλιευμάτων

- Τα μη λιπαρά ψάρια υπόκεινται σε πρωτεόλυση → τριμεθυλαμίνη-ΤΜΑ, αμμωνία, ισταμίνη, H_2S , ινδόλη, πτητικά συστατικά → δυσάρεστες οσμές (off-odor)
- Σημείωση: τα μικροβιακά και τα ενδογενή πρωτεολυτικά ένζυμα (π.χ. από *Pseudomonas*, *Shewanella*), προκαλούν επίσης μαλάκωμα της υφής και ανοίγουν το δρόμο για τη διείδυση στη σάρκα και άλλων μικροβίων
- Τα λιπαρά ψάρια υπόκεινται σε λίπολυση → τάγγιση (λιπαροί εστέρες, ελεύθερα λιπαρά οξέα-SCFH, αλδεΐδες, κετόνες)
- Αλκοόλες (phenylethyl alcohol, ethanol, propanol) παράγονται από επίσης, κυρίως από το *Achromobacter*
- Σε συσκευασίες κενού, τα *Carnobacterium*, *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

Κυρίαρχη μικροχλωρίδα μπακαλιάρου υπό ψύξη

Table 6.5. Microbial Population Change in Pacific Hake Stored at 5°C

Microorganism	Microbial Population After Incubation (%)			
	0 Day	5 Days	8 Days	14 Days
<i>Pseudomonas</i>				
Type I	14.0	7.3	2.7	15.1
Type II	14.0	52.4	53.4	77.4
Types III or IV	3.5	12.2	31.5	7.5
<i>Acinetobacter-Moraxella</i>				
<i>Acinetobacter</i>	31.6	17.0	8.2	0
<i>Moraxella</i>	19.3	9.8	2.7	0
<i>Flavobacterium</i>	17.6	0	0	0
Coliforms	0	1.2	1.4	0
Microbial count of sample	1.5×10^4	3.4×10^7	9.3×10^8	2.7×10^9
Number of microorganisms identified ^a	57	82	73	53

^aAll isolated colonies on initial isolation plates were picked and identified.

SOURCE: Lee and Harrison (21), copyright © 1968, American Society for Microbiology.

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Μικροχλωρίδα και αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων

- Το γάλα είναι ιδανικό υπόστρωμα για ανάπτυξη μ/ο
 - πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, νερό, pH ~6.7
- Φυσιικοί αναστολείς: lactoperoxidase, lactoferrin, lysozyme, immunoglobulins
- Ζυμούμενα γαλακτοκομικά προϊόντα έχουν χαμηλότερη a_w , όξινο pH, ίσως αλάτι
- Η μικροχλωρίδα προέρχεται από :
 - Το δέρμα και τα κόπρανα των ζώων, το έδαφος (χώμα-φυτικός ιστός), τους περιέκτες (δοχεία-παγολεκάνες), τα μηχανήματα επεξεργασίας και τους χειριστές

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Μικροχλωρίδα και αλλοιώσεις γαλακτοκομικών προϊόντων

- Κυρίως Gram+ χλωρίδα στο **νωπό γάλα**
 - (Enterococcus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Lactobacillus, Micrococcus, Staphylococcus, Bacillus, Listeria),
αλλά και Gram-
 - Pseudomonas, Proteus, Propionibacterium, Mycobacterium, Coliforms (εντερική μόλυνση)
- **Υπό ψύξη**, επικρατούν ψυχρότροφα (Pseudomonas, Alcaligenes, ψυχρότροφοι Bacilli and LAB)
- **Μετά την παστερίωση** → ανάπτυξη θερμοάντοχων βακτηρίων (Streptococcus thermophilus, Enterococcus, Bacillus, Clostridium)
- **Αποστείρωση γάλακτος** σκοτώνει ακόμη και τα σπόρια των Bacillus-Clostridium (**πιθανή εξαίρεση: UHT milk**)
- **Η ζύμωση του γάλακτος** από γαλακτικά ή/και ζύμες-μύκητες, τελικά καταστρέφει την ανταγωνιστική μικροχλωρίδα και **εξυγιαίνει** το προϊόν. Λόγω του όξινου pH, της συγκέντρωσης αλατιού και χαμηλής aw, και λόγω της δράσης **βακτηριοσινών**
- **Σημείωση:** παστερίωση ή UHT δεν αδρανοποιούν πλήρως **θερμοάντοχες λιπάσες-πρωτεάσες** προερχόμενες από ψυχρότροφα βακτήρια (π.χ. pseudomonas) → αλλοίωση κατά τη συντήρηση
- Έτσι η αρχική ΟΜΧ στο γάλα είναι σημαντικό κριτήριο ποιότητας και συντηρησιμότητας (ιδανικά $\sim 10^3$)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Table 19.1 Some defects of fluid milk that result from microbial growth^a

Defect	Associated microorganisms	Type of enzyme	Metabolic product(s)
Bitter	Psychrotrophic bacteria, <i>B. cereus</i>	Protease Peptidase	Bitter peptides
Rancid	Psychrotrophic bacteria	Lipase	Free fatty acids
Fruity	Psychrotrophic bacteria	Esterase	Ethyl esters
Coagulation	<i>Bacillus</i> spp.	Protease	Casein destabilization
Sour	Lactic acid bacteria	Glycolytic	Lactic and acetic acids
Malty	Lactic acid bacteria	Oxidase	3-Methyl butanal
Ropy	Lactic acid bacteria	Polymerase	Exopolysaccharides

^aAdapted from J. F. Frank, p. 111–126, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

αλλοίωση τυριών

Table 19.2 Some defects of cheese which result from microbial growth^a

Defect	Associated microorganisms	Metabolic product
Open texture, fissures	Heterofermentative lactobacilli	Carbon dioxide
Early gas	Coliforms, yeasts	Carbon dioxide, hydrogen
Late gas	<i>Clostridium</i> spp.	Carbon dioxide, hydrogen
Rancidity	Psychrotrophic bacteria	Free fatty acids
Fruity	Lactic acid bacteria	Ethyl esters
White crystalline surface deposits	<i>Lactobacillus</i> spp.	Excessive D-lactate
Pink discoloration	<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	High redox potential

^aAdapted from J. F. Frank, p. 111–126, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

- Επίσης, *Bacillus* sp (*B. stearothermophilus*, *B. licheniformis*, *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. polymyxa*, *B. circulans*) μπορεί να προκαλέσουν προτεόλυση
- **Σημείωση:** Έμμεση αλλοίωση σε ζυμούμενα γαλακτοκομικά λόγω της δράσης **βακτηριοφάγων** (ιών που προσβάλλουν την καλλιέργεια εκκίνησης)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Ο ρόλος των σπορογόνων βακτηρίων στην αλλοίωση γαλακτοκομικών (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 αέριο, από Bacillus stearothermophilus, licheniformis, coagulans, macerans, subtilis)
- **Αλλοίωση τυριών**
 - Όψιμο φούσκωμα (CO₂, H₂, βουτυρικό από Clostridium tyrobutyricum, ιδίως σε υψηλό pH προς το τέλος της ωρίμανσης)
- **Αλλοίωση βουτύρου**
 - τάγγιση από λυπολυτικά στελέχη Bacillus-Clostridium

Σημείωση: η σπορογονία διεγείρεται μετά την παστερίωση, σημαντική η άμεση ψύξη!

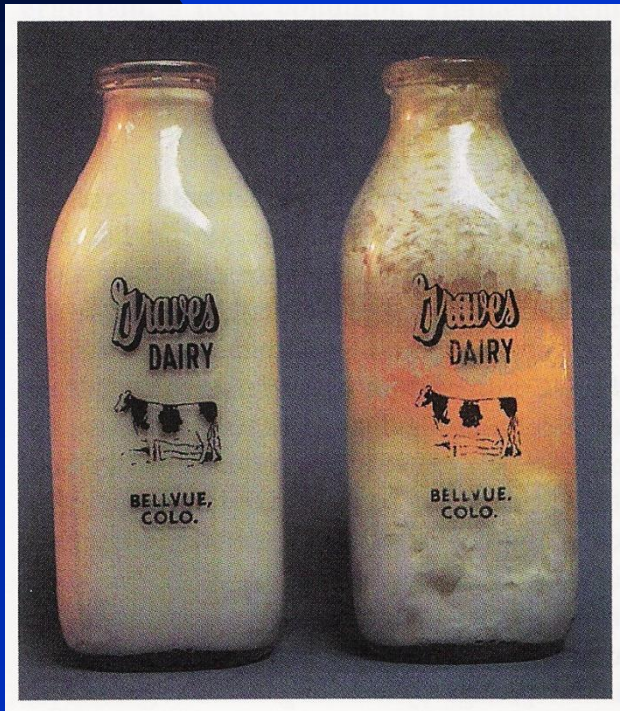
Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση γαλακτοκομικών από Ζύμες-Μύκητες

- **Τυριά, ξυνόγαλο, γιαούρτι, βούτυρο:** ευάλωτα σε ζύμες-μύκητες (λόγω pH, a_w)
- **Candida** παράγει αιθανόλη, ethyl acetate, ethyl butyrate → οσμή ζύμης
- Επίσης κυριαρχούν ζύμες *Debaryomyces hansenii*, *Kluyveromyces marxianus*, *Yarrowia lipolytica*, *Rhodotorula*, *Torulaspota*, *Pichia*.
- **Penicilium** (*P. commune*, *P. roqueforti*, *P. cyclospium*) τα πιο συνήθη σε μούχλα τυριών-γιαουρτιών → στόχοι για εκτίμηση διάρκειας ζωής
- Επίσης κοινοί μύκητες: *Aspergillus*, *Alternaria*, *Mucor*, *Fusarium*, *Cladosporium*, *Geotrichum*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

πηγμένο γάλα



μουχλιασμένο τυρί



Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Παθογόνα σε γαλακτοκομικά προϊόντα (σύντομη ματιά)

- *Brucella bovis*
- *Mycobacterium tuberculosis*
- *Listeria monocytogenes*
- *Staphylococcus aureus*
- *Clostridium perfringens*
- *Bacillus cereus*
- *Escherichia coli*
- *Salmonella*
- *Campylobacter jejuni*

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση-φρούτων-λαχανικών

- Τα φρούτα είναι όξινα τρόφιμα (pH ~ 3.0-4.0)
- Τα λαχανικά μέσης έως υψηλής οξύτητας (pH 3.0-5.5)
- Πληθώρα νερού και σακχάρων, έλλειψη πρωτεϊνών και λιπιδίων
- Συνήθως αερόβιες συνθήκες (εκτός από συσκευασίες MAP)
- Οι πηκτίνες και λιγνοκυτταρίνες των φυτών είναι δύσκολα αποικοδομήσιμες (ιδίως για τα βακτήρια)
- Έτσι, **μύκητες επικρατούν**, βακτήρια αναπτύσσονται σπάνια (μόνο σε λαχανικά)
- **Εξαίρεση: *Erwinia carotovora*** (πηκτινολυτικό βακτήριο, δεν απαιτεί οργανικό άζωτο, προκαλεί μαλακή-υδαρή σήψη σε λαχανικά και κάποια φρούτα (π.χ. αχλάδι)
- Επίσης σε λαχανικά συναντούμε: *Pseudomonads*, *Xanthomonas*, *Corynebacterium* (φυτοπαθογόνα)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση φρούτων-λαχανικών

- **Τραυματισμοί** στην επιδερμίδα, το **νερό** πλήσης και άρδευσης, το **χώμα** από όπου προέρχονται, η **θερμοκρασία** και κυρίως η **υγρασία** αποθήκευσης επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής τους
- **Μηχανισμός αλλοίωσης :**
 - (Αυτογήρανση-μαλάκωμα φυτικού ιστού από ενδογενή ένζυμα σε συλλεγμένα φρούτα-λαχανικά) + τραυματισμοί + πηκτινάσες-κυτταρινάσες) → απώλεια συνεκτικότητας του ιστού → ευάλωτα σε μικροβιακή μόλυνση
 - Μόλις καταστραφεί η επιδερμίδα τα μικρόβια διεισδύουν στο εσωτερικό → παράγονται **μουκοειδείς γλίτσες, οξέα, πτητικά οξέα, αμίνες και αμμωνία**
- Τα βακτήρια συμμετέχουν μόνο στην αλλοίωση λαχανικών
- Προσοχή σε **έτοιμες σαλάτες!** : παθογόνα βακτήρια όπως **L. monocytogenes, E. coli** μέσω μολυσμένου νερού, και χώματος → απαραίτητως χρήση χλωριωμένου νερού, καλό πλήσιμο, καθαροί περιέκτες (να μην υποτιμάται η ανάγκη καθαριότητας σε εργοστάσια επεξεργασίας φρούτων-λαχανικών)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

■ Αλλοιώσεις λαχανικών:

- Σε νωπά λαχανικά: Βακτήρια *Erwinia*, *Pseudomonas*, *Xanthomonas* → μαλακή σήψη, αποχρωματισμοί
- Συσκευασμένα σε MAP (5-20% CO₂) → δεν αναπτύσσονται ζύμομύκητες, μόνο LAB, *Enterococcus*, *Listeria*
- Σε κονσέρβες λαχανικών → σπόρια *Bacillus* & *Clostridium* → επίπεδη οξίνιση (*B. stearothermophilus*, *B. coagulans*) και διόγκωση (CO₂ και H₂ από *Cl. thermosaccharolyticum*)
- Πράσινες ελιές (γαλακτικής ζύμωσης) αλλοιώνονται-μαλακώνουν από ζύμες (*Rhodotorula*-παράγει πολυγαλακτουρονάσες)
- Μαύρες ελιές (ώριμάζουν με ζύμες) αναπτύσσουν αέρια από ετεροζυμωτικά γαλακτικά βακτήρια και άγριες ζύμες, 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* and *Lb. plantarum*)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση φρούτων

- **Δουλειά για «σκληρά καρύδια»** → **μύκητες**
- Σε φρέσκα φρούτα, ζύμες-μύκητες προκαλούν μαλακή σήψη και στίγματα
- Εξαίρεση : **Erwinia** προσβάλλει αχλάδια
- Ξηρά φρούτα (υγρασία <35%, $a_w < 0.85$) αλλιώνονται 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 οξυάντοχα → γεύση φαινόλης/φαρμάκου
- **Μαρμελάδες** (a_w 0.84-0.92) συντηρούνται καλύτερα λόγω θέρμανσης και συμπύκνωσης. Αλλοίωση από μύκητες
- **Κονσέρβες φρούτων** (~90°C) → σκοτώνονται υπό φυσιολογικές συνθήκες ζύμες-μύκητες, αλλά μπορεί να επιβιώσουν σκληρότια και ασκοσπόρια μυκήτων (**Byssochlamys fulva, Neosartorya, Talaromyces**) → μούχλα, πηκτινόλυση και μαλάκωμα υφής, δυσάρεστες οσμές
- Προσοχή: **μυκοτοξίνες** σε φρούτα, ιδίως ξηρά φρούτα λόγω κακής αποθήκευσης → **πολύ θερμοάντοχες !**

Table 19.3 Types of fungal spoilage of fruits and vegetables^a

Product involved	Type of spoilage	Mold responsible
Fruits		
Citrus fruits	<i>Alternaria</i> rot	<i>Alternaria</i>
Bananas	Anthraco nose (bitter rot)	<i>Colletotrichum musae</i>
Onions, sweet potatoes	Black rot	<i>Aspergillus niger</i> , <i>Ceratocystis fimriata</i>
Peaches	Brown rot	<i>Monilinia fructicola</i>
Bananas	Crown rot	<i>Colletotrichum musae</i> , <i>Fusarium roseum</i> , <i>Verticillium theobromae</i> , <i>Ceratocystis paradoxa</i>
Grapes	Gray mold rot	<i>Botrytis cinerea</i>
Pineapples	Pineapple black rot	<i>Ceratocystis paradoxa</i>
Tomatoes, citrus fruits	Sour rot	<i>Geotrichum candidum</i>
Apples, pears	Lenticel rot	<i>Cryptosporiopsis malicorticis</i> , <i>Phlyctaena vagabunda</i>
Citrus fruits	Green mold rot	<i>Penicillium digitatum</i>
Oranges	Blue rot	<i>Penicillium</i>
Peaches, cherries	<i>Cladosporium</i> rot	<i>Cladosporium herbarum</i>
Vegetables		
Onions	Black mold rot	<i>Aspergillus</i>
Carrots, cauliflower	Black rot	<i>Alternaria</i>
Lettuce, spinach	Downy mildew	<i>Bremia</i> , <i>Phytophthora</i>
Asparagus	<i>Fusarium</i> rot	<i>Fusarium</i>
Cabbage	Gray mold rot	<i>Botrytis</i>
Green beans	<i>Rhizopus</i> soft rot	<i>Rhizopus</i>
Onions	Smudge (anthracnose)	<i>Colletotrichum</i>
Potatoes	Tuber rot	<i>Fusarium</i>
Celery	Watery soft rot	<i>Sclerotinia</i>
Green beans	Wilt	<i>Pythium</i>
Oranges	Blue rot	<i>Penicillium</i>
Eggplant	Blight	<i>Phomopsis</i>
Bananas	Finger rot	<i>Pestalozzia</i> , <i>Fusarium</i> , <i>Gloeosporium</i>
Peaches	Pink rot	<i>Trichothecium</i>

^aAdapted from J. M. Jay, *Modern Food Microbiology*, 4th ed. (Van Nostrand Reinhold, New York, N.Y., 1992).

Table 8.5. Some Bacteria That Cause Field and Storage Spoilage of Vegetables

Organisms	Spoilage Condition/Products
<i>Corynebacterium michiganense</i>	Vascular wilt, canker; leaf and fruit spot on tomatoes, others
<i>C. nebraskense</i>	Leaf spot, leaf blight, and wilt of corn
<i>C. sepedonicum</i>	Tuber rot of white potatoes
<i>Curtobacterium flaccumfaciens</i> (formerly <i>Corynebacterium</i>)	Bacterial wilt of beans
<i>Pseudomonas agarici</i> and <i>P. tolaasii</i>	Drippy gill of mushrooms
<i>P. corrupta</i>	Tomato pith necrosis
<i>Pseudomonas cichorii</i> group	Bacterial zonate spot of cabbage and lettuce
<i>Pseudomonas marginalis</i> group	Soft rot of vegetables, side slime of lettuce
<i>P. morsprunorum</i> group (formerly <i>P. phaseolicola</i>)	Halo blight of beans
<i>P. syringae</i> group	
Formerly <i>P. glycinea</i>	Disease of soybeans
Formerly <i>P. lachrymans</i>	Angular leaf spot of cucumbers
Formerly <i>P. pisi</i>	Bacterial blight of pears
<i>P. tomato</i> group	Bacterial speck of tomatoes
<i>Xanthomonas campestris</i> . . . pv. <i>campestris</i>	Black rot of cabbage and cauliflower
<i>X. oryzae</i> . . . pv. <i>oryzae</i>	Bacterial blight of rice
pv. <i>oryzicola</i>	Bacterial leaf streak of rice

Table 19.4 Psychrotrophic and lactic acid bacteria and yeasts identified in stored vegetable salads^a

Organism^b	% of isolates
Psychrotrophic bacteria	
<i>Enterobacter intermedium</i>	1
<i>Pasteurella haemolytica</i> biovar T	1
<i>Pseudomonas</i> spp.	1
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	1
<i>Pseudomonas picketti</i> biovar 1	1
<i>Pseudomonas putrefaciens</i>	1
<i>Pseudomonas stutzeri</i> / <i>P. mendocina</i> group	1
<i>Salmonella enterica</i> serovar Choleraesuis	1
<i>Acinetobacter</i>	3
<i>Enterobacter agglomerans</i>	3
<i>Pasteurella ureae</i>	3
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	3
<i>Pseudomonas maltophilia</i>	3
<i>Staphylococcus cohnii</i>	4
<i>Acinetobacter antitratus</i>	5
<i>Chromobacterium violaceum</i>	7
<i>Pseudomonas putida</i>	8
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	19
ND	33

Lactic acid bacteria

<i>Lactobacillus curvatus</i>	2
<i>Lactobacillus lactis</i>	2
<i>Lactobacillus fermentum</i>	4
<i>Lactobacillus plantarum</i>	7
<i>Lactobacillus paracasei</i>	11
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	16
<i>Lactobacillus brevis</i>	22
ND	36

Yeasts

<i>Candida valida</i>	4
<i>Geotrichum</i> sp.	4
<i>Hansenula anomala</i>	4
<i>Rhodotorula splutinis</i>	4
<i>Torulopsis</i> spp.	4
<i>Candida lambica</i>	11
<i>Trichosporon</i> sp.	18
ND	50

^aAdapted from R. M. Garcia-Gimeno and G. Zurera-Cosano, *Int. J. Food Microbiol.* 36:31-38, 1997.

^bND, not determined.

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση σιτηρών-οσπρίων

- Φυτικά προϊόντα, με πολύ χαμηλή a_w (<0.65)
- Ελάχιστη μικροβιακή μόλυνση και αλλοίωση (μόνο από μύκητες) και μόνο όταν αποκτούν επιπλέον υγρασία
- 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!**
- Αν προστεθεί νερό/γάλα/αυγά π.χ. σε ζυμάρι → αύξηση a_w , ανάπτυξη ζυμών σε θερμοκρασία περιβάλλοντος
 - Τυπικός μύκητας του ψωμιού : *Rhizopus stolonifer*
 - Σπανίως, το ζυμάρι γίνεται γλοιώδες (λόγω ανάπτυξης του *Bacillus subtilis*, *B. licheniformis*) ή εμφανίζεται **ρόδιος αποχρωματισμός** (*Neorospira citophila*, *Serratia mascerans*)

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση γλυκαντικών υλών και καρυκευμάτων

- Βασικό φυσικοχημικό χαρακτηριστικό: πολύ χαμηλή aw
- Αλλοίωση μόνο αν συντηρηθούν υπό υψηλή σχετική υγρασία (RH)
- Επιμόλυνση σάκχαρης μπορεί να γίνει με :
 - Οσμώφιλες ζύμες (Torulaspora, Zygosaccharomyces) → μετατροπή γλυκόζης σε **φρουκτόζη** (ιμβερτάσες)
 - Leuconostoc mesenteroides → παραγωγή **δεξτράνης** (πολυμερές της γλυκόζης), αύξηση ιξώδους και πιθανή απόφραξη σωληνώσεων όπου ρέουν σιρόπια γλυκόζης
 - Clostridium sporogenes και Bacillus sp. Παράγουν CO₂ → **διόγκωση-σκάσιμο σε γλυκίσματα**
- Τα καρυκεύματα δεν αλλοιώνονται αν δεν εφυγρανθούν (χαμηλή ενεργότητα νερού + αντιμικροβιακά αιθέρια έλαια)
- Όμως, μεταφέρουν σπόρια βακτηρίων και μυκήτων σε άλλα τρόφιμα με επαρκή υγρασία

Αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί

Αλλοίωση αλκοολούχων ποτών

- Βασικά χαρακτηριστικά: χαμηλό pH, μέση ή υψηλή συγκέντρωση αλκοόλης,
- Σε πολύ υψηλή συγκέντρωση αλκοόλης (π.χ. ούισκου 40%) → καμία ανάπτυξη μικροβίων

Αλλοίωση μπύρας (pH 4.0-5.0, alcohol 5%)

- Υψηλό ιξώδες-γλοιώδης υφή από Acetobacter, Pediococcus, Lactobacillus, Gluconobacter
- Οξίνιση από Acetobacter (aceti)
- Θόλωμα και δυσσομίες από Zymomonas anaerobia (formerly Achromobacter anaerobium) ή άγριες ζύμες Saccharomyces (S. diastaticus – αποικοδομεί δεξτρίνες)
- Οξίνιση και υδρόθειο από Megasphaera cerevisiae and Selenomonas lactificifex (Gram- βακτήρια !)

Αλλοίωση κρασιού (pH ~ 3.5, alcohol 14-18%)

- Επιφανειακή ανάπτυξη ζύμης – βιοφίλμ της Candida valida biofilms (“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

ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μικροβιακοί δείκτες

- Προσφέρουν έμμεσες αλλά σαφείς ενδείξεις για την ποιότητα/ασφάλεια τροφίμων
- Μπορεί να είναι χαρακτηριστικοί μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται σε κάποιο τρόφιμο, ή προϊόντα μικροβιακού μεταβολισμού (αλκοόλες, ακετόνη, διοξείδιο του θείου, διοξείδιο του άνθρακα, κλπ).
- Για να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες θα πρέπει:
- - να είναι πάντα παρόντες και σε υψηλούς πληθυσμούς/συγκεντρώσεις στα τρόφιμα όπου χρησιμοποιούνται ως δείκτες
- - να συνδέονται άμεσα με την υποβάθμιση της ποιότητας ή και ασφάλειας του τροφίμου με το οποίο συσχετίζονται
- - να είναι εύκολα ανιχνεύσιμοι/προσδιορίσιμοι και διακριτοί από άλλα μικρόβια ή μεταβόλιτες αυτών.
- - να είναι εφικτός ο σχετικά άμεσος προσδιορισμός τους σε σύντομο χρόνο

ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μικροβιακοί δείκτες- Παραδείγματα:

- Γαλακτικά βακτήρια σε χυμούς φρούτων, μπύρα, κρασί (αλλοιώσεις γεύσης-οσμής, οξίνιση, παραγωγή CO₂)
- Enterococcus σε νερό (δείκτης εντερικής μόλυνσης - αποτελεσματικής χλωρίωσης)
- OMX (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

Μικροβιακοί δείκτες Ποιότητας/ασφάλεια τροφίμων

Μικροοργανισμοί-δείκτες

Table 6.1 Organisms highly correlated with product quality^a

Organism	Product(s)
<i>Acetobacter</i> spp.	Fresh cider
<i>Bacillus</i> spp.	Bread dough
<i>Byssochlamys</i> spp.	Canned fruits
<i>Clostridium</i> spp.	Hard cheeses
Flat-sour spores	Canned vegetables
Lactic acid bacteria	Beers, wines
<i>Lactococcus lactis</i>	Raw milk (refrigerated)
<i>Leuconostoc mesenteroides</i>	Sugar (during refining)
<i>Pectinatus cerevisiiphilus</i>	Beers
" <i>Pseudomonas putrefaciens</i> "	Butter
Yeasts	Fruit juice concentrates
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	Mayonnaise, salad dressing

^aSource: J. M. Jay, *Modern Food Microbiology*, 4th ed. (Chapman and Hall, New York, N.Y., 1992).

Μικροβιακοί μεταβολίτες-δείκτες

Table 6.2 Some microbial metabolic products that correlate with food quality^a

Metabolite(s)	Applicable food product(s)
Cadaverine and putrescine	Vacuum-packaged beef
Diacetyl	Frozen juice concentrate
Ethanol	Apple juice, fishery products
Histamine	Canned tuna
Lactic acid	Canned vegetables
Trimethylamine (TMA)	Fish
Total volatile bases (TVB), total volatile nitrogen (TVN)	Seafoods
Volatile fatty acids	Butter, cream

^aSource: International Commission on Microbiological Specifications of Foods, *Microorganisms in Foods 2. Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Applications*, 2nd ed. (University of Toronto Press, Toronto, Canada, 1986).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Παθογόνοι Μικροοργανισμοί και Παράγοντες

- **Gram- Βακτήρια**
 - Salmonella species
 - Campylobacter species
 - Escherichia coli
 - Yersinia enterocolitica
 - Shigella species
 - Vibrio species
- **Gram+ Βακτήρια**
 - Listeria monocytogenes
 - Staphylococcus aureus
 - Clostridium botulinum
 - Clostridium perfringens
 - Bacillus cereus
- **Μυκοτοξίνες από τοξιγενείς μύκητες** (Aspergillus, Penicilium, Fusarium)
- **Τροφογενείς ιοί**
- **Prions**
- **Προτόζωα-παράσιτα**

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Οι παθογόνοι μ/οι εκφράζουν την παθογένεια μέσω:

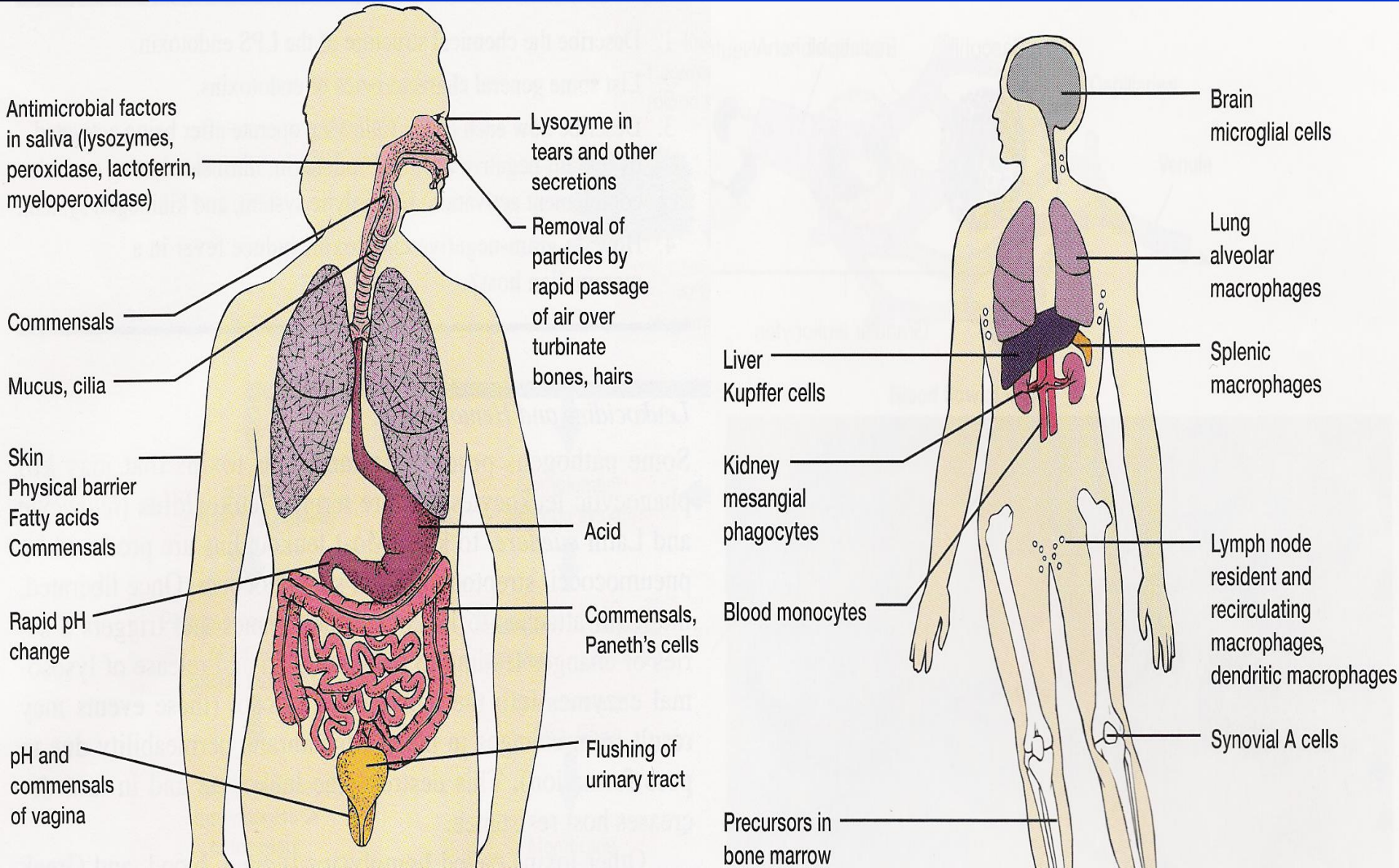
- Παραγωγής ενδο/εξωτοξίνης, που δρά ενάντια σε:
 - εντερικό ιστό
 - συκώτι και άλλα όργανα
 - νευρομυικό σύστημα
- Μεμβρανολυτικών ενζύμων που δρουν ενάντια σε κύτταρα του ανοσοποιητικού συστήματος
- Πρωτεϊνών και πολυσακχαριτών που υποβοηθούν τη προσκόλληση στην επιφάνεια κυττάρων-στόχων και την εξάπλωση σε επιφάνειες
- Άλλοι μηχανισμοί
- **Σημείωση:** βρέφη, ηλικιωμένοι, έγκυες και άτομα σε ανοσοκαταστολή είναι περισσότερο ευαίσθητα.

Table 29.4 Microbial Products (Virulence Factors) Involved in Pathogen Dissemination Throughout a Mammalian Host

Product	Organism Involved	Mechanism of Action
Coagulase	<i>Staphylococcus aureus</i>	Coagulates (clots) the fibrinogen in plasma. The clot protects the pathogen from phagocytosis and isolates it from other host defenses.
Collagenase	<i>Clostridium</i> spp.	Breaks down collagen that forms the framework of connective tissues; allows the pathogen to spread.
Deoxyribonuclease (along with calcium and magnesium)	Group A streptococci, staphylococci, <i>Clostridium perfringens</i>	Lowers viscosity of exudates, giving the pathogen more mobility.
Elastase and alkaline protease	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Cleaves laminin associated with basement membranes.
Exotoxin B (cysteine protease)	Group A streptococci, <i>Streptococcus pyogenes</i>	Degrades proteins.
Hemolysins	Staphylococci, streptococci, <i>Escherichia coli</i> , <i>Clostridium perfringens</i>	Lyse erythrocytes, causing anemia and weakened host defenses; make iron available for microbial growth.
Hyaluronidase	Groups A, B, C, and G streptococci, staphylococci, clostridia	Hydrolyzes hyaluronic acid, a constituent of the intercellular ground substance that cements cells together and renders the intercellular spaces amenable to passage by the pathogen.
Hydrogen peroxide (H ₂ O ₂) and ammonia (NH ₃)	<i>Mycoplasma</i> spp., <i>Ureaplasma</i> spp.	Are produced as metabolic wastes. These are toxic and damage epithelia in respiratory and urogenital systems.
Immunoglobulin A protease	<i>Streptococcus pneumoniae</i>	Cleaves immunoglobulin A into Fab and Fc fragments.
Lecithinase or phospholipase	<i>Clostridium</i> spp.	Destroys the lecithin (phosphatidycholine) component of plasma membranes, allowing pathogen to spread.
Leukocidins	Staphylococci, pneumococci, streptococci	Cause degranulation of lysosomes within leukocytes, which decreases host resistance; also kill leukocytes.
Porins	<i>Salmonella typhimurium</i>	Inhibit leukocyte phagocytosis by activating the adenylate cyclase system.
Protein A	<i>Staphylococcus aureus</i>	Located on cell wall. Immunoglobulin G (IgG) binds to protein A by its Fc end, thereby preventing complement from interacting with bound IgG.
Streptokinase (fibrinolysin, staphylokinase)	Group A, C, and G streptococci, staphylococci	A protein that binds to plasminogen and activates the production of plasmin, thus digesting fibrin clots; this allows the pathogen to move from the clotted area.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

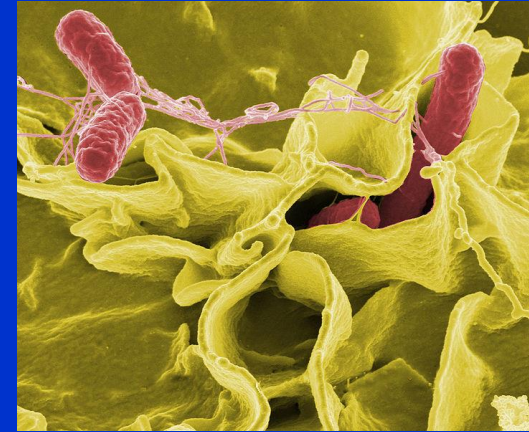
Μηχανισμοί αντίδρασης/πρόληψης ενάντια σε τροφοπαθογόνα μικρόβια



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Salmonella

- Προαιρετικά αναερόβια ραβδιά της οικογένειας Enterobacteriaceae family, με ή χωρίς μαστίγιο
- Κύρια αιτία τροφικών δηλητηριάσεων με αυξανόμενα κρούσματα
- Χαμηλή θνησιμότητα
- Πολλαπλοί ορότυποι με σωματικά (O) και μαστιγιακά (H) αντιγόνα
- Σύνηθη κρούσματα σε πουλερικά και αυγά, λιγότερα σε άλλα κρέατα και αλλαντικά
- Πιθανόν και κρούσματα σε λαχανικά λόγω κακής υγιεινής και μολυσμένου νερού



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Salmonella

■ Παραδείγματα
κρουσμάτων
παγκοσμίως

Table 7.2 Trends in foodborne salmonellosis

Country	Annual no. of reported incidents					No. of cases ^a
	1985	1987	1989	1991	1993	
Austria	124	151	440	963	— ^b	NA ^c
Bulgaria	15	10	12	13	—	2.1–13.9
Canada	59	53	51	28	43	0.5–3.8
Czechoslovakia	94	120	258	—	—	94.2–258.0
Denmark	12	5	5	11	—	27.0–69.0
England and Wales	372	421	935	936	—	22.0–45.0
Finland	11	3	2	4	—	89.1–153.2
France	7	178	462	477	626	NA
Germany	ND ^d	ND ^d	23	62	—	103.5–242.7
Hungary	116	122	131	110	—	86.7
Japan	—	90	146	159	—	2.9–8.2
Poland	380	690	709	625 ^e	—	44.1–91.8
Scotland	133	180	151	115	—	35.0–46.0
United States	79	52	117	122	—	1.1–2.5

^aRange of cases per 100,000 population within the review period (1985 to 1993).

^b—, data not published.

^cNA, not available.

^dND, no data; German reunification did not occur until 1989.

^eEstimated from graphic representation of data.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Εύρος θερμοκρασίας, pH και a_w για ανάπτυξη *Salmonella* spp.

Table 7.4 Physiological limits for the growth of *Salmonella* spp. in foods and bacteriological media

Parameter	Limits (time to double in number)		Product	Serovar(s)
	Minimum	Maximum		
Temp (°C)	2 (24 h)		Minced beef ^a	Typhimurium
	2 (2 days)		Minced chicken ^b	Typhimurium
	4 (≤10 days)		Shell eggs ^b	Enteritidis
		54.0 ^c	Agar medium	Typhimurium
pH	3.99 ^d		Tomatoes	Infantis
	4.05 ^e		Liquid medium	Anatum, Tennessee, Senftenberg
		9.5	Egg washwater ^b	Typhimurium
a_w	0.93 ^f		Rehydrated dried soup ^b	Oranienburg

^aNaturally contaminated.

^bArtificially contaminated.

^cMutants selected to grow at elevated temperature.

^dGrowth within 24 h at 22°C.

^eAcidified with HCl or citric acid; growth within 24 h at 30°C.

^fGrowth within 3 days at 30°C.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Φυσιολογία της Salmonella

- Μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης στους 37°C, αναπτύσσεται σε 2-54°C
- Αναπτύσσεται σε pH 4.5 to 9.5
- Αναστολή σε 3-4% NaCl, ή κάτω από aw 0.93
- Μπορεί να επιβιώσει κατά τη συσκευασία MAP
- Παράγει οξύ και αέριο από γλυκόζη, δεν ζυμώνει τη λακτόζη ή τη σακχαρόζη
- Καταστροφή με παστερίωση, ή με πολύ καλό μαγείρεμα

Πηγές και Αίτια μολύνσεων με Salmonella

- Ζωοτροφές με ζωικά υπολείμματα σφαγείων
- Υπερεντατική εκτροφή ζώων
- Προσαρμογή σε υποθανάτιες συνθήκες
- Μόνο λίγα κύτταρα (1cfu/gr) μπορεί να αρκούν για την πρόκληση ασθένειας
- Είσοδος κυττάρων σε λιπώδη μικκύλια → προστασία και επιβίωση σε λιπαρά τρόφιμα

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Ασθένεια και συμπτώματα Salmonella

- Πρόσδεση και εισβολή σε επιθηλιακά κύτταρα του εντέρου
- Έκκριση διαρροϊκών εντεροτοξινών :
- (α) **Τυφοειδής (εντερικός) πυρετός**: διάρροια με διαρκή πυρετό, κοιλόπνοος, κεφαλόπνοος, χρόνος επώασης 7-28 μέρες, αντιμετώπιση με αντιβίωση
- (β) **Εντεροκολίτιδα** : μη αιματώδη διάρροια, κοιλόπνοος, χρόνος επώασης 8-72 h
- Ορισμένες φορές προκαλεί χρόνιες καταστάσεις, π.χ. αρθρίτιδα.

Μέτρα πρόληψης

- Ζωοτροφές χωρίς (σάπια) ζωικά υπολείμματα σφαγείων
- Λιγότερο εντατικές μορφές εκτροφής ζώων/ψαριών
- Καλό ψήσιμο κρεάτων-πουλερικών
- Καλή ατομική υγιεινή

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Μολυσματική δόση για διαφορετικά υποείδη και ορότυπους

Table 7.5 Human infectious doses of *Salmonella*^a

Food	Serovar(s)	Infectious dose (CFU) ^b
Eggnog	Meleagridis	10 ⁶ -10 ⁷
	Anatum	10 ⁵ -10 ⁷
Goat cheese	Zanzibar	10 ⁵ -10 ¹¹
Carmines dye	Cubana	10 ⁴
Imitation ice cream	Typhimurium	10 ⁴
Chocolate	Eastbourne	10 ²
Hamburger	Newport	10 ¹ -10 ²
Cheddar cheese	Heidelberg	10 ²
Chocolate	Napoli	10 ¹ -10 ²
Cheddar cheese	Typhimurium	10 ⁰ -10 ¹
Chocolate	Typhimurium	≤10 ¹
Paprika potato chips	Saint-Paul, Javiana, Rubislaw	≤4.5 × 10 ¹
Alfalfa sprouts	Newport	≤4.6 × 10 ²
Ice cream	Enteritidis	≤2.8 × 10 ¹

^aAdapted from J.-Y. D'Aoust, *Int. J. Food Microbiol.* 24:11-31, 1994.

^bCFU, colony-forming units.

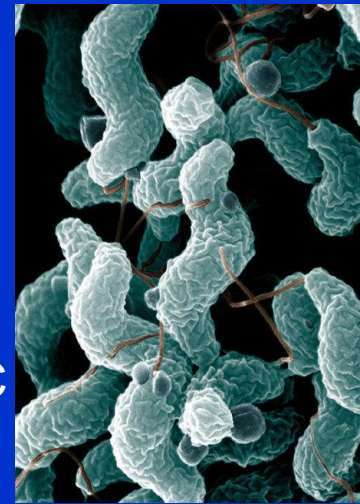
Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Campylobacter jejuni, Campylobacter coli

- Καμπυλωτά ραβδία της οικογένειας Campylobacteriaceae
- Παράγουν εντεροτοξίνες παρόμοιες με αυτές τις χολέρας

Φυσιολογία:

- **Μικροαερόφιλοι μ/οι** (5% O₂ και 10% CO₂)
- Βέλτιστη ανάπτυξη σε 42°C, επιβίωση καλύτερα σε 4°C παρά 25°C
- Αναπτύσσονται σε χολικά άλατα στους 37°C
- Ευαίσθητα σε περιβαλλοντικές συνθήκες
- Δεν αναπτύσσονται κάτω από 30°C, ευαίσθητα σε ξήρανση, πολύ οξυγόνο, χαμηλό pH, ακτινοβολία, κατάψυξη και θέρμανση (καταστροφή με παστερίωση)



Πηγές: άγρια ζώα και κόπρανα/ούρα αυτών, πουλερικά, ωμό γάλα, νερό (viable but not culturable in water)

Κρούσματα: 111 μεγάλα κρούσματα στις ΗΠΑ από 978-1996 (κυρίως μέσω απαστερίωτου γάλακτος και επαφής με ζώα)

Μολυσματική δόση: <1000cfu/gr

Συμπτώματα: υδατώδης διάρροια, πυρετός, φλεγμονή στο έντερο (ή αιματώδη κόπρανα)

- Αυτοπεριοριζόμενη ασθένεια , δεν απαιτούνται φάρμακα.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Πηγές και κρούσματα του *Campylobacter*

Table 8.3 Isolation of *Campylobacter* from different food sources^a

Product	% Positive samples
Chicken	14–98
Turkey	3–25
Duck	48
Goose	38
Cow milk	0–12.3
Goat milk	0
Ewe's milk	0
Beef	0–23.6
Pork	1–23.5
Lamb	0–15.5
Sheep	3
Offal	47
Mussels	47–69
Oysters	6–27
Vegetables	<5

^aSource: W. Jacobs-Reitsma, p. 467–481, in I. Nachamkin and M. J. Blaser (ed.), *Campylobacter*, 2nd ed. (ASM Press, Washington, D.C., 2000).

Table 8.2 Foodborne and waterborne outbreaks of *Campylobacter* infections reported in the United States, by vehicle, 1978 to 1996^a

Origin	No. of outbreaks	No. of outbreak-associated cases
Foodborne		
Milk	30	1,212
Chicken	2	16
Turkey	1	11
Beef	1	24
Other meat	2	30
Eggs	1	26
Fruits	4	227
Other foods	4	251
Multiple foods	10	411
Unknown food	42	2,775
Waterborne		
Community water supply	8	5,068
Other water supply	4	104
Total	109	10,155

^aReprinted from C. R. Friedman, J. Neimann, H. C. Wegener, and R. V. Tauxe, p. 121–138, in I. Nachamkin and M. J. Blaser (ed.), *Campylobacter*, 2nd ed. (ASM Press, Washington, D.C., 2000).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Escherichia coli

- Πολλά μεγάλα κρούσματα παγκοσμίως (196 στις USA in 1998)
- **E. coli O157:H7** : 73,480 περιστατικά και 61 θάνατοι στις ΗΠΑ ετησίως
- **Non-O157:H7 E. coli** EHEC strains: 37,740 περιστατικά και 30 θάνατοι στις ΗΠΑ ετησίως
- 5 μολυσματικοί τύποι με αντιγόνα O (somatic), H (flagellar), και K (capsule)
- **EPEC**: enteropathogenic E. coli, έντονη διάρροια σε βρέφη
- **ETEC**: enterotoxigenic, διάρροια των ταξιδιωτών (και σε βρέφη), παράγει θερμοάντοχη εντεροτοξίνη
- **EIEC**: enteroinvasive, μη αιματώδη διάρροια και δυσεντερία
- **DAEC**: diffusely adhering, κυρίως σε μικρά παιδιά
- **EAEC**: enteroaggregative, διάρροια σε βρέφη και παιδιά
- **EHEC**: enterohaemorrhagic, αιματώδη διάρροια , περιλαμβάνει την O157:H7
- Πηγές : κόπρανα ανθρώπων και ζώων, μολυσμένο νερό, ωμό γάλα-κρέας
- Εκτός από ζωικά τρόφιμα, μπορεί να επιμολύνει φρούτα, λαχανικά, χυμούς.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Εμφάνιση της *E. coli* σε τρόφιμα

Table 9.3 Leading vehicles or modes of transmission associated with *E. coli* O157:H7 outbreaks in the United States, 1982 to 1998^a

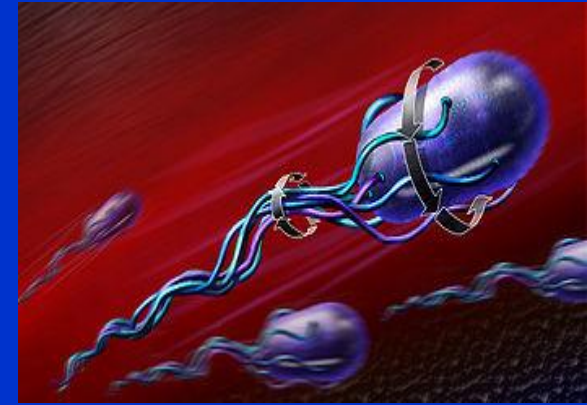
Rank	Vehicle	No. of outbreaks (% of known modes of transmission)
1	Ground beef	48 (33.1)
2	Person to person	37 (25.5)
3	Vegetables, salad bars	18 (12.4)
3	Water, swimming water	18 (12.4)
5	Raw milk, milk	4 (2.8)
5	Apple cider, juice	4 (2.8)
7	Roast beef	3 (2.1)
	Others	13 (9.0)
	Unknown	51

^aSource: P. M. Griffin, personal communication, 2000.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Φυσιολογία

- Ιδιαίτερως οξυάντοχη, (παράγει η ίδια οξέα), αναπτύσσεται μέχρι pH 4.0-4.5
- Παράγει CO₂ από γλυκόζη
- Αντοχή σε αντιβιοτικά
- Καταστροφή με παστερίωση (68°C x seconds)
- Ευαίσθητη στην ακτινοβολία (εγκεκριμένη μέθοδος για επεξεργασία ωμού κρέατος στις ΗΠΑ)
- Συμπτώματα: αιματώδη ή μη διάρροια, κοιλόπυονος και κοιλιακές κράμπες, νεφροπάθειες
- Χρόνος επώασης 3-4 μέρες, διάρκεια 4-10 μέρες
- Θνησιμότητα 1%
- Μολυσματική δόση <100 cfu/gr
- Σημείωση: μεταφέρεται από άτομο σε άτομο !
- Προληπτικά μέτρα: χλωρίωση νερού, καλό μαγείρεμα τροφίμων



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Yersinia enterocolitica

- Προαιρετικά αναερόβια ραβδιά της οικογένειας Enterobacteriaceae
- Μεταφέρονται μέσω εντόμων στα ζώα, και από εκεί σε ζωικά τρόφιμα
- Κύριο αίτιο δηλητηρίασης: Ωμά ζωικά προϊόντα
- Επικολλάται στο επιθήλιο του εντέρου και μπορεί να εισβάλει σε αυτό

Φυσιολογία

- Ασυνήθιστα ψυχρότροφο (ανάπτυξη σε 4°C, αντέχει στην κατάψυξη)
- Ευρύ pH ανάπτυξης (4-10), οξυάντοχο (παραγωγή αμμωνίας και αλκαλικών ουσιών από την υδρόλυση της ουρίας)
- Καταστρέφεται με παστερίωση (72 °C x 18 sec) ακτινοβοληση, και με νιτρώδη άλατα
- Αντέχει 5% NaCl

Χαρακτηριστικά ασθένειας: αυτοπεριοριζόμενη διάρροια (γαστρεντερίτιδα), πυρετός, κοιλόπνοος, κυρίως σε μικρά παιδιά.

- Μολυσματική δόση: >10000 cfu/gr
- **Σημείωση**: Αν περάσει στην κυκλοφορία του αίματος (βακτηραιμία) η θνησιμότητα είναι 30-60%
- Ίσως προκαλέσει αυτοάνοσες ασθένειες (αρθρίτιδα, υπο/υπερθυρεοειδισμό)

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Εμφάνιση της *Y. enterocolitica* σε τρόφιμα

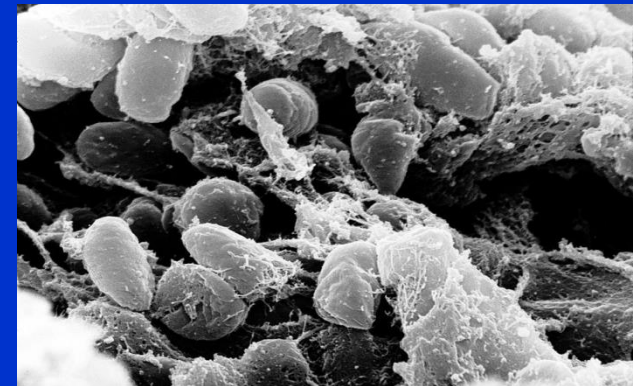


Table 10.3 Selected foodborne outbreaks of infection with *Y. enterocolitica*

Location	Yr	Mo	No. of cases	Serogroup	Source
Canada	1976	April	138	O:5,27	Raw milk? ^a
New York	1976	September	38	O:8	Chocolate-flavored milk
Japan	1980	April	1,051	O:3	Milk
New York	1981	July	159	O:8	Powdered milk; chow mein
Washington	1981	December	50	O:8	Tofu and spring water
Pennsylvania	1982	February	16	O:8	Bean sprouts and well water
Southern United States	1982	June	172	O:13a,13b	Milk?
Hungary	1983	December	8	O:3	Pork cheese (sausage)
Georgia (United States)	1989	November	15	O:3	Pork chitterlings
Northeastern United States	1995	October	10	O:8	Pasteurized milk?

^a?, bacteria were not isolated from the suspected source.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Shigella (S. sonnei, S. dysenteriae, S. flexneri, S. boydii)

- Ραβδιά της Οικ. Enterobacteriaceae, παρόμοια με την Escherichia and Salmonella
- Ζυμώνουν τη λακτόζη (τα μόνα στην οικογένεια Enterobacteriaceae)
- Αναστέλλονται με 4% NaCl, όξινο pH (αν και επιβιώνουν σε pH 2-3 για κάποιες ώρες)
- Ευαίσθητα σε θέρμανση και ακτινοβολία
- Επιβιώνουν καλύτερα υπό ψύξη/κατάψυξη, παρά σε θερμοκρασία δωματίου !

Πηγές: σε διάφορα τρόφιμα

- Μόλυνση τροφίμων συνήθως μέσω μολυσμένων χεριών ή νερού μολυσμένου με κόπρανα

Symptoms: αιματώδη, βλενώδη κόπρανα (δυσεντερία) με κοιλόπονο και ίσως πυρετό

- **Χρόνος επώασης:** 1-3 μέρες, διάρκεια 1-2 weeks (αυτοπεριοριζόμενη, αν και δεν αποκλείεται χρήση αντιβιοτικών ή και εισαγωγή σε νοσοκομείο σε οξεία περιστατικά)
- Ανιχνεύονται σε κόπρανα εβδομάδες μετά την πάροδο της ασθένειας
- Λίγα κύτταρα αρκούν για μόλυνση, δύσκολη η ανίχνευση

Πρόληψη: καλή ατομική υγιεινή, χλωρίωση νερού

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Shigella outbreaks and food sources

Table 11.1 Examples of foodborne outbreaks caused by *Shigella* spp.

Yr	Location	Source of contamination ^a	Isolate
1986	Texas	Shredded lettuce	<i>S. sonnei</i>
1987	Rainbow Family gathering	Food handlers	<i>S. sonnei</i>
1988–1989	Monroe, N.Y.	Multiple sources	<i>S. sonnei</i>
1988	Outdoor music festival, Michigan	Food handlers	<i>S. sonnei</i>
1988	Commercial airline	Cold sandwiches	<i>S. sonnei</i>
1989	Cruise ship	Potato salad	<i>S. flexneri</i>
1990	Operation Desert Shield (U.S. troops)	Fresh produce	<i>Shigella</i> spp.
1991	Alaska	Moose soup	<i>S. sonnei</i>
1992–1993	Operation Restore Hope, Somalia (U.S. troops)		<i>Shigella</i> spp.
1994	Europe	Shredded lettuce from Spain	<i>S. sonnei</i>
1994	Midwest	Green onions	<i>S. flexneri</i>
1994	Cruise ship		<i>S. flexneri</i>
1998	Various U.S. locations	Fresh parsley	<i>S. sonnei</i>
2000	West Coast	Bean dip	<i>S. sonnei</i>

^aThe source of contamination is listed when known.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Vibrio (V. parahaemolyticus, V. cholerae)

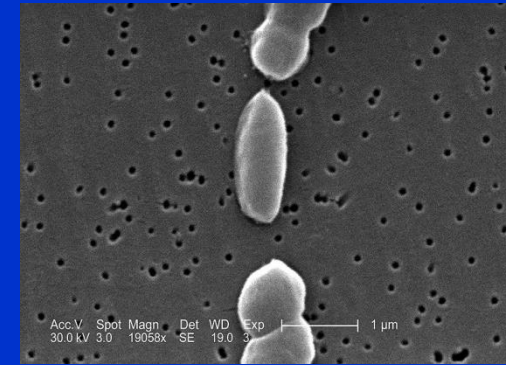
- Μέρος της μικροχλωρίδας υδάτων
 - Βρίσκεται στο 50% των αλιευμάτων
 - Υψηλοί πληθυσμοί το καλοκαίρι (ευαίσθητο στο κρύο)
 - Θανάτωση με θέρμανση στους 60°C για λίγα λεπτά
 - Ευαίσθητα σε ακτινοβολία, υδροστατικές πιέσεις, καρκεύματα και συντηρητικά
- V. cholerae προκαλεί χολέρα, (κίνδυνος επιδημίας!) μέσω της τοξίνης της χολέρας (CT)

- **Συμπτώματα:** εκρηκτική υδατώδη διάρροια με βλέννα και εμφάνιση «κόκκων ρυζιού» στα κόπρανα, κοιλιακός πόνος, εμετός
- **Χρόνος επώασης:** αρκετές ώρες έως ημέρες (ανάλογα με τον αρχικό πληθυσμό)

V. parahaemolyticus προκαλεί γαστρεντερίτιδα

- 40 μεγάλα κρούσματα και 1000 περιστατικά από 1973-1998, αλλά στα 1960's 70% όλων των τροφικών δηλητηριάσεων οφείλονταν στο Vibrio
- **Συμπτώματα:** διάρροια, κοιλιακές κράμπες, εμετός, πυρετός (υποχωρούν σε 3-5 μέρες)
- Χρόνος επώασης : ~ 24 ώρες; $>10^5$ cfu/gr απαιτούνται για ασθένεια

Πρόληψη: Ψύξη και καλό μαγείρεμα αλιευμάτων, χλωρίωση νερού.



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Listeria monocytogenes

- Ψυχρότροφα, μικροαερόφιλα ραβδιά με αιμολυτική δράση
- **Πηγή** : έδαφος και νερό
- 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 **vaccum/MAP** !
- ~2000 περιστατικά ετησίως, 500 θάνατοι (**Θνησιμότητα 25% !**)
- **Τα κρούσματα** συνδέονται με έτοιμα προς κατανάλωση φαγητά, μαλακά τυριά, ωμό γάλα, αλλαντικά, πουλερικά, ψάρια, λαχανικά και σαλάτες
- Εισέρχεται στη βιομηχανία με το χώμα που μεταφέρεται με τα παπούτσια εργατών, με οχήματα, κλπ, 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

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Listeria monocytogenes

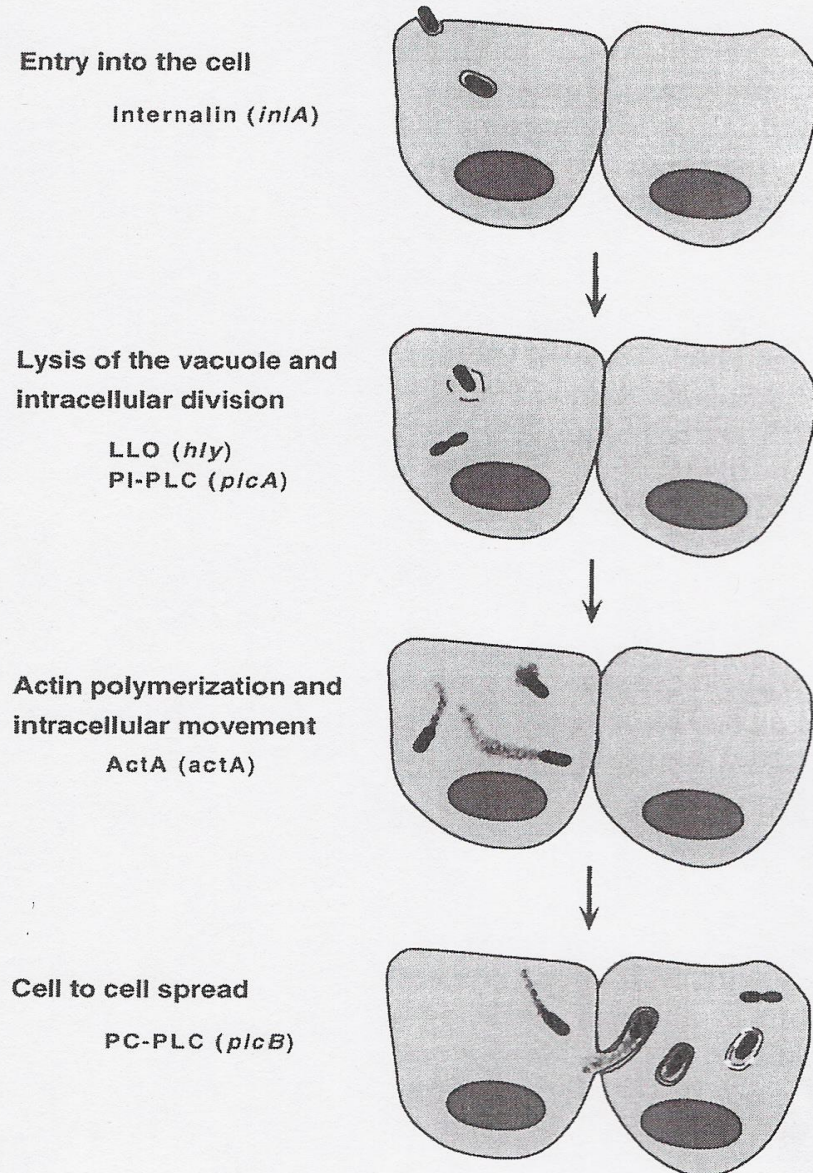
- **Εμφάνιση σε τρόφιμα:** ωμό κοτόπουλο 60%, 16% σε έτοιμα φαγητά, συχνά σε λαχανικά
- “Μηδενική ανοχή” (απουσία σε 25g τροφίμου)
- **Χαρακτηριστικά λιστερίωσης:**
- **Συμπτώματα** περιλαμβάνουν σηψαιμία, μηνιγγίτιδα, (μοιάζουν με συμπτώματα γρίπης)
- Κάποιες φορές προκαλεί απλή γαστρεντερίτιδα με πυρετό (δόση $>10^5$)
- **Χρόνος επώασης μέχρι 5 εβδομάδες** (δύσκολο να ανιχνευθεί ως αίτιο μόλυνσης)
- Πολλά άτομα εκτίθενται αλλά δεν αρρωσταίνουν
- **Μοναδικός τρόπος ανάπτυξης εντός του ξενιστή:** εισβολή μέσω των μεμβρανών των επιθηλιακών κυττάρων του εντέρου, μετάδοση από κύτταρο σε κύτταρο του εντέρου \Rightarrow αποφεύγει τα αντιβιοτικά και μπορεί να φτάσει στον εγκέφαλο και τον πλακούντα
- **Δεν παράγει τοξίνες**
- Η *L.monocytogenes* προκαλεί ευρύτερη διέγερση του ανοσοποιητικού c
- **Πρόληψη:** καλή υγιεινή και επαρκής θερμική επεξεργασία

Δείσδυση στα επιθηλιακά κύτταρα από τη *L. monocytogenes*

Κύτταρα *L. monocytogenes* με μαστίγιο



Figure 13.3 Schematic representation of *L. monocytogenes* cell-to-cell spread. (Reprinted from B. Swaminathan, p. 383–409, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville [ed.], *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, 2nd ed. [ASM Press, Washington, D.C., 2001].)



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Staphylococcus aureus

- Φυσικός 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 απόδραση)
- Συχνή αιτία γαστρεντερίτιδων, λόγω της παραγωγής **εντεροτοξινών**
- Μπορεί ο μικροοργανισμός να καταστραφεί (π.χ. με θέρμανση) αλλά η τοξίνη να παραμένει ενεργή! (Προσοχή στην μικροβιολογική ποιότητα α' υλών)
- **Φυσιολογία:** ανθεκτικός σε χαμηλή aw (0.86), αλάτι (20%), αντιβιοτικά, νιτρώδη-νιτρικά, αλλά καταστρέφεται με το καλό μαγείρεμα (όχι όμως η τοξίνη, αν έχει ήδη παραχθεί)
- **Σημείωση:** 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)
- **Συμπτώματα:** εμετός, κράμπες, διάρροια, ναυτία, πολύ μικρή θνησιμότητα
- Πολύ σύντομος χρόνος επώασης (30-60min to 6h), δεν απαιτείται φαρμακευτική αγωγή
- Μολυσματική δόση : $>10^5$ cfu/gr [1ng toxin/gr τροφίμου]

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Κρούσματα *S. aureus* σε τρόφιμα

Table 14.2 Prevalence of *S. aureus* in several common food products^a

Product	No. of samples tested	% Positive for <i>S. aureus</i>	<i>S. aureus</i> content (CFU/g)
Ground beef	74	57	≥100
	1,830	8	≥1,000
	1,090	9	>100
Big game	112	46	≥10
Pork sausage	67	25	100
Ground turkey	50	6	>10
	75	80	>3.4
Salmon steaks	86	2	>3.6
Oysters	59	10	>3.6
Blue crab meat	896	52	≥3
Peeled shrimp	1,468	27	≥3
Lobster tail	1,315	24	≥3
Assorted cream pies	465	1	≥25
ona pot pies	1,290	2	≥10
Delicatessen salads	517	12	≥3

^aAdapted from L. M. Jablonski and G. A. Bohach, p. 411–434, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, 2nd ed. (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

^bDetermined by either direct plate count or most-probable-number technique.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Clostridium botulinum

- Αναερόβια σπορογόνα ραβδιά που ζουν στο έδαφος και παράγουν **θανατηφόρο νευροτοξίνη**
- Σπάνια τα κρούσματα, αλλά πολύ υψηλή θνησιμότητα (απαιτείται νοσηλεία και άμεση χορήγηση αντιτοξίνης)
- **Φυσιολογία:**
 - 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 γαλακτικά βακτήρια (και οι καλλιέργειες εκκίνησης) αναστέλλουν την ανάπτυξη του C. botulinum (παραγωγή οξέων, βακτηριοσινών, H₂O₂, κλπ)
- Τα σπόρια είναι πολύ ανθεκτικά στην ακτινοβολία
- **Διαθέτει τα πλέον θερμοάντοχα σπόρια (αντοχή μέχρι 121°C):** αποτελούν το στόχο της εμπορικής αποστείρωσης μη όξινων κονσερβών
- **Δράση νευροτοξινών:** παράλυση νευρικών κυττάρων, θολωμένη όραση, καρδιακή ή αναπνευστική ανεπάρκεια (μολυσματική δόση > 10⁴ cfu/gr)
- Ωστόσο, η τοξίνη του C. botulinum είναι θερμοευαίσθητη.
- **Πρόληψη:** αποφυγή οικιακών κονσερβών για μη όξινα τρόφιμα, ψύξη τροφίμων, αποθήκευση κονσερβών σε δροσερό και στεγνό περιβάλλον

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Τύποι του Clostridium botulinum και παραγωγή νευροτοξινών

Table 15.2 Grouping and characteristics of *C. botulinum*^a

Characteristic	Value for group:			
	I	II	III	IV
Neurotoxin type(s)	A, B, F	B, E, F	C, D	G
Minimum temp for growth (°C)	10	3	15	ND
Optimum temp for growth (°C)	35–40	18–25	40	37
Minimum pH for growth	4.6	ca. 5	ND	ND
Inhibitory NaCl concentration (%)	10	5	ND	ND
Minimum a _w for growth	0.94	0.97	ND	ND
D _{100°C} of spores (min)	25	<0.1	0.1–0.9	0.8–1.12
D _{121°C} of spores (min)	0.1–0.2	<0.001	ND	ND

^aND, not determined. Reprinted from J. W. Austin, p. 329–349, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Περιστατικά βουτιλισμού (ή αλλαντίασης) παγκοσμίως

Table 15.1 Reported foodborne botulism cases

Country	Period	No. of cases	Usual type	Usual food
Argentina	1979–1997	277	A	Preserved vegetables
Belgium	1988–1998	10	B	Meats
Canada	1985–1999	183	E	Traditional Inuit fermented marine mammal meat
China	1958–1989	2,861	A, B	Fermented bean products
France	1988–1998	72	B	Home-cured ham
Germany	1988–1998	177	B	Meats
Iran	1972–1974	314	E	Fish
Italy	1988–1998	412	B	Vegetables preserved in oil or water
Japan	1951–1987	479	E	Fish or fish products
Norway	1975–1997	26	E	<i>Rakfisk</i> (traditional fermented fish)
Poland	1988–1998	1,995	B	Home-preserved meats
Russia	1988–1992	2,300	B	Home-preserved mushrooms, fish
Spain	1988–1998	92	B	Vegetables
United States	1950–1996	1,087	A	Vegetables

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Εμφάνιση σπορίων *C. botulinum* σε τρόφιμα

Table 15.4 Prevalence of *C. botulinum* spores in food^a

Product	Origin	% Positive samples	MPN/kg	Type(s) identified
Eviscerated whitefish chubs	Great Lakes	12	14	E, C
Vacuum-packed frozen flounder	Atlantic Ocean	10	70	E
Dressed rockfish	California	100	2,400	A, E
Salmon	Alaska	100	190	A
Smoked salmon	Denmark	2	<1	B
Salted carp	Caspian Sea	63	490	E
Fish and seafood	Osaka, Japan	8	3	C, D
Raw meat	North America	<1	0.1	C
Cured meat	Canada	2	0.2	A
Raw pork	United Kingdom	0–14	<0.1–5	A, B, C
Random honey samples	United States	1	0.4	A, B
Honey samples associated with infant botulism	United States	100	8×10^4	A, B

^aReprinted from J. W. Austin, p. 329–349, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

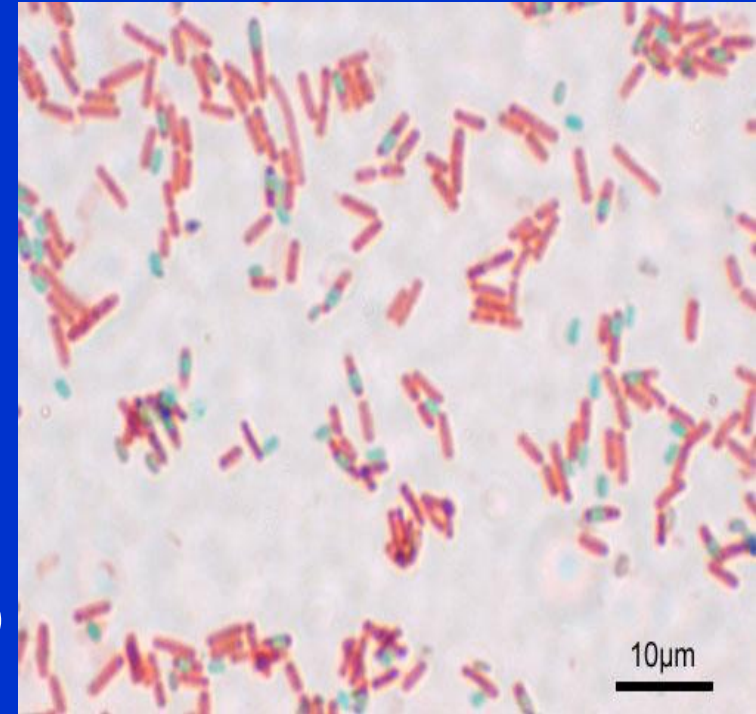
Clostridium perfringens

- Ανερόβια σπορογόνα ραβδιά που παράγουν **εντεροτοξίνη** (τα περισσότερα από τα στελέχη που απομονώνονται).
- Βρίσκονται στο έδαφος, στη σκόνη, στο ωμό κρέας, στον εντερικό σωλήνα
- Είναι θερμοάντοχα ($>100^{\circ}\text{C}$), αλλά δεν αναπτύσσονται στους 6°C , είναι ευαίσθητα σε $\text{pH}<5.0$, και σε $\text{aw}<0.93$
- Ωστόσο, **σπόρια** που δεν έχουν εκβλαστήσει μπορεί να παραμείνουν ζωντανά (αδρανή) για μεγάλα χρονικά διαστήματα ή έπειτα από διάφορες επεξεργασίες (Προσοχή σε καρυκεύματα και ξηρές τροφές)
- Είναι η αιτία της 3^{ης} πιο συχνής τροφικής δηλητηρίασης στις ΗΠΑ με ~7 θανάτους/έτος
- Συνήθη τρόφιμα-πηγές το κρέας και τα πουλερικά
- **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!
- **Συμπτώματα:** διάρροια και κοιλιακοί πόνοι (ήπια και αυτοπεριοριζόμενα συμπτώματα) αναπτύσσονται μέσα σε 8-16h, διαρκούν 1-2 μέρες, αλλά στα νεογνά μπορεί να προκαλέσουν ξαφνικό θάνατο (Sudden infant death-**SID**)!
- Η τοξίνη συντίθεται στο έντερο κατά τη διαδικασία σπορογένεσης
- Το *C. perfringens* παράγει **H2S** σε πρωτεϊνούχα τρόφιμα (δυσάρεστη οσμή σήψης), άρα τα τρόφιμα αυτά γίνονται μη αποδεκτά πριν καταναλωθεί ο μικροοργανισμός
- **Πρόληψη:** καλό μαγείρεμα, ψύξη μετά από θέρμανση, καλό πλύσιμο χεριών.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Bacillus cereus

- Αερόβια σπορογόνα που παράγουν τοξίνες
- Παντού στη φύση (έδαφος, φυτά σκόνη)
- Δεν αναπτύσσεται κάτω από 4°C
- **Συμπτώματα ανάλογα με είδος τοξίνης:**
 - Εμετική τοξίνη ταχείας δράσης (0.5-6h) και
 - Διαρροϊκή τοξίνη βραδείας δράσης (6-14h)
- Ήπια ασθένεια , διαρκεί μόνο 24h
- Προκαλείται κυρίως λόγω ανεπαρκούς μαγειρέματος ή ψύξης
- **Εμφάνιση σε τρόφιμα :** (μαγειρεμένο) κρέας , ρύζι, ζυμαρικά, σάλτσες, γαλακτοκομικά, καρυκεύματα
- **Σημείωση :** τα ζωικά τρόφιμα μπορεί να περιέχουν *B. cereus* αλλά η πρωτεόλυση που προκαλούν, καθιστά μη αποδεκτό το προϊόν (απορρίπτεται πριν καταναλωθεί)
- Ο *B. cereus* προσδένεται σε επιφάνειες, δύσκολη η απολύμανση



Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Εμετικό και Διαρροϊκό σύνδρομο του *B. cereus*

Table 17.1 Characteristics of two types of illness caused by *B. cereus*^a

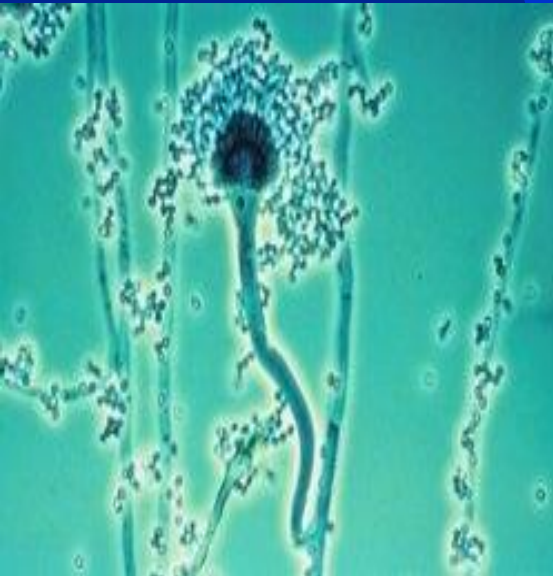
Characteristic	Diarrheal syndrome	Emetic syndrome
Dose causing illness	10 ⁵ –10 ⁷ (total cells)	10 ⁵ –10 ⁸ (cells/g)
Toxin production	In small intestine of host	Preformed in foods
Type of toxin	Protein; enterotoxin(s)	Cyclic peptide; emetic toxin
Incubation period	8–16 h (occasionally >24 h)	0.5 to 5 h
Duration of illness	12–24 h (occasionally several days)	6–24 h
Symptoms	Abdominal pain, watery diarrhea, occasionally nausea	Nausea, vomiting, malaise (sometimes followed by diarrhea, due to production of enterotoxin)
Foods most frequently implicated	Meat products, soups, vegetables, puddings, sauces, milk and milk products	Fried and cooked rice, pasta, pastry, noodles

^aReprinted from P. E. Granum, p. 373–381, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Μυκοτοξίνες

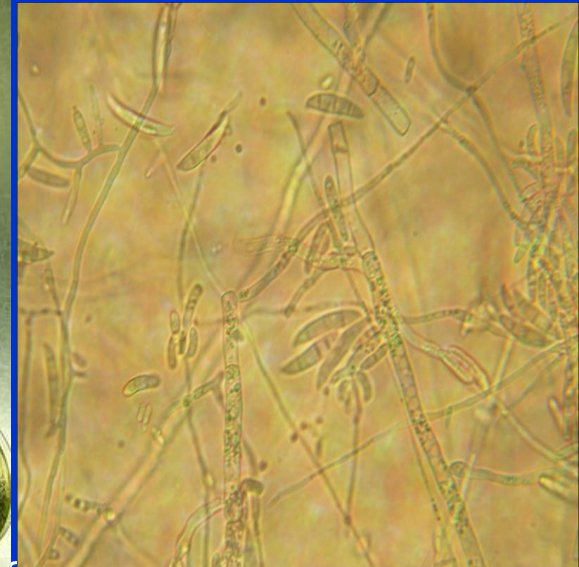
- Τοξικοί μεταβολίτες κάποιων μυκήτων (*Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*)
- Καρκινογόνες ουσίες για το συκώτι και άλλα όργανα (βιοσυσσώρευση)
- Μπορεί να προκαλέσουν τροφική δηλητηρίαση σε ψηλές συγκεντρώσεις
- Πολύ θερμοσταθερές ουσίες
- Πρόβλημα σε ξηρά κυρίως τρόφιμα (σιτηρά, ξηροί καρποί): προσοχή στη διατήρηση χαμηλής υγρασίας και θερμοκρασίας
- Χρήσιμη η συσκευασία και τα μυκοστατικά (αιθυλενοξειδίο, SO₂, κλπ)



■ *Asp. fumigatus*



■ *Penicillium* / *Aspergillus* spp.



■ *Fusarium graminearum*

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Μυκοτοξίνες του γένους *Aspergillus* και οι επιδράσεις στην υγεία

Table 20.1 Significant mycotoxins produced by *Aspergillus* species and their toxic effects^a

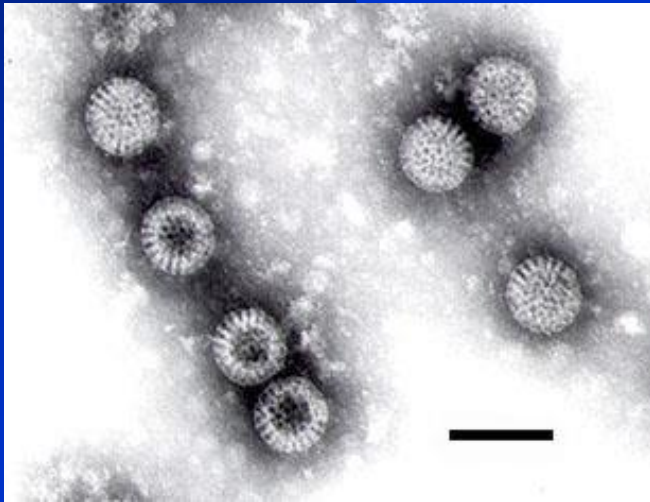
Mycotoxin(s)	Toxicity	Species
Aflatoxins B ₁ and B ₂	Acute liver damage, cirrhosis, carcinogenic (liver), teratogenic, immunosuppressive	<i>A. flavus</i> , <i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Aflatoxins G ₁ and G ₂	Effects similar to B aflatoxins; G ₁ toxicity is less than B ₁ but greater than B ₂	<i>A. parasiticus</i> , <i>A. nomius</i>
Cyclopiazonic acid	Degeneration and necrosis of various organs, tremorgenic, low oral toxicity	<i>A. flavus</i> , <i>A. tamarii</i>
Ochratoxin A	Kidney necrosis (especially pigs), teratogenic, immunosuppressive, probably carcinogenic	<i>A. ochraceus</i> and related species <i>A. carbonarius</i> <i>A. niger</i> (occasional)
Sterigmatocystin	Acute liver and kidney damage, carcinogenic (liver)	<i>A. versicolor</i> , <i>Emericella</i> spp.
Fumitremorgens	Tremorgenic (rats and mice)	<i>A. fumigatus</i>
Territrems	Tremorgenic (rats and mice)	<i>A. terreus</i>
Tryptoquivalines	Tremorgenic	<i>A. clavatus</i>
Cytochalasins	Cytotoxic	<i>A. clavatus</i>
Echinulins	Feed refusal (pigs)	<i>Eurotium chevalieri</i> , <i>Eurotium amstelodami</i>

^aReprinted from A. D. Hocking, p. 451–465, in M. P. Doyle, L. R. Beuchat, and T. J. Montville (ed.), *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers*, 2nd ed. (ASM Press, Washington, D.C., 2001).

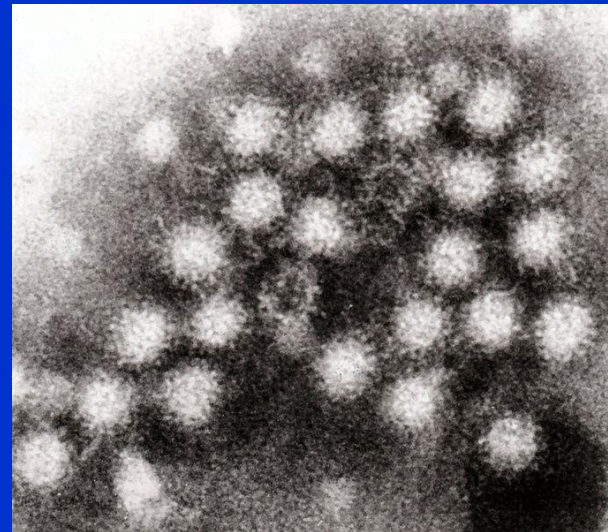
Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Τροφογενείς Ιοί

- Λίγοι ιοί είναι τροφογενείς (Rotavirus, Norwalk virus, Hepatitis virus)
- Προκαλούν (ήπια) γαστρεντερίτιδα
- Μεταδίδονται μέσω του μολυσμένου νερού
- Εμφανίζονται κυρίως σε αλιεύματα
- Καταστρέφονται εύκολα με θέρμανση
- Προσοχή: όχι ωμά θαλασσινά, καλή ατομική υγιεινή, απολύμανση (χλωρίωση, οζονισμός) νερού



■ Rotavirus



Norwalk virus (Norovirus)

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Χαρακτηριστικά τροφογενών ιών

Table 21.2 Characteristics of two major foodborne viruses

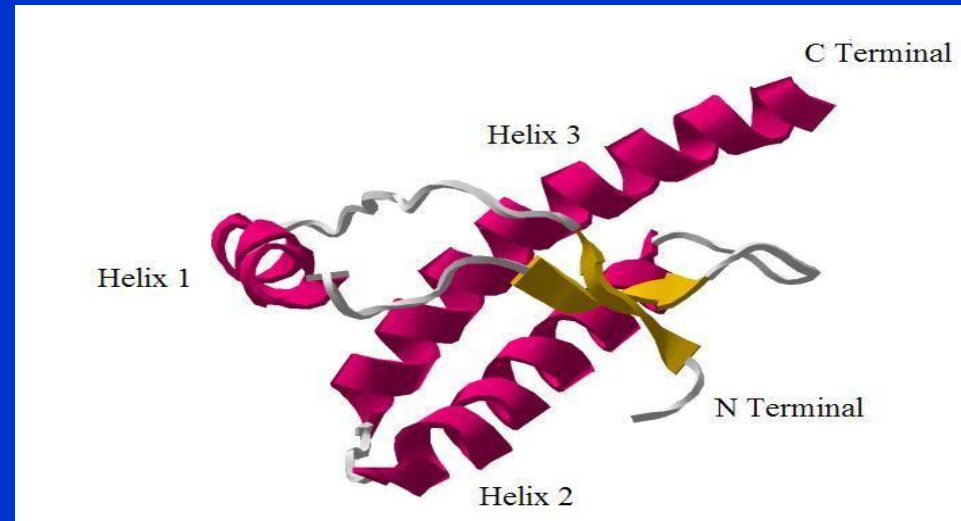
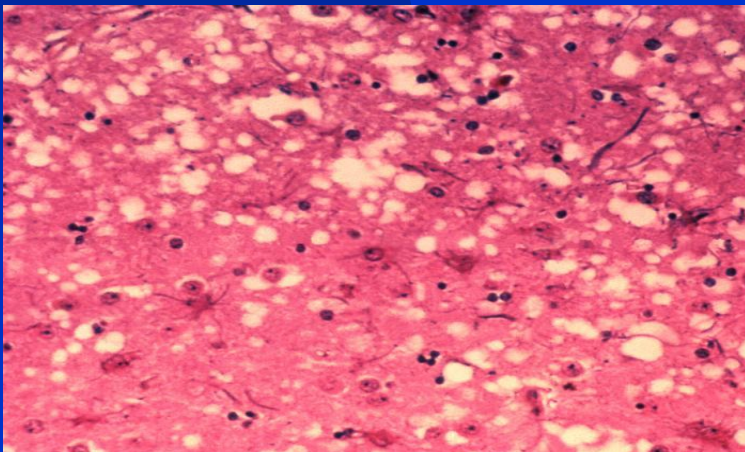
Characteristic	Norovirus	Hepatitis A virus
Disease symptoms	Nausea, vomiting, diarrhea due to action on intestinal cells; lasts for 24–48 h	Jaundice, anorexia, vomiting, prolonged sickness; lasts for weeks to months
Incubation period	Usually 24–48 h but can be as quick as 10 h	15–50 days; median = 29 days
Shedding of viral particles in feces	Simultaneous with symptoms; continues for a few weeks after illness	Shed for 10–14 days <i>before</i> symptoms appear
Immunity	Exposure does not confer immunity	Exposure confers durable immunity ^a
Type of virus	Calicivirus; spherical; 28-nm diam	Picornavirus; spherical; 32-nm diam; depressions on surface
Estimated no. of foodborne cases/yr	50 million	2,000

^aHowever, there can be a relapse years later. It is noteworthy that children get less severe symptoms and can have no symptoms at all. These children have life-long immunity. Thus, in developing countries, where most people are exposed as children, adult cases are rarer. In industrialized countries, adults are at greater risk.

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Prions

- Μολυσματικοί παράγοντες της ασθένειας CJD («τρελών αγελάδων»)
- Πρωτεϊνούχα αναδιπλωμένα μόρια που επιδρούν στη λειτουργία των νευρικών κυττάρων, καταστρέφοντας τον νευρικό ιστό.
- Ικανότητα διάδοσης & μετάλλαξης (ο ξενιστής τα αναπαράγει αφού μολυνθεί)
- Προκαλούν εγκεφαλίτιδες στον άνθρωπο, και τελικά θάνατο
- Κάποια άτομα είναι ανθεκτικά, παρά τη μόλυνση
- Περισσότερα περιστατικά στη Βρετανία, έπειτα από κατανάλωση κρέατος από (φυτοφάγα) ζώα που τράφηκαν με έντερα και μυαλά άρρωστων ζώων (και άλλα υπολείμματα σφαγίων)



- Σπογγώδης εμφάνιση μολυσμένου νευρικού ιστού

Μόριο prion

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

Γενικές συγκρίσεις μεταξύ τροφογενών βακτηρίων, ιών και Prions

Table 21.1 Comparison of bacteria, viruses, and prions

Trait	Bacteria	Viruses	Prions
Composition	Complex structures of lipid, carbohydrates, proteins, DNA, and RNA	Single strand of RNA in a simple protein structure	Specific type of protein
Types important in food	More than a dozen gram-positive and gram-negative organisms	Two most important are hepatitis A virus and Norwalk virus, or noroviruses	Only one that we know of
Control in food	Control growth by changing intrinsic or extrinsic factors; kill by heat, irradiation, etc.	Do not grow in food; inactivated by heat; prevent entry by good hygiene	Do not grow in food; not inactivated by heat; prevent consumption of meat from mad cows
Disease	Infection or intoxication	Infection	Protein shape morphing
Transmission	Eating food where bacteria have grown	Fecal-oral	Eating meat that contains prions
Detection method(s)	Relatively easy to culture in microbiology laboratory	Electron microscopy or human cell culture	Examination of tissue at autopsy
No. of U.S. cases/yr	≥30 million	Up to 45 million	None yet

Παθογόνοι μικροοργανισμοί και Τροφικές ασθένειες

ΠΑΡΑΣΙΤΑ

1) Πρωτόζωα (*Giardia lamblia*, *Entamoeba histolytica*)

Ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι οργανισμοί του εδάφους ή του νερού με μέγεθος ~2μm-3mm, που έχουν δυνατότητα αυτόβουλης κίνησης (μαστίγια, βλεφαρίδες, ψευδοπόδια) και πέψης της τροφής (ομοίως με τα ζώα). Δρουν παρασιτικά σε κύτταρα βακτηρίων, μυκήτων, φυτών, ζώων και του ανθρώπου, καταστρέφοντάς τα.

2) Μετάζωα/Έλμινθες (Σκώληκες) (*Trichinella spiralis*, *Ascaris lumbricoides*, *Toxoplasma gondii*, *Taenia*)

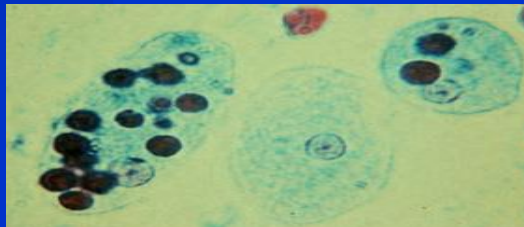
Ευκαρυωτικοί πολυκύτταροι νηματοειδείς ωοπαραγωγοί οργανισμοί με μέγεθος από λίγα cm ως μερικά μέτρα (ορατοί με γυμνό μάτι), που κατοικούν κυρίως στο έντερο ανθρώπων και ζώων. Δρουν παρασιτικά σε υγιή κύτταρα και μπορούν να τραφούν με εντερικά κύτταρα.

Τα παράσιτα (Πρωτόζωα ή έλμινθες)

- Μεταφέρονται μέσω ωμών ή ανεπαρκώς ψημένων κρεάτων, αλιευμάτων ή λαχανικών στον εντερικό σωλήνα όπου παρασιτούν καταστρέφοντας τα κύτταρα του εντέρου και άλλων ζωτικών οργάνων. Εναλλακτικά μεταφέρονται στον άνθρωπο μέσω της επαφής με δέρμα, κόπρανα ή ούρα ζώων.
- Δεν προκαλούν αλλοιώσεις σε τρόφιμα (δεν είναι εμφανής η παρουσία τους σε τρόφιμα ή νερό)
- Πολύ δύσκολη καταπολέμηση και σοβαρές επιπλοκές στην υγεία εάν φτάσουν ζωντανά στο έντερο ή στο αίμα (καταστροφή ζωτικών οργάνων μέχρι θάνατος)
- Προσοχή: Καλό πλύσιμο και μαγείρεμα τροφίμων (καταστρέφονται με θέρμανση), οι κύστες παρασίτων είναι ανθεκτικές στη χλωρίωση, απομακρύνονται με αποστειρωτική διήθηση του νερού



Giardia lamblia



Entamoeba histolytica με ερυθροκύτταρα



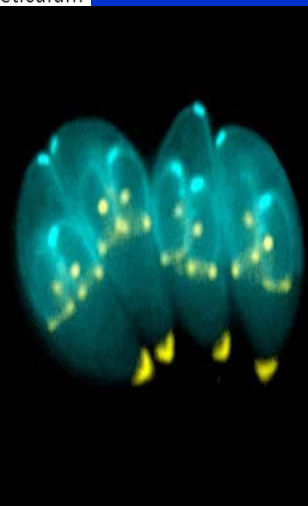
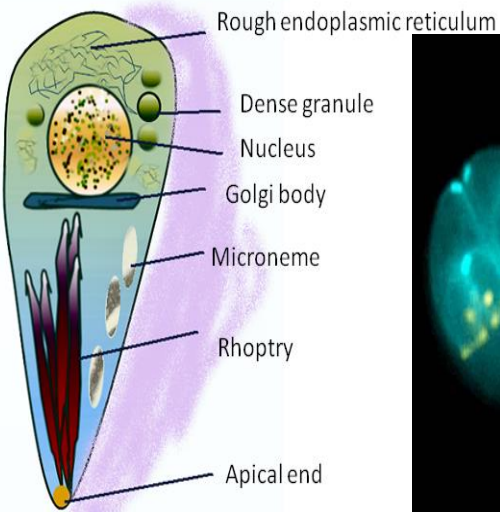
Trichinella spiralis



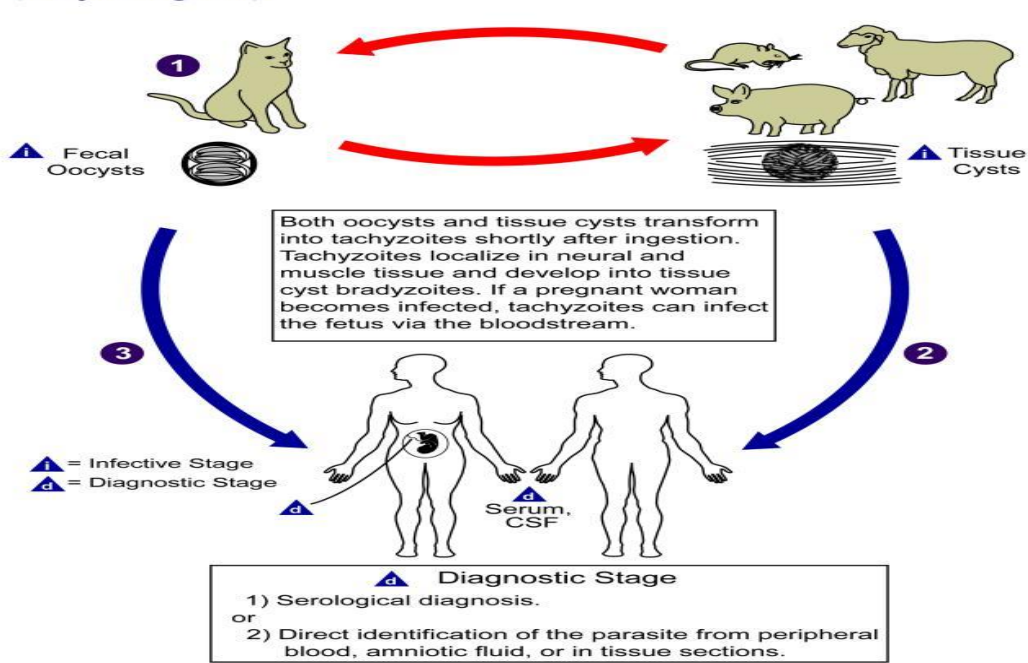
Ascaris lumbricoides

Μόλυνση με πρωτόζωο Toxoplasma

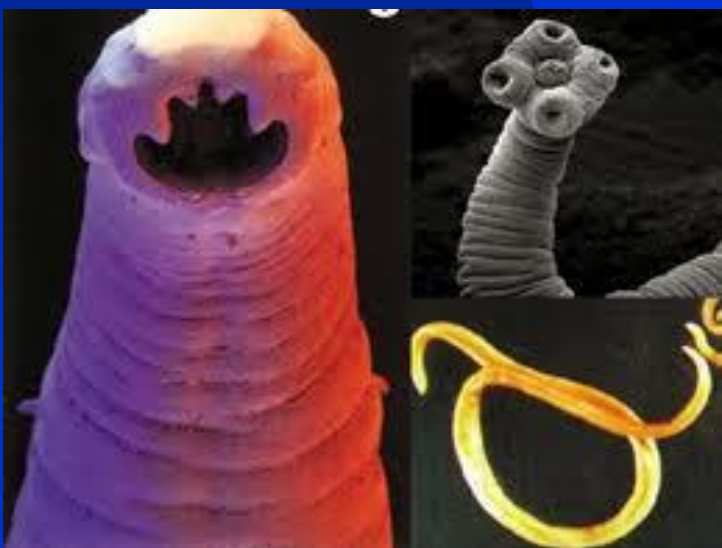
Κύτταρα Toxoplasma gondii



Toxoplasmosis



Έλμινθες

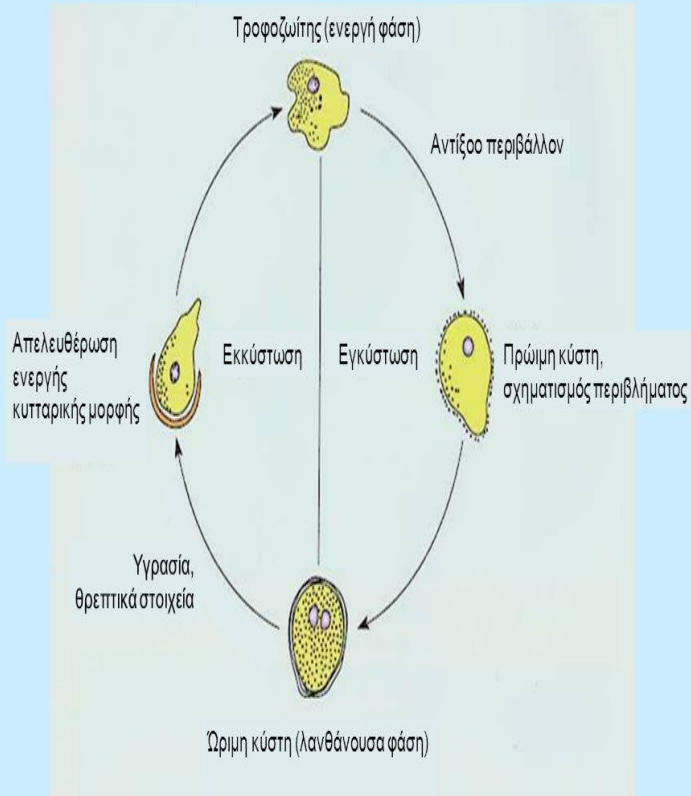


■ Κύκλος ζωής πρωτοζώων

■ Κύκλος ζωής έλμινθας (Ταινία)

Πρωτόζωα
κύκλος

Κύκλος ζωής των πρωτοζώων

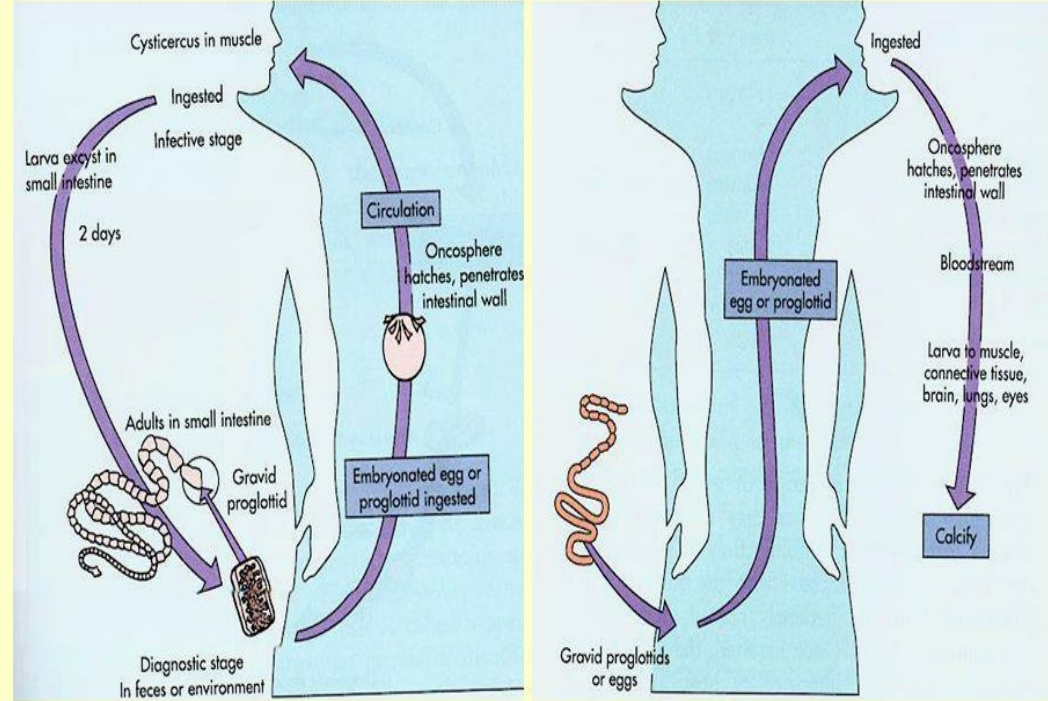


Όλα τροφοζώιτες
Όχι όλα κύστεις

5

ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ

(ΤΑΙΝΙΑ ΜΟΝΗΡΗΣ)



Εντερική εντόπιση

Κυστικέρκωση (ιστοί)

13

ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ (ΒΑΚΤΗΡΙΑ)

■ Βακτήρια που ωφελούν μέσω της δράσης τους (στον εντερικό σωλήνα) την ανθρώπινη υγεία

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ

■ Μη παθογόνα (μη τοξικά βακτήρια, με ωφέλιμες δράσεις όταν καταναλώνονται ζωντανά)

■ Ζώντες οργανισμοί (σε υψηλούς πληθυσμούς $>10^6$ cfu/g)

■ Ικανότητα αντοχής σε οξέα του στομάχου, χολικά άλατα του εντέρου

■ Ικανότητα πρόσδεσης στο επιθήλιο του εντέρου, ώστε να αποικούν στο έντερο

■ Ικανότητα τροποποίησης της εντερικής μικροχλωρίδας → καταπολέμηση παθογόνων του εντέρου μέσω παραγωγής οργανικών οξέων, H_2O_2 , ακεταλδεϋδης, βακτηριοσινών

■ Μείωση χοληστερίνης στο αίμα μέσω δέσμευσης χολικών αλάτων

■ Αποτροπή εκδήλωσης καρκίνου στο έντερο (πρόληψη φλεγμονών)

■ Βελτίωση χώνεψης της τροφής, παραγωγή βιταμινών στο έντερο

■ Δράση έναντι του *Helicobacter pylori* (υπεύθυνο για το έλκος στομάχου)

■ Συνδέονται με την πρόληψη της παχυσαρκίας

ΓΕΝΗ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ

■ *Lactobacillus* (*acidophilus*, *casei*, κλπ) : προαιρετικά αναερόβια ραβδία

■ *Lactococcus* : προαιρετικά αναερόβιοι κόκκοι

■ *Streptococcus* : προαιρετικά αναερόβιοι κόκκοι

■ *Bifidobacterium* (*infantis*, *longum*, *bifidum animalis*, *lactis*, κλπ) : αναερόβια ραβδία

ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ (ΒΑΚΤΗΡΙΑ)

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ

- Έλεγχος αντιμικροβιακής, αντικαρκινικής, υποχοληστεριναιμικής δράσης σε πειραματόζωα και ανθρώπους
- Αντοχή σε πολύ όξινο pH=2 (στομάχου)
- Αντοχή σε χολικά άλατα
- Αντοχή σε πεψίνη
- Ικανότητα προσκόλλησης στην επιφάνεια του εντέρου

ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΩΝ

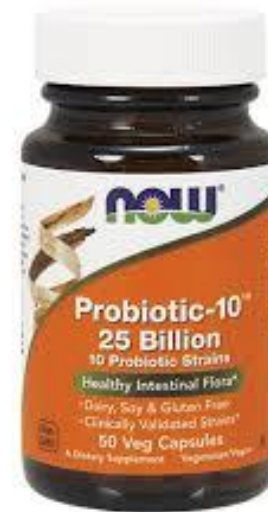
- Έλεγχος αλληλεπίδρασης με ξενιστή
- Φαρμακοκινητικές μελέτες
- Τοξικολογικές μελέτες
- Απόδειξη της προβιοτικής δράσης με κλινικές μελέτες ώστε να υπάρχει ισχυρισμός υγείας (health claim) σε ανθρώπους. Απαιτείται πλέον για κάθε τρόφιμο χωριστά και υπό την προϋπόθεση ότι υπάρχει επαρκής πληθυσμός (10^8 cfu/g συνήθως) στο τρόφιμο.

■ **ΠΡΕΒΙΟΤΙΚΑ:** φυτικές αδιάσπαστες ίνες ή ολιγοζακχαρίτες που διασπώνται εκλεκτικά από τα προβιοτικά βακτήρια (φρουκτοολιγοσακχαρίτες όπως ινουλίνη, γαλακτοολιγοσακχαρίτες όπως λακτουλόζη, άλλοι ολιγο/πολυσακχαρίτες), ευνοώντας την ανάπτυξη των προβιοτικό έναντι ανταγωνιστικών μικροοργανισμών στο έντερο

■ **ΣΥΜΒΙΩΤΙΚΑ:** μίγμα προβιοτικών βακτηρίων και πρεβιοτικών ουσιών

ΠΡΟΒΙΟΤΙΚΑ (ΒΑΚΤΗΡΙΑ)

■ Προβιοτικά Σκευάσματα



■ Τρόφιμα με προβιοτικά βακτήρια



Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και Κρίσιμα σημεία ελέγχου στη βιομηχανία παραγωγής βρεφικών κρεμών σε σκόνη

Μικροβιολογικά όρια νομοθεσίας :

- Παθογόνα: *Enterobacter* (*Chronobacter*) *sakazakii* : απουσία σε 10g (για βρέφη έως 6 μηνών)
- Δείκτης Υγιεινής: Εντεροβακτηρίδια : απουσία σε 10g

Άλλοι Κίνδυνοι τροφοπαθογόνων:

- *Bacillus cereus*
- *Clostridium perfringens*, *Clostridium botulinum*
- *Listeria monocytogenes*

Άλλοι δείκτες ποιότητας

- ΟΜΧ
- Ολικά σπόρια

The relationship between *Salmonella*, pathogenic *E. coli* (*E. coli* O157/STEC) and the commonly used *Enterobacteriaceae* hygiene indicator, and related hygiene indicators

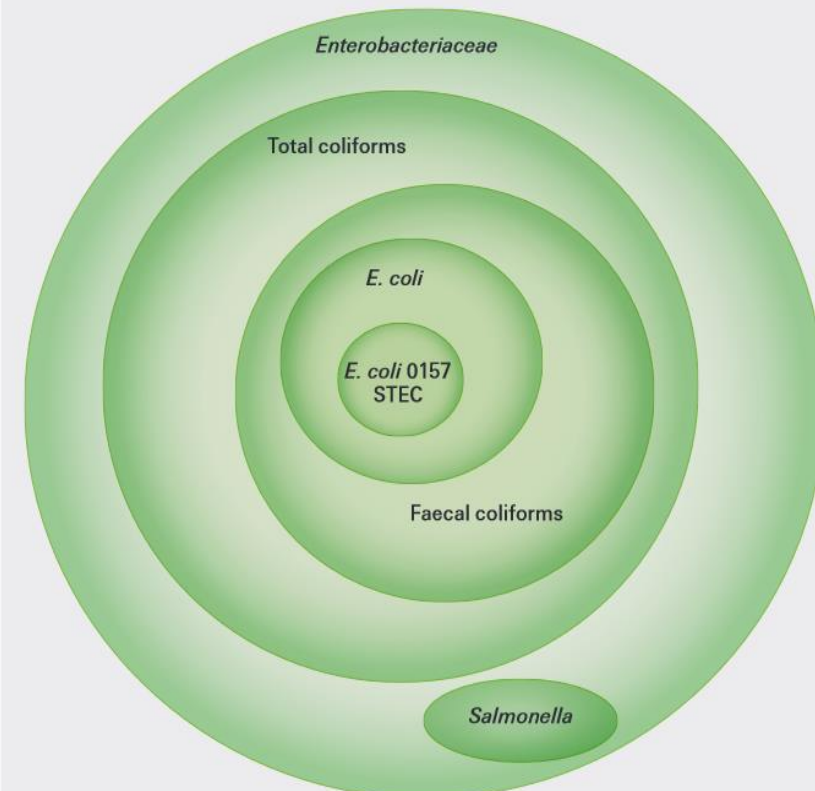


Table 3.6 Microbiological criteria for powdered infant formulae and formulae for special medical purposes† and human milk fortifiers

Microorganisms	n	c	m	Method*
<i>Enterobacter sakazakii</i> (<i>Cronobacter</i> spp.)	30	0	n.d. in 10g	ISO/TS 22964:2006
<i>Salmonella</i> spp.	60	0	n.d. in 25g	ISO 6579

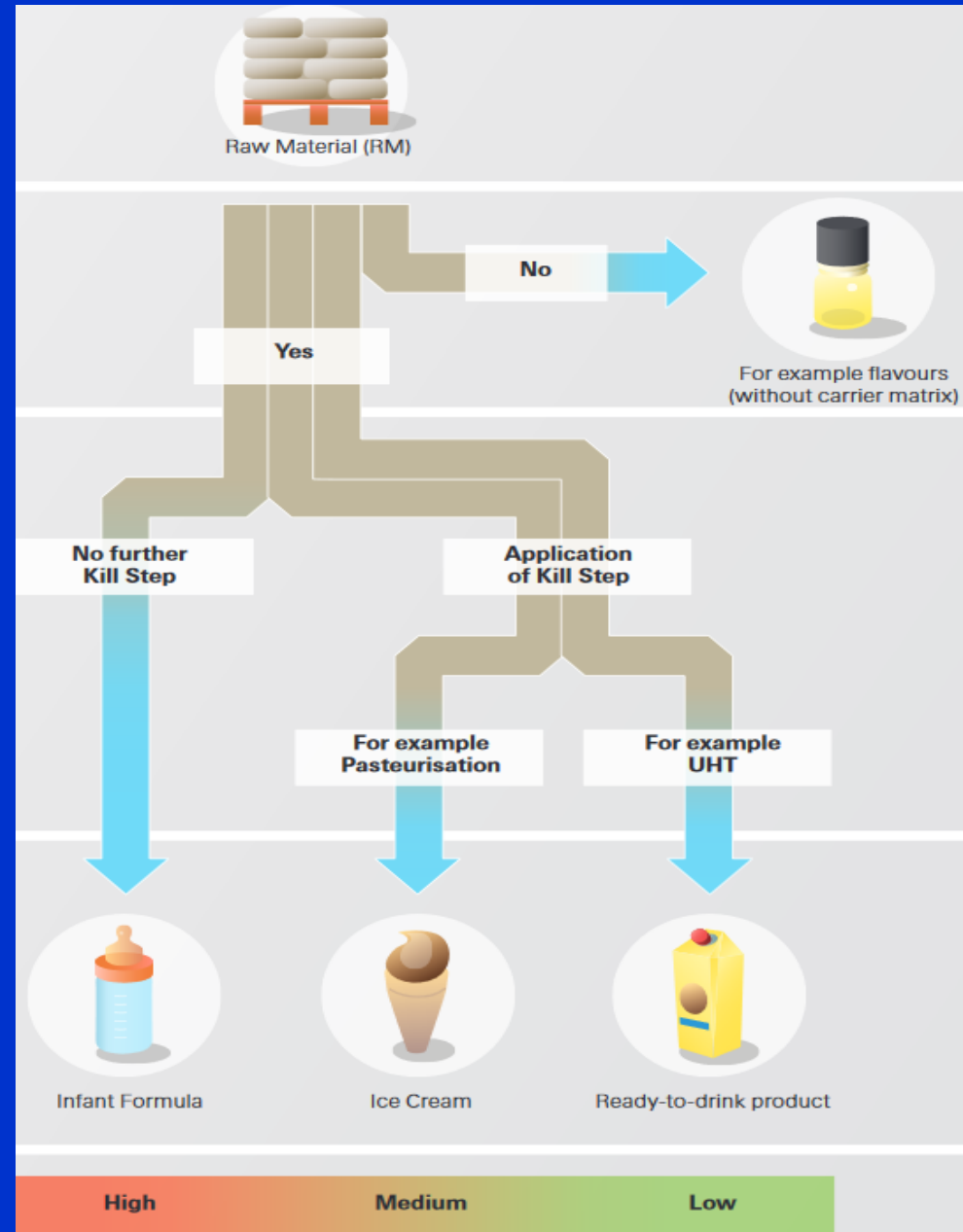
† This category includes formula for special medical purposes intended for infants as the sole source of nutrition and formula for special medical purposes for infants, intended to partially replace or supplement breast-milk or infant formula.

Where 'n' = number of samples that must conform to the criteria; 'c' = the maximum allowable number of defective sample units in a 2-class plan; 'm' = a microbiological limit which, in a 2-class

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και Κρίσιμα σημεία ελέγχου στη βιομηχανία παραγωγής βρεφικών κρεμών σε σκόνη

Κρίσιμα σημεία (μικροβιολογικού) ελέγχου:

- Πρώτες ύλες
- Νερό
- Μίγμα μετά τη θερμική επεξεργασία
- Τελική ξηρή σκόνη πριν τη συσκευασία
- Υλικά συσκευασίας



Infant Formula						
Parameter		n	c	m	M	Analytical unit
Pathogen(s)	<i>Salmonella</i>	60	0	0		25g
	<i>C. sakazakii</i>	30	0	0		10g
Hygiene indicators	Aerobic mesophilic counts	5	0	500		1g
	<i>Enterobacteriaceae</i>	10	0	0		10g
Confectionery						
Pathogen(s)	<i>Salmonella</i>	10	0	0		25g
Hygiene indicators	Aerobic mesophilic counts	5	0	10 ⁴		1g
	<i>Enterobacteriaceae</i>	5	0	10		1g

An illustrative example of different stringencies applied to microbiological specifications. RM – sucrose used for infant formula (no further kill step) and used for confectionery (used as wet mix; further microbial kill step applied).

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και Κρίσιμα σημεία ελέγχου στη βιομηχανία αρτοσκευασμάτων

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι:

- Τοξικογενείς μύκητες - μυκοτοξίνες
- *Staphylococcus aureus*
- *Bacillus cereus*
- *Salmonella* (σε λιπαρά μίγματα)
- *E. coli* (σε λιπαρά μίγματα)

Μελέτη στην Αυστραλία:

- Μικρές αποκλίσεις από τα επιθυμητά όρια
- Μικρή επικινδυνότητα

Table 3: Bacteria detected in samples according to product category

Category	Faecal Coliforms	<i>E. coli</i>	<i>B. cereus</i>	CPS	<i>Salmonella</i>
Custard filled product	27 (12.3%)	7 (3.2%)	12 (5.5%)	1 (0.5%)	0 (0.0%)
Fresh cream filled product	29 (25.2%)	6 (5.2%)	5 (4.3%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Non dairy based product	3 (4.2%)	1 (1.4%)	2 (2.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Meat topped bread	3 (2.4%)	1 (0.8%)	1 (0.8%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Vietnamese style rolls	N/A ¹	5 (8.93%)	7 (12.50%)	2 (3.57%)	0 (0.00%)
Miscellaneous high risk products	18 (16.8%)	2 (1.9%)	6 (5.6%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
Total	80 (11.5%)	22 (3.2%)	33 (4.7%)	3 (0.4%)	0 (0.00%)

Note ¹ Due to the presence of salad vegetables in Vietnamese rolls *Enterobacteriaceae* guidelines do not apply.

Table 2: Overall results compared to FSANZ Guidelines

Category	Microbiologically acceptable		Microbiologically unacceptable	Potentially Hazardous	Total
	Satisfactory	Marginal	Unsatisfactory	Potentially Hazardous	
Custard filled products	199 (90.9%)	16 (7.3%)	3 (1.4%)	1 (0.4%)	219 (100%)
Fresh cream filled products	101 (87.8%)	7 (6.1%)	7 (6.1%)	0 (0.0%)	115 (100%)
Non dairy based products	69 (95.8%)	3 (4.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	72 (100%)
Meat topped bread	125 (98.4%)	1 (0.8%)	1 (0.8%)	0 (0.0%)	127 (100%)
Vietnamese style rolls	42 (75.0%)	11 (19.6%)	3 (5.4%)	0 (0.0%)	56 (100%)
Miscellaneous bakery products	98 (91.6%)	9 (8.4%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	107 (100%)
Total	634 (91.1%)	47 (6.7%)	14 (2.0%)	1 (0.1%)	696 (100%)

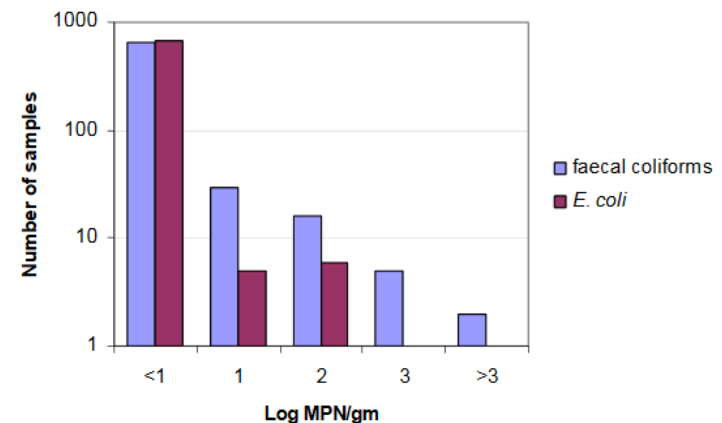


Figure 1: Frequency of faecal coliforms and *E. coli* in all samples¹

Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και Κρίσιμα σημεία ελέγχου στη βιομηχανία αρτοσκευασμάτων

Προτεινόμενα Μικροβιολογικά Όρια:

- Πληθυσμός Μυκήτων <100.000 cfu/g
- Μυκοτοξίνες: απουσία
- *Staphylococcus aureus* <10 cfu/g
- *Bacillus cereus* <10 cfu/g
- *Salmonella* (λιπαρά μίγματα) : απουσία/25g
- *Enterobacteriaceae*: <100 cfu/g

Κρίσιμα σημεία (μικροβιολογικού) ελέγχου:

- Πρώτες ύλες: Μύκητες/Μυκοτοξίνες, *Enterobacteriaceae*
- Τελικό προϊόν πριν το ψήσιμο: *S. aureus*
- Προϊόν έτοιμο προς κατανάλωση: Μύκητες/Μυκοτοξίνες, *Salmonella*, *E. coli*, *B. cereus*

Γενικές Μικροβιολογικές Προδιαγραφές έτοιμων τροφίμων προς κατανάλωση

- Category 1 – πλήρως μαγειρεμένο τελικό προϊόν, άμεση κατανάλωση (π.χ. τυρόπιτα)
- Category 2 – πλήρως μαγειρεμένο ενδιάμεσο προϊόν, πρόκειται να δεχτεί επιπλέον επεξεργασία (π.χ. σως, κρέμα)
- Category 3 – έτοιμο προς κατανάλωση που περιέχει φρούτα-λαχανικά ή ζυμούμενα τρόφιμα (π.χ. σάντουιτς με σαλάμι αέρος ή μαρούλι)
- Food Group 1 – έτοιμα προς κατανάλωση που επιτρέπουν ανάπτυξη *L. monocytogenes* και αποθηκεύονται > 1 ημέρα (π.χ. έτοιμα σάντουιτς)
- Food Group 2 – έτοιμα προς κατανάλωση που δεν επιτρέπουν ανάπτυξη *L. monocytogenes* και αποθηκεύονται > 1 ημέρα
- Food Group 3 – έτοιμα προς άμεση κατανάλωση εντός της ημέρας

Table 1: Guideline levels for determining the microbiological quality of ready-to-eat foods

Test	Microbiological result (cfu/g unless otherwise stated)			
	Good	Acceptable	Unsatisfactory	Potentially hazardous
Standard Plate Count				
Category A	<10 ⁴	<10 ⁵	≥10 ⁵	N/A
Category B	<10 ⁶	<10 ⁷	≥10 ⁷	N/A
Category C	N/A	N/A	N/A	N/A
Indicators				
<i>Enterobacteriaceae</i>	<10 ²	10 ² to <10 ⁴	≥10 ⁴	N/A
<i>E. coli</i>	<3	3 to <10 ²	≥10 ²	N/A
Pathogens				
Coagulase +ve staphylococci	<10 ²	10 ² to <10 ³	10 ³ to <10 ⁴	≥10 ⁴
<i>C. perfringens</i>	<10 ²	10 ² to <10 ³	10 ³ to <10 ⁴	≥10 ⁴
<i>B. cereus</i>	<10 ²	10 ² to <10 ³	10 ³ to <10 ⁴	≥10 ⁴
<i>V. parahaemolyticus</i>	not detected in 25 g	If detected then as per below		
	<3	3 to <10 ²	10 ² to <10 ⁴	≥10 ⁴
<i>Campylobacter</i> spp	not detected in 25 g			detected in 25 g
<i>Salmonella</i> spp.	not detected in 25 g			detected in 25 g
<i>L. monocytogenes</i>				
Food Group 1	not detected in 25 g			detected in 25 g
Food Group 2	not detected in 25 g	detected but <10 ²		≥10 ²
Food Group 3	not detected in 25 g	detected but <10 ²		≥10 ²