

# Εφαρμοσμένη Μικροβιολογία Β' Μέρος

## Μικροβιολογία Τροφίμων

Μαντώ Κυριακού  
Καθηγήτρια  
ΤΕΔΔ, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο



# Μέθοδοι Συντήρησης των Τροφίμων

# Φυσικές μέθοδοι συντήρησης των τροφίμων

- ✓ Φυσική Αφυδάτωση (Ξήρανση, Λυοφιλίωση)
- ✓ Ψύξη
- ✓ Κατάψυξη
- ✓ Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα - Τροποποιημένη ατμόσφαιρα
- ✓ Θερμικές μέθοδοι
- ✓ Μη-Θερμικές μέθοδοι

# Φυσική Αφυδάτωση: Ξήρανση

- ❑ Οι μο επηρεάζονται από i) Θερμοκρασία ξήρανσης ii) μειωμένη  $a_w$
- ❑ Σημαντικοί παράγοντες: μέγεθος, σύνθεση των τεμαχιδίων του τροφίμου, συνδυασμός θερμοκρασίας - χρόνου εφαρμογής

Στην επιφάνεια υψηλότερες  $\theta$ , θανατώνονται κάποια μικροβιακά κύτταρα. Τραυματισμένα κύτταρα, δεν μπορούν να ανανήψουν λόγω χαμηλής  $a_w$  κατά την αποθήκευση



Image credit: istockphoto.com/bhofack2

# Ξήρανση



Αποξηραμένα προϊόντα σχετικά σταθερά.

Κίνδυνος!

Ανάπτυξη τροφογενών παθογόνων (*Salmonella*, *E.coli* O157:H7) σε αποξηραμένο κρέας

Ειδικές συστάσεις για επιπλέον θερμική επεξεργασία πριν από τη ξήρανση



## Ξήρανση: Λυοφιλίωση

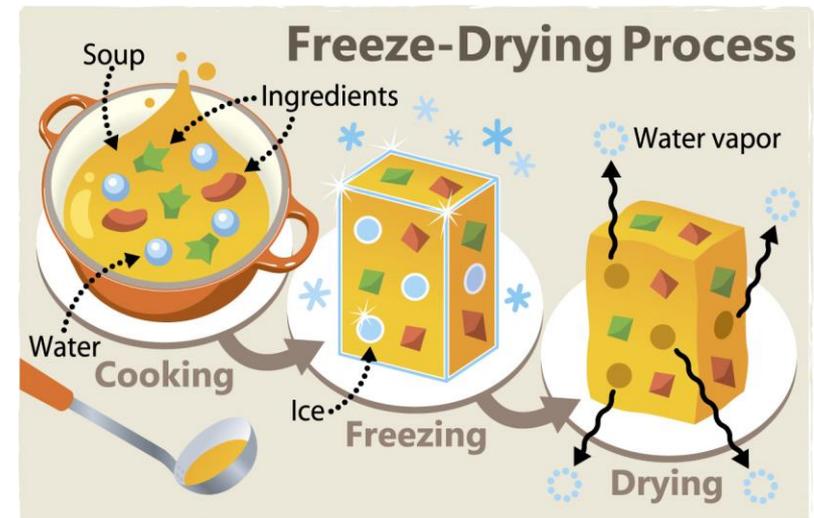


Κατάψυξη και μετά αφυδάτωση  
(εξάχνωση): Συνδυασμός 2  
μεθόδων συντήρησης

Ήπιος τρόπος - το τρόφιμο  
διατηρεί την αρχική του δομή

Γρήγορη ενυδάτωση

Ευάλωτα στην οξείδωση λόγω  
της μεγάλης επιφάνειας  
έκθεσης (φύλαξη σε αδρανή  
ατμόσφαιρα)



# Ψύξη

Αποθήκευση σε  $-2$  έως  $16^{\circ}\text{C}$ . Νερό παγώνει στους  $0$ , αλλά τα τρόφιμα δεν παγώνουν μέχρι περίπου  $-2^{\circ}\text{C}$

Φρούτα και λαχανικά τραυματίζονται - αλλοιώνονται σε  $<4-12^{\circ}\text{C}$

Σημαντική μείωση των ενζυμικών αντιδράσεων στους  $μ\text{o}$  - μείωση της αύξησης. Δεν θανατώνονται!!

Διαφορετική ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες στα τροφογενή παθογόνα και τα αλλοιογόνα

Για την αλλοίωση του τροφίμου: σημαντικός ο αρχικός μικροβιακός πληθυσμός

# Κατάψυξη

Το νερό στο τρόφιμο αρχίζει να παγώνει από  $-1$  έως  $-3^{\circ}\text{C}$   
Αυξάνονται οι διαλυμένες ουσίες και συνεχίζεται μέχρι να  
παγώσει εντελώς το νερό

Πλήρως καταψυγμένη κατάσταση (σύνθετο σύστημα  
παγοκρυστάλλων και κρυσταλλοποιημένων δμ ουσιών)

Φρούτα-λαχανικά :  $-15$  έως  $-20^{\circ}\text{C}$

Κρέατα:  $-40^{\circ}\text{C}$

Τι προκαλείται στα μικροβιακά κύτταρα; Ωσμωτικό σοκ,  
τραυματισμός από τους κρυστάλλους, μεταβολή του pH από τη  
συγκέντρωση των κυτ. υγρών, σημαντικές φθορές στις κυτ.  
μεμβράνες

# Κατάψυξη

Οι επιπτώσεις μπορεί να είναι αναστρέψιμες ή μη-αναστρέψιμες  
Εξαρτάται σημαντικά από:

- ✓ τον ρυθμό της κατάψυξης. Υψηλός ρυθμός κατάψυξης μειώνει τον τραυματισμό των κυττάρων και αυξάνει το ποσοστό θανάτου (επίσης υψηλότερη ποιότητα του τροφίμου)
- ✓ τη σύσταση του τροφίμου. Παρουσία NaCl μειώνει το σημείο κατάψυξης, ενώ άλλες ενώσεις έχουν προστατευτική δράση (γλυκερόλη, σακχαρόζη, ζελατίνη, πρωτεΐνες)

Η κατάψυξη μειώνει το μικροβιακό φορτίο, αλλά δεν είναι μέθοδος καταστροφής των μικροβιακών πληθυσμών

# Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (παρουσία $CO_2$ )

Η ελεγχόμενη ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται κυρίως για φρούτα - λαχανικά: επιβραδύνει την ωρίμανση, την αναπνοή, την παραγωγή αιθυλενίου και το μαλάκωμα των καρπών

Περιέχει μειωμένη συγκέντρωση  $O_2$  (2-5%) και αυξημένη συγκέντρωση  $CO_2$  (8-10%), σε αεροστεγείς ψυχόμενους χώρους, διότι φαίνεται ότι καθυστερεί την αύξηση μυκήτων και άλλων μο

Ο βασικότερος μηχανισμός είναι η παρεμπόδιση της αναπνοής, αλλά και η μείωση του pH με την αύξηση του  $CO_2$

Επηρεάζονται κυρίως ψυχρότροφα βακτήρια (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*), ενώ τα οξυγαλακτικά όχι

# Τροποποιημένη ατμόσφαιρα

Παρόμοια με την αποθήκευση σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα

Στη συσκευασία κενού, μειώνεται η πίεση του αέρα

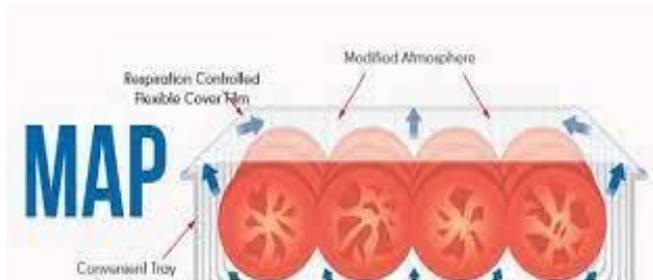
Φρέσκα φρούτα και λαχανικά (τρόφιμα που αναπνέουν): φιλμ συσκευασίας με πολύ μικρή περατότητα του αέρα. Από την αναπνοή παράγεται  $CO_2$  και μειώνεται το  $O_2$

Η συσκευασία δεν επιτρέπει την ανάπτυξη αρκετών μο

Δεν παρεμποδίζει όμως το *Cl.botulinum* (αναερόβιο) και γι' αυτό το λόγο αρκετά τρόφιμα σε αντίστοιχη συσκευασία πρέπει να διατηρούνται στο ψυγείο

Δεν επιτρέπεται για τα ψάρια και τα προϊόντα τους ακριβώς για τον κίνδυνο του ίδιου παθογόνου

# Τροποποιημένη ατμόσφαιρα



 Modified Atmosphere Packaging



# Θερμικές μέθοδοι

- ❑ Θέρμανση: Η πιο γνωστή μέθοδος θανάτωσης των μο
- ❑ Παστερίωση: ήπια θερμική επεξεργασία (72°C, 15sec για το γάλα) με στόχο τη θανάτωση των μη-σποριογόνων παθογόνων. Θανατώνονται επίσης αλλοιογόνα (99-99.9%) και απενεργοποιούνται ένζυμα
- ❑ Θερμική επεξεργασία με συσκευασία: η πιο συνηθισμένη διαδικασία με κονσερβοποίηση (εμπορική αποστείρωση σε ερμητικά κλειστά δοχεία)

# Θερμικές μέθοδοι

- ❑ Θερμική επεξεργασία χωριστά του τροφίμου και του περιέκτη και ασηπτική τοποθέτηση του τροφίμου εντός του δοχείου (ασηπτική συσκευασία): παιδικοί χυμοί σε κουτάκια
- ❑ **Ήπια θερμική επεξεργασία + ψύξη**: καλής ποιότητας προϊόντα
- ❑ Κίνδυνος! Παραμένει για τα σποριογόνα (*Cl. botulinum*)
- ❑ **Υψηλή θερμοκρασία για λίγο χρόνο**: HTST (~140°C, για αρκετά sec και μετά ψύξη). Διατήρηση του προϊόντος στο ράφι
- ❑ Διατηρεί τα θρεπτικά χαρακτηριστικά του τροφίμου και τις οργανοληπτικές ιδιότητες καλύτερα (χυμοί σε χάρτινες συσκευασίες, ή σε σακούλες αλουμινίου, καρκεύματα)

# Θερμική επεξεργασία

- ✓ Μέθοδοι που βασίζονται στην υγρή θερμότητα είναι πιο αποδοτικές
- ✓ Ξηρή θέρμανση είναι λιγότερο αποδοτική και χρειάζεται μεγαλύτερους χρόνους εφαρμογής
- ✓ Σπόρια: τα πλέον ανθεκτικά
- Ο θάνατος ενός βακτηριακού πληθυσμού ακολουθεί **αρνητική λογαριθμική κινητική** ( $N=N^0 e^{-kt}$ )
- $N$ =αριθμός επιζώντων κυττάρων μετά από χρόνο  $t$

# Θερμική επεξεργασία - Θερμοανθεκτικότητα

- **Τιμή D:** ο χρόνος (min) που χρειάζεται σε μια θερμοκρασία να μειωθεί η βιωσιμότητα κατά μία δύναμη του 10
- **Τιμή z:** Η θερμοκρασία που χρειάζεται για να μεταβληθεί η τιμή D κατά μία δύναμη του 10
- Η θερμοανθεκτικότητα (τιμή D) και ο τρόπος που μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία (τιμή z) σε ένα τρόφιμο εξαρτάται από: pH,  $a_w$ , τη σύνθεση του μέσου μέσα στο οποίο γίνεται η θερμική επεξεργασία (τρόφιμο), τον μικροοργανισμό - στόχο, ηλικία, θερμοκρασία ανάπτυξης, προηγούμενη έκθεση σε ερεθίσματα καταπόνησης, δημιουργία σπορίου
- Βλαστικές μορφές ζυμών θανατώνονται σε 10-20min,  $\theta$ : 55-60°C, ενώ τα σκληρώτια ή ασκοσπόρια είναι πιο ανθεκτικά

# Θερμοαντοχή

- ✓ Έκθεση σε προηγούμενες υποθανάτιες θερμοκρασιακές καταπονήσεις ή και σε άλλους παράγοντες, πυροδοτούν την παραγωγή πρωτεϊνών θερμικού σοκ και αυξάνει την ανθεκτικότητα στη θερμοκρασία αλλά σε άλλες συνθήκες (cross resistance)
- ✓ *Salmonella*: αντοχή σε υψηλές  $\theta$  σε τρόφιμα με χαμηλή  $a_w$ , ιδιαίτερα όταν η σακχαρόζη είναι υψηλή
  - Σακχαρόζη και λίπος: πιθανή συνεργιστική δράση στην επιβίωση του παθογόνου
  - Ύποπτα τρόφιμα: γάλα σε σκόνη, σοκολάτα, φυστικοβούτυρο, βρεφικές τροφές, δημητριακά, προϊόντα αρτοποιίας

# Χημικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες

- ❑ Αντιμικροβιακές ενώσεις
- ❑ Παρεμποδίζουν την ανάπτυξη (μικροβιοστατικά), δεν θανατώνουν (μικροβιοκτόνα)
- ❑ Συνεργιστική δράση μαζί με κάποιον φυσικό παράγοντα
- ❑ Συντηρητικά: ευρύτερη έννοια
- ❑ Χρήσιμα και σημαντικά για την ασφάλεια των τροφίμων!
- ❑ Καθόλου δημοφιλή από τους καταναλωτές

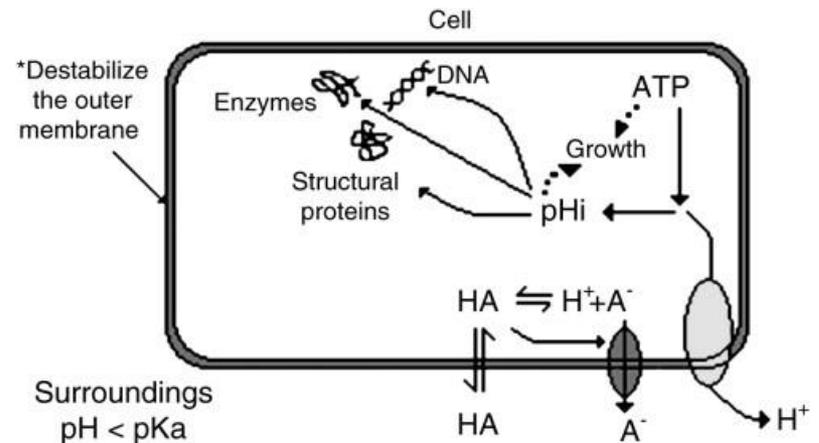
# Χημικοί αντιμικροβιακοί παράγοντες

- ✓ Οργανικά οξέα
- ✓ Παραβενζοϊκά οξέα
- ✓ Νιτρώδη
- ✓ Φωσφορικά
- ✓ NaCl

Απολυμαντικά

# Οργανικά οξέα

- Μικρής αλυσίδας με παρόμοιο μηχανισμό δράσης
- Όλα υπάρχουν στη φύση, συχνά όμως παρασκευάζονται με χημικές μεθόδους
- Γενικά αναγνωρισμένα ως ασφαλή (GRAS)
- Διαπερνούν την κυτ μεμβράνη των μικροβίων όταν δεν είναι φορτισμένα και είναι ενεργά περισσότερο σε όξινα τρόφιμα όταν το  $pH < ή = pK_a$  του οξέος



# Οργανικά οξέα

Οργανικό οξύ	pK <sub>a</sub>	Που υπάρχει	Στόχος δραστηριότητας	Εφαρμογές	Συγκέντρωση (%)
Οξικό	4.5	Ξύδι	Βακτήρια και ζύμες	Ψητά προϊόντα, ελιές, τυρί, ζυμός κρέατος, σάλτσες, κρέας, πουλερικά	<0,1-0,8
Βενζοϊκό	4.2	Κράνμπερι	Μύκητες	Ροφήματα, μαρμελάδες, ζελέ	<0.1
Γαλακτικό	4.8	Ζυμωμένα τρόφιμα	Βακτήρια	Έλεγχος του pH και άρωμα  Ψεκάζονται επιφάνειες κρέατος για αντιμικροβιακή δράση	<0,4-2,0
Προπιονικό	4.9	Τυρί Έμενταλ (Ελβετικό)	Ζύμες, μούχλες, βακτήρια	Ψητά προϊόντα, τυριά	0,3-
Σορβικό	4.7	Καρπός αγριοκυδωνιάς	Μύκητες και ορισμένα βακτήρια	Ψητά προϊόντα, τυρί, κρασί	0,1-0,3

# Παραβενζοϊκά οξέα (parabens)

- ✓ Παραμένουν αδιάσπαστα έως την  $pK_a$ : 8.5
- ✓ Αποτελεσματικά σε pH 3-8
- ✓ Χρησιμοποιούνται τα μεθυλο-, προπυλο, επτυλο- παραμπένια νόμιμα ως αντιμικροβιακά: πιο δραστικά έναντι των ζυμών και μούχλων
- ✓ Χρησιμοποιούνται σε: ψητά προϊόντα, ροφήματα, προϊόντα φρούτων, μαρμελάδες, ζελέ, ζυμωμένα τρόφιμα, σιρόπια, dressing σαλάτας, κρασί, μπίρες

# Νιτρώδη

- Χρησιμοποιούνται στα αλλαντικά ~156ppm (bacon 100-120ppm, ζαμπόν, hot dog, σαλάμια)
- Περιέχονται στο διάλυμα αλιπάστωσης (αλλαντοποίησης) μαζί με τα υπόλοιπα συστατικά
- Αντιμικροβιακή δράση ιδιαίτερα στα αναερόβια βακτήρια και στο *Cl.botulinum*
- Συντηρούν το χρώμα (ροζ) (νιτροζομυογλοβίνη)
- Συμβάλουν στο άρωμα και στην υφή και έχουν αντι-οξειδωτική δράση
- Σχηματισμός νιτροζαμινών από τα νιτρώδη+πρωτείνες κρέατος σε υψηλές θ: επικίνδυνα καρκινογόνα. Δύσκολη η αντικατάστασή τους

# Φωσφορικά

- ✓ Οξινο πυροφωσφορικό Na (SAPP), πυροφωσφορικό τετραNa (TSPP), τριπολυφωσφορικό Na (STPP) κ.α.
- ✓ Πιο δραστικά έναντι των Gram+ βακτηρίων (*Bacillus*, *Clostridium*) και των μυκήτων
- ✓ SAPP παρεμποδίζει την παραγωγή τοξίνης του *Cl.botulinum*, αλλά όχι την ανάπτυξή του
- ✓ Δεσμεύουν μεταλλικά ιόντα, τα οποία δεν μπορούν να προσδεθούν στις μεμβράνες των βακτηρίων

# Απολυμαντικά

Χρησιμοποιούνται σε επιφάνειες επαφής με τρόφιμα, πλύσιμο Σουλφίδια (θειώδη) άλατα του  $SO_2$  με K, Na: κυρίως σε προϊόντα φρούτων & λαχανικών κατά των ζυμών, μούχλων και βακτηρίων

Βακτήρια: πιο ευαίσθητα (επεξεργασία κρασιού με θειώδη, ώστε να ανασταλούν τα βακτήρια που προκαλούν τη μηλογαλακτική ζύμωση, χωρίς να αναστέλλουν την αλκοολική ζύμωση)

Δρουν κυρίως λόγω της μείωσης του pH  
Αντιοξειδωτική δράση

# Απολυμαντικά

Χλώριο: πιο συχνά ως υποχλωριώδες οξύ/νάτριο

Νερό πλύσης, νερό πλύσης φρούτων & λαχανικών, απολύμανση επιφανειών που έρχονται σε επαφή με τρόφιμα

Δραστικό κατά των βακτηρίων, μούχλων, ζυμών, ιών

Προκαλεί διάβρωση όμως

Χρήση του Διοξειδίου του χλωρίου ( $\text{ClO}_2$ ): σημαντικά πλεονεκτήματα - άοσμο και διασπά ανεπιθύμητες ενώσεις (θειώδη άλατα, μερκαπτάνες κ.α.)

# Απολυμαντικά

- ✓ Ενώσεις Τεταρτοταγούς Αμμωνίου (quats): ενώσεις άχρωμες, μη-διαβρωτικές, άοσμες και πολύ πιο ακριβές!
  - Δραστικές κατά των βακτηρίων, μούχλων, ζυμών, ιών
- ✓ Υπεροξειδία: πιο γνωστό το  $H_2O_2$ 
  - Δραστικό κατά των μούχλων, ζυμών, βακτηρίων, ιών, εκτός από αυτά που διαθέτουν καταλάση
  - Χρησιμοποιούνται για τις επιφάνειες και εξοπλισμό στη βιομηχανία τροφίμων. Το  $H_2O_2$  δεν έχει εγκριθεί ως πρόσθετο τροφίμων
  - Τα υπεροξυ-οξέα είναι ισχυρότερα, χρησιμοποιούνται σε μικρότερες συγκεντρώσεις σε κρέατα, πουλερικά, φρούτα, λαχανικά για μείωση του μικροβιακού φορτίου

# Απολυμαντικά

- ✓ Όζον: ισχυρά οξειδωτικός παράγοντας (νουκλειικά οξέα των μικροβίων)
- ✓ Θεωρείται GRAS για τα τρόφιμα
- ✓ Απενεργοποιεί διάφορα παθογόνα: ιούς, βακτήρια, πρωτόζωα, αλλά και σκουλήκια και ακάρεα
- ✓ Φρούτα και λαχανικά: νερό επεξεργασίας, έκπλυση, ανακυκλωμένο και αποθηκευμένο νερό (2-3ppm)
- ✓ Μαρούλια: αντιμικροβιακή δράση αλλά και καλή οπτική εμφάνιση, έλεγχος του μαυρίσματος, δεν μείωσε σημαντικά τα φαινολικά και τη βιταμίνη C

# Μη Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των τροφίμων

- Θερμικές μέθοδοι αποτελεσματικές στην θανάτωση των μο
- Επηρεάζουν όμως την ποιότητα των τροφίμων (γεύση, χρώμα, υφή, θρεπτικά συστατικά)
- Μη-θερμικές μέθοδοι δεν επηρεάζουν την ποιότητα (αφήνουν σαν φρέσκο)
- Εξοικονόμηση ενέργειας γιατί: σύντομη διάρκεια εφαρμογής, θερμοκρασία δωματίου
- Θέματα αποδοχής από τους καταναλωτές (ακτινοβολία)

# Μη Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των τροφίμων

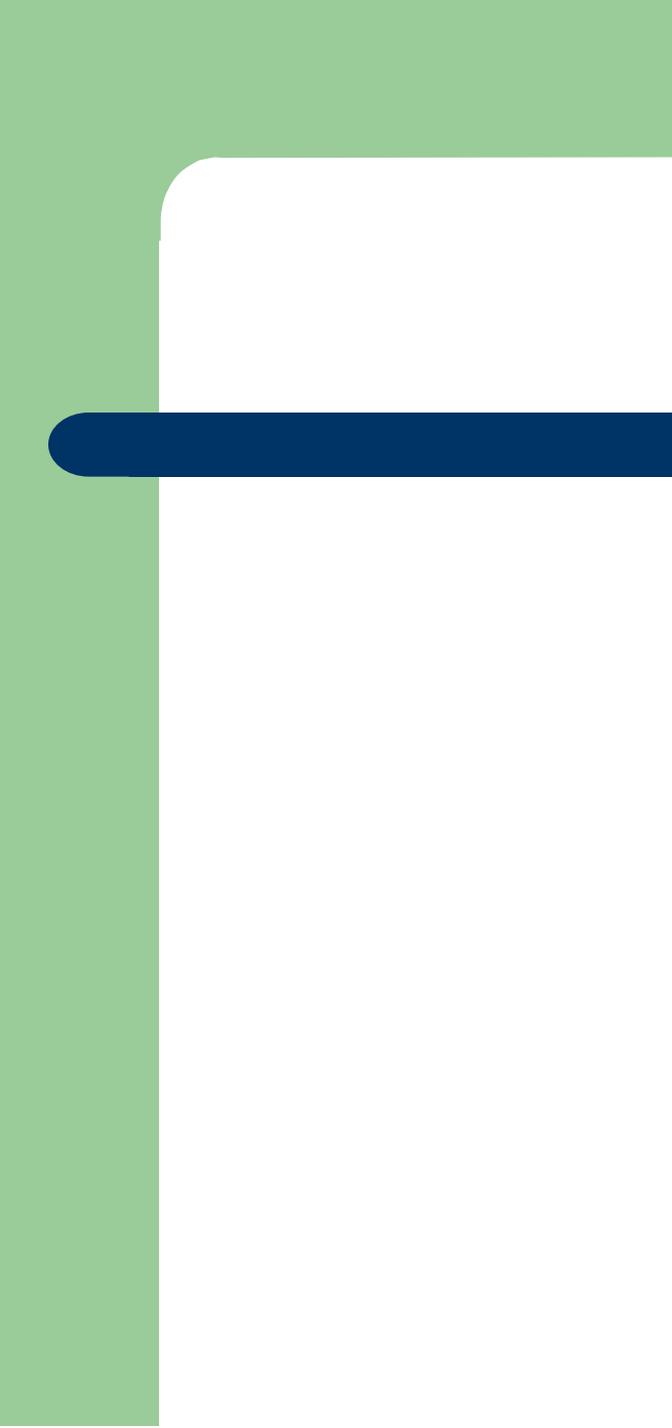
- ✓ **Υπερυψηλή πίεση (HPP):** εφαρμογή υψηλής υδροστατικής πίεσης στα τρόφιμα τοποθετημένα σε σφραγισμένες σακούλες σε υδατόλουτρο (αβοκάντο υπό πίεση, έτοιμα προς κατανάλωση αλλαντικά)
- ✓ **Όζον:** έχει χαρακτηριστεί GRAS για το εμφιαλωμένο νερό (1982), για τα τρόφιμα (1997) στις ΗΠΑ. Επεξεργασία νερού, οφέλη: αντικατάσταση του συστήματος χλωρίωσης. Η αποτελεσματικότητα περιορίζεται από τις οργανικές ενώσεις (τρόφιμα;)

# Μη Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των τροφίμων

- ✓ **Υπεριώδες φως:** έχει χρησιμοποιηθεί στην επεξεργασία νερού και τροφίμων. Αντιμικροβιακή δράση. Μικρή διεισδυτικότητα, περιορίζεται κυρίως στην επιφάνεια. Δεν αφήνει χημικά κατάλοιπα
- ✓ **Υπέρηχοι:** απενεργοποιούν βακτήρια, ιούς, μούχλες, ζύμες. Τα σπόρια και τα Gram + βακτήρια είναι πιο ανθεκτικά. Μειώνει επίσης τη δράση των ενζύμων στα τρόφιμα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πλύση προϊόντων, επεξεργασία υγρών (χυμοί φρούτων, υγρά αυγά), απομάκρυνση βιοφιλμ

# Μη Θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας των τροφίμων

- ✓ **Παλλόμενα ηλεκτρικά πεδία** : προκαλεί ηλεκτροδιάτρηση των μεμβρανών των μο. Προτείνεται κυρίως για υγρά τρόφιμα (χυμοί, υγρά αυγά). Ενέργεια περίπου 80% λιγότερη από τη θερμική επεξεργασία
- ✓ **Παλλόμενο φως**: μικρότερη διεισδυτικότητα, εφαρμόζεται περισσότερο σε επιφάνειες. Πιο αποτελεσματικό το παλλόμενο UV από το συνεχές
- ✓ **Ταλαντώμενα μαγνητικά πεδία**: φαίνεται ότι απενεργοποιούν ζύμες και βακτήρια. Χρειάζεται ακόμα αρκετή μελέτη, αλλά τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την επεξεργασία στερεών και υγρών τροφίμων



**Ευχαριστώ!!!**