

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ **VI**

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ **ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ** **ΤΡΟΦΙΜΑ**

2022-2023

ΕΚΔΟΣΗ 01

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ

ΠΑΝΕΠΙ

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ Μ/ Ο ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ



ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ



αλληλεπιδράσεις

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΚΑΙ ΚΥΡΙΩΣ Η **ΡΥΘΜΙΣΗ**
ΤΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΠΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥΝ ΤΗΝ
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ
ΕΙΝΑΙ ΠΟΛΥ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ ΔΙΟΤΙ ΜΕΣΩ
ΑΥΤΩΝ **ΕΛΕΓΧΕΤΑΙ** Η ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ
ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ ή/ και ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΟΥΣ
ΣΤΑ **ΤΡΟΦΙΜΑ**

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ Μ/ Ο ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ

pH

Ενεργότητα νερού
(a_w)

Δυναμικό
Οξειδοαναγωγής
(E_h)

Σύσταση/ δομή
του τροφίμου

Ανταγωνιστική
μικροχλωρίδα

ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ


Θερμοκρασία

Επεξεργασία

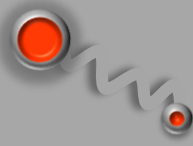
ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

pH


pH



Από χημικής απόψεως, το **pH** εκφράζει τον αρνητικό δεκαδικό λογάριθμο της συγκέντρωσης **H⁺** σε ένα σύστημα (τρόφιμο, διάλυμα)



Είναι ενδογενής ιδιότητα που έχουν όλα τα τρόφιμα. Ανάλογα με το τρόφιμο, οι τιμές pH μπορεί να διαφοροποιηθούν σημαντικά



Οι τιμές pH ενός τροφίμου διαφοροποιούνται σημαντικά
(ακολουθούν πίνακες)

pH

pH διαφορετικών τροφίμων

Table 3-3—pH ranges of some common foods

Food	pH Range
<i>Dairy Products</i>	
Butter	6.1 to 6.4
Buttermilk	4.5
Milk	6.3 to 6.5
Cream	6.5
Cheese (American mild and cheddar)	4.9; 5.9
Yogurt	3.8 to 4.2

Meat and Poultry (and products)

Beef (ground)	5.1 to 6.2
Ham	5.9 to 6.1
Veal	6.0
Chicken	6.2 to 6.4
Fish and Shellfish	
Fish (most species)	6.6 to 6.8
Clams	6.5
Crabs	7.0
Oysters	4.8 to 6.3
Tuna Fish	5.2 to 6.1
Shrimp	6.8 to 7.0
Salmon	6.1 to 6.3
White Fish	5.5

Table 3-3—pH ranges of some common foods

Food	pH Range
<i>Fruits and Vegetables</i>	
Apples	2.9 to 3.3
Apple Cider	3.6 to 3.8
Bananas	4.5 to 4.7
Figs	4.6
Grapefruit (juice)	3.0
Limes	1.8 to 2.0
Honeydew melons	6.3 to 6.7
Oranges (juice)	3.6 to 4.3
Plums	2.8 to 4.6
Watermelons	5.2 to 5.6
Grapes	3.4 to 4.5
Asparagus (buds and stalks)	5.7 to 6.1
Beans (string and lima)	4.6 to 6.5
Beets (sugar)	4.2 to 4.4
Broccoli	6.5
Brussels Sprouts	6.3
Cabbage (green)	5.4 to 6.0
Carrots	4.9 to 5.2; 6.0
Cauliflower	5.6
Celery	5.7 to 6.0
Corn (sweet)	7.3
Cucumbers	3.8
Eggplant	4.5
Lettuce	6.0
Olives (green)	3.6 to 3.8
Onions (red)	5.3 to 5.8
Parsley	5.7 to 6.0
Parsnip	5.3
Potatoes (tubers and sweet)	5.3 to 5.6
Pumpkin	4.8 to 5.2
Rhubarb	3.1 to 3.4
Spinach	5.5 to 6.0
Squash	5.0 to 5.4
Tomatoes (whole)	4.2 to 4.3
Turnips	5.2 to 5.5

pH

ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ pH ΓΙΑ ΒΑΚΤΗΡΙΑ

pH



< 5.3

αναστέλλονται τα **Gram⁻** βακτήρια



< 4.6

αναστέλλονται τα **σπορογόνα** βακτήρια



< 4.0

αναστέλλονται τα **Gram⁺** βακτήρια (.. όλα τα παθογόνα)



< 2.0

αναστέλλονται **ζύμες - μύκητες**

pH

ΟΡΙΑ ΤΙΜΩΝ pH ΓΙΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

βακτήρια

μέγιστο **9.8**

άριστο **7.0**

ελάχιστο **4.2**

ζύμες

μέγιστο **9.0**

άριστο **4.0 - 6.0**

ελάχιστο **2.0**

ζύμες

μέγιστο **11.0**

άριστο **7.0**

ελάχιστο **2.0**

pH

Με ποιούς τρόπους μπορούμε να **τροποποιήσουμε** το **pH** ενός τροφίμου

ΑΜΕΣΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ
ΟΞΕΟΣ

ΕΜΜΕΣΗ ΠΡΟΣΘΗΚΗ
ΟΞΕΟΣ

*προσθήκη οξέος σε
συγκεντρώσεις
> 0.5%*

Γαλακτικό οξύ

Οξικό οξύ

Προπιονικό οξύ

Κιτρικό οξύ

Σορβικό οξύ

*παραγωγή οξέος από μικροοργανισμούς
που αναπτύσσονται μέσω ζύμωσης*

Γαλακτικό οξύ (γαλακτικά βακτήρια)

Οξικό οξύ (οξικά βακτήρια)

Προπιονικό οξύ (προπιονικά βακτήρια)

pH

Μηχανισμός αντιμικροβιακής δράση ασθενών οργανικών οξέων

Λιποδιαλυτά

Διαλύονται με ευκολία στη μεμβράνη των κυττάρων, παρεμποδίζουν τη λειτουργία της κυτταρικής μεμβράνης, παύει το κύτταρο να παράγει ενέργεια, και παράλληλα μειώνεται το ενδοπλασματικό pH

Υδατοδιαλυτά

Τα ασθενή οξέα δίστανται, το **αδιάστατο** μη-φορτισμένο μέρος του διέρχεται από την κυτταροπλασματική μεμβράνη και στο κυτταρόπλασμα δίσταται, οπότε μειώνεται το pH στο κυτταρόπλασμα, και παράλληλα ανατρέπεται το «ηλεκτροχημικό δυναμικό» κατά μήκος της μεμβράνης, οπότε διακόπτεται και η παραγωγή ενέργειας στο κύτταρο με ό,τι αυτό συνεπάγεται.

pH

Παράγοντες που επηρεάζουν την
αντιμικροβιακή αποτελεσματικότητα των
ασθενών οργανικών οξέων



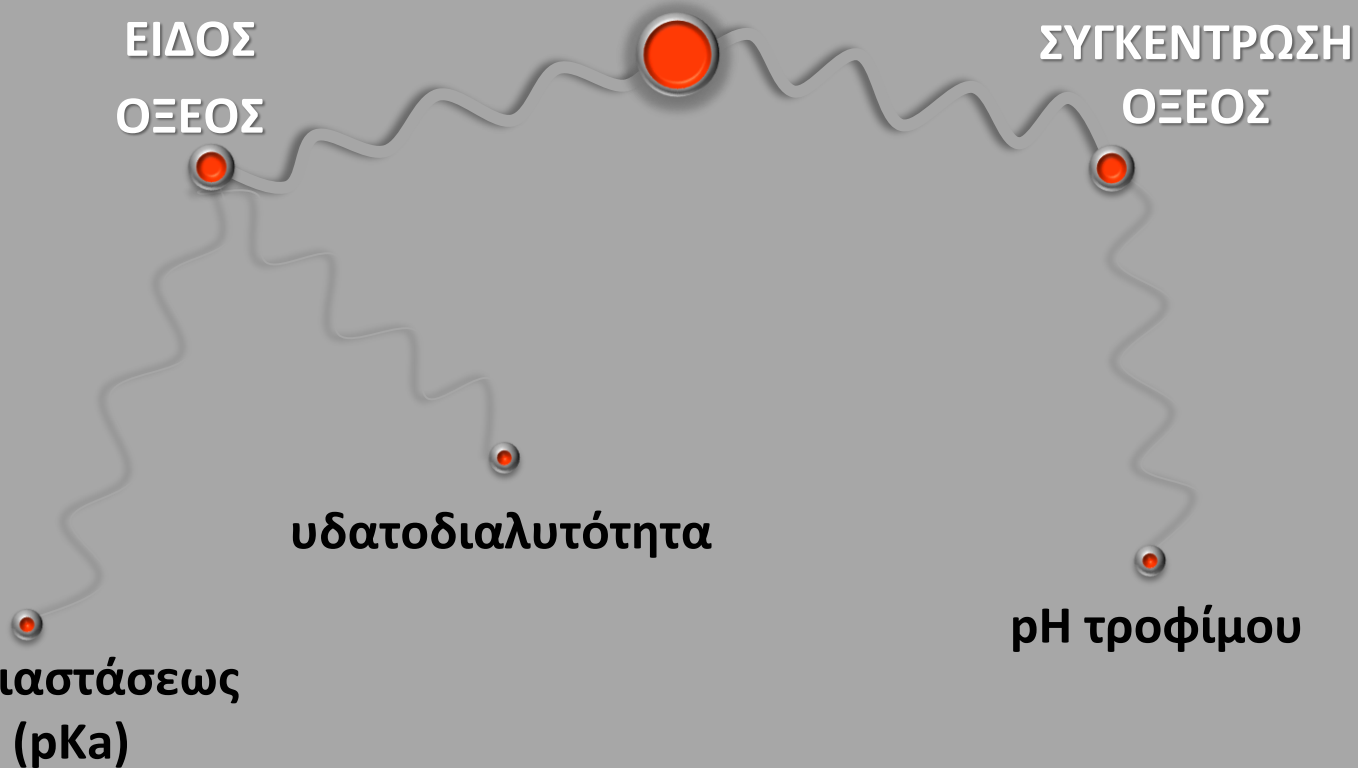
Υδατοδιαλυτά

Τα ασθενή οργανικά οξέα παρουσιάζουν αντιμικροβιακή δράση όταν είναι στην **μη-ιοντική μορφή** (αδιάστατη) δηλαδή όταν δεν έχουν φορτίο)



pH

Παράγοντες που επηρεάζουν τη **μορφή** του ασθενούς οργανικού οξέος (ιοντική ή μη-ιοντική) στο τρόφιμο



pH

Πώς επηρεάζει το **pH** του τροφίμου και η **pKa** του οξέος των αντιμικροβιακή δράση του ;

		pH τροφίμου				
Οξύ	pK	3	4	5	6	7
		(%) μη-ιοντική μορφή (αντιμικροβιακή)				
Οξικό		98.5	84.5	34.9	5.1	0.54
Κιτρικό		53.0	18.9	0.41	0.006	<0.001
Γαλακτικό		86.6	39.2	6.05	0.64	0.064
Προπιονικό		98.5	87.6	41.7	6.67	0.71
Σορβικό		97.4	82.0	30.0	4.1	0.48
Βενζοϊκό		93.5	59.3	12.8	1.44	0.144
Parabens		>99.99	99.99	99.96	99.66	96.72

Όσο μεγαλύτερο είναι το % του οργανικού οξέος στην μη-ιοντική μορφή τόσο πιο ισχυρά αντιμικροβιακό είναι στη συγκεκριμένη τιμή pH

π.χ. σε pH 3.0 και 4.0 έχει το οξικό οξύ τη ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση

pH

Πώς επηρεάζει η **υδατοδιαλυτότητα** οξέος των αντιμικροβιακή δράση του ;

Οξύ	pK	Υδατοδιαλυτότητα
Οξικό	4.75	Πολύ διαλυτό
Κιτρικό	3.1	Πολύ διαλυτό
Γαλακτικό	3.7	Πολύ διαλυτό
Προπιονικό	4.9	Πολύ διαλυτό
Βενζοϊκό	4.2	0.3%
Σορβικό	4.8	0.2%

Τα **υδατοδιαλυτά** ασθενή οργανικά οξέα χρησιμοποιούνται για τα τρόφιμα που η κύρια φάση τους είναι υδατική (π.χ. χυμοί φρούτων)

Τα **μη-υδατοδιαλυτά** οργανικά οξέα (π.χ. σορβικό) χρησιμοποιούνται για τρόφιμα που η κύρια φάση τους είναι λιπαρή (π.χ. βούτυρο)

ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

a_w



a_w

Η ενεργότητα νερού εκφράζει το **διαθέσιμο** νερό ενός τροφίμου για την ανάπτυξη ενός μ/ο

Θεωρητικά ισχύει:

$$1.00 < a_w < 0.00$$

Στα **τρόφιμα** ισχύει:

$$0.99 \text{ (κρέας)} < a_w < 0.10 \text{ (μπισκότα)}$$

Ο στόχος είναι να **περιορίζουμε** όσο το δυνατόν περισσότερο το διαθέσιμο για τους μικροοργανισμούς νερό, ώστε να **αναστέλλουμε** την ανάπτυξή τους, χωρίς βέβαια τα τρόφιμα να καταστούν μη βρώσιμα ή οργανοληπτικά ανεπιθύμητα



a_w



Η απομάκρυνση νερού από τρόφιμα, είναι από τις αρχαιότερες μεθόδους συντήρησης



Κατά το παρελθόν το νερό απομακρύνονταν από τα προς συντήρηση τρόφιμα μέσω:

ήπιας θέρμανσης (π.χ. πάνω από φλόγα, τζάκι, στον ήλιο)

συνήθους θέρμανσης (π.χ. ψήσιμο στον φούρνο)

συντήρησης σε **άλμη** (π.χ. αλίπαστα προϊόντα)

συντήρησης σε **ζάχαρη** (π.χ. γλυκά «κουταλιού»)



Με ποιούς τρόπους ελέγχουμε/ ρυθμίζουμε την
ενεργότητα νερού
σε ένα τρόφιμο ;

ΜΕΣΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ

a_w

a_w

ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ
ΝΕΡΟΥ



ΞΗΡΑΝΣΗ



ΨΗΣΙΜΟ



«ΑΔΡΑΝΟΠΟΙΗΣΗ»
ΝΕΡΟΥ



ΚΑΤΑΨΥΞΗ



ΠΡΟΣΘΗΚΗ ΥΓΡΟΣΚΟΠΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ

ΑΛΑΤΙ



ΖΑΧΑΡΗ





a_w διαφορετικών τροφίμων

Table 2 Representative water activity of foods

<i>Food</i>	<i>Typical water activity</i>
Milk, fruit, vegetables	0.995–0.998
Fresh meat, fish	0.990–0.995
Cooked meat, cold smoked salmon	0.965–0.980
Liverwurst	0.96
Cheese spread	0.95
Caviar	0.92
Bread	0.90–0.95
Salami (dry)	0.85–0.90
Soft, moist pet food; chocolate syrup	0.83
Fruit cakes, preserves, soy sauce	0.80
Salted fish, honey	0.75
Dried fruit	0.60–0.75
Dried milk (8% moisture)	0.70
Cereals, confectionery, dried fruit, peanut butter	0.70–0.80
Ice at -40°C	0.68
Dried pasta, spices, milk powder	0.20–0.60
Freeze-dried foods	0.10–0.25

Table 3-1—Approximate a_w values of selected food categories.

Animal Products	a_w
Fresh meat, poultry, fish	0.99 to 1.00
Natural cheeses	0.95 to 1.00
Pudding	0.97 to 0.99
Eggs	0.97
Cured meat	0.87 to 0.95
Sweetened condensed milk	0.83
Parmesan cheese	0.68 to 0.76
Honey	0.75
Dried whole egg	0.40
Dried whole milk	0.20
Plant Products	a_w
Fresh fruits, vegetables	0.97 to 1.00
Bread	~0.96
white	0.94 to 0.97
crust	0.30
Baked cake	0.90 to 0.94
Maple syrup	0.85
Jam	0.75 to 0.80
Jellies	0.82 to 0.94
Uncooked rice	0.80 to 0.87
Fruit juice concentrates	0.79 to 0.84
Fruit cake	0.73 to 0.83
Cake icing	0.76 to 0.84
Flour	0.67 to 0.87
Dried fruit	0.55 to 0.80
Cereal	0.10 to 0.20
Plant Products	a_w
Sugar	0.19
Crackers	0.10

Sources: Table 4.6 in Banwart 1979, p 115; Table 2 in FDA 1986; Table 18-3 in Jay 2000, p 367.


 a_w

ΟΡΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

μικροοργανισμών σε
διαφορετικές τιμές

 a_w

Table 4 Representative tolerance ranges for various microbial groups and species

Organism or group	Lower a_w limit (Solute)
(Most) Gram-negative rods	0.95–0.96 (NaCl)
<i>Escherichia coli</i>	0.95–0.955 (NaCl)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.97 (Sucrose)
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.96 (NaCl)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.96 (Glucose)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.93 (NaCl)
(Most) Gram-positive bacteria	0.90–0.94 (NaCl)
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.92–0.93 (NaCl)
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.89 (Glycerol)
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.87 (Sucrose)
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.86 (NaCl)
<i>Bacillus cereus</i>	0.95 (Glucose)
<i>Bacillus cereus</i>	0.94 (NaCl)
<i>Bacillus cereus</i>	0.92 (Glycerol)
Yeasts	0.65–0.92 (NaCl)
<i>Zygosaccharomyces rouxii</i>	0.65 (Sucrose)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.90 (Sucrose)
Moulds	0.65–0.90 (NaCl)
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0.80 (KCl, glucose)
<i>Wallemia sebi</i>	0.75 (Glycerol)
<i>Eurotium</i> spp.	0.66 (Glucose and fructose)
Algae	0.75–0.90
Most groups	0.90–0.95 (NaCl)
<i>Dunaliella</i>	0.75 (NaCl)



a_w

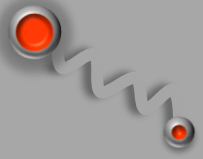
ΟΡΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

μικροοργανισμών σε
διαφορετικές τιμές

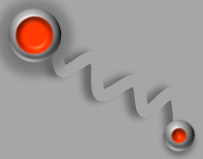
a_w



Τα **Gram αρνητικά** βακτήρια
αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0.93$



Τα **Gram θετικά** βακτήρια (μη αλόφιλα)
αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0.86$



Τα **αλόφιλα** βακτήρια
αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0.75$



Οι **ζύμες** αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0.62$



Οι **μύκητες** αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0.61$



ΟΡΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

μικροοργανισμών σε
διαφορετικές τιμές

a_w

Τα περισσότερα **αλλοιωγόνα βακτήρια** αναπτύσσονται σε τιμές

$$a_w > 0.90$$

Οι περισσότερες **αλλοιωγόνες ζύμες** αναπτύσσονται σε τιμές

$$a_w > 0.88$$

Οι περισσότεροι **αλλοιωγόνοι μύκητες** αναπτύσσονται σε τιμές

$$a_w > 0.80$$

Τα **αλόφιλα βακτήρια** αναπτύσσονται σε τιμές

$$a_w > 0.75$$

Οι **ξηρόφιλοι μύκητες** και **ωσμόφιλες ζύμες** αναπτύσσονται σε τιμές

$$a_w > 0.61$$

ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΗΣ- E_h

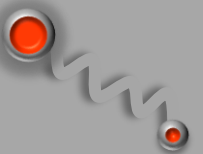
Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)



Από χημικής απόψεως, εκφράζει την "ευκολία" με την οποία μία ένωση **δέχεται** ή **χάνει** ηλεκτρόνια (e^-)



Εκφράζεται σε $\pm mV$ (millivolt)



Πρακτικά στα τρόφιμα **αρνητικό** E_h ($-mV$) παρουσιάζει περιβάλλον που έχει χαμηλές και πολύ χαμηλές **συγκεντρώσεις οξυγόνου** ενώ **θετικό** E_h ($+mV$) παρουσιάζει το περιβάλλον που έχει συγκεντρώσεις οξυγόνου

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

Από τί εξαρτάται το δυναμικό οξειδοαναγωγής ενός τροφίμου ;

- Από τη **σύσταση**
- Από την **επεξεργασία**
- Από τη **συσκευασία**
- Από τυχόν **ζύμωση**

.... το οποίο επηρεάζει και το *είδος της μικροχλωρίδας* που τελικά θα αναπτυχθεί και άρα και τη *διάρκεια ζωής* του τροφίμου

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

Από τί εξαρτάται το δυναμικό οξειδοαναγωγής ενός τροφίμου ;

- Από τη **σύσταση**

Στα τρόφιμα συνυπάρχουν οξειδωτικές και αναγωγικές ενώσεις οι οποίες καθορίζουν το «*αρχικό*» δυναμικό οξειδοαναγωγής (E_h) του τροφίμου.

Ανάλογα με το τι θα επακολουθήσει

επεξεργασία,

συσκευασία,

ζύμωση,

συντήρηση,

το (E_h) του τροφίμου θα μεταβληθεί

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ



Γενικά κατά τη διάρκεια συντήρησης νωπών κυρίως προϊόντων, οι αερόβιοι μικροοργανισμοί που συνήθως αναπτύσσονται **μειώνουν** σταδιακά το E_h .

Επίσης ορισμένα μεταβολικά προϊόντα, όπως H_2 και H_2S , (π.χ. το H_2S μειώνει το E_h μέχρι και -300 mV^*) που παράγουν οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στο τρόφιμο κατά τη συντήρηση μειώνουν σημαντικά το E_h του.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα: στο νωπό γάλα που συντηρείται σε ψύξη, σταδιακά μειώνεται το E_h λόγω της ανάπτυξης των αερόβιων, ψυχρότροφων βακτηρίων

* Δεν είναι «τυχαίο» που το αυστηρά αναερόβιο *Cl. botulinum* αναπτύσσεται καλύτερα σε τρόφιμα που είναι πλούσια σε πρωτεΐνη, διότι ένα από τα βασικά προϊόντα αποδόμησης των πρωτεϊνών είναι το H_2S

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

E_h



Είναι από τους συνηθέστερους τρόπους τροποποίησης του E_h ενός τροφίμου είναι η συσκευασία είτε συσκευασία απαλλαγμένη από οξυγόνο (συσκευασία κενού – **vacuum packaging**) είτε σε ατμόσφαιρα τροποποιημένη (**modified packaging**) δηλαδή ατμόσφαιρα που περιέχει $> 10\% \text{CO}_2$.

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

Η **συσκευασία κενού** χρησιμοποιείται για την πλήρη αναστολή των αερόβιων βακτηρίων καθώς και των ζυμών και μυκήτων.

ΘΕΡΜΙΚΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ



Στην **τροποποιημένη ατμόσφαιρα**, τα Gram αρνητικά βακτήρια είναι περισσότερο ευαίσθητα στο CO_2 από τα Gram θετικά. Η τροποποιημένη ατμόσφαιρα χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στο κρέας και τα ψάρια ώστε να περιορίσουμε όσο το δυνατόν περισσότερο την ανάπτυξη των απολύτως ανεπιθύμητων Gram αρνητικών

ΖΥΜΩΣΗ

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

E_h

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ



Κατά την θέρμανση των τροφίμων αφαιρείται αέρας από το εσωτερικό τους οπότε και μειώνεται το E_h στο εσωτερικό του τροφίμου.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα:

Απαέρωση κατά την κονσερβοποίηση καθώς και την απλή οικιακή κονσερβοποίηση

ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ



Βρασμός στο συνηθισμένο μαγείρεμα σε κατσαρόλα (π.χ. σούπες, ρύζι, πουρές, κ.α.)

ΘΕΡΜΙΚΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΥΜΩΣΗ

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

ΑΙΤΙΑ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΡΟΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ

E_h

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ



ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ

ΘΕΡΜΙΚΗ
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

ΖΥΜΩΣΗ

Κατά την ζύμωση οι μικροοργανισμοί των καλλιεργειών εκκίνησης **καταναλώνουν το οξυγόνο** στο εσωτερικό του τροφίμου και επιτυγχάνουν δύο πράγματα:

- σταδιακά εκτοπίζουν τα αυστηρά αερόβια βακτήρια όπως *Pseudomonas spp.*
- η μείωση του E_h ευνοεί την ανάπτυξη των μικροαερόφιλων οξυγαλακτικών βακτηρίων

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)

Μικροοργανισμοί / Τρόφιμα / Δυναμικό οξειδοαναγωγής

ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

αυστηρά αερόβια

+ 500 **ω** έως + 300 mV

προαιρετικά αναερόβια

+ 500 **ε** έως - 100 mV

μικροαερόφιλα

+ 250 **ε** έως - 250 mV

αυστηρά αναερόβια

ε > - 250 mV

ΤΡΟΦΙΜΑ


επιφάνεια τροφίμων
φρέσκο νωπό κρέας

συσκευασμένα εψυγμένα
προϊόντα

"βρασμένα" τρόφιμα

"κονσέρβες"
εσωτερικό τροφίμων

Δυναμικό Οξειδοαναγωγής (E_h)



Για ποιά λόγο χρησιμοποιούμε τον έλεγχο του **δυναμικού οξειδοαναγωγής** στην Τεχνολογία Τροφίμων ;

Διότι με τον τρόπο αυτό περιορίζεται ή αναστέλλεται η ανάπτυξη των αερόβιων μικροοργανισμών, η οποία αποτελεί σημαντική ομάδα των αλλοιογόνων μικροοργανισμών




Αρκεί ο έλεγχος του **δυναμικού οξειδοαναγωγής** στην Τεχνολογία Τροφίμων για τον έλεγχο της μικροβιολογικής κατάστασής τους;

Ασφαλώς και **ΌΧΙ**.

Απλά είναι ένα από τα «όπλα» για τον έλεγχο της μικροβιολογικής χλωρίδας των τροφίμων

ΕΙΔΟΣ/ ΔΟΜΗ ΤΡΟΦΙΜΟΥ


Είδος/ δομή τροφίμου



Όλα τα τρόφιμα και α' ύλες τροφίμων περιέχουν τα ελάχιστα δυνατά θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών




Από την άλλη πλευρά, αρκετά τρόφιμα περιέχουν στη σύστασή τους, αντιμικροβιακούς παράγοντες.




Μία άλλη πρακτική είναι τα τροποποιούμε τη σύσταση του τροφίμου προσθέτοντας αντιμικροβιακά συστατικά όπως: νιτρικά/ νιτρώδη άλατα, οργανικά οξέα, βακτηριοσίνες, κ.α.

Είδος/ δομή τροφίμου



Όλα τα τρόφιμα και α' ύλες τροφίμων περιέχουν τα ελάχιστα δυνατά θρεπτικά συστατικά που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών




Από την άλλη πλευρά, αρκετά τρόφιμα περιέχουν στη σύστασή τους, αντιμικροβιακούς παράγοντες, π.χ.:

λυσοζύμη στο ασπράδι του αυγού

βενζοϊκό οξύ στα βατόμουρα

αιθέρια έλαια στα μπαχαρικά (π.χ. ρίγανη,

φυτοαλεξίνες σε φυτικά εκχυλίσματα



Τα περισσότερες φυσικές αντιμικροβιακές ενώσεις που απαντούν στα **τρόφιμα** συνήθως αναστέλλουν την ανάπτυξη των **Gram θετικών** βακτηρίων.

Είδος/ δομή τροφίμου



Μία άλλη πρακτική αντιμετώπισης των μ/ο στα τρόφιμα είναι να τροποποιούμε τη σύσταση του τροφίμου προσθέτοντας αντιμικροβιακά συστατικά, π.χ.:

νιτρικά/ νιτρώδη άλατα,

οργανικά οξέα,

βακτηριοσίνες

Είδος/ δομή τροφίμου

Η δομή πολλών τροφίμων είναι τέτοια ώστε να ασκεί αντιμικροβιακή προστασία στο τρόφιμο ή την α' ύλη. Χαρακτηριστικές δομές που προστατεύουν ένα τρόφιμο ή α' ύλη από επιμολύνσεις είναι:

δέρμα (π.χ. σε νωπό κρέας)

φλοιός (π.χ. σε φρούτα)

κέλυφος (π.χ. αυγά, οστρακοειδή)



Ο **τεμαχισμός** τροφίμων μειώνει σημαντικά την άμυνα των τροφίμων έναντι μικροβιακών προσβολών (π.χ. ολόκληρο κρέας σε κιμά)



ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΗ ΜΙΚΡΟΧΛΩΡΙΔΑ

Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα



Ως **ανταγωνιστική μικροχλωρίδα** εννοείται το σύνολο των μικροοργανισμών που είτε φυσικώς υπάρχει σε ένα τρόφιμο είτε έχει εσκεμμένα προστεθεί ως προς ένα «εισβάλλοντα μικροβιακό πληθυσμό»



Η ανταγωνιστική μικροχλωρίδα, όταν είναι σε υψηλούς πληθυσμούς **παρεμποδίζει** ή **αποτρέπει** την εισβολή και την ανάπτυξη άλλων, συνήθως ανεπιθύμητων μικροοργανισμών

Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα



Η μικροχλωρίδα του τροφίμου, είτε αυτή που έχει προστεθεί είτε αυτή που φυσικά υπάρχει αποτρέπει ή καθυστερεί την ανάπτυξη εξωγενούς μικροχλωρίδας μέσω **φαινομένων ανταγωνισμού**, ο οποίος μπορεί να είναι είτε άμεσος είτε έμμεσος:

Άμεσος ανταγωνισμός



Προϊόντα

δευτερογενούς μεταβολισμού

Αντιβιοτικά
Βακτηριοσίνες

Έμμεσος ανταγωνισμός



Προϊόντα

πρωτογενούς μεταβολισμού

Οργανικά Οξέα
 H_2O_2



Διατροφική ένδεια

Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα

ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗΣ
ΧΛΩΡΙΔΑΣ ΤΡΟΦΙΜΟΥ

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Θερμική επεξεργασία

Προσθήκη καλλιεργειών/ ζύμωση

ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ

Διατήρηση σε συνθήκες ψύξης

Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα



ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

● Καλλιέργειες εκκίνησης (*starter cultures*)

Είναι βακτήρια ή ζύμες που χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα που πρόκειται να υποστούν ζύμωση. Αμέσως μετά την εισαγωγή τους στα υπό ζύμωση τρόφιμα θα πρέπει να **αναπτυχθούν** όσο το δυνατόν ταχύτερα ώστε μέσω των μεταβολικών προϊόντων που παράγουν (π.χ. οργανικά οξέα, αλκοόλη, κ.α.) να **τροποποιήσουν** έτσι τη δομή της α' ύλης ώστε να μετατραπεί σε νέο προϊόν (π.χ. γάλα προς τυρί ή τρόφιμο (π.χ. κιμάς προς αλλαντικό).



Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα

ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

• Προστατευτικές καλλιέργειες (*protective cultures*)

Είναι βακτήρια, τα οποία προστίθενται σε τρόφιμα που στερούνται μικροχλωρίδας και συνεπώς είναι ευάλωτα σε επιμολύνσεις. Ο λειτουργικός ρόλος των προστατευτικών καλλιεργειών **δεν είναι να αναπτυχθούν** στο τρόφιμο υπό φυσιολογικές συνθήκες αλλά να παραμείνουν «εν υπνώσει» και να αναπτυχθούν εάν και εφόσον υπάρχει «σπάσιμο» της αλυσίδας ψύξης. Στην περίπτωση αυτή αναπτύσσονται οι προστατευτικές καλλιέργειες και «καταπνίγουν πληθυσμιακά» τυχόν επικίνδυνες επιμολύνσεις (π.χ. *Salmonella*). Συνήθως προστίθενται σε ορισμένα «έτοιμα-προς-κατανάλωση τρόφιμα», π.χ. σάντουιτς



Ανταγωνιστική μικροχλωρίδα

ΕΜΠΟΡΙΚΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

• Προβιοτικές καλλιέργειες (*protective cultures*)

Είναι βακτήρια που εγκαθίστανται, μέσω ροφημάτων, γαλακτοκομικών προϊόντων, ή συμπληρωμάτων διατροφής στον γαστρεντερικό σωλήνα των ανθρώπων και, θεωρητικά, βελτιώνουν την λειτουργία του γαστρεντερικού σωλήνα και γενικότερα την ανθρώπινη υγεία.



ΕΞΩΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Θερμοκρασία



Επίδραση της θερμοκρασίας ως μέσο ελέγχου της ανάπτυξης μ/ο

- Η επίδραση διαφορετικών **θερμοκρασιών** σε τρόφιμα με στόχο την μικροβιολογική σταθερότητα και ασφάλειά τους είναι από τις περισσότερο, αν όχι η περισσότερο συνηθισμένη πρακτική στη τεχνολογία τροφίμων

Θερμοκρασία



Επίδραση της θερμοκρασίας ως μέσο ελέγχου της ανάπτυξης μ/ο

• Επίδραση θερμοκρασίας ως μέσο επεξεργασίας

Σε θερμοκρασίες **> 60 °C** οι μ/ο σταδιακά θανατώνονται. Η ταχύτητα και ο ρυθμός θανάτωσής τους εξαρτώνται από πολλούς παραμέτρους. Στις θερμικές επεξεργασίες θανάτωσης των μ/ο περιλαμβάνονται η παστερίωση, η αποστείρωση και το κλασσικό οικιακό μαγείρεμα

• Επίδραση θερμοκρασίας ως μέσο συντήρησης

Στην Τεχνολογία τροφίμων η μείωση της θερμοκρασίας ως μέσο συντήρησης χρησιμοποιείται στα **τρόφιμα ψυγείου**, όπου σε θερμοκρασίες **< 4 °C** οι περισσότεροι μ/ο αδρανοποιούνται με εξαίρεση τα ψυχρόφιλα.

Για μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα χρησιμοποιείται η κατάψυξη (χαμηλότερα των **< 18 °C**) στα **κατεψυγμένα τρόφιμα**

Θερμοκρασία



Επίδραση της θερμοκρασίας ως μέσο ελέγχου της ανάπτυξης μ/ο

Επίδραση θερμοκρασίας ως μέσο επεξεργασίας

- **Ο κανόνας 4-60 °C**

Είναι ένας πρακτικός, μάλλον «μνημονικός» κανόνας όπου υπονοεί ότι τα τρόφιμα πρέπει είτε να **συντηρούνται** σε θερμοκρασίες $< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ή να **επεξεργάζονται** (θερμαίνονται) σε θερμοκρασίες $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ και να διέρχονται των ενδιάμεσων θερμοκρασιών όσο το δυνατόν ταχύτερα.

Σημαντική σημείωση: σε θερμοκρασίες $< 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ οι μ/ο αδρανοποιούνται αλλά δεν πεθαίνουν σε αντίθεση με τις θερμοκρασίες $> 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ όπου οι μ/ο σταδιακά θανατώνονται

Θερμοκρασία



Επίδραση της ψύξης ως μέσο συντήρησης

Επίδραση στις βιολογικές δομές των μ/ο

Σε θερμοκρασίες ψύξης/ κατάψυξης

- οι **μεμβράνες** των μ/ο χάνουν την ρευστότητά τους και συνεπώς την λειτουργικότητά τους

- τα **ένζυμα** των μ/ο υπολειτουργούν ή αδρανοποιούνται άρα μειώνεται δραματικά ο μεταβολισμός τους.

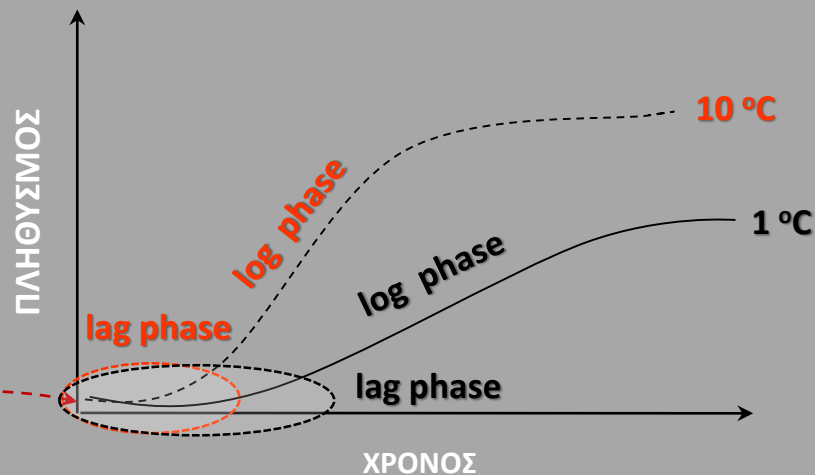
Επίδραση στον μεταβολισμό των μ/ο

Η θερμοκρασία επηρεάζει όχι μόνο τον ρυθμό ανάπτυξης των μ/ο αλλά επηρεάζει και το **είδος** καθώς και τη **συγκέντρωση** των μεταβολιτών (πρωτεύοντες ή δευτερεύοντες) όπως τοξίνες, χρωστικές, ένζυμα κ.α.

Θερμοκρασία

Επίδραση της ψύξης ως μέσο συντήρησης

- Αυξάνεται σημαντικά η **φάση προσαρμογής** (*lag phase*) των μικροοργανισμών και επιβραδύνεται ο ρυθμός πολλαπλασιασμού τους και άρα η **λογαριθμική φάση** ανάπτυξής τους (*log phase*)



Πρακτικά ορίζει το χρονικό διάστημα όπου ένα τρόφιμο μπορεί να παραμείνει στο συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών χωρίς να αυξηθεί ο μικροβιολογικός πληθυσμός.

L. monocytogenes: 10°C, lag time: 1.5 days
1°C, lag time: 3.3 days

pH

**ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ
ΟΡΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΒΑΚΤΗΡΙΩΝ**

ΟΜΑΔΑ ΜΙΚΡ/ΣΜΩΝ	ΕΛΑΧΙΣΤΗ	ΑΡΙΣΤΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ
Ψυχρόφιλοι	-5 - +5 °C	12 - 15 °C	15 - 20 °C
Ψυχρότροφοι	- 5 - +5 °C	25 - 30 °C	30 - 35 °C
Μεσόφιλοι	5 - 15 °C	30 - 45 °C	35 - 47 °C
Θερμόφιλοι	40 - 45 °C	55 - 75 °C	60 – 90 °C

Είναι **σημαντικό** να υπογραμμισθεί ότι όλες οι θερμοκρασίες που αναφέρονται στον παραπάνω Πίνακα ισχύουν όταν όλοι οι άλλοι **παράμετροι** (pH, a_w , Eh, θρεπτικά συστατικά) που επηρεάζουν την ανάπτυξή τους είναι στην **άριστη** τιμή.

ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Επεξεργασία



Επίδραση των επεξεργασιών στην δυνατότητα ανάπτυξης των μ/ο στα τρόφιμα και α' ύλες

● Επεξεργασίες τροφίμων

Με τον όρο επεξεργασία δεν εννοούμε μόνο την **θερμική επεξεργασία**, την **ακτινοβολία**, την **συμπύκνωση**, την **αφυδάτωση** αλλά και άλλες διαδικασίες όπως ο **τεμαχισμός** του κρέατος, ο **εκσπλαχνισμός** ψαριών και θερμόαιμων ζώων, κ.α.

● Επεξεργασίες τροφίμων

Με τον όρο επεξεργασία δεν εννοούμε μόνο την θερμική επεξεργασία, την ακτινοβολία, την συμπύκνωση, την αφυδάτωση αλλά και άλλες διαδικασίες όπως ο τεμαχισμός του κρέατος, ο εκσπλαχνισμός ψαριών και θερμόαιμων ζώων, κ.α.

Επεξεργασία



Επίδραση των επεξεργασιών στην δυνατότητα ανάπτυξης των μ/ο στα τρόφιμα και α' ύλες

- Επηρεάζει η επεξεργασία τροφίμων και α' υλών τη δυνατότητα ανάπτυξης μικροοργανισμών σε αυτά ;

Εξαρτάται, από την περίπτωση.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η επεξεργασία **αυξάνει** την δυνατότητα ανάπτυξης μ/ο σε αυτά ενώ σε άλλες περιπτώσεις ισχύει το αντίθετο.

Επεξεργασία



Επίδραση των επεξεργασιών στην δυνατότητα ανάπτυξης των μ/ο στα τρόφιμα και α' ύλες

- Περιπτώσεις όπου η επεξεργασία μειώνει τη δυνατότητα ανάπτυξης μ/ο

Εκσπλαχνισμός: η αφαίρεση εντοσθίων από ψάρια και θερμόαιμα ζώα μειώνει σε σημαντικό βαθμό την δυνατότητα ανάπτυξης μ/ο σε αυτά.

Αφυδάτωση/ συμπύκνωση: η μείωση της ενεργότητας νερού (a_w) του τροφίμου μειώνει σημαντικά την δυνατότητα ανάπτυξης μ/ο.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΕΝΔΟΓΕΝΩΝ/ ΕΞΩΓΕΝΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ

Επεξεργασία

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (*hurdle effect*)

Βασική αρχή

Η βασική αρχή της θεωρίας των «πολλαπλών εμποδίων» είναι ότι **κανένας μ/ο δεν μπορεί να επιβιώσει σε πολλαπλά ακραίες τιμές**. Παράδειγμα: ο μ/ο A επιτυγχάνει ακραία τιμή pH 4.0 όταν όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες ανάπτυξης βρίσκονται στην άριστη τιμή.

Το ίδιο ισχύει για όλους τους παράγοντες ανάπτυξης, δηλαδή π.χ. επιτυγχάνεται η ελάχιστη τιμή ανάπτυξης $a_w = 0.90$ ο μ/ο A όταν όλοι οι υπόλοιποι παράγοντες (pH, θερμοκρασία, θρεπτικά συστατικά) είναι στην άριστη τιμή. Δεν μπορεί ταυτόχρονα ο μ/ο A να επιβιώσει **ταυτόχρονα** στο συνδυασμό pH 4.0 / $a_w = 0.90$.

Επεξεργασία

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (*hurdle effect*)

Πρακτική εφαρμογή της θεωρίας των εμποδίων

Τα τελευταία 20 χρόνια είναι έντονη η τάση των καταναλωτών για προϊόντα με τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- η ελάχιστη δυνατή επεξεργασία
- καθόλου ή το ελάχιστον δυνατόν συντηρητικά
- χωρίς εκπτώσεις στην ασφάλεια

Προτιμούν δηλαδή προϊόντα όσο το δυνατόν «πιο φυσικά» ή όπως αλλιώς αναφέρονται ως «*minimally processed*» τα οποία βέβαια να είναι ασφαλή.

Η τεχνολογία τροφίμων για να το επιτύχει αυτό καταφεύγει στην εφαρμογή **πολλαπλών εμποδίων** στην ανάπτυξη των μ/ο.

Επεξεργασία

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (*hurdle effect*)

Πρακτική εφαρμογή της θεωρίας των εμποδίων

Τα τρόφιμα σε «κονσέρβες» (π.χ. κρέας) είναι σταθερά σε θερμοκρασία δωματίου καθώς και σε ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες και έχουν μακρά διάρκεια ζωής. Το «αντίτιμο» για αυτές τις ιδιότητες είναι η υψηλής έντασης θερμική επεξεργασία (αποστείρωση), η μερική απώλεια σε οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και σε θρεπτική αξία.

Χρησιμοποιώντας τα **πολλαπλά εμπόδια** αντικαθιστούμε την έντονη θερμική επεξεργασία (μοναδικό εμπόδιο) με σειρά άλλων ηπιότερων επεξεργασιών που όμως έχουν το ίδιο αποτέλεσμα στην μικροβιολογική ασφάλεια του προϊόντος αλλά όχι στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Αποστείρωση = ψύξη + παστερίωση

Επεξεργασία

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (*hurdle effect*)

- Σχηματική περιγραφή της θεωρίας των εμποδίων

Στην περίπτωση α η μικροβιολογική σταθερότητα εξασφαλίζεται μόνο με την έντονη θερμική επεξεργασία

Έντονη
Θερμική
Επεξεργασία



=

Στην περίπτωση β η μικροβιολογική σταθερότητα εξασφαλίζεται με **συνδυασμό** πολλών **ήπιων** επεξεργασιών, δηλαδή η ήπια θερμική επεξεργασία επικουρείται από σχετικά χαμηλό pH, χαμηλό a_w και ψύξη



Επεξεργασία

ΘΕΩΡΙΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (*hurdle effect*)

Μερικά ακόμα παραδείγματα

Σαρδέλες σε αλάτι (αλίπαστες): συντηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου αποκλειστικά με την παρουσία άλατος με μειονέκτημα όμως την υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι.

Λύση: σαρδέλες σε λάδι, παστεριωμένες και συντηρούμενες σε ψύξη.

Ελιές σε άλμη σε συνδυασμό με έντονη θερμική επεξεργασία: συντηρούνται σε θερμοκρασία δωματίου μειονέκτημα ότι η θερμική επεξεργασία είναι έντονη και προκαλεί υπερβολικό μαλάκωμα στις ελιές.

Λύση: στην άλμη προσθέτουμε λίγο οξύ (γαλακτικό ή οξικό) με αποτέλεσμα η χαμηλή οξύτητα να αυξάνει την αποτελεσματικότητα της θερμικής επεξεργασίας. Συνεπώς μπορούμε να μειώσουμε ελαφρά, χωρίς πρόβλημα, την θερμική επεξεργασία.

