



# Μικροβιολογία Τροφίμων Ι

## Ενότητα 6:

### Ενδογενείς Παράγοντες – Ενεργότητα Ύδατος (1/2), 2ΔΩ

Τμήμα: Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής Του Ανθρώπου

Διδάσκοντες: Γεώργιος - Ιωάννης Νύχας

Ευστάθιος Πανάγου



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ





# Μαθησιακοί Στόχοι

- Οι μαθησιακοί στόχοι της ενότητας περιλαμβάνουν την ανάπτυξη βασικών δεξιοτήτων και κριτικής σκέψης των φοιτητών σχετικά με τη θεωρία των εμποδίων (hurdle concept) και τις εφαρμογές της προκειμένου να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και να βελτιωθεί η ασφάλεια των τροφίμων. Ειδικότερα αναφέρεται στους ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό αύξησης/επιβίωσης των μικροοργανισμών στα τρόφιμα με ιδιαίτερη έμφαση στις παραμέτρους της ενεργότητας ύδατος, pH, δομής του τροφίμου, δυναμικού οξειδοαναγωγής, θρεπτικών συστατικών, θερμοκρασίας, υγρασίας, αέριας ατμόσφαιρας.



# Λέξεις Κλειδιά

- θεωρία εμποδίων
- αλλοίωση τροφίμων
- ασφάλεια τροφίμων



# Τι Αφορούν και Ποιοι Είναι

## ΟΙ ΕΝΔΟΓΕΝΕΙΣ (INTRINSIC) ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ





# Τι Είναι η Ενεργότητα Νερού( $a_w$ )

- Ως ενεργότητα νερού ορίζεται η παράμετρος που εκφράζει την ποσότητα νερού στο τρόφιμο που είναι διαθέσιμη για τις ανάγκες αύξησης των μικροοργανισμών.
- Το κυτταρόπλασμα είναι ένα υδατικό περιβάλλον στο οποίο εκτελούνται όλες οι μεταβολικές διεργασίες του κυττάρου.
- Μέσω της κυτταρικής μεμβράνης γίνεται συνεχής ανταλλαγή μορίων νερού με το περιβάλλον.



# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 1/2

- Το νερό είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Το μικροβιακό κύτταρο περιέχει πάνω από 75% νερό. Οι λανθάνουσες μορφές (π.χ. σπόρια) έχουν 15% με σκοπό τον περιορισμό της.
- Η παρουσία του νερού στο περιβάλλον δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αυτό είναι διαθέσιμο για μικροβιακή ανάπτυξη.



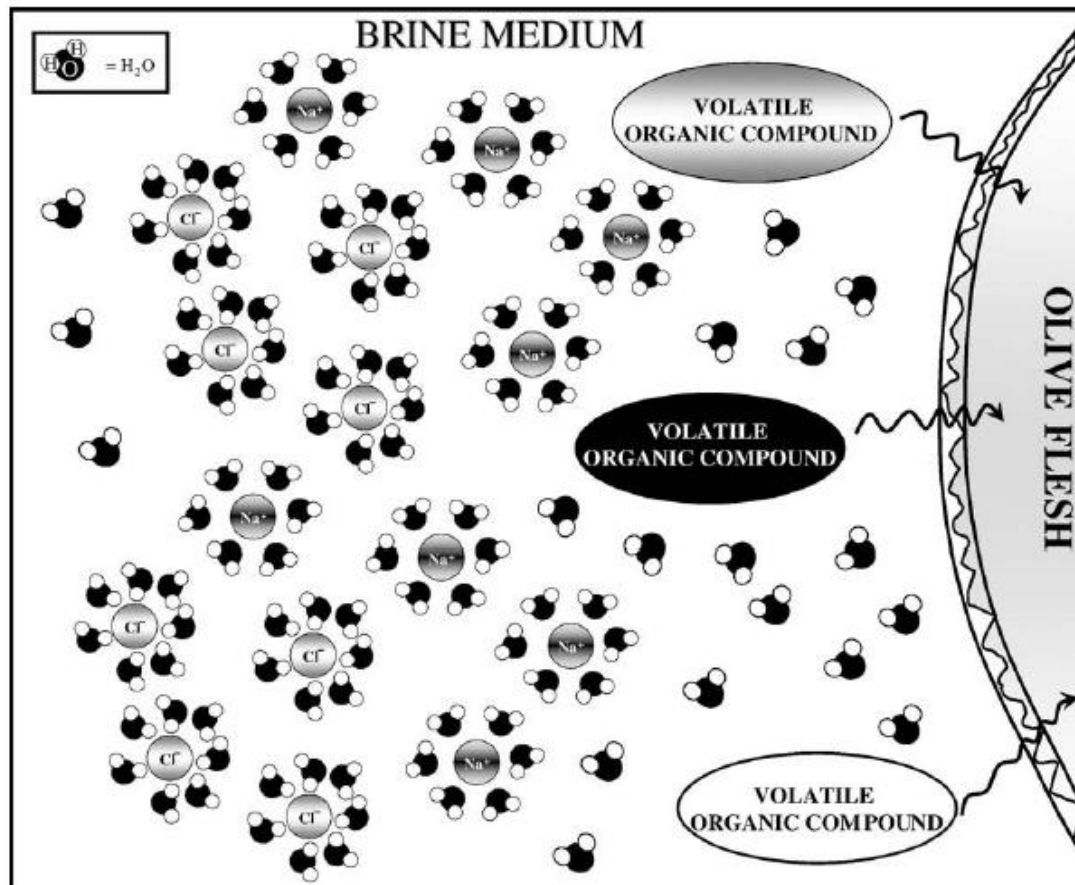
# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 2/2

- Το νερό δεσμεύεται από:
  - Παρουσία διαλυμένων ουσιών (solutes) (π.χ. αλάτι, σάκχαρα)
  - Προσθήκη υδρόφιλων ουσιών (water-binding) (π.χ. πηκτίνες)
  - Κατά την ψύξη του νερού (freezing)
- Η διαθεσιμότητα του νερού για μικροβιακή αύξηση χαρακτηρίζεται από τον όρο «ενεργότητα ύδατος» (water activity).



# Δέσμευση του Νερού από την Παρουσία Διαλυμένων Ουσιών

π.χ. Αλατι







# Ορισμός Ενεργότητας Νερού ( $a_w$ ) 1/5

$$a_w = p / p_o$$

$p$  = πίεση ατμών του διαλύματος  
 $p_o$  = πίεση ατμών του διαλύτη

σχέση με σχετική υγρασία:  $RH = 100 \times a_w$

νερό  $a_w = 1$

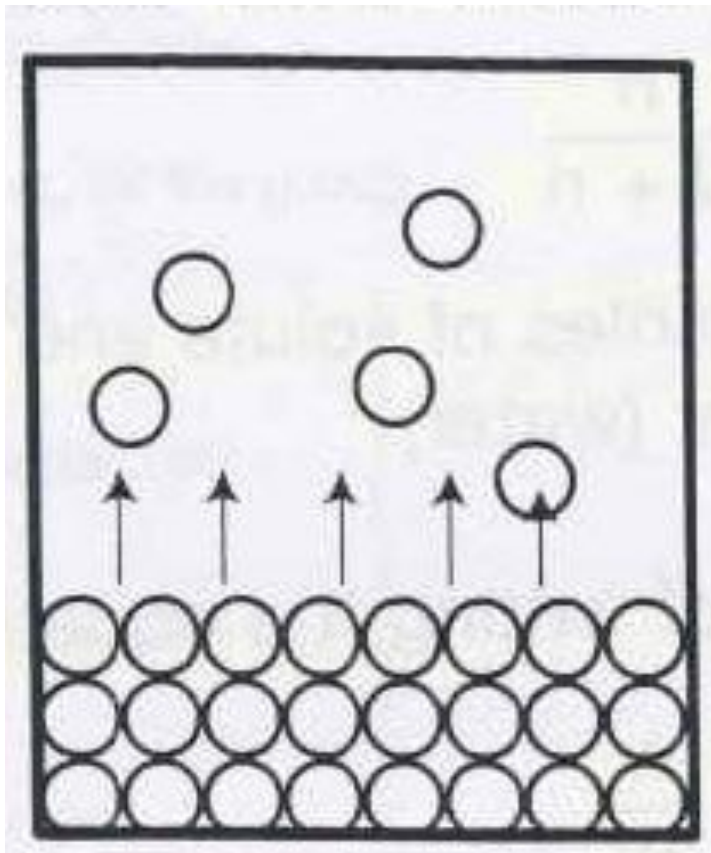
$a_w < 0.61$  δεν υπάρχει μικροβιακή αύξηση





# Ορισμός Ενεργότητας Νερού ( $a_w$ ) 2/5

Pure water is placed in a closed vessel under vacuum.



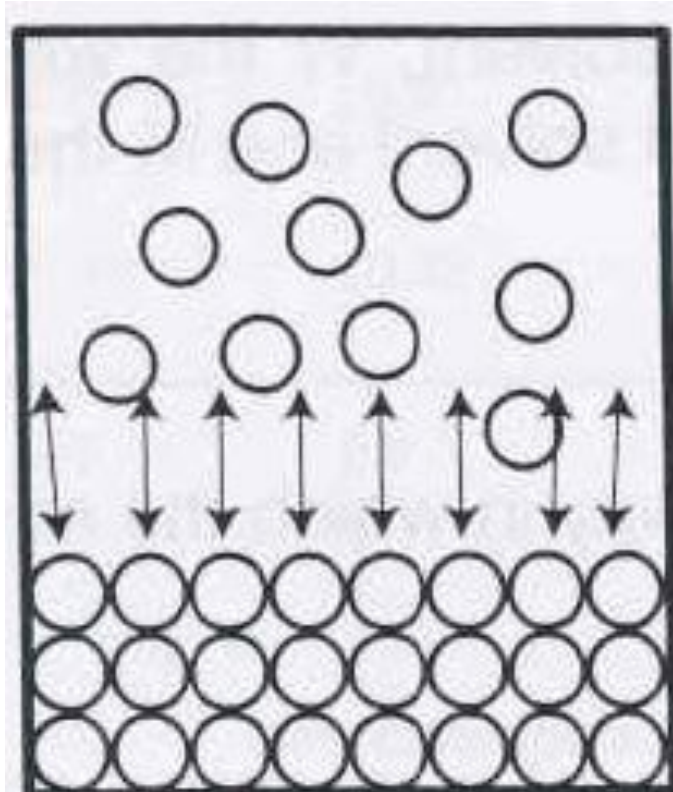
Water molecules leave the liquid surface if they have enough energy. Eventually, the atmosphere inside the vessel is saturated with water vapour and this exerts a pressure inside the vessel - the vapour pressure.

Pure water  
at 0°C.



# Ορισμός Ενεργότητας Νερού ( $a_w$ ) 3/5

The water activity of the pure water is 1.0

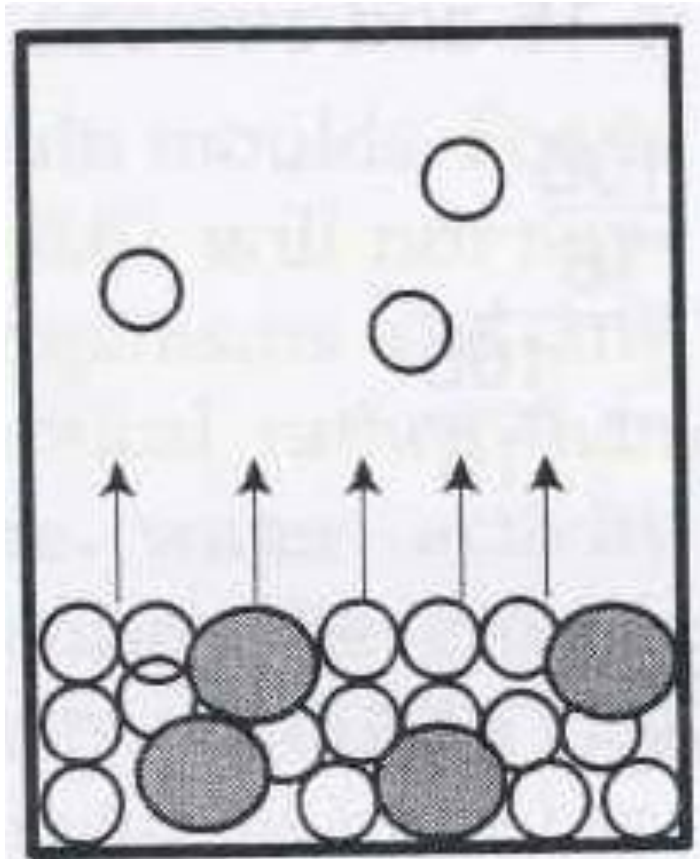


When the number of water molecules entering and leaving the surface of the liquid is the same, equilibrium is reached. The pressure exerted by the water vapour is 4.579 mmHg and the equilibrium relative humidity above the water is 100%.



# Ορισμός Ενεργότητας Νερού ( $a_w$ ) 4/5

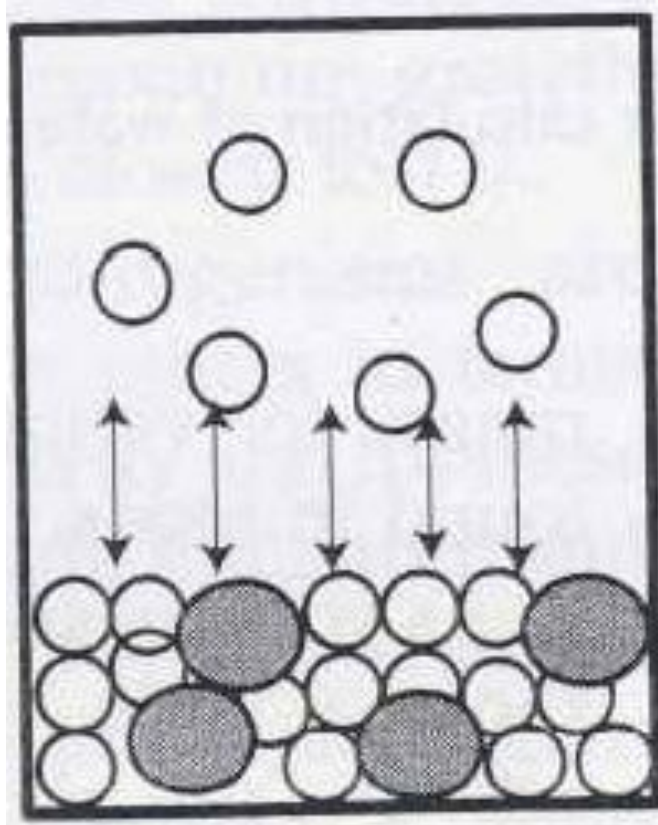
10% sucrose  
at 0°C



When a non-volatile solute is added (in this case sucrose), less water molecules are available to escape from the liquid surface and, therefore, less pressure is exerted inside the vessel



# Ορισμός Ενεργότητας Νερού ( $a_w$ ) 5/5



When equilibrium is reached, the vapour pressure is reduced to 4.551 mmHg and the equilibrium relative humidity less than 100% (99,4%)

$$a_w = \frac{4.551}{4.579} = 0.994$$



# Χαρακτηριστικές Τιμές $a_w$ για τους Μικροοργανισμούς 1/3

- Η ενεργότητα ύδατος των φρέσκων τροφίμων είναι  $> 0,99$ .
- Τα περισσότερα αλλοιογόνα βακτήρια δεν αυξάνονται σε τιμές  $< 0,91$ .
- Οι μύκητες μπορεί να αυξηθούν σε ενεργότητα ύδατος μέχρι  $0,80$ .



# Χαρακτηριστικές Τιμές $a_w$ για τους Μικροοργανισμούς 2/3

- Το παθογόνο βακτήριο *Staphylococcus aureus* αυξάνεται και μέχρι 0,86.
- Το βακτήριο *Clostridium botulinum* δεν αυξάνεται κάτω από 0,94.
- Οι ζύμες και οι μύκητες αναπτύσσονται σε μεγαλύτερο εύρος ενεργότητας νερού σε σχέση με τα βακτήρια.



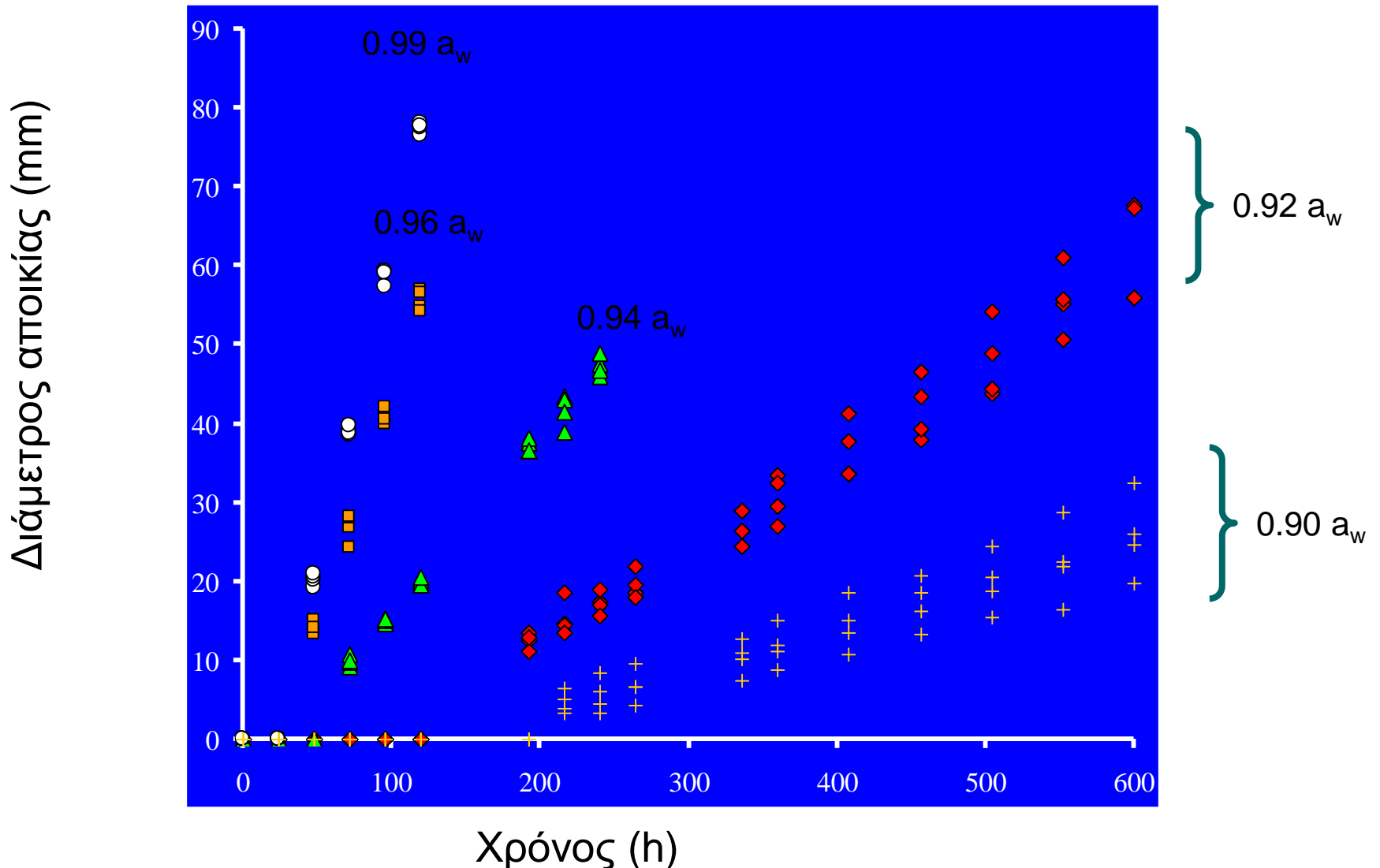
# Χαρακτηριστικές Τιμές $a_w$ για τους Μικροοργανισμούς 3/3

- Σε κάθε θερμοκρασία, η ικανότητα των μικροοργανισμών για αύξηση μειώνεται όσο μειώνεται η ενεργότητα ύδατος.
- Η περιοχή της ενεργότητας ύδατος στην οποία σημειώνεται αύξηση είναι ευρύτερη όσο η θερμοκρασία είναι ιδανική για αύξηση.
- Η παρουσία θρεπτικών συστατικών αυξάνει το εύρος της ενεργότητας ύδατος που επιβιώνουν οι μικροοργανισμοί.



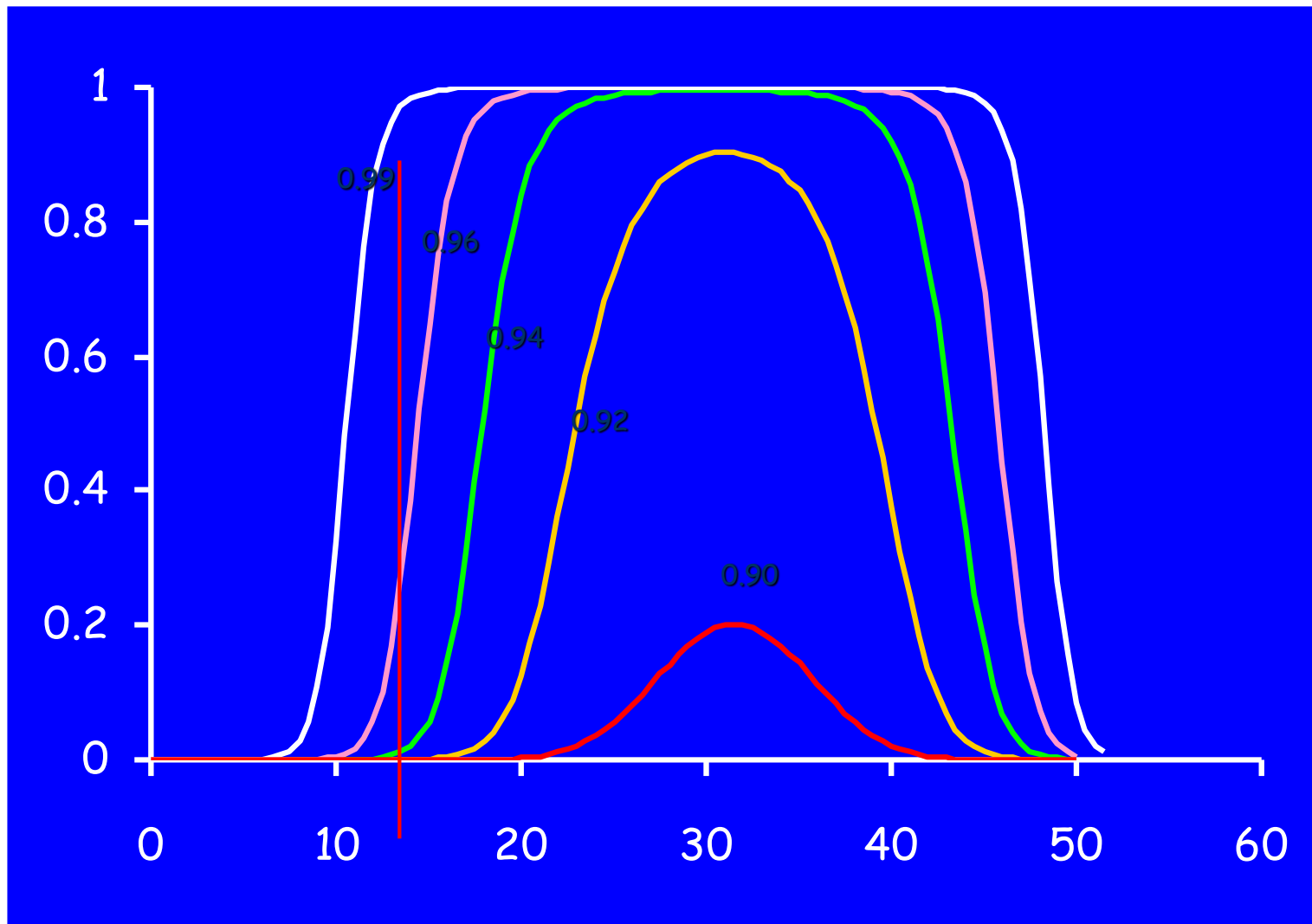


# Αύξηση Μύκητα σε Θερμοκρασία 25°C



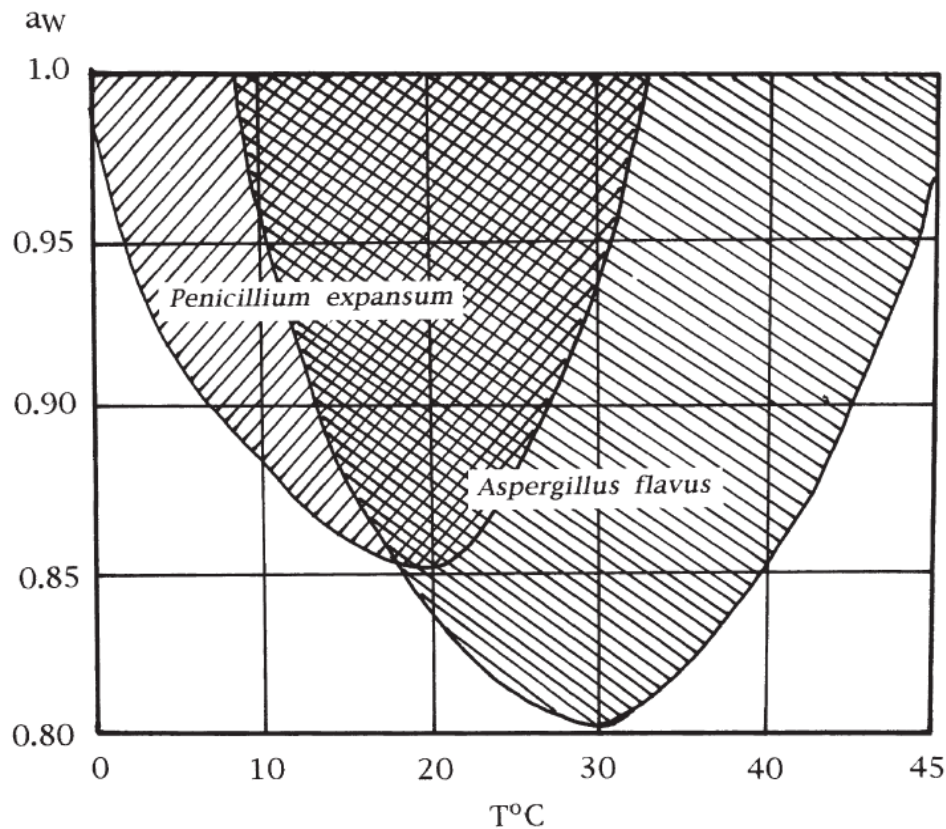


# Συσχέτιση Μεταξύ $a_w$ και Θερμοκρασίας 1/2





# Συσχέτιση Μεταξύ $a_w$ και Θερμοκρασίας 2/2

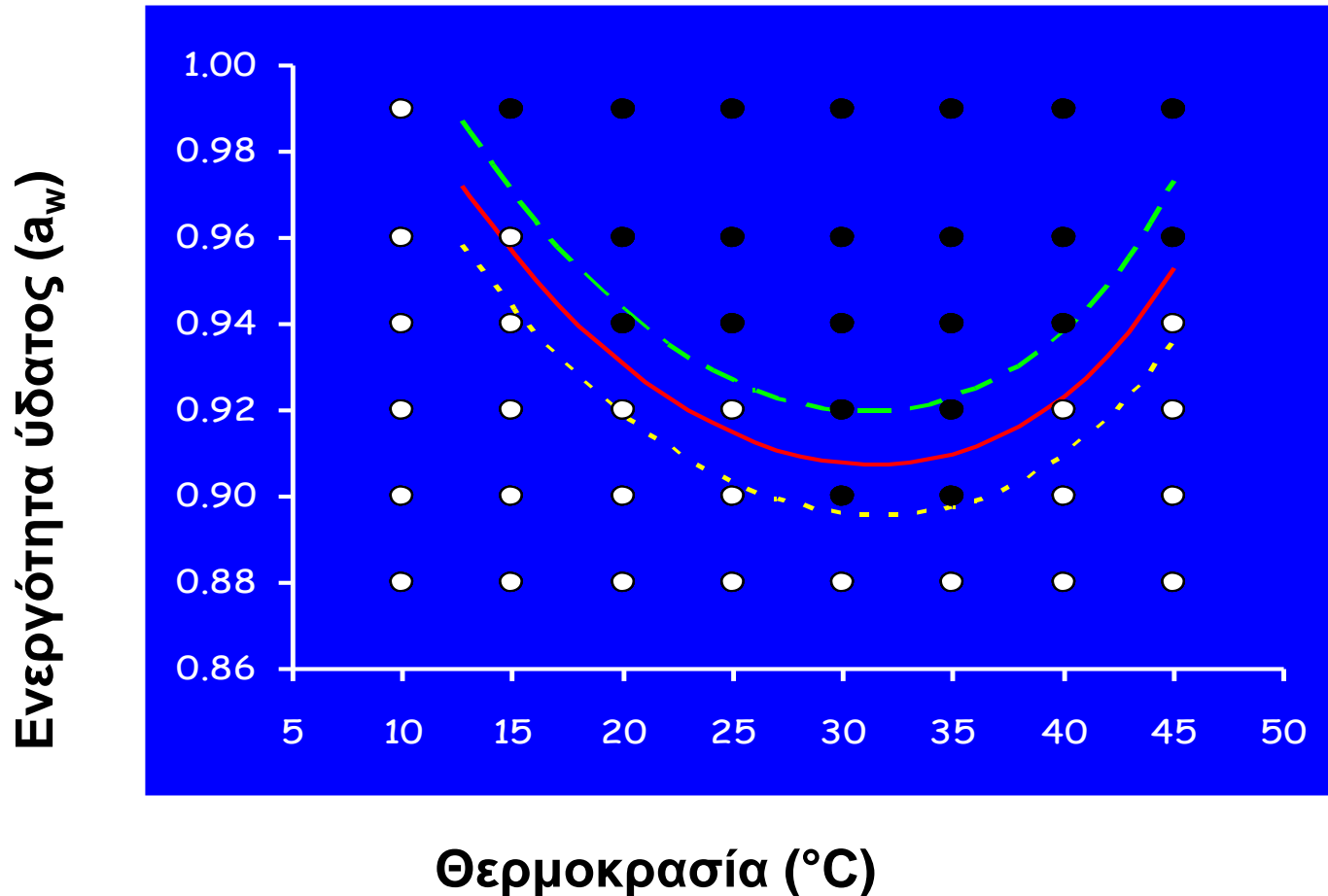


**Figure 3.8** *Temperature water activity combinations allowing the growth of Aspergillus flavus and Penicillium expansum*



# Μεσπιφάνεια Αύξησης/μη Αύξησης του Μύκητα *B. Fulva* 1/2

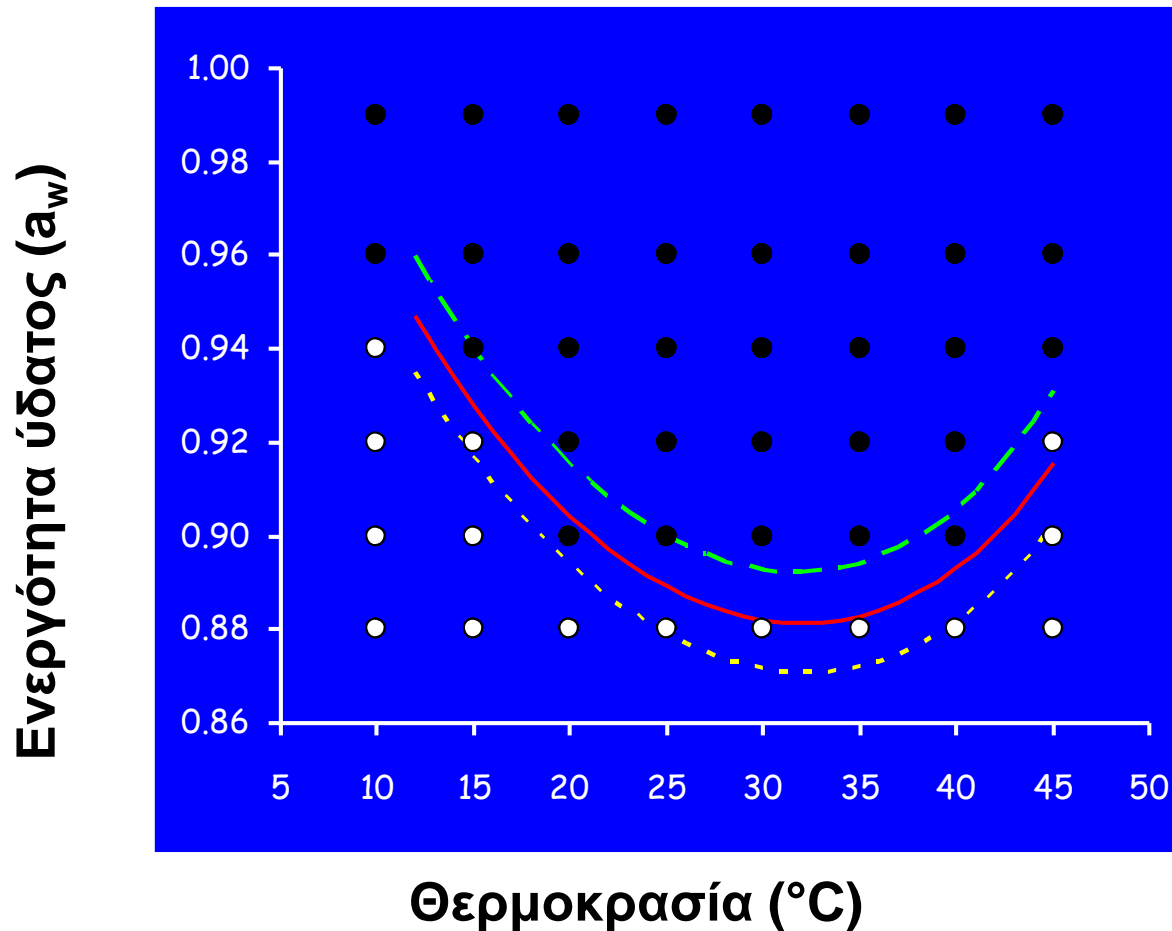
μετά 5 και 15 ημέρες επώασης σε malt extract agar.  
5 ημέρες





# Μεσπιφάνεια Αύξησης/μη Αύξησης του Μύκητα *B. Fulva* 1/2

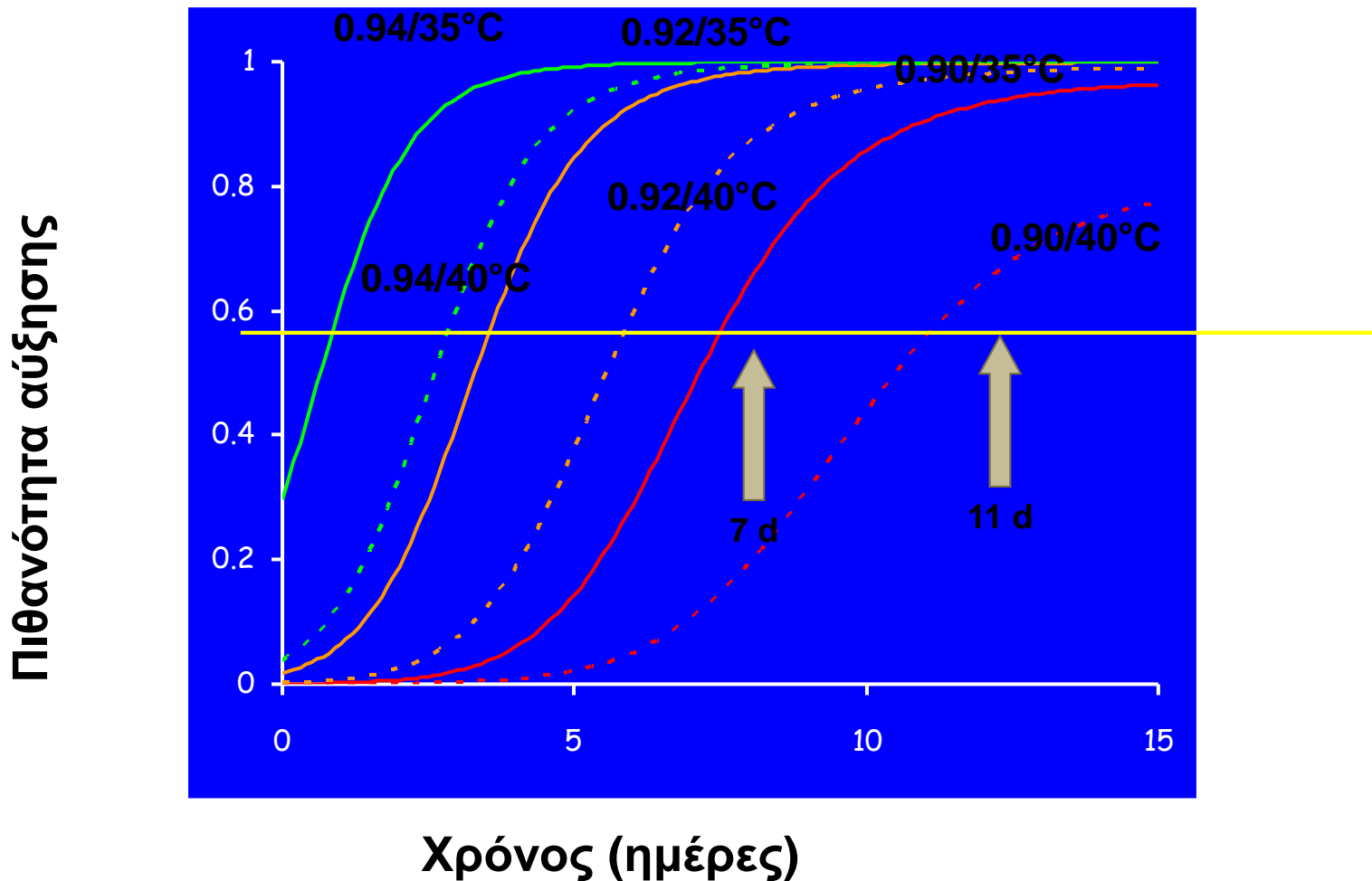
μετά 5 και 15 ημέρες επώασης σε malt extract agar.  
15 ημέρες





# Πιθανότητα Αύξησης του Μύκητα B.Fulva

σε συνάρτηση με το χρόνο επώασης.





# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 1/4

- Οι τεχνικές συντήρησης που βασίζονται στην αφυδάτωση, συμπύκνωση και κατάψυξη σκοπό έχουν να καταστήσουν το νερό μη διαθέσιμο από τους μικροοργανισμούς.

**ΑΣΚΗΣΗ:** Προσδιορίστε την ενεργότητα νερού διαλύματος που περιέχει 200 γραμ NaCl σε 100 ml νερό.

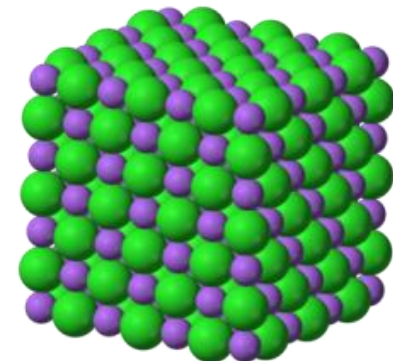
$$a_w = \frac{\frac{w}{m}}{\frac{w}{m} + \frac{W}{M}}$$

$w$  = το βάρος του διαλύτη

$W$  = το βάρος της διαλυμένης ουσίας

$m$  = το μοριακό βάρος του διαλύτη

$M$  = το μοριακό βάρος της διαλυμένης ουσίας





# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 2/4

$$a_w = \frac{\frac{100}{18}}{\frac{100}{18} + \frac{200}{58.442}} = 0.62$$

- Σε αυτή την τιμή ενεργότητας νερού λίγοι μικροοργανισμοί μπορεί να αναπτυχθούν.

***Είναι όμως αυτό σωστό ;***

Ας πάρουμε σαν παράδειγμα μία μαρμελάδα με 66 γρ. σακχαρόζη στα 100 γρ.

Σύμφωνα με τα παραπάνω η ενεργότητα νερού είναι 0.90.

Στην πραγματικότητα όμως είναι 0.80.





# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 3/4

## Που οφείλεται η διαφορά;

- Η διαφορά οφείλεται στην παρουσία πηκτίνης στην μαρμελάδα, η οποία απορροφά σημαντική ποσότητα νερού και μειώνει ακόμη περισσότερο την τιμή της ενεργότητας νερού.

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Τρόφιμα με χαμηλή αλατοπεριεκτικότητα είναι δυνατόν να χαρακτηρίζονται από χαμηλή τιμή ενεργότητας νερού.



# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) 4/4

- Στο αλατισμένο βούτυρο, που περιέχει 2-3% NaCl, η αναμενόμενη τιμή ενεργότητας νερού κυμαίνεται μεταξύ 0.993-0.989. Το τρόφιμο όμως αυτό είναι γαλάκτωμα νερού σε έλαιο και συνεπώς το NaCl ως πολική ουσία θα βρίσκεται διαλυμένο στην υδατική φάση, δίνοντας συγκέντρωση NaCl περίπου 18%. Συνεπώς η πραγματική τιμή ενεργότητας νερού, όσον αφορά την μικροβιακή αύξηση στην υδατική φάση είναι 0.86.



# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) Κορεσμέ- νων Διαλυμάτων Αλάτων 1/2

Table 3.11: Water activities of saturated salts solution at 25°C.

<b><i>Salt</i></b>	<b><math>a_w</math></b>
Lithium chloride	0,11
Zinc nitrate	0,31
Magnesium chloride	0,33
Potassium carbonate	0,43
Magnesium nitrate	0,52
Sodium bromide	0,57



# Ενεργότητα Νερού ( $a_w$ ) Κορεσμέ- νων Διαλυμάτων Αλάτων 2/2

Table 3.11: Water activities of saturated salts solution at 25°C.

<b><i>Salt</i></b>	<b><math>a_w</math></b>
Lithium acetate	0,68
Sodium chloride	0,75
Potassium chloride	0,86
Potassium nitrate	0,93
Pure water	1,00



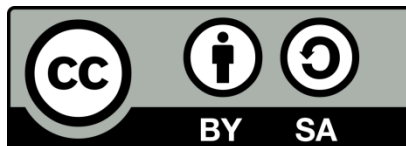
# Βιβλιογραφία

- Νυχάς, Γ.Ι. Σημειώσεις στη Μικροβιολογία Τροφίμων. Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Martin R. Adams and Maurice O. Moss (2008) Food Microbiology, 3rd Edition, RSC Publishing, London, UK.
- Jay, J.M. (2000) Modern Food Microbiology, 6th Edition, Aspen Publishers, Maryland, USA.



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδεια χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.





# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





# Σημείωμα Αναφοράς

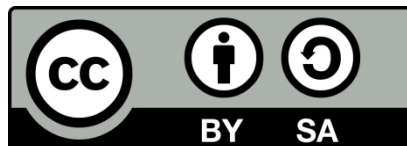
- Copyright Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών 2015. Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής του Ανθρώπου, Γεώργιος-Ιωάννης Νυχας/ Ευστάθιος Πανάγου, «Μικροβιολογία Τροφίμων Ι». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<https://mediasrv.aua.gr/eclass/courses/OCDFSHN104/>





# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων, π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Η άδεια αυτή ανήκει στις άδειες που ακολουθούν τις προδιαγραφές του Ορισμού Ανοικτής Γνώσης [2], είναι ανοικτό πολιτιστικό έργο [3] και για το λόγο αυτό αποτελεί ανοικτό περιεχόμενο [4].

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

[2] <http://opendefinition.org/okd/ellinika/>

[3] <http://freedomdefined.org/Definition/EI>

[4] <http://opendefinition.org/buttons/>



# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
  - το Σημείωμα Αδειοδότησης
  - τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
  - το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)
- μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.