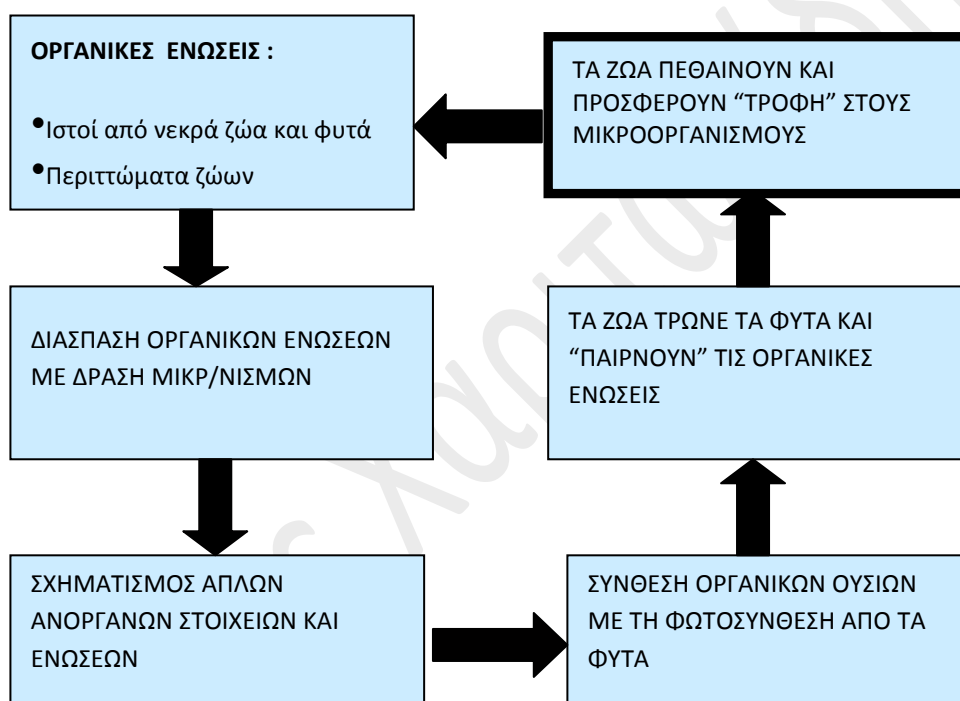


31-7-14

## ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ - 2

Στο σχήμα 1 του άρθρου που δημοσιεύσαμε την προηγούμενη φορά φαίνεται η καθοριστικός ρόλος των μικροοργανισμών για την ύπαρξη της ζωής, αφού χωρίς αυτούς δεν θα υπήρχαν οι ανόργανες ενώσεις, που αποτελούν «τροφή» για τα φυτά, τα οποία με τη σειρά τους συνθέτουν τις οργανικές ενώσεις. Έτσι συμβάλλουν στο **κύκλο της ζωής**, ο οποίος φαίνεται διαγραμματικά στο σχήμα 2 :



### Σχήμα 2 : Ο κύκλος της ζωής και η χρησιμότητα των μικροοργανισμών

Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι οι μικροοργανισμοί είναι απαραίτητοι για το κύκλο της ζωής, η επίδρασή τους όμως στα τρόφιμα πρέπει να ελέγχεται, ώστε αφενός να μη προκαλούνται λοιμώξεις και τροφικές δηλητηριάσεις (παθογόνοι μικροοργανισμοί) και αφετέρου το προϊόν να έχει ευχάριστα χαρακτηριστικά κατά τη κατανάλωση, ακόμα και αν είναι ασφαλές από πλευράς υγείας (ενζυματικές αλλοιώσεις ή αλλοιώσεις από μη παθογόνα μικρόβια αποσύνθεσης). Όσο πολλαπλασιάζονται τα μικρόβια στα τρόφιμα, προκαλούν δυσάρεστες χημικές αλλοιώσεις για

τους καταναλωτές. Στο πίνακα 1 φαίνονται τα βασικά συστατικά των τροφίμων και οι επιπτώσεις της αλλοίωσης από τη δράση των μικροοργανισμών :

<b>Συστατικό ή Χαρακτηριστικό τροφής</b>	<b>Προϊόν διάσπασης ή ποιοτικό ελάττωμα</b>
Υδατάνθρακες	Οξέα, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα
Λίπη	Ελεύθερα λιπαρά οξέα, οξειδωμένα λιπαρά
Πρωτεΐνες	Αμινοξέα, οξέα, αμμωνία, αλκοόλες, διοξείδιο του άνθρακα και αμίνες, υδρόθειο, προϊόντα σήψης
Πηκτίνη - Κυτταρίνη	Απώλεια συνοχής ιστού
Εμφάνιση	Μούχλα, γλίτσα
Χλωροφύλλη, καροτίνη, μυογλοβίνη	Αλλαγές στα χρώματα

### **Πίνακας 1 : Βασικά συστατικά των τροφίμων και οι επιπτώσεις της αλλοίωσης από τη δράση των μικροοργανισμών**

Ο σκοπός των μεθόδων παρεμπόδισης των μηχανισμών αλλοίωσης (μεθοδολογίες συντήρησης), είναι να αποτρέψουν τις δυσάρεστες επιπτώσεις, από τη δράση των ενζύμων και των μικροοργανισμών.

### **ΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ**

Τα βακτηρίδια είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, που πολλαπλασιάζονται με διαχωρισμό του κυττάρου. Ένα κύτταρο μπορεί να πολλαπλασιαστεί εντός 20 λεπτών από τη γέννησή του, για τούτο ο ρυθμός ανάπτυξης των βακτηρίων είναι ταχύτατος. Ευτυχώς όμως, ο κύκλος ζωής τους είναι σύντομος (λεπτά ή ώρες), οπότε η ανάπτυξη, ακόμα και υπό ιδανικές συνθήκες, δεν γίνεται με τέτοιους ρυθμούς. Ορισμένα είδη παράγουν βακτηριακούς σπόρους. Ο σπόρος σχηματίζεται εντός του κυττάρου του βακτηριδίου και προστατεύεται από ένα πολύ ανθεκτικό τοίχωμα. Στη μορφή αυτή (που αποτελεί ουσιαστικά μια λανθάνουσα κατάσταση), τα βακτηρίδια είναι εξαιρετικά ανθεκτικά και μπορούν να επιβιώνουν σχεδόν επ' άπειρον. Ο σπόρος «ζωντανεύει» όταν οι συνθήκες είναι κατάλληλες. Τα βακτηριακά σπόρια παρουσιάζουν τις μεγαλύτερες δυσκολίες στον έλεγχό τους, κατά τις μεθοδολογίες συντήρησης.

Από πλευράς τόπου διαβίωσης των διαφόρων ειδών βακτηριδίων, έχουμε δυο μεγάλες κατηγορίες : Τα βακτηρίδια που διατρέφονται με νεκρούς ιστούς ή περιττώματα ζώων, τα οποία ονομάζονται **σαπρόφυτα**, και τα βακτηρίδια που βιώνουν σε ζώντες οργανισμούς (στα διάφορα

όργανα ζώντων οργανισμών), τα οποία ονομάζονται **παράσιτα**. Τα περισσότερα βακτηρίδια ανήκουν στη κατηγορία των σαπρόφυτων. Σημειώνεται, ότι η ιδιότητα ενός βακτηριδίου σαν σαπρόφυτο δεν αποκλείει τη μεταστροφή του σε παράσιτο και αντίστροφα. Τα περισσότερα **παθογόνα βακτηρίδια** (δηλαδή εκείνα που προξενούν τροφικές δηλητηριάσεις και τροφικές λοιμώξεις – βλέπε επόμενο κεφάλαιο) ανήκουν στη κατηγορία των παρασίτων. Οι **τροφικές δηλητηριάσεις** προκαλούνται από τοξικές ουσίες που έχουν παράγει τα παθογόνα βακτηρίδια στα τρόφιμα πριν τη κατανάλωσή τους (π.χ. Βοτουλίωση από τη τοξίνη που παράγει το Clostridium Botulinum) Οι **τροφικές λοιμώξεις** προκαλούνται από παθογόνα βακτηρίδια, τα οποία εισέρχονται με τα τρόφιμα στο πεπτικό σύστημα, όπου πολλαπλασιάζονται και παράγουν τοξικές ουσίες (π.χ. Λιστερίωση). Όσον αφορά τον τρόπο διατροφής των βακτηριδίων, μπορούν να αφομοιώσουν μόνο **διαλυτά συστατικά**. Άρα η παρουσία του νερού είναι απαραίτητη. Για να αφομοιώσουν αδιάλυτα συστατικά, εκκρίνουν κάποια **ένζυμα**, τα οποία μετατρέπουν τα αδιάλυτα συστατικά σε διαλυτά. Στη δράση αυτών των βακτηριδιακών ενζυμων οφείλονται τα χαρακτηριστικά υποβάθμισης (χρώμα, οσμή, γεύση). Τα ένζυμα αυτά, σε συνδυασμό με τα εσωτερικά ένζυμα των οργανισμών, προκαλούν γενικώς τις αλλοιώσεις στα τρόφιμα (καταβολική δράση).

Τα βακτηρίδια πολλαπλασιάζονται με μεγάλο ρυθμό, όταν οι παράγοντες είναι ευνοϊκοί. Οι παράγοντες αυτοί είναι :

- Η θερμοκρασία
- Το φως
- Όξινο – αλκαλικό περιβάλλον (pH)
- Παρουσία ελεύθερου οξυγόνου
- Υγρασία

**Επίδραση της θερμοκρασίας :** Υπάρχουν είδη βακτηρίων που αναπτύσσονται σε ποικίλες θερμοκρασίες. Σε άλλα αρέσουν πολύ ψηλές θερμοκρασίες (κοντά στο σημείο βρασμού του νερού, ενώ σε άλλα πολύ χαμηλές (κοντά στο σημείο παγώματος του νερού). Εν τούτοις, σε αυτές τις ακραίες θερμοκρασίες, τα περισσότερα είδη σκοτώνονται (στις ψηλές θερμοκρασίες) ή αναστέλλονται με ύπνωση (χαμηλές θερμοκρασίες). Όπως είναι αναμενόμενο, τα παράσιτα προτιμούν τη θερμοκρασία σώματος, που είναι 36 – 38<sup>0</sup> C. Τα σαπρόφυτα προτιμούν ελαφρά χαμηλότερες θερμοκρασίες, 25 – 30<sup>0</sup> C. Θα μπορούσαμε λοιπόν να πούμε, ότι μια «ευνοϊκή ζώνη μέγιστης ανάπτυξης» βακτηρίων είναι μεταξύ 25 και 40<sup>0</sup> C. Πρέπει πάντως να γνωρίζουμε, ότι υπάρχουν πολύ ανθεκτικά είδη, όπως τα **βακτηριακά σπόρια**, τα οποία έχουν τεράστια

αντοχή. Τα είδη αυτά παραμένουν σε ύπνωση σε ακραίες θερμοκρασίες (π.χ.  $-20^{\circ}\text{C}$ ) και «ζωντανεύουν» όταν οι συνθήκες γίνουν ιδανικές. Η ορολογία που ακολουθείται, σχετικά με το θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης βακτηριδίων, είναι η εξής :

- **Θερμόφιλα** : Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης  $55-65^{\circ}\text{C}$ , ελάχιστη  $30^{\circ}\text{C}$
- **Μεσόφιλα** : Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης  $30-40^{\circ}\text{C}$ , ελάχιστη  $5^{\circ}\text{C}$
- **Ψυχρότροφα** : Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης  $20-30^{\circ}\text{C}$ , ελάχιστη  $<0^{\circ}\text{C}$
- **Ψυχρόφιλα** : Ιδανική θερμοκρασία ανάπτυξης  $12-18^{\circ}\text{C}$ , ελάχιστη  $<0^{\circ}\text{C}$

**Επίδραση του φωτός.** Το φως γενικά είναι αντίξοη συνθήκη για τα βακτηρίδια, Ειδικά οι υπεριώδης ηλιακή ακτινοβολία καταστρέφει τα επιφανειακά βακτηρίδια. Η έκθεση σε ηλιακό φως, σε συνδυασμό με την αφυδάτωση, αποτελεί και παραδοσιακή μέθοδο συντήρησης (π.χ. λιαστές τομάτες).

**Επίδραση της οξύτητας ή της αλκαλικότητας του περιβάλλοντος.** Ο βαθμός οξύτητας ή αλκαλικότητας ενός περιβάλλοντος (όπως ο ιστός των διαφόρων τροφίμων), εκφράζεται από το δείκτη  $\text{pH}^1$ . Δεν επιβιώνουν ούτε σε έντονα όξινο, ούτε έντονα αλκαλικό περιβάλλον. Η πληθώρα των ειδών προτιμά ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον ( $\text{pH} \sim 7,5$ ). Αυτή είναι η αιτία, που τα μη όξινα λαχανικά είναι πολύ ευάλωτα στα βακτηρίδια. Υπάρχουν είδη που επιβιώνουν και σε όξινο περιβάλλον.

**Παρουσία ελεύθερου οξυγόνου.** Υπάρχουν είδη που απαιτούν την ύπαρξη ελεύθερου οξυγόνου για να επιβιώσουν (**αερόβια**) και είδη που αναπτύσσονται χωρίς την ύπαρξη ελεύθερου οξυγόνου (**αναερόβια**). Τα τελευταία αποκτούν το οξυγόνο που χρειάζονται με χημικό τρόπο, αποσπώντας το από το μόριο άλλων χημικών ενώσεων. Η διεργασία αυτή απελευθερώνει υδρόθειο ( $\text{H}_2\text{S}$ ), που έχει τη χαρακτηριστική οσμή του «χαλασμένου». Υπάρχουν όμως και βακτηρίδια που επιβιώνουν και με οξυγόνο και χωρίς αυτό (προαιρετικά αερόβια).

Όπως είναι φυσικό, στην επιφάνεια των προϊόντων ευδοκιμούν οι αερόβιοι μικροοργανισμοί, ενώ στο εσωτερικό οι αναερόβιοι ή προαιρετικά αερόβιοι.

<sup>1</sup> Εκφράζει το βαθμό οξύτητας – αλκαλικότητας μιας ουσίας. Έχει τιμές 1-14. Η τιμή 7 σημαίνει ουδέτερο, τιμές  $>7$  αλκαλικό και τιμές  $<7$  όξινο. Τα βακτηρίδια εξοντώνονται σε χαμηλές τιμές  $\text{pH}$  (όξινο). Η ικανότητα των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται σε μειωμένες τιμές  $\text{pH}$  (όξινο περιβάλλον) ποικίλει ανάλογα το είδος. Η ικανότητα ανάπτυξης των παθογόνων βακτηρίων μειώνεται με τη μείωση του  $\text{pH}$ . Επίσης, η θερμική τους αντοχή μειώνεται σε χαμηλότερα  $\text{pH}$ .

**Υγρασία.** Τα βακτηρίδια, όπως κάθε έμβιος οργανισμός, απαιτούν νερό και θρεπτικά συστατικά, για να επιβιώσουν. Στο νερό διαλύονται οι διατροφικές ουσίες που αφομοιώνονται από αυτά. Χωρίς νερό, η επιβίωσή τους είναι αδύνατη. Η αντοχή τους σε συνθήκες ξηρασίας εξαρτάται από το είδος. Ενώ τα περισσότερα καταστρέφονται σε λίγες ώρες, υπάρχουν είδη που αντέχουν αρκετές μέρες. Ειδικά οι **βακτηριδιακοί σπόροι** αντέχουν στη ξηρασία σχεδόν απεριόριστα, αλλά παραμένουν σε κατάσταση ύπνωσης. Πολλές μεθοδολογίες συντήρησης βασίζονται στη δέσμευση του νερού, ώστε τούτο να μην είναι διαθέσιμο στα βακτηρίδια. Οι τεχνικές βασίζονται στη μείωση του συντελεστή ενεργότητας του νερού  $a_w$ <sup>2</sup>. Στο πίνακα 2 φαίνεται η επίδραση της θερμοκρασίας στο ρυθμό ανάπτυξης βακτηρίων στο γάλα. Αξίζει να σημειωθεί, ότι στα πρώτα στάδια ανάπτυξης των βακτηριδίων, ενώ ο αριθμός τους είναι μεγάλος (και επιβλαβής), τούτο συνήθως δεν γίνεται αντιληπτό από γευστικά χαρακτηριστικά.

ΘΕΡΜ. ° C	24 ΩΡΕΣ	48 ΩΡΕΣ	96 ΩΡΕΣ	168 ΩΡΕΣ
0	2.400	2.100	1.850	1.400
4	2.500	3.600	218.000	4.200.000
8	3.100	12.000	1.480.000	
10	11.600	540.000		
16	180.000	28.000.000		
30	1.400.000.000			

**Πίνακας 2 : Ρυθμός ανάπτυξης βακτηριδίων σε κωπό γάλα, σε διάφορες θερμοκρασίες και χρόνους.**

**Συνεχίζεται ...**

<sup>2</sup> Οι δραστηριότητες των κυττάρων των μικροβίων χρειάζονται νερό για να εκτελέσουν τις βιοχημικές λειτουργίες τους. Για να γίνει αυτό, το νερό πρέπει να είναι σε κανονική μορφή και όχι σε μορφή πάγου, ούτε να είναι «δεσμευμένο» σε διαλύματα ζάχαρου ή αλατιού, διότι τότε δεν είναι διαθέσιμο στους μικροοργανισμούς. Η διαθεσιμότητα του νερού για τους μικροοργανισμούς ονομάζεται **ενεργότητα νερού** και εκφράζεται από το δείκτη  $a_w$ , που έχει τιμές από 0 ως 1. Η τιμή  $a_w$  ορίζεται σαν ο λόγος της πίεσης ατμών του νερού του τροφίμου, προς τη πίεση ατμών αμιγούς νερού στην ίδια θερμοκρασία. Ψηλές τιμές  $a_w$  υποστηρίζουν τη διαβίωση μικροοργανισμών. Τα βακτήρια συνήθως απαιτούν  $a_w > 0,91$ , (υπάρχουν όμως και είδη που επιβιώνουν μέχρι  $a_w = 0,82$ ), ενώ οι μύκητες  $> 0,70$ . Διατηρώντας τη τιμή  $a_w$  σε τιμές χαμηλότερες από τις οριακές, αποτελεί εμπόδιο (hurdle) ανάπτυξης μικροοργανισμών, ως εκ τούτου η μέτρηση της  $a_w$  αποτελεί μέτρο ελέγχου της διατηρησιμότητας