

## ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών στα τρόφιμα είναι ο χρόνος, η θερμοκρασία, τα θρεπτικά συστατικά, η υγρασία, το pH, οι ανασταλτικές ουσίες, το οξυγόνο και η συγκέντρωση αερίων στο περιβάλλον συντήρησης των τροφίμων.

**Χρόνος:** Εφ' όσον οι συνθήκες για την ανάπτυξη των βακτηρίων στα τρόφιμα είναι άριστες, ορισμένα βακτήρια αναπαράγονται σε 15-20 λεπτά. Αν και μπορούν να αναπτύσσονται σε συνθήκες που δεν είναι απόλυτα ευνοϊκές, στις περιπτώσεις αυτές η φάση προσαρμογής και ο χρόνος της κυτταρικής διαίρεσης διαρκούν περισσότερο. Στη φάση της θνησιμότητας αν τα κύτταρα των βακτηρίων δεν μεταφερθούν σε ένα νέο ευνοϊκό περιβάλλον βαθμιαία θα νεκρωθούν. Το περιβάλλον που κάποτε ήταν ιδανικό μεταβλήθηκε από τους μικροοργανισμούς, λόγω της κατανάλωσης των θρεπτικών ουσιών και της συγκέντρωσης τοξικών προϊόντων του μεταβολισμού τους, σε τέτοιο βαθμό ώστε να μην είναι δυνατή η επιβίωσή τους. Το χρονικό διάστημα στη διάρκεια του οποίου συμβαίνουν αυτές οι μεταβολές ποικίλλει σημαντικά. Μπορεί να διαρκέσει το συντομότερο 48-72 ώρες ή σε εξαιρετικές περιπτώσεις πολλές εβδομάδες.

**Θερμοκρασία:** Η θερμοκρασία είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες του περιβάλλοντος που ρυθμίζουν την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Γενικά, αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Η θερμοκρασία έχει σχέση τόσο με την ικανότητα των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται όσο και να επιβιώνουν. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει το μέγεθος, των κυττάρων, τα προϊόντα μεταβολισμού που παράγονται (όπως είναι οι χρωστικές και οι τοξίνες), τις απαιτήσεις σε θρεπτικά συστατικά, τις ενζυματικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στα κύτταρα των μικροοργανισμών και τη χημική σύνθεση των κυττάρων των μικροοργανισμών.

Γενικά, αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση της δραστηριότητας και του πληθυσμού των μικροβίων. Κάθε μικροοργανισμός όμως έχει μια ελάχιστη και μια μέγιστη θερμοκρασία ανάπτυξης πέραν των οποίων δεν μπορεί να αναπτυχθεί, και μια άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης, στην οποία αναπτύσσεται με γρήγορο ρυθμό. Με βάση το εύρος των θερμοκρασιών ανάπτυξης των μικροοργανισμών, οι μικροοργανισμοί συνήθως διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες τους ψυχρότροφους, τους μεσόφιλους και τους θερμόφιλους. Ψυχρότροφοι είναι οι μικροοργανισμοί που έχουν καλή ανάπτυξη σε θερμοκρασία 3-8°C και η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους κυμαίνεται μεταξύ 20 και 30°C. Μεσόφιλοι χαρακτηρίζονται οι μικροοργανισμοί που παρουσιάζουν καλή ανάπτυξη σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 45°C και η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους κυμαίνεται από 30 έως 40°C. Θερμόφιλοι είναι οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται καλά σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 45°C και η άριστη θερμοκρασία ανάπτυξής τους κυμαίνεται από 55 έως 65°C.

**Θρεπτικά συστατικά:** Οι μικροοργανισμοί για να συνθέσουν τα κύτταρά τους χρειάζονται από το περιβάλλον ενέργεια άνθρακα, άζωτο, βιταμίνες ανόργανα στοιχεία και νερό. Η ικανότητα των μικροοργανισμών να καταναλώνουν ενώσεις και να συνθέτουν κυτταρικά συστατικά εξαρτάται από το ενζυμικό τους σύστημα, που το συνθέτουν σύμφωνα με το γενετικό τους κώδικα.

Σαν πηγή άνθρακα και ενέργειας οι μικροοργανισμοί χρησιμοποιούν τις οργανικές ενώσεις των τροφών, δηλαδή υδατάνθρακες, πρωτεΐνες, λίπη. Τα αμινοξέα χρειάζονται για την παραγωγή ενζύμων και κυτταρικής πρωτεΐνης. Για την ανάπτυξη ορισμένων μικροοργανισμών απαιτούνται βιταμίνες και ανόργανα άλατα. Επίσης η δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων επιταχύνεται με την προσθήκη ορισμένων ιχνοστοιχείων. Οι βιταμίνες και τα ανόργανα άλατα που απαντώνται στα περισσότερα τρόφιμα είναι αρκετά για την ανάπτυξη των περισσότερων μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί παράγουν και εκκρίνουν ένζυμα στο άμεσο περιβάλλον τους για να διασπάσουν τις σύμπλοκες οργανικές ενώσεις και να τις μετατρέψουν σε αφομοιώσιμες απλές οργανικές ενώσεις, οι οποίες μέσα στο κύτταρο μεταβολίζονται στα συστατικά του κυττάρου. Με βάση τα ένζυμα που παράγουν οι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε διαφορετικές οργανικές ουσίες. Έτσι οι λιπολυτικοί μικροοργανισμοί διασπούν τα λίπη, οι πρωτεολυτικοί τις πρωτεΐνες και οι σακχαρολυτικοί τα σάκχαρα. Αυτές οι ομάδες μικροοργανισμών συμβάλλουν στην αλλοίωση των τροφίμων με μεγάλη περιεκτικότητα σε λίπη, πρωτεΐνες ή υδατάνθρακες αντίστοιχα.

**Υγρασία και τιμή δραστηριότητας νερού ( $a_w$ ) του τροφίμου:** Οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να αναπτυχθούν στο χημικώς καθαρό νερό ή απουσία νερού. Ορισμένοι μικροοργανισμοί επιβιώνουν σε ξηρό περιβάλλον, αλλά δεν μπορούν να διεξάγουν τις μεταβολικές τους δραστηριότητες ή να πολλαπλασιασθούν. Οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν μόνο παρουσία νερού. Όλες οι βιοχημικές δραστηριότητες απαιτούν νερό σε υγρή μορφή και όταν το νερό κρυσταλλώνεται σε μορφή πάγου ή δεσμεύεται χημικά σε πυκνά διαλύματα αλάτων σακχάρων δεν είναι διαθέσιμο για τους μικροοργανισμούς. Η ποσότητα του υγρού νερού, που είναι διαθέσιμη στους μικροοργανισμούς για μεταβολική δραστηριότητα στα τρόφιμα ή σε ένα διάλυμα χαρακτηρίζεται με τον όρο δραστηριότητα νερού ( $a_w$ ). Το καθαρό νερό έχει  $a_w$  1,0.

Έχει βρεθεί ότι οι διάφοροι μικροοργανισμοί έχουν διαφορετικές απαιτήσεις σε νερό. Γενικά τα βακτήρια μπορούν να αναπτύσσονται και να πολλαπλασιάζονται μόνο σε ψηλές τιμές  $a_w$  ( $>0,90$ ), οι ζύμες επιβιώνουν σε χαμηλότερες ( $>0,88$ ) και οι μύκητες σε ελάχιστες ( $>0,70$ ). Κανένα βακτήριο, ζύμη ή μύκητας δεν μπορεί να αναπτυχθεί σε δραστηριότητα νερού 1,0 (καθαρό νερό) γιατί δεν υπάρχουν θρεπτικά συστατικά. Τρόφιμα που έχουν χαμηλή τιμή  $a_w$  όταν αποθηκεύονται σε περιβάλλον με υψηλή σχετική υγρασία, απορροφούν υγρασία από το περιβάλλον μέχρις ότου η υγρασία τους εξισοροπηθεί με την υγρασία του περιβάλλοντος. Αντίθετα τρόφιμα με υψηλή τιμή  $a_w$  χάνουν υγρασία όταν τοποθετηθούν σε περιβάλλον με χαμηλή σχετική υγρασία.

**pH:** Κάθε μικροοργανισμός έχει μια ελάχιστη, μια μέγιστη και μια άριστη τιμή pH για την ανάπτυξή του. Γενικά οι ζύμες και οι μύκητες είναι περισσότερο

ανθεκτικοί σε όξινο περιβάλλον από τα βακτήρια. Το pH των περισσότερων τροφίμων είναι ουδέτερο ή όξινο. Τρόφιμα που έχουν  $pH < 4,5$  συνήθως δεν υφίστανται εύκολα αλλοιώσεις από βακτήρια αλλά αλλοιώνονται από ζύμες και μύκητες. Γι' αυτό και τα όξινα τρόφιμα θεωρούνται περισσότερο σταθερά από μικροβιολογική άποψη σε σύγκριση με τα ουδέτερα τρόφιμα.. Η καλή ικανότητα συντήρησης πολλών τροφίμων όπως είναι τα φρούτα, τα τουρσιά, τα αναψυκτικά κ.α. οφείλεται στο χαμηλό τους pH. Το χαμηλό pH ορισμένων τροφίμων οφείλεται στη φυσική τους οξύτητα, ενώ σε άλλα όπως π.χ. στα ζυμούμενα προϊόντα το χαμηλό pH οφείλεται στην παραγωγή γαλακτικού οξέος κατά τη διάρκεια της ζύμωσης.

**Οξυγόνο:** Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί απαιτούν για την ανάπτυξη τους παρουσία οξυγόνου. Οι μικροοργανισμοί πάντως ανάλογα με την ικανότητά τους να αναπτύσσονται ή να επιζούν παρουσία οξυγόνου, διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

**Υποχρεωτικά αερόβιοι:** Οι μικροοργανισμοί αυτοί αναπτύσσονται μόνο παρουσία οξυγόνου, το οποίο είναι απολύτως απαραίτητο για την ανάπτυξή τους π.χ. μυκοβακτηρίδιο φυματίωσης.

**Υποχρεωτικά αναερόβιοι:** Οι μικροοργανισμοί αυτοί όχι μόνο δεν αναπτύσσονται παρουσία οξυγόνου, αλλά παρουσία του καταστρέφονται. Και αυτό γιατί με το οξυγόνο σχηματίζουν υπεροξειδίου του υδρογόνου ( $H_2O_2$ ) που είναι δηλητήριο για τους μικροοργανισμούς.

**Προαιρετικά αναερόβιοι:** Αναπτύσσονται τόσο σε αερόβιο όσο και σε αναερόβιο περιβάλλον, γιατί και όταν ακόμα χρησιμοποιούν το οξυγόνο σαν τελικό δέκτη του υδρογόνου τους διαθέτουν το ένζυμο καταλάση που διασπά το σχηματιζόμενο  $H_2O_2$ .

**Μικροαερόφιλοι:** Είναι αερόβιοι μικροοργανισμοί των οποίων όμως η ανάπτυξη ευνοείται από την παρουσία οξυγόνου μικρότερης ποσότητας από εκείνης που υπάρχει στον ατμοσφαιρικό αέρα.

**Ανασταλτικές ουσίες:** Οι ανασταλτικές ουσίες που υπάρχουν στα τρόφιμα ή παράγονται κατά την ανάπτυξη των μικροοργανισμών παρεμποδίζουν την ανάπτυξη είτε όλων των μικροοργανισμών ή συνήθως ορισμένων ειδών μικροοργανισμών. Τέτοιες ουσίες είναι η λακτοπεροξειδάση (γάλα), η λυσοζύμη (αυγό) και οι ανθοκυανίνες (φρούτα). Τεχνητές ανασταλτικές ουσίες είναι τα προστιθέμενα συντηρητικά όπως σορβικά άλατα, νιτρούδη κλπ.

**Συγκέντρωση αερίων στο περιβάλλον συντήρησης των τροφίμων:** Η αποθήκευση των τροφίμων σε ατμόσφαιρα που περιέχει μέχρι 10%  $CO_2$  αναφέρεται σαν «ελεγχόμενη ατμόσφαιρα» ή σαν τροποποιημένη ατμόσφαιρα αποθήκευσης, και χρησιμοποιείται για τη συντήρηση των φρούτων. Το  $CO_2$  αναστέλλει τη σήψη των φρούτων από τη ανάπτυξη των μυκήτων. Τελευταία έχει δοθεί έμφαση στη συντήρηση του κρέατος σε περιβάλλον με συγκέντρωση  $CO_2$  μέχρι 20%. Επίσης μελετήθηκε η αποθήκευση των αλιευμάτων σε ατμόσφαιρα  $CO_2$  σε συγκέντρωση μέχρι και 100% και παρατηρήθηκε αύξηση του χρόνου συντήρησης των ψαριών μέχρι και 1 μήνα.