

ενεργότητα νερού (water activity) a_w



εργαστήριο
ποιότητα
αγροτικών προϊόντων και τροφίμων



ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ / ΣΤΕΓ-ΤΤ-Δ / τμήμα ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΩΝ
κατεύθυνση ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

μορφές του νερού

υγρασία

μορφές νερού στα τρόφιμα

- ελεύθερο
 - με τις ιδιότητες του νερού σε διάλυμα
 - παγιδευμένο σε πόρους και σε τριχοειδή αγγεία
- δεσμευμένο
 - συγκρατείται με διαφορετικούς βαθμούς συγκράτησης που εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες (φύση των μη υδατοδιαλυτών συστατικών, σύνθεση αλάτων, pH, θερμοκρασία)
 - προσροφημένο στην επιφάνεια μακρομοριακών ενώσεων



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

συνέχεια...



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

ελεύθερο νερό

- καταλαμβάνει τις πιο απομακρυσμένες θέσεις από τα μη υδατικά συστατικά και μπορεί να δρα ως διαλύτης
- παγώνει σε θερμοκρασία κατώτερη των 0 °C
(η μείωση του σημείου πήξης εξαρτάται από τη συγκέντρωση των διαλυμένων συστατικών)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

ελεύθερο νερό

- μπορεί να βρίσκεται **παγιδευμένο** σε τριχοειδείς πόρους, οπότε και παρουσιάζει μειωμένη τάση ατμών, όσο μικρότερη είναι η ακτίνα των τριχοειδών πόρων, αυτό το νερό δεν εμφανίζει μακροσκοπική ροή
- αντίθετα, το **μη παγιδευμένο** νερό εμφανίζει ελεύθερη μακροσκοπική ροή



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

- υπάρχει στην περιοχή κοντά στα μη υδατικά συστατικά του τροφίμου
- παρουσιάζει ιδιότητες σημαντικά διαφορετικές από αυτές του συνόλου του νερού στο τρόφιμο



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

- δεν παγώνει σε θερμοκρασία έως $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- δεν είναι διαθέσιμο ως διαλύτης προστιθέμενων ουσιών ούτε ως χημικό αντιδραστήριο



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

υπάρχουν πολλοί βαθμοί δέσμευσης του νερού



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

1.

το πιο **ισχυρά δεσμευμένο** νερό είναι εκείνο που αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα των μη υδατικών συστατικών, π.χ. είναι μέρος των υδριτών ή βρίσκεται στα πολύ μικρά κενά των πρωτεϊνών



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

2.

το αμέσως επόμενο είναι το **γεινιάζον** νερό που καταλαμβάνει τα πρώτα στρώματα σε επαφή με τα μη υδατικά συστατικά, συνδεόμενο με ιοντικές κυρίως ομάδες αυτών των συστατικών



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

3.

ακολουθεί το **πολυστρωματικό** νερό που καταλαμβάνει τα αμέσως επόμενα στρώματα μετά από το γεινιάζον και, αν και δεν είναι τόσο ισχυρά συνδεδεμένο (κυρίως με δεσμούς υδρογόνου), παρουσιάζει σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες από αυτές του ελεύθερου νερού (το μεγαλύτερο μέρος αυτού δεν παγώνει έως τους $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ εμφανίζει μικρή ικανότητα ως διαλύτης)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

δεσμευμένο νερό

η ποσότητα του δεσμευμένου νερού που υπάρχει στα τρόφιμα υψηλής υγρασίας (περίπου 9 g νερού/g ξηρού τροφίμου) είναι πολύ μικρή

οι δύο πρώτες κατηγορίες δεσμευμένου νερού αποτελούν περίπου το 0,5 % και το πολυστρωματικό νερό το 1-5 % του ολικού νερού του τροφίμου



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

απομάκρυνση νερού

η απομάκρυνση του νερού από τα τρόφιμα είναι τόσο δυσκολότερη όσο ισχυρότερα είναι αυτό δεσμευμένο



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

απομάκρυνση νερού

- το ελεύθερο νερό απομακρύνεται ευκολότερα και η θερμότητα εξάτμισης του είναι η ίδια με του καθαρού νερού
- το πολυστρωματικό νερό είναι το επόμενο και παρουσιάζει θερμότητα εξάτμισης λίγο έως αρκετά μεγαλύτερη από το καθαρό νερό



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

απομάκρυνση νερού

- το γεινιάζον νερό απομακρύνεται ακόμη δυσκολότερα και παρουσιάζει πολύ αυξημένη θερμότητα εξάτμισης
- ενώ το νερό που αποτελεί τμήμα των μη υδατικών συστατικών του τροφίμου απομακρύνεται πολύ δύσκολα



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών

η διαθεσιμότητα του νερού για την ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών

εξαρτάται από το πόσο ισχυρά είναι αυτό δεσμευμένο



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών

- το νερό που αποτελεί τμήμα των μη υδατικών συστατικών του τροφίμου και το γεινιάζον νερό, δεν είναι διαθέσιμα για τις μικροβιακές δράσεις



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

μορφές του νερού

ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών

- μικρό μόνο μέρος από το πολυστρωματικό νερό είναι διαθέσιμο
- το ελεύθερο νερό είναι πλήρως διαθέσιμο



μορφές του νερού

ανάπτυξη και δράση των μικροοργανισμών

δηλαδή, η ικανότητα ανάπτυξης των μικροοργανισμών
(και συνεπώς η σταθερότητα των τροφίμων)

εξαρτάται

όχι από το ολικό ποσό του περιεχόμενου νερού

αλλά από το ελεύθερο ή το χαλαρά δεσμευμένο νερό

και γι' αυτό συνήθως σχετίζεται με την ενεργότητα του νερού στο τρόφιμο



μορφές του νερού

εκτός της ανάπτυξης των μικροοργανισμών, το νερό έχει επίδραση και στο ρυθμό άλλων αντιδράσεων που καθορίζουν την ποιοτική υποβάθμιση του τροφίμου, όπως σε:

- ενζυμικές αντιδράσεις
- ορισμένες χημικές αντιδράσεις



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

ενεργότητα νερού a_w (water activity)

- είναι ένα μέτρο της διαθεσιμότητας του νερού στα τρόφιμα
- περιγράφει το πόσο ισχυρά συγκρατείται το νερό μέσα στο τρόφιμο και σε ποιο ποσοστό είναι διαθέσιμο να συμπεριφερθεί ως διαλύτης ή να λάβει μέρος σε αντιδράσεις



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

ενεργότητα νερού a_w (water activity)

ο λόγος της τάσης ατμών του τροφίμου (p)
(της μερικής πίεσης ατμών του περιβάλλοντος σε ισορροπία με το τρόφιμο)
προς την τάση ατμών του καθαρού νερού (p_o)
(πίεση κορεσμού), στην ίδια θερμοκρασία:

$$a_w = \frac{p}{p_o} = \frac{RH}{100}$$

(RH: σχετική υγρασία)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

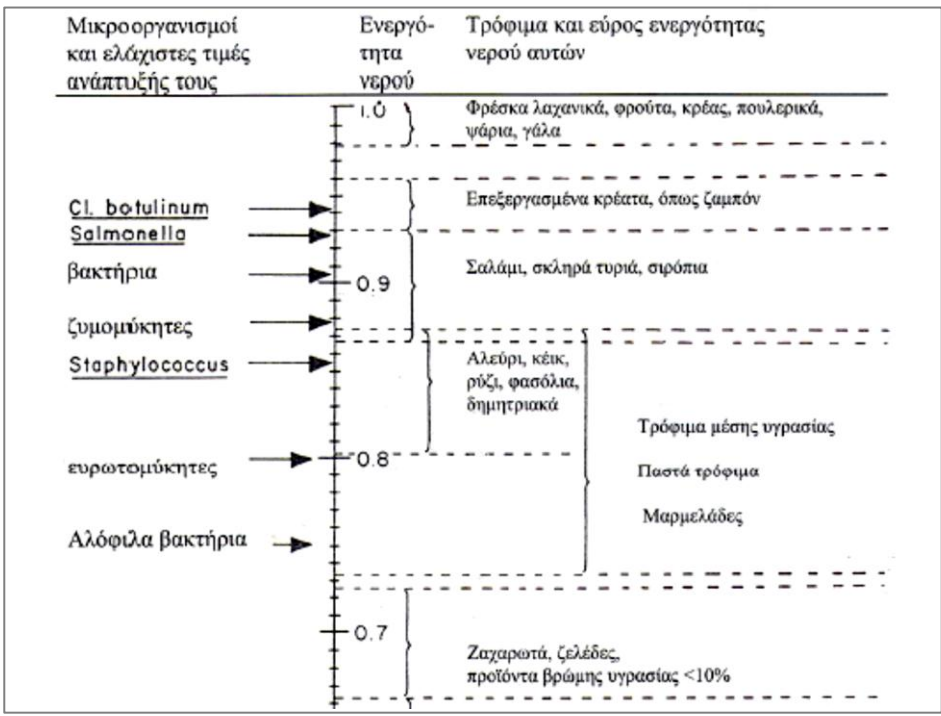
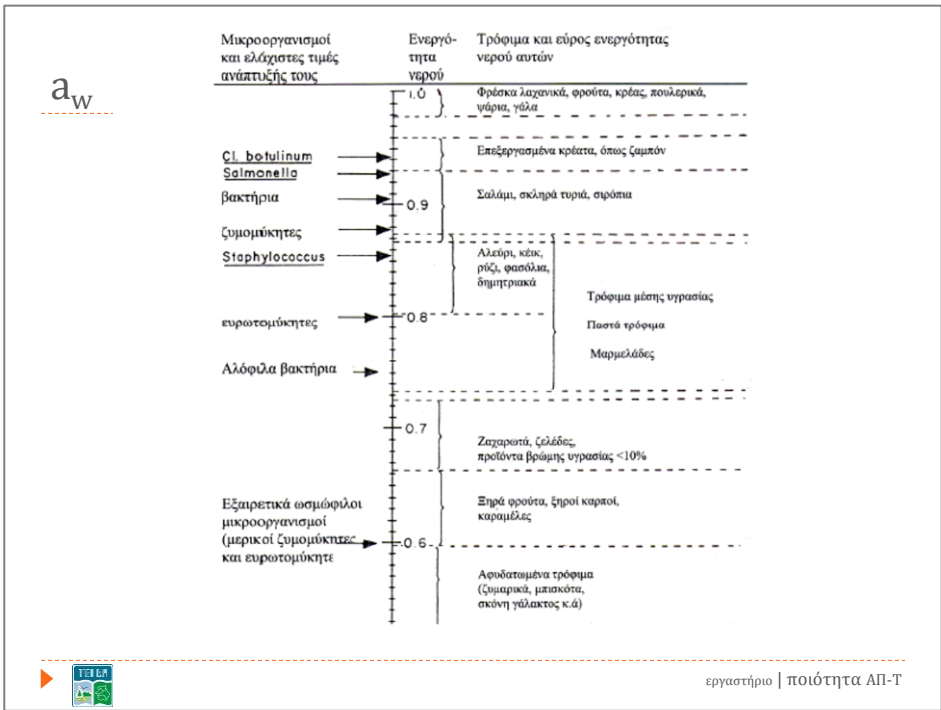
a_w

ενεργότητα νερού a_w (water activity)

τιμές 0,0 - 1,0



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ





a_w

ενεργότητα νερού a_w (water activity)

- κρίσιμα όρια της a_w είναι εκείνα, πάνω από τα οποία παρατηρούνται ανεπιθύμητες μεταβολές στα τρόφιμα σε σχέση με την ασφάλεια και την ποιότητα τους
- ο έλεγχος της a_w αποτελεί βασικό παράγοντα για τη διατήρηση των ξηρών και μέσης υγρασίας τροφίμων



a_w

επίδραση της a_w

- πολλοί μικροοργανισμοί συμπεριλαμβανομένων και των παθογόνων βακτηρίων, αναπτύσσονται ταχύτατα σε $a_w > 0,98$
- η ανάπτυξη των περισσότερων βακτηρίων περιορίζεται σε $a_w < 0,91$



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

- οι περισσότερες ζύμες αναπτύσσονται σε τιμές $a_w > 0,88$
- οι περισσότεροι μύκητες αναπτύσσονται σε τιμές σε $a_w > 0,80$
- εξαιρετικά ωσμώφιλοι μύκητες αναπτύσσονται και σε τιμές $a_w = 0,60 - 0,65$



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

- γενικά, το κατώτερο όριο ανάπτυξης των μικροοργανισμών που απαντώνται συχνότερα στα τρόφιμα είναι 0,70 - 0,75 οι ελάχιστες τιμές επηρεάζονται και από τους άλλους παράγοντες που επιδρούν στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών (pH, θερμοκρασία, θρεπτικά συστατικά, οξυγόνο)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

- η ανάπτυξη τοξινών είναι δυνατή, σε πολλές περιπτώσεις, σε τιμές a_w μεγαλύτερες από εκείνες της ανάπτυξης των αντίστοιχων μικροοργανισμών (πρόσθετος παράγοντας ασφάλειας)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

- τα ξηρά ή αφυδατωμένα τρόφιμα έχουν τιμές $a_w < 0,60 - 0,65$ για την εξασφάλιση της μη ανάπτυξης και της μη παραγωγής τοξίνης των μικροοργανισμών



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

από τις χημικές δράσεις επηρεάζονται ιδιαίτερα κυρίως η μη ενζυμική αμαύρωση και οι οξειδώσεις

- ο μέγιστος ρυθμός μη ενζυμικής αμαύρωσης συναντάται συνήθως σε τιμές $a_w = 0,60 - 0,70$
- στην οξείδωση, παρατηρείται επιτάχυνση σε χαμηλές και σε υψηλές τιμές, ενώ η περιοχή μεγαλύτερης σταθερότητας αντιστοιχεί σε τιμές a_w από 0,25 έως 0,50 - 0,65 (ανάλογα με το τρόφιμο)



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

επίδραση της a_w

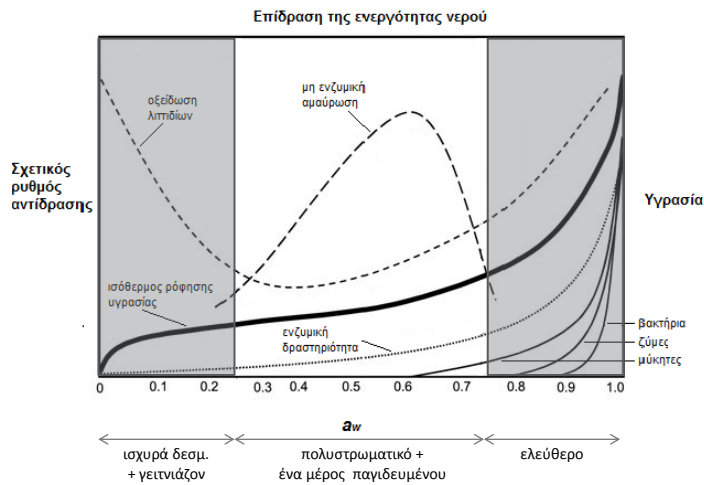
οι ενζυμικές δράσεις εξελίσσονται με βραδύτατο ρυθμό σε τιμές a_w που αντιστοιχούν στο ισχυρά δεσμευμένο νερό

αύξηση της a_w ακολουθείται από αύξηση της δραστικότητας των ενζύμων



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

προσδιορισμός a_w σε διάφορα τρόφιμα



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

εξοπλισμός

- συσκευή μέτρησης a_w
ROTRONIC - HYGROLAB 3



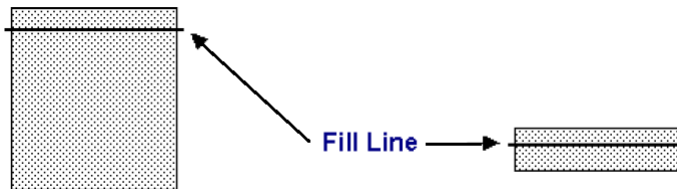
εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ

a_w

εξοπλισμός

- συσκευή μέτρησης a_w
ROTRONIC - HYGROLAB 3

πλήρωση των περιεκτών με το δείγμα προς μέτρηση



εργαστήριο | ποιότητα ΑΠ-Τ