

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΠΑΡΑΔΟΣΕΩΝ
«ΧΗΜΕΙΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»

Α. Μπαδέκα
Αναπλ. Καθηγήτρια

Β' ΜΕΡΟΣ

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ – ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

ΕΝΖΥΜΑ

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

ΠΕΨΗ

ΧΡΩΜΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ – ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Οι βιταμίνες είναι συστατικά των τροφίμων που παρόλο που βρίσκονται με μικρές ποσότητες έχουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή συμβάλλοντας στον μεταβολισμό των θρεπτικών υλών. Η ονομασία τους προέρχεται από τις λέξεις *vita* (ζωή) και *αμίνη*. Οι πρώτες βιταμίνες που χαρακτηρίστηκαν περιείχαν N γι αυτό και δόθηκε η κατάληξη -αμίνη.

Είναι πολύπλοκες οργανικές ενώσεις που δεν ανήκουν σε μία ομάδα ενώσεων αλλά έχουν τεράστιες διαφορές μεταξύ τους. Οι βιταμίνες δεν συντίθενται από τον οργανισμό για αυτό και είναι πολύ σημαντικό να λαμβάνονται με τα τρόφιμα. Ο ρόλος τους κυρίως είναι καταλυτικός και ο οργανισμός έχει ανάγκη από μικρά έως ελάχιστα ποσά βιταμινών σε σύγκριση με τις άλλες κατηγορίες θρεπτικών υλών (λιπαρά, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες).

Βρίσκονται σε διάφορα ποσοστά σε διάφορα τρόφιμα για αυτό και είναι απαραίτητη η κατανάλωση ποικιλίας τροφίμων.

Χαρακτηρίζονται με λατινικό αλφάβητο (A, B, C, D κτλ.) αλλά μετά την ταυτοποίηση της δομής τους μπορεί να αναφέρεται και οι χημικές ονομασίες τους.

Έχουμε συνηθίσει να χρησιμοποιούμε σαν μονάδες μέτρησης των διαφόρων ενώσεων τα milligram (mg) ή microgram (μg). Οι μονάδες αυτές περιγράφουν μια ποσότητα σε μάζα ή όγκο. Αντίθετα η μέτρηση σε διεθνείς μονάδες (International Units= IUs) προσδιορίζει τη δύναμη (potency) ή τη βιολογική δραστηριότητα (biological activity) ενός προϊόντος.

Μερικά παραδείγματα αντιστοίχισης:

Βιταμίνη A: 1 IU είναι ισοδύναμο των 0.3 μg retinol ή 0.6 μg beta-carotene.

Βιταμίνη C: 1 IU είναι ισοδύναμο 50 μg L-ascorbic acid (ασκορβικό οξύ).

Βιταμίνης D: 1 IU είναι ισοδύναμο των 0.025 μg cholecalciferol/ergocalciferol.

Βιταμίνη E: 1 IU είναι ισοδύναμο 0.667 mg d-alpha-tocopherol.

Ινσουλίνη : 1 IU είναι ισοδύναμο με 0,0347 mg ινσουλίνης.

Οι 13 βιταμίνες που είναι απαραίτητες για το μεταβολισμό:

Βιταμίνη A (ρετινόλες και καροτενοειδή)

Βιταμίνη B₁ (θειαμίνη)

Βιταμίνη B₂ (ριβοφλαβίνη)

Βιταμίνη B₃ (νιασίνη)

Βιταμίνη B₅ (παντοθενικό οξύ)

Βιταμίνη B₆ (πυριδοξίνη)

Βιταμίνη B₇ (βιοτίνη)

Βιταμίνη B₉ (φυλικό οξύ και φολικά)

Βιταμίνη B₁₂ (κοβαλαμίνες)

Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)

Βιταμίνη D (καλσιφερόλες)

Βιταμίνη E (τοκοφερόλες και τοκοτριενόλες)

Βιταμίνη K (κουινόνες)

ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Οι βιταμίνες κατατάσσονται με βάση τη διαλυτότητά τους σε λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές.

Οι **λιποδιαλυτές** βιταμίνες A, D, E, K εκχυλίζονται από τα τρόφιμα με το λίπος τους παρουσιάζουν τις εξής ιδιότητες:

1. Κατά την πέψη απορροφούνται μαζί με το λίπος.
2. Κανονικά δεν απεκκρίνονται με τα ούρα.
3. Αποθηκεύονται στο σώμα και τα αποθέματά τους να καλύπτουν τις ανάγκες του οργανισμού χωρίς να είναι απαραίτητος ο καθημερινός εφοδιασμός μέσω της διατροφής.

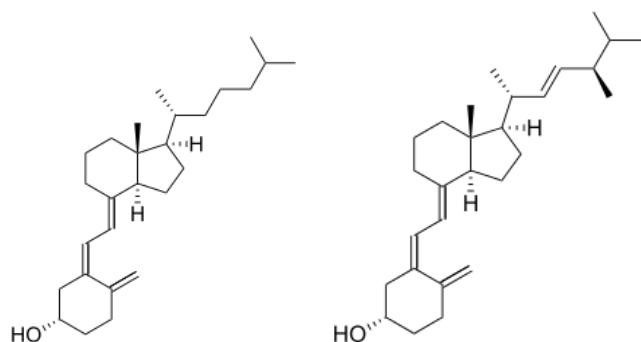
Οι **υδατοδιαλυτές** B και C δεν αποθηκεύονται στον οργανισμό και η περίσσειά τους απομακρύνεται με τα ούρα. Επομένως είναι απαραίτητος ο καθημερινός ανεφοδιασμός του οργανισμού με αυτές.

Στον πίνακα δίνονται ενδεικτικά οι πηγές των βιταμινών και οι συνέπειες έλλειψης αυτών.

Ονομασία	Πηγές	Δράση στον οργανισμό και συνέπειες από την έλλειψη
A	Μουρουνέλαιο, λαχανικά, γαλακτοκομικά, αυγά	Ομαλή ανάπτυξη, υγεία δέρματος, οφθαλμών (νύχτα). Έλλειψη – καθυστέρηση ανάπτυξης, δερματοπάθειες, μη αντοχή στις ασθένειες κ.α.
B	Ψωμί (αλεύρι), κρέας, γάλα, πατάτες, μαγιά μπύρας	Ως συνένζυμο για την αξιοποίηση τροφίμων από τον οργανισμό. Έλλειψη – περιορισμός όρεξη και ανάπτυξης, εξασθένηση οργανισμού. Πελάγρα
C	Πράσινα λαχανικά, εσπεριδοειδή, φρούτα, πατάτες	Ανάπτυξη οστών, δοντιών, αιμοφόρων αγγείων Έλλειψη – καθυστέρηση ανάπτυξης → σκορβούτο
D	Μουρουνέλαιο, νωπό βούτυρο, λιπαρά ψάρια	Ανάπτυξη οστών, δοντιών. Έλλειψη ραχίτιδα, βλάβες δοντιών

Και οι δύο βιταμίνες έχουν την ίδια βιολογική δράση, ενώ οι προβιταμίνες τους δεν έχουν καμία βιολογική δράση.

Οι προβιταμίνες με έκθεση στον ήλιο μετατρέπονται σε βιταμίνες D.



Αποθηκεύεται σε σημαντικά ποσά στον οργανισμό και δεν παρατηρούνται ελλείψεις στους υγιείς ενήλικες που εκτίθενται συχνά στον ήλιο. Απαραίτητη για τη σωστή ανάπτυξη των οστών και δοντιών.

Υποβιταμίνωσεις D παρατηρούνται στα παιδιά γιατί αποθηκεύουν μικρά ποσά και στους υπερήλικες λόγω μικρής έκθεσής τους στον ήλιο.

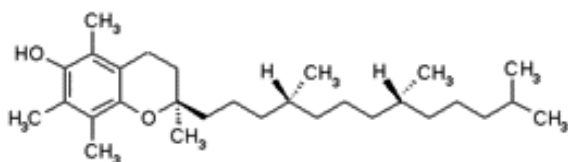
Καλές φυσικές πηγές βιταμίνης D είναι το μωρουνέλαιο, τα ψάρια, τα αυγά κ.α.

Η υπερβιταμίνωση μπορεί να προκαλέσει ναυτία, αδυναμία, πέτρες στα νεφρά κ.α.

Γενικά από μελέτες έχει προκύψει ότι είναι πιο σταθερή από τη βιταμίνη A.

Βιταμίνη E

Ομάδα παραπλήσιων βιολογικά δραστικών ενώσεων οι τοκοφερόλες (α, β, γ κλπ). Από όλες τις τοκοφερόλες η πιο δραστική είναι η α-τοκοφερόλη.

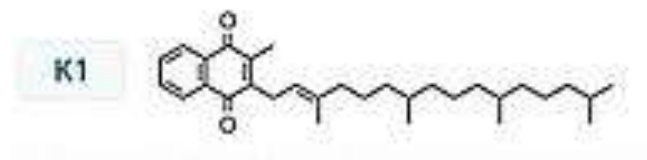


Είναι υποκίτρινο παχύρεστο έλαιο διαλυτό στην αλκοόλη και τον αιθέρα. Είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή, δρα ως αντιοξειδωτικό δηλαδή παρέχει προστασία ευοξειδωτων συστατικών του οργανισμού, όπως τα ακόρεστα λιπαρά οξέα, καρotenία κτλ.

Απαντά στον κρόκο αυγών, στο βοδινό συκώτι και στο έλαιο των φύτρων δημητριακών.

Βιταμίνη K

Είναι απαραίτητη για τον κανονικό σχηματισμό της προθρομβίνης στο συκώτι. Η προθρομβίνη είναι μία γλυκοπρωτεΐνη του πλάσματος του αίματος και είναι απαραίτητη για την κανονική πήξη του αίματος. Υπάρχουν διάφορες μορφές βιταμίνης K (K₁, K₂, K₃) και ανήκουν στις ναφθοκινόνες:



Η Κ₁ (φυλλοκουινόνη) είναι κίτρινο παχύρευστο έλαιο, διαλυτό στην αλκοόλη και τον αιθέρα.

Οι βιταμίνες Κ είναι πολύ διαδεδομένες στα τρόφιμα. Καλές πηγές είναι το σπανάκι, κουνουπίδι, λάχανο κτλ.

Είναι γενικά σταθερές στη θέρμανση, όμως οξειδώνονται εύκολα παρουσία φωτός, αλκάλων και ισχυρών οξέων.

ΥΔΑΤΟΔΙΑΛΥΤΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΕΣ

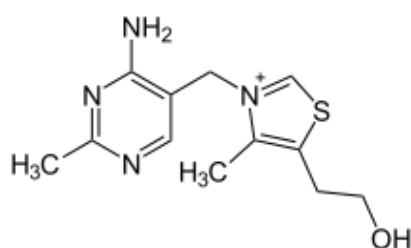
Βιταμίνες Β

Η ομάδα βιταμινών Β περιλαμβάνει πολλές βιταμίνες με παραπλήσια δράση και συναντώνται συχνά μαζί στα τρόφιμα. Η σημασία τους στον οργανισμό είναι ότι συμβάλλουν στην απελευθέρωση ενέργειας από τις τροφές. Η διαλυτότητά τους ποικίλει όμως ο οργανισμός αδυνατεί να αποθηκεύσει μεγάλα ποσά και η περίσσεια τους απομακρύνεται με τα ούρα.

Οι σπουδαιότερες βιταμίνες Β είναι: Β₁ – θειαμίνη, Β₂ – ριβοφλαβίνη, Β₃ – νιασίνη ή νικοτινικό οξύ, Β₆ – πυριδοξίνη, Β₅ – παντοθενικό οξύ, Β₇ – βιοτίνη, Β₁₂ – κοβαλαμίνη.

Βιταμίνη Β₁ (θειαμίνη)

Είναι λευκό κρυσταλλικό σώμα, διαλυτό στο νερό. Περιλαμβάνει ένα δακτύλιο πυριμιδίνης και ένα θειαζολίου.



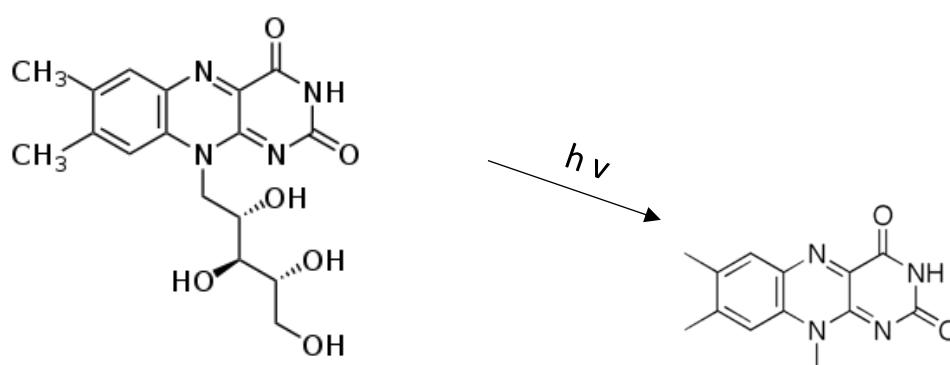
Είναι πολύ διαδεδομένη στα τρόφιμα, όπως δημητριακά, λαχανικά, κρέας, ψωμί, πατάτες, γάλα, κ.α. Λόγω του ότι περιέχει τεταρτοταγές άτομο αζώτου έχει βασικές ιδιότητες και ιονίζεται πλήρως στις τιμές του pH των τροφίμων. Είναι πολύ διαλυτή στο νερό και κατά τον βρασμό των τροφίμων χάνεται σχεδόν το 50% αυτής. Όταν ο βρασμός γίνεται σε όξινο περιβάλλον οι απώλειες είναι μικρές. Επίσης διασπάται παρουσία νουκλεόφιλων αντιδραστήριων όπως το HSO₃⁻. Αδρανοποιείται από τα -NO₂⁻ άλατα μέσω αντίδρασης της -NH₂ στον πυριμιδινικό δακτύλιο.

Είναι απαραίτητη για τον μεταβολισμό των υδατανθράκων και των α-κετονοξέων στον οργανισμό όπου χρησιμοποιείται ως συνένζυμο.

Η έλλειψή της εμφανίζεται η ασθένεια beri-beri, σοβαρή ασθένεια του νευρικού συστήματος, με συμπτώματα έλλειψη όρεξης, κόπωση, νευρικότητα και βραδυκαρδία. Η ασθένεια εμφανίστηκε αρχικά σε λαούς της Άπω Ανατολής που διατρεφόταν με αποφλοιωμένο ρύζι. Σήμερα η βιταμίνη B₁ παρασκευάζεται συνθετικά και χρησιμοποιείται για τον εμπλουτισμό του αποφλοιωμένου ρυζιού και του λευκού αλευριού.

Βιταμίνη B₂ (ριβοφλαβίνη)

Είναι πρασινοκίτρινο φθορίζον στερεό, λίγο διαλυτό στο νερό. Είναι ανθεκτικό στη θέρμανση, αλλά ευαίσθητη στο φως. Π.χ. Σε 3 ½ ώρες εάν το γάλα είναι εκτεθειμένο στο ηλιακό φως χάνονται τα ¾ της περιεχόμενης ριβοφλαβίνης. Αποτέλεσμα αυτού είναι η αλλοίωση της γεύσης λόγω σχηματισμού της λουμιφλαβίνης



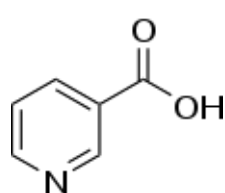
Η ριβοφλαβίνη δρα τόσο ως συνένζυμο (φωσφορικός εστέρας της μετέχει στο δομή του ενζύμου της οξειδάσης, το οποίο είναι απαραίτητο για τον μεταβολισμό των οξειδώσιμων υλών στα κύτταρα) όσο και ως ελεύθερη βιταμίνη.

Η έλλειψή της από τη διατροφή έχει ως αποτέλεσμα τη γενική καχεξία, την εμφάνιση γλωσσίτιδας (ερεθισμός γλώσσας και χειλιών), την εμφάνιση χείλωσης (σκασίματα στα χείλη) και βλάβες στην όραση.

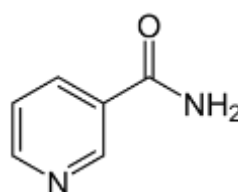
Κύριες πηγές της είναι η μαγιά μπίρας, το συκώτι, το φύτρο σιταριού, το γάλα, τα αυγά, τα πράσινα λαχανικά.

Νικοτινικό οξύ ή νιασίνη ή αντιπελλαργική βιταμίνη – B₃

Απαντά στα ζωικά τρόφιμα (κρέας, γάλα, αυγά) κυρίως ως νικοτιναμίδιο, ενώ στα φυτικά τρόφιμα (δημητριακά, λαχανικά) τόσο ως νικοτινικό οξύ όσο και ως νικοτιναμίδιο.



νικοτινικό οξύ



νικοτιναμίδιο

Το νικοτινικό οξύ παρασκευάστηκε από τη νικοτίνη πριν διαπιστωθεί η βιταμινική του δράση, όμως το νικοτινικό οξύ στα τρόφιμα δεν προέρχεται από τη νικοτίνη ούτε έχει σχέση με το κάπνισμα.

Το νικοτιναμίδιο δρα ως συνένζυμο (NAD, NADP) στα ένζυμα δεϋδρογενάσες που ρυθμίζουν πολλές αντιδράσεις οξείδωσης, οι οποίες είναι απαραίτητες για τη χρησιμοποίηση των υδατανθράκων, του λίπους και των πρωτεϊνών από τα κύτταρα προς παραγωγή ενέργειας.

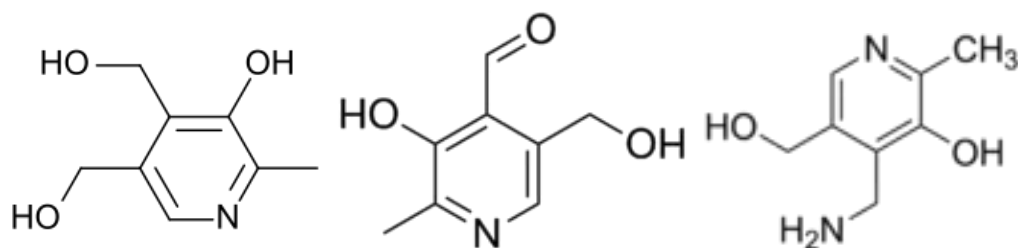
Το αμινοξύ θρυπτοφάνη (στα δημητριακά) μετατρέπεται στον οργανισμό σε νικοτινικό οξύ αλλά σε μικρές ποσότητες. Επομένως είναι απαραίτητος ο ανεφοδιασμός του οργανισμού από τη τροφή.

Καλές πηγές νικοτινικού οξέος είναι το κρέας, τα ψάρια, τα αυγά, η μαγιά μύρας κτλ.

Η σοβαρή έλλειψη νικοτινικού οξέος εμφανίζει την πελλάγρα, μια μορφή δερματίτιδας (ερεθισμός στοματικής κοιλότητας), βλάβες στο νευρικό σύστημα, στομάχι, έντερα. Αυτή η ασθένεια παρουσιάζεται λόγω κακής διατροφής βασισμένης κατά κύριο λόγο στο καλαμπόκι το οποίο περιέχει ελάχιστα ποσά νικοτιναμιδίου και ελάχιστη θρυπτοφάνη η οποία θα μπορούσε να μετατραπεί σε νικοτιναμίδιο.

Βιταμίνη B₆ ή πυριδοξίνη

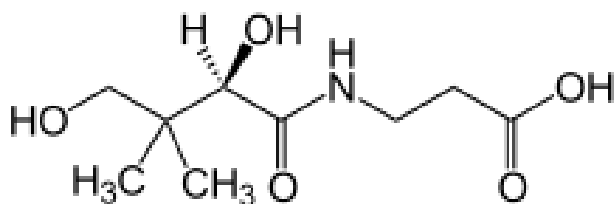
Δεν είναι μία ένωση αλλά ομάδα τριών παραγώγων της πυριδίνης: πυριδοξίνης, πυριδοξάλης, πυριδοξαμίνης.



Η B₆ απαντά σε τρόφιμα μαζί με τις υπόλοιπες βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Καλές πηγές βιταμίνης B₆ είναι το κρέας, το συκώτι και τα φύτρα δημητριακών.

Πιστεύεται ότι η πυριδοξίνη και η πυριδοξαμίνη μετατρέπονται στον οργανισμό σε πυριδοξάλη, ο φωσφορικός εστέρας αυτής δρα ως συνένζυμο κατά τον μεταβολισμό των πρωτεϊνών. Η ακριβής σημασία αυτής δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως.

Βιταμίνη B₅ – Παντοθενικό οξύ

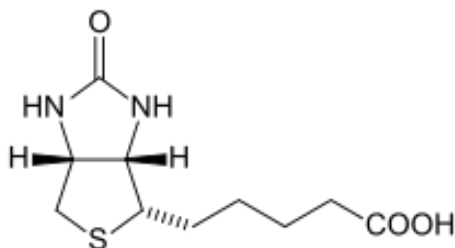


Είναι υποκίτρινο υγρό. Είναι ουσιώδες συστατικό του συνενζύμου Α το οποίο είναι απαραίτητο για όλες τις μεταβολικές διαδικασίες κατά τις οποίες απομακρύνεται ή προστίθεται η ακετυλομάδας ($-\text{COCH}_3$) (μετασχηματισμοί στον οργανισμό).

Είναι πολύ διαδομένο και δεν υπάρχει ο κίνδυνος αβιταμίνωσης.

Βιταμίνη B₇ – βιοτίνη

Είναι στερεό κρυσταλλικό σώμα διαλυτό στο νερό.



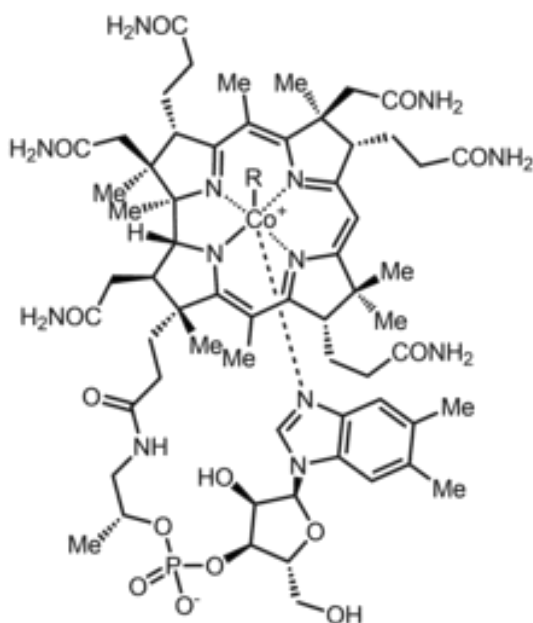
Στα τρόφιμα η βιοτίνη είναι ενωμένη με τις πρωτεΐνες και ελευθερώνεται με ενζυματική υδρόλυση κατά την πέψη.

Καλές πηγές βιοτίνης είναι ο κρόκος αυγού και το γάλα. Η κανονική διατροφή εξασφαλίζει στον οργανισμό τα απαραίτητα ποσά βιοτίνης. Όπως και οι υπόλοιπες Β πιστεύεται ότι δρα ως συνένζυμο στο μεταβολισμό.

Είναι ευαίσθητη στην οξείδωση σε $\text{pH} > 8$ & $\text{pH} < 5$.

Βιταμίνη B₁₂ – κοβαλαμίνη

Έχει πολύπλοκη δομή και περιέχει κοβάλτιο.



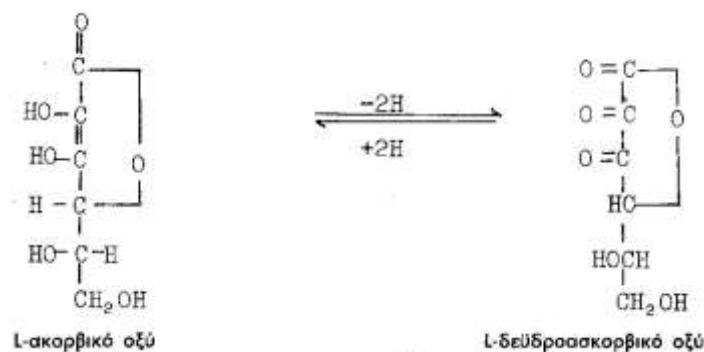
Η έλλειψή της προκαλεί κακοήγη αναιμία που οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αδυναμία απορρόφησης από το έντερο.

Η B₁₂ απαντά σε σημαντικά ποσά στο γάλα και στο κρέας όπου πιστεύεται ότι η βιταμίνη είναι ενωμένη με πρωτεΐνη και πρέπει να ελευθερωθεί κατά την πέψη για να απορροφηθεί. Τα άτομα που πάσχουν από κακοήγη αναιμία δεν μπορούν να το επιτύχουν. Για τους υγιείς ανθρώπους που διατρέφονται σωστά δεν υπάρχει πρόβλημα έλλειψης της B₁₂.

Βιταμίνη C – ασκορβικό οξύ

Είναι στερεό κρυσταλλικό σώμα όξινης γεύσης, οπτικά ενεργό - δεξιόστροφο. Το αριστερόστροφο ασκορβικό οξύ έχει 1/10 της βιταμινικής δραστηριότητας του δεξιόστροφου ισομερούς.

Σε στερεά κατάσταση είναι στερεό, όμως σε διάλυμα οξειδώνεται εύκολα προς δεϋδροασκορβικό οξύ (αντιστρεπτή αντίδραση). Το τελευταίο ανάγεται εύκολα με ήπια αναγωγικά μέσα προς ασκορβικό οξύ:



Αυτή η αναγωγή μπορεί να γίνει στον οργανισμό κι έτσι θεωρείται ότι και τα δύο έχουν την ίδια δράση.

Από όλες τις βιταμίνες το ασκορβικό οξύ καταστρέφεται πολύ εύκολα στους χυμούς και τεμαχισμένα φρούτα κατά την επαφή με τον αέρα. Η οξείδωση καταλύεται από τις οξειδάσες που βρίσκονται στα κύτταρα των φρούτων και ελευθερώνονται κατά τον τεμαχισμό και την εκχύμωση. Η ταχύτητα οξείδωσης αυξάνεται με τη θερμοκρασία (όχι πολύ υψηλή για την αδρανοποίησή τους), τα αλκάλια, ίχνη μετάλλων (καταλύτες), την παρουσία οξυγόνου, ενζύμων και οξειδωτικών σωμάτων.

Η ταχύτητα οξείδωσης περιορίζεται σε ασθενώς όξινα διαλύματα και υπό ψύξη.

Η δράση του στον οργανισμό δεν έχει διευκρινιστεί πλήρως. Όμως βρέθηκε ότι είναι απαραίτητο για τον σχηματισμό του κολλαγόνου και γενικά για την τόνωση της άμυνας του οργανισμού.

Η σοβαρή έλλειψή του έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση σκορβούτου, ασθένεια που εκδηλώνεται με πόνους στα ούλα, πτώση δοντιών, αιμορραγία και αναιμία.

Σπουδαίες πηγές βιταμίνης C είναι τα εσπεριδοειδή (πορτοκάλια, λεμόνια κ.α.), τα φρούτα, οι ντομάτες και τα ωμά λαχανικά.

Λόγω της ευαισθησίας τους στα συντηρημένα τρόφιμα και τα μαγειρεμένα τρόφιμα έχει καταστραφεί σε μεγάλο ποσοστό.

Η βιταμίνη C παράγεται σε σημαντικά ποσά από τη γλυκόζη.

ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Ως ανόργανα στοιχεία χαρακτηρίζονται όλα τα στοιχεία (>60, εκτός από C, H, O και N) τα οποία απαντούν με τη μορφή ανόργανων ή οργανικών αλάτων ή ενωμένα με οργανικές ενώσεις (φώσφορος στις φωσφοπρωτεΐνες).

Κατατάσσονται ως μακροστοιχεία και ιχνοστοιχεία.

- (1) Μακροστοιχεία απαντούν σε σημαντικά ποσά → K, Na, Ca, Mg, Cl, θειικά, φωσφορικά και όξινα ανθρακικά άλατα.
- (2) Ιχνοστοιχεία όλα τα άλλα απαντούν σε ελάχιστες ποσότητες. Ανάλογα με την επίδρασή τους στο οργανισμό κατατάσσονται σε 3 ομάδες:
 - (α) Απαραίτητα για τη διατροφή στοιχεία, όπως Co, **Cu**, Fe, I, Mn, **Zn**,
 - (β) Μη απαραίτητα, μη τοξικά, όπως Al, B, Cr, Ni, Sn. Η συγκέντρωσή τους να μην υπερβαίνει τα 100ppm ώστε να μην έχουν επιβλαβή επίδραση στον οργανισμό,
 - (γ) Μη απαραίτητα, τοξικά, όπως As, Sb, Cd, Pb, Hg, Se, έχουν δηλητηριώδη επίδραση ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις (<100 ppm).

Από τα παραπάνω στοιχεία ο Cu και ο Zn παρόλο που είναι απαραίτητα σε ίχνη, σε μεγαλύτερα ποσά προκαλούν βλάβες στην υγεία. Πολλά από τα ανόργανα στοιχεία είναι κανονικά συστατικά των τροφίμων, ενώ άλλα οφείλονται σε ξένες προσμίξεις (π.χ. Fe & Sn σε κονσερβοποιημένα τρόφιμα).

Τα μακροστοιχεία απαντούν υπό διάφορες μορφές: Τα μονοσθενή με τη μορφή διαλυτών αλάτων σε ιονισμένη μορφή (κατιόντα K, Na και ανιόντα Cl, θειικά). Μερικά πολυσθενή ιόντα απαντούν με τη μορφή ισορροπίας ιόντων, μη ιονισμένων αλάτων και κolloειδών σωμάτων (π.χ. στο γάλα, στο κρέας).

Είναι απαραίτητα για τη ρύθμιση λειτουργιών, για την ανάπτυξη και επισκευή των ιστών.

ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΒΙΤΑΜΙΝΩΝ ΚΑΙ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ

Καταβάλλεται προσπάθεια ώστε οι κατεργασίες των τροφίμων να γίνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες των βιταμινών και ανόργανων.

Εκτός από τις κατεργασίες το περιεχόμενο σε βιταμίνες και ανόργανα επηρεάζεται από γενετικούς παράγοντες (ποικιλία, είδος), εδαφολογικούς παράγοντες (κατάσταση και σύσταση εδάφους, λιπάσματα, διαθεσιμότητα νερού), περιβαλλοντικούς παράγοντες (παρουσία φωτός) καθώς και οι συνθήκες διακίνησης μετά τη συγκομιδή.

A. Τεμαχισμός

Κατά τον τεμαχισμό παρατηρείται απώλεια θρεπτικού περιεχομένου κυρίως των φυτικών ιστών. Αφαιρείται συνήθως η επιδερμίδα των φρούτων και κηπευτικών, η οποία είναι πιο πλούσια σε βιταμίνες.

1. Η βιταμίνη C στην φλούδα του μήλου είναι σε μεγαλύτερη συγκέντρωση σε σύγκριση με τη σάρκα.
2. Το ποσό της νιασίνης είναι μεγαλύτερο στην επιδερμίδα του καρότου.

3. Αντίστοιχα στις πατάτες, κρεμμύδια, τεύτλα, φασολάκια, σπαράγγια.

B. Άλεση

Η άλεση είναι μία ειδική κατηγορία τεμαχισμού. Εφαρμόζεται στα δημητριακά, τα οποία υφίστανται σημαντικές απώλειες σε βιταμίνες, ανάλογα με το ποσοστό διαχωρισμού του ενδοσπερμίου και πίτυρου.

Λόγω της μεγάλης απώλειας στο σιτάρι παρασκευάζεται ειδικό εμπλουτισμένο ψωμί στο αλεύρι του οποίου γίνεται προσθήκη νιασίνης, θειαμίνης, ριβοφλαβίνης και σιδήρου και μερικές φορές Ca^{2+} και βιταμίνη D.

Γ. Πλύσιμο, βρασμός, blanching

Αυτές οι κατεργασίες είναι η κυριότερη πηγή απώλειας των υδατοδιαλυτών βιταμινών. Το ποσοστό εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το pH, την υγρασία του τροφίμου, το βαθμό ωριμότητας κτλ. Το blanching οδηγεί με μεγάλη απώλεια βιταμινών. Είναι υδροθερμική κατεργασία και χρησιμοποιείται για την αδρανοποίηση των περιεχόμενων στο τρόφιμο ενζύμων. Αυτό επιτυγχάνεται με ατμό ή θερμό νερό. Η εφαρμογή ατμού οδηγεί σε μικρότερες απώλειες.

Δ. Προσθήκη χημικών συντηρητικών

Στα τρόφιμα γίνεται προσθήκη συντηρητικών, οξειδωτικών, βελτιωτικών κτλ., τα οποία έχουν επωφελή δράση όμως καταστρέφουν τις βιταμίνες κυρίως τις A, C & E).

Το SO_2 παρεμποδίζει την ενζυματική και μη ενζυματική αμαύρωση των φρούτων και κηπευτικών όμως καταστρέφει τη θειαμίνη.

Τα νιτρώδη άλατα χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση κρεάτων όμως αντιδρούν εύκολα με το ασκορβικό οξύ, προκαλούν ζημία στις προβιταμίνες καροτενοειδών, στη θειαμίνη και ίσως στο φολικό οξύ

Τα αιθυλενο- και προπυλενοξειδία είναι μέσα αποστείρωσης και αντιδρούν με πρωτεΐνες, νουκλεϊνικά οξέα και βιταμίνες (π.χ. θειαμίνη).

Τέλος, σε αλκαλικό περιβάλλον π.χ. βρασμένα αυγά σε pH περίπου 9 καταστρέφεται η θειαμίνη, το ασκορβικό και παντοθενικό οξύ.

Αντιδράσεις αποικοδόμησης

Αυτές θεωρούνται οι:

1. Ενζυμικές αντιδράσεις (π.χ. οξειδάση του ασκορβικού οξέος και η θειαμινάση προκαλούν αντίστοιχα την καταστροφή του ασκορβικού οξέος και της θειαμίνης).
2. Η οξείδωση των λιπών κατά την οποία σχηματίζονται υδροϋπεροξειδία και εποξειδία που στη συνέχεια αντιδρούν με καροτινοειδή, τοκοφερόλες και ασκορβικό οξύ. Η αποικοδόμηση των υδροϋπεροξειδίων σε δραστικές καρβονυλικές ομάδες οδηγεί σε περαιτέρω απώλειες της θειαμίνης, βιταμίνης B₆ (πυριδοξίνη), παντοθενικού οξέος. Το ίδιο ισχύει και για τις καρβονυλικές ενώσεις που παράγονται κατά τη μη ενζυματική αμαύρωση.

ENZYMA

Τα ένζυμα αποτελούν συστατικά των τροφίμων. Η παρουσία τους, ανάλογα με τις συνθήκες, μπορεί να είναι ωφέλιμη ή επιβλαβής. Στους οργανισμούς (άνθρωπο, ζώα, φυτά) υπάρχουν χιλιάδες διαφορετικά είδη ενζύμων και πολλά εξακολουθούν να δρουν και μετά τη θανάτωση των ζώων ή τη συγκομιδή των φυτών. Οι μικροοργανισμοί παράγουν μεγάλα ποσά ενζύμων.

Είναι πρωτεϊνικής φύσης και επιταχύνουν κατά εκατομμύρια φορές (10^{12} - 10^{20}) τις βιοχημικές αντιδράσεις σε ήπιες συνθήκες, χωρίς θέρμανση ή άλλων δραστικών αντιδραστηρίων.

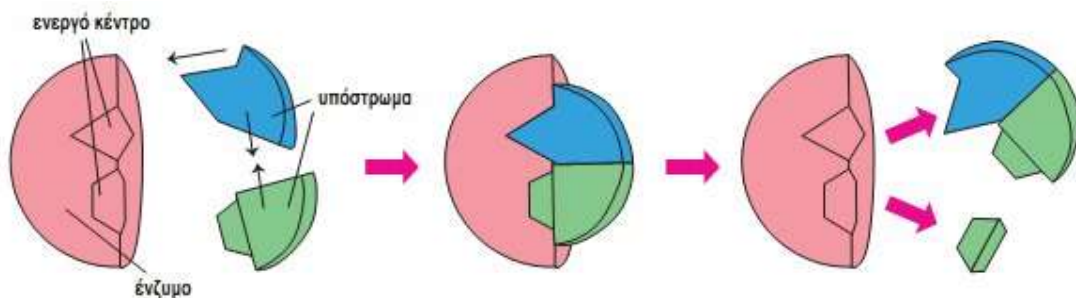
Τα ένζυμα είναι βιολογικοί καταλύτες και σε αντιδιαστολή με τους ανόργανους καταλύτες:

1. Επιταχύνουν πολύ περισσότερο τις καταλυόμενες αντιδράσεις.
2. Παρουσιάζουν πολλαπλάσια δράση στη συγκεκριμένη αντίδραση.
3. Χρησιμοποιούνται συνήθως για ένα είδος αντίδρασης.

Δηλαδή έχουν εξειδικευμένη δράση και η αντίδραση είναι ταχύτατη. Η δραστηριότητα ενός παρασκευασμένου καταλύτη μετριέται σε χιλιάδες, ενώ του ενζύμου (φύση) σε εκατομμύρια.

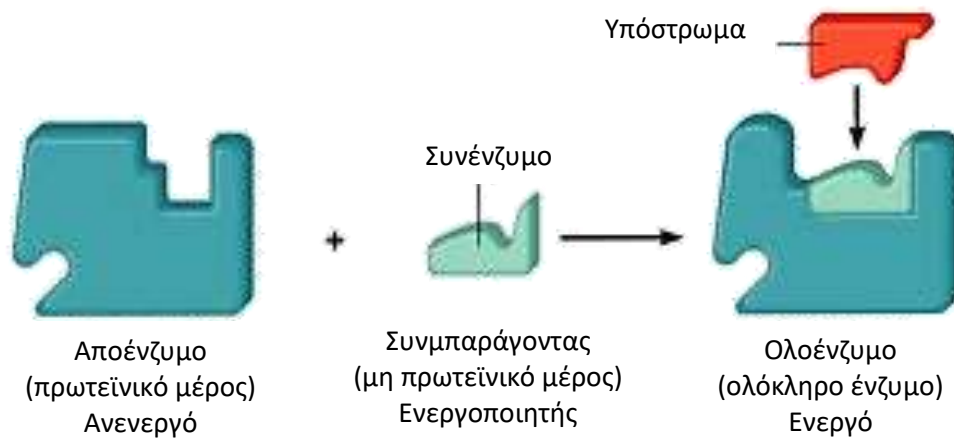
Τα ένζυμα είναι πολύ σημαντικά στα τρόφιμα λόγω του ότι δρουν κάτω από ήπιες συνθήκες, τα τρόφιμα κατεργάζονται έτσι σε χαμηλές θερμοκρασίες (20° – 30°C) χωρίς να αλλοιωθούν ή να καταστραφούν τα θρεπτικά συστατικά τους. Επίσης η εξειδίκευσή τους χρησιμοποιείται ως μέσο ανάλυσης ορισμένων τροφίμων.

Από τον Emil Fuschier διατυπώθηκε η σχέση μεταξύ ενζύμου και ουσίας στην οποία ασκείται η δράση του είναι ανάλογη με τη σχέση κλειδιού (ένζυμο) και κλειδαριάς (ειδικό υπόστρωμα).



Είτε μόνα τους ή με τη βοήθεια συνενζύμων (π.χ. σύμπλεγμα βιταμινών Β, οργανικές ενώσεις). Το συνένζυμο παίζει τον ρόλο του δότη ή δέκτη ομάδων, ηλεκτρονίων κ.α., που μεταφέρονται προς ή από το υπόστρωμα.

Το πρωτεϊνικό τμήμα του ενζύμου ονομάζεται **αποένζυμο**, η προσθετική ομάδα **συνένζυμο** και το σύμπλοκο αποενζύμου-συνενζύμου καλείται ολοένζυμο.



ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ – ΚΑΤΑΤΑΞΗ

Λαμβάνουν το όνομά τους από το υπόστρωμα που δρουν. Έχουν την κατάληξη **-αση** όμως υπάρχουν και εξαιρέσεις (π.χ. πεψίνη, θρυψίνη κ.α.). Ανάλογα με το είδος των αντιδράσεων που καταλύουν κατατάσσονται στις εξής κατηγορίες:

Α. Υδρολάσες → για την υδρολυτική διάσπαση των δεσμών C-O, C-N, C-C κ.α.

Β. Οξειδοοξειδοκτάσες → για καταλυτικές οξειδώσεις ή αναγωγές.

Γ. Ισομεράσες → για την κατάλυση γεωμετρικών ή δομικών ενδομοριακών ανακατατάξεων.

Δ. Τρανσφεράσες → καταλύουν τη μεταφορά χαρακτηριστικών ομάδων π.χ. τρανσαμινάση

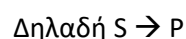
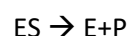
Ε. Συνθετάσες → καταλύουν προσθήκη ενός μορίου σε άλλο.

ΣΤ. Λυάσες → διάσπαση δεσμών C-C, C-O, C-N απουσία νερού.

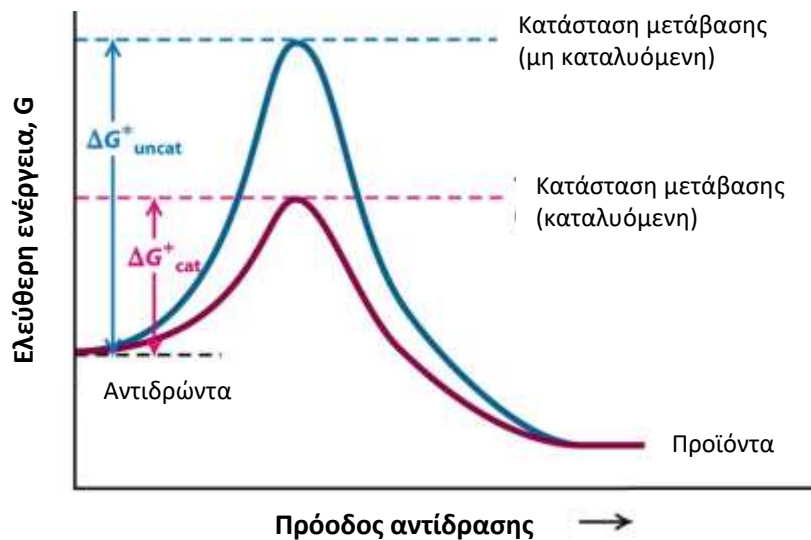
ΔΡΑΣΗ ΕΝΖΥΜΩΝ

Με τις υπάρχουσες θεωρίες, η δράση τους εξηγείται με την αντικατάσταση ενός σταδίου με υψηλή ενέργεια ενεργοποίησης με δύο ή περισσότερα στάδια (το καθένα έχει μικρή ενέργεια ενεργοποίησης).

Αν παρασταθεί το ένζυμο με E και το υπόστρωμα με S, τότε:



Εφόσον τα δύο στάδια απαιτούν μικρότερη ενέργεια τότε θα ακολουθηθεί αυτή η πορεία, η αντίδραση θα είναι γρήγορη και ο καταλύτης θα ενεργοποιηθεί.



Αν γίνει προσομοίωση με τη μεταφορά μιας σφαίρας από τη μία πλευρά του λόφου στην άλλη όπως φαίνεται στο σχήμα. Ο μόνος δρόμος μετάβασης είναι μέσω της κορυφής τότε απαιτείται ενέργεια για να λάβει ώθηση για την ανάβαση. Στη συνέχεια θα κατέβει μόνη της και μάλιστα σε κατώτερο σημείο με σύγχρονη απελευθέρωση ενέργειας (λόγω της προσφοράς που έγινε στην αρχή, διαφορετικά δεν θα υπήρχε απελευθέρωση).

Με τη βοήθεια των ενζύμων ακολουθείται η πορεία με τη λιγότερη ενέργεια ενεργοποίησης (ερυθρή γραμμή).

Π.χ. η διάσπαση του H_2O_2 σε υδρογόνο και οξυγόνο απουσία καταλύτη απαιτεί 18cal/mol , ενώ με τη βοήθεια καταλύτη απαιτεί 2cal/mol .

Τα ένζυμα, όπως και οι καταλύτες, δεν προσφέρουν ενέργεια σε ένα σύστημα, ούτε μπορούν να μεταβάλλουν τη θέση ισορροπίας μιας αντίδρασης. Απλώς επιταχύνουν την αποκατάσταση της δυναμικής ισορροπίας σε ένα σύστημα.

ΥΔΡΟΛΑΣΕΣ

Τα **Πρωτεολυτικά ένζυμα** διακρίνονται σε πρωτεϊνάσες (υδρόλυση μεγάλων μορίων) και πεπτιδάσες. Οι πεπτιδάσες όταν δρουν σε εσωτερικό πεπτιδικό δεσμό ονομάζονται ενδοπεπτιδάσες) και όταν δρουν σε ακραίο πεπτιδικό δεσμό ονομάζονται εξωπεπτιδάσες.

Στις **Καρβοξυλεστεράσες** ανήκουν οι λιπάσες, εστεράσες, φωσφολιπάσες. Οι εστεράσες καταλύουν την υδρόλυση εστέρων και υδρολύουν διαλυτά υποστρώματα. Οι λιπάσες υδρολύουν λίπη και δρουν στην ενδοεπιφάνεια λίπους-νερού. Φωσφολιπάσες (φωσφορικές υδρολάσες) υδρολύουν φωσφορικούς δεσμούς.

Στις **Γλυκοζιτάσες** ανήκουν οι αμυλάσες, κυτταρινάσες, πολυγαλακτουρονάσες, σουκράση, λακτάση. Οι α-αμυλάσες υδρολύουν α-1,4-γλυκοζιτικούς δεσμούς, οι β-αμυλάσες απομακρύνουν μαλτόζη από τον πολυσακχαρίτη. Οι κυτταρινάσες υδρολύουν την κυτταρίνη.

ΙΣΟΜΕΡΑΣΕΣ

Ισομεράση γλυκόζης. Καταλύει την ισομερίωση της γλυκόζης σε φρουκτόζη, δηλαδή αλδόζης σε κετόζη.

ΟΞΕΙΔΟΡΕΔΟΥΚΤΑΣΕΣ

Η Καταλάση καταλύει την αντίδραση: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Η Υπεροξειδάση καταλύει την αντίδραση: $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{AH}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{A}$

Η Οξειδάση γλυκόζης καταλύει την οξείδωση της D-γλυκόζης σε D-γλυκονο-δ-λακτόνη και υπεροξείδιο του υδρογόνου. Στη συνέχεια λαμβάνεται το D-γλυκονικό οξύ

Η Λιποξυγενάση δρα στα ακόρεστα λιπαρά, τις βιταμίνες και πρωτεΐνες, ανάπτυξη δυσοσμίων.

Πολυφαινυλοξειδάση οξειδώνει μονοφαινολικές (υδροξυλίωση) και ο-διφαινολικές ενώσεις (οξείδωση)

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΝΖΥΜΙΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ

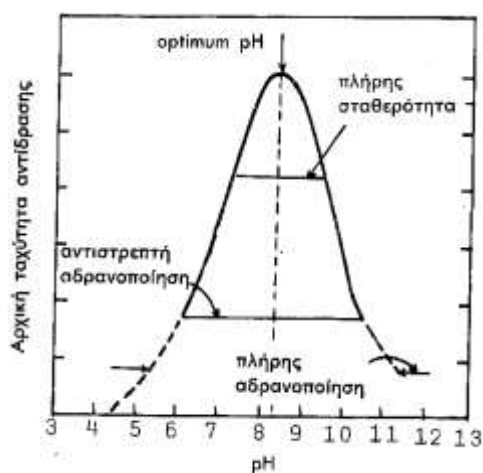
A. Θερμοκρασία.

Τα φυτικά ένζυμα δρουν καλύτερα γύρω στους 25°C ενώ τα ζωικά γύρω στους 37°C. Η αύξηση της θερμοκρασίας στην αρχή ευνοεί τη δραστικότητα αλλά μετά τους 45°C αδρανοποιούνται λόγω μετουσίωσης της πρωτεΐνης.

Κάτω από τους 0°C διατηρούν τη δραστικότητά τους κατά τις διεργασίες κατάψυξης – απόψυξης. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα κατάψυξης τόσο μικρότερη ζημιά υφίσταται η δραστικότητα των ενζύμων.

B. pH

Συνήθως η μεγαλύτερη δραστικότητα των ενζύμων παρατηρείται στην περιοχή 6-9 (ονομάζεται optimum pH – βέλτιστο pH). Σε ακραίες τιμές τα ένζυμα αδρανοποιούνται λόγω μετουσίωσης των πρωτεϊνών.



Γ. Ενεργότητα νερού (a_w)

Αν και υπερβολικό τα ένζυμα και σε αφυδατωμένο περιβάλλον εξακολουθούν να διατηρούν τη δραστηριότητά τους. Π.χ. η λιπόλυση λαμβάνει χώρα και σε χαμηλές a_w . Σημασία έχει η ενεργότητα του νερού που περιέχει και όχι η υγρασία του τροφίμου. Επομένως κατά πόσο και πώς είναι δεσμευμένο το H_2O στο τρόφιμο.

Δ. Παρουσία μεταλλικών και αμεταλλικών ιόντων

Κάποια μεταλλικά ιόντα (Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Al^{3+} , Ca^{2+} , Ni^{2+} , Co^{3+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , K^+ , Na^+ και αμέταλλα (Cl^- , NH_4^+ κτλ) αυξάνουν τη δραστηριότητα ορισμένων ενζύμων και ονομάζονται «ενεργοποιητές» αυτών των ενζύμων.

Βαρέα μέταλλα (Hg^{2+} , Pb^{2+} & Ag^+) δηλητηριάζουν τα ένζυμα.

Η δράση των ιόντων ποικίλει από ένζυμο σε ένζυμο, δηλαδή ένα ιόν μπορεί να ενεργοποιεί ένα ένζυμο αλλά να αδρανοποιεί ένα άλλο. Γενικά τα ανιόντα έχουν γενική δράση, ενώ τα κατιόντα εξειδικευμένη δράση.

Οι πιθανοί μηχανισμοί ενεργοποίησης των ενζύμων από ιόντα περιλαμβάνουν:

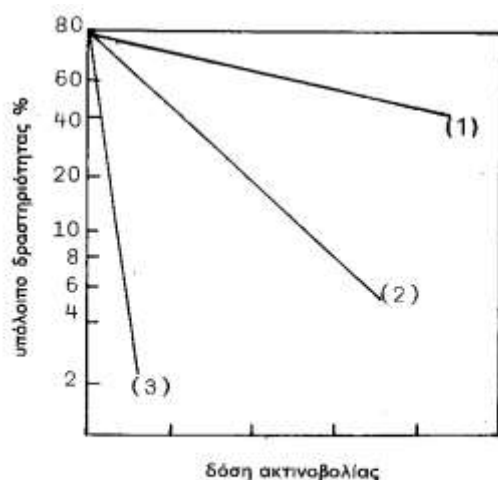
1. Απευθείας προσθήκη στο ενεργό κέντρο του ενζύμου.
2. Δημιουργία δεσμού μεταξύ ενζύμου-υποστρώματος.
3. Μεταβολή στη σταθερά ισορροπίας της ενζυματικής αντίδρασης.
4. Αλλαγή στο επιφανειακό φορτίο του πρωτεϊνικού κλάσματος του ενζύμου.
5. Απομάκρυνση του παράγοντα που δρα ανασταλτικά στη δραστηριότητα του ενζύμου.

Ε. Ιονίζουσες ακτινοβολίες

Ακτινοβολίες, όπως οι ακτίνες γ σε μικρές δόσεις καταστρέφουν μικροοργανισμούς χωρίς την αδρανοποίηση των ενζύμων. Όμως σε μεγάλες δόσεις μπορεί να αδρανοποιηθούν.

Η αδρανοποίηση αυτή εκτός από την ισχύ της ακτινοβολίας εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος που έχουν αναφερθεί.

Π.χ. στο σχήμα δίνεται η αδρανοποίηση της θρυψίνης με ακτινοβολία κάτω από διάφορες συνθήκες.



Σχήμα 7-6 Αδρανοποίηση της θρυψίνης με ακτινοβολία.
(1) 80 mg θρυψίνης/ml σε pH=8.0 και Θ περιβάλλοντος.
(2) 80 mg θρυψίνης /ml σε pH=2.7 και Θ περιβάλλοντος.
(3) 1 mg θρυψίνης/ml σε pH=2.6 και Θ περιβάλλοντος.

ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ ΛΟΓΩ ΤΩΝ ENZYMΩΝ

Οφέλιμη δράση είναι η υδρόλυση αμύλου, η τρυφεροποίηση του κρέατος, η διαύγαση κρασιού, η πήξη γάλακτος.

Βλαπτική δράση είναι η ενζυματική αμαύρωση φρούτων και λαχανικών. Δηλαδή, οξείδωση των φαινολών προς ο-κινόνες και στη συνέχεια σχηματισμός σκουρόχρωμων πολυμερών και μελανίνες. Αυτή η οξείδωση προκαλείται από τη φαινολάση ή πολυφαινολοξειδάση ή κατεχολάση (οξειδορεδοκτάσες)

Οι μελανίνες μπορούν να αντιδράσουν με τις πρωτεΐνες δίνοντας σταθερά σύμπλοκα.

Οι μέθοδοι αναστολείς της ενζυματικής αμαύρωσης γίνεται με απομάκρυνση ενός από τους παρακάτω παράγοντες από το περιβάλλον της αντίδρασης:

1. O_2
2. Ένζυμο
3. Ιόντα (π.χ. Cu^{2+})
4. Υπόστρωμα.

Π.χ. φαινολάση αδρανοποιείται με προσθήκη SO_2 ή μη θερμική κατεργασία (blanching). Το O_2 απομακρύνεται με χρήση κενού.

ΑΚΙΝΗΤΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ENZYMA

Μετά την κατεργασία γίνεται προσθήκη διαλυτών ενζύμων για την επίτευξη συγκεκριμένων μεταβολών των ιδιοτήτων τροφίμων (π.χ. επιθυμητή γεύση, υφή, οσμή κ.α.).

Αυτά τα ένζυμα αυτά «δεσμεύονται» είτε φυσικά είτε χημικά στη μάζα του τροφίμου. Με αυτή τη δέσμευση το ένζυμο μπορεί να χρησιμοποιηθεί αλλού, να τερματιστεί ακαριαία κάποια αντίδραση ή να μεταβληθούν με επιθυμητό τρόπο οι ιδιότητες του ενζύμου.

Οι χημικές μέθοδοι περιλαμβάνουν τη δημιουργία ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ ενζύμου και υποστρώματος. Αυτή η δέσμευση είναι μη αντιστρεπτή.

Οι φυσικές μέθοδοι περιλαμβάνουν την προσρόφηση ενζύμων σε αδιάλυτα πλέγματα ουσιών, παγίδευση ενζύμων σε πήγματα ή ημιπερατές μεμβράνες. Η δέσμευση αυτή είναι αντιστρεπτή.

ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Εκτός από τα συστατικά που αναφέρθηκαν υπάρχουν σε μικρά ποσά και άλλα συστατικά που επηρεάζουν σε σημαντικό βαθμό τις οργανοληπτικές ιδιότητες των τροφίμων (υφή, οσμή, γεύση κτλ.), στη διατήρηση και γενικά στην επίδρασή τους στον οργανισμό. Αυτά διακρίνονται σε επιθυμητά και ανεπιθύμητα. Τα επιθυμητά διακρίνονται σε φυσικά και πρόσθετα.

- **Κατάλογος πρόσθετων τροφίμων Ε**
- E100-E199 (χρωστικές)
- E200-E297 (συντηρητικά)
- E300-E399 (αντιοξειδωτικά, ρυθμιστές οξύτητας)
- E400-E499 (γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές, πηκτικοί παράγοντες)
- E500-E599 (ρυθμιστές οξύτητας, αντισυσσωματικοί παράγοντες)
- E600-E699 (βελτιωτικά γεύσης)
- E700-E799 (αντιβιοτικά)
- E900-E999 (διάφορα)
- E1000-E1399 (διάφορα)
- E1400-E1499 (πηκτικοί παράγοντες)
- E1500-E1525 (συνθετικές γεύσεις και γευστικοί διαλύτες)

ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Οργανικά οξέα.

Τα παρόντα στα τρόφιμα οργανικά οξέα μπορεί να είναι είτε ελεύθερα είτε ενωμένα με τη μορφή αλάτων ή των εστέρων τους.

Τα φρούτα περιέχουν σημαντικές ποσότητες κιτρικού οξέος (πορτοκάλια και λεμόνια), μηλικού οξέος (μήλα), τρυγικού οξέος (σταφύλια). Δίνουν όξινη γεύση και προστασία από τη δράση μικροοργανισμών.

Εκτός από τη φυσική παρουσία του στα τρόφιμα χρησιμοποιούνται σκόπιμα μικροοργανισμοί (επιθυμητοί) για παραγωγή οξέων για τη διατήρηση/συντήρηση των τροφίμων ή την παραγωγή νέων προϊόντων.

Π.χ. Καλλιέργειες βακτηρίων δίνουν γαλακτικό οξύ (γιαούρτι, τυριά, βούτυρο, τουρσιά κ.α).

Τα οξέα διαμορφώνουν τη γεύση και επηρεάζουν και την υφή τους (π.χ. αντιδράσεις με πρωτεΐνες, άμυλο, πηκτίνες κ.α.). Επιπλέον επιδρούν και στο χρώμα.

Η πιο σημαντική συμβολή των οξέων είναι η διατήρηση/συντήρηση των τροφίμων λόγω της πτώσης του pH (αναστολή ανάπτυξης μικροοργανισμών). Π.χ. σε αναερόβιος συνθήκες ο μικροοργανισμός (***Clostridium botulinum***) σε pH λίγο πάνω από το 4,6 μπορεί να αναπτυχθεί και παράγεται η θανατηφόρα τοξίνη της αλλαντίασης. Σε τρόφιμα με υψηλές περιεκτικότητες σε οξέα και pH κάτω του 4,6 δεν μπορεί να αναπτυχθεί.

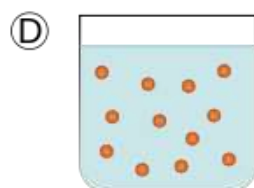
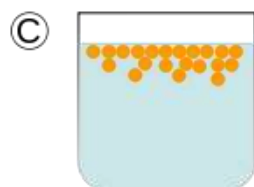
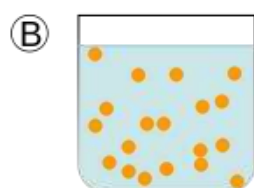
Γαλακτωματοποιητές.

Είναι επιφανειακά ενεργές ενώσεις και χρησιμοποιούνται για σταθεροποίηση των γαλακτωμάτων. Τα γαλακτώματα είναι κολλοειδή συστήματα διασποράς και προκύπτουν με ανάμιξη 2 μη «μικνυόμενων» υγρών ή με ανάμιξη υγρού και στερεού. Το ένα μέσο αποτελεί την «εν διασπορά» φάση και το άλλο το μέσο διασποράς.

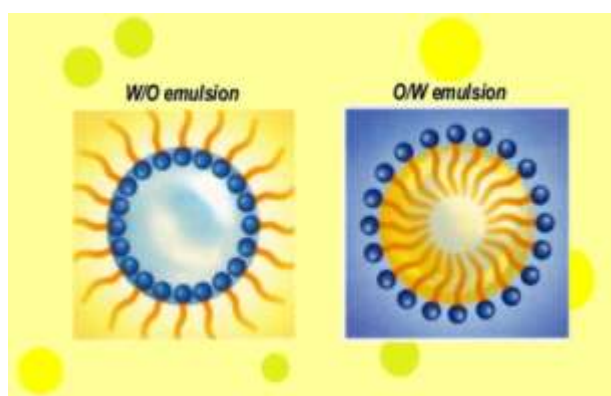
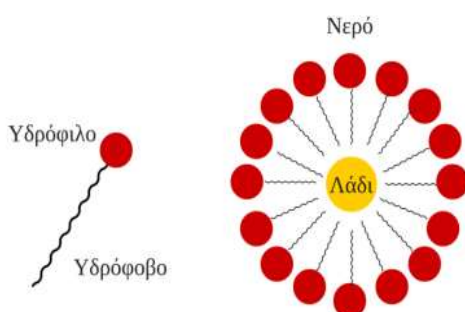
Π.χ. Λάδι στο νερό: σχηματίζονται χωριστές στοιβάδες. Εάν γίνει ισχυρή ανάδευση διασπείρονται τα δύο υγρά (το ένα στη μάζα του άλλου) προς σχηματισμό γαλακτώματος. Ένα τέτοιο γαλάκτωμα δεν είναι σταθερό διότι τα σταγονίδια της εν διασπορά φάσης τείνουν να συσσωματώνονται και έτσι γίνεται αποχωρισμός των 2 φάσεων.

Ο γαλακτωματοποιητής θα σταθεροποιήσει το γαλάκτωμα λόγω δημιουργίας ενός υμενίου γύρω από τα σταγονίδια του εν διασπορά μέσου και έτσι την παρεμπόδιση της συσσωμάτωσής τους.

Ο γαλακτωματοποιητής έχει ένα μόριο το οποίο περιέχει στις άκρες του μία υδρόφοβη (μη πολική) και μία υδρόφιλη (πολική) ομάδα.

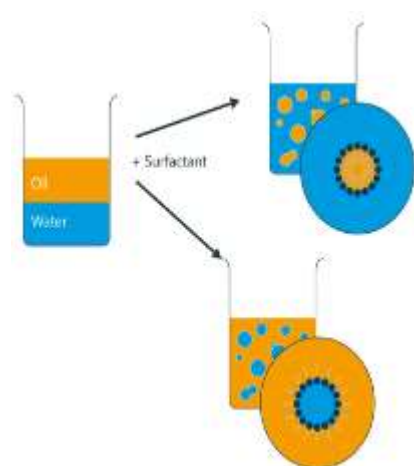


Το γαλάκτωμα λαδιού – νερού παρουσία του γαλακτωματοποιητή το μη πολικό τμήμα του θα προσανατολιστεί προς τα σταγονίδια του λαδιού, ενώ το πολικό προς την υδατική φάση. Έτσι τα σταγονίδια του νερού ή λαδιού περιβάλλονται από ένα φορτισμένο υμένιο που εμποδίζει τη συσσωμάτωσή τους.



Ο τύπος γαλακτώματος καθορίζεται από τις αναλογίες νερού και λαδιού. Όταν η αναλογία του λαδιού δεν υπερβαίνει το 40% λαμβάνεται γαλάκτωμα λαδιού σε νερό (O/W). Όταν η αναλογία του λαδιού υπερβαίνει το 60% λαμβάνεται γαλάκτωμα νερού σε λάδι (W/O).

Για τις περιεκτικότητες μεταξύ 40-60% το είδος θα προκύψει από το είδος του γαλακτωματοποιητή.



Πολλά συστατικά τροφίμων παίζουν το ρόλο του φυσικού γαλακτωματοποιητή. Π.χ. λεκιθίνη, άλατα λιπαρών οξέων, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες (κόμματα, πηκτίνες κ.)

Τρόφιμο	Τύπος	Γαλακτωματοποιητές
Γάλα-αφρόγαλα	O/W	Καζεΐνη
Βούτυρο	W/O	Καζεΐνη
Μαργαρίνη	W/O	Λεκιθίνες
Μαγιονέζα	O/W	Λεκιθίνες
Παγωτά	O/W	Καζεΐνη + ζελατίνη

Πολλές φορές γίνεται προσθήκη φυσικών ή συνθετικών γαλακτωματοποιητών για την ομοιόμορφη σύσταση ή τη διατήρηση της ομοιογένειας. Είναι πρόσθετα και τα είδη και οι αναλογίες τους καθορίζονται από τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών. Οι κυριότεροι είναι:

- Ο 1-μονοστεατικός εστέρας και ο διστεατικός εστέρας της γλυκερίνης. Παρασκευάζονται κατά την εστεροποίηση ενός ή δύο αντίστοιχα υδροξύλια της γλυκερίνης με στεατικό οξύ
- Προπυλενογλυκόλη
- Εστέρες λιπαρών οξέων με σορβιτόλη

Αντιοξειδωτικές ουσίες

Τα συστατικά τροφίμων, όπως τα ακόρεστα λιπαρά, καροτένια, βιταμίνες κ.α., οξειδώνονται από το οξυγόνο του αέρα και πρέπει να προστατευθούν. Τα αντιοξειδωτικά παρεμποδίζουν την οξείδωση είτε με προσθήκη είτε ενυπάρχουν ως συστατικά των τροφίμων.

Ένα αντιοξειδωτικό πρέπει: Να μην δίνει ανεπιθύμητη γεύση και οσμή, να είναι αποτελεσματικό σε μικρές συγκεντρώσεις, να μην έχει επιβλαβείς επιδράσεις στον οργανισμό, να είναι οικονομικό.

Φυσικά: Λεκιθίνη (είναι και γαλακτωματοποιητής), τοκοφερόλη, θειούχα αμινοξέα. Φυσικά αντιοξειδωτικά θεωρούνται και τα αρωματικά φυτά είτε ως έχουν είτε τα αιθέρια έλαιά τους που περιέχουν φυσικές αντιοξειδωτικές ενώσεις.

Συνθετικά: είναι πιο δραστικά και παραδείγματα είναι η βουτυλική υδροξυ-ανισόλη (BHA), υδροξυ-τολουόλη (BHT), προπυλεστέρας του γαλλικού οξέος (<0,2%).

Χρωστικές

Το χρώμα είναι το πρώτο κριτήριο αποδοχής ή όχι ενός τροφίμου και οφείλεται σε διάφορες χρωστικές φυτικής ή ζωικής προέλευσης). Παραδείγματα είναι: η χλωροφύλλη (πράσινο), το καροτένιο (πορτοκαλί), το λυκοπένιο (κόκκινο), η οξυμυογλοβίνη (κόκκινο χρώμα στο κρέας).

Επιπλέον χρησιμοποιούνται φυσικές ή/και συνθετικές χρωστικές για τη βελτίωση και ενίσχυση χρώματος.

Αρωματικές ύλες

Η οσμή είναι πιο περίπλοκη στα τρόφιμα. Τα κύρια συστατικά των τροφίμων σε καθαρή κατάσταση (λίπη, οι πρωτεΐνες και οι υδατάνθρακες) δεν έχουν οσμή.

Οι ενώσεις που δίνουν το χαρακτηριστικό άρωμα και γεύση στα τρόφιμα βρίσκονται σε ελάχιστες ποσότητες (<1‰) και δεν έχουν θρεπτική αξία.

Το τελικό άρωμα και η γεύση προέρχεται από τον συνδυασμό ενώσεων αρώματος που περιέχουν και των υλών που σχηματίζονται κατά τη διάρκεια των διαφόρων κατεργασιών των τροφίμων.

- Η οσμή του κρεμμυδιού παράγεται όταν κοπεί/τεμαχιστεί (ένζυμα ενεργοποιούν την παραγωγή οσμής).
- Το άρωμα του κρέατος αναπτύσσεται κατά το ψήσιμο (διάσπαση λιπαρών και αμινοξέων).
- Στις αντιδράσεις ενζυματικής και μη ενζυματικής αμαύρωσης παράγονται διάφορες ενώσεις αρώματος π.χ. φουρφουράλη και υδροξυμεθυλοφουρφουράλη κ.α.

Γενικά οι κατηγορίες ενώσεων αρώματος/οσμής των τροφίμων είναι πτητικοί εστέρες λιπαρών οξέων, πτητικά τερπένια, θειούχες ενώσεις, αλκοόλες, αλδεΐδες, κετόνες κ.α..

Γλυκαντικές ύλες

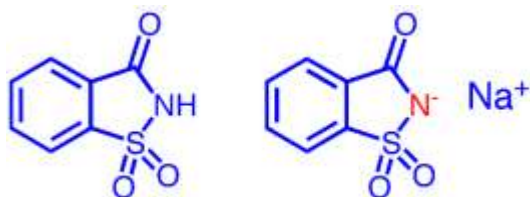
Εκτός από τις φυσικές γλυκαντικές ουσίες υπάρχουν και οι συνθετικές γλυκαντικές ουσίες που δεν ανήκουν στα σάκχαρα και ενισχύουν τη γλυκιά γεύση των τροφίμων. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία στο εμπόριο, μόνο μερικές επιτρέπονται για χρήση τους στα τρόφιμα.

Σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες: Ζάχαρη, μέλι, φρουκτόζη, μαλτόζη, λακτόζη, δεξτρόζη, μελάσα, πετιμέζι, χαρουπόμελο, σιροπι σφενδάμου.

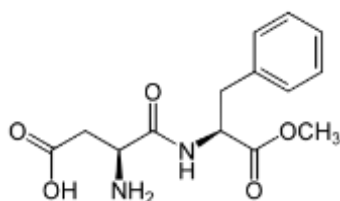
Μη σακχαρούχες γλυκαντικές ύλες: ερυθριτόλη, ισομαλτόζη, λακτινόλη, μαλιτιτόλη, σορβιτόλη, μανιτόλη, ταγκατόζη, ξυλιτόλη.

Στεβιοσίδη, Θαυματίνη, Μογκροσίδη, Γλυκορριζίνη (γλυκόριζα).

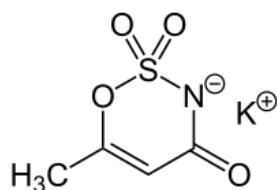
Η πιο διαδεδομένη συνθετική γλυκαντική ουσία είναι η σακχαρίνη υπό μορφή άλατος (Na ή Ca). Η σακχαρίνη είναι περίπου 300-500 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη.



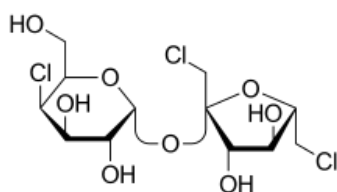
Ασπαρτάμη συντίθεται από τα αμινοξέα φαινυλαλανίνη και ασπαρτικό οξύ και είναι 200 φορές πιο γλυκιά από τη σακχαρόζη.



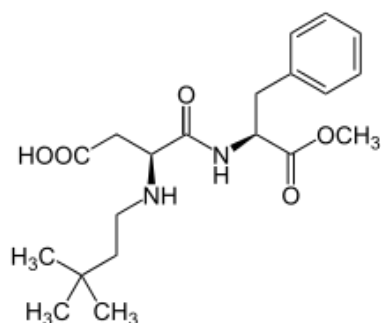
Ακετοσουλφάμη (200 φορές πιο γλυκιά),



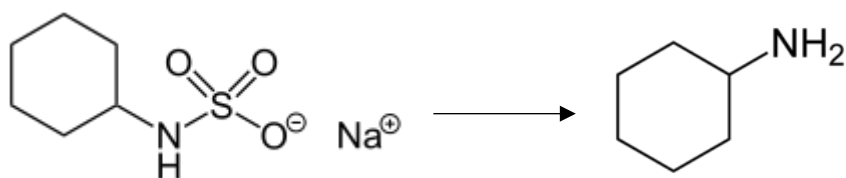
Σουκραλόζη, παράγεται με χλωρίωση της ζάχαρης (320 έως 1000 φορές πιο γλυκιά),



Νεοτάμη (7000-13000 φορές), Παράγωγη ουσία της ασπαρτάμης. Έχει 8000 φορές πιο γλυκιά γεύση από τη ζάχαρη.



Το κυκλαμικό νάτριο έχει απαγορευθεί λόγω της υδρόλυσής του που δίνει κυκλοεξυλαμίνη, γνωστή καρκινογόνος ουσία.



Διαυγαστικά μέσα

Στα προϊόντα όπως το κρασί, η μπίρα, οι χυμοί φρούτων, σχηματίζονται θολώματα ή ιζήματα τα οποία οφείλονται σε φαινολικά παράγωγα. Πρωτεΐνες και πηκτικές ουσίες αντιδρούν με τις πολυφαινόλες προς σχηματισμό κολλοειδών τα οποία προκαλούν τα ανωτέρω θολώματα.

Για την καταστροφή τους χρησιμοποιούνται διαυγαστικά μέσα:

1. Μπεντονίτης. Σύμπλοκο του Si (με βάση τον γύψο). Έχει μεγάλη επιφάνεια και φέρει αρνητικό φορτίο. Αλληλεπιδρά, σε διάλυμα, με το θετικό φορτίο των πρωτεϊνών και παρεμποδίζει την καταβύθισή τους.
2. Ζελατίνη. Προστίθεται συνήθως σε χυμό σε μικρή ποσότητα. Σχηματίζει σύμπλοκο με τις ταννίνες το οποίο καταβυθιζόμενο συμπαρασύρει αιωρήματα στερεών.
3. Ενεργός άνθρακας.

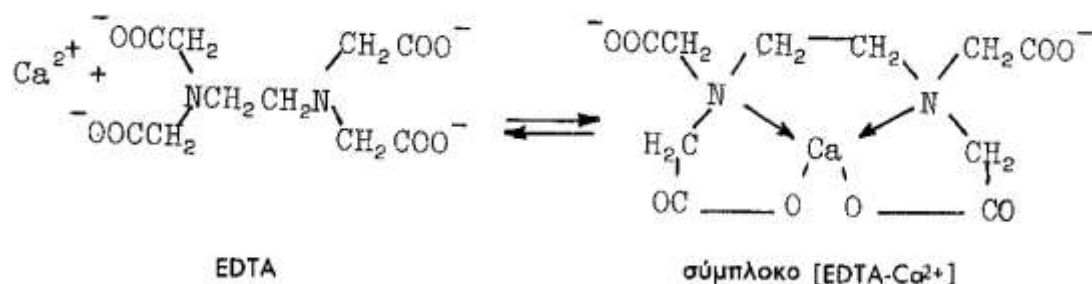
Σταθεροποιητές και στερεοποιητές

Χρησιμοποιούνται για τη σταθεροποίηση γαλακτωμάτων, αιωρημάτων και αφριστικών διαλυμάτων. Πολλές από τις ουσίες είναι πολυσακχαρίτες όπως η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, το άμυλο, οι πηκτίνες, το άγαρ, η καραγεννάνη κ.α. Αυτές οι ενώσεις είναι υδρόφιλες και κατανέμονται υπό μορφή κολλοειδών στο διάλυμα. Χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις μικρότερες ή ίσες του 2% λόγω περιορισμένης διαλυτότητας.

Χηλικές ενώσεις

Χρησιμοποιούνται σαν δεσμευτικά μέσα στα τρόφιμα με στόχο να σταθεροποιήσουν το τρόφιμο σχηματίζοντας σύμπλοκα. Τα σύμπλοκα είναι της μορφής της χλωροφύλλης με το Mg, της αιμοσφαιρίνης με τον Fe κ.α. Όταν τα μέταλλα απελευθερωθούν παίρνουν μέρος σε αντιδράσεις που οδηγούν σε οξειδώσεις, αποχρωματισμό, αλλοιώσεις στη γεύση και άλλες μη επιθυμητές μεταβολές στα τρόφιμα.

Οι χηλικές ενώσεις δεσμεύουν τα μέταλλα με τη μορφή συμπλόκων και έτσι σταθεροποιούν το προϊόν. Οι πιο γνωστές ενώσεις είναι το κιτρικό οξύ και τα παράγωγά του, οι φωσφορικοί εστέρες και τα άλατα του αιθυλενοδιαμινοτετραοξικού οξέος (EDTA). Το EDTA σχηματίζει σταθερά σύμπλοκα με το Ca λόγω συντονισμού:



Ο σχηματισμός τέτοιων συμπλόκων ευνοείται με την αύξηση του pH.

Διογκωτικά και βελτιωτικά μέσα

Τα **διογκωτικά** κατά την αντίδρασή τους παράγουν αέριο κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες θερμοκρασία και υγρασίας. Κατά το ψήσιμο, η παραγωγή αερίου σε συνδυασμό με τη διαστολή του παγιδευμένου στο τρόφιμο αέρα και υγρασίας δίνουν τη χαρακτηριστική πορώδη δομή στο τελικό προϊόν. Το CO₂ είναι το μοναδικό αέριο που παράγεται. Προέρχεται από το NaHCO₃, Na₂CO₃, NH₄HCO₃, (NH₄)₂CO₃ τα οποία προστίθενται στο μίγμα του προϊόντος που θα παρασκευαστεί. Παρουσία οξέων, οι ενώσεις αυτές αντιδρούν και απελευθερώνουν CO₂ κατά την αντίδραση:



Οι ποσότητες του άλατος και του οξέος θα πρέπει να βρίσκονται σε συγκεκριμένη αναλογία γιατί η περίσσεια NaHCO₃ δίνει γεύση σαπουνιού ενώ η περίσσεια οξέος δίνει πικρή γεύση.

Για την παραγωγή οξέος χρησιμοποιούνται τα:

HOOC[CH(OH)]₂COOK (όξινο τρυγικό κάλιο), Na₃PO₄ · AlPO₄, Na₂SO₄ · Al₂(SO₄)₃. Το τελευταίο παρουσία νερού παράγει H₂SO₄:



Εμπορικά διογκωτικά μέσα είναι τα γνωστά “baking powders” τα οποία περιέχουν NaHCO₃ σε ποσοστό 26-30%, οξέα και άμυλο.

Στα αλεύρια προστίθενται **βελτιωτικά** μέσα που αποβλέπουν στη βελτίωση των ιδιοτήτων αρτομάζας. Είναι κυρίως λευκαντικά, π.χ. βενζοϋπεροξειδίο τα οποία καταστρέφουν του συζυγείς διπλούς δεσμούς των καροτινοειδών και δίνουν άχρωμο προϊόν. Επίσης μπορεί να είναι οξειδωτικά (KBrO_3 , KIO_3 , $\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$, CaO_2), τα οποία προστίθενται σε ποσότητα 10-40ppm και οξειδώνουν τους σουλφιδρυλικές ομάδες των πρωτεϊνών της γλουτένης και παράγουν μεγάλο αριθμό ενδομοριακών δισουλφιδικών δεσμών ($-\text{SH} \rightarrow -\text{S-S}-$). Αυτοί οι δεσμοί δημιουργούν ένα πρωτεϊνικό πλέγμα το οποίο συγκρατεί το CO_2 κι έτσι διογκώνεται οι αρτομάζα.

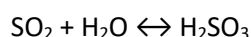
Αντιμικροβιακοί παράγοντες

Όλα τα τρόφιμα εκτός από τα αποστειρωμένα (κονσέρβα, ασηπτικώς συσκευασμένα) περιέχουν ένα σημαντικό αριθμό μικροοργανισμών. Σε κάθε τρόφιμο υπάρχουν συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί που αποτελούν τη φυσική χλωρίδα τους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί είναι άλλοτε επωφελείς γιατί επιφέρουν επιθυμητές μεταβολές στη σύστασή τους και άλλοτε επιβλαβείς γιατί προκαλούν αλλοιώσεις και έτσι τα τρόφιμα είναι επιβλαβή για την υγεία (λόγω της παρουσίας των μικροοργανισμών ή των προϊόντων μεταβολισμού τους).

Στη δεύτερη, μη επιθυμητή, περίπτωση θα πρέπει να διατηρηθεί ο αριθμός των μικροοργανισμών όσο το δυνατόν σε χαμηλά επίπεδα για την αποφυγή γρήγορης αλλοίωσης των τροφίμων. Για αυτό τον λόγο γίνεται προσθήκη αντιμικροβιακών ενώσεων.

Οι κυριότερες αντιμικροβιακές ενώσεις είναι:

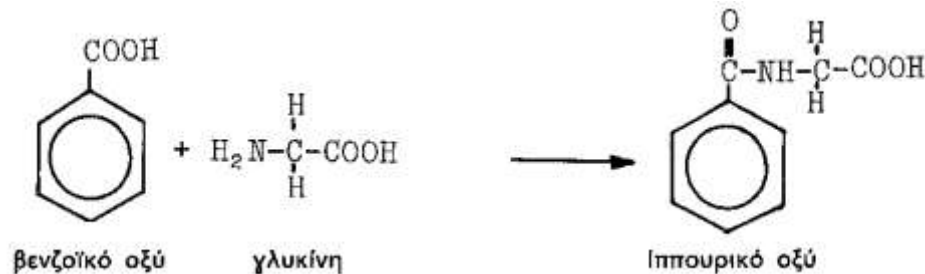
1. **SO_2** . Το παλαιότερο συντηρητικό που χρησιμοποιείται στα τρόφιμα. Χρησιμοποιείται και με τις μορφές SO_5^{2-} , SO_4^{2-} . Σε υδατικό διάλυμα το SO_2 και τα SO_4^{2-} δίνουν SO_3^{2-} και HSO_3^- :



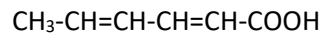
Σε όξινο περιβάλλον κυριαρχεί η μορφή H_2SO_3 και αναστέλλεται η ανάπτυξη των μυκήτων, ζυμομυκήτων & βακτηρίων. Ο πιθανός μηχανισμός δράσης περιλαμβάνει την αντίδραση του HSO_3^- με τις καρβονυλικές ενώσεις (ακόρεστες αλδεΐδες) στο εσωτερικό του κυττάρου, το σπάσιμο δισουλφιδικών δεσμών των πρωτεϊνών των μικροοργανισμών. Τα SO_2 & SO_3^{2-} μεταβολίζονται στον οργανισμό σε SO_4^{2-} και αποβάλλονται με τα ούρα.

2. **NO_2^- και NO_3^-** . Τα άλατά τους με νάτριο και κάλιο χρησιμοποιούνται κατά κόρον στα προϊόντα κρέατος για τη σταθεροποίηση του χρώματος, την ανάπτυξη επιθυμητής γεύσης και την καταστροφή των μικροοργανισμών. Η πιο δραστική μορφή είναι τα NO_2^- . Πιστεύεται ότι ο μηχανισμός δράσης τους περιλαμβάνει την αντίδρασή τους με τις σουλφιδρυλικές ομάδες των πρωτεϊνών προς σχηματισμό ενώσεων που δεν μεταβολίζονται από τους μικροοργανισμούς υπό αναερόβιες συνθήκες. Πρόσφατα αποδείχθηκε πως τα NO_2^- συμμετέχουν στον σχηματισμό νιτροζαμινών (καρκινογόνες ενώσεις). Όμως αντισταθμίζοντας την θετική και αποτελεσματική δράση τους ως αντιμικροβιακές ενώσεις, τη μικρή περιεκτικότητα, τη μη καθημερινή και υπερβολική κατανάλωση κρεατοσκευασμάτων τα νιτρώδη και νιτρικά χρησιμοποιούνται ακόμη και σήμερα.

3. **Βενζοϊκό οξύ.** Αντιμικροβιακή δράση έχει η μη ιονισμένη μορφή του. Το βέλτιστο pH δράσης του είναι μεταξύ 2,5 – 4,0 επομένως χρησιμοποιείται σε όξινα τρόφιμα (φρούτα, αναψυκτικά, τουρσιά). Χρησιμοποιείται κυρίως τα άλας του με το νάτριο γιατί είναι πιο διαλυτό στο νερό. Είναι πολύ αποτελεσματικό έναντι των ζυμομυκήτων και βακτηρίων. Απομακρύνεται εύκολα από τον οργανισμό μετά τη σύζευξή του με τη γλυκίνη σχηματίζοντας ιππουρικό οξύ:



4. **Σορβικό οξύ.** Είναι μονοκαρβονικό, αλειφατικό, ακόρεστο οξύ:



Με τη μορφή αλάτων με Na και K χρησιμοποιείται ευρέως για την αναστολή ανάπτυξης ζυμομυκήτων, μυκήτων στα τυριά, κρασιά και είδη αρτοποιείας.

Η δραστηριότητά του αυξάνει με ελάττωση του pH. Ο μηχανισμός δράσης του στηρίζεται στο γεγονός ότι οι μύκητες δεν μεταβολίζουν τα α-ακόρεστα διενικά οξέα.

5. **Προπανικό (προπιονικό) και οξικό οξύ.** Χρησιμοποιούνται είτε έτσι ως έχουν ή υπό μορφή αλάτων με Na ή K, κυρίως για την αναστολή ανάπτυξης των ζυμομυκήτων.
6. **CO₂.** Η προσθήκη του σε υγρά τρόφιμα όπως αναψυκτικά, κρασιά κ.α. χρησιμοποιείται κατά κόρον. Το ποσό και η μέθοδος προσθήκης διαφέρουν από προϊόν σε προϊόν.

ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

Σαπωνίνες. Είναι γλυκοζίτες στα φυτικά τρόφιμα (δρουν ως άμυνα των φυτών) και προκαλούν αιμόλυση των ερυθρών αιμοσφαιρίων και έχουν πικρή γεύση.

Κυανογόνα. Απαντούν σε ίχνη στα φυτά με τη μορφή γλυκοζιτών. Έχουν απομονωθεί τα αμυγδαλίνη, ντουρίνη, λιναμαρίνη οι οποίες περιέχουν HCN σε ποσότητα 200-600 mg/100g φυτού. Η θανατηφόρα δόση HCN για τον άνθρωπο είναι 0,5-3,5 mg/kg σωματικού βάρους.

Φαβισμός - Κυάμωση. Κλινικό σύνδρομο κατά τον οποίο ο ασθενής εμφανίζει οξεία αιμολυτική αναιμία. Προέρχεται από την κατανάλωση φάβας από κουκιά ή από εισπνοή γύρης. Εμφανίζεται σε μεγαλύτερη συχνότητα στις μεσογειακές χώρες. Ουσιαστικά οφείλεται στην έλλειψη του ενζύμου G6PD - αφυδρογονάση της 6-φωσφορικής γλυκόζης.

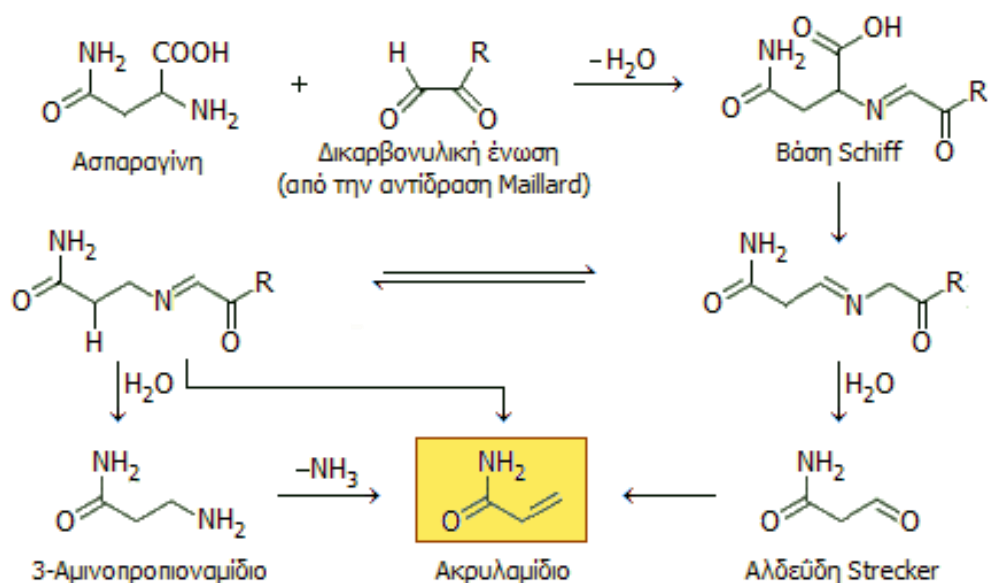
Παραλυτική Δηλητηρίαση από οστρακοειδή. Από την κατανάλωση οστρακοειδών τα οποία συμπεκνώνουν τοξικές ενώσεις με τις οποίες τρέφονται. Τα πιο επικίνδυνα ανήκουν στο είδος *Gonyaulax* (προκαλούν την κόκκινη παλίρροια). Τη δηλητηρίαση την προκαλεί η τοξίνη saxitoxin, είναι θερμοανθεκτική επομένως δεν καταστρέφεται με το μαγείρεμα. Η θανατηφόρα δόση για τον άνθρωπο είναι περίπου 1-4 mg/70 kg βάρους. Η τοξίνη

παρεμποδίζει το αναπνευστικό και κυκλοφοριακό κέντρο του εγκεφάλου και ο θάνατος προκαλείται από αναπνευστική αδυναμία.

Καρραγενάνη. Είναι τάξη υδροκολλοειδών από θειωμένους πολυσακχαρίτες. Εκχυλίζονται από φυσικά σακχαρούχα προϊόντα (π.χ. από τα ερυθροφύκη). Προκαλούν μεγάλης έκτασης φλεγμονή.

Καρκινογόνες ουσίες σε καπνιστά – ψημένα φαγητά. Τα φαγητά που εκτίθενται απευθείας στον καπνό ξύλων ή κάρβουνου μολύνονται με πολυκυκλικούς υδρογονάνθρακες που πολλοί από αυτούς θεωρούνται καρκινογόνοι (πειραματόζωα).

Ακρυλαμίδιο → δεν σχηματίζεται ακρυλαμίδιο σε θερμοκρασίες μαγειρέματος κάτω από 120°C.



ΘΡΕΠΤΙΚΕΣ ΥΛΕΣ - ΠΕΨΗ

Η πρωταρχική ανάγκη για τους ζωντανούς οργανισμούς είναι η εξασφάλιση αρκετής ενέργειας για τις λειτουργίες του κυκλοφορικού, της αναπνοής, της πέψης, του εγκεφάλου, τη ρύθμιση σταθερής θερμοκρασίας του σώματος κ.α.

Εκτός από την ενέργεια ο οργανισμός χρειάζεται δομικές ύλες για την ανάπτυξη ιστών του οργανισμού και συντήρηση του οργανισμού.

Η επιστήμη της Διατροφής αναπτύχθηκε και εξελίχθηκε ραγδαίως μετά το 1920 με τη συμβολή της Βιοχημείας και νέων πιο εξελιγμένων αναλυτικών μεθόδων και τεχνικών.

Μερικές φορές είχε εσφαλμένη μετάδοση των γνώσεων. Ποιοι αναζητούν τη μαγική τροφή ή μαγική θεραπεία για κάποια ασθένεια. Όμως για την επιστήμη της Διατροφής εκείνο που προέχει είναι η διαπίστωση των αναγκών του οργανισμού σε ύλες που να εξασφαλίζεται η υγεία.

Η σωστή διατροφή συνδέεται με διάφορα κριτήρια όπως η σωματική διάπλαση, το βάρος, ικανότητα αντιμετώπισης στην ένταση (stress), η διανοητική ικανότητα, την εργασία. Επιπλέον στοιχεία για τις ανάγκες λήψης επαρκούς ποσότητας θρεπτικών υλών λαμβάνονται με τις αναλύσεις αίματος και ούρων.

Κανονικά τα πειράματα για τη διαπίστωση των αναγκών του οργανισμού σε θρεπτικές ύλες πρέπει να γίνονται σε ανθρώπους. Αυτό γίνεται σε μικρή κλίμακα και χωρίς να υπάρχει κίνδυνος για την υγεία των εθελοντών. Συνήθως γίνονται σε πειραματόζωα όμως ανακύπτουν ερωτηματικά για το πόσο έγκυρες είναι οι πληροφορίες που λαμβάνονται λόγω της μη ακριβούς σύγκρισης μεταξύ ανθρώπων και ζώων.

Από μελέτες που έχουν γίνει όσον αφορά τη χημική σύσταση του οργανισμού του ανθρώπου μοιάζει πιο πολύ με τη σύσταση του σώματος του χοίρου κι έτσι χρησιμοποιήθηκαν ως πειραματόζωα για τη διατροφή. Το μειονέκτημα χρήσης τους ως πειραματόζωα είναι το υψηλό κόστος της διατήρησής τους.

Η συγκέντρωση των στοιχείων για τις διατροφικές ανάγκες του ανθρώπου βασίστηκαν στη μελέτη της ιστορίας της ανθρωπότητας (ασθένειες, θάνατοι κ.α.). Τα τελευταία χρόνια έγιναν αντιληπτά τα αίτια διαφόρων νόσων και έτσι μπόρεσαν να αντιμετωπιστούν. Ταυτόχρονα τη χρήση πειραματόζωων, έγιναν μακροχρόνιες μελέτες πάνω στη διατροφή μεγάλων πληθυσμιακών ομάδων σε διάφορες χώρες και έτσι προέκυψαν διάφορα συμπεράσματα.

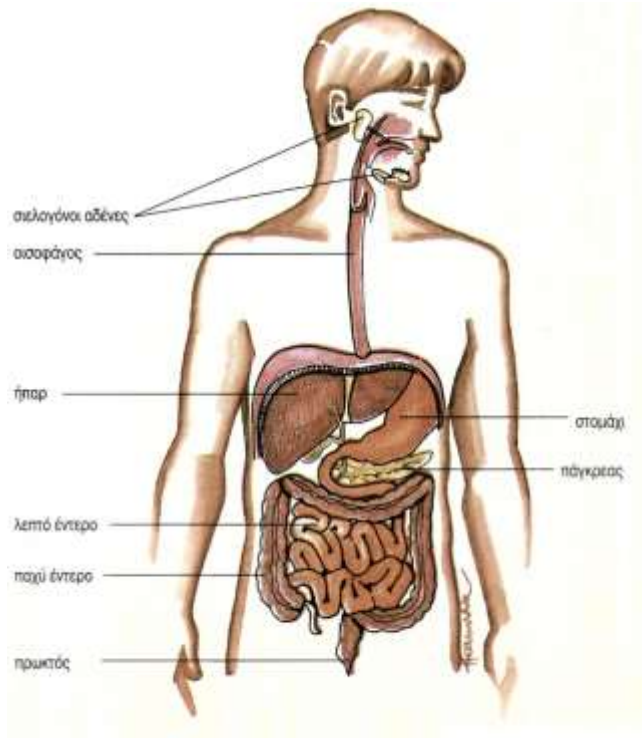
Με βάση αυτά τα συμπεράσματα συντάχθηκαν πίνακες με όρια ποσοτήτων από κάθε θρεπτική ύλη (ανά 24ωρο) για την εξασφάλιση της καλής υγείας του ανθρώπου. Αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές.

Επίσης πρέπει να ληφθεί υπόψη και η ηλικία, το φύλο, το βάρος, οι δραστηριότητες των ατόμων.

Τα διάφορα συστατικά των τροφίμων εκτός από τους μονοσακχαρίτες, τις βιταμίνες, τα άλατα και το νερό δεν μπορούν να αξιοποιηθούν εάν δεν υποβληθούν στη διαδικασία της πέψης. Κάθε τρόφιμο περιέχει διαφορετικές αναλογίες θρεπτικών αλλά και ύλες με μικρό ενδιαφέρον για τη διατροφή ή έχουν βλαπτική επίδραση στον οργανισμό. Πρέπει η διατροφή να έχει μία ποικιλία τροφίμων για όλα τα ανωτέρω, αλλά και να καλύπτει τις γευστικές απαιτήσεις του ανθρώπου, να δίνει την ικανότητα κορεσμού κ.α.

ΠΕΨΗ

Πέψη είναι το σύνολο των κατεργασιών στις οποίες υποβάλλονται οι τροφές στο πεπτικό σύστημα και οι θρεπτικές ύλες τους για να μετατραπούν σε προϊόντα κατάλληλα για την απορρόφηση από το έντερο. Οι πρωτεΐνες, λιπαρά, πολυσακχαρίτες δεν διαπερνούν το λεπτό έντερο κι έτσι δεν μεταφέρονται με το αίμα στα κύτταρα. Αντίθετα οι μονοσακχαρίτες, άλατα, βιταμίνες, νερό, αλκοόλη απορροφούνται ως έχουν. Οι ύλες που δεν πέπτονται (κυτταρίνη) απομακρύνονται με τα κόπρανα.



Η τροφή από το στόμα μέσω του οισοφάγου περνά το στομάχι και στη συνέχεια μέσω του δωδεκαδάκτυλου στο λεπτό έντερο και τέλος στο παχύ έντερο. Ότι δεν πέπτεται απομακρύνεται από το άλλο άκρο (έδρα).

Στην πέψη συμμετέχουν οι σιελογόννοι αδένες, η χολή και το πάγκρεας.

Η πέψη περιλαμβάνει μία σειρά μηχανικών και χημικών κατεργασιών.

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ: α) η μάσηση, β) ανάμιξη της τροφής με το γαστρικό υγρό και γ) η ανάμιξη της τροφής με τα πεπτικά υγρά και η προώθησή της προς το λεπτό και παχύ έντερο.

ΧΗΜΙΚΕΣ: Παρουσία ενζύμων γίνεται υδρόλυση θρεπτικών υλών προς απλές ενώσεις. Οι πολυσακχαρίτες μετατρέπονται σε μονοσακχαρίτες, οι πρωτεΐνες σε αμινοξέα, τα λιπαρά σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη.

Στόμα: το σάλιο περιέχει αμυλάση και μυκίνη. Η αμυλάση διασπά το άμυλο σε μαλτόζη και η μυκίνη διευκολύνει την κατάποση.

Στομάχι: υπάρχει το γαστρικό υγρό, το οποίο περιέχει την πεψίνη (διασπά τις πρωτεΐνες σε πολυπεπτίδια), τη ρεννίνη (πραγματοποιεί θρόμβωση της καζεΐνης) και το HCl (ενεργοποιεί την πεψίνη).

Λεπτό έντερο: το παγκρεατικό υγρό περιέχει τη θρυψίνη (διασπά τα πολυπεπτίδια και τις πρωτεΐνες), την αμυλάση (διασπά το άμυλο προς μαλτόζη) και τη λιπάση (διασπά τα λιπαρά προς λιπαρά οξέα και γλυκερίνη).

Λεπτό έντερο: Η χολή περιέχει χολικά άλατα τα οποία γαλακτωματοποιούν το λίπος και το εντερικό υγρό το οποίο περιέχει πεπτιδάσες (διασπούν τα πολυπεπτίδια σε αμινοξέα),

μαλτάση (μετατρέπει τη μαλτόζη σε γλυκόζη), σακχαράση (μετατρέπει τη σακχαρόζη σε γλυκόζη και φρουκτόζη) και τη λακτάση (διασπά τη λακτόζη σε γλυκόζη και γαλακτόζη).

Πέψη στο στόμα

Περιορισμός του μεγέθους της τροφής ενώ ταυτόχρονα από τους σιελογόνους αδένες εκκρίνεται μεγάλη ποσότητα σάλιου. Η έκκριση του σάλιου προκαλείται από την όραση, οσμή ή και την σκέψη. Είναι ελαφρά όξινο ($\text{pH}=6,2-7$) υδατικό διάλυμα με στερεά συστατικά (1%).

Συστατικά του σάλιου είναι η μυκίνη (βλεννώδης ουσία) και το ένζυμο πτυαλίνη (αμυλάση), ανόργανα άλατα και ιόντα Cl^- που ενεργοποιούν τα ένζυμα. Ο ρόλος του σάλιου είναι:

A. Να διυγρώνει την τροφή κατά τη μάσηση και να διευκολύνει την κατάποση κυρίως των στερεών τροφών.

B. Να διαλύει υδατοδιαλυτές γευστικές ενώσεις της τροφής, οι οποίες διεγείρουν τα γευστικά νεύρα οι οποίες στη συνέχεια να διεγείρει τα γευστικά νεύρα και να προκαλείται η αίσθηση γεύσης.

Γ. Με την πτυαλίνη γίνεται έναρξη της υδρόλυσης του αμύλου προς μαλτόζη.

Στη συνέχεια η τροφή οδηγείται μέσω του οισοφάγου στο στομάχι όπου το ένζυμο πτυαλίνη σύντομα αδρανοποιείται λόγω του ισχυρά όξινου περιβάλλοντος του στομαχίου.

Πέψη στο στομάχι (γαστρική πέψη)

Ουσιαστικά γίνεται προσωρινή αποθήκευση της τροφής. Η τροφή όσο παραμένει στο στομάχι προετοιμάζεται για το κύριο στάδιο της πέψης στο λεπτό έντερο.

Οι ειδικοί αδένες εκκρίνουν το γαστρικό υγρό που περιέχει τα ένζυμα πεψίνη και ρεννίνη καθώς και το HCl και προκαλείται μερική πέψη. Η έκκρισή του επηρεάζεται με το ίδιο τρόπο με την έκκριση του σάλιου (θέα, οσμή, γεύση του τροφίμου). Οι κινήσεις του στομάχου επηρεάζονται και από ψυχολογικούς παράγοντες.

Η πεψίνη διασπά τις πρωτεΐνες σε πολυπεπτίδια μικρότερου μοριακού βάρους και η ρεννίνη προκαλεί θρόμβωση της καζεΐνης του γάλακτος και την κάνει πιο εύπεπτη. Το υδροχλωρικό οξύ ενεργοποιεί την πεψίνη και καταστρέφει σε ένα ποσοστό τους μικροοργανισμούς των τροφίμων.

Οι περισταλτικές κινήσεις του στομάχου οδηγούν το περιεχόμενο στο κάτω άκρο που χωρίζεται από το ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου (δωδεκαδάκτυλο) με τη βαλβίδα του πυλωρού.

Πέψη στο λεπτό έντερο

Το κύριο στάδιο της πέψης αρχίζει με την είσοδο της τροφής στο λεπτό έντερο (6-7 μέτρα). Με την είσοδο της τροφής στο δωδεκαδάκτυλο αρχίζει η ροή των πεπτικών υγρών (από 3 πηγές): το συκώτι που εκκρίνει την χολή (αποθηκεύεται στη χοληδόχο κύστη), το πάγκρεας

που εκκρίνει το παγκρεατικό υγρό (οι δύο αυτές εκκρίσεις πηγαίνουν στο λεπτό έντερο μέσω κοινού αγωγού, κοντά στο δωδεκαδάκτυλο) και τα εντερικά τοιχώματα του λεπτού εντέρου από τα οποία εκκρίνεται το εντερικό υγρό.

Τα 3 αυτά υγρά έχουν αλκαλική αντίδραση και εξουδετερώνουν τη οξύτητα της τροφής που απέκτησε στο στομάχι.

1. Το **παγκρεατικό υγρό** περιέχει θρυψίνη, παγκρεατική αμυλάση και παγκρεατική λιπάση.

Η θρυψίνη προχωρεί την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών σε πεπτόνες, η οποία έχει ήδη αρχίσει στο στομάχι.

Η παγκρεατική αμυλάση είναι πιο δραστική από την πτυαλίνη καταλύει την υδρόλυση του αμύλου σε μαλτόζη.

Η παγκρεατική λιπάση προκαλεί μερική υδρόλυση λίπους και το μετατρέπει σε απλά μόρια ικανά να απορροφηθούν (λιπαρά οξέα, γλυκερίνη κ.α.).

2. Η **χολή**, πικρό κιτρινόφαιο υγρό, δεν έχει ενζυμική δράση, αλλά περιέχει χολικά άλατα που μετατρέπουν το λίπος σε γαλάκτωμα μικροσκοπικών σταγονιδίων στα οποία δρα η παγκρεατική λιπάση.

3. Το **εντερικό υγρό** περιέχει τις πεπτιδάσες που προκαλούν πλήρη διάσπαση των πεπτιδίων σε αμινοξέα και τις δισακχαράσες (μαλτάση, ιμπερτάση, λακτάση) οι οποίες προκαλούν την υδρόλυση των αντίστοιχων δισακχαριτών (μαλτόζη, σακχαρόζη και λακτόζη) στους μονοσακχαρίτες από του οποίες αποτελούνται.

Παχύ έντερο

Περίπου 3-4 ώρες μετά τη λήψη της τροφής, η ποσότητα που δεν υποβλήθηκε στη διαδικασία της πέψης και δεν απορροφήθηκε από το λεπτό έντερο περνά στο **παχύ έντερο**.

Δεν υπάρχουν ένζυμα του οργανισμού αλλά μικροοργανισμοί που προσβάλλουν ένα μέρος των μη πεπτομένων ουσιών (π.χ. κυτταρίνη) με τα δικά τους ένζυμα προς μερική διάσπαση.

Μερικοί μικροοργανισμοί συνθέτουν μικρές ποσότητες βιταμινών π.χ. Κ και μερικές του συμπλέγματος Β οι οποίες μπορούν να απορροφηθούν από τα τοιχώματα του παχέους εντέρου και να περάσουν στο αίμα.

Η κύρια αποστολή του παχέους εντέρου είναι η απομάκρυνση νερού από την υδατώδη μάζα που εισέρχεται από το λεπτό έντερο και έτσι σχηματίζεται μία ημιστερεή μάζα στο τέλος της διαδρομής. Αυτή η μάζα περιέχει τα μη πεπτόμενα συστατικά της τροφής, υπολείμματα πεπτικών υγρών, μεγάλο αριθμό ζώντων και νεκρών μικροοργανισμών, νερό και μετά από παραμονή περίπου 24 ωρών στο παχύ έντερο απομακρύνεται από τον οργανισμό.

Η διαδικασία της πέψης τελειώνει σχεδόν με την παραμονή της τροφής στο έντερο. Οι θρεπτικές ύλες για να χρησιμοποιηθούν από τον οργανισμό πρέπει να περάσουν από τα τοιχώματα του πεπτικού σωλήνα στο αίμα. Κατά κύριο λόγο η απορρόφηση γίνεται στο λεπτό έντερο (ειδικά κατασκευασμένο). Τα εσωτερικά τοιχώματα είναι ελικοειδή, πτυχωτά (μεγάλη επιφάνεια – 10m²) με μικρές προεκβολές (**λάχνες**) μέσω των οποίων περνούν οι θρεπτικές ύλες. Η κάθε λάχνα επιφανειακά έχει επιθηλιακά κύτταρα και στο εσωτερικό της τριχοειδή αγγεία και λεμφαγγεία και αυτά είναι που μεταφέρουν τα θρεπτικά στο αίμα, το οποίο τα μεταφέρει εκεί όπου απαιτείται.

Ενεργειακές ανάγκες του οργανισμού

Τα φυτά χρησιμοποιούν την ηλιακή ενέργεια για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών (μέσω της φωτοσύνθεσης). Ο άνθρωπος δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει άμεσα την ηλιακή ενέργεια επομένως τη λαμβάνει μέσω της τροφής (φυτά και ζώα).

Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του ανθρώπου γίνεται με την τροφή: ο οργανισμός καίει την τροφή με ανάλογο τρόπο που καίει μία εσωτερικής καύσης. Η κύρια διαφορά είναι ότι στη μηχανή αναπτύσσεται η θερμοκρασία, ενώ στον άνθρωπο μέσω της ύπαρξης φυσιολογικών και βιοχημικών περιορισμών δημιουργείται η ανάγκη να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σταθερή (σειρά συνδυασμένων αντιδράσεων).

Δεν απελευθερώνεται κατευθείαν η ενέργεια από την καύση των θρεπτικών υλών αλλά αποθηκεύεται (αδενοσινοδιφωσφορικό οξύ, ADP) και μετατρέπεται σε αδενοσινοτριφωσφορικό οξύ (ATP).

Όταν ο οργανισμός χρειαστεί ενέργεια τότε υδρολύεται μία φωσφορική ομάδα του ATP μετατρέπεται σε ADP και ταυτόχρονα απελευθερώνεται ενέργεια (~7kcal), η οποία χρησιμοποιείται σε πολλές ενδοθερμικές αντιδράσεις της βιοσύνθεσης.

Θερμιδογόνα αξία των τροφών

Θερμιδογόνα αξία μιας τροφής χαρακτηρίζεται το ποσό της ενέργειας που δίνει κατά την οξείδωση/καύση της τροφής στον οργανισμό. Εκφράζεται ως θερμίδες (kcal).

Ο προσδιορισμός της θερμότητας που εκλύεται κατά την πλήρη καύση 1g τροφής σε θερμικά μονωμένο θάλαμο υπό πίεση παρουσία οξυγόνου (θερμιδόμετρο). Τα αποτελέσματα δίνονται ως Kcal/g. Π.χ. σακχαρόζη: η θερμιδογόνα αξία της έχει βρεθεί να είναι ίση με 4 kcal/g, δηλαδή 1g σακχαρόζης με πλήρη καύση δίνει θερμότητα η οποία είναι αρκετή για να ανυψώσει τη θερμοκρασία 1kg νερού κατά 4°C.

Οι θερμιδομετρικοί προσδιορισμοί έδωσαν ότι η απόδοση σε θερμίδες για κάθε γραμμάριο από τις τρεις κυριότερες τάξεις θρεπτικών υλών είναι 4,1kcal/g για υδατάνθρακες, 9,4kcal/g για λίπος και 5,7kcal/g για πρωτεΐνες.

Στην πραγματικότητα οι θερμίδες είναι λιγότερες λόγω της ατελούς οξείδωσης. Αυτό ισχύει κυρίως για τις πρωτεΐνες στις οποίες το άζωτο αποβάλλεται από τον οργανισμό ως ουρία και ο ανθρακικός σκελετός τους δεν δίνει μόνο CO₂.

Τελικά για την εκτίμηση της θερμιδογόνας αξίας των τροφίμων ισχύει: 1 g υδατανθράκων δίνει 4kcal, 1 g λίπους δίνει 9kcal και 1 g πρωτεϊνών δίνει 4kcal.

Παραδείγματα

100 g γάλακτος περιέχουν 4,8% υδατάνθρακες, 3,5% λίπος και 3,4% πρωτεΐνες. Η θερμιδογόνα αξία του (100g) είναι $4,8 \times 4 + 3,5 \times 9 + 3,4 \times 4 = 19,2 + 31,5 + 14 = 65 \text{ kcal}$.

100g ψωμιού (άσπρο) περιέχουν 50,4% υδατάνθρακες, 3,2% λίπος και 8,7% πρωτεΐνες. Η θερμιδογόνα αξία του (100g) $\rightarrow 50,4 \times 4 + 3,2 \times 9 + 8,7 \times 4 = 265 \text{ kcal}$

Το οινόπνευμα (αλκοόλη) επίσης δίνει θερμίδες στον οργανισμό χωρίς καμία θρεπτική αξία π.χ. 1g καθαρής αλκοόλης δίνει 7kcal. Λόγω του ότι το οινόπνευμα οξειδώνεται πρώτο οδηγεί σε παχυσαρκία γιατί διαταράσσει το θερμιδικό ισοζύγιο. Περιορισμένη λήψη αλκοολούχων ποτών δεν έχει βλαπτική επίδραση.

Ημερήσιες ανάγκες του οργανισμού σε θερμίδες

Καθημερινά ο άνθρωπος έχει ανάγκη καθημερινά ένα ποσό θερμίδων για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών του:

1. Για τις βασικές λειτουργίες του οργανισμού, όταν βρίσκεται σε πλήρη ανάπαυση (βασικός μεταβολισμός). Το άτομο βρίσκεται σε ανάπαυση και δεν έχει καταναλώσει τροφή για 12 ώρες. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν τις λειτουργίες του κυκλοφορικού, αναπνευστικού συστήματος, η διατήρηση της σταθερής θερμοκρασίας του σώματος κ.α.
2. Για την πέψη των τροφών. Αυτές οι θερμίδες μπορεί να φτάσουν το 10% του βασικού μεταβολισμού
3. Για τις φυσικές δραστηριότητες (εργασία, μετακίνηση κ.α.) και τις πνευματικές δραστηριότητες.

Το ποσό των θερμίδων μπορεί να μεταβληθεί ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες, την ηλικία, το φύλο και τη σωματική διάπλαση.

Στους ενήλικες πρέπει να υπάρχει ισοζύγιο μεταξύ των θερμίδων που προσλαμβάνουν με την τροφή και των θερμίδων που καταναλώνουν (βασικός μεταβολισμό και φυσικές δραστηριότητες) για τη διατήρηση σταθερού βάρους.

ΔΟΜΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Τα κύτταρα χρειάζονται δομικά συστατικά για την κατασκευή τους στους αναπτυσσόμενους οργανισμούς. Ο αριθμός αυτός αυξάνει μέχρι την ενηλικίωση. Σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους τα κύτταρα καταστρέφονται και αναπλάθονται.

Οι δομικές ανάγκες καλύπτονται κατά κύριο λόγο από τις πρωτεΐνες μέσω της τροφής. Εκτός από τις πρωτεΐνες ο οργανισμός χρησιμοποιεί ως δομικά υλικά και τα ανόργανα συστατικά της τροφής και το νερό.

Οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο για τη σύνθεση των ιστών του σώματος και κατά δεύτερο λόγο ως πηγή ενέργειας. Συμβαίνουν διασπάσεις και ανασυνθέσεις των πρωτεϊνών στον οργανισμό. Οι πρωτεΐνες του σώματος βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία η οποία επιτρέπει στον οργανισμό να ανθίσταται και να αναρρώνει ευκολότερα από τις ασθένειες.

Οι πρωταρχικές ανάγκες του οργανισμού είναι ενεργειακές, και εάν καλύπτονται από τα άλλα συστατικά τότε ένα μικρό μέρος πρωτεϊνών θα χρησιμοποιηθεί. Στη τελευταία περίπτωση η πρωτεΐνη χάνεται, γι αυτό η τροφή πρέπει να έχει ποσότητες τόσο πρωτεϊνών, όσο και λιπών και υδατανθράκων.

Κατά τον μεταβολισμό οι πρωτεΐνες διασπώνται από τα ένζυμα προς αμινοξέα το οποία απορροφώνται μέσω του λεπτού εντέρου και μεταφέρονται στο αίμα για την παραγωγή των πρωτεϊνών του οργανισμού και την παραγωγή ενέργειας. Από τα 20 αμινοξέα των πρωτεϊνών τα 8 είναι τα απαραίτητα (+2 για τα παιδιά) γιατί ο οργανισμός δεν μπορεί να τα συνθέσει. Η

ποιοτική και ποσοτική κατανομή των αμινοξέων στα τρόφιμα ποικίλει και δεν είναι πάντα εκείνη που χρειάζεται ο οργανισμός. Εάν τρόφιμο που έχει παρόμοια κατανομή αμινοξέων με αυτή του οργανισμού έχει μεγαλύτερη αξία.

Ένα κριτήριο αξίας της πρωτεΐνης είναι η βιολογική αξία της (B.A.) η οποία είναι η εκατοστιαία αναλογία της που μετατρέπεται σε πρωτεΐνη σώματος.

Συνήθως προσδιορίζεται το συνολικό άζωτο που προκύπτει από τις πρωτεΐνες και η βιολογική αξία της πρωτεΐνης δίνεται από τον τύπο

$$B.A. = \frac{\text{Συγκρατούμενο ποσό αζώτου}}{\text{Απορροφούμενο ποσό αζώτου}} \times 100$$

Δηλαδή δίνει το ποσοστό αζώτου που συγκρατείται από τον οργανισμό.

Από μία πρωτεΐνη χαμηλής βιολογικής αξίας μετά την υδρόλυσή της και την απορρόφηση των αμινοξέων που χρειάζεται ο οργανισμός τα υπόλοιπα θα τα οξειδώσει για να παραχθεί ενέργεια. Τα οξειδωμένα αμινοξέα απομακρύνονται με τη μορφή ουρίας και παρατηρείται μεγαλύτερο ποσοστό στα ούρα σε σύγκριση με την κατανάλωση μιας πρωτεΐνης με υψηλότερη βιολογική αξία. Έτσι το άζωτο των ούρων αποτελεί ένδειξη της ποιότητας των πρωτεϊνών που έχουν καταναλωθεί και έτσι μπορεί να εκτιμηθεί η βιολογική τους αξία.

Επίσης η αξία μιας πρωτεϊνούχου τροφής, εκτός από την περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και τις αναλογίες των απαραίτητων αμινοξέων, καθορίζεται και από το εύπεπτο της τροφής.

Η πεπτική αξία (Π.Α.) δίνεται από τον τύπο:

$$Π.Α. = \frac{\text{Απορροφούμενο ποσό αζώτου}}{\text{Συνολικό ποσό αζώτου}} \times 100$$

Δηλαδή η πεπτική αξία μιας πρωτεΐνης δίνει το εκατοστιαίο ποσοστό του αζώτου της που απορροφάται κατά την πέψη.

Η θρεπτική αξία (Θ.Α) δίνεται από την εξίσωση:

$$Θ.Α. = B.A. \times Π.Α.$$

Οι πρωτεΐνες του αυγού περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα κι έτσι λαμβάνει τιμή B.A. = 100 (χρησιμοποιούνται 100% για τη σύνθεση ιστών).

Από το γάλα αγελάδας λείπει κατά 25% το αμινοξύ μεθειονίνη γι αυτό η B.A. = 75.

Από το σάρι (π.χ. ψωμί) λείπει κατά 50% η λυσίνη, επομένως η B.A. = 50.

Η ζελατίνη έχει B.A. = 0 (απουσιάζει εντελώς το αμινοξύ θρυπτοφάνη).

Απαιτείται η αλληλοσυμπλήρωση των περιεχόμενων αμινοξέων των διαφόρων τροφίμων. Π.χ. στο ψωμί υπάρχει σημαντική έλλειψη λυσίνης καθώς και μεθειονίνης και θρυπτοφάνης. Αντίθετα στο τυρί περιέχονται διπλάσια σχεδόν ποσά λυσίνης ενώ λείπουν τα θειούχα αμινοξέα (μεθειονίνη). Επομένως εάν ληφθούν 3 μέρη ψωμιού (B.A.=50) με 1 μέρος τυριού (B.A.=75) το μίγμα θα έχει B.A.=75. Πρέπει να καταναλωθούν στο ίδιο γεύμα γιατί ο οργανισμός δεν μπορεί να αποθηκεύσει τα αμινοξέα που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί.

Πρέπει να υπάρχει ισοζύγιο αζώτου, δηλαδή όσο άζωτο προσλαμβάνεται από την τροφή τόσο πρέπει να αποβάλλεται με τα ούρα και τα κόπρανα. Σε ειδικές καταστάσεις π.χ. εγκυμοσύνη, θηλασμός ή παιδιά που αναπτύσσονται έχουν θετικό ισοζύγιο, δηλαδή

αποβάλλεται λιγότερο από όσο προσλαμβάνεται. Σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις ο οργανισμό αποβάλλεται περισσότερο άζωτο από όσο προσλαμβάνεται και υπάρχει αρνητικό ισοζύγιο αζώτου.

Για να εξασφαλιστεί το ισοζύγιο αζώτου η τροφή των ενηλίκων πρέπει, εκτός των άλλων συστατικών, πρέπει να λαμβάνει περίπου 1g ανά kg βάρους σώματος. Η μισή ποσότητα πρέπει να είναι ζωικής προέλευσης (λόγω της περιεκτικότητάς τους σε απαραίτητα αμινοξέα).

Συνήθως οι ζωικές πρωτεΐνες είναι μεγαλύτερης Β.Α. σε σύγκριση με τις φυτικές. Εξαίρεση είναι τα όσπρια.

Για την κάλυψη δομικών αναγκών είναι απαραίτητα και τα ανόργανα συστατικά.

Επίσης και το νερό παίζει σημαντικό ρόλο. Στη μάζα του κατανέμονται οι θρεπτικές ύλες, ένζυμα κ.α. Είναι το μέσο στο οποίο γίνονται οι απαραίτητες αντιδράσεις για τη διατήρηση της ζωής. Επίσης μέσω του αίματος (90% νερό) απομακρύνονται τα άχρηστα προϊόντα.

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΛΛΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥ

Κατά τον μεταβολισμό είναι δυνατή η αμοιβαία αντικατάσταση μεταξύ των 3 τάξεων των θρεπτικών υλών και η μετατροπή της μίας τάξης στην άλλη. Οι υδατάνθρακες αποτελούν οικονομική πηγή θερμίδων, όμως ο οργανισμός μπορεί να καλύψει τις ανάγκες του σε ενέργεια και άνθρακα από τα λίπη και τις πρωτεΐνες. Επίσης, μπορεί να συνθέσει τη γλυκόζη του αίματος, το γλυκογόνο του ήπατος, τη ριβόζη των νουκλεϊνικών οξέων και άλλους υδατάνθρακες από τις πρωτεΐνες και τη γλυκερίνη των λιπών.

Επιπλέον οι υδατάνθρακες της τροφής βοηθούν στην αξιοποίηση του λίπους και στην εξοικονόμηση των πρωτεϊνών από τον οργανισμό.

Η κυτταρίνη και ημικυτταρίνες εφοδιάζουν τον οργανισμό με ίνες και εξασφαλίζουν την καλή υγεία και λειτουργία του παχέους εντέρου. Επιπλέον η μικροχλωρίδα του επηρεάζεται σημαντικά από τη φύση των υδατανθράκων της τροφής. Π.χ. άμυλο και λακτόζη παραμένουν περισσότερο στο έντερο προς ανάπτυξη μικροοργανισμών που συνθέτουν βιταμίνες του συμπλέγματος Β. Η λακτόζη φαίνεται να αυξάνει την απορρόφηση Ca στα παιδιά. Όμως η παραμονή της λακτόζης προκαλεί προβλήματα σε ορισμένα άτομα (διάρροια).

Το λίπος της τροφής, εκτός από την ενέργεια, προσφέρει και το λινελαϊκό οξύ που χαρακτηρίζεται απαραίτητο οξύ (ελαιόλαδο, σπορέλαιο, λίπος κοτόπουλου).

Τα ακόρεστα λιπαρά οξέα πιθανόν να προκαλούν μείωση της χοληστερόλης του αίματος.

Επιπλέον το λίπος των τροφών φέρει λιποδιαλυτές βιταμίνες Α, D, Ε & Κ.

Οι λειτουργικές ανάγκες εξυπηρετούνται και από τις βιταμίνες, νερό, ανόργανα συστατικά.

Εκτός από τις προϋποθέσεις για την κάλυψη των ενεργειακών, δομικών και λειτουργικών αναγκών η τροφή πρέπει να έχει κατάλληλη γεύση, οσμή και εμφάνιση και να προκαλεί κορεσμό.

Η καλή γεύση, οσμή και εμφάνιση είναι απαραίτητες για την κανονική λειτουργία των οργάνων της πέψης.

Ικανότητα κορεσμού είναι ο χρόνος που μία τροφή απασχολεί τα όργανα της πέψης. Οι λιπαρές τροφές έχουν μεγαλύτερη ικανότητα κορεσμού γιατί πέπτονται πιο αργά. Η ικανότητα κορεσμού μιας τροφής επηρεάζεται από τη σύσταση και τον τρόπο παρασκευής της.

ΧΡΩΜΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Το χρώμα μαζί με τη γεύση, την οσμή και την υφή αποτελούν βασικά κριτήρια για τον καθορισμό της ποιότητας των τροφίμων.

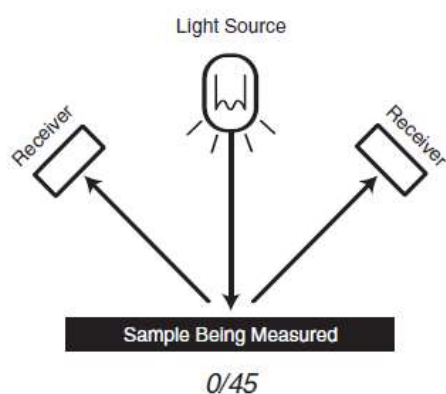
Το χρώμα είναι μία πολύ σημαντική ιδιότητα επεξεργασμένων και μη τροφίμων για την ταυτοποίησή τους, την εκτίμηση ποιότητά τους και της αποδοχής/προτίμησής τους από τον καταναλωτή (eating with the eyes).

Το χρώμα των τροφίμων επηρεάζεται από χημικές, βιοχημικές, μικροβιακές και φυσικές μεταβολές οι οποίες συμβαίνουν κατά τα στάδια της ανάπτυξης, ωρίμανσης, συγκομιδής και επεξεργασίας. Επίσης στη βιομηχανία τροφίμων είναι απαραίτητη η καταγραφή των χρωματικών παραμέτρων ενός συγκεκριμένου τροφίμου (π.χ. κέτσαπ) έτσι ώστε να μπορεί να ελεγχθεί η παραγωγή του με τα ίδια χαρακτηριστικά στη γραμμή παραγωγής (brand name).

Το χρώμα είναι το αποτέλεσμα της ανάκλασης του φωτός που πέφτει πάνω στα αντικείμενα. Το φως είναι ακτινοβολούμενη ενέργεια μήκους κύματος 380-750 nm και είναι ο τρόπος αντίδρασης του αντικειμένου στο φως. Το αίσθημα του χρώματος σχετίζεται με 3 παράγοντες:

1. Το τμήμα του φάσματος (πηγή φωτός που φωτίζει το αντικείμενο).
2. Φυσικές και χημικές ιδιότητες του αντικειμένου.
3. Την ευαισθησία του οφθαλμού στο φως.

Αντί οφθαλμού χρησιμοποιείται ευαίσθητο φωτοκύτταρο και η πηγή είναι ηλεκτρικός λαμπτήρας με ορισμένες προδιαγραφές.



Πλήρης ανάκλαση – λευκό χρώμα

Πλήρης απορρόφηση – μαύρο χρώμα.

Απορρόφηση – ανάκλαση – ένα μήκος κύματος – χρωματισμένο ανάλογα

Κόκκινο – 750-620nm

Πορτοκαλί – 620-590 nm

Κίτρινο – 590-570 nm

Πράσινο – 570-495 nm

Μπλε – 495-450 nm

Βιολετί (ιώδες) – 450-380nm

Σύστημα CIE

Χρησιμοποιούνται 3 πηγές φωτός: A, B, C.

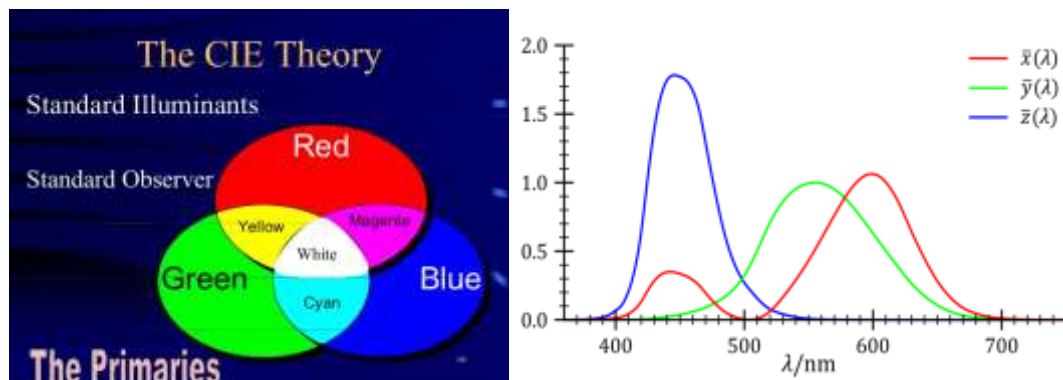
A- ηλεκτρικός λαμπτήρας

B & C όμοιοι λαμπτήρες με κατάλληλα φίλτρα έτσι ώστε το φως της πηγής B να αντιστοιχεί στο φως της ηλιόλουστης ημέρας και το φως της C στο φως συννεφιασμένης ημέρας.

(α) το επικρατέστερο μήκος κύματος – x (πράσινο, κόκκινο κτλ.).

(β) η καθαρότητα – y (δίνει τον βαθμό της ισχύος στο μήκος κύματος ή την απόκλισή του από την ανάμιξη με το λευκό χρώμα).

(γ) φωτεινότητα – Y (βαθμός ανάκλασης ή διέλευσης του φωτός από το υλικό) – αίσθηση του γυαλιστερού.



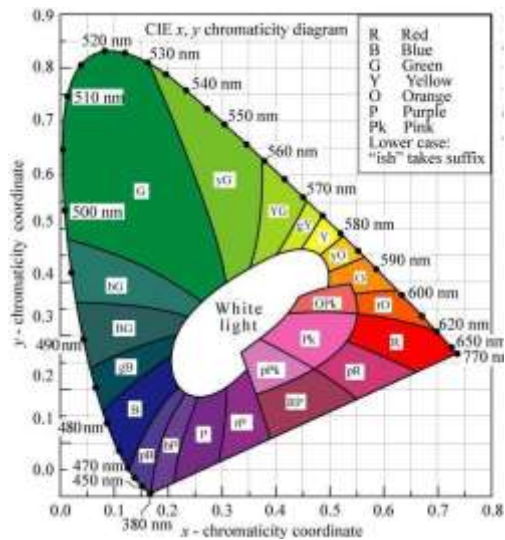
Τριχρωματικό, X-κόκκινο, Y- πράσινο, Z-μπλε.

- $X = \int_{380}^{750} RE\bar{x} dx$
- $Y = \int_{380}^{750} RE\bar{y} dy$
- $Z = \int_{380}^{750} RE\bar{z} dz$

R=βαθμός ανάκλασης του δείγματος

E=το φάσμα της φωτεινής πηγής

dx, dy, dz = εύρος μήκους κύματος (10nm)



Η συνεισφορά κάθε χρώματος δίνεται από:

$$x = \frac{X}{X + Y + Z}$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z}$$

$$z = \frac{Z}{X + Y + Z}$$

Με τη βοήθεια του χρωματικού διαγράμματος υπολογίζονται οι παράμετροι.

Με έναν χάρακα σχηματίζονται οι συντεταγμένες κι έτσι λαμβάνεται το επικρατέστερο μήκος κύματος

Η απόσταση από το λευκό μας δίνει την καθαρότητα/βαθύτητα.

Το Y μας δίνει τη φωτεινότητα.

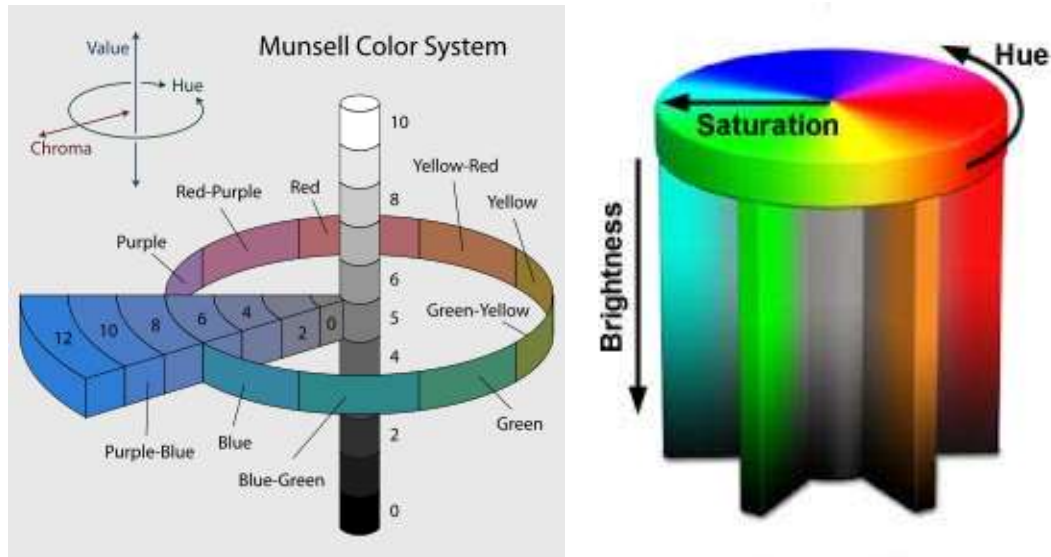
Σύστημα Munsell

Τα στοιχεία που περιγράφουν το χρώμα σε αυτό το σύστημα είναι:

Hue που αντιστοιχεί στο επικρατέστερο μήκος κύματος (x –CIE)

Chroma (κορεσμός) αντιστοιχεί στην καθαρότητα/βαθύτητα y του CIE

Value που αντιστοιχεί στη φωτεινότητα (Y) του CIE.



Π.χ. πράσινο μήλο: 5GY8/4, κιτρινοπράσινο – GY, φωτεινό – 8, όχι πολύ βαθύ – 4

Σύστημα Hunter

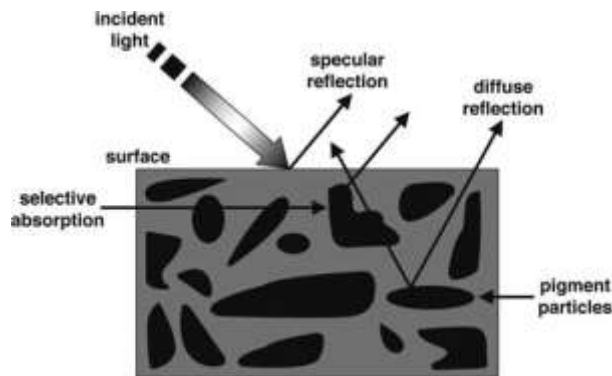


Χρησιμοποιεί τις εξής παραμέτρους:

L^* – φωτεινότητα (0-μαύρο, 100-λευκό), κόκκινο ($+a^*$), πράσινο ($-a^*$), κίτρινο ($+b^*$), μπλε ($-b^*$)

Αλληλεπιδράσεις φωτός με δείγμα

Τα γυαλιστερά, λεία υλικά έχουν υψηλό βαθμό ανάκλασης (κατοπτρική). Οι τραχιές επιφάνειες υψηλό βαθμό διάχυτης ανάκλασης – ματ εμφάνιση. Η επιλεκτική απορρόφηση του φωτός θα έχει ως αποτέλεσμα την εμφάνιση του χρώματος.



Μέτρηση του χρώματος

Τα αδιαφανή δείγματα θα ανακλούν το φως (τυρί, φρούτα, κρέας κ.α.). Τα ημιδιαφανή αρχικά θα ανακλούν και θα αφήνουν ένα μέρος του φωτός να τα διαπεράσει (χυμοί, μαρμελάδες κ.α.). Τα διαφανή αρχικά αφήνουν το φως να τα διαπεράσει (λάδια, ποτά, ζελατίνη κ.α.). Τα ιδανικά δείγματα είναι τα επίπεδα, ομοιογενή, ματ, λεία π.χ. ένα κομμάτι κίτρινου αναθερμασμένου τυριού.

Απαιτείται να συλλέγονται αρκετά δείγματα τροφίμου και πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του τροφίμου. Συνήθως τα τρόφιμα είναι διάστικτα ή χρωματικά ανομοιόμορφα. Επομένως ο αριθμός των μετρήσεων ενός δείγματος εξαρτάται από τη φύση του τροφίμου.

Υπάρχουν διάφορα όργανα με διαφορετικά μεγέθη υποδοχέων μέτρησης. Στην περίπτωση που δεν υπάρχει αυτή τη δυνατότητα γίνονται μετρήσεις υπό διαφορετικές συνθήκες. Υπάρχουν και όργανα φορητά τα οποία μετρούν το χρώμα χωρίς την καταστροφή του (π.χ. μέτρηση του χρώματος της φλούδας του μήλου).

Στη βιομηχανία τροφίμων το χρώμα είναι ένας σημαντικός παράγοντας είτε για την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή είτε για την εξασφάλιση ίδιου χρώματος των διαφορετικών παρτίδων (μαγιονέζα, κέτσαπ, μουστάρδα, πατατάκια κ.α.)

Συνήθως υπάρχουν πρότυπα με συγκεκριμένες τιμές L^* , a^* , b^* και όταν γίνει η μέτρηση του χρώματος του τροφίμου γίνεται η έκφρασή του ως διαφορά από τις πρότυπες τιμές.

Η μέτρηση του χρώματος του τροφίμου μπορεί να δώσει πληροφορίες για τις χρωματικές αλλαγές που μπορεί να εμφανίσουν τα τρόφιμα κατά τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας τους. Επίσης γίνεται μέτρηση του χρώματος των τροφίμων για να πάρουμε πληροφορίες για τις χρωματικές αλλαγές κατά την συντήρησή τους (ανάπτυξη μικροοργανισμών, οξειδώσεις κ.α.).

Η αποτύπωση των παραμέτρων του χρώματος των τροφίμων μπορεί να δώσει πληροφορίες και να επιτευχθεί ποικιλιακή, γεωγραφική διαφοροποίηση ή η επεξεργασία που έχει υποστεί κάποιο τρόφιμο.

Παραδείγματα:

Ελαιόλαδο. Διαφορετικές ποικιλίες ελιάς θα δώσουν διαφορετικές παραμέτρους χρώματος.

	Κορωνέικη	Αδραμιτιανή	
L*	67,3	73,03	Φωτ.
a*	-2,25	-10,71	Κοκ.-πρασ.
b*	91,89	65,31	Κίτρ.-μπλε

Μέλι. Χαμηλή θέρμανση έτσι ώστε να γίνει ρευστό ή αραιώση με νερό σε γνωστή αναλογία.

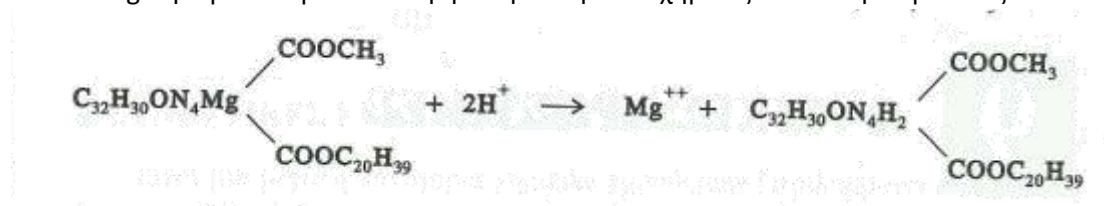
Δείγμα	L*	a*	b*
ΕΛΑΤΗΣ	74,17	-4,48	25,86
ΠΕΥΚΟΥ	74,41	-3,74	22,48
ΘΥΜΑΡΙΟΥ	78,28	-2,58	7,15
ΠΟΡΤΟΚΑΛΙΑΣ	78,94	-1,85	4,31
ΑΝΘΟΜΕΛΟ	77,30	-3,63	12,86

ΦΥΣΙΚΕΣ ΧΡΩΣΤΙΚΕΣ

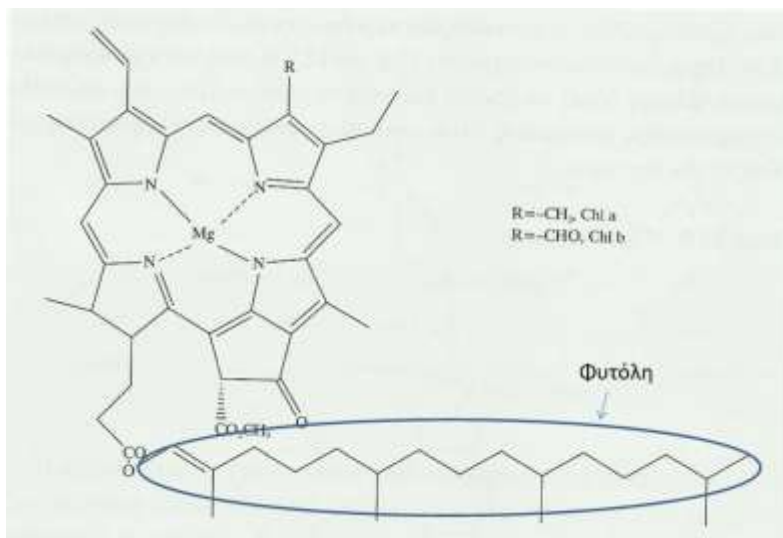
Α. Χλωροφύλλες

Είναι πράσινες χρωστικές που δεσμεύουν την ενέργεια του φωτός προς τη σύνθεση υδατανθράκων, CO_2 , H_2O . Είναι παράγωγα της πορφυρίνης με τη φυτόλη, δηλ. ένας τετραπυρρολικός δακτύλιος με ένα άτομο Mg^{2+} με συζυγή δεσμό. Η σύνδεση με το Mg^{2+} είναι σταθερή σε αλκαλικές συνθήκες, σε όξινες διασπάται εύκολα.

Εάν το Mg αφαιρεθεί προκύπτει η φαιοφυτίνη και σχηματίζονται καφέ-πράσινες ενώσεις.



Η καταστροφή του χρώματος εξαρτάται από τη θέρμανση, το χρόνο θέρμανσης, το pH. Κατά την ψύξη και την αποθήκευση παρατηρείται αποσταθεροποίηση του χρώματός τους.



Δομή χλωροφυλλών

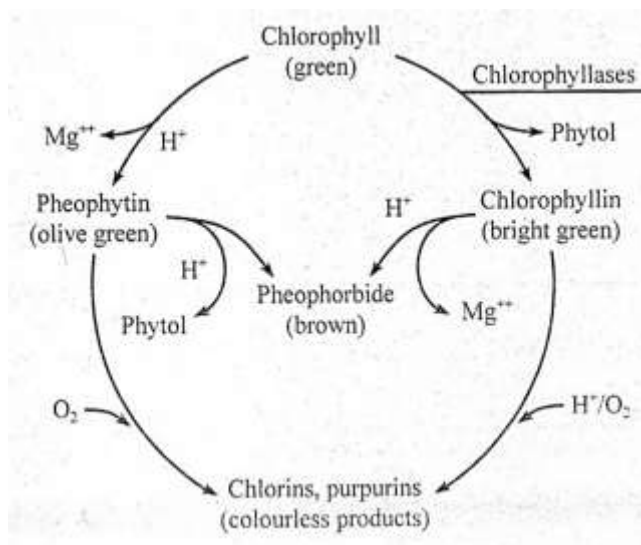
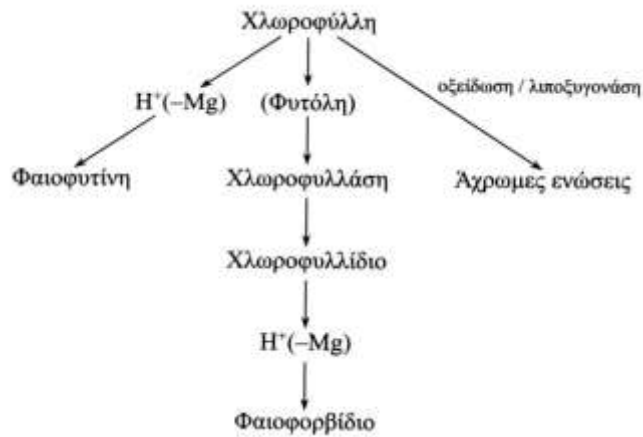
Οι χλωροφύλλες και οι φαιοφυτίνες είναι αδιάλυτες στο νερό, αλλά διαλυτές σε οργανικούς διαλύτες. Δίνουν χαρακτηριστικά φάσματα απορρόφησης που χρησιμοποιούνται στην ποσοτική τους ανάλυση.

Η χλωροφύλλη θεωρείται πρόσθετο τροφίμων (E140) και χρησιμοποιείται για τον χρωματισμό τροφίμων και ποτών. Συνήθως διαλύεται σε φυτικό έλαιο και μετά προστίθεται στο νερό. Η υγρή μορφή της χλωροφύλλης είναι ασταθής.

Αποικοδόμηση της χλωροφύλλης

Η χλωροφύλλη αποικοδομείται ως εξής:

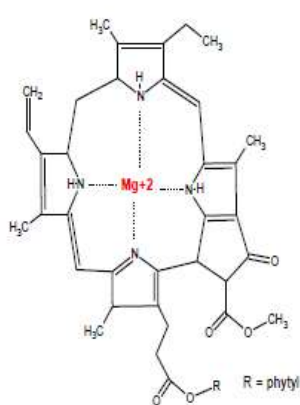
- Ενζυμική αποικοδόμηση. Υδρολύεται παρουσία της χλωροφυλλάσης (ακόμα και στην κατάψυξη) και παράγεται χλωροφυλλιδίου και φυτόλη. Αποχρωματίζεται παρουσία λιποξυγενάσης, υπεροξειδάσης και καταλάσης παρουσία φαινολικών ενώσεων. Τέλος η οξείδωση της χλωροφύλλης οδηγεί σε άχρωμα προϊόντα.
- Απομάκρυνση του Mg²⁺ και σχηματισμός φαιοφυτίνης (καστανοπράσινη). Η φυτόλη και η φαιοφυτίνη οξειδώνονται προς φαιοφορβίδια και κατόπιν σε χλωρίνες και πουρπουρίνες (καστανό χρώμα).
- Φως (φωτοαποδόμηση) και προκαλείται μη αντιστρεπτό ξεθώριασμα
- Μικροοργανισμοί που την αποχρωματίζουν.



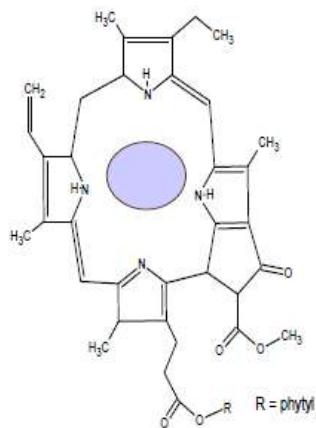
Πορείες αποικοδόμησης της χλωροφύλλης

Κατά την κατεργασία των τροφίμων σε διάφορα pH λαμβάνονται διαφορετικά προϊόντα:

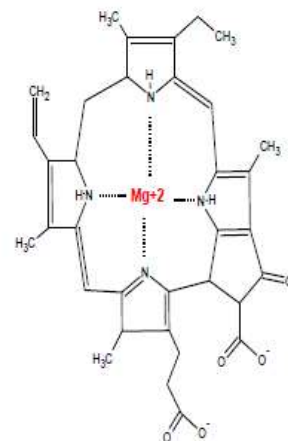
- pH = 5 – διατήρηση του χρώματος, η χλωροφύλλη είναι συνδεδεμένη με λιποπρωτεΐνες
- pH < 5 – απώλεια Mg²⁺, σχηματισμός φαιοφυτίνης (ελαιοπράσινο χρώμα)
- pH > 7 – απομάκρυνση μεθυλομάδας και φυτυλεστέρων, χλωροφυλλίνη (έντονο, λαμπερό πράσινο χρώμα).



Χλωροφύλλη



φαιοφυτίνη



χλωροφυλλίνη

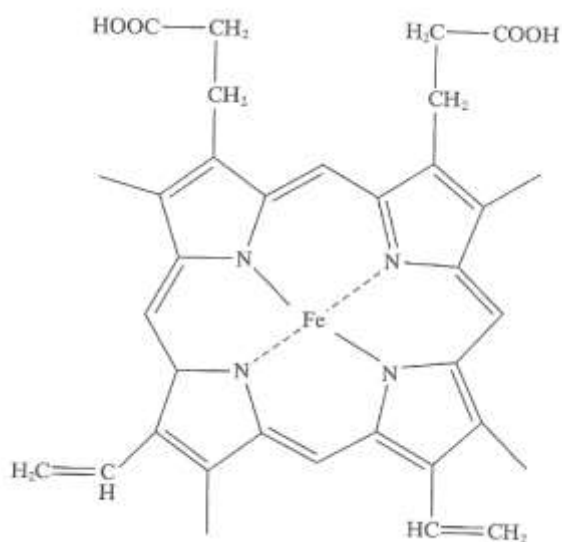
Κατά τη θέρμανση των τροφίμων οι λιποπρωτεΐνες μετουσιώνονται και χάνεται το Mg^{2+} .

Κατά την αποθήκευση παρατηρείται καταστροφή της σε υψηλή υγρασία. Η κατάψυξη, ο βρασμός ή ξήρανση περιορίζουν το φαινόμενο.

B. Μυοσφαιρίνη – Αιμοσφαιρίνη

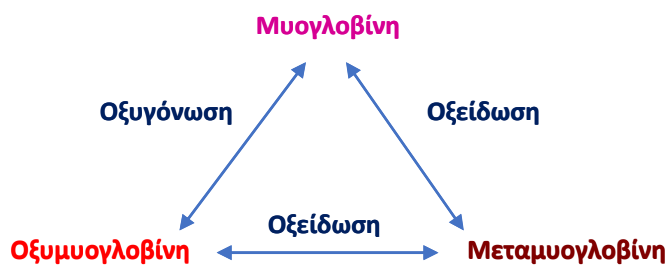
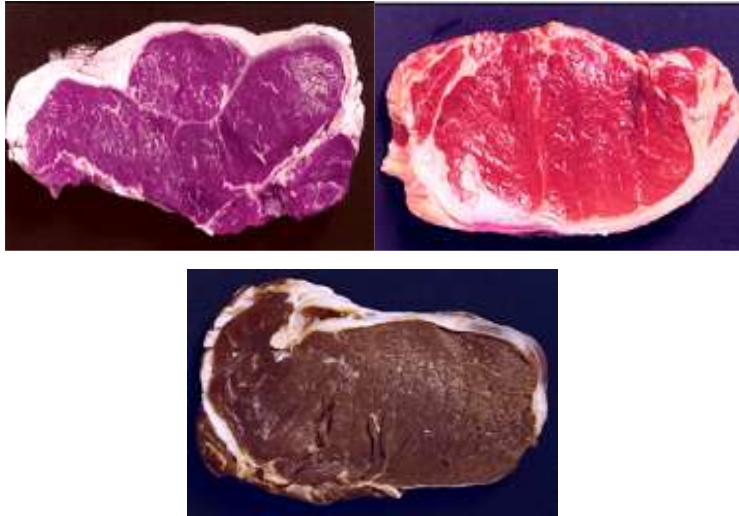
Έχει χαρακτηριστικό κόκκινο σκούρο χρώμα, είναι σύνθετη πρωτεΐνη και έχει παρόμοια λειτουργία με την αιμοσφαιρίνη (κόκκινη χρωστική αίματος).

Είναι παράγωγα πορφυρίνης, η προσθετική ομάδα είναι η σιδηροπρωτεΐνη **ΑΙΜΗ**. Καθορίζει το χρώμα του κρέατος και κρεατοσκευασμάτων.

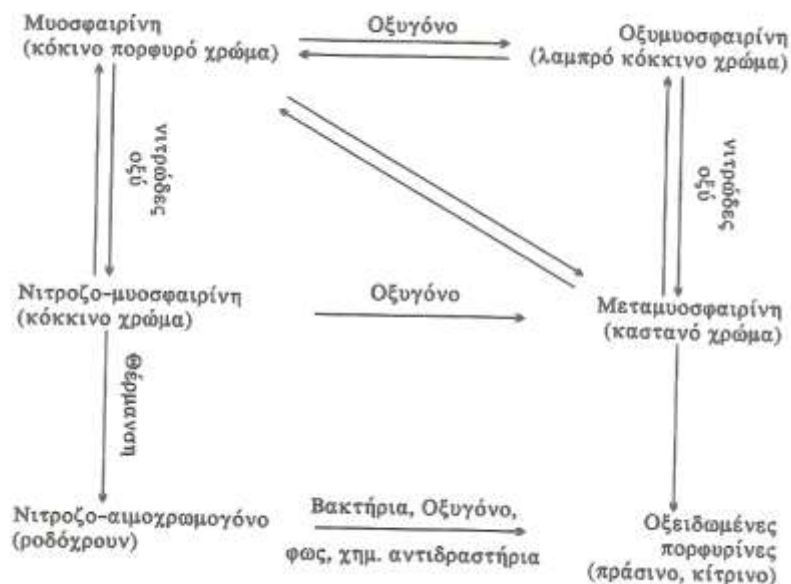


Η δέσμευση του O_2 οξυγονώνεται η μυογλοβίνη προς σχηματισμό οξυμυογλοβίνη με έντονο/ζωηρό κόκκινο χρώμα. Η οξείδωση της μυογλοβίνης οδηγεί προς μεταμυογλοβίνη (σκούρο καφέ χρώμα).

Τα κρέατα επεξεργάζονται με νιτρώδη άλατα. Το νιτρώδες οξύ με τη μυογλοβίνη δίνει τη νιτρωδομυογλοβίνη (έντονο κόκκινο χρώμα). Θα πρέπει να δοθεί προσοχή στη συσκευασία του κρέατος, διότι η απουσία του οξυγόνου οδηγεί προς μυογλοβίνη που έχει μωβ χρώμα και δεν είναι αποδεκτό από τους καταναλωτές.



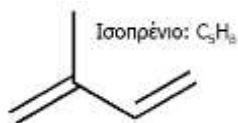
Συνοπτικά οι αντιδράσεις μετατροπής του χρώματος της μυογλοβίνης κάτω από διαφορετικές συνθήκες:



Γ. Καροτενοειδή

Είναι λιποδιαλυτές ενώσεις με κίτρινο, πορτοκαλί και κόκκινο χρώμα (~ 600 ενώσεις)

Συνήθως αποτελούνται από 8 ισοπρενοειδείς ομάδες (~ 40 άτομα άνθρακα)



Τα καροτένια είναι συνήθως υδρογονάνθρακες. Τα υδροξυλιωμένα παράγωγά τους (περιέχουν οξυγόνο) είναι οι ξανθοφύλλες.

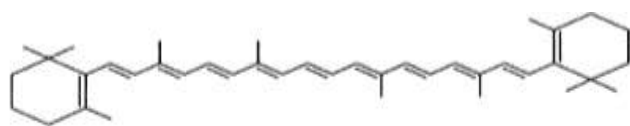
Σε πολλά φρούτα (π.χ. εσπεριδοειδή, ντομάτες, βερίκοκα) η ωρίμανσή τους σχετίζεται με τη συσσώρευση των καροτενοειδών και την εξαφάνιση των χλωροφυλλών.

Τα καροτενοειδή μπορούν να δράσουν αντιοξειδωτικά ή προοξειδωτικά.

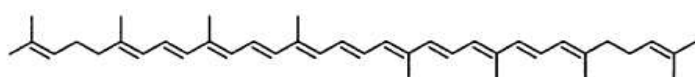
Η βασική μεταβολή των καροτινοειδών στα τρόφιμα είναι η οξείδωσή τους και επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, το φως και την παρουσία προ- ή αντιοξειδωτικών. Γενικά είναι σταθερά στα κατεψυγμένα τρόφιμα και τη θερμική κατεργασία, όχι όμως σε υψηλή και παρατεταμένη θέρμανση. Είναι σταθερά στα αλκάλια. Τα καροτενοειδή είναι περισσότερο σταθερά σε λιπαρό περιβάλλον υψηλού βαθμού αορεστότητας απ' ότι σε περιβάλλον κορεσμένων λιπών.

Καροτένια: α- και β-καροτένιο (προβιταμίνη Α), λυκοπένιο (ντομάτα) χρησιμοποιούνται ως αντιοξειδωτικά.

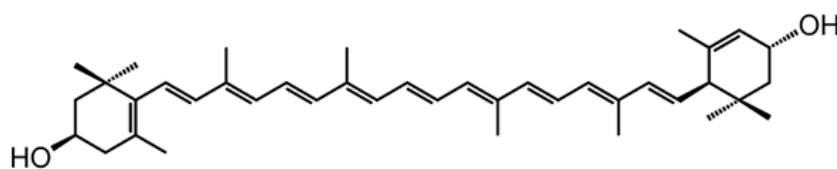
Ξανθοφύλλες: λουτεΐνη (κρόκος αυγού), κρυπτοξανθίνη (καλαμπόκι, πάπρικα).



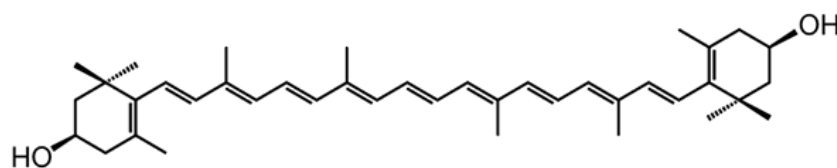
β-CAROTENE



LYCOPENE



Lutein



Zeaxanthin

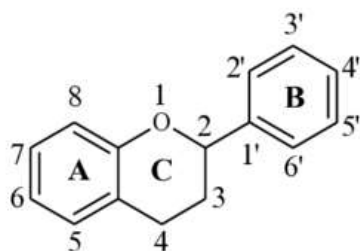
Τα καροτενοειδή απαντούν ελεύθερα στους φυτικούς ιστούς αλλά βρίσκονται και συζευγμένα με σάκχαρα, πρωτεΐνες ή λιπαρά οξέα. Π.χ. στο ζωντανό αστακό η ασταξανθίνη είναι συνδεδεμένη με πρωτεΐνη δίνοντας το χαρακτηριστικό μπλε χρώμα του αστακού. Με θέρμανση διασπάται το σύμπλοκο και κατά την απελευθέρωση της ασταξανθίνης εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του μαγειρεμένου αστακού.

Λόγω των πολλών διπλών δεσμών είναι δυνατόν να σχηματιστεί ένας μεγάλος αριθμός cis και trans ισομερών. Στα τρόφιμα τα καροτενοειδή βρίσκονται με τη μορφή trans. Η μετατροπή trans σε cis επιταχύνεται από τη θέρμανση, το φως και τα οξέα. Οι μορφές cis των καροτενοειδών δίνουν πιο φωτεινά χρώματα.

Λόγω της λιποδιαλυτότητά τους χρησιμοποιούνται για τον χρωματισμό μαργαρίνης, βουτύρου, σουπών, αναψυκτικών κ.α.

Δ. Φλαβονοειδή

Η βασική δομή τους αποτελείται από 2 δακτυλίους βενζολίου Α και Β συνδεδεμένους σε έναν ετεροκυκλικό δακτύλιο (C). Η κατάταξή τους γίνεται με βάση τη δομή του ετεροδακτυλίου (ο οποίος στις χαλκόνες είναι ανοικτός).

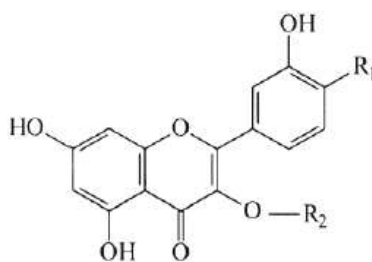
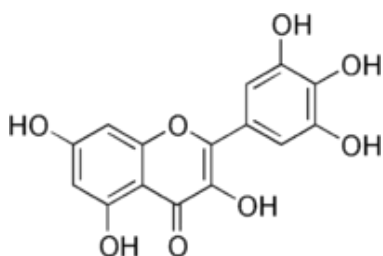


Είναι κίτρινες χρωστικές με παρόμοια δομή με τις ανθοκυανίνες (>5000). Ανήκουν στις πολυφαινόλες. Βρίσκονται με τη μορφή γλυκοζιτών (γλυκόζη, γαλακτόζη, αραβινόζη, ξυλόζη).

Οι κυριότερες κατηγορίες των φλαβονοειδών είναι οι φλαβόνες (απιγενίνη, λουτεολίνη), φλαβανόνες (εσπεριδίνη, εσπεριτίνη, ναριγκενίνη, ναρινγκίνη), ισοφλαβόνες (γενεστεΐνη), φλαβαν-3-όλες (κατεχίνη, επικατεχίνη, επιγαλλοκατεχίνη), φλαβονόλες (μυρικετίνη, κερσετίνη, καεμπφερόλη) ανθοκυανίνες (κυανιδίνη, δελφινιδίνη, μαλβιδίνη, πελαργονιδίνη)

Σε αραιό οξύ το χρώμα τους είναι κόκκινο, σε ουδέτερο διάλυμα χρωματίζονται βιολετί, ενώ σε αλκαλικό μετατρέπονται σε μπλε.

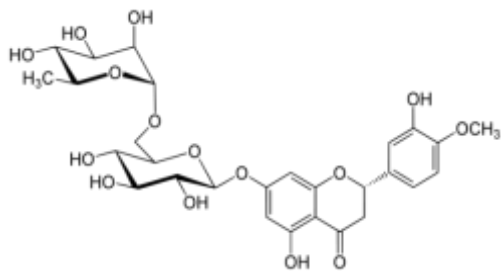
- **Φλαβονόλες:** κερκετίνη, καεμπφαιρόλη, μυρικετίνη (στυφή γεύση στο τσάι)



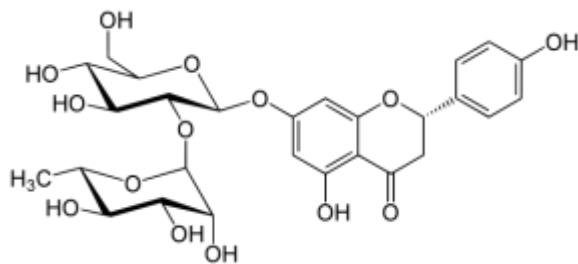
Ανάλογα με του υποκαταστάτες:

Φλανονόλη	R ₁	R ₂
Ρουτίνη	OH	Ρουτινόζη
Κουερσιτρίνη	OH	Ραμνόζη
Κουερσετίνη	OH	H
Καεμπφαιρόλη	H	H
Ισοραμνετίνη	OCH ₃	H

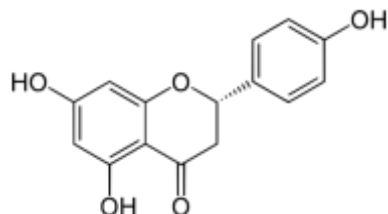
- **Φλαβονόνες:** εσπεριδίνη (πορτοκάλι), ναρινγκίνη (πορτοκάλι, γκρέιπ φρουτ) (πικρή γεύση εσπεριδοειδών).



εσπεριδίνη

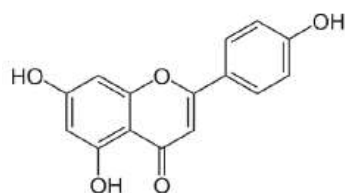


ναρινγκίνη



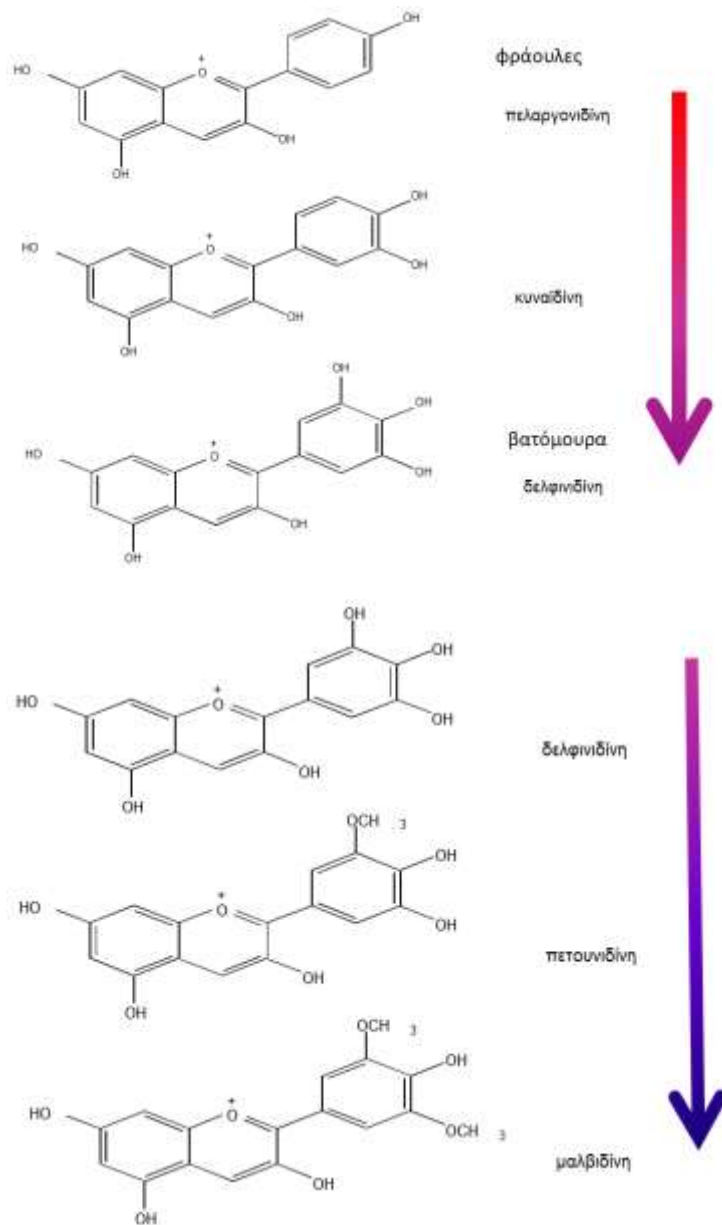
ναρινγκενίνη

- **Φλαβόνες:** αγλυκόνη πολλών γλυκοζιδίων, π.χ. απιγενίνη (μαϊντανός, σέλινο, χαμομήλι)



Τα φλαβονειδή είναι σταθερά στις συνήθεις θερμοκρασίες επεξεργασίας.

Με την προσθήκη -OH το χρώμα από κόκκινο γίνεται βιολετί και κατά τη μεθυλίωση του -OH το χρώμα μετατρέπεται σε μπλε.

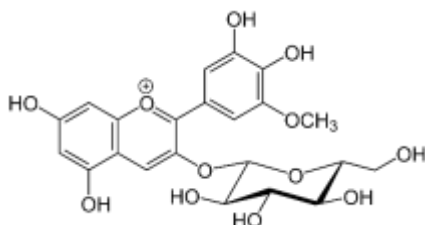


Ε. Ανθοκυανίνες

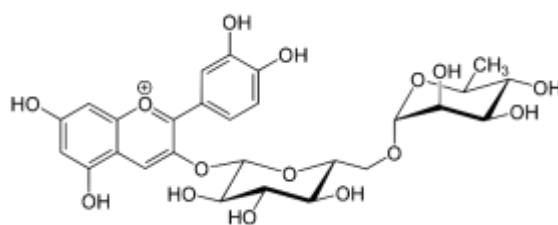
Οι ανθοκυανίνες είναι ομάδα κοκκινωπών, διαλυτών στο νερό, χρωστικών, που αφθονούν στο φυτικό βασίλειο. Οι ανθοκυανίνες είναι γλυκοζίτες των ανθοκυανινών. Υπάρχουν τουλάχιστον πάνω από 10 ανθοκυανιδίνες στη φύση. Ο αριθμός των ανθοκυανινών ξεπερνά κατά πολύ αυτόν των ανθοκυανιδινών εφόσον μονοσακχαρίτες, δισακχαρίτες και μερικές φορές τρισακχαρίτες συνδέονται με τις ανθοκυανιδίνες σε διάφορες θέσεις (πάντα στη θέση 3, περιστασιακά στη θέση 5 και σπάνια σε άλλες θέσεις).

Το χρώμα τους εξαρτάται από το pH του διαλύματος, το συγχρωτισμό, τη συμπλοκοποίηση με μέταλλα και τη συνένωση μεταξύ τους. Το pH επιδρά και στο χρώμα και

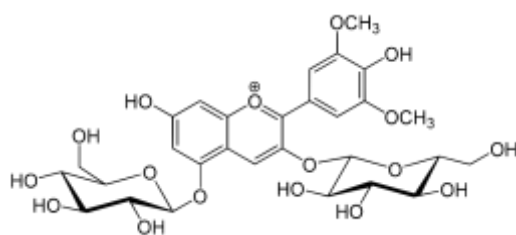
στη δομή τους. Σε πολύ όξινα διαλύματα οι ανθοκυανίνες είναι κόκκινες και καθώς το pH ανεβαίνει το κόκκινο χρώμα ελαττώνεται. Σε φρέσκο αλκαλικό ή ουδέτερο διάλυμα οι ανθοκυανίνες είναι μπλε και βιολετί αλλά το χρώμα τους ατονεί μέσα σε ώρες ή λεπτά.



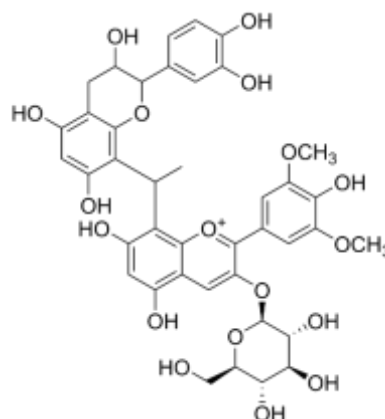
3-O-γλυκοζίτης της πετουνίνης



γλυκοζίτης της κυανιδίνης με ραμνόζη



μαλβίνη (δι-γλυκοζίτης της μαλβιδίνης)



γλυκοζίτης της μαλβιδίνης με αιθυλοκεταχίνη

Ο συγχρωματισμός είναι η σύνδεσή τους με άλλες οργανικές ενώσεις με αποτέλεσμα τα σύμπλοκα αυτά να απορροφούν περισσότερο ορατό φως (είναι πιο φωτεινές) και φως μικρότερης συχνότητας (φαίνονται πιο μπλε) από ότι οι ελεύθερες ανθοκυανίνες. Οι ενώσεις που συμμετέχουν στους συγχρωματισμούς είναι φλαβονοειδή αν και ενώσεις άλλων ομάδων (π.χ. αλκαλοειδή, αμινοξέα, νουκλεοτίδια) μπορούν να δράσουν παρομοίως. Ενδεχόμενη ακυλίωση με p-κουμαρικό, καφεϊκό και φερουλικό οξύ αυξάνει ακόμη περισσότερο τον αριθμό των παραγόμενων ανθοκυανινών.

Η συνένωση μεταξύ ανθοκυανινών οδηγούν σε αύξηση της απορρόφηση φωτός. Π.χ. εάν αυξηθεί η συγκέντρωση του 3,5-γλυκοζίτη της κυανιδίνης κατά 100 φορές τότε η απορρόφηση φωτός αυξάνεται κατά 300 φορές.

Η συμπλοκοποίηση με μέταλλα (π.χ. σίδηρος, αλουμίνιο, μαγνήσιο) οδηγεί σε αύξηση της έντασης του χρώματος. Σε πολλές περιπτώσεις παρατηρούνται σύμπλοκα ανθοκυανίνης μετά από συγχρωματισμό και συμμετοχής μετάλλου.

Η έκθεση σε υψηλή θερμοκρασία και επαφή με το O₂ του αέρα είναι οι δύο κυρίαρχοι παράγοντες που επιδρούν στη σταθερότητα των ανθοκυανινών. Το ασκορβικό οξύ, όπως και

το φως, επιταχύνει την οξείδωσή τους. Ένζυμα οξείδωσης π.χ. φαινυλοξειδάση, και το υδρολυτικό ένζυμο, ανθοκυανάση, συνεισφέρουν στην αποικοδόμηση των ανθοκυανινών. Τα ένζυμα οξείδωσης δρουν στο κομμάτι των ανθοκυανιδινών ενώ η ανθοκυανάση απομακρύνει το μέρος του σακχάρου. Η ελεύθερη ανθοκυανίνη είναι πολύ ασταθής και χάνει το χρώμα της άμεσα.

Το SO₂ ή τα ιόντα SO₃²⁻ χρησιμοποιούνται για τη συντήρηση κάποιων προϊόντων φρούτων (πολτοί, γλεύκη) και αποχρωματίζουν τις ανθοκυανίνες, αλλά η θέρμανση αυτών των προϊόντων σε κενό απομακρύνει το SO₂ και το χρώμα επανέρχεται. Επίσης, η αναγέννηση του χρώματος των χρωστικών στο τέλος της κατεργασίας γίνεται με προσθήκη οξέος.

Στα κόκκινα κρασιά κατά τη γήρανση οι ανθοκυανίνες ενώνονται με άλλα φλαβονοειδή και σχηματίζουν πολυμερικές ενώσεις κόκκινου-καφέ χρώματος (MW≤3000). Εάν συνεχιστεί ο πολυμερισμός αυτές οι χρωστικές γίνονται αδιάλυτες και σχηματίζουν ιζήματα στα εμφιαλωμένα κόκκινα κρασιά.

ΣΤ. Λευκοανθοκυανίνες

Είναι άχρωμες ενώσεις οι οποίες παράγουν ανθοκυανίνες με κατεργασία με ζέον HCl. Ουσιαστικά εμφανίζεται ρόδινο χρώμα μετά από θέρμανση σε όξινες συνθήκες. Η υψηλή θέρμανση, η αργή ψύξη, η ωριμότητα του φρούτου, παρουσία ηλιακού φωτός κατά την ωρίμανση, παρουσία οξυγόνου ευνοούν την εμφάνιση του ρόδινου χρώματος.

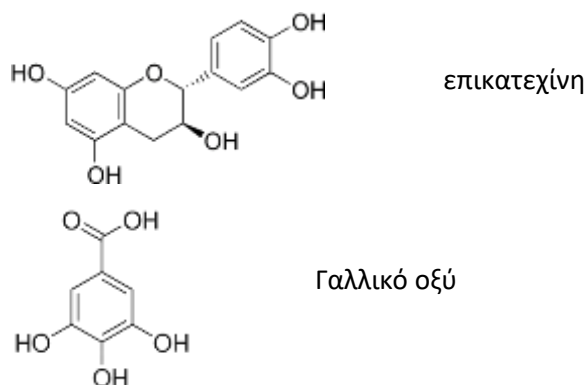
Η εμφάνιση του ρόδινου χρώματος άλλοτε είναι επιθυμητή και άλλοτε ανεπιθύμητη. Π.χ. κατά τη θέρμανση των κυδωνιών (παρασκευή γλυκού) είναι επιθυμητή η εμφάνιση του ρόδινου χρώματος. Κατά το ψήσιμο των αχλαδιών δεν είναι επιθυμητή η ανάπτυξη του ρόδινου χρώματος.

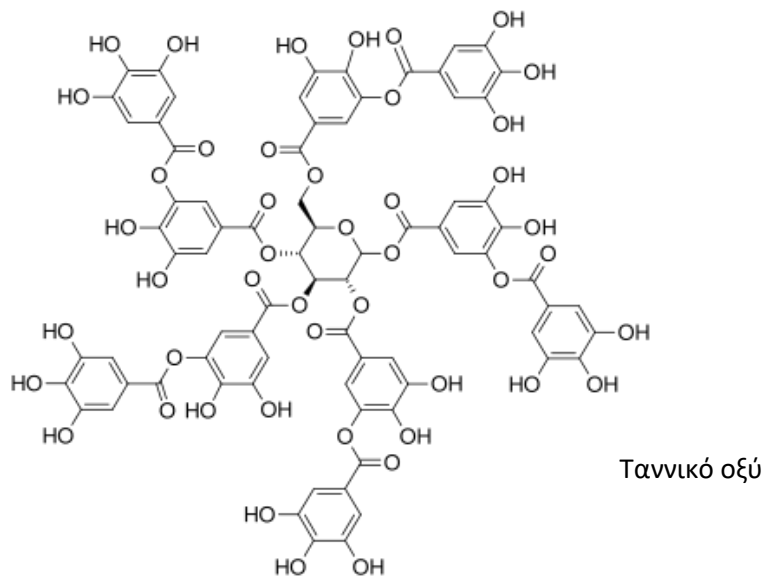
Ζ. Τανίνες

Είναι πολυφαινόλες με μοριακό βάρος που κυμαίνεται μεταξύ 500-3000. Οι τανίνες είναι κατεχίνες, λευκοανθοκυανίνες και κάποια υδροξυοξέα.

Είναι υπεύθυνες για το μαύρο χρώμα και τη στυφή γεύση του τσαγιού και του καφέ.

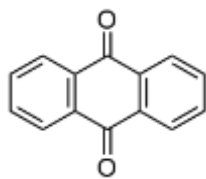
Κατά την ωρίμανση των φρούτων λαμβάνει χώρα συμπύκνωση σε μεγαλύτερα μοριακά βάρη. Δίνουν κολλοειδή διαλύματα και με την παρουσία μεταλλικών ιόντων δίνουν σκούρα χρώματα.



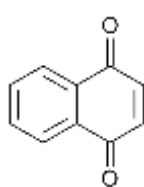


Η. Κινόνες & Ξανθόνες

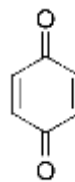
Είναι μία μεγάλη ομάδα κίτρινων χρωστικών που απαντούν στα λουλούδια, στα βακτήρια και στους μύκητες). Έχουν μεγάλο εύρος έντασης του κίτρινου χρώματος. Πιο χαρακτηριστικές είναι οι ανθρακινόνες, ναφθοκινόνες και βενζοκινόνες.



Ανθρακινόνες

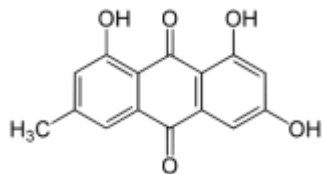


Ναφθοκινόνες

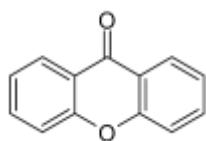


p-Βενζοκινόνες

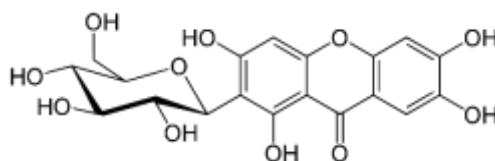
Χαρακτηριστική ανθρακινόνη είναι η εμοδίνη που βρίσκεται στο φυτό Aloe vera.



Η πιο χαρακτηριστική ξανθόνη είναι ο γλυκοζίτης της манкиферίνης και βρίσκεται στα μάγκο.



Ξανθόνες

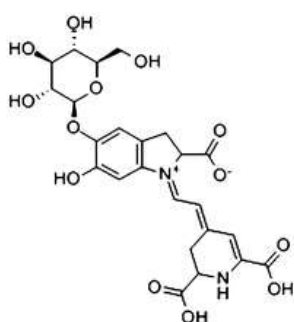


Μανγκιφερίνη

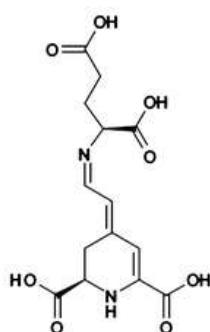
Θ. Βεταλαΐνες

Είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή μίας κατηγορίας υδατοδιαλυτών φυτικών χρωστικών και αποτελούνται από τις κοκκινοϊώδεις βετακυανίνες και τις κίτρινες-πορτοκαλί βεταξανθίνες. Οι βεταλαΐνες οφείλουν το όνομά τους στα παντζάρια (*Beta vulgaris*) από τα οποία εκχυλίζονται και δεν είναι τόσο ευρέως διαδεδομένες όπως τα φλαβονοειδή. Δεν έχουν χημική συγγένεια με τις ανθοκυανίνες ή τα φλαβονοειδή. Οι βεταλαΐνες (γλυκοσίδιο) περιλαμβάνουν τις βετακυανίνες (μωβ – κόκκινο χρώμα) και τις βεταξανθίνες (κίτρινο - πορτοκαλί χρώμα).

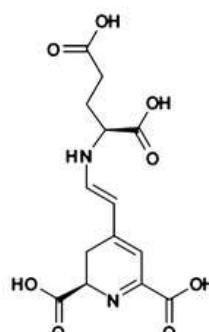
Η κυριότερη κόκκινη χρωστική είναι η βετανίνη (E162) και η κίτρινη η βουλγαξανθίνη (I, II) (σχήμα 16.14). Είναι σταθερές σε pH=3,5-7,0 αλλά είναι ευαίσθητες στη θέρμανση, οξείδωση και το φως.



βετανίνη



βουλγαξανθίνη I



βουλγαξανθίνη II