



UNIVERSITY OF
PATRAS
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

Ακαδημαϊκό έτος 2023-2024

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Χημείας

Βιοχημεία Τροφίμων

Βιταμίνες

Λιποδιαλυτές-Υδατοδιαλυτές βιταμίνες
Απώλειες βιταμινών κατά τις διαδικασίες
επεξεργασίας τροφίμων

ΖΩΗ ΠΙΠΕΡΙΓΚΟΥ
Επίκουρη Καθηγήτρια

Γενικά χαρακτηριστικά

- Μεγάλη και υψηλής διατροφικής αξίας ομάδα συστατικών των τροφίμων.
- Πολύπλοκες ενώσεις με μεγάλες διαφορές ως προς τη χημική σύσταση, τη δομή και τις ιδιότητες.
- Βρίσκονται στα τρόφιμα σε μικροποσότητες είτε αυτούσιες, είτε ως πρόδρομες ουσίες.
- Συχνά αποτελούν προσθετικές ομάδες ή συνένζυμα ενζύμων.
- Κατατάσσονται ανάλογα με τη διαλυτότητά τους σε λιποδιαλυτές (A, D, E, K) και υδατοδιαλυτές όπως B (π.χ. νιασίνη, παντοθειικό οξύ, βιοτίνη, φολικό οξύ) και C.
- Απαραίτητα συστατικά για τη λειτουργία του οργανισμού, ανάγκη για εφοδιασμό πολλών από αυτές μέσω τροφών. Η έλλειψη προκαλεί αβιταμινώσεις-ανωμαλίες στις φυσιολογικές λειτουργίες του οργανισμού.
- Ευαίσθητες ενώσεις, επηρεάζονται σημαντικά από την επεξεργασία των τροφίμων.
- Επιδιώκεται ήπια κατεργασία τροφίμων ή αν αυτό δεν επιτρέπεται, γίνεται προσθήκη βιταμινών στο τελικό προϊόν.

Πολλές βιταμίνες είναι πρόδρομοι συνενζύμων

TABLE 8.9 Water-Soluble Vitamins

Vitamin	Coenzyme	Typical reaction type	Consequences of deficiency
Thiamine (B ₁)	Thiamine pyrophosphate	Aldehyde transfer	Beriberi (weight loss, heart problems, neurological dysfunction)
Riboflavin (B ₂)	Flavin adenine dinucleotide (FAD)	Oxidation–reduction	Cheliosis and angular stomatitis (lesions of the mouth), dermatitis
Pyridoxine (B ₆)	Pyridoxal phosphate	Group transfer to or from amino acids	Depression, confusion, convulsions
Nicotinic acid (niacin)	Nicotinamide adenine dinucleotide (NAD ⁺)	Oxidation–reduction	Pellagra (dermatitis, depression, diarrhea)
Pantothenic acid	Coenzyme A	Acyl–group transfer	Hypertension
Biotin	Biotin–lysine complexes (biocytin)	ATP-dependent carboxylation and carboxyl-group transfer	Rash about the eyebrows, muscle pain, fatigue (rare)
Folic acid	Tetrahydrofolate	Transfer of one-carbon components; thymine synthesis	Anemia, neural-tube defects in development
B ₁₂	5'-Deoxyadenosyl cobalamin	Transfer of methyl groups; intramolecular rearrangements	Anemia, pernicious anemia, methylmalonic acidosis
C (ascorbic acid)		Antioxidant	Scurvy (swollen and bleeding gums, subdermal hemorrhages)

Λιποδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη Α και καροτενοειδή

vitamin **A**

Sources of vitamin A and beta-carotene:



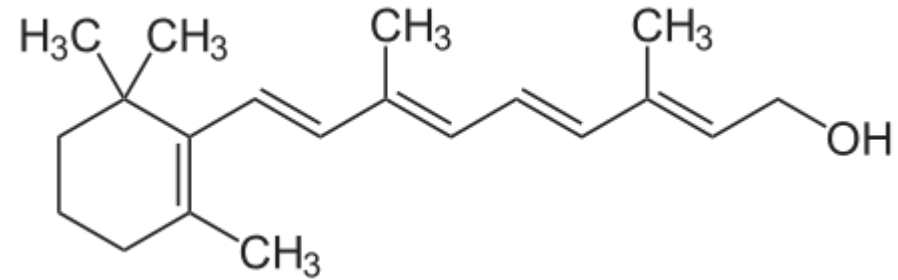
Vitamin A comes from animal sources such as eggs, meat and dairy products

Beta-carotene, a precursor of vitamin A, comes from green, leafy vegetables and intensely colored fruits and vegetables



Λιποδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη Α και καροτενοειδή



- Ομάδα **δραστικών ακορέστων υδρογονανθράκων** που περιλαμβάνει τη ρετινόλη και καροτενοειδή.
- Βρίσκεται σε τρόφιμα ζωικής προέλευσης όπως κρέας, γάλα, αυγά. Στα φυτά υπάρχουν πρόδρομα μόρια της βιταμίνης Α, τα καροτένια.
- Ευπαθή μόρια στο φως και οξυγόνο: πχ γάλα σε γυάλινα δοχεία-αδιαφανή δοχεία.
- Απώλεια καροτενοειδών σε φυτικούς ιστούς από λιποοξυγονάση-θερμική επεξεργασία για προστασία.
- Εμπλουτισμός με βιταμίνη Α σε παιδικές τροφές, γάλα, μαργαρίνη.
- Απαραίτητη για το σχηματισμό γλυκοπρωτεϊνών του βλεννώδους ιστού.
- Έλλειψη της προκαλεί ξηροφθαλμία.

Λιποδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη D

Vitamin D



The body itself makes vitamin D when it is exposed to the sun

Cheese, butter, margarine, fortified milk, fish, and fortified cereals are food sources of vitamin D



Βιταμίνη D (D₁ - D₅)

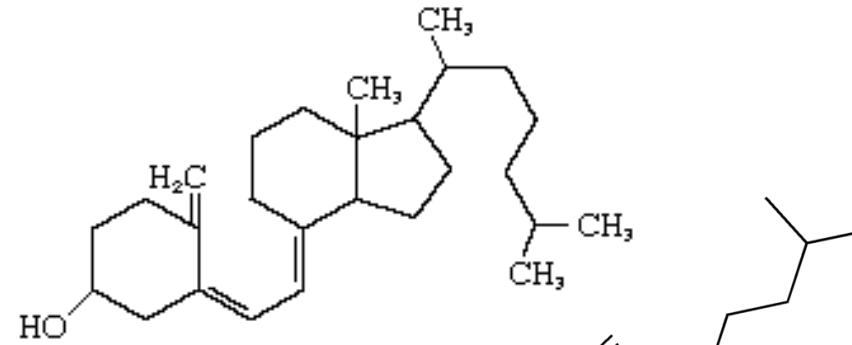
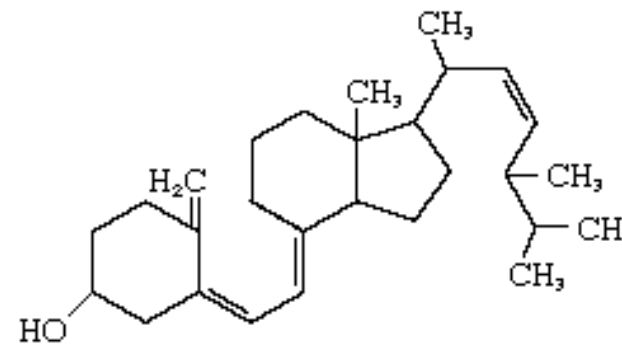
Ομάδα σεκοστεροειδών περιλαμβάνει τη χοληκαλσιφερόλη (D₃) από ζωικές τροφές και εργοκαλσιφερόλη (D₂).

D₂ + D₃ = **καλσιφερόλη**

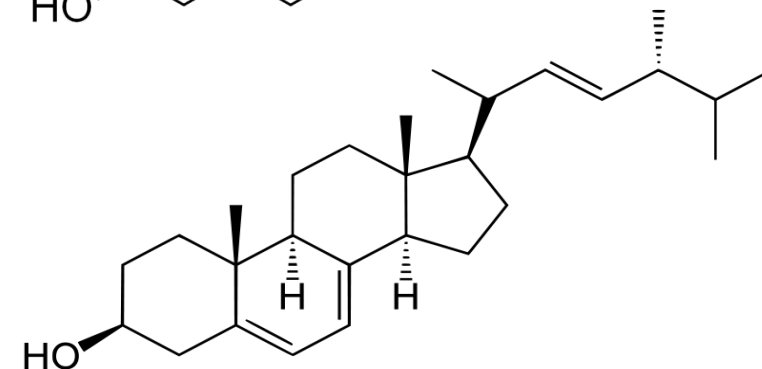
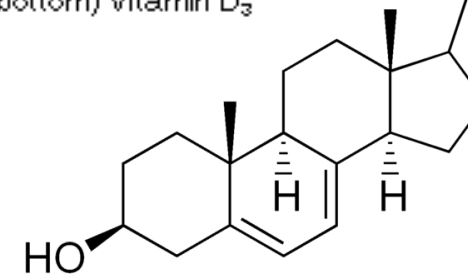
Πρόδρομη ένωση: 7 δεϋδροχοληστερόλη (προβιταμίνη D).

Στον ήλιο δίνει D₃ στον άνθρωπο.

Σε μύκητες η έκθεση της εργοστερόλης στον ήλιο δίνει D₂.



(Top) Vitamin D₂; (bottom) Vitamin D₃



Βιταμίνη D

- Βρίσκεται σε γαλακτοκομικά προϊόντα,
- ήπαρ, ψάρια.


- Οι μορφές της βιταμίνης D είναι ασταθείς στην ακτινοβολία, οξυγόνο και χαμηλό pH.

- Απαραίτητη, δρα ως ορμόνη, επηρεάζει πολλές φυσιολογικές λειτουργίες.

- Απαραίτητη για την εναπόθεση ασβεστίου σε οστά και δόντια.

- Έλλειψή της προκαλεί ραχίτιδα.


Vitamin D



The body itself makes vitamin D when it is exposed to the sun



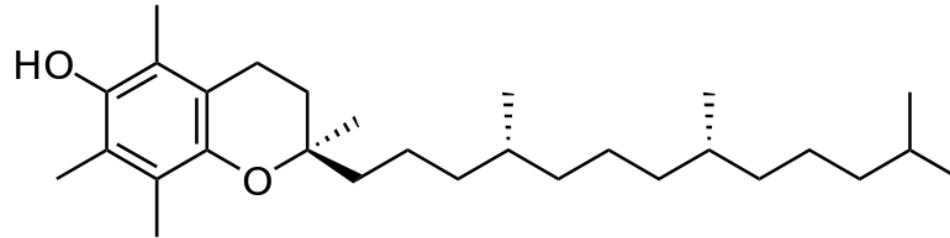
Cheese, butter, margarine, fortified milk, fish, and fortified cereals are food sources of vitamin D



Λιποδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη E: α, β, γ, δ τοκοφερόλες

- Πηγές: βρίσκεται κυρίως στα φυτικά έλαια και δημητριακά, επίσης σε γαλακτοκομικά προϊόντα, κρέας αυγά, ψάρια και φυλλώδη λαχανικά.



- Το 80 % της δραστηριότητας της βιταμίνης E προέρχεται από την **α τοκοφερόλη**.
- Οξειδώνεται πολύ πιο εύκολα από άλλα συστατικά των τροφίμων.
- Χρησιμοποιείται για την προστασία άλλων λιγότερο ευαίσθητων συστατικών των τροφίμων από οξείδωση: ακόρεστα λιπαρά καρotenία, ασκορβικό οξύ.
- Φυτικά έλαια: πλούσια σε τοκοφερόλες – δεν οξειδώνονται εύκολα σε υψηλές θερμοκρασί
- Απαραίτητη για την αναπαραγωγή των ζώων, έλλειψή της προκαλεί στειρότητα ή αναιμία.

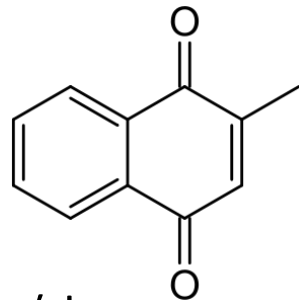
Λιποδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη Κ

➤ Βρίσκεται στα λαχανικά (σπανάκι, μαρούλι, λάχανο, κουνουπίδι) και στα κάστανα. Συμμετέχει ως κινόνη στις αντιδράσεις ενζυμικής αμαύρωσης.

➤ Κ₁ (φυλλοκινόνη) και Κ₂ (ναφθοκινόνη)

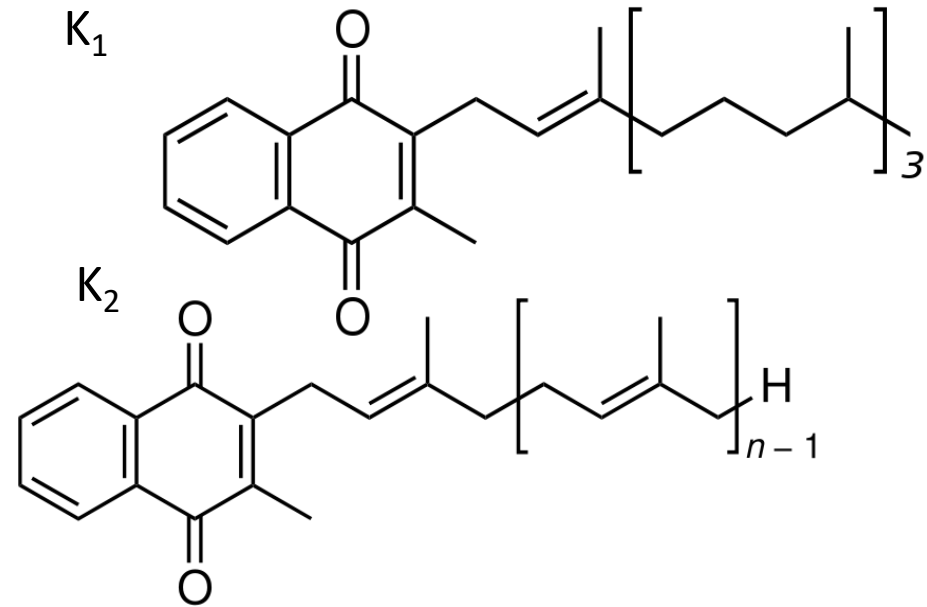
➤ Κ₃ (μεναδιόνη)



➤ Κ₁: κυρίως σε φυτικά τρόφιμα

➤ Κ₂: προϊόν μεταβολισμού εντερικής χλωρίδας

➤ Κ₃: συνθετική ένωση, προβιταμίνη Κ



Λιποδιαλυτές βιταμίνες

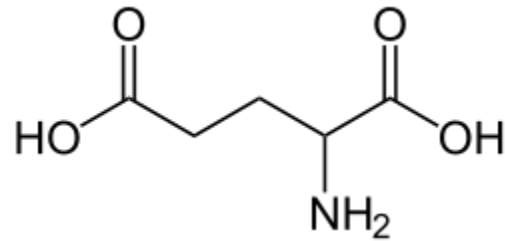
Βιταμίνη Κ

Απαραίτητη για την κανονική πήξη του αίματος.

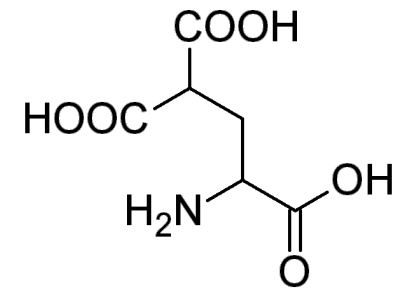
Ελλείψει της δεν παράγεται η προθρομβίνη, πρόδρομη ένωση της θρομβίνης απαραίτητης για την πήξη του αίματος.

Μηχανισμός: συμμετοχή στην καρβοξυλίωση

του γλουταμικού οξέος:



σε γ-καρβόξυ-γλουταμικό:



Συστατικό δομικών οντοτήτων πρωτεϊνών όπως μερικοί παράγοντες πήξης του αίματος.

Υδατοδιαλυτές βιταμίνες B (νιασίνη, παντοθενικό οξύ, βιοτίνη, φολικό οξύ), C: δεν αποθηκεύονται

Βιταμίνη B: αποτελείται από 8 βιταμίνες

B₁ (θειαμίνη, πυροφωσφορική θειαμίνη)

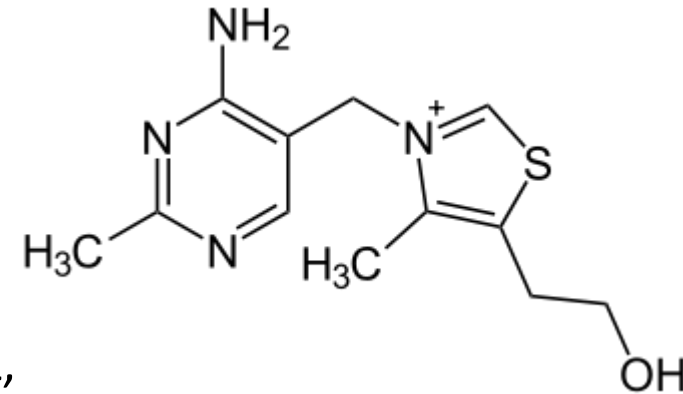
Πηγές: κρέας, ψωμί, γάλα, όσπρια, καρύδια κτλ.

Απαραίτητη για την κανονική πήξη του αίματος.

Σαν θειαμίνη ή πυροφωσφορική θειαμίνη.

Μικρή σταθερότητα που εξαρτάται από τη θερμοκρασία,

το pH (σταθερή σε χαμηλό pH), την επίδραση θειώδους οξέως και αλκαλικών ουσιών (ασταθής).



B₂ (ριβοφλαβίνη)

B₃ (νιασίνη ή νιασιναμίδιο)

B₅ (παντοθενικό οξύ)

B₆ (πυριδοξίνη, πυριδοξάλη, πυριδοξαμίνη, ή υδροχλωρίδιο πυριδοξίνης)

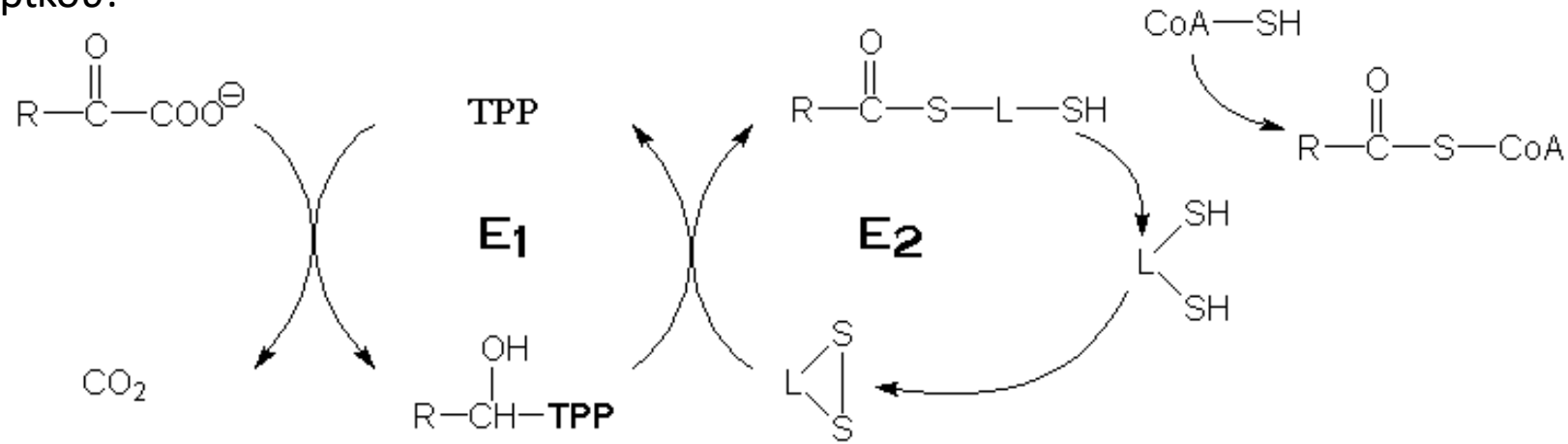
B₇ (βιοτίνη)

B₉ (φολικό οξύ)

B₁₂ (διάφορες κοβαλαμίνες: κυανοκοβαλαμίνες σε διατροφικά συμπληρώματα)

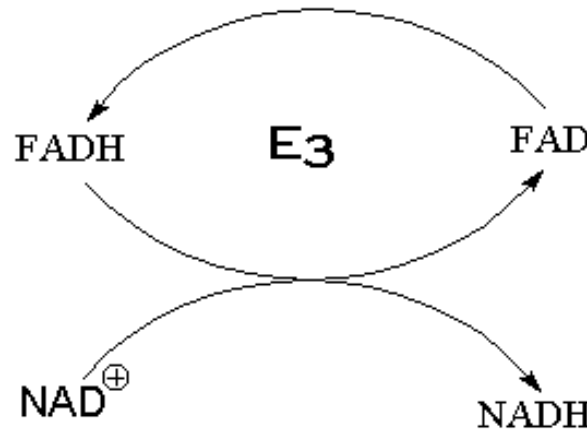
Βιταμίνη B₁ Αποτελεί συνένζυμο (πυροφωσφορική θειαμίνη: TPP) απαραίτητο για την οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση.

Εδώ το παράδειγμα με το πολυενζυμικό σύμπλεγμα της αφυδρογονάσης του α κετογλουταρικού:



Cofactors:

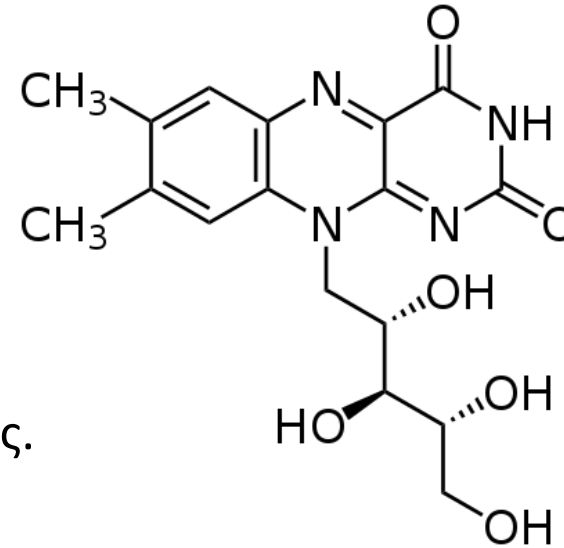
TPP	(E ₁)
Lipoic acid, CoA	(E ₂)
FAD, NAD ⁺	(E ₃)



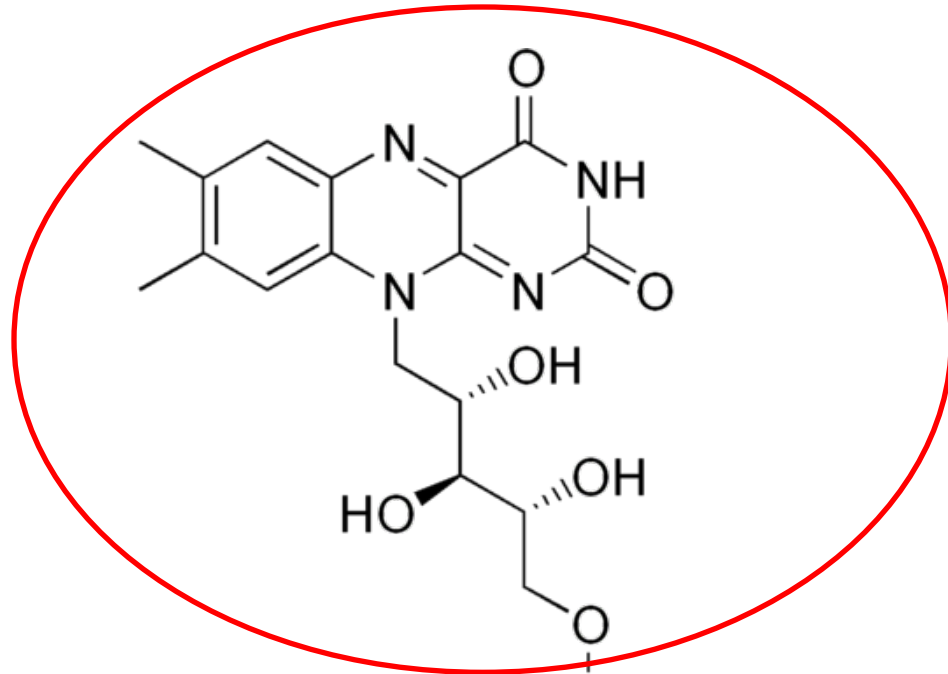
Έλλειψη της προκαλεί την ασθένεια Beri-Beri.

Η διακοπή της αλκοολικής ζύμωσης κατά τη θείωση του γλεύκους οφείλεται στη καταστροφή της θειαμίνης από το θειώδες οξύ.

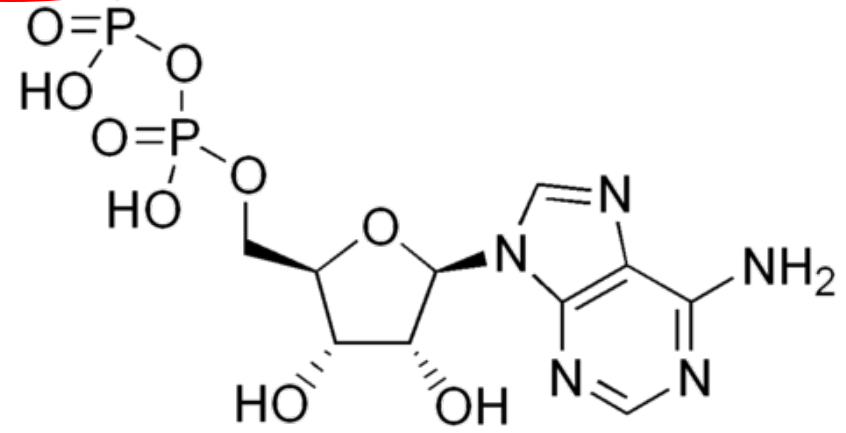
Βιταμίνη B₂ (ριβοφλαβίνη)



- Συντίθεται μόνο από φυτά και μικροοργανισμούς, τα ανώτερα ζώα την προσλαμβάνουν μέσω της τροφής.
- Πηγές: κρέας, ψάρια, ήπαρ, γάλα, όσπρια, αυγά, λάχανο, σπανάκι, τομάτες, ψωμί, ξηροί καρποί.
- Πολύ ευαίσθητη στο φως και την υπεριώδη ακτινοβολία.
- Συστατικό του συμπράγοντα FAD.
- Έλλειψή της προκαλεί την ασθένεια αριβοφλαβίνωση: καθυστέρηση στην ανάπτυξη, ερεθισμός στα μάτια και γλώσσα.



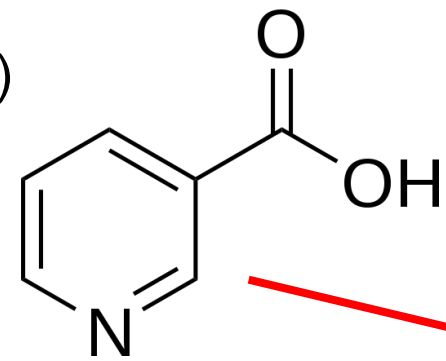
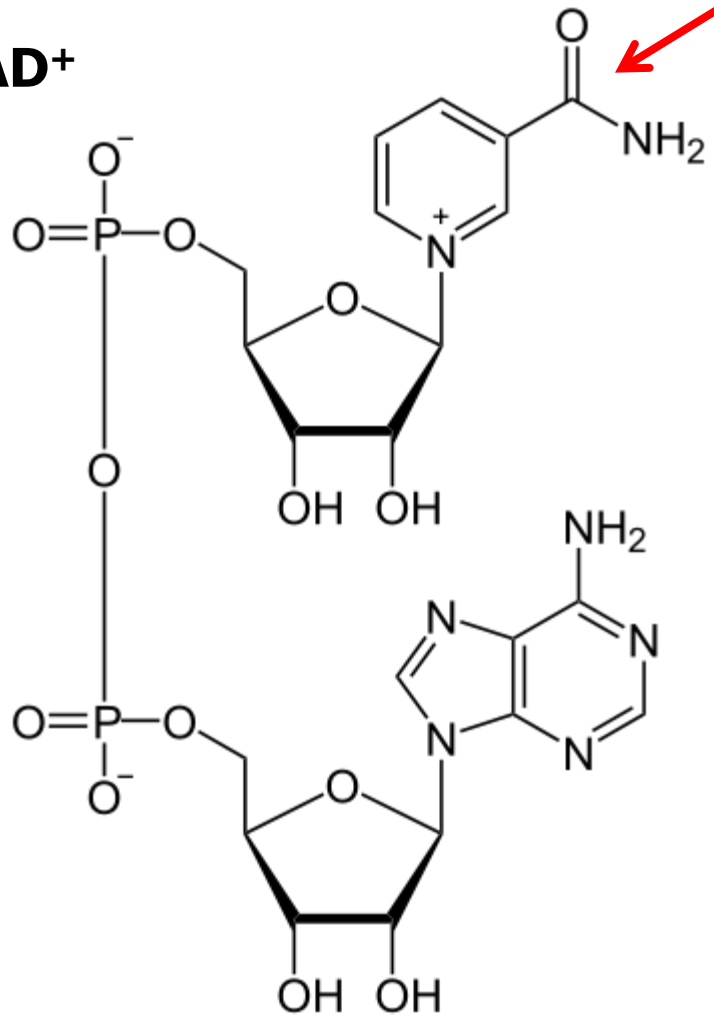
Βιταμίνη Β₂



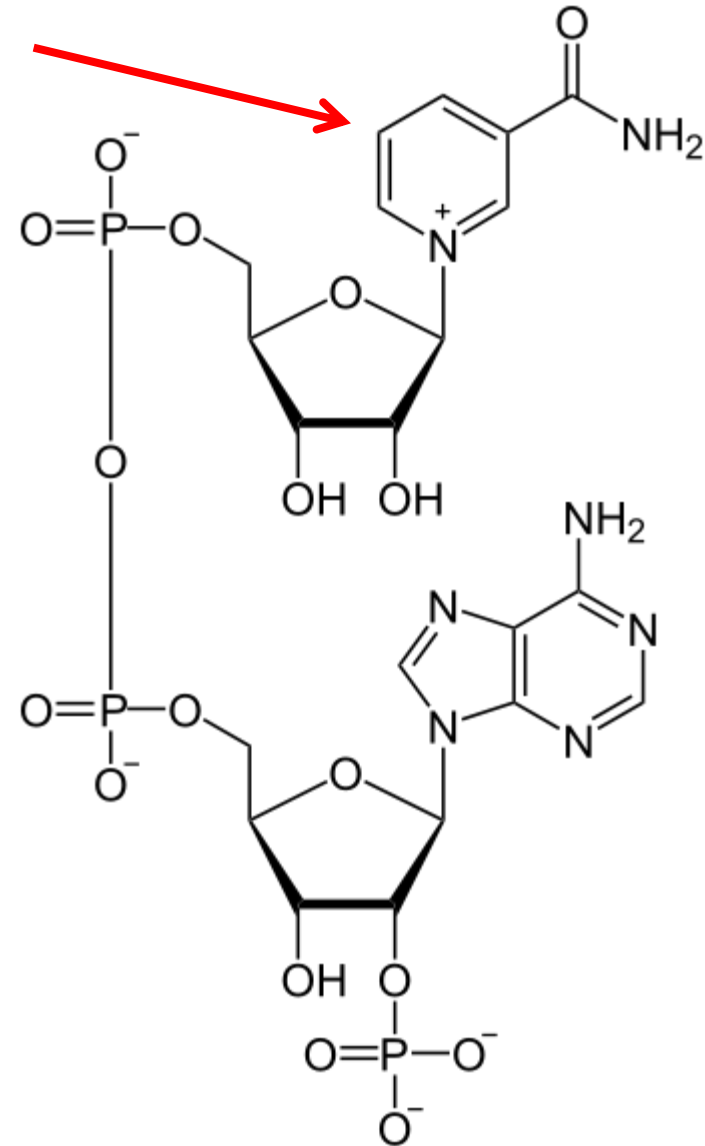
FAD

B₃ (νιασίνη ή νιασιναμίδιο, επίσης PP)

NAD⁺



NADP⁺



B₃ (νιασίνη ή νιασιναμίδιο, επίσης PP)

Απαντά στους οργανισμούς ως ελεύθερο οξύ (νικοτινικό), είτε ως τμήμα των συνενζύμων **NADP⁺** και **NAD⁺**.

Πηγές: κυρίως ζωική προέλευση, επίσης στο σιτάρι (πίτυρα) και ρύζι.

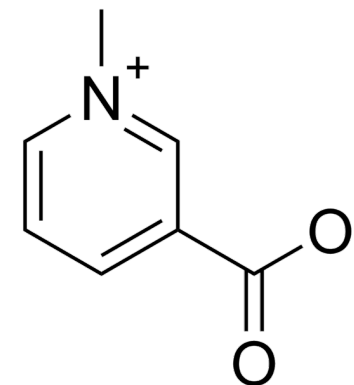
Ανθεκτική σε θέρμανση, οξυγόνο, pH, φως.

Μέτρια διαλυτότητα στο νερό, λίγες απώλειες κατά το μαγείρεμα.

Έλλειψή της προκαλεί δερματίτιδα, εντερικές ανωμαλίες, διανοητική σύγχυση.

Στον καφέ και μπιζέλια υπάρχει μια πρόδρομη ένωση η τριγονελλίνη (μεθυλομάδα στο N).

Με το **ψήσιμο του καφέ** αυξάνεται 30 φορές η συγκέντρωση νιασίνης.



Υδατοδιαλυτές βιταμίνες B, C, νιασίνη, παντοθειικό οξύ, βιοτίνη, φολικό οξύ

Βιταμίνη B, 8 βιταμίνες:

B₅ (παντοθενικό οξύ)

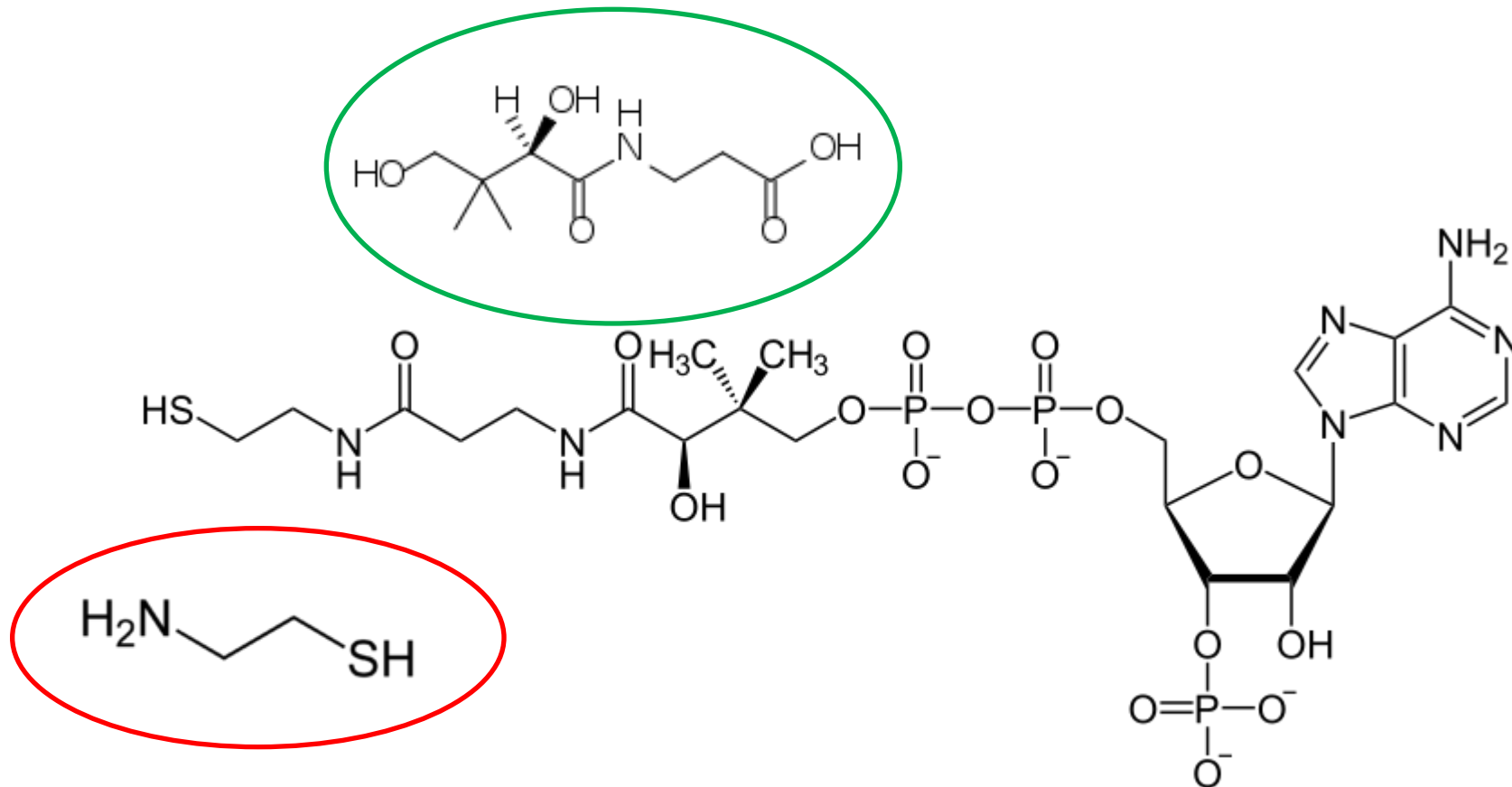
Πηγές: αυγά, ήπαρ, κρέας, γάλα, βασιλικός πολτός.
Μικρές ποσότητες σε φρούτα και λαχανικά.

Στα τρόφιμα σαν συστατικό του συνενζύμου A. Ευδιάλυτη στο νερό, καταστρέφεται με θέρμανση. Σταθερή σε pH 4,0-7,0.

Βιταμίνη B₅ (παντοθενικό οξύ)

Συνένζυμο A

Αποτελούμενο από **κυσταμίνη**, **παντοθενικό οξύ** και ATP:



Βιταμίνη B₆ ή πυριδοξίνη

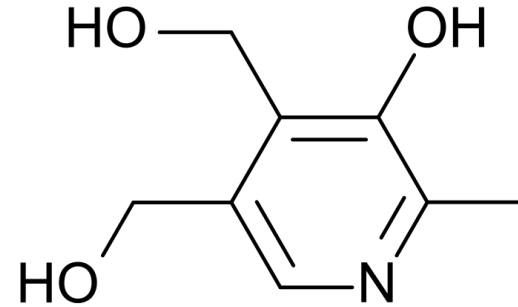
Vitamin B₆

Food sources of vitamin B₆ (pyridoxine) include beans, legumes, nuts, eggs, meats, fish breads and cereals



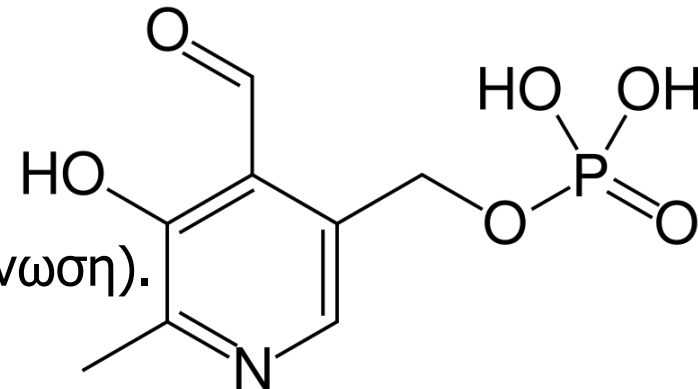
Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη B₆ ή πυριδοξίνη,
Μορφές της: πυριδοξάλη, πυριδοξαμίνη,
υδροχλωρίδιο πυριδοξίνης



Πηγές: πράσινα λαχανικά, σπόροι δημητριακών.

Διαδεδομένη σε ζώα και φυτά
με τη μορφή της φωσφορικής πυριδοξάλης,
συνένζυμο μεταβολισμού πρωτεϊνών (τρανσαμίνωση).

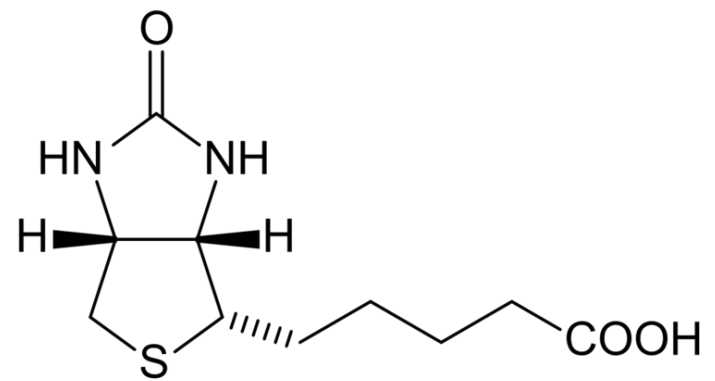


Απώλειες λόγω υδατοδιαλυτότητάς της στο νερό μαγειρέματος.

Χρησιμοποιείται για εμπλουτισμό τροφίμων λόγω σταθερότητάς της.

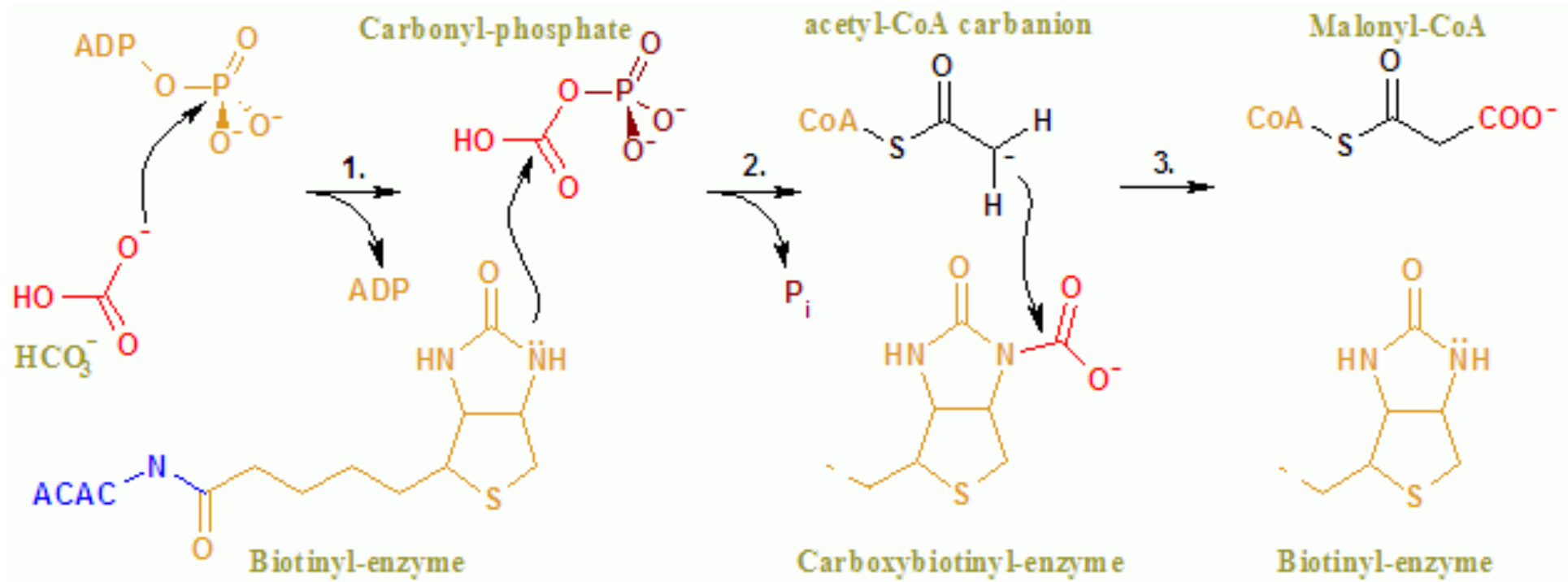
Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

B₇ (βιοτίνη)



Προσθετική ομάδα ενζυμικών συστημάτων καρβοξυλασών (μεταφορά CO₂).

Μηχανισμός ακέτυλο συνένζυμο A καρβοξυλάση A:



Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

B₇ (βιοτίνη, H)

Διαδεδομένη στα φυτά, ζύμες.

Απελευθερώνεται από τις πρωτεΐνες μετά από την ενζυμική υδρόλυση της πέψης.

Σταθερή στη θέρμανση (μαγείρεμα!), οξυγόνο και το φως, ασταθής σε ισχυρά οξέα και αλκάλια, καταστρέφεται από τα υπεροξειδία που δημιουργούνται κατά την οξείδωση των λιπών.

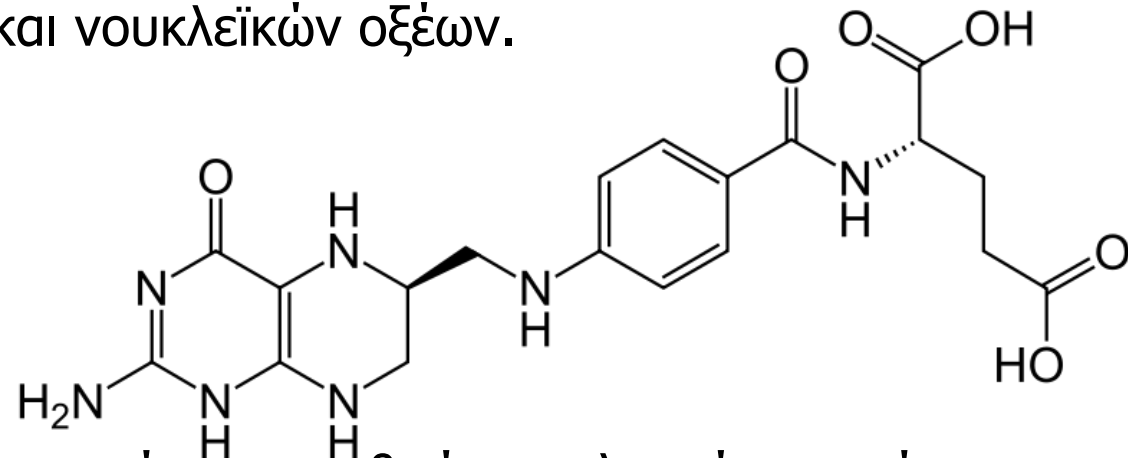
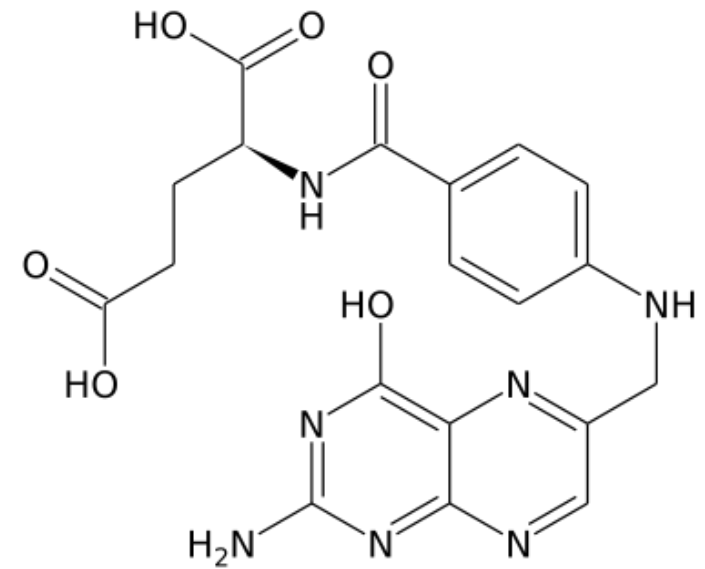
Μικρή διαλυτότης, περιορισμένες απώλειες στο μαγείρεμα.

Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

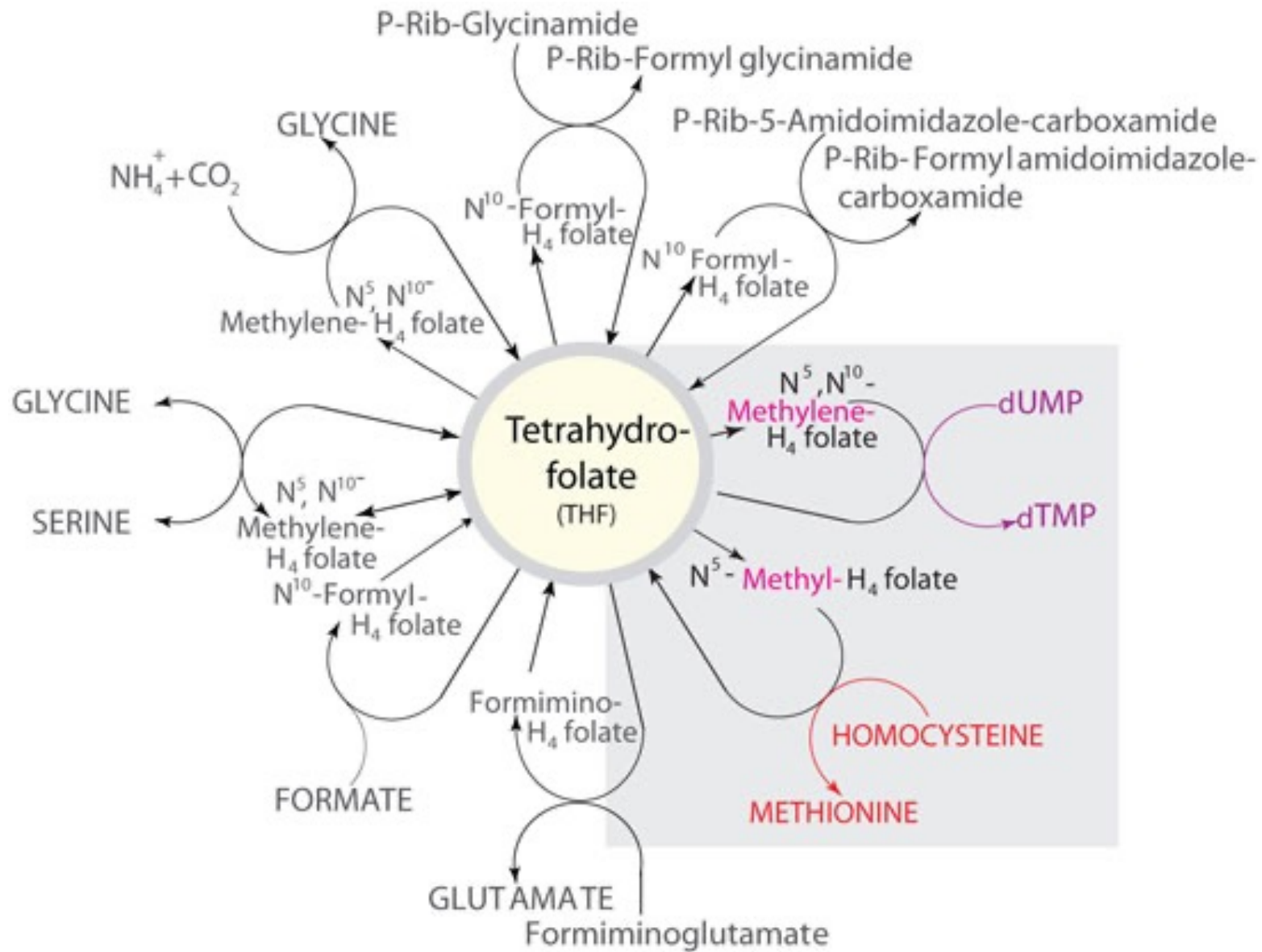
B₉ (φολικό ή φυλλικό οξύ, folic acid)

Σε φυτά και μικροοργανισμούς
Σταθερό κατά τη θέρμανση σε όξινο περιβάλλον,
Σταθερό στο ηλιακό φως, οξειδώνεται εύκολα.

Η βιολογικά ενεργή μορφή είναι το τετραϋδροφυλικό.
Συνένζυμο
στο μεταβολισμό αμινοξέων και νουκλεϊκών οξέων.



Είναι απαραίτητο για το σχηματισμό των ερυθρών και λευκών κυττάρων του αίματος. Έλλειψή του προκαλεί μεγαλοβλαστική αναιμία.



<http://www.sigmaaldrich.com/life-science/learning-center/biofiles/biofiles-5-6/folic-acid-metabolism.html>

Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη B₁₂ (διάφορες κοβαλαμίνες: κυανοκοβαλαμίνες σε διατροφικά συμπληρώματα).

Υπάρχει στο κρέας, γαλακτοκομικά προϊόντα, και τα ζυμωμένα λαχανικά.

Σχετίζεται με τη σύνθεση και ρύθμιση επιπέδων του DNA, αλλά και με τη σύνθεση λιπαρών οξέων και την παραγωγή ενέργειας.

Συντίθεται από ορισμένους μικροοργανισμούς.

Επηρεάζεται πολύ από αναγωγικούς και οξειδωτικούς παράγοντες.

Είναι υδατοδιαλυτή και μέρος της χάνεται με το υγρό μαγειρέματος.

Ανεπάρκειά της προκαλεί κακοήθη αναιμία. Απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία του νευρικού συστήματος.

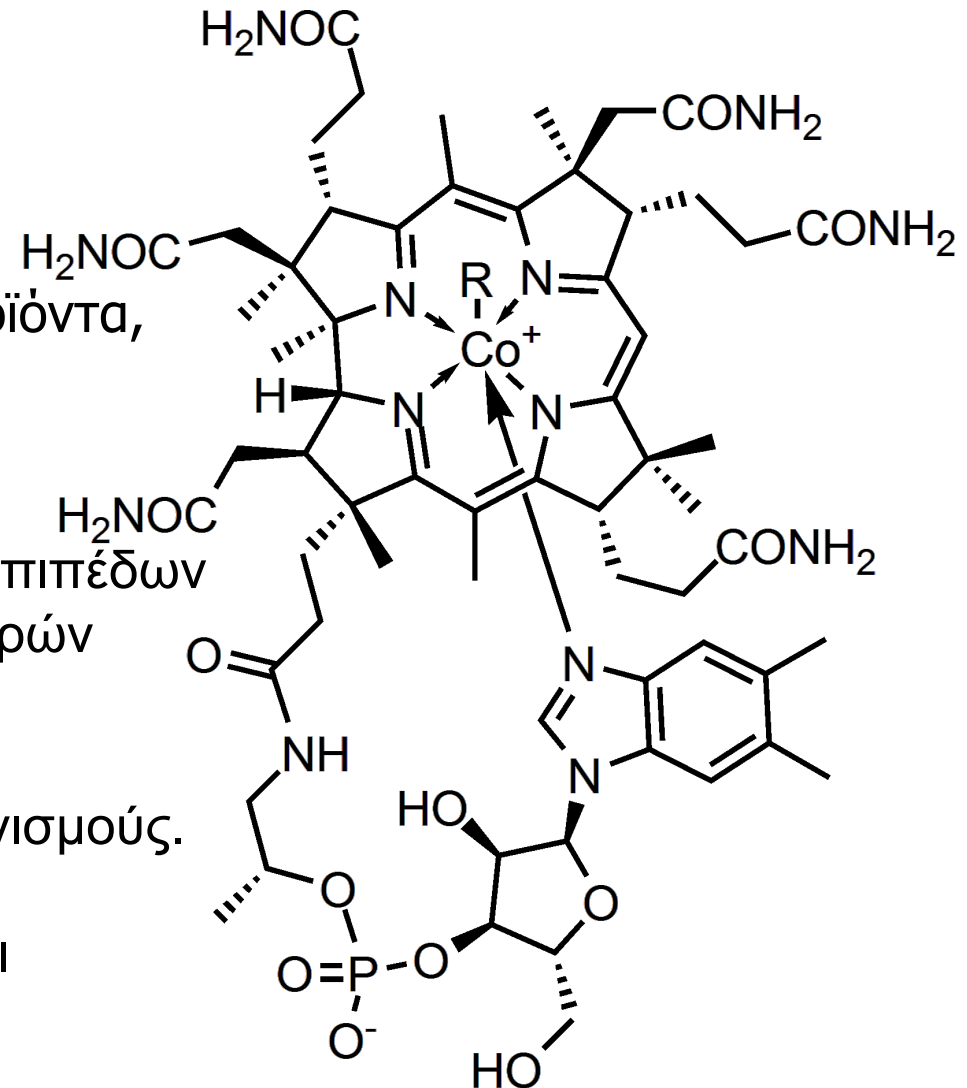
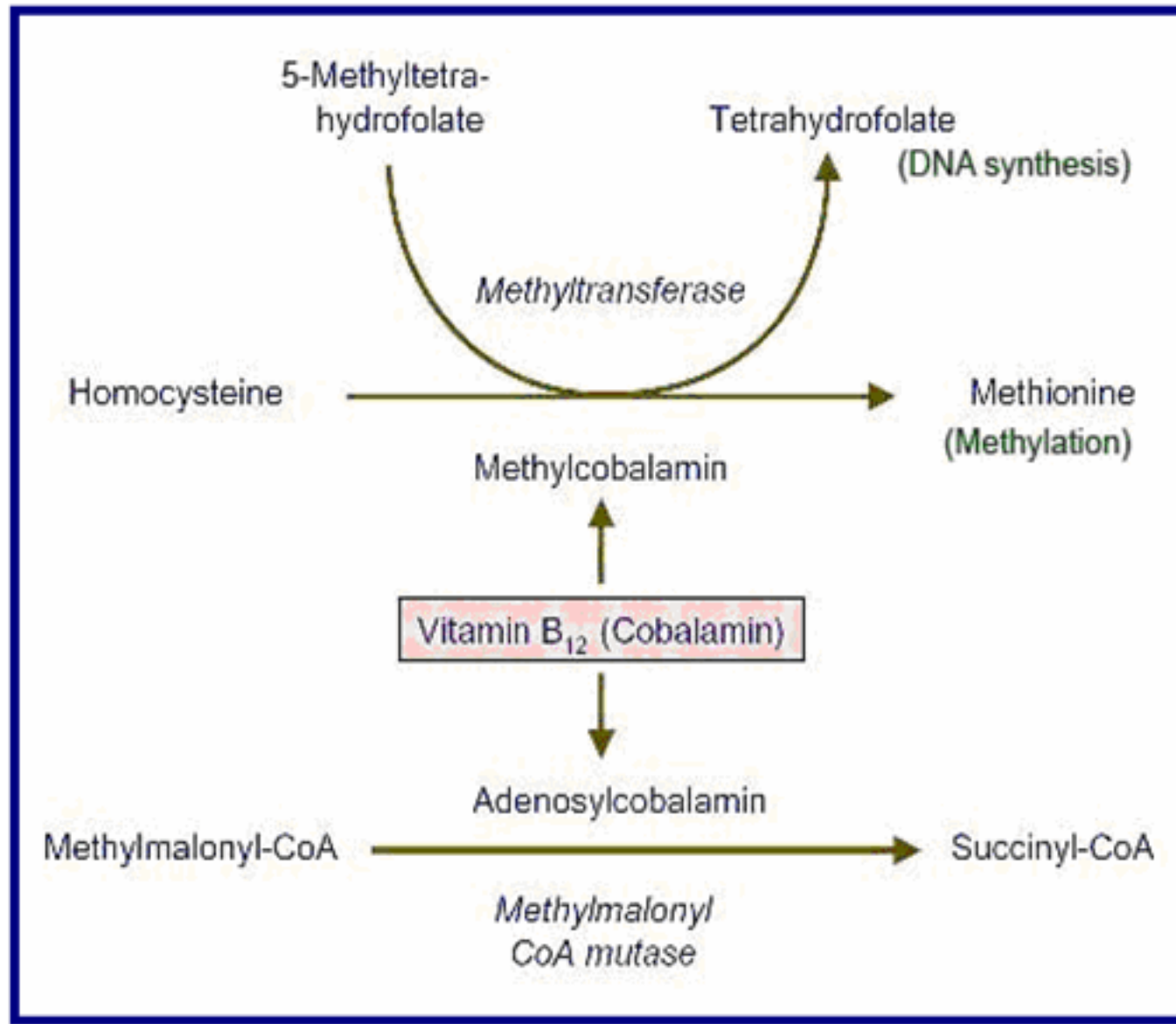


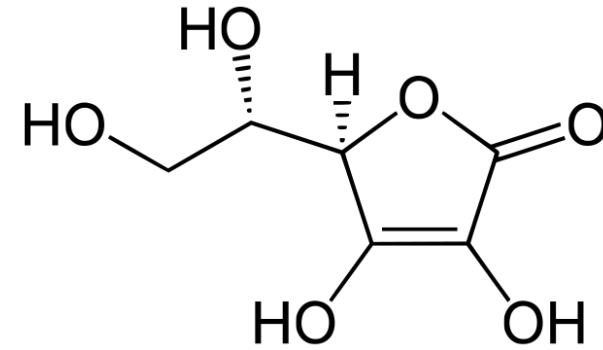
Figure 1: The Biochemical Role of Cobalamin



Υδατοδιαλυτές βιταμίνες

Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)

Πηγές: πράσινα λαχανικά, πιπεριές, τομάτες, εσπεριδοειδή, φράουλες.



Καταστρέφεται εύκολα με οξείδωση (τεμαχισμένα φρούτα και λαχανικά) λόγω της **οξειδάσης του ασκορβικού οξέος**.

Απώλειες έως και 75 % στο μαγείρεμα: οξείδωση και εκχύλιση της βιταμίνης στο νερό (χρήση μικρής ποσότητας νερού!).

Έλλειψη οξυγόνου και θερμική κατεργασία που μετουσιώνει την οξειδάση, προφυλάσσει τη βιταμίνη.

Εφαρμογές του ασκορβικού οξέος.

Προφύλαξη από την ενζυμική αμαύρωση χυμών φρούτων και ποτών.
Βελτιωτικό των αλεύρων στην αρτοποιία.
Αντιοξειδωτικό λιπών.

Απώλειες των βιταμινών κατά την επεξεργασία των τροφίμων

Γενικά οι κατεργασίες των τροφίμων συνεπάγονται απώλεια βιταμινών και ανοργάνων στοιχείων.

Κακή μεταχείριση φυτικών και ζωικών τροφίμων κατά τη συγκομιδή ⇒ απελευθέρωση οξειδωτικών και υδρολυτικών ενζύμων.

Υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Χρονικό διάστημα μεταξύ συγκομιδής και επεξεργασίας.

Απώλειες των βιταμινών κατά την επεξεργασία των τροφίμων

Επεξεργασίες

1. Αποφλοιώση και καθαρισμός
2. Εκπυρήνωση
3. Άλεση
4. Καθαρισμός με νερό και ζεμάτισμα
5. Χημικά πρόσθετα
6. Ενζυμικές και χημικές αντιδράσεις
7. Θερμική κατεργασία
8. Αφυδάτωση
9. Κατάψυξη
10. Απώλειες βιταμινών κατά τη διατήρηση κονσερβοποιημένων τροφίμων

1. Αποφλοιώση και καθαρισμός

Αποφλοιώση (ξεφλούδισμα)

Σε πολλά φρούτα, το φυσικό εξωτερικό περίβλημα (φλούδα) έχει περισσότερες βιταμίνες από ότι η κυρίως σάρκα. Απομάκρυνση της φλούδας (αποφλοιώση) έχει ως συνέπεια την απώλεια βιταμινών.

Στα μήλα, πατάτες, πατζάρια έχουμε απώλεια ασκορβικού οξέος που απαντάται σε μεγαλύτερη συγκέντρωση στη φλούδα.

Στα καρότα έχουμε απώλεια νιασίνης.

Επεξεργασία με αλκάλια (αλισίβα) για ευκολότερη αποφλοιώση αυξάνει τις απώλειες σε φολικό, ασκορβικό, θειαμίνη.

Στα ροδάκινα ο χημικός καθαρισμός συνεπάγεται μείωση του ασκορβικού κατά 20 %, της θειαμίνης κατά 15 %, του νικοτινικού οξέως κατά 5 %. Καμία μεταβολή δεν παρατηρείται στα καροτένια.

Οι απώλειες σε ασκορβικό είναι ίδιες για επεξεργασία με αλισίβα και με ατμό.

Καθαρισμός και απόρριψη τμημάτων των φυτών (αλλοιωμένα ή σκληρά κομμάτια σε σπανάκι, φασόλια, σπαράγγια κλπ), συνεπάγεται μερική απώλεια βιταμινών.

2. Εκπυρήνωση

Δεν επιφέρει σημαντικές απώλειες βιταμινών.

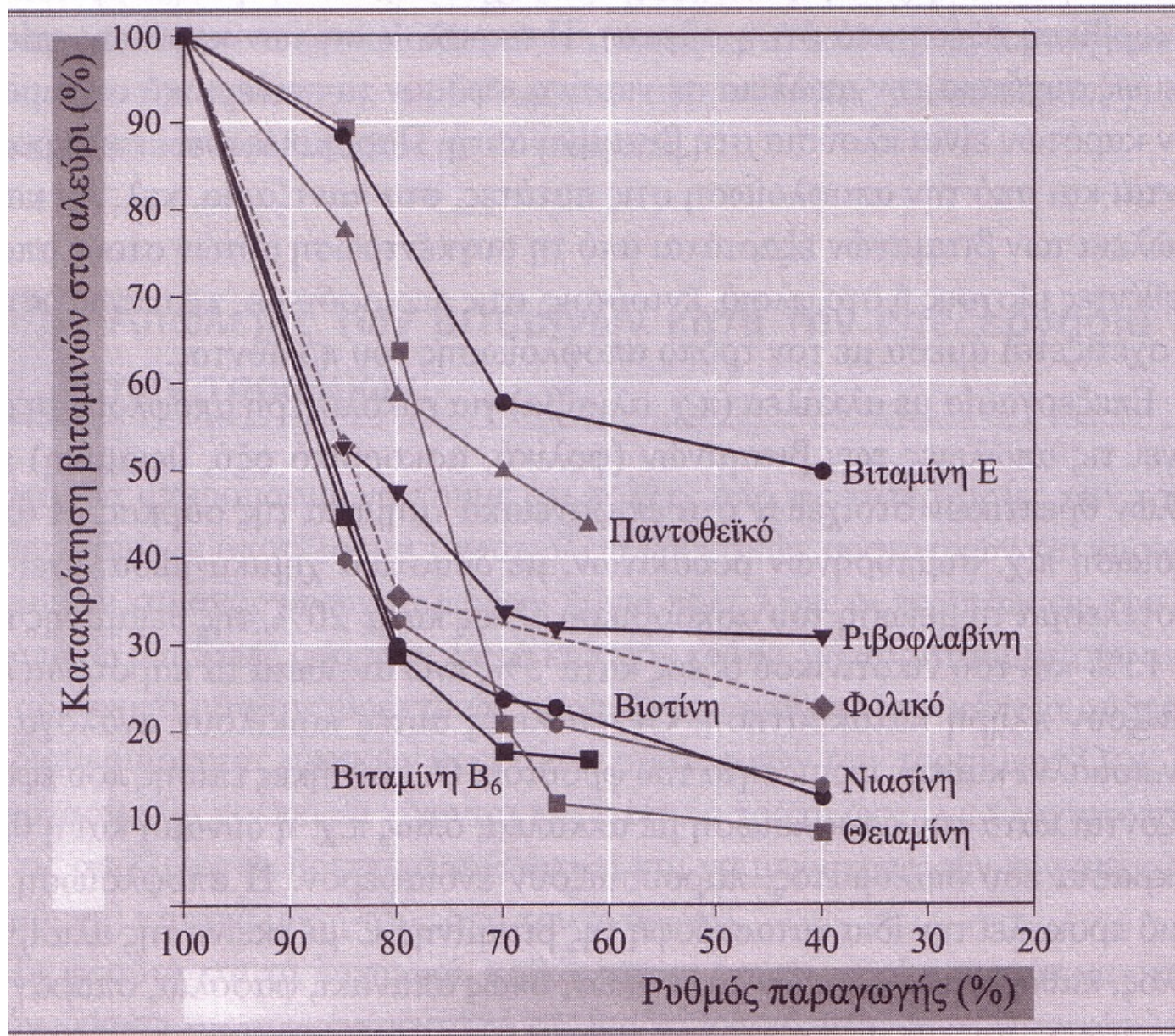
Στα κονσερβοποιημένα βερύκοκα οι απώλειες ασκορβικού οξέως κατά την εκπυρήνωση είναι της τάξης του 3-14 %, καροτενίων 2-12 %.

3. Άλεση

Επιφέρει απώλεια βιταμινών που σχετίζεται με τον τρόπο που το ενδοσπέρμιο αποχωρίζεται από τον *εξωτερικό φλοιό* του σπόρου (*πίτουρο*) και το φυτόρο.

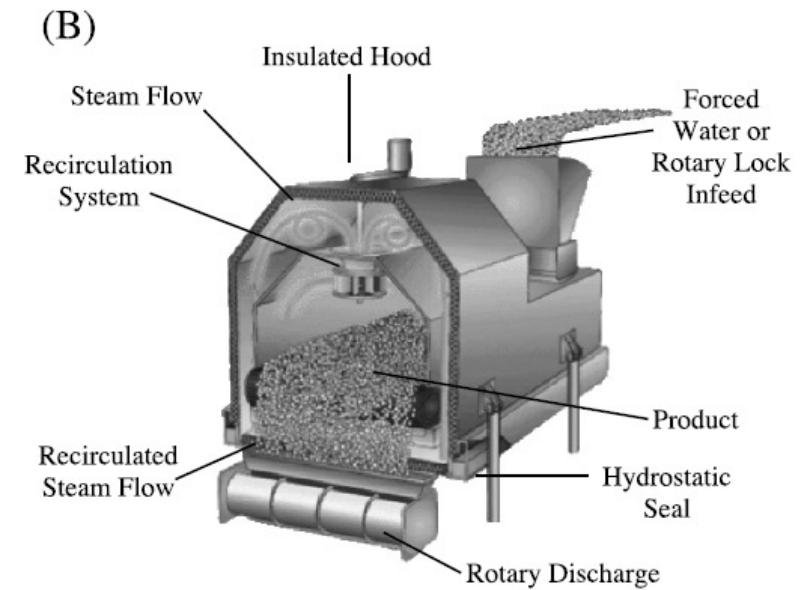
Το φυτόρο και ιδίως το *πίτουρο* είναι πολύ πλούσια σε βιταμίνες.

Απόρριψη του *πίτουρου*, *φύτρου* κατά την άλεση έχει ως αποτέλεσμα να χάνονται μεγάλες ποσότητες από νιασίνη, θειαμίνη ριβοφλαβίνη, φολικό οξύ κ.λπ.



Σχήμα 8.1. Κατακράτηση βιταμινών στο αλεύρι σε συνάρτηση με το βαθμό άλεσης.

4. Καθαρισμός με νερό και ζεμάτισμα (blanching)



<http://www.crec.ifas.ufl.edu/academics/faculty/reyes/pdf/blanchingeafbe.pdf>

Fig. 1 Turbo-Flo[®] forced convection steam blancher (A); (B) schematic representation of the transversal section. (Courtesy of Key Technology, Inc.) (View this art in color at www.dekker.com.)

4. Καθαρισμός με νερό και ζεμάτισμα

Κατεργασίες όπως έκπλυση, μαγείρεμα, επεξεργασία με υδατικά διαλύματα προκαλούν απώλεια υδατοδιαλυτών θρεπτικών συστατικών από κομμένα τμήματα και ευαίσθητες επιφάνειες.

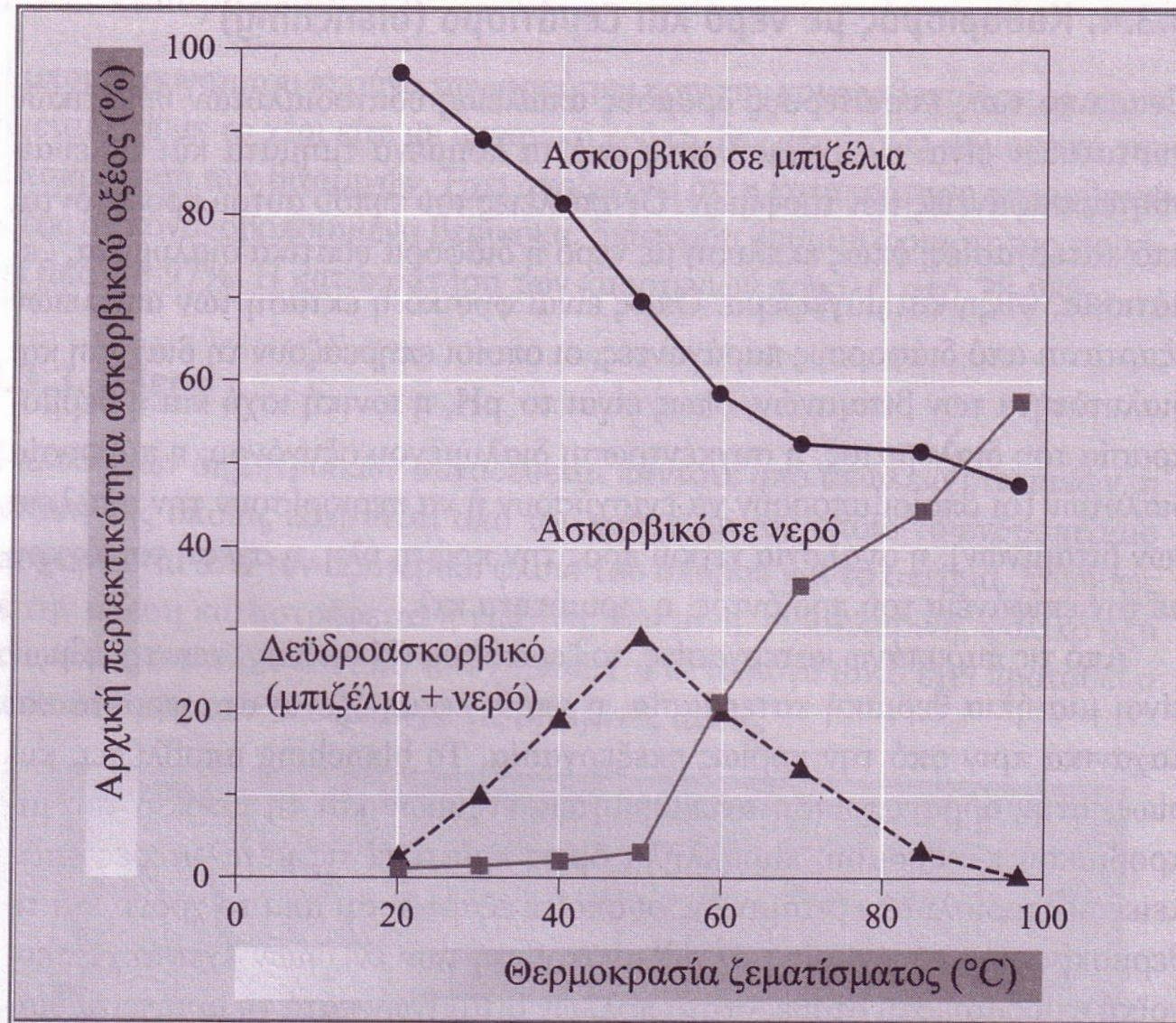
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την εκχύλιση είναι το pH, η ιοντική ισχύς, η θερμοκρασία, η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου, η παρουσία διαλυτών, η αναλογία νερού, η σχέση όγκου με την επιφάνεια, η ωριμότητα κλπ.

Το **ζεμάτισμα** θεωρείται μια ήπια θερμική κατεργασία φρούτων και λαχανικών πριν την κυρίως κατεργασία. Αποβλέπει στην αδρανοποίηση ανεπιθύμητων ενζύμων και τη μείωση του μικροβιακού πληθυσμού.

Γίνεται με θερμό νερό, ατμό, αέρα ή μικροκύματα.

Προκαλεί μεγάλες απώλειες υδατοδιαλυτών βιταμινών ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη διάρκειά του. Σημειωτέον ότι η αδρανοποίηση ενζύμων έχει ευνοϊκή επίδραση στη σταθερότητα πολλών βιταμινών.

Προτιμητέο είναι το ζεμάτισμα με ατμό (περιορισμένη εκχύλιση). Χρήση μικροκυμάτων ελαχιστοποιεί την απώλεια λόγω εκχύλισης.



Σχήμα 8.2. Κατακράτηση ασκορβικού οξέος σε μπιζέλια κατά τη διάρκεια ζεματίσματος σε νερό για 10 λεπτά, σε διάφορες θερμοκρασίες.

5. Χημικά πρόσθετα

Ενώσεις που προσθέτονται σαν συντηρητικά ή βοηθητικά κατεργασίας.

Ανάλογα με η συγκέντρωσή τους και την οξειδωτική τους ικανότητα, τα **οξειδωτικά** καταστρέφουν άμεσα τις βιταμίνες A, C, E.

Η **λεύκανση** και διάφορα βελτιωτικά του αλεύρου οδηγούν σε απώλεια βιταμινών.

Αναγωγικοί παράγοντες επαυξάνουν τη σταθερότητα ευπαθών σε οξείδωση βιταμινών (δέσμευση οξυγόνου και ελευθέρων ριζών).

Το **διοξειδίο του θείου** και τα θειώδη χρησιμοποιούνται στα κρασιά ως αντιμικροβιακοί παράγοντες και στα αφυδατωμένα τρόφιμα για προστασία από την ενζυμική και μη ενζυμική αμαύρωση. Προστατεύουν το ασκορβικό οξύ, αλλά αντιδρούν πχ με τις αλδεΐδες (καρβονύλια) της βιταμίνης B₆ μετατρέποντάς τη σε ανενεργά θειώδη παράγωγα.

Τα **νιτρώδη** (διατήρηση και αλλαντοποίηση προϊόντων κρέατος) σχηματίζουν νιτρικά μέσω βακτηρίων που μπορούν να καταστρέψουν τη θειαμίνη και το φολικό οξύ. Προσθήκη ασκορβικού στο κρέας με νιτρώδη περιορίζει το σχηματισμό N-νιτροζαμινών:

Ασκορβικό οξύ + HNO₂ → 2-νιτρικός εστέρας του ασκορβικού → ημιδιυδροασκορβικό + NO

Πρόσθετα που επιφέρουν αλκαλικό **pH** καταστρέφουν τη θειαμίνη, το παντοθενικό οξύ και τη βιταμίνη C.

6. Ενζυμικές και χημικές αντιδράσεις

Απώλεια βιταμινών από προσθετικά που περιέχουν **ένζυμα**

Οξειδάση του ασκορβικού οξέως από φυτικά πρόσθετα.
Θειαμινάση από ιχθυοπροϊόντα.

Χημικές αντιδράσεις

Η οξείδωση των λιπιδίων προκαλεί παραπέρα σχηματισμό υδροϋπεροξειδίων, υπεροξειδίων και υποξειδίων τα οποία αντιδρούν και οξειδώνουν τα καροτένια, τις τοκοφερόλες το ασκορβικό οξύ κ.λπ.

7. Θερμική κατεργασία

Σημαντικός παράγων καταστροφής βιταμινών, οι υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνουν τις αντιδράσεις.

Επεξεργασία σε υψηλή θερμοκρασία για σύντομο διάστημα (HTST) επιφέρει τις μικρότερες απώλειες στα θρεπτικά συστατικά των τροφίμων.

Οι απώλειες βιταμινών λόγω θερμικής κατεργασίας εξαρτώνται από τη χημική σύσταση και τις συνθήκες περιβάλλοντος του τροφίμου (pH, σχετική υγρασία, μέταλλα, άλλα αντιδρώντα σώματα, συγκέντρωση διαλυτού οξυγόνου), τη σταθερότητα των βιταμινών και την ικανότητα εκχύλισής τους.

Πίνακας 8.1. Απώλειες βιταμινών κατά την κονσερβοποίηση λαχανικών.

Προϊόν	Βιοτίνη	Φολικό	B ₆	Παντοθενικό οξύ	A	Θεαμίνη	Ριβο-φλαβίνη	Νιασίνη	C
Σπαράγγια	0	75	64	–	43	67	55	47	54
Φασολάκια	–	57	50	60	52	62	64	40	79
Παντζάρια	–	80	9	33	50	67	60	75	70
Καρότα	40	59	80	54	9	67	60	33	75
Καλαμπόκι	63	72	0	59	32	80	58	47	58
Μανιτάρια	54	84	–	54	–	80	46	52	33
Μπιζέλια	78	59	–	80	30	74	64	69	67
Σπανάκι	67	35	75	78	32	80	50	50	72
Ντομάτες	55	54	–	30	0	17	25	0	26

ευαισθησία



Οι απώλειες των *Λιποδιαλυτών βιταμινών* λόγω θερμικής κατεργασίας

Βιταμίνη A

Υπό έλλειψη οξυγόνου και θέρμανση (πχ κονσερβοποίηση φρούτων) σημειώνεται ελάττωση της βιολογικής της δράσης εξαιτίας μερικής μετατροπής των cis ισομερών σε trans (επίσης μετά από έκθεση σε φως, οξύ, χλωριομένους διαλύτες κα). Παρόμοιες απώλειες χυτρών ταχύτητας και κονσερβοποίησης.

Απώλεια από παράγοντες που προκαλούν οξείδωση ακορέστων λιπιδίων: οι απώλειες β καροτενοειδών από αφυδατωμένα καρότα κατά το μαγείρεμα οφείλονται σε οξείδωση από το οξυγόνο.

Βιταμίνη D

Σταθερή κατά τη θερμική επεξεργασία με το συνηθισμένο μαγείρεμα. Μεγάλες απώλειες κατά το τηγάνισμα λόγω υψηλών θερμοκρασιών, οξυγόνου, εκχύλισης στο λάδι τηγανίσματος.

Βιταμίνη E

Σταθερή στην απουσία οξυγόνου και οξειδωτικών μέσων. 30 % απώλειες κατά το βράσιμο. Δεν παρατηρείται απώλεια κατά το τηγάνισμα.

Βιταμίνη K

Σταθερή: η K1 αποσυντίθεται πάνω από τους 120 °C, η K2 πάνω από τους 200 °C.

Οι απώλειες των *υδατοδιαλυτών* βιταμινών λόγω θερμικής κατεργασίας

Βιταμίνη B₁ (θειαμίνη)

Σταθερή στην οξείδωση και φως, αλλά έχει μικρή σταθερότητα στη θέρμανση σε αλκαλικό pH, ιδιαίτερα αν υπάρχει χαλκός, χλωριόντα και οξυγόνο. Σε pH>5 διασπάται σε προϊόντα που δίνουν την τυπική οσμή μαγειρεμένου κρέατος. Σε όξινο περιβάλλον (πχ κονσερβοποιημένα τομάτα) είναι σταθερή στη θέρμανση (90 %). Απώλειες της τάξης του 30 % κατά το ψήσιμο του ψωμιού (προσθήκη συνθετικής). 15-40 % απώλειες στο βράσιμο του κρέατος, 75 % κατά την κονσερβοποίησή του (T>100 °C).

Η παρουσία πρωτεϊνών, υδατανθράκων και θειωδών αλάτων περιορίζει το ρυθμό αποικοδόμησής της, πιθανώς λόγω αλληλεπιδράσεων με τη θειομάδα του μορίου.

Βιταμίνη B₂ (ριβοφλαβίνη) και **B₃** (νιασίνη)

Σταθερές στη θέρμανση, η B₂ επηρεάζεται όμως από το οξυγόνο.

Πίνακας 8.2. Απώλειες μερικών βιταμινών σε κονσερβοποιημένα προϊόντα κρέατος.

Τροφή	Τύπος	Θειαμίνη (B ₁)	Ριβοφλαβίνη (B ₂)	Νιασίνη
Βοδινό	corned beef	76	6	0
	σε κύβους	67	0	0
Μοσχαρίσιο	σε κύβους	79	0	0
	φόρμας	81	24	44
Χοιρινό	Λεπτοτεμαχισμένο	55	0	16
	σε κύβους	66	0	0
	με σάλτσα	67	0	23
	ζαμπόν	45	0	0
	μπέϊκον	59	29	52
Αρνίσιο		84	0	13
Πουλερικά	φωτεινού χρώματος κρέας	67	-	-
	σκοτεινού χρώματος κρέας	77	-	-

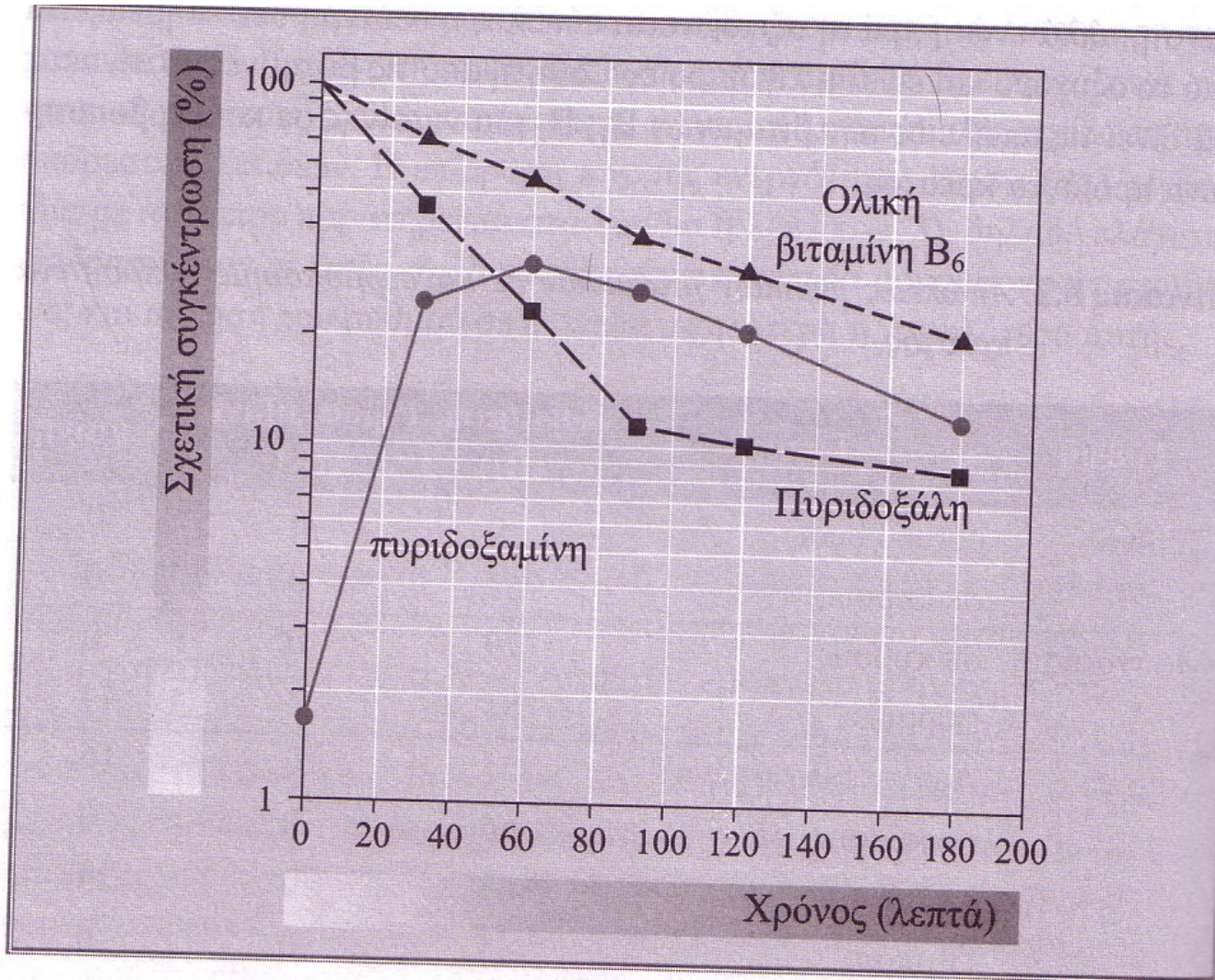
Οι αριθμοί δίνουν την % απώλεια των βιταμινών σε σχέση με το νωπό κρέας.

Οι απώλειες των *υδατοδιαλυτών* βιταμινών λόγω θερμικής κατεργασίας

Βιταμίνη B₆ (πυριδοξίνη)

Δυσκολία στη μελέτη λόγω των πολλών της μορφών. Έχουν παρατηρηθεί απώλειες από φωτοχημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά τα στάδια προπαρασκευής, επεξεργασίας και αποθήκευσης.

Αλλαγές στη βιταμίνη **B₆** (πυριδοξίνη) κατά τη διάρκεια **θερμικής κατεργασίας**



Σχήμα 8.3. Αποικοδόμηση και μετατροπή της βιταμίνης B₆ (100% πυριδοξάλη) σε πυριδοξαμίνη κατά τη θερμική επεξεργασία στους 118 °C σε μοντέλο απομίμησης παιδικής τροφής.

Οι απώλειες των υδατοδιαλυτών βιταμινών λόγω θερμικής κατεργασίας

Βιταμίνη B₉ (φολικό οξύ)

Μεγάλες απώλειες. Τα βράσιμο/τηγάνισμα του κρόκου του αυγού οδηγεί σε απώλεια 30-70 % του φολικού οξέος. 90 % απώλειες κατά το τηγάνισμα της πατάτας, πλήρης απώλεια στο βράσιμο του λαχάνου, 1/3 απώλειες κατά το ψήσιμο του ψωμιού.

Βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ)

Καταστρέφεται εύκολα με το μαγείρεμα λόγω οξειδώσεως και εκχυλίσεως στο υδατικό διάλυμα (75 % στα λαχανικά). Περιορισμός απωλειών με αποφυγή κοπής-συνθλίψεως των λαχανικών (οξειδάση του ασκορβικού) και ο περιορισμός του όγκου του υδατικού διαλύματος του μαγειρέματος.

Η περιεκτικότητα του ασκορβικού οξέος στα κονσερβοποιημένα φρούτα και λαχανικά είναι μεγαλύτερη διότι κατά την κονσερβοποίηση απομακρύνεται το οξυγόνο. Ο ψευδάργυρος και ο μόλυβδος της συσκευασίας καταλύουν την αναερόβια οξείδωση του ασκορβικού, όχι όμως ο χαλκός. Επικασσιτέρωση του εσωτερικού των κονσερβών.

8. Αφυδάτωση

Η απώλεια βιταμινών κατά την αφυδάτωση επηρεάζεται από την παρουσία αέρα στο δοχείο συσκευασίας και την υγρασία (σε επίπεδα >2,5 %).

Όλα τα αφυδατωμένα τρόφιμα υφίστανται απώλειες σε **βιταμίνη Α** και καροτένια λόγω της εισόδου του μοριακού οξυγόνου.

Η ξήρανση στον αέρα επιφέρει μεγάλες απώλειες, ενώ στο κενό περιορίζεται στο 10-20 %.

Η **βιταμίνη D** έχει λίγες απώλειες, πχ 25-35 % κατά τον αφυδατικό ψεκασμό των αυγών.

Μεγάλες απώλειες και για τη **βιταμίνη E**, ανάγκη εξωγενούς προσθήκης σε παιδικά γάλατα.

Μεγάλες απώλειες και για την **B₆**: μετατροπή της πυριδοξάλης σε πυριδοξαμίνη και απομάκρυνση της τελευταίας μετά από αντίδραση με σουλφυδρυλομάδες.

Μικρές απώλειες για το **ασκορβικό οξύ**, διατηρείται σε αποξηραμένους (λυοφιλίωση) χυμούς φρούτων.

9. Κατάψυξη

Η διαδικασία της καταψύξεως έχει ασήμαντη επίδραση στις περιεχόμενες βιταμίνες. Προκαλεί όμως αποδιοργάνωση της δομής δημιουργώντας έτσι ευνοϊκό περιβάλλον για τη δράση διαφόρων ενζύμων *μετά* την κατάψυξη.

Για να αποφευχθεί το δυνατό η δράση των ενζύμων πρέπει η θερμοκρασία κατάψυξης να μην υπερβαίνει τους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, όταν έχουμε αποθήκευση για τουλάχιστον ένα χρόνο. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας διατήρησης, αυξάνεται ο ρυθμός απώλειας των βιταμινών.

Σημαντικές απώλειες **ασκορβικού οξέος** παρατηρήθηκαν σε φρούτα που αποταμιεύθηκαν στους $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σε μη κατεψυγμένα φρούτα των $+1\text{-}+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ που δεν είχαν προσβληθεί από μύκητες παρατηρήθηκε ασήμαντη απώλεια.

Σημαντικές απώλειες ασκορβικού οξέως παρατηρήθηκαν σε αποψυγμένα φρούτα όταν διατηρήθηκαν αρκετά πριν την κατανάλωση: 30 % απώλειες σε φρούτα που μεταφέρθηκαν από τους $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ στους $+5$ και έμειναν εκεί 24 ώρες.

Πίνακας. 8.4. Απώλειες ασκορβικού οξέος σε νωπά φρούτα διατηρημένα στους 0-5 °C και κατεψυγμένα διατηρημένα μεταξύ -20 και 0-5 °C.

Χρόνος διατήρησης (μέρες)	Ασκορβικό οξύ, % απώλειες (Αρχική τιμή ασκορβικού οξέος 500 mg/100g)					
	Νωπά φρούτα			Κατεψυγμένα φρούτα		
	0°C	1°C	5°C	-10°C	-20°C	5°C
1	—	—	—	—	—	30
3	—	—	—	—	—	66
11	4	0	6	0	0	—
21	0	—	—	2	2	—
28	0	0	0	10	0	—
49	—	—	0	21	0	—
63	—	0	—	33	0	—
70	0	0	—	—	—	—
77	—	—	8	—	0	—
98	8	0	0	—	—	—
120	24	—	—	42	0	—
146	52	0	0	42	0	—
174	—	—	0	60	—	—
188	53	1	—	—	0	—

9. Κατάψυξη

Οι **βιταμίνες Β** και τα **καροτένια** είναι σταθερά κατά την περίοδο καταψύξεως.

Στα προτηγανισμένα κατεψυγμένα προϊόντα έχουμε μεγάλες απώλειες **βιταμίνης Ε** κατά τη διάρκεια της κατάψυξης, η οποία οξειδώνεται πολύ γρήγορα από την παρουσία οξειδωτικών μέσων. Η οξειδωτική αποικοδόμηση της βιταμίνης Ε εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες που ευνοούν την οξείδωση των ακορέστων λιπιδίων (πχ ενεργότητα νερού που αντιστοιχεί σε μονομοριακή στοιβάδα).

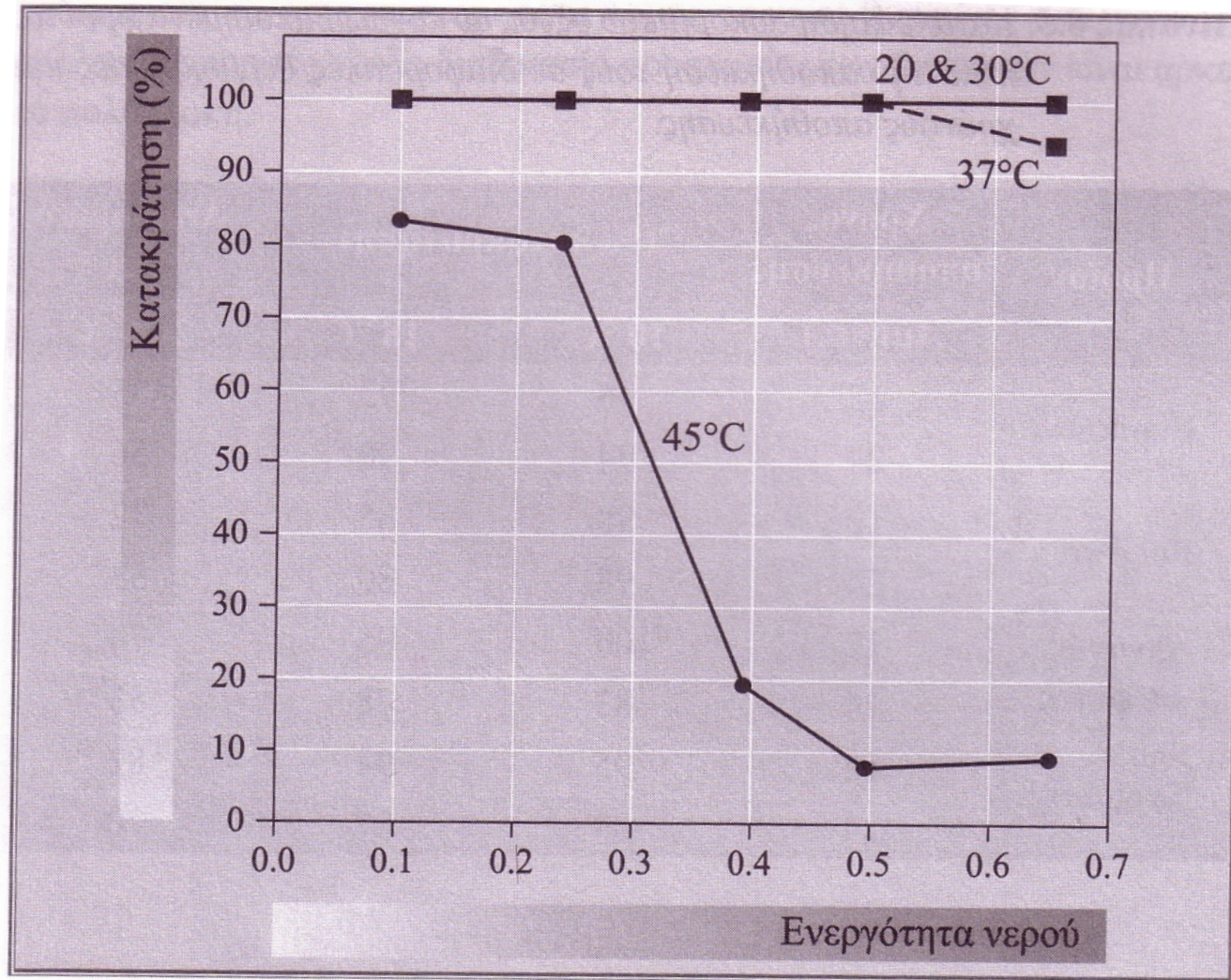
Ήπια απόψυξη

10. Απώλειες βιταμινών κατά τη διατήρηση των κονσερβοποιημένων τροφίμων

Γενικά

Μικρότερες απώλειες από αυτές της θερμικής επεξεργασίας
Εξαρτώνται από:

- το είδος και ταχύτητα της αντιδράσεως
- τη θερμοκρασία
- την περιεκτικότητα οξυγόνου
- το pH



Σχήμα 8.4. Επίδραση ενεργότητας νερού και θερμοκρασίας αποθήκευσης στην κατακράτηση της θειαμίνης σε μοντέλο απομίμησης δημητριακών.

10. Απώλειες βιταμινών κατά τη διατήρηση των κονσερβοποιημένων τροφίμων

Οι απώλειες του **ασκορβικού οξέος** σε κονσερβοποιημένα φρούτα κατά την αποθήκευσή του είναι ασήμαντες (0-10 %) κατά τον πρώτο χρόνο. Εξαρτώνται από τη θερμοκρασία αποθήκευσης, το pH, την ενεργότητα του νερού, την παρουσία οξυγόνου, ανθοκυανίνης και καταλυτών.

Μεγαλύτερος χρόνος αποθήκευσης και ψηλές θερμοκρασίες προκαλούν απώλειες ασκορβικού. Ενδείκνυται αποθήκευση στους 10 °C και κάτω.

Η αποσύνθεση της ανθοκυανίνης καταστρέφει το ασκορβικό οξύ (πχ φράουλες).

Η θειαμίνη (B₁) παρουσιάζει σταθερότητα όταν αποθηκεύεται σε χαμηλή ενεργότητα νερού σε θερμοκρασία δωματίου ή και 37 °C. Απώλειες παρατηρούνται σε ενεργότητα νερού (a_w) που αντιστοιχεί σε μονομοριακή στοιβάδα και στους 45 °C.

Τα **καροτένια**, το **νικοτινικό οξύ** (B₃) και η **ριβοφλαβίνη** (B₂) επηρεάζονται ελάχιστα από το χρόνο και τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

Κατακράτηση **ασκορβικού οξέος** σε κονσερβοποιημένα φρούτα, κατά την αποθήκευσή τους σε διαφορετικές θερμοκρασίες και χρόνους αποθήκευσης.

Προϊόν	Χρόνος αποθήκευσης (μήνες)	(% κατακράτηση)		Ασκορβικό οξύ 26,6 °C
		10 °C	18 °C	
Βερίκοκα	12	96	93	85
	24	94	90	56
Ροδάκινα	12	98	85	72
	24	98	80	53
Ανανάς σε φέτες	12	100	95	74
	24	83	78	53
Ντομάτες	12	95	94	82
	24	89	87	70

Έλεγχος της απώλειας βιταμινών κατά τη διατήρηση των τροφίμων

1. Είναι ανάγκη να γνωρίζουμε την αρχική περιεκτικότητα σε βιταμίνες.
2. Το ιστορικό χρόνου-θερμοκρασίας σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας.
3. Τις συνθήκες συσκευασίας (πρόσθετα, έκθεση σε οξυγόνο, φως, εξάτμιση κλπ).
4. Το χρόνο κατά τον οποίο τα τρόφιμα έχουν εκτεθεί στις παραπάνω συνθήκες από την παρασκευή του προϊόντος ως την κατανάλωση.

Αποτίμηση

- I. Καθαρισμός: σημαντική απώλεια
- II. Άλεση: σημαντική απώλεια
- III. Blanching: σημαντική απώλεια
- IV. Εκπυρήνωση: μικρή απώλεια
- V. Αφυδάτωση: μικρή απώλεια
- VI. Μικροκύματα: καλά αποτελέσματα
- VII. Κονσερβοποίηση: μικρή απώλεια

↪ Θ, H₂O, πρόσθετα → μεγαλύτερη απώλεια

↪ Φρέσκα, αφυδατωμένα & κατεψυγμένα τρόφιμα → μικρότερη απώλεια