

ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ



ΒΑΣΙΛΕΙΑ Ι. ΣΙΝΑΝΟΓΛΟΥ, *Δρ Χημικός, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια*
ΕΙΡΗΝΗ Φ. ΣΤΡΑΤΗ, *Δρ Χημικός*
ΜΠΡΑΤΑΚΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ, *Τεχνολόγος Τροφίμων, Δρ Χημείας*

2018

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.

Εισαγωγή



Τρόφιμο - Ορισμός

Με τον όρο **Τρόφιμο** χαρακτηρίζεται ένα ευρύ φάσμα εδώδιμων υλικών που αποτελούνται από απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, τα οποία είναι απαραίτητα για τη ζωή και την ανάπτυξη, όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λιπίδια, βιταμίνες, ανόργανα άλατα, κλπ. Τα τρόφιμα περιγράφονται ποικιλοτρόπως ως «υγρά» ή «στερεά» ή/και «νωπά» ή «ξηρά», ανάλογα με τις ποσότητες νερού και λίπους που περιέχουν (Κώδικας Τροφίμων και Ποτών - Έκδοση 2009).

Τρόποι ταξινόμησης τροφίμων

- Ως προς την προέλευσή τους: φυτικής και ζωικής
- Ως προς την πιθανή κατεργασία τους: νωπά τρόφιμα, μεταποιημένα τρόφιμα και συντηρημένα τρόφιμα

Νωπά τρόφιμα: καταναλώνονται χωρίς προκατεργασία, εκτός της τυποποίησης και της συσκευασίας.

Μεταποιημένα τρόφιμα: έχουν υποστεί επεξεργασία όπως παστερίωση, βρασμό, αποφλοιώση κλπ.

Συντηρημένα τρόφιμα: έχουν υποστεί κατεργασία ώστε να παραταθεί ο χρόνος διάθεσής τους π.χ. αποξηραμένα, καπνιστά, κατεψυγμένα, κονσερβοποιημένα, παστά, κ.λπ.

Πίνακας: Βασικές κατηγορίες τροφίμων

Κατηγορία	Τύπος	Ομάδα	Τρόφιμα
Φυτικής προέλευσης	Σπόροι δημητριακών / Όσπρια	Σπόροι δημητριακών	Ρύζι, σιτάρι, κριθάρι σίκαλη καλαμπόκι, κλπ.
		Όσπρια	Σόγια, φασόλια, φακές, αρακάς, κουκιά, φιστίκια, κλπ.
	Λαχανικά	Αμυλούχα λαχανικά	Πατάτες, γλυκοπατάτες, ζαχαρότευτλο, ζαχαροκάλαμο
		Σταυρανθή λαχανικά	Κάρδαμο, λάχανο, κινέζικο λάχανο, λαχανάκια Βρυξελλών, κουνουπίδι, μπρόκολο
		Φυλλώδη λαχανικά	Αγκινάρα, ραδίκι, αντίδι, μαρούλι, κλπ.
		Βρώσιμες ρίζες και κόνδυλοι	Κρεμμύδι, πράσο, σκόρδο, σπαράγγι, παντζάρι, καρότο, ραπανάκι
		Φρουτώδη λαχανικά	Αβοκάντο, πιπεριά, αγγούρι, κολοκύθα, μελιτζάνα, τομάτα
		Μανιτάρια	
	Φρούτα	Εσπεριδοειδή	Πορτοκάλι, λεμόνι,

			φράπα, κλπ.
		Μηλοειδή	Μήλο, αχλάδι, Κυδώνι, μούσμουλο
		Πυρηγόκαρπα	Ροδάκινο, νεκταρίνι, βερύκοκο, δαμάσκηνο, κεράσι
		Μούρα	Φράουλα, βατόμουρο, μύρτιλο, κράνμπερι
		Σταφύλια	Κόκκινα και λευκά
		Τροπικά φρούτα	Λωτός, μπανάνα, ακτινίδια, παπάγια, λανανάς, μάνγκο
	Ξηροί καρποί και σπόροι	Ελαιούχοι σπόροι	Ηλιόσποροι, σουσάμι, σπόροι βαμβακιού, κράμβη, κάστανο αμύγδαλο, καρύδι
		Σπόροι για ροφήματα	Καφές, κακάο
		Μπαχαρικά	Πιπέρι, πάπρικα, κανέλλα, μπαχάρι, μοσχοκάρυδο, φαρύφαλλο
		Αρωματικά φυτά	Δυόσμος, ρίγανη, βασιλικός, λουίζα, δενδρολίβανο
		Τσάι	Πράσινο, μαύρο, βουνού
		Λυκίσκος	
Ζωικής προέλευσης	Χερσαία θηλαστικά	Μύες, λίπος, συκώτι, νεφρά	Χοιρινό, μοσχάρι, βόειο, αρνίσιο, κατσικίσιο, κλπ.
		Γάλα	Αγελαδινό, πρόβειο, κατσικίσιο, κλπ.
	Πουλερικά	Μύες, λίπος, συκώτι, νεφρά	Κοτόπουλο, γαλοπούλα, πάπια, κλπ
		Αυγά	Όρνιθας, ορτυκιού, στρουθοκαμήλου, κλπ.
	Ιχθυηρά	Ψάρια	Σολομός, πέστροφα, χέλι, παλαμίδες, σαφρίδια, σκουμπρί, λαβράκι, τσιπούρα, τόνος, κλπ.
		Μαλάκια, μαλακόστρακα	Καλαμάρι, χταπόδι, σουπιά, γαρίδα, καραβίδα, καβούρι, αστακός
	Προϊόν μελισσών		Μέλι, βασιλικός πολτός
Μεταλλικό νερό			

Είδη κινδύνων των τροφίμων

Βιολογικοί κίνδυνοι: οφείλονται σε βιολογικούς παράγοντες, (παθογόνα βακτήρια, μύκητες, παθογόνοι ιοί, παράσιτα).

Χημικοί κίνδυνοι: οφείλονται στην παρουσία τοξικών χημικών ουσιών (μυκοτοξίνες, διοξίνες, φυτοπροστατευτικά, καθαριστικά, αντιβιοτικά, βαρέα μέταλλα).

Φυσικοί κίνδυνοι: οφείλονται στην παρουσία ξένων σωμάτων (γυαλιά, πέτρες, χώμα, τεμάχια μετάλλου, χαρτιά).

Στόχοι χημικής ανάλυσης

Οι κύριοι στόχοι της χημικής ανάλυσης είναι:

Η ποιοτική ανάλυση που χαρακτηρίζει το προφίλ των ουσιών που περιέχονται σε ένα υλικό.

Η ποσοτική ανάλυση που προσδιορίζει την ποσότητα των ουσιών αυτών στο υλικό.

Ο διαχωρισμός των συστατικών δείγματος με στόχο την περαιτέρω μελέτη αυτών ή και η ανάκτησή τους με στόχο τη χρήση τους.

Η ταυτοποίηση ουσιών ή γενικώς ο χημικός χαρακτηρισμός νέων ουσιών.

Πιο συγκεκριμένα η ανάλυση των τροφίμων εστιάζει στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την εξέταση των τροφίμων (Pomeranz and Meloan, 1994). Οι κυριότεροι στόχοι ανάλυσης των τροφίμων αναφέρονται στη συνέχεια:

- Οργανοληπτική εξέταση των τροφίμων (γεύση, υφή, οσμή, χρώμα).
- Καθορισμός χημικής συστάσεως των τροφίμων (ποιοτικής και ποσοτικής).
- Προσδιορισμός χημικών προσθέτων στα τρόφιμα (χρωστικές, συντηρητικά, αντιοξειδωτικά).
- Έλεγχος μεταβολών και αλλοιώσεων των τροφίμων μετά από την επεξεργασία ή κατά τη συντήρησή τους.
- Προσδιορισμός ανεπιθύμητων ουσιών λόγω αλλοίωσης ή κακής συντήρησης των τροφίμων (καρβονυλικές ενώσεις, υπεροξειδία, τοξίνες, παθογόνοι μικροοργανισμοί, κλπ.)
- Προσδιορισμός ανεπιθύμητων ουσιών λόγω προέλευσης των τροφίμων (βαρέα μέταλλα, διοξίνες, υπολείμματα φυτοπροστατευτικών, υπολείμματα αντιβιοτικών, κλπ.)
- Έλεγχος της νοθείας.
- Έλεγχος της αυθεντικότητας του τροφίμου.
- Συμμόρφωση με τη ισχύουσα νομοθεσία τροφίμων.

Μέθοδοι ανάλυσης για την εξέταση των τροφίμων

- **Γενικές μέθοδοι:** προσδιορισμός τέφρας, υγρασίας, ολικού λίπους, υδατανθράκων, πρωτεϊνών, αζωτούχων υλών, βιταμινών, προσθέτων, προσμίξεων, ιχνοστοιχείων, κλπ.
- **Φυσικές μέθοδοι:** προσδιορισμός ειδικού βάρους, σημείου τήξεως, κλπ.

- **Φυσικοχημικές μέθοδοι:** προσδιορισμός στροφικής ικανότητας, δείκτη διαθλάσεως, κλπ.
- **Φασματοφωτομετρικές μέθοδοι:** μέτρηση ειδικών απορροφήσεων K232 και K270 σε έλαια, χρωματομετρικός προσδιορισμός υδατανθράκων, μέτρηση αντιοξειδωτικής δράσης, κλπ.
- **Χρωματογραφικές μέθοδοι:** προσδιορισμός τάξεων λιπιδίων, λιπαρών οξέων, φαινολικών ενώσεων, καροτενοειδών, φυτοπροστατευτικών, κλπ.

Διαδικασίες για την ανάλυση

Η ανάλυση ενός τροφίμου εξαρτάται από την επιτυχή ολοκλήρωση των παρακάτω βημάτων:

- σχεδιασμός (εξεύρεση της καταλληλότερης αναλυτικής διαδικασίας)
- επιλογή του δείγματος
- προετοιμασία του δείγματος
- καταλληλότητα της αναλυτικής διαδικασίας
- στατιστική ανάλυση των μετρήσεων
- υποβολή αποτελεσμάτων
- γνωμάτευση

Ο αναλυτής πρέπει να :

- Τηρεί βιβλίο αναλύσεων όπου θα αναγράφονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία που αφορούν το προς εξέταση δείγμα.
- Ακολουθεί όλη τη διαδικασία προετοιμασίας της ανάλυσης.
- Διαθέτει τα πρωτόκολλα των αναγνωρισμένων επίσημων μεθόδων ανάλυσης ή να χρησιμοποιεί έγκυρες επιστημονικές μεθόδους.

Βιβλίο αναλύσεων

Πρέπει για κάθε ανάλυση να περιλαμβάνει:

1. Κωδικό, είδος και ποσότητα δείγματος
2. Προμηθευτή δείγματος
3. Ημερομηνία παραλαβής δείγματος
4. Ημερομηνία έναρξης και λήξης της ανάλυσης
5. Είδη αναλύσεων και αποτελέσματα
6. Γνωμάτευση
7. Όνομα αναλυτή

Προετοιμασία ανάλυσης – Δειγματοληψία

- Είναι μεγίστης σημασίας για την αξιοπιστία της ανάλυσης.
- Πρέπει να εξασφαλίζει ότι παρέχει τη μέση σύσταση του προς εξέταση τροφίμου.
- Πρέπει να τηρείται ο κανονισμός δειγματοληψίας του Κώδικα Τροφίμων και Ποτών.
- Διεξάγεται από τον παραγωγό ή επίσημα από φορείς ελέγχου τροφίμων.



Σχεδιασμός της ανάλυσης

Στην ιδανική περίπτωση, ο αναλυτής θα έπρεπε να αναλύσει το σύνολο του δείγματος τροφίμου ώστε να διαθέτει ένα αξιόπιστο αποτέλεσμα. Στις περισσότερες περιπτώσεις αυτό είναι πρακτικά αδύνατο. (Procter and Meullenet, 1998). Υπάρχουν αναλυτικές τεχνικές δαπανηρές και χρονοβόρες. Απαιτείται η συλλογή αντιπροσωπευτικού δείγματος.

Γενικές οδηγίες για τη δειγματοληψία

- Πληθυσμός: Το σύνολο του υλικού που πρέπει να αναλυθεί.
- Δείγμα: κλάσμα του πληθυσμού που επιλέγεται για την ανάλυση και μπορεί να αποτελείται από ένα ή περισσότερα υπο-δείγματα από διαφορετικές περιοχές του πληθυσμού.
- Εργαστηριακό δείγμα: μέρος του δείγματος που χρησιμοποιείται για την εργαστηριακή ανάλυση και πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού.

Σχεδιασμός της δειγματοληψίας

Ένα σχέδιο δειγματοληψίας πρέπει να περιλαμβάνει:

- το μέγεθος του δείγματος
- τα σημεία από τα οποία θα επιλεγεί το δείγμα
- τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για τη συλλογή του δείγματος
- τη μέθοδο που θα χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση του δείγματος πριν την ανάλυση
- την απαιτούμενη τεκμηρίωση των διαδικασιών που πραγματοποιήθηκαν κατά τη δειγματοληψία.

Επιλογή σχεδίου δειγματοληψίας

Η επιλογή ενός συγκεκριμένου σχεδίου δειγματοληψίας εξαρτάται από :

- το σκοπό της ανάλυσης
- την ιδιότητα που πρέπει να μετρηθεί
- τη φύση του συνολικού πληθυσμού και των επιμέρους δειγμάτων
- το είδος της αναλυτικής τεχνικής που θα χρησιμοποιηθεί

Σκοπός της ανάλυσης

- **Επίσημα δείγματα τροφίμων:** επιλέγονται από κρατικά εργαστήρια και αναλύονται ώστε να εξασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα είναι ασφαλή και ανταποκρίνονται απαιτήσεις σήμανσης και νομοθεσίας.
- **Πρώτες ύλες:** αναλύονται πριν από την αποδοχή από το εργοστάσιο, ή πριν από τη χρήση σε μια συγκεκριμένη διαδικασία παραγωγής, ώστε να εξασφαλίζεται ότι είναι ασφαλείς.
- **Δείγματα ελέγχου παραγωγικής διαδικασίας:** αναλύονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας για να εξασφαλιστεί ότι η διαδικασία λειτουργεί με αποτελεσματικό τρόπο.
- **Τελικά προϊόντα:** δείγματα του τελικού προϊόντος επιλέγονται και ελέγχονται για να διασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα είναι ασφαλή, πληρούν τις απαιτήσεις σήμανσης και νομοθεσίας και είναι υψηλής και σταθερής ποιότητας.
- **Έρευνα και Ανάπτυξη:** αναλύονται δείγματα από τους επιστήμονες τροφίμων που δραστηριοποιούνται στη βασική έρευνα ή στην ανάπτυξη νέων προϊόντων.
- **Αυθεντικότητα:** Η εμπορική και η διατροφική αξία των τροφίμων καθορίζεται από την ποιότητα των λειτουργικών συστατικών, που περιέχουν. Η σύσταση των φυτικών και ζωικών τροφίμων μπορεί να τροποποιηθεί από την ποικιλία, τη φυλή, το είδος, τη γεωγραφική περιοχή, την εποχή συγκομιδής, το είδος του σιτηρεσίου, κλπ. Για να είναι ως εκ τούτου εφικτοί οι ισχυρισμοί περί της αυθεντικότητας, απαιτείται η ανάπτυξη αναλυτικών τεχνικών, οι οποίες να μπορούν μέσω της εξέτασης συγκεκριμένων συστατικών των τροφίμων, να αποδείξουν τη γνησιότητά τους.

Φύση πληθυσμού

- Πεπερασμένη ή άπειρη
- Συνεχής ή διαμερισματοποιημένη
- Ομοιογενής ή ανομοιογενής

Πεπερασμένη ή άπειρη

Πεπερασμένος πληθυσμός: έχει συγκεκριμένο μέγεθος, π.χ., ένα φορτηγό μήλα, ένα δεξαμενόπλοιο γεμάτο γάλα, ή μια δεξαμενή γεμάτη ελαιόλαδο.

Άπειρος πληθυσμός: δεν έχει συγκεκριμένο μέγεθος, π.χ., ένας μεταφορικός ιμάντας που λειτουργεί συνεχώς, από τον οποίο τα τρόφιμα επιλέγονται περιοδικά.

- Ανάλυση πεπερασμένου πληθυσμού παρέχει πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του πληθυσμού.
- Ανάλυση άπειρου πληθυσμού παρέχει πληροφορίες σχετικά με την παραγωγική διαδικασία.
- Ένας άπειρος πληθυσμός μπορεί να διαιρεθεί σε πεπερασμένους πληθυσμούς, π.χ., όλα τα προϊόντα που παράγονται από μία βάρδια των εργαζομένων, ή όλα τα δείγματα που παράγονται σε μία ημέρα.

Συνεχής ή διαμερισματοποιημένη

Συνεχής πληθυσμός: δεν υπάρχει φυσικός διαχωρισμός μεταξύ των διαφόρων μερών του δείγματος, π.χ., γάλα ή έλαιο που αποθηκεύονται σε μία δεξαμενή.

Διαμερισματοποιημένος πληθυσμός: χωρίζεται σε μια σειρά από ξεχωριστές υπο-ενότητες, π.χ. τυποποιημένα πατατάκια σε κούτες, ή μπουκάλια κέτσαπ που κινούνται κατά μήκος ιμάντα μεταφοράς. Ο αριθμός και το μέγεθος των επιμέρους μονάδων καθορίζει την επιλογή ενός συγκεκριμένου σχεδίου δειγματοληψίας.

Ομοιογενής ή ανομοιογενής

- Αν το τρόφιμο έχει ομοιογενή σύσταση είναι απλή η παραλαβή αντιπροσωπευτικού δείγματος.
- Αν το τρόφιμο έχει ανομοιογενή σύσταση λαμβάνονται μικρές ποσότητες από διάφορα μέρη του τροφίμου, ομογενοποιούνται και από το μίγμα που προκύπτει λαμβάνεται το προς ανάλυση δείγμα.

Μέγεθος του δείγματος

Το μέγεθος του δείγματος που επιλέγεται για ανάλυση εξαρτάται από:

- τις αναμενόμενες διακυμάνσεις των μετρήσεων σε ένα πληθυσμό
- τη σοβαρότητα της γνωμάτευσης εάν ένα μη συμμορφούμενο δείγμα δεν ανιχνεύεται
- το κόστος της ανάλυσης
- το είδος των αναλύσεων που πρόκειται να γίνουν και την ποσότητα του δείγματος που απαιτούν
- την επανάληψη αναλύσεων στο ίδιο δείγμα σε περισσότερες χρονικές περιόδους
- την υποχρέωση φύλαξης του δείγματος μέχρι την ημερομηνία λήξεως αυτού

Απαιτείται η επιλογή σχεδίου δειγματοληψίας με τη χρήση στατιστικής που να καθορίζει τον ελάχιστο αριθμό των υπο-δειγμάτων που πρέπει να αναλυθούν προκειμένου να ληφθεί μια ακριβή αναπαράσταση του πληθυσμού.

Διαδοχική δειγματοληψία: υπο-δείγματα επιλέγονται από τον πληθυσμό και εξετάζονται διαδοχικά έως ότου τα αποτελέσματα είναι επαρκώς καθορισμένα από στατιστική άποψη.

Για βιομηχανικώς συσκευασμένα τρόφιμα πρέπει να λαμβάνεται ολόκληρη η συσκευασία ή ολόκληρα τεμάχια τροφίμου από αυτή.

Σημεία δειγματοληψίας

- Σε ομοιογενείς πληθυσμούς το σημείο δειγματοληψίας δεν έχει σημασία διότι όλα τα υπο-δείγματα έχουν τις ίδιες ιδιότητες.
- Σε ετερογενείς πληθυσμούς η θέση από την οποία επιλέγονται τα υπο-δείγματα είναι εξαιρετικά σημαντική.

- Στην τυχαία δειγματοληψία τα υπο-δείγματα επιλέγονται τυχαία από οποιαδήποτε θέση εντός του πληθυσμού. Επιλέγεται συχνά διότι αποφεύγεται η ανθρώπινη προκατάληψη στην επιλογή των δειγμάτων.
- Στη συστηματική δειγματοληψία τα υπο-δείγματα επιλέγονται συστηματικά αναλόγως με τη θέση ή τη χρονική περίοδο (π.χ. κάθε 10η κούτα σε ένα φορτηγό, ή επιλέγεται δείγμα από έναν ιμάντα μεταφοράς κάθε 2 λεπτά).
- Στην κριτική δειγματοληψία τα υπο-δείγματα επιλέγονται με βάση την κρίση και την εμπειρία του αναλυτή .

Συλλογή του δείγματος

- Η επιλογή του δείγματος μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με το χέρι ή από εξειδικευμένες συσκευές μηχανικής δειγματοληψίας.
- Χειροκίνητη δειγματοληψία μπορεί να περιλαμβάνει την παραλαβή δείγματος από έναν ιμάντα μεταφοράς ή ένα φορτηγό, ή με τη χρήση ειδικών δοχείων για τη συλλογή δειγμάτων από μια δεξαμενή ή σάκο.
- Ο τρόπος με τον οποίο επιλέγονται τα δείγματα καθορίζονται από τα σχέδια δειγματοληψίας.

Προετοιμασία δειγμάτων

- Για στερεά τρόφιμα απαιτείται κατάτμηση αυτών με χρήση οικιακών συσκευών (μύλος, γουδί, τρίφτης).
- Για υγρά τρόφιμα απαιτείται ανάδευση πριν τη δειγματοληψία (γάλα, έλαια, κλπ.).
- Ομογενοποίηση δειγμάτων μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μηχανικές συσκευές ή χημικές / ενζυμικές μεθόδους.
- Μετά την επιλογή του δείγματος πρέπει να διασφαλιστεί ότι δεν υφίστανται οποιεσδήποτε αλλαγές στις ιδιότητές του από τη στιγμή της δειγματοληψίας μέχρι τη διεξαγωγή της ανάλυσης.

Αλλοιώσεις δειγμάτων

- **Φυσικές:** Προσρόφηση υγρασίας ή απώλεια υγρασίας και πτητικών ουσιών, κρυστάλλωση λίπους, μεταβολή δομικών ιδιοτήτων.
- **Χημικές:** οξείδωση λιπαρών ουσιών, υποβάθμιση βιταμινών.
- **Ενζυμικές:** δράση των ενζύμων που μπορεί να προκαλέσει μεταβολές στη σύσταση του δείγματος.
- **Μικροβιολογικές:** δράση μικροοργανισμών που υπάρχουν ήδη στο δείγμα.
- **Επιμολύνσεις:** κακός χειρισμός, επαφή με άλλα δείγματα, ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης, ή κακή συσκευασία.

Συντήρηση δειγμάτων

- Πρέπει να συσκευάζονται σωστά και να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή αλλοιώσεων ή επιμολύνσεων.

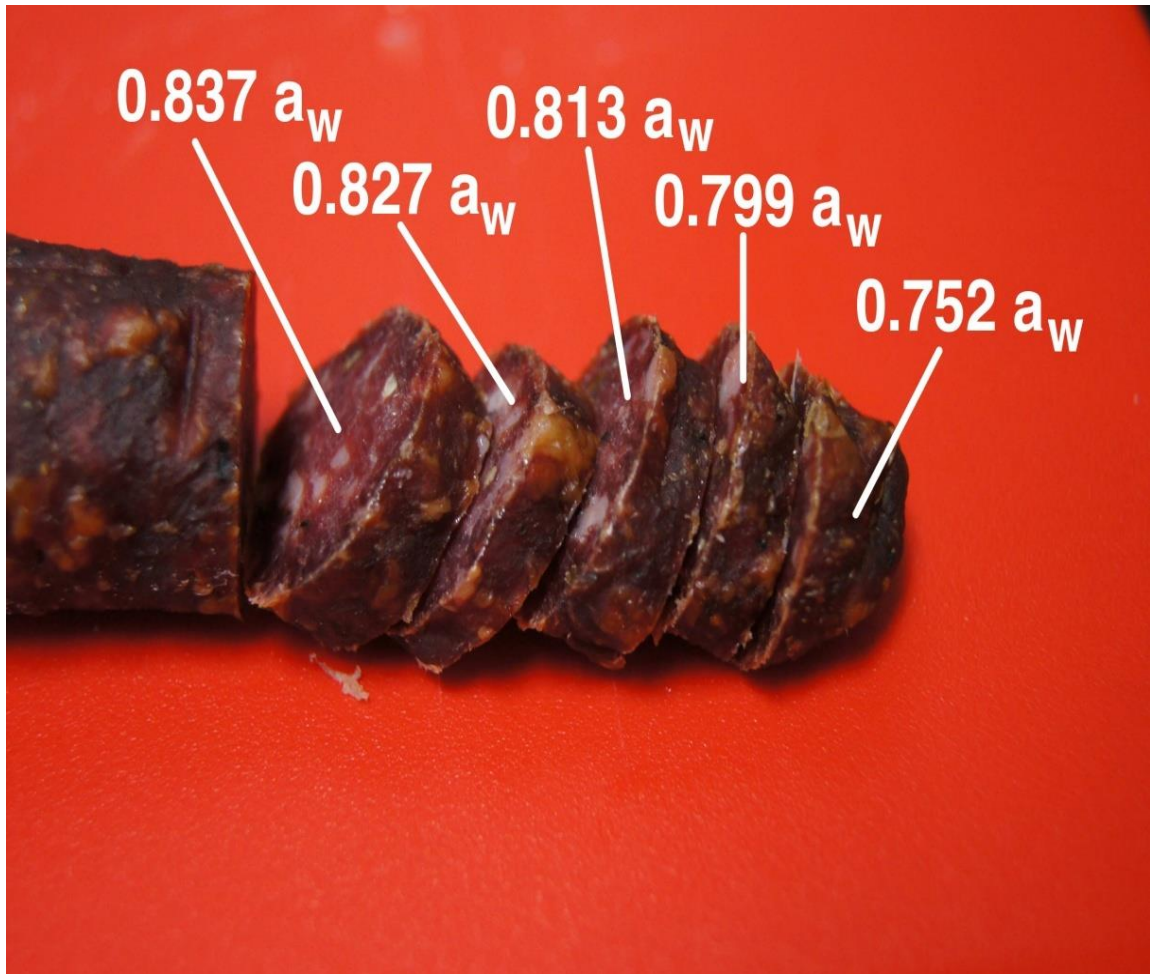
- Η κατάψυξη, λυοφιλίωση, ξήρανση, θερμική επεξεργασία και η προσθήκη χημικών συντηρητικών χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της δραστηριότητας των ενζύμων και της ανάπτυξης των μικροβίων στα τρόφιμα.
- Συσκευασία κενού ή αδρανούς ατμόσφαιρας, αποθήκευση σε σκοτεινούς χώρους ή σκουρόχρωμες φιάλες και σε θερμοκρασία ψύξης αποτρέπουν τις οξειδώσεις.
- Για ευαλλοίωτα τρόφιμα πρέπει να γίνουν άμεσα οι αναλύσεις των συστατικών που με την παραμονή μπορεί να αλλοιωθούν.

Είδη αναλύσεων

- Χημικές
- Μικροβιολογικές
- Οργανοληπτικές
- Αυθεντικότητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

Προσδιορισμός Υγρασίας Τροφίμου



<https://www.google.gr/imgres?imgurl=http://waterinfood.com/wp-content/uploads/2011/05/SalamiSampling.jpg&imgrefurl=http://waterinfood.com/2011/05/04/how-sampling-affects-water-activity-on-sausage/&h=3264&w=4912&tbnid=uCLlvo3yMcrNpM:&docid=BBCYE4Xin6iHSM&ei=-A30VsDHMsHbPJT0pIgO&tbnm=isch&ved=0ahUKEwjAo8jR19nLahXBLQ8KHRQ6CeEQMwg-KBwwHA>

Γενικά

Η μέτρηση της υγρασίας των τροφίμων είναι ιδιαίτερως σημαντική για τους παρακάτω λόγους:

- **Απαιτήσεις νομοθεσίας:** υπάρχουν θεσμοθετημένα όρια για τη μέγιστη ή την ελάχιστη περιεκτικότητα υγρασίας ανάλογα με το είδος του τροφίμου.
- **Οικονομικοί λόγοι:** το νερό αποτελεί το φθηνότερο και το συνηθέστερο μέσο νόθευσης των τροφίμων. Επίσης το περιεχόμενο νερό επιβαρύνει το κόστος του τροφίμου.
- **Μικροβιακή σταθερότητα:** η ανάπτυξη των μικροοργανισμών στα τρόφιμα εξαρτάται από την περιεκτικότητά τους σε υγρασία.
- **Ποιότητα τροφίμων:** η υφή, η γεύση, η εμφάνιση και η σταθερότητα των τροφίμων εξαρτάται από την περιεχόμενη υγρασία.
- **Επεξεργασία Τροφίμων:** η γνώση της περιεκτικότητας τροφίμου σε υγρασία είναι απαραίτητη ώστε να προβλεφθεί η συμπεριφορά του κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του, π.χ. ανάμιξη, ξήρανση, ρευστότητα ή συσκευασία.

Η σημασία του νερού

- Το νερό είναι το κύριο συστατικό των τροφίμων και συμβάλλει στη δομή, την εμφάνιση και τη διατηρησιμότητά τους.
- Είναι απαραίτητο για πολλές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού.
- Πρέπει να λαμβάνονται 35 g νερού/kg σωματικού βάρους.
- Τα τρόφιμα έχουν διαφορετική περιεκτικότητα σε νερό (κρέας: 50-81%, φρούτα: 80-95%, λαχανικά: 74-95%).

Ιδιότητες νερού στα τρόφιμα

- Τα μόρια του νερού σε ένα τρόφιμο μπορεί να βρίσκονται σε διαφορετικές μορφές οπότε να χαρακτηρίζονται από διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες.
- Το νερό στα τρόφιμα βρίσκεται υπό τη μορφή δεσμευμένου (bound) ή ελεύθερου (free) νερού.
- Το ποσό του δεσμευμένου νερού διαφέρει από τρόφιμο σε τρόφιμο.
- Το δεσμευμένο νερό κατανέμεται στα μη υδατικά συστατικά του τροφίμου και παρουσιάζει σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες από αυτές του συνόλου του ελεύθερου νερού.
- Το δεσμευμένο νερό παγώνει σε θερμοκρασία μικρότερη των $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, δεν αποτελεί διαλύτη προστιθέμενων ουσιών ούτε δρα ως χημικό αντιδραστήριο.

Μορφές νερού

Ελεύθερο νερό: είναι ελεύθερο από άλλα συστατικά. Οι φυσικοχημικές του ιδιότητες (σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως, πυκνότητα, συμπιεστότητα, θερμότητα εξάτμισης) είναι ίδιες με εκείνες του καθαρού νερού.

Παγιδευμένο νερό: διατηρείται μεταξύ ορισμένων συστατικών των τροφίμων λόγω των τριχοειδών δυνάμεων. Οι φυσικοχημικές του ιδιότητες είναι παρόμοιες με εκείνες του ελεύθερου νερού.

Φυσικά δεσμευμένο νερό ή γειτνιαζόν: είναι σε μοριακή επαφή με άλλα συστατικά τροφίμων, π.χ. πρωτεΐνες, υδατάνθρακες ή μέταλλα. Οι δεσμοί μεταξύ των μορίων του νερού και των συστατικών αυτών είναι ιοντικής φύσεως, διαφορετικοί από τους δεσμούς ύδατος-ύδατος και έτσι αυτό το είδος νερού έχει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες από το ελεύθερο νερό.

Χημικά δεσμευμένο νερό: χημικά συνδεδεμένο με άλλα μόρια του τροφίμου με δεσμούς πολύ ισχυρότερους από τους δεσμούς ύδατος-ύδατος π.χ. είναι μέρος των υδριτών ή βρίσκεται στα κενά των πρωτεϊνών. Έχει διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες π.χ. χαμηλότερο σημείο τήξεως, σημείο ζέσεως υψηλότερο, υψηλότερη πυκνότητα, χαμηλότερη συμπιεστότητα, υψηλότερη θερμότητα εξάτμισης, κλπ.

Επιλογή αναλυτικής μεθόδου

Οι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου προσδιορισμού υγρασίας σε τρόφιμο είναι:

1. Η φύση του τροφίμου
2. Οι μορφές του νερού στο τρόφιμο
3. Η επιθυμητή ακρίβεια
4. Η ταχύτητα του προσδιορισμού
5. Το κόστος της συσκευής

Η απομάκρυνση του νερού από τα τρόφιμα είναι τόσο δυσκολότερη όσο ισχυρότερα είναι αυτό δεσμευμένο. Το ελεύθερο νερό απομακρύνεται ευκολότερα και η θερμότητα εξάτμισης του είναι η ίδια με του καθαρού νερού.

Τα τρόφιμα είναι ετερογενή υλικά που περιέχουν διαφορετικές αναλογίες χημικά δεσμευμένου, φυσικά δεσμευμένου, παγιδευμένου και ελεύθερου ύδατος.

Επιπλέον, μπορεί να περιέχουν νερό σε διαφορετικές φυσικές καταστάσεις: αέριο, υγρό ή στερεό.

Το γεγονός ότι τα μόρια του νερού μπορεί να υπάρχουν σε διαφορετικές μορφές, με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες, δυσχεραίνει την ανάλυσή του.

Η μετρηθείσα τιμή της περιεκτικότητας σε υγρασία συγκεκριμένου τροφίμου εξαρτάται από την αναλυτική μέθοδο που χρησιμοποιείται.

Υπάρχει πολλές φορές ενδιαφέρον για τον καθορισμό των ποσοτήτων νερού σε συγκεκριμένες μορφές αντί της συνολικής περιεκτικότητας σε νερό.

Η ανάπτυξη μικροβιακού φορτίου σε τρόφιμο εξαρτάται από την ποσότητα του ελεύθερου νερού και όχι απαραίτητα από την συνολική ποσότητα του υπάρχοντος νερού.

Υπάρχουν αναλυτικές τεχνικές που μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την ποσότητα των διαφορετικών μορφών νερού (π.χ. NMR, τάση ατμών, κλπ.).

Κατάταξη μεθόδων προσδιορισμού υγρασίας

1. Μέθοδοι που βασίζονται στο διαχωρισμό του νερού από τα υπόλοιπα συστατικά του τροφίμου και τον άμεσο ή έμμεσο προσδιορισμό του.
2. Μέθοδοι που βασίζονται στη μέτρηση φυσικής ιδιότητας του τροφίμου που μεταβάλλεται αναλόγως με την περιεχόμενη σε αυτό υγρασία.
3. Μέθοδοι που βασίζονται στις χημικές ιδιότητες του νερού.

Μέθοδοι με εξάτμιση του νερού (έμμεσες)

Η περιεκτικότητα σε υγρασία προσδιορίζεται με τη μέτρηση της μάζας του τροφίμου πριν και μετά την απομάκρυνση του νερού με εξάτμιση.

Η μέθοδος βασίζεται στο ότι το νερό έχει χαμηλότερο σημείο ζέσεως από τα άλλα κύρια συστατικά του τροφίμου (λιπίδια, πρωτεΐνες, υδατάνθρακες και ανόργανα άλατα).

Οι υψηλές θερμοκρασίες και ο χρόνος που απαιτείται για την εξάτμιση του νερού, μπορεί να προκαλέσει την απομάκρυνση άλλων πτητικών ουσιών του τροφίμου.

Τα αποτελέσματα δεν είναι πάντα ακριβή και επαναλήψιμα.

A. Είδη μεθόδων με εξάτμιση νερού

1) Ξήρανση σε πυριαντήριο

Ζυγίζεται μικρή ποσότητα δείγματος τροφίμου σε προζυγισμένο φιαλίδιο ζυγίσεως και τοποθετείται σε πυριαντήριο σε 100-110 °C μέχρι σταθερού βάρους.



https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwj5IN2C19nLahUGUhQKHdNcDweQjRwIBQ&url=https%3A%2F%2Fclass.teiath.gr%2Fmodules%2Fdocument%2Ffile.php%2FTTT121%2F%25CE%25A3%25CE%25B7%25CE%25BC%25CE%25B5%25CE%25AF%25CF%2589%25CF%2583%25CE%25B5%25CE%25B9%25CF%2582%2520%25CE%2591%25CE%25BD%25CE%25AC%25CE%25BB%25CF%2585%25CF%2583%25CE%25B7%25CF%2582%2520%25CE%25A4%25CF%2581%25CE%25BF%2520%25CF%2586%25CE%25AF%25CE%25BC%25CF%2589%25CE%25BD%2C%2520%25CE%2592.%2520%25CE%25A3%25CE%25B9%25CE%25BD%25CE%25AC%25CE%25BD%25CE%25BF%25CE%25B3%25CE%25BB%25CE%25BF%25CF%2585.pdf&psig=AFQjCNE8B6_yKeKS_y6L3umqhw-40sHXQ&ust=1458921163203276

2) Ξήρανση σε κλίβανο κενού

Ζυγισμένα δείγματα τοποθετούνται υπό ελαττωμένη πίεση (25-100 mmHg) σε φούρνο κενού για καθορισμένο χρονικό διάστημα και θερμοκρασία μέχρι σταθερού βάρους. Η μέθοδος πλεονεκτεί έναντι άλλων διότι με την ελαττωμένη πίεση μειώνεται και το σημείο ζέσεως του νερού και ο χρόνος εξάτμισης οπότε περιορίζεται η απομάκρυνση πτητικών ουσιών του τροφίμου.



3) Ξήρανση σε φούρνο μικροκυμάτων

Ζυγισμένα δείγματα τοποθετούνται σε φούρνο μικροκυμάτων για καθορισμένο χρονικό διάστημα και επίπεδο ισχύος μέχρι σταθερού βάρους. Η μέθοδος απαιτεί τυποποίηση ώστε η ενέργεια των μικροκυμάτων να εφαρμόζεται ομοιόμορφα σε όλο το δείγμα.



4) Ξήρανση με συσκευή υπέρυθρων ακτίνων (Θερμοζυγός Sauter)

Ζυγισμένα δείγματα τοποθετούνται κάτω από λάμπα υπέρυθρου. Η μέθοδος είναι γρήγορη αλλά είναι σημαντικό να ελέγχονται οι διαστάσεις του δείγματος και η απόστασή του από τη λάμπα.



Παρατηρήσεις

Διαστάσεις δείγματος: Ο ρυθμός απομάκρυνσης της υγρασίας εξαρτάται από το μέγεθος, την επιφάνεια και το σχήμα του δείγματος.

Σχηματισμός κρούστας: Μερικά δείγματα σχηματίζουν μία ημι-διαπερατή επιφανειακή κρούστα κατά τη διάρκεια της ξήρανσης, που εμποδίζει την απώλεια της υγρασίας. Τέτοια δείγματα αναμιγνύεται με αποξηραμένη άμμο που αποτρέπει το σχηματισμό κρούστας.

Ανύψωση του σημείου ζέσεως του νερού: Ο ρυθμός της απώλειας υγρασίας από το δείγμα είναι βραδύτερος από τον αναμενόμενο.

Μορφή νερού: Το ελεύθερο νερό απομακρύνεται πολύ ευκολότερα από το φυσικά και χημικά δεσμευμένο νερό.

Αποσύνθεση άλλων συστατικών του τροφίμου: Αν η θερμοκρασία της ξήρανσης είναι πολύ υψηλή ή η ξήρανση παρατείνεται χρονικά, μπορεί να αποσυντεθούν θερμικά ευαίσθητα συστατικά. Αυτό θα τροποποιεί τη μάζα του ξηρού υπολείμματος και δίνει εσφαλμένο αποτέλεσμα για την περιεχόμενη υγρασία.

Απομάκρυνση πτητικών συστατικών τροφίμων: Θεωρείται ότι η απώλεια βάρους των τροφίμων κατά τη θέρμανση οφείλεται εξ ολοκλήρου στην εξάτμιση του νερού. Στην πράξη, τα τρόφιμα συχνά περιέχουν άλλα πτητικά συστατικά τα οποία μπορεί επίσης να απομακρυνθούν κατά τη θέρμανση. Αν τα πτητικά συστατικά περιέχονται σε πολύ μικρό ποσοστό, η απώλειά τους μπορεί να αγνοηθεί. Για τα τρόφιμα που περιέχουν σημαντικές ποσότητες πτητικών συστατικών (π.χ. μπαχαρικά και βότανα) πρέπει να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό της υγρασίας τους, π.χ. απόσταξη, χημικές ή φυσικές μέθοδοι.

Δείγματα με υψηλή περιεκτικότητα υγρασίας: Ξηραίνονται σε δύο στάδια για να αποφευχθεί η βίαια απομάκρυνση ύδατος με κίνδυνο να μεταφέρει και άλλα συστατικά. Στο πρώτο στάδιο το τρόφιμο εξατμίζεται σε ατμόλουτρο και μετά ολοκληρώνεται η ξήρανσή του σε κλίβανο.

Μεταβολές της θερμοκρασίας και της στάθμης ισχύος: Οι περισσότερες μέθοδοι εξάτμιση ορίζουν μια συγκεκριμένη θερμοκρασία ή επίπεδο ενέργειας για να ξηραθεί το δείγμα. Στην πράξη, σε ένα μέσο εξάτμισης υπάρχουν σημαντικές διακυμάνσεις στη θερμοκρασία ή τα επίπεδα ισχύος. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να τυποποιηθεί η διαδικασία ώστε να δίνει επαναλήψιμα αποτελέσματα.

Φιαλίδια ζυγίσεως: Πρέπει να είναι προζυγισμένα, να γίνεται ο χειρισμός τους με λαβίδα και να διαθέτουν πώμα ώστε να αποφεύγεται η εκτίναξη ύδατος. Χρησιμοποιούνται φιαλίδια γυάλινα ή αλουμινίου τα οποία πλεονεκτούν διότι έχουν υψηλή θερμική αγωγιμότητα.

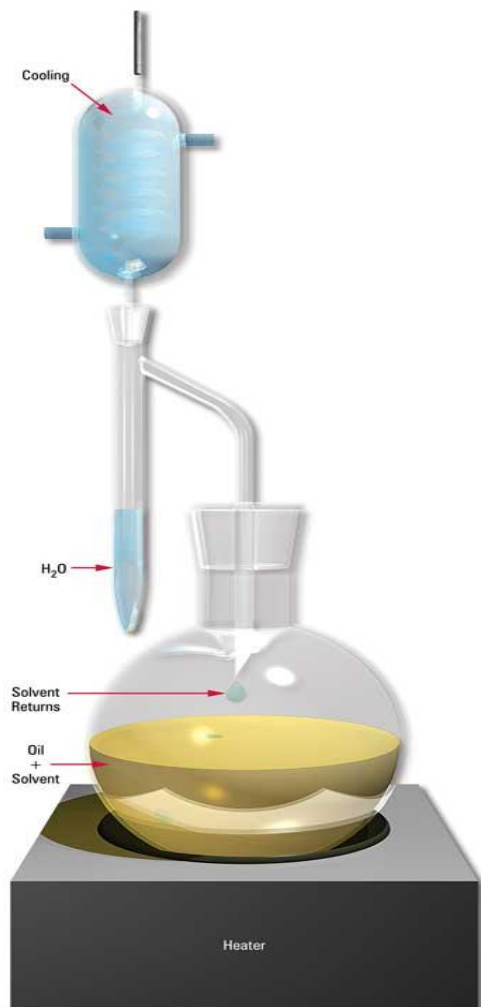
B. Μέθοδοι με απόσταξη του νερού (άμεσες)

Βασίζεται στον άμεσο προσδιορισμό του νερού των τροφίμων μέσω της συναποστάξεώς του με έναν οργανικό διαλύτη (ξυλόλιο ή τολουόλιο) που έχει υψηλότερο σημείο ζέσεως και χαμηλότερο ειδικό βάρος από το νερό και δεν αναμιγνύεται με αυτό (μέθοδος DeanandStark). Το νερό συλλέγεται σε βαθμονομημένο σωλήνα και η απόσταξη διακόπτεται όταν ο όγκος του νερού σταθεροποιηθεί.

Πλεονεκτήματα μεθόδου

1. Είναι ταχύτερη της έμμεσης

2. Οι πτητικές ουσίες παραμένουν διαλυμένες στον οργανικό διαλύτη
3. Δεν συμβαίνουν οξειδώσεις των λιπαρών ουσιών
4. Μπορεί να εφαρμοσθεί σε ευκόλως αποσυντιθέμενα τρόφιμα.
5. Είναι κατάλληλη για τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα σε υγρασία.



Σχήμα: Μέθοδος απόσταξης για τον προσδιορισμό της υγρασίας

http://media.noria.com/sites/archive_images/Backup_200509_la-distill-method-fig7.jpg

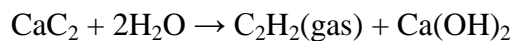
Γ. Χημικές μέθοδοι

Βασίζονται στην αντίδραση του νερού του τροφίμου με κάποια χημικά αντιδραστήρια.

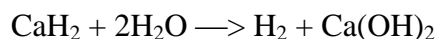
Οι σημαντικότερες χημικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται συνήθως στη βιομηχανία τροφίμων είναι η ταχεία μέθοδος διασπάσεως του ανθρακασβεστίου, η μέθοδος με υδρίδιο του ασβεστίου και η μέθοδος αερίου παραγωγής Karl- Fisher.

1) Ταχείες χημικές μέθοδοι

1) Βασίζεται στη διάσπαση του ανθρακασβεστίου από το νερό και τη μέτρηση του εκλυομένου ακετυλενίου. Εφαρμόζεται κυρίως για τον προσδιορισμό υγρασίας σε τρόφιμα υπό μορφή σκόνης, όπως άλευρα, κλπ.



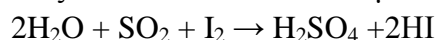
2) Αντίδραση υδριδίου του ασβεστίου με νερό προς σχηματισμό H₂.



2) Τιτλοδότηση Karl-Fisher

Η τιτλοδότηση **Karl-Fisher** χρησιμοποιείται για τρόφιμα με χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας (αποξηραμένα φρούτα και λαχανικά, είδη ζαχαροπλαστικής, καφές, κλπ.).

Βασίζεται στην οξειδοαναγωγική αντίδραση του ύδατος με μοριακό ιώδιο και διοξείδιο του θείου σε διάλυμα πυριδίνης-μεθανόλης:



Το νερό του τροφίμου αντιδρώντας με το μοριακό ιώδιο (σκούρο κόκκινο) παράγει υδροϊώδιο με ταυτόχρονο αποχρωματισμό του διαλύματος.

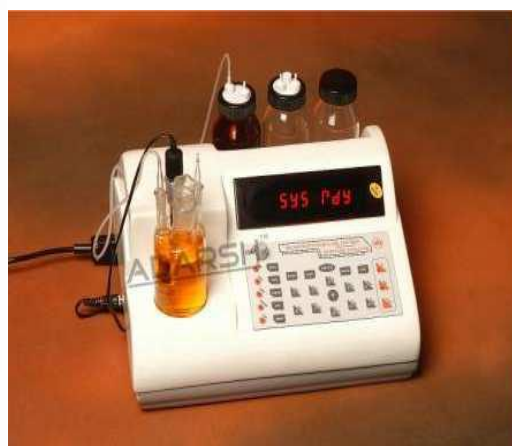
Το τελικό σημείο της ογκομέτρησης αντιστοιχεί στην επικράτηση του χρώματος του ιωδίου που παραμένει στο διάλυμα λόγω εξαντλήσεως του νερού και του διοξειδίου του θείου.

Αντιδράσεις αναλυτικά

Η ογκομέτρηση λαμβάνει χώρα σε διάλυμα πυριδίνης-μεθανόλης διότι αποτρέπει την εξάτμιση του μοριακού ιωδίου και του διοξειδίου του θείου.



Συσκευές Karl-Fisher



Πλεονεκτήματα

- Υψηλή ακρίβεια για χαμηλές υγρασίες (<1%)
- Απεριόριστο εύρος 1 ppm – 100 %
- Επιλεκτική (παρουσία πτητικών ενώσεων)
- Μικρή χρονική διάρκεια ανάλυσης
- Εύκολη αυτοματοποίηση

Μειονεκτήματα

- Απαιτεί ειδικό εξοπλισμό
- Χρησιμοποιεί χημικά

Δ. Φυσικές μέθοδοι

Οι φυσικές μέθοδοι βασίζονται στο γεγονός ότι το νερό έχει σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες από το σύνολο των συστατικών του τροφίμου π.χ. πυκνότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα ή δείκτη διάθλασης.

Αυτές οι μέθοδοι είναι συνήθως κατάλληλες μόνο για την ανάλυση τροφίμων για τα οποία η σύστασή τους δεν μεταβάλλεται αλλά μεταβάλλεται η αναλογία νερού προς τα συστατικά του τροφίμου.

Για παράδειγμα, η περιεκτικότητα σε νερό γαλακτώματος ελαίου σε νερό μπορεί να προσδιοριστεί με μέτρηση της πυκνότητας ή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, επειδή η πυκνότητα και η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού είναι σημαντικά υψηλότερες από αυτές του ελαίου.

Εάν μεταβάλλεται και η σύσταση του τροφίμου και η αναλογία νερού προς τα συστατικά του τροφίμου, τότε δεν είναι εφικτός ο ακριβής προσδιορισμός της περιεχόμενης υγρασίας. Στις περιπτώσεις αυτές μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνδυασμός δύο ή περισσότερων φυσικών μεθόδων π.χ. μετρήσεις πυκνότητας σε συνδυασμό με τις μετρήσεις της ηλεκτρικής αγωγιμότητας.

Ε. Φασματοσκοπικές μέθοδοι

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι βασίζονται στην αλληλεπίδραση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με την ύλη ώστε να προκύψουν συμπεράσματα σχετικά με τη σύστασή της π.χ. ακτίνες X, φασματοφωτομετρία υπεριώδους -ορατού, NMR, IR και μικροκύματα .

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι αναπτύχθηκαν για τη μέτρηση της περιεχόμενης υγρασίας των τροφίμων διότι το νερό απορροφά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε διαφορετικά μήκη κύματος από αυτά των άλλων συστατικών των τροφίμων.

Οι πιο διαδεδομένες μέθοδοι βασίζονται στην απορρόφηση μικροκυμάτων ή υπέρυθρης ακτινοβολίας από τα τρόφιμα.

Η απορρόφηση ακτινοβολίας στην περιοχή των μικροκυμάτων και του υπέρυθρου προκαλούν δονήσεις ή περιστροφές μορίων. Η ανάλυση πραγματοποιείται σε μήκος κύματος, όπου μόνο τα μόρια του νερού απορροφούν ακτινοβολία .

Όσο υψηλότερη είναι η περιεχόμενη υγρασία, τόσο μεγαλύτερη η απορρόφηση.

Το πλεονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι αφ' ενός ο ελάχιστος χρόνος που απαιτείται για την ανάλυση και αφ' ετέρου ότι δεν απαιτείται προετοιμασία του δείγματος.

Έχει μεγάλη εφαρμογή για τον έλεγχο ποιότητας και τη γρήγορη μέτρηση πολλών δειγμάτων.

Προσδιορισμός υγρασίας με φασματοσκοπία ^1H NMR

Βασίζεται στην απορρόφηση ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων (RF) από το υδρογόνο των μορίων του νερού.

Η διαφορά στους χρόνους πυρηνικής μαγνητικής αποδιέγερσης χρησιμοποιείται για να προσδιοριστούν οι σχετικές ποσότητες των δύο τύπων νερού σε διάφορα τρόφιμα.

Πλεονεκτήματα

- Καμία κατεργασία δείγματος
- Χρόνος ανάλυσης μερικά λεπτά
- Επίσημη μέθοδος



Σχήμα: Εγκατάσταση αναλυτή NMR

https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fwww.crcr.uga.edu%2F~ccrcnmr%2Fnmrfacility.html&psig=AFQjCNEzFUdeUG2e-hVhPJl56T5i_Kd3pg&ust=1458845831168674

Z. Μέθοδος μέτρησης ενεργότητας ύδατος

Ως ενεργότητα ύδατος ορίζεται ο λόγος της τάσης ατμών του νερού του τροφίμου προς την τάση ατμών του καθαρού νερού στην ίδια θερμοκρασία.

Αντιπροσωπεύει το ελεύθερο νερό του τροφίμου. Το φυσικώς ή χημικώς δεσμευμένο νερό είναι πολύ λιγότερο πτητικό από το ελεύθερο νερό και ως εκ τούτου η ενεργότητα ύδατος είναι ενδεικτική της ποσότητας του ελεύθερου νερού.

Το επίπεδο του μη δεσμευμένου νερού σχετίζεται με τη χημική, μικροβιακή και ενζυμική σταθερότητα των τροφίμων και αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη συντήρηση συγκεκριμένων κατηγοριών τροφίμων.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι για τη μέτρηση της ενεργότητας ύδατος.

Στην πιο διαδεδομένη το δείγμα που πρόκειται να αναλυθεί τοποθετείται σε ένα κλειστό δοχείο ώστε να αποκατασταθεί ισορροπία με τους κορεσμένους ατμούς του. Μετράται η ποσότητα των κορεσμένων ατμών και συγκρίνεται με εκείνη του καθαρού νερού υπό τις ίδιες συνθήκες.

Τιμές ενεργότητας

- $a_w : 0,97 - 1$ (τρόφιμα υψηλής υγρασίας, HMF). Εξαιρετικά ευαίσθητα από τη δράση μικροοργανισμών, (γάλα, φρούτα, λαχανικά και κρέας).
- $a_w < 0,6$ (τρόφιμα χαμηλής υγρασίας, LMF). Σταθερά σε αλλοιώσεις (σκόνη γάλακτος και δημητριακά).
- $a_w : 0,6 - 0,9$ (τρόφιμα ενδιάμεσης υγρασίας, IMF). Σταθερά χωρίς ψύξη ή θερμική επεξεργασία, (τυρί, μαρμελάδες και ζελέ) που μπορεί να είναι επιρρεπή σε ενζυμική αμάυρωση ή αντίδραση Maillard.

Πίνακας: Περιεκτικότητα υγρασίας σε g / 100 g τροφίμων

Προϊόν	Υγρασία g / 100g	Προϊόν	Υγρασία g / 100g
Κρέας	65-75	Βούτυρο Μαργαρίνη	16-18
Γάλα, γιαούρτι	87	Δημητριακά, μακαρόνια	10-11
Ψάρια, Μαλάκια	70-85	Καφές καβουρντισμένος	5
Φρούτα Λαχανικά	70-90	Σκόνη γάλακτος, Ζάχαρη	2-4
Αυγά	70-75	Ξηροί καρποί	1.6-5
Ψωμί	35	Σνακ δημητριακών	3--4
Μέλι	15-20	Βρώσιμα έλαια	0

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.

Προσδιορισμός Περιεκτικότητας Άλατος Τροφίμου



Είδη άλατος

Ορυκτό αλάτι. Το 70% της παγκόσμιας κατανάλωσης καλύπτεται από το ορυκτό αλάτι. Το ορυκτό αλάτι εξάγεται και παραλαμβάνεται με εξόρυξη ή με διάλυση.

Θαλασσινό αλάτι. Αποτελεί το κύριο συστατικό του θαλασσινού ύδατος, Όλες οι θάλασσες δεν έχουν την ίδια περιεκτικότητα σε αλάτι. Η αναλογία στις βόρειες θάλασσες είναι περίπου 3%, στη Μεσόγειο κυμαίνεται από 3,8-4%, ενώ στη Νεκρά Θάλασσα φτάνει το 8%.

Ορυκτό αλάτι Ιμαλαΐων



https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fes.123rf.com%2Fphoto_18445763_primer-plano-de-rosa-del-himalaya-sal-de-roca.html&bvm=bv.117604692,d.ZWU&psig=AFQjCNH21JjtFyvF9gjQPKsxLLKKQSm9LA&ust=1458921517387834

Αλάτι Μαύρο Ινδίας



<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fgezegentilsimlari.com%2Fsiyah-tuz-15gram&bvm=bv.117604692,d.ZWU&psig=AFQjCNH21JjtFyvF9gjQPKsxLLKKQSm9LA&ust=1458921517387834>

Αλάτι Κόκκινο από ηφαιστειακή λάβα



https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwihucPH2mLahXHvBQKHVOJDSwQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.koliandros.gr%2F2016%2F02%2Fblog-post_7.html&bvm=bv.117604692,d.ZWU&psig=AFQjCNHATxQj-hZcm-q4GChoHgpsziktYg&ust=1458922101558538

Αλάτι κόκκινο Χαβάης



http://www.anatoli-spices.gr/scripts/view_products.php?pid=96

Αλάτι Μεταλλικό



http://landwehrle.com/stockphotography/wp-content/uploads/symbiostock_rf_content/2592-digital-image-of-blue-salt-flats-and-mountains.jpg

Θαλασσινό αλάτι



<http://pimg.tradeindia.com/00231116/b/0/Solar-Salt.jpg>

Αλάτι Περσίας







<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fwww.aptonparagogo.gr%2F%25CF%2580%25CF%2581%25CE%25BF%25CF%258A%25CF%258C%25CE%25BD%2F%25CE%25B1%25CE%25BB%25CE%25B1%25CF%2584%25CE%25B9-%25CE%25BC%25CF%2580%25CE%25BB%25CE%25B5-%25CF%2580%25CE%25B5%25CF%2581%25CF%2583%25CE%25B9%25CE%25B1%25CF%2583-100%25CE%25B3%25CF%2581%2F&bvm=bv.117604692,d.ZWU&psig=AFQjCNFBflmH54K6EmwtNzivX2e1hN6mZQ&ust=1458922240916046>

Προσθήκη άλατος σε τρόφιμα

Το χλωριούχο νάτριο (αλάτι) προστίθεται στα τρόφιμα:

1. για τη διατήρηση ή βελτίωση των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους (τροποποιητής γεύσης, ενισχυτής χρώματος, βελτιωτικό υφής)
2. ως συντηρητικό μέσον
3. αναστέλλει την ανάπτυξη των παθογόνων παραγόντων
4. ως σταθεροποιητής



-  5% added while cooking
-  6% added while eating
-  12% from natural sources
-  77% from processed and prepared foods

Σημασία του NaCl στη διατροφή

- Συμμετέχει στην ισορροπία των ηλεκτρολυτών του οργανισμού.
- Βοηθά στη μετάδοση των νευρικών ερεθισμάτων
- Επιδρά στη σύσπαση και χαλάρωση των μυών
- Είναι ορεκτικό, διευκολύνει την πέψη, συντελεί στην έκκριση των γαστρικών υγρών (κύρια πηγή HCl), αποτρέπει τη δυσκοιλιότητα και βοηθάει στον μεταβολισμό τροφών που περιέχουν πρωτεΐνες.
- Είναι ωφέλιμο σε ορισμένες παθολογικές καταστάσεις, γιατί εμποδίζει τις εσωτερικές αιμορραγίες, δρα σαν καθαρτικό κ.λπ.
- Συντελεί στην αύξηση των ερυθρών αιμοσφαιρίων και τα βοηθά να προσλαμβάνουν ευκολότερα οξυγόνο

Μειονεκτήματα του NaCl

Η υπερβολική κατανάλωση αλατος έχει συνδεθεί με την ανάπτυξη αρτηριακής πίεσης, καρδιαγγειακών νοσημάτων και εγκεφαλικών επεισοδίων όπως και τον κίνδυνο μειωμένης νεφρικής λειτουργίας.

Η υψηλή πρόσληψη αλατιού μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο εμφάνισης έλκους και καρκίνου στο στομάχι.



© Toons4Biz * www.ClipartOf.com/7389



Ημερήσια πρόσληψη αλατιού

- Η ελάχιστη ποσότητα νατρίου που χρειάζεται ένας υγιής ενήλικας εκτιμάται ότι είναι 1,5 g ημερησίως, που αντιστοιχεί σε 3,8 g NaCl ημερησίως.
- Η Ευρωπαϊκή Αρχή Ασφάλειας των Τροφίμων (EFSA) ορίζει ως τιμή αναφοράς ημερήσιας πρόσληψης αλατιού τα 6 g NaCl και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συστήνει τα 5 g NaCl.
- Στις ανεπτυγμένες χώρες, η μέση ημερήσια πρόσληψη άλατος υπολογίστηκε στα 9-12 g/ημέρα και έως το 80% του άλατος προέρχεται από επεξεργασμένα τρόφιμα.
- Η EFSA συστήνει ότι παιδιά μικρότερα των 11 χρόνων θα πρέπει να προσλαμβάνουν λιγότερο από 6 g NaCl ημερησίως.

Τροφές με υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι

- κατεψυγμένα γεύματα
- σάλτσα ντομάτας
- σούπες
- καρυκεύματα
- κονσερβοποιημένες τροφές
- παρασκευασμένα μείγματα

Προσθήκη άλατος σε προϊόντα τομάτας

- Η προσθήκη του χλωριούχου νατρίου είναι ορισμένη για κάθε προϊόν τομάτας.
- Επίσης καθορίζεται από τη νομοθεσία των χωρών που προορίζεται η κατανάλωση.
- Το προστιθέμενο αλάτι επηρεάζει το ποσοστό των διαλυτών στερεών του τροφίμου
- Ο προσδιορισμός του στους τοματοπολτούς αποτελεί βασικό ποιοτικό στοιχείο.

Αρχή μεθόδου

- Το προζυγισμένο και αραιωμένο δείγμα τροφίμου αναμιγνύεται με γνωστή περίσσεια προτύπου διαλύματος νιτρικού αργύρου (AgNO_3).
- Θέρμανση έως βρασμού για 5 min.
- Ογκομέτρηση της περισσειας του AgNO_3 με πρότυπο διάλυμα θειοκυανιούχου καλίου (KSCN) παρουσία δείκτη Fe^{+3} .
- Το τελικό σημείο της ογκομέτρησης παρατηρείται από το σχηματισμό αιματέρυθρου συμπλόκου FeSCN^{+2} .
- Γίνεται λευκός προσδιορισμός με την ίδια πορεία χωρίς την προσθήκη του διαλύματος νιτρικού αργύρου

Αντιδράσεις

- $\text{Cl}^- + \text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}$ (λευκό ίζημα)
- $\text{Ag}^+ (\text{περ}) + \text{SCN}^- \rightarrow \text{AgSCN}$ (λευκό ίζημα)

- $\text{SCN}^- (\text{περ}) + \text{Fe}^{+3} \rightarrow \text{FeSCN}^{+2}$ (αιματέρυθρο σύμπλοκο)

Υπολογισμοί

- $n(\text{SCN}^-)_{\text{ολικά}} = n(\text{SCN}^-)_1 + n(\text{SCN}^-)_2$
- $n(\text{SCN}^-)_1 = n(\text{Fe}^{+3})$
- $n(\text{Ag}^+) = n(\text{Cl}^-) + n(\text{SCN}^-)_2$

Όπου τα $n(\text{SCN}^-)_1$ προκύπτουν από το λευκό προσδιορισμό

Υπολογίζουμε τα $n(\text{Cl}^-)$, κάνουμε αναγωγή στο αρχικό δείγμα τροφίμου και υπολογίζουμε την ποσότητα του άλατος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.

Προσδιορισμός Τέφρας Τροφίμου



Γενικά για την τέφρα

- Ως τέφρα τροφίμου ορίζεται το απομένον ανόργανο υπόλειμμα μετά την τέλεια καύση του τροφίμου.
- Η τέφρα δεν αντιστοιχεί απαραίτητα στο σύνολο των ανοργάνων συστατικών του τροφίμου.
- Με την καύση κάποια ανόργανα συστατικά οξειδώνονται, ή απομακρύνονται ως πτητικές ουσίες ή αντιδρούν προς άλλες ουσίες.

Στόχοι προσδιορισμού της τέφρας

Για τον καθορισμό της ποιότητας ενός τροφίμου. Η ποιότητα των πολλών τροφίμων εξαρτάται από τη συγκέντρωση και το είδος των ανοργάνων ουσιών που περιέχουν, συμπεριλαμβανομένων της γεύσης, της εμφάνισης, της υφής και της σταθερότητάς τους.

Για τον καθορισμό της διατροφικής αξίας του τροφίμου. Μερικά μέταλλα είναι απαραίτητα για μια υγιεινή διατροφή (π.χ. ασβέστιο, φωσφόρος, κάλιο και νάτριο), ενώ άλλα μπορεί να είναι τοξικά (π.χ. μόλυβδος, υδράργυρος, κάδμιο και αλουμίνιο).

Για τη διατροφική επισήμανση του τροφίμου. Η συγκέντρωση και ο τύπος των ανοργάνων στοιχείων πρέπει να αναφέρονται στην ετικέτα ενός τροφίμου.

Για τη μικροβιολογική σταθερότητα του τροφίμου. Υψηλό περιεχόμενο τέφρας μπορεί να επιβραδύνει την ανάπτυξη ορισμένων μικροοργανισμών.

Για τον έλεγχο της πιθανής νοθείας.

Για την επεξεργασία του τροφίμου. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε την περιεκτικότητα των τροφίμων σε ανόργανα άλατα, διότι επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας τους.

Περιεκτικότητα τέφρας τροφίμων

- Η περιεκτικότητα των τροφίμων σε τέφρα είναι συνήθως μικρότερη από 5%.
- Προϊόντα ζωικής προέλευσης μπορεί να περιέχουν υψηλότερα ποσοστά (όπως το μπέικον έως 6% τέφρα και το αποξηραμένο βόειο κρέας έως 11%).
- Παρά το γεγονός ότι τα μέταλλα αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό στο τρόφιμο μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο από φυσικοχημικής, τεχνολογικής και διατροφικής άποψης.

Παραδείγματα τροφίμων με το αναμενόμενο ποσοστό τέφρας αυτών

Αλεύρι σίτου, ολικής αλέσεως	1,6%
Μακαρόνια	0,7%
Γάλα πλήρες	0,7%
Βούτυρο αλατισμένο	2,1%
Ωμά μήλα με τη φλούδα	0,3%
Μπανάνα	0,8%
Αυγό ωμό	0,9%
Χάμπουργκερ	1.7%

Μέθοδοι προσδιορισμού της τέφρας

Ξηρή αποτέφρωση: σε υψηλή θερμοκρασία

Υγρή αποτέφρωση: με επίδραση οξειδωτικού παράγοντα και / ή οξέος

Αποτέφρωση πλάσματος χαμηλής θερμοκρασίας: ξηρά αποτέφρωση σε μερικό κενό σε χαμηλή θερμοκρασία

1) Ξηρά αποτέφρωση

Για τη διαδικασία της ξηράς αποτέφρωσης απαιτείται θέρμανση σε κλίβανο σε πολύ υψηλή θερμοκρασία μεταξύ 500 και 600°C για πολλές ώρες (12-18 ώρες).

Το νερό και άλλες πτητικές ουσίες εξατμίζονται και οι οργανικές ουσίες καίγονται με την παρουσία του οξυγόνου προς CO₂, H₂O και N₂.

Τα περισσότερα μέταλλα μετατρέπονται σε οξείδια ή σε θειικά, φωσφορικά, χλωριούχα ή πυριτικά άλατα.

Τα στοιχεία Fe, Pb και Hg είναι πτητικά σε αυτές τις υψηλές θερμοκρασίες, οπότε για τον προσδιορισμό τους απαιτείται άλλη μέθοδος αποτέφρωσης σε χαμηλότερη θερμοκρασία.

Στο υπόλειμμα που απομένει μετά την πλήρη οξείδωση της οργανικής ύλης περιέχονται:

- κύρια ανόργανα στοιχεία: K, Na, Mg, Ca, P, Cl
- ιχνοστοιχεία Fe, Zn, Cu, Mn, Ni, Co, Mo, Cr, V, Se, I, F, B, Si, Pb, Cd, Hg, As, Al, Sn ...

Μεθοδολογία ξηράς αποτέφρωσης

- Προζυγισμένη ποσότητα δείγματος φέρεται σε κατάλληλο προζυγισμένο πορσελάνινο υποδοχέα (χωνευτήριο) που έχει προπυρωθεί και ψυχθεί.
- Γίνεται απανθράκωση πάνω από λύχνο Bunsen
- Πύρωση μέχρι σταθερού βάρους στους 550°C για πολλές ώρες (>12 ωρών)
- Ψύξη σε ξηραντήρα
- Ζύγιση
- Υπολογισμός % περιεκτικότητας τέφρας στο τρόφιμο.



<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiejM2g3NnLAhXD0xQKHc9hBzoQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.dea-group.com%2Fen%2Fstandorte%2Fgermany%2Fwietze-laboratory&bvm=bv.117604692,d.ZWU&sig=AFQjCNGKiikaru3m6HPmjfLl8aKZL0rjdQ&ust=1458922525553664>



<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiZ5buM3NnLAhWHchQKHTCKCQUQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fwww.breadlink.co.uk%2Ftechnical.html&bvm=bv.117604692,d.ZWU&sig=AFQjCNGKiikaru3m6HPmjfLl8aKZL0rjdQ&ust=1458922525553664>

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα ξηράς αποτέφρωσης

Πλεονεκτήματα

- Ασφαλής και εύκολη, χωρίς πολλά αντιδραστήρια
- Δε γίνεται χρήση χημικών
- Ανάλυση πολλών δειγμάτων ταυτόχρονα
- Παραγωγή τέφρας για περαιτέρω ανάλυση μετάλλων

Μειονεκτήματα

- Απόλεια πτητικών μετάλλων λόγω των υψηλών θερμοκρασιών (Cu, Fe, Pb, Hg, Ni, Zn)
- Μεγάλος χρόνος ανάλυσης (12-24 ώρες)
- Ακριβός εξοπλισμός

Ξηρά αποτέφρωση με χρήση φούρνων μικροκυμάτων

- Χρησιμοποιούνται φούρνοι μικροκυμάτων για τη ξηρά αποτέφρωση.
- Οι φούρνοι προγραμματίζονται ώστε να απομακρυνθεί αρχικά το μεγαλύτερο μέρος της υγρασίας (χρησιμοποιώντας σχετικά χαμηλή θερμοκρασία) και στη συνέχεια μετατρέπουν το δείγμα σε τέφρα (χρησιμοποιώντας σχετικά υψηλή θερμοκρασία)
- Μειώνουν σημαντικά το χρόνο της ανάλυσης της τέφρας (λιγότερο από μία ώρα).

- Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν είναι δυνατόν να αναλυθούν ταυτόχρονα πολλά δείγματα.

2) Υγρή αποτέφρωση

- Η μέθοδος αυτή επιλέγεται αν απαιτείται η ανάλυση συγκεκριμένων μετάλλων στην τέφρα.
- Αφυδατωμένο και προζυγισμένο δείγμα τροφίμου μεταφέρεται σε φιάλη που περιέχει ισχυρά οξέα και οξειδωτικά μέσα (π.χ. νιτρικό, υπερχλωρικό ή / και θειικό οξύ) και στη συνέχεια θερμαίνεται.
- Η υγρή πέψη διαρκεί από 10 λεπτά έως λίγες ώρες σε θερμοκρασίες από περίπου 350°C. Το προκύπτον διάλυμα μπορεί στη συνέχεια να αναλυθεί για συγκεκριμένα μέταλλα.
- Με τη μέθοδο αυτή τα μέταλλα διασπώνται από τις ενώσεις τους και μεταφέρονται ως άλατα στο υδατικό διάλυμα του οξέος ή οξειδωτικού.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα υγρής αποτέφρωσης

Πλεονεκτήματα

- Μικρή ή αμελητέα απώλεια πτητικών μετάλλων λόγω των χαμηλότερων θερμοκρασιών που επιλέγονται
- Πολύ μικρότερος χρόνος ανάλυσης από την ξηρά αποτέφρωση
- Ανάλυση πολλών δειγμάτων ταυτόχρονα

Μειονεκτήματα

- Χρήση ισχυρών οξέων (απαιτείται απαγωγός)
- Πολύ μικρές ποσότητες δείγματος.

3) Αποτέφρωση πλάσματος χαμηλής θερμοκρασίας

- Το δείγμα τοποθετείται σε γυάλινο θάλαμο ο οποίος εκκενώνεται με αντλία κενού.
- Μικρή ποσότητα οξυγόνου αντλείται εντός του θαλάμου και με την εφαρμογή ηλεκτρομαγνητικού πεδίου μετατρέπεται σε οξυγόνο εν τω γεννάσθαι.
- Η οργανική ύλη στο δείγμα οξειδώνεται ραγδαία από το οξυγόνο εν τω γεννάσθαι και η υγρασία εξατμίζεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας.

Πλεονεκτήματα - Μειονεκτήματα αποτέφρωση πλάσματος χαμηλής θερμοκρασίας

Πλεονεκτήματα

- Οι σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες (<150°C) που χρησιμοποιούνται στην αποτέφρωση πλάσματος παρουσιάζουν μικρότερη απώλεια πτητικών μετάλλων συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους.
- Πολύ μικρότερος χρόνος ανάλυσης από την ξηρά αποτέφρωση

Μειονεκτήματα

- Πολύ ακριβός εξοπλισμός
- Πολύ μικρές ποσότητες δείγματος.

Προσδιορισμός υδατοδιαλυτής και αδιάλυτης στο νερό τέφρας

- Η τέφρα αραιώνεται με απεσταγμένο νερό και στη συνέχεια θερμαίνεται σχεδόν μέχρι βρασμού και το προκύπτον διάλυμα διηθείται.
- Η ποσότητα της διαλυτής τέφρας προσδιορίζεται με ξήρανση του διηθήματος.
- Η αδιάλυτη τέφρα προσδιορίζεται με έκπλυση, ξήρανση και αποτέφρωση του διηθητικού χάρτου.

Προσδιορισμός αλκαλικότητας υδατοδιαλυτής και αδιάλυτης στο ύδωρ τέφρας

Η αλκαλικότητα της τέφρας τροφίμου οφείλεται στο σύνολο των αλκαλικών συστατικών που περιέχονται σε αυτήν και αφορά ως επί το πλείστον την ύπαρξη στην τέφρα ανυδριτών βάσεων (Na_2O , K_2O , CaO , κλπ.).

Για τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας της τέφρας, η τέφρα διαλύεται σε κατάλληλο όγκο θερμού ύδατος και το προκύπτον διάλυμα διηθείται. Στη συνέχεια προσδιορίζεται ξεχωριστά η αλκαλικότητα της υδατοδιαλυτής και της αδιάλυτης στο ύδωρ τέφρας με ογκομέτρηση εξουδετέρωσης.

Η αλκαλικότητα της υδατοδιαλυτής τέφρας προσδιορίζεται άμεσα, με ογκομέτρηση της υδατοδιαλυτής τέφρας με πρότυπο διάλυμα HCl παρουσία ηλιανθίνης. Η αλκαλικότητα της αδιάλυτης στο ύδωρ τέφρας προσδιορίζεται έμμεσα με προσθήκη γνωστής περίσσειας προτύπου διαλύματος HCl και ογκομέτρηση της περίσσειας του οξέος με πρότυπο διάλυμα NaOH παρουσία ηλιανθίνης.

Η έκφραση της αλκαλικότητας μπορεί να δοθεί έμμεσα ή άμεσα.

Έμμεση έκφραση αλκαλικότητας

Ως αλκαλικότητα τέφρας ορίζεται ο όγκος (σε mL) μοριακού διαλύματος (1 mol/L) HCl που απαιτείται για να εξουδετερώσει τα αλκαλικά συστατικά τέφρας, που προκύπτει από την αποτέφρωση 100 g τροφίμου.

Άμεση έκφραση αλκαλικότητας

Ως αλκαλικότητα τέφρας ορίζεται η ποσότητα αλκαλικών συστατικών της τέφρας που προκύπτει από την αποτέφρωση 100 g τροφίμου, σε ισοδύναμα Na_2O ή K_2O ή CaO ή K_2CO_3 , κλπ., εκφρασμένη σε mg ή g συστατικού ανά 100 g τροφίμου.

Προσδιορισμός συγκεκριμένων μετάλλων

Η γνώση της συγκέντρωσης και του τύπου συγκεκριμένων ανόργανων στοιχείων που περιέχονται στα τρόφιμα είναι σημαντική τόσο για τη βιομηχανία τροφίμων όσο και για τη διατροφική αξία του τροφίμου.

1) Ογκομετρήσεις καθίζησης

Το προς ανάλυση στοιχείο καταβυθίζεται από το διάλυμα με την προσθήκη κατάλληλου αντιδραστήριου το οποίο σχηματίζει με αυτό ένα αδιάλυτο σύμπλοκο με ένα γνωστό χημικό τύπο.

Για παράδειγμα, η ποσότητα χλωριούχων σε ένα διάλυμα μπορεί να προσδιοριστεί με την προσθήκη περίσσειας ιόντων αργύρου για να σχηματίσει αδιάλυτο ίζημα χλωριούχου αργύρου.

2) Χρωματομετρικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι βασίζονται στην αλλαγή του χρώματος κατάλληλου αντιδραστηρίου που αντιδρά με συγκεκριμένο στοιχείο στο διάλυμα.

Η ποσοτικοποίηση επιτυγχάνεται με μέτρηση της απορρόφησης του προκύπτοντος διαλύματος σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος.

Για παράδειγμα, ο φωσφόρος με την προσθήκη του αντιδραστηρίου βαναδικού μολυβδαινίου σχηματίζει έγχρωμο σύμπλοκο (κίτρινο-πορτοκαλί)

3) Συμπλοκομετρικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι βασίζονται σε τιτλοδότηση με διάλυμα EDTA

Το EDTA είναι ένα χημικό αντιδραστήριο που σχηματίζει σταθερά σύμπλοκα με πολυσθενή μεταλλικά ιόντα.

Γίνεται προσδιορισμός ασβεστίου στην περιεχόμενη τέφρα με τιτλοδότηση με διάλυμα EDTA.

4) Οξειδοαναγωγικές μέθοδοι

Οι μέθοδοι βασίζονται σε τιτλοδότηση με διάλυμα οξειδωτικού ή αναγωγικού αντιδραστηρίου.

Η περιεκτικότητα της τέφρας των τροφίμων σε ασβέστιο ή σε σίδηρο μπορεί να προσδιορισθεί με τιτλοδότηση με διάλυμα υπερμαγγανικού καλίου.

Το τελικό σημείο αντιστοιχεί στην αλλαγή του χρώματος του διαλύματος σε ιώδες.

Φασματοσκοπία Ατομικής Απορρόφησης

Φασματοσκοπία ατομικής απορρόφησης (AAS) είναι μια αναλυτική μέθοδος που βασίζεται στην απορρόφηση υπεριώδους-ορατής ακτινοβολίας από ελεύθερα άτομα στοιχείων σε αέρια κατάσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.

Προσδιορισμός Οξύτητας Τροφίμου



Οξύτητα τροφίμων

Τα τρόφιμα αναλόγως με την οξύτητά τους χαρακτηρίζονται ως όξινα, ασθενώς όξινα, ασθενώς βασικά και βασικά. Η οξύτητα όξινων τροφίμων οφείλεται στην φυσική παρουσία σε αυτά ασθενών οργανικών οξέων. Πολλά οργανικά οξέα που περιέχονται στην σύσταση των διάφορων τροφίμων προσδίδουν σε αυτά χαρακτηριστική γεύση.

Παραδείγματα τέτοιων οξέων είναι το τρυγικό οξύ στο κρασί, το ελαϊκό οξύ στο λάδι, το κιτρικό οξύ στα εσπεριδοειδή, το γαλακτικό οξύ στο γιαούρτι και στα τουρσιά κλπ.

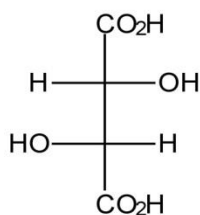
1) Κιτρικό οξύ

Το κιτρικό οξύ είναι ασθενές οργανικό οξύ. Είναι τριπρωτικό (τρίκαρβοξυλικό) με τρία στάδια ιοντισμού. Περιέχεται σε πολλά εσπεριδοειδή όπως λεμόνια, πορτοκάλια, επίσης στις φράουλες, το ακτινίδιο, κλπ. Χρησιμοποιείται ως φυσικό συντηρητικό, ως ρυθμιστής οξύτητας, ως αρωματικό συστατικό, κλπ. Ως πρόσθετο τροφίμων επισημαίνεται με τον κωδικό E330.

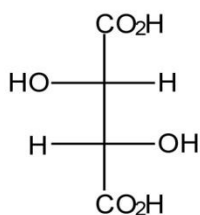


2) Τρυγικό οξύ

Το τρυγικό οξύ ή ταρταρικό οξύ είναι ασθενές διπρωτικό οργανικό οξύ, που βρίσκεται σε πολλά φυτά και καρπούς και κυρίως στα σταφύλια. Περιέχεται στα σταφύλια είτε ως ελεύθερο οξύ είτε με τη μορφή αλάτων καλίου, ασβεστίου ή μαγνησίου. Είναι ένα από τα βασικά οξέα του κρασιού. Η ολική οξύτητα των οίνων, ως προς τρυγικό οξύ, κυμαίνεται από 0,4 έως 1,0%. Χρησιμοποιείται ως αντιοξειδωτικό, ως ρυθμιστής οξύτητας, ως βελτιωτικό γεύσης σε χυμούς, προϊόντα ζαχαροπλαστικής, μαρμελάδες, προϊόντα σοκολάτας κλπ. Αναμιγνύεται με τεχνητά και φυσικά αρωματικά ανθρακούχων ποτών και χυμών φρούτων. Ως πρόσθετο τροφίμων επισημαίνεται με τον κωδικό E334.



L(+) tartaric acid



D(-) tartaric acid



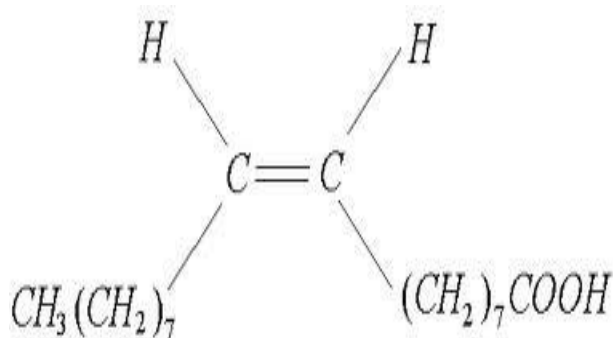
3) Γαλακτικό οξύ

Το γαλακτικό οξύ (2-υδροξυπροπανικό οξύ) είναι ένα α-υδροξυ-οξύ με σημαντικό ρόλο σε αρκετές βιοχημικές διεργασίες. Το γαλακτικό οξύ είναι φυσικό συστατικό ζύμωσης σε πολλά τρόφιμα, όπως τυρί, γιαούρτι, σάλτσα σόγιας, προζύμι, προϊόντα με βάση το κρέας και λαχανικά τουρσί. Χρησιμοποιείται ως συντηρητικό για την αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων μικροβίων, ζυμών και μυκήτων σε τρόφιμα, ως ρυθμιστής οξύτητας και ως ενισχυτικό γεύσης. Ως πρόσθετο τροφίμων το γαλακτικό οξύ και τα άλατά του επισημαίνονται με τον κωδικό E270.



4) Ελαϊκό οξύ

Το ελαϊκό οξύ είναι ασθενές μονοπρωτικό οργανικό οξύ και κατατάσσεται ως μονοακόρεστο οξύ της ω-9 οικογένειας. Είναι άοσμο, άχρωμο έλαιο, αλλά σε εμπορικά δείγματα μπορεί να είναι κιτρινωπό. Αποτελεί κύριο συστατικό του λίπους πολλών τροφίμων.



Ευεργετική δράση ελαιϊκού οξέος

- Μειώνει τα επίπεδα λιποπρωτεϊνών χαμηλής πυκνότητας (LDL) και αυξάνει τα επίπεδα λιποπρωτεϊνών υψηλής πυκνότητας (HDL). Έτσι μειώνει τα επίπεδα της χοληστερόλης μειώνοντας τον κίνδυνο καρδιαγγειακών παθήσεων, εγκεφαλικών επεισοδίων, υψηλής πίεσης αίματος, στηθάγχης και καρδιακής ανεπάρκειας.
- Ενισχύει την ακεραιότητα των κυτταρικών μεμβρανών.
- Αυξάνει τη ικανότητα της μνήμης και βελτιώνει τις λειτουργίες του εγκεφάλου.
- Βελτιώνει τη λειτουργία της καρδιάς και του κυκλοφορικού συστήματος.
- Βοηθά στην καταπολέμηση του καρκίνου και αναστέλλει την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο του καρκίνου, ειδικά του καρκίνου του μαστού.
- Μειώνει τις φλεγμονές των αρθρώσεων.
- Μειώνει την απόφραξη και σκλήρυνση των αρτηριών, (αρτηριοσκλήρυνση).
- Βοηθά στην απώλεια βάρους και περιορίζει τα συμπτώματα του άσθματος.

Σημασία οξύτητας τροφίμων

Η ποσότητα οξέων που περιέχονται στα διάφορα τρόφιμα είναι καθοριστική για την ποιότητα του.

Π.χ. η ύπαρξη μεγάλης ποσότητας οξέων στο λάδι το κάνει κατώτερης ποιότητας ή και ακατάλληλο για κατανάλωση, η μικρή ποσότητα οξέων στο κρασί το κάνει να γλυκίζει και να υποβαθμίζει την ποιότητά του κ.ο.κ.

Έτσι η μέτρηση της οξύτητας είναι από τις σημαντικές αναλύσεις που γίνονται στα τρόφιμα.

Μέτρηση οξύτητας

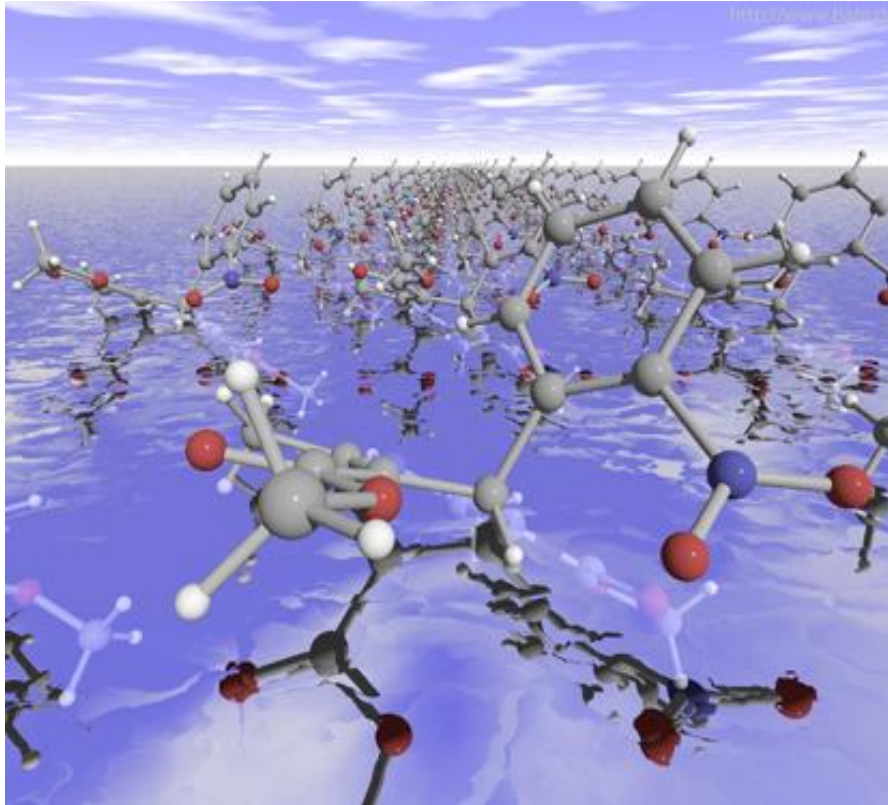
Η μέτρηση της οξύτητας γίνεται με ογκομέτρηση.

Προσδιορίζουμε τον όγκο προτύπου διαλύματος NaOH γνωστής μοριακότητας που απαιτείται για την εξουδετέρωση συγκεκριμένης ποσότητας τροφίμου.

Το τελικό σημείο της εξουδετέρωσης διαπιστώνεται από την αλλαγή του χρώματος της φαινολοφθαλείνης, δεδομένου ότι τα προϊόντα άλατα της εξουδετέρωσης είναι βασικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6.

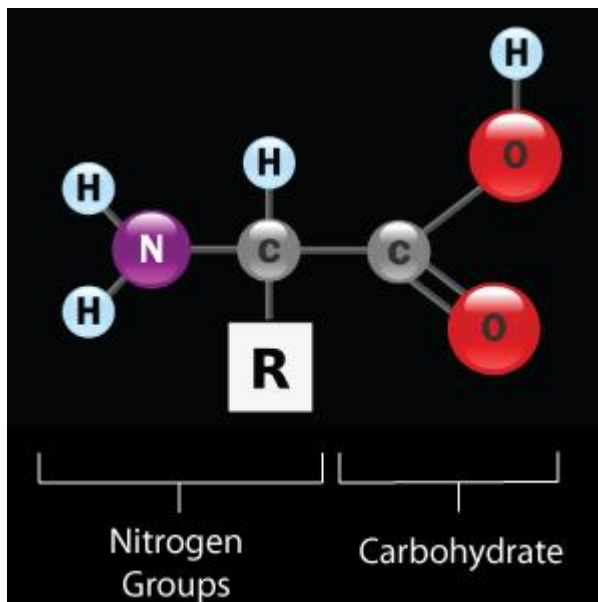
Προσδιορισμός Πρωτεϊνών Τροφίμων



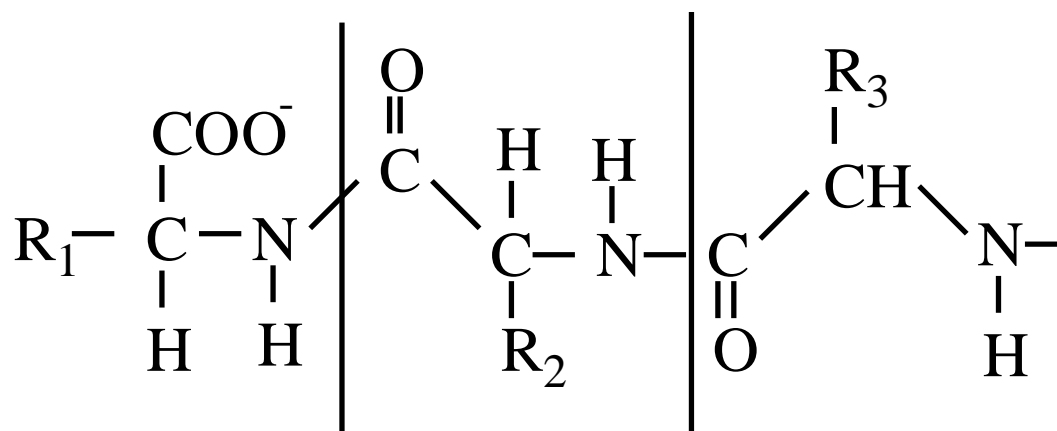
Πρωτεΐνες -Γενικά

Οι πρωτεΐνες είναι σύνθετα μακρομόρια με μοριακό βάρος από 10.000 έως 1 εκατομμύριο και πλέον. Δομικοί λίθοι των πρωτεϊνών είναι τα αμινοξέα, η πλειοψηφία των οποίων είναι α-αμινοξέα του τύπου $H_2NCHRCOOH$, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με πεπτιδικούς δεσμούς σχηματίζοντας πολυπεπτιδικές αλυσίδες. Υπάρχουν 170 μοριακές δομές αμινοξέων. Μόνο 20 από αυτά αποτελούν δομικούς λίθους των πρωτεϊνών.

Οι πρωτεΐνες είναι βιοδραστικά συστατικά με ιδιαίτερη σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς. Οι πρωτεΐνες, οι οποίες ονομάζονται και λευκώματα, (πήραν το όνομα από λεύκωμα-ασπράδι του αυγού) παρουσιάζουν πολύ μεγάλο ενδιαφέρον και για την Βιοχημεία, διότι αποτελούν την βάση του πρωτοπλάσματος όλων των ζωικών και φυτικών κυττάρων και το μεγαλύτερο μέρος των στερεών συστατικών του ανθρωπίνου σώματος. Οι πρωτεΐνες ή λευκώματα αποτελούν την πηγή αμινοξέων, που χρησιμοποιεί ο οργανισμός για την ανάπτυξη και τη συντήρησή του.



Αμιδικός δεσμός και πεπτιδική αλυσίδα



1 unit of amino acids

Χημική σύσταση πρωτεϊνών

Ένα τυπικό μόριο πρωτεΐνης περιέχει 200-300 αμινοξέα.

Μικρότερα ετεροπολυμερή αμινοξέων χαρακτηρίζονται πεπτίδια

Οι πρωτεΐνες περιέχουν άνθρακα, οξυγόνο, άζωτο και υδρογόνο. Κάποιες μπορεί να περιέχουν και θείο ή φωσφόρο. Σε μικρή αναλογία μπορεί να περιέχουν κάποια στοιχεία όπως Zn, Fe και Cu. Η μέση σύσταση των πρωτεϊνών διαμορφώνεται ως εξής: C=50%, O=22%, N=16%, H=7%, S=0,5-3%.

Κατάταξη πρωτεϊνών

- Ανάλογα με τη μορφή τους διακρίνονται σε **ινώδεις** (σκληρές στην υφή και αδιάλυτες στο νερό) και **σφαιρικές** πρωτεΐνες (υδατοδιαλυτές και ευκίνητες).
- Ανάλογα με τη σύνθεσή τους διακρίνονται σε **απλές** (όταν αποτελούνται μόνο από αμινοξέα) και σε **σύνθετες** (όταν στο μόριό τους περιλαμβάνονται και μη πρωτεϊνικά όπως λίπη, σάκχαρα, μεταλλικά στοιχεία, κλπ.)
- Ανάλογα με τον λειτουργικό τους ρόλο διακρίνονται σε **δομικές** (όταν αποτελούν δομικά υλικά του κυττάρου) και **λειτουργικές** (όταν συμβάλλουν σε κάποιες λειτουργίες του οργανισμού).

Πρωτεΐνες τροφίμων

Οι πρωτεΐνες της τροφής χρησιμοποιούνται για:

- τη διατήρηση και αναπλήρωση των πρωτεϊνών του οργανισμού.
- τη σύνθεση διαφόρων απαραίτητων ενώσεων όπως ένζυμα, ορμόνες, νουκλεϊνικά οξέα, κλπ.
- την παροχή ενέργειας.
- περιέχουν απαραίτητα αμινοξέα, όπως λυσίνη, θρυπτοφάνη, μεθειονίνη, λευκίνη, ισολευκίνη και βαλίνη, τα οποία το σώμα δεν μπορεί να συνθέσει.
- Οι πρωτεΐνες είναι τα κύρια δομικά συστατικά πολλών τροφών και καθορίζουν την επιθυμητή εμφάνιση, την υφή ή τη σταθερότητα αυτών (την τρυφερότητα του κρέατος ή των προϊόντων ψαριών).
- Οι πρωτεΐνες χρησιμοποιούνται ως πηκτικές ουσίες, ως γαλακτωματοποιητές, ως μέσα αφρισμού κλπ.
- Πολλές πρωτεΐνες τροφίμων έχουν ενζυμική δράση ενισχύοντας το ρυθμό εξέλιξης βιοχημικών αντιδράσεων.

Συνιστώμενη Διαιτητική Πρόσληψη Πρωτεΐνης (Recommended Dietary Allowance)

Το ελάχιστο ποσό της ημερήσιας απαραίτητης ποσότητας πρωτεΐνης που πρέπει να λαμβάνεται από την τροφή είναι περίπου **1 g/Kg** βάρους του σώματος.

Τρόφιμα πλούσια σε πρωτεΐνες

Κρέας και κρεατοσκευάσματα

(χοιρινό φιλέτο, βοδινό κρέας, κουνέλι, μοσχάρι, ζαμπόν)

Ψάρια και θαλασσινά

(χαβιάρι, σολομός, τσιπούρα, ξιφίας, χταπόδι)

Πουλερικά και αυγά

(κοτόπουλο, αυγά)

Γαλακτοκομικά

(γιαούρτι, γάλα, φέτα, μυζήθρα)

Όσπρια

(φασόλια, φακές, φάβα)

Ξηροί καρποί

(αμύγδαλα, καρύδια)

Δημητριακά

Αξιολόγηση πρωτεϊνών

Χημική αξία: αξιολογεί την ποιότητα των αμινοξέων της πρωτεΐνης (τα αμινοξέα των πρωτεϊνών του αυγού έχουν “χημικό βαθμό” 100).

Πεπτική αξία: το ποσό του αζώτου μιας πρωτεΐνης που απορροφάται από τον οργανισμό κατά την πέψη.

Βιολογική αξία: το % της πεπτόμενης πρωτεΐνης που παραμένει στο σώμα και χρησιμοποιείται από τον οργανισμό.

Θρεπτική αξία = Βιολογική αξία x Πεπτική αξία

Η βιολογική αξία πρωτεΐνης καθορίζεται από την περιεκτικότητά της σε απαραίτητα αμινοξέα. Η βιολογική αξία για μια θεωρητικώς τέλεια πρωτεΐνη είναι να περιέχει όλα τα απαραίτητα αμινοξέα. Η πεπτική αξία αναφέρεται στα ποσοστά του πρωτεϊνικού αζώτου (N) που απορροφούνται από τον οργανισμό, ενώ η θρεπτική αξία υπολογίζεται από την σχέση:

Θρεπτική αξία = Βιολογική αξία × Πεπτική αξία

Μέθοδοι προσδιορισμού αζωτούχων συστατικών τροφίμων

Στα αζωτούχα συστατικά των τροφίμων περιλαμβάνονται κυρίως πρωτεΐνες και προϊόντα αποικοδόμησης και μεταβολισμού των πρωτεϊνών.

Εφαρμόζονται συνήθως μέθοδοι προσδιορισμού του οργανικού αζώτου, από το οποίο με τη χρήση κατάλληλων συντελεστών υπολογίζεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες.

Οι μέθοδοι αυτές είναι ειδικές μέθοδοι καύσης στις οποίες το οργανικό άζωτο προσδιορίζεται με τη μορφή αμμωνίας (μέθοδος *Kjeldahl*) ή με τη μορφή αερίου αζώτου (μέθοδος *Dumas*).

Οι πρωτεΐνες μπορούν να προσδιορισθούν και με τη βοήθεια χρωματομετρικών ή φασματομετρικών μεθόδων.

Αζωτούχα συστατικά όπως διάφορα αμινοξέα, τα παράγωγα γουανιδίνης (κρεατίνη και κρεατινίνη), τα μεθυλιωμένα παράγωγα της ξανθίνης (καφεΐνη και θεοβρωμίνη) και οι βιογενείς αμίνες (ισταμίνη, τυραμίνη κ.α.) προσδιορίζονται ενζυμικώς ή με τη βοήθεια χρωματομετρικών, φθορισμομετρικών ή υγροχρωματογραφικών μεθόδων.

Τιτλομετρικώς προσδιορίζονται τα ελεύθερα αμινοξέα μετά από αντίδραση με φορμαλδεΰδη (αριθμός φορμόλης) και τα βασικά αζωτούχα συστατικά (αμμωνία και αμίνες).

Εκτίμηση της γνησιότητας ή της ποιότητας τροφίμων

- Η περιεκτικότητα σε προλίνη αποτελεί κριτήριο γνησιότητας του πορτοκαλοχυμού
- Η περιεκτικότητα σε υδροξυπρολίνη είναι δείκτης ποιότητας των κρεατοσκευασμάτων.
- Η περιεκτικότητα σε καφεΐνη είναι δείκτης ποιότητας του καφέ
- Η περιεκτικότητα σε ισταμίνη είναι δείκτης ποιότητας ορισμένων ιχθυοκομικών
- Η περιεκτικότητα σε τυραμίνη είναι δείκτης ποιότητας τυριών.

1) Μέθοδος KJELDAHL

Αρχή μεθόδου:

Ποσότητα δείγματος υποβάλλεται σε υγρή καύση με πυκνό θειικό οξύ παρουσία θειικού καλίου και θειικού χαλκού.

Το οργανικώς δεσμευμένο άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία που δεσμεύεται από την περίσσεια του οξέος.

Το μίγμα ψύχεται και ακολούθως προστίθεται περίσσεια πυκνού δ/τος καυστικού νατρίου.

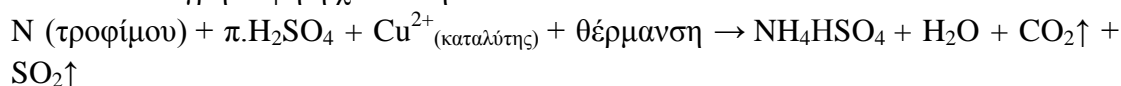
Ελευθερώνεται αμμωνία, που απομακρύνεται (απόσταξη με υδρατμούς) και δεσμεύεται από γνωστή περίσσεια προτύπου δ/τος οξέος.

Η περίσσεια του οξέος προσδιορίζεται αλκαλιμετρικώς.

Από την ποσότητα της αμμωνίας υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο η οποία ανάγεται σε πρωτεΐνες.

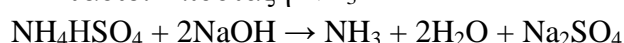
Αντιδράσεις

1^ο Στάδιο: Υγρή πέψη ή χώνευση

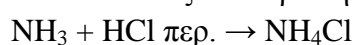


Το εκλυόμενο SO₂ δεσμεύεται σε παγίδα με NaOH και εξουδετερώνεται

2^ο Στάδιο: Απόσταξη NH₃



3^ο Στάδιο: Εξουδετέρωση NH₃



Υπολογισμοί

$n(\text{HCl}) = n(\text{NH}_3) + n(\text{NaOH})$ οπότε

$n(\text{NH}_3) = n(\text{HCl}) - n(\text{NaOH})$

$n(\text{NH}_3) = n(\text{N})$ άρα $m(\text{N}) = n(\text{N}) \times 14$

$\% \text{ N (τροφίμου)} = [m(\text{N}) / m(\text{τροφίμου})] \times 100$

$\% \text{ πρωτεΐνη} = \% \text{ N} \times 6.25$

όπου: 6.25 ο γενικός συντελεστής μετατροπής του οργανικού αζώτου σε πρωτεΐνες.

Συσκευή KJELDAHL



Συσκευή πέψης αζώτου



Αποστακτική μονάδα

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδου KJELDAHL

Πλεονεκτήματα

- Η μέθοδος Kjeldahl χρησιμοποιείται ευρέως και διεθνώς και είναι μία από τις πλέον τυποποιημένες μεθόδους.
- Λόγω της υψηλής ακρίβειας και πιστότητας που έχει αποτελεί την κύρια μέθοδο για την εκτίμηση της πρωτεΐνης σε τρόφιμα.

Μειονεκτήματα

- Δεν παρέχει το ποσοστό της πραγματικής πρωτεΐνης, δεδομένου ότι το προσδιοριζόμενο άζωτο στο τρόφιμο δεν υπάρχει μόνο υπό την μορφή της πρωτεΐνης.
- Διαφορετικές πρωτεΐνες χρειάζονται διαφορετικοί συντελεστές διορθώσεως, επειδή έχουν διαφορετικές αλληλουχίες αμινοξέων και αναλογία σε άζωτο.
- Η χρήση του πυκνού θεικού οξέος σε υψηλές θερμοκρασίες δημιουργεί σημαντικούς κινδύνους, όπως και η χρήση κάποιων καταλυτών
- Η τεχνική είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα.

2) Μέθοδος Dumas

Ποσότητα δείγματος υποβάλλεται σε καύση εντός θαλάμου υψηλής θερμοκρασίας (περίπου 900 °C) παρουσία οξυγόνου.

Απελευθερώνονται CO₂, H₂O και N₂.

Τα αέρια CO₂ και H₂O δεσμεύονται διερχόμενα από ειδικές στήλες.

Τα υπόλοιπα αέρια μαζί με το N₂ διέρχονται μέσω στήλης που συνδέεται με ανιχνευτή θερμικής αγωγιμότητας

Η στήλη διαχωρίζει το N₂ από ποσότητες CO₂ και H₂O που τυχόν έχουν παραμείνει στο αέριο μίγμα.

Η βαθμονόμηση γίνεται με ανάλυση υλικού που έχει γνωστή συγκέντρωση αζώτου, όπως το EDTA (= 9,59% N).

Το σήμα του ανιχνευτή παρέχει την περιεκτικότητα του τροφίμου σε άζωτο. Από την περιεκτικότητα σε άζωτο υπολογίζεται η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες αναλόγως με τη μέθοδο Kjeldahl.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδου Dumas

Πλεονεκτήματα:

- Είναι πολύ ταχύτερη από τη μέθοδο Kjeldahl (κάτω των 4 λεπτών ανά μέτρηση, σε σύγκριση με 1-2 ώρες για Kjeldahl).
- Δεν απαιτεί τοξικές χημικές ουσίες ή καταλύτες.
- Μπορούν να μετρηθούν πολλά δείγματα αυτόματα.
- Είναι εύκολη στην εφαρμογή.

Μειονεκτήματα:

- Υψηλό αρχικό κόστος.
- Δεν παρέχει το ποσοστό της πραγματικής πρωτεΐνης, δεδομένου ότι το προσδιοριζόμενο άζωτο στο τρόφιμο δεν υπάρχει μόνο υπό την μορφή της πρωτεΐνης.
- Διαφορετικές πρωτεΐνες χρειάζονται διαφορετικοί συντελεστές διορθώσεως, επειδή έχουν διαφορετικές αλληλουχίες αμινοξέων και αναλογία σε άζωτο.
- Το μικρό μέγεθος του δείγματος καθιστά δύσκολη την απόκτηση αντιπροσωπευτικού δείγματος.

Συντελεστές για τη μετατροπή του αζώτου σε πρωτεΐνη

Τρόφιμο	Συντελεστής	Τρόφιμο	Συντελεστής
Κρέας και ψάρι	6,25	Σιτάρι, κριθάρι, βρώμη, σίκαλη και το αλεύρι αυτών	5,83
Γάλα και γαλακτοκομικά	6,38	Σόγια	5,71
Καζεΐνη	6,40	Ρύζι και ρυζάλευρο	5,95
Ανθρώπινο γάλα	6,37	Φασόλια	5,30
Καρύδα, κάσιους και άλλοι ξηροί καρποί	5,30	Κεχρί	6,31
Σησάμι, ηλιόσποροι	5,30	Αυγά ολόκληρα	6,25
Φιστίκια, καρύδια Βραζιλίας, αράπικα φιστίκια	5,46	Ζελατίνη	5,55

3) Προσδιορισμός αριθμού φορμόλης

Αρχή μεθόδου:

Σε ποσότητα δείγματος, του οποίου η οξύτητα έχει εξουδετερωθεί με ένα πρότυπο διάλυμα αλκάλειας παρουσία φαινολοφθαλείνης, προστίθεται περίσσεια εξουδετερωμένου με ανάλογο τρόπο διαλύματος φορμαλδεΐδης.

Τα υδρογονοκατίοντα που ελευθερώνονται λόγω αντίδρασης της τελευταίας με τις αμινομάδες των ελεύθερων αμινοξέων προσδιορίζονται αλκαλιμετρικώς.

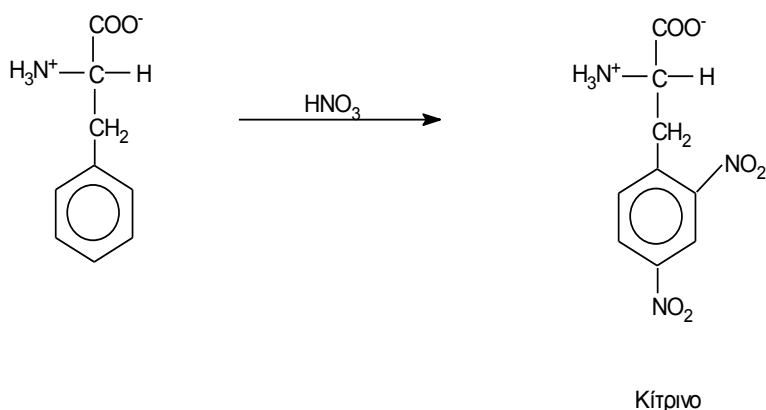
Παρατηρήσεις

- Ο αριθμός φορμόλης αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητας σε συστατικά με ελεύθερες αμινομάδες (π.χ. πρωτεΐνες & ελεύθερα αμινοξέα).
- Από ένα μόριο των α-αμινοξέων ελευθερώνεται ένα υδρογονοκατιόν, ενώ από τέσσερα μόρια προλίνης ή υδροξυπρολίνης (περιέχουν ιμινομάδα) ελευθερώνονται μόνο τρία υδρογονοκατιόντα. Το μόνο αμινοξύ από το οποίο δεν ελευθερώνονται υδρογονοκατιόντα είναι η ιστιδίνη.
- Αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα κριτήρια γνησιότητας των φρουτοχυμών (50% των διαλυτών αζωτούχων συστατικών τους είναι ελεύθερα αμινοξέα).
- Επιτρέπει τη διάκριση του φυσικού από το τεχνητό ξύδι.

4) Ξανθοπρωτεϊνική αντίδραση

Το τεστ αυτό είναι χαρακτηριστικό των πρωτεϊνικών μορίων, που περιέχουν αμινοξέα με βενζολικό πυρήνα (τυροσίνη, θρυπτοφάνη και φαινυλανίνη). Κατά την αντίδρασή τους με πυκνό νιτρικό οξύ επέρχεται νίτρωση των αρωματικών πυρήνων και σχηματίζονται ανάλογα πικρικού οξέος (κίτρινο χρώμα).

Για παράδειγμα, με τη φαινυλαλανίνη έχουμε :



Όταν επιδράσει πυκνό νιτρικό οξύ στις πρωτεΐνες, αυτές καθιζάνουν και στη συνέχεια αναδιαλύονται, δίνοντας στο διάλυμα έναν κίτρινο χρωματισμό, ο οποίος με αλκάλια ή αμμωνία (εξουδετέρωση) μετατρέπεται σε πορτοκαλί.

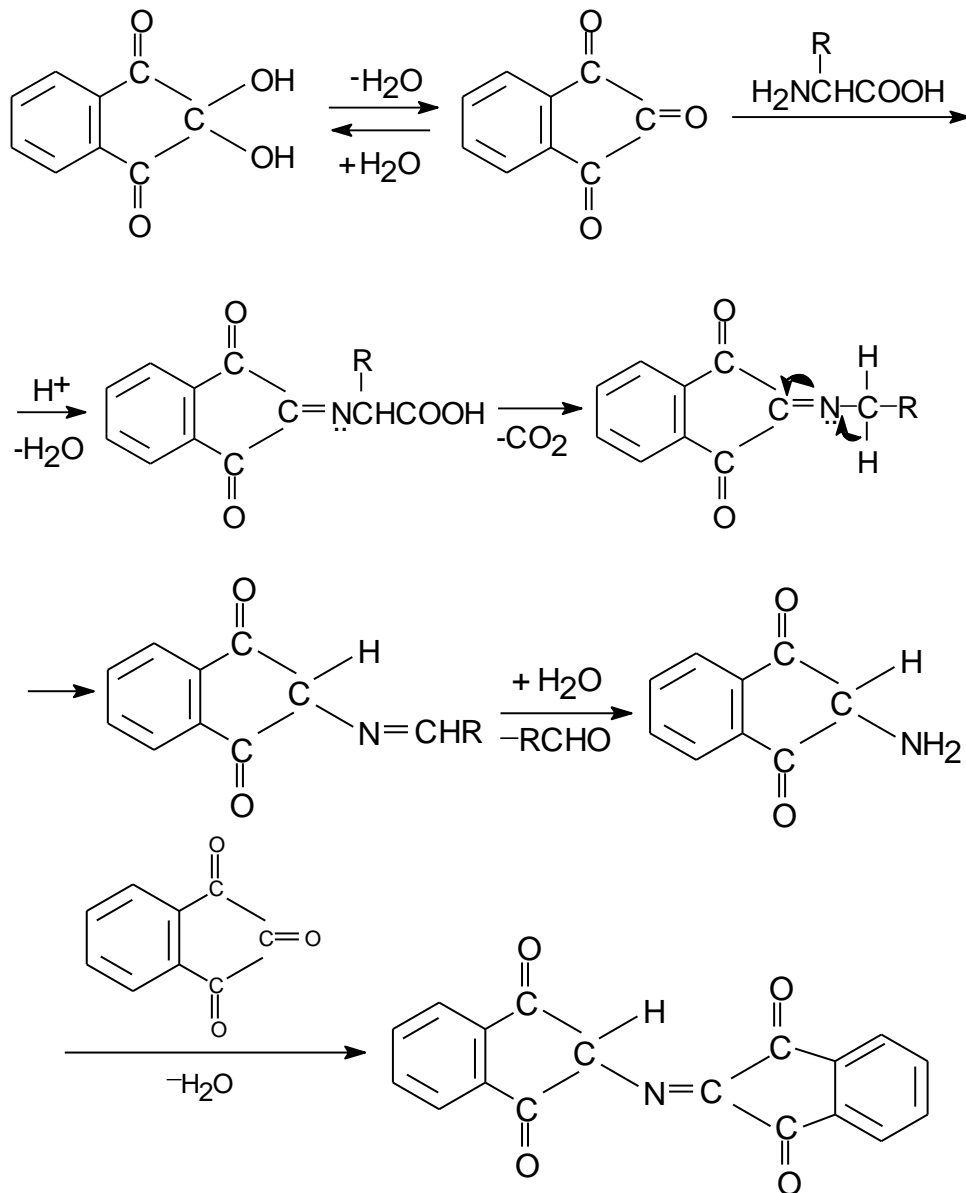
5) Αντίδραση νινδρίνης

Είναι γενική αντίδραση, που περιλαμβάνει τις πρωτεΐνες, αλλά και τα υδρολυτικά τους προϊόντα (πεπτίδια, αμινοξέα κλπ.), ακόμα και την αμμωνία, τα αμμωνιακά άλατα κ.α.

Κατά την αντίδραση των αμινοξέων με νινδρίνη (υδρίτης του 1,2,3 -τρικετο-υδρινδενίου) και θέρμανση του μίγματος μέχρι βρασμού, εμφανίζεται έγχρωμη (μπλε έως ιώδους χρωματισμού) ένωση, ενώ συγχρόνως σχηματίζεται αλδεΰδη και εκλύεται διοξείδιο του άνθρακα.

Εξαιρούνται τα αμινοξέα προλίνη και υδροξυπρολίνη τα οποία δίνουν κίτρινα προϊόντα.

Ο μηχανισμός σχηματισμός του εγχρώμου προϊόντος της νινυδρίνης από την αντίδραση αυτή με αμινομάδες, έχει ως εξής:



Μέθοδοι με χρήση φασματοσκοπίας ορατού-υπεριώδους

1) Απορρόφηση στα 280 nm

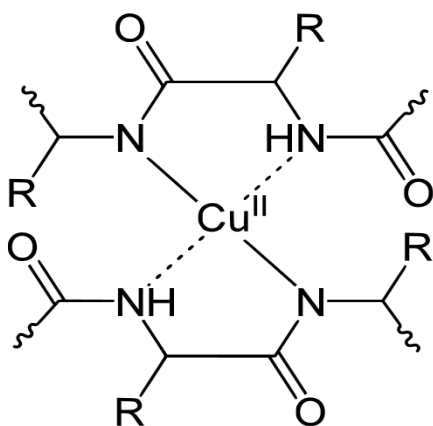
Η θρυπτοφάνη και η τυροσίνη απορροφούν ισχυρά στα 280 nm. Η περιεκτικότητα πολλών πρωτεϊνών σε θρυπτοφάνη και τυροσίνη παραμένει σταθερή οπότε από την απορρόφηση διαλυμάτων πρωτεΐνης στα 280 nm μπορεί να προσδιοριστεί η συγκέντρωσή τους.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι ότι η διαδικασία είναι απλή, είναι μη καταστρεπτική και δεν απαιτούνται ειδικά αντιδραστήρια.

Το κύριο μειονέκτημα είναι ότι τα νουκλεϊκά οξέα απορροφούν επίσης στα 280 nm και θα μπορούσαν να επηρεάσουν την μέτρηση της πρωτεΐνης αν υπάρχουν σε επαρκείς συγκεντρώσεις.

2) Μέθοδος διουρίας

Πεπτίδια με 2 τουλάχιστον πεπτιδικούς δεσμούς και πρωτεΐνες αντιδρούν με θειικό χαλκό παρουσία περίσσειας καυστικού καλίου προς έγχρωμο προϊόν που έχει ιώδες χρώμα (μέγιστο απορρόφησης στα 450 nm). Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών στα δημητριακά. Το τεστ πήρε το όνομά του από τη διουρία ($\text{H}_2\text{NCONHCONH}_2$), η οποία δίνει την ίδια αντίδραση.



Ο σχηματισμός του συμπλόκου αυτού χρωματίζει το αρχικά κυανούν διάλυμα (λόγω της παρουσίας Cu^{++}) σε ερυθριώδες, με αποχρώσεις από ροζ έως έντονο μωβ, αναλόγως της περιεκτικότητας του διαλύματος σε πεπτιδικούς δεσμούς.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μεθόδου διουρίας

- Το σημαντικότερο πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι η απορρόφηση δεν επηρεάζεται από ουσίες που απορροφούν σε χαμηλότερα μήκη κύματος
- Είναι λιγότερο ευαίσθητη σε πρωτεΐνη τύπου επειδή χρησιμοποιεί την απορρόφηση που περιλαμβάνει πεπτιδικούς δεσμούς που είναι κοινά σε όλες τις πρωτεΐνες, μάλλον παρά συγκεκριμένες πλευρικές ομάδες. Ωστόσο, έχει μία σχετικά χαμηλή ευαισθησία σε σύγκριση με άλλες μεθόδους υν-ορατού.

Τεστ διουρίας



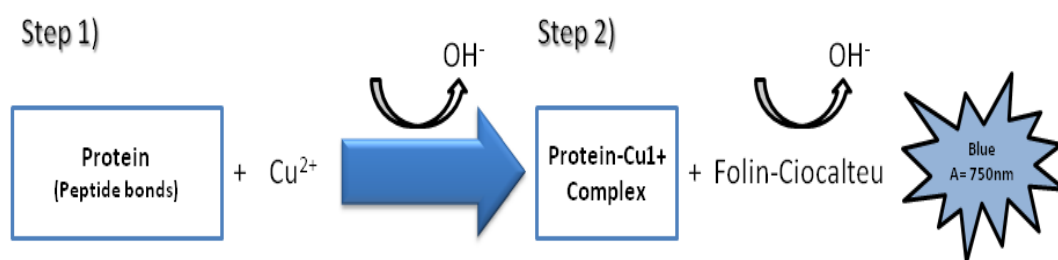
3) Μέθοδοι δέσμευσης χρωστικών

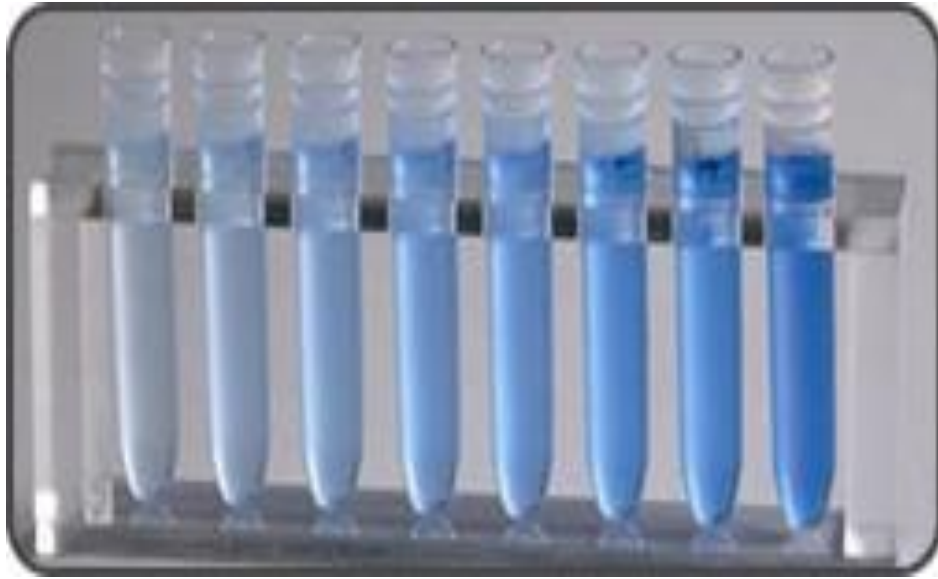
- Οι πρωτεΐνες αντιδρούν με ορισμένες συνθετικές χρωστικές (Amidoblack 10B, Orange G, Acid Orange 12) προς αδιάλυτα σύμπλοκα (οι σουλφονικές ομάδες των χρωστικών αντιδρούν με τις ιμιδαζολικές, τις γουανιδυλικές και τις ελεύθερες αμινομάδες των πρωτεϊνών).
- Τα σύμπλοκα απομακρύνονται με φυγοκέντρηση και απόχυση ή με διήθηση και μετρείται η απορρόφηση του διαλύματος της χρωστικής.
- Η συγκέντρωση των πρωτεϊνών υπολογίζεται με τη βοήθεια πρότυπης καμπύλης αναφοράς στην οποία φαίνεται η μείωση της απορρόφησης του διαλύματος της χρωστικής εξαιτίας της αντίδρασης με τις πρωτεΐνες προτύπων διαλυμάτων ως προς τη συγκέντρωση των πρωτεϊνών στα πρότυπα διαλύματα.
- Οι μέθοδοι αυτές χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό των πρωτεϊνών στα δημητριακά.

4) Μέθοδος Folin-Lowry

- Η μέθοδος Lowry συνδυάζει το αντιδραστήριο διουρίας με το αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu, σε αλκαλικές συνθήκες.
- Το άτομο αζώτου του πεπτιδικού δεσμού σχηματίζει με τα ιόντα χαλκού [II] σύμπλοκο.
- Το σύμπλοκο αυτό καταλύει την αναγωγή του αντιδραστήριο Folin-Ciocalteu από τα αρωματικά αμινοξέα (τυροσίνη και θρυπτοφάνη) των πρωτεϊνών. Το τελικό προϊόν λαμβάνει γαλαζωπό χρώμα το οποίο απορροφά μεταξύ 500 - 750 nm.
- Η μέθοδος είναι περισσότερο ευαίσθητη από τη μέθοδο διουρίας.

Αντιδράσεις

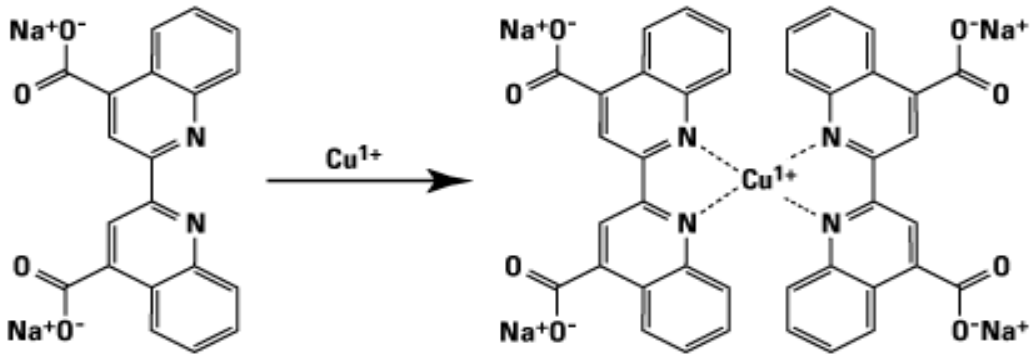




5) Μέθοδος Smith

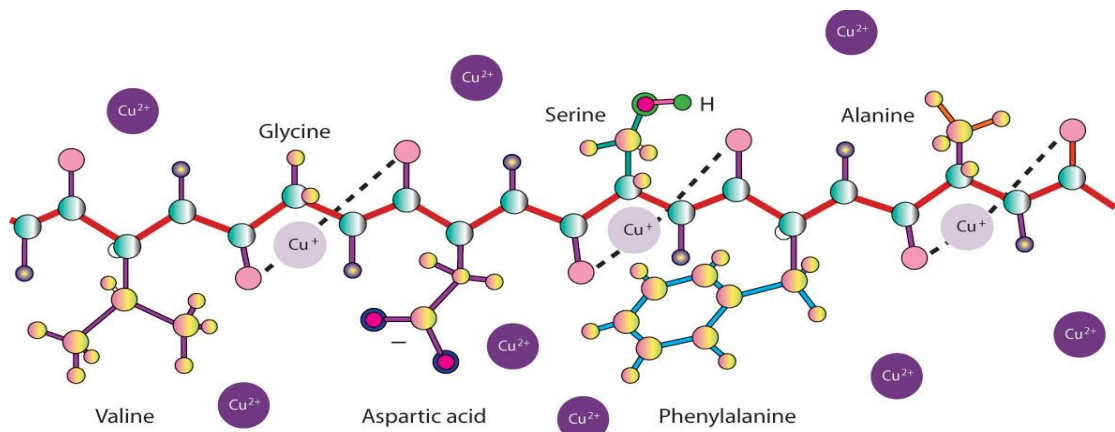
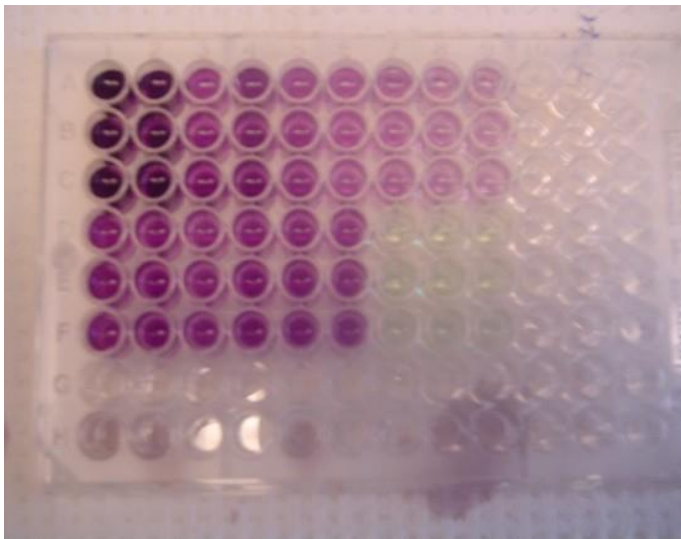
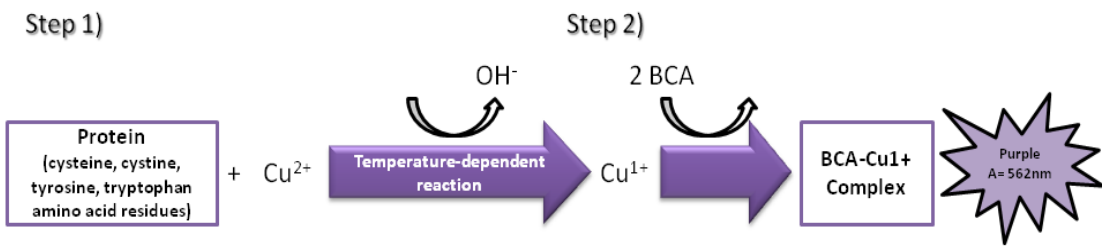
- Η δοκιμασία Smith [Bicinchoninic acid ή 2-(4-Carboxyquinolin-2-yl)quinoline-4-carboxylic acid], είναι μια βιοχημική δοκιμασία για τον προσδιορισμό της συνολικής συγκέντρωσης πρωτεΐνης σε διάλυμα 0,5 $\mu\text{g/mL}$ έως 1.5 mg/mL .
- Οι πεπτιδικοί δεσμοί της πρωτεΐνης ανάγουν τα ιόντα Cu^{2+} σε Cu^+ (αντίδραση εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία).
- Στη συνέχεια, δύο μόρια χηλικού δικιγchoninικού οξέος σχηματίζουν με κάθε ιόν Cu^+ προϊόν μωβ χρώματος, που απορροφά έντονα σε μήκος κύματος 562 nm.
- Η αλλαγή του χρώματος του διαλύματος από πράσινο σε μωβ αντιστοιχεί στην ποσότητα των ιόντων Cu^{2+} που ανάγονται και είναι ανάλογη με τη συγκέντρωση πρωτεΐνης.
- Η ποσότητα της πρωτεΐνης που είναι παρούσα σε ένα διάλυμα μπορεί να ποσοτικοποιηθεί με μέτρηση της απορρόφησης και συγκρίνοντας με διαλύματα πρωτεΐνης γνωστής συγκέντρωσης.

Αντιδράσεις



Bicinchoninic Acid (BCA) sodium salt

BCA-Copper Reaction



Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα φασματοσκοπικών μεθόδων

Πλεονεκτήματα:

- Είναι αρκετά ταχείες μέθοδοι και με υψηλή ευαισθησία

Μειονεκτήματα:

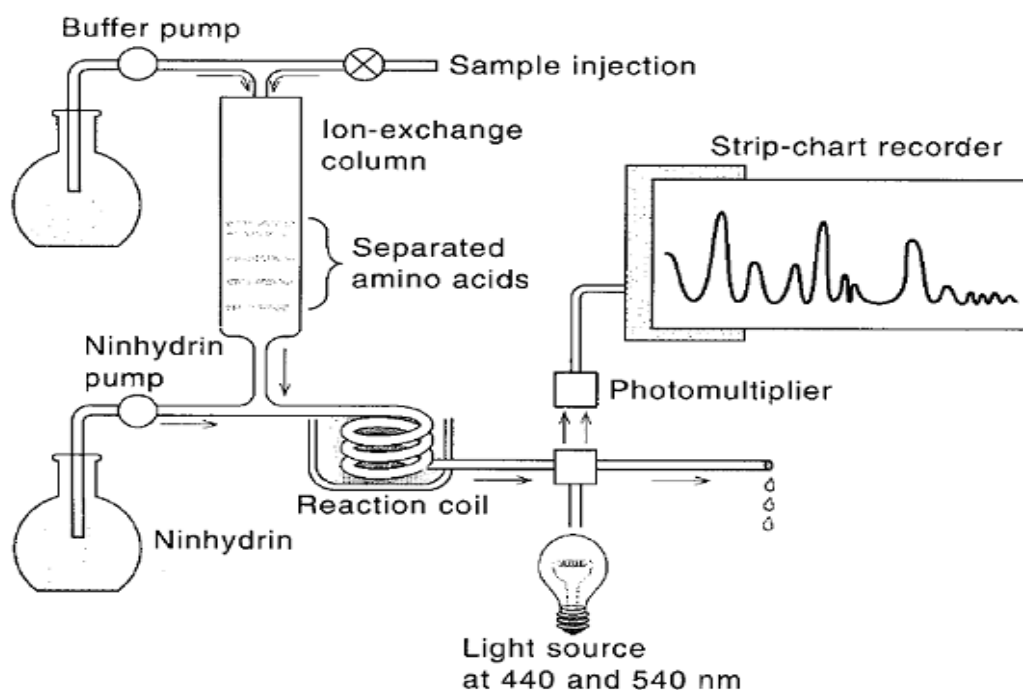
- Η απορρόφηση εξαρτάται από το είδος της πρωτεΐνης που αναλύεται (διαφορετικές πρωτεΐνες έχουν διαφορετικές αλληλουχίες αμινοξέων).
- Είναι δύσκολο να εξαχθούν ποσοτικά αποτελέσματα όταν τα τρόφιμα έχουν υποστεί επεξεργασία διότι οι πρωτεΐνες δεσμεύονται πιθανά με άλλες ουσίες.

Συνδυασμός χρωματογραφικών και φασματοσκοπικών μεθόδων

Προσδιορισμός δομής πεπτιδίων - ανάλυση αμινοξέων

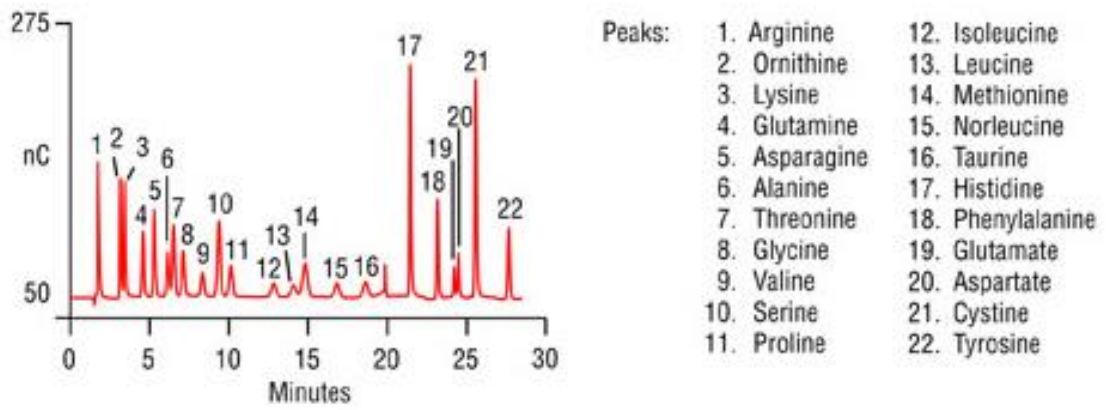
- Αρχικά επιτελείται διάσπαση του πεπτιδίου ή της πρωτεΐνης σε αμινοξέα με υδρόλυση των αμιδικών δεσμών και αναγωγή των δισουλφιδικών δεσμών.
- Γίνεται ανάλυση του μίγματος με αναλυτή αμινοξέων.
- Τα αμινοξέα εκκλύονται από χρωματογραφική στήλη σε διαφορετικούς χρόνους αναλόγως με τη δομή τους.
- Τα εκκλούμενα αμινοξέα αντιδρούν με νινυδρίνη προς σχηματισμό ένωσης ιώδους χρώματος.
- Ως ανιχνευτής χρησιμοποιείται φασματοφωτόμετρο.
- Λαμβάνεται χρωματογράφημα απορρόφησης συναρτήσεως του χρόνου εκλουσεως.

Αναλυτής αμινοξέων



<https://www.google.gr/url?sa=i&rcrt=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjk-9WL2-DLAhXGWhQKHSMODUoQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fbiosiva.50webs.org%2Fproseq.htm&bvm=bv.117868183,d.d24&psig=AFQjCNGqkOKCKXMqFJ8HSsthi-iB0OKxzg&ust=145916277409072>

Χρωματογράφημα ανάλυσης αμινοξέων



<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=&url=http%3A%2F%2Fwww.dionex.com%2Fenus%2Fproducts%2Fcolumns%2Fbio%2Faminoacid%2Faminopacpa10%2Fp73361.html&bvm=bv.117868183,d.d24&psig=AFQjCNGqkOKCKXMqFJ8HSsthi-iB0OKxzg&ust=1459162777409072>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.

Προσδιορισμός Λίπους Τροφίμου



Λιπίδια -Γενικά

Με τον όρο «λιπίδια» χαρακτηρίζονται ουσίες αδιάλυτες στο νερό και διαλυτές σε συνήθεις οργανικούς διαλύτες. Περιέχουν ομάδες υδρογονανθράκων μακριάς αλυσίδας στο μόριό τους και περιέχονται ή προέρχονται από έμβιους οργανισμούς.

Τεράστιο πλήθος ενώσεων, όπως υδρογονάνθρακες μακριάς αλυσίδας, αλκοόλες, αλδεΐδες, λιπαρά οξέα και παράγωγα όπως εστέρες, φωσφολιπίδια, γλυκολιπίδια και σουλφολιπίδια. Στα λιπίδια περιλαμβάνονται επίσης ουσίες που είναι συνήθως συνδεδεμένες σε κυτταρικές μεμβράνες και παραλαμβάνονται μαζί με τα φωσφολιπίδια και τα ουδέτερα λιπίδια, κατά την εκχύλιση ιστών με κατάλληλο σύστημα διαλυτών, όπως οι λιποδιαλυτές βιταμίνες A, D, E και K, τα καροτενοειδή, οι στερόλες και οι εστέρες στερολών. Τα λιπίδια προσδιορίζονται με βάση τη διαλυτότητά τους και όχι τη χημική δομή τους, και διακρίνονται σε ουδέτερα και πολικά (Σινάνογλου, 1998).

Φυσιολογία των λιπιδίων

Δεδομένης της ποικιλομορφίας στη χημική τους δομή, τα λιπίδια παίζουν καθοριστικό ρόλο στις φυσιολογικές λειτουργίες για την επιβίωση των κυττάρων. Έτσι ανάλογα με τον φυσιολογικό τους ρόλο τα λιπίδια αποτελούν (Σινάνογλου, 1998):

- Μορφές αποταμίευσης και μεταφοράς βιολογικής ενέργειας
- Δομικά συστατικά βιολογικών μεμβρανών με σημασία στη φυσιολογία τους
- Δομικά συστατικά των κυττάρων
- Προστατευτικά κηρώδη περιβλήματα πολλών οργανισμών
- Ενώσεις με σημαντικές μεταβολικές δράσεις
- Φορείς για τη διακίνηση άλλων μορίων

Κατάταξη λιπιδίων

Ουδέτερα και πολικά: κατάταξη με βάση την πολικότητα.

Ουδέτερα λιπίδια	Πολικά λιπίδια
- Λιπαρά οξέα (>C ₁₂)	- Γλυκεροφωσφολιπίδια
- Εστέρες	- Γλυκερογλυκολιπίδια
- Στερόλες, εστέρες στερολών	- Σφιγγοφωσφολιπίδια
- Μονο-, δι- και τρι- γλυκερίδια	- Σφιγγογλυκολιπίδια
- Καροτένια	
- Τοκοφερόλες	

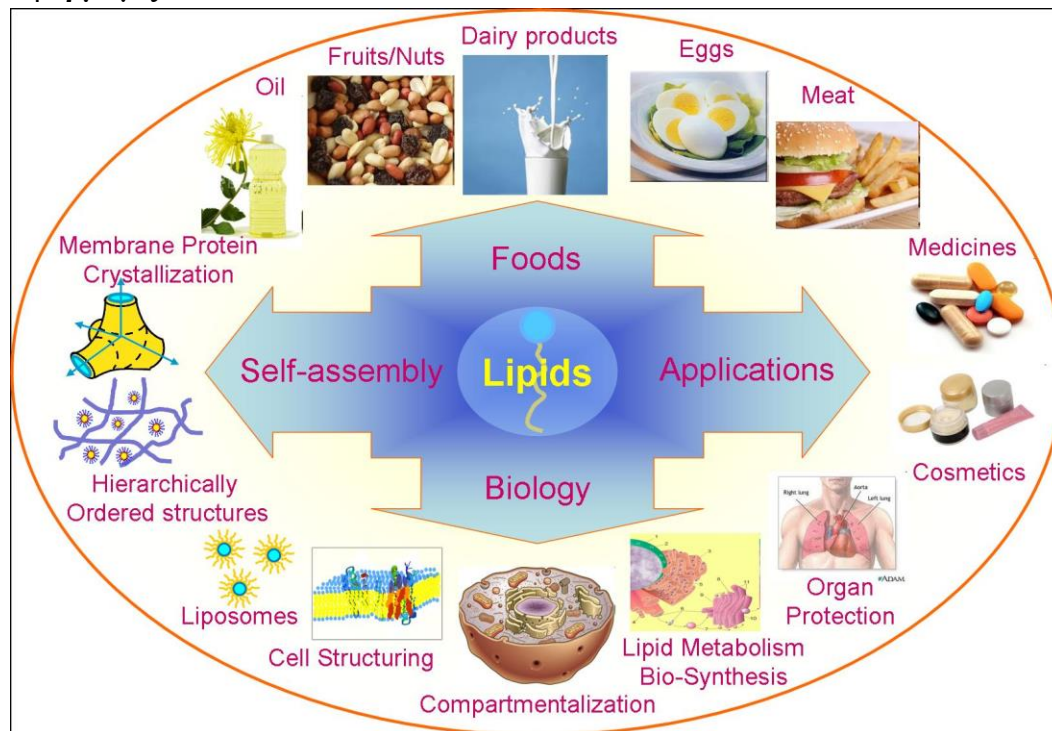
Απλά και σύνθετα: κατάταξη με βάση το πλήθος των μοριακών ειδών που αποδίδουν με την υδρόλυσή τους.

Απλά λιπίδια	Σύνθετα λιπίδια
- Ελεύθερα λιπαρά οξέα	- Αιθερογλυκερίδια
- Στερόλες	- Μονο-, δι- και τρι- γλυκερίδια
- Καροτένια	- Γλυκολιπίδια
- Τοκοφερόλες	- Εστέρες

	<ul style="list-style-type: none"> - Εστέρες στερολών - Φωσφολιπίδια
--	--

Τα λιπίδια κατατάσσονται σε οκτώ κατηγορίες: λιπαρά ακύλια, γλυκερολιπίδια, γλυκεροφωσφολιπίδια, σφιγγολιπίδια, λιπίδια στερολών, λιπίδια prenol, σακχαρολιπίδια και πολυκετίδια Αυτό το σύστημα ταξινόμησης των λιπιδίων βασίζεται στις υδρόφοβες και υδρόφιλες ομάδες που συνθέτουν το λιπίδιο (Σινάνογλου, 1998).

Εφαρμογές των λιπιδίων



<https://www.google.gr/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiRs-Pc3uDLAhUL1RQKHS-yDegQjRwIBw&url=http%3A%2F%2Fflipidnanostructuresgroup.weebly.com%2Fflipidslipid-nanostructures.html&bvm=bv.117868183,d.ZWU&psig=AFQjCNG6-k0RkYxTY2uSd6OL4KfiHnkmw&ust=1459163738615915>

Διαφορά λίπους και ελαίου

Ως έλαιο χαρακτηρίζεται μίγμα τριγλυκεριδίων που είναι σε υγρή μορφή διότι περιέχει υψηλό ποσοστό πολυακόρεστων λιπαρών οξέων.

Ως λίπος χαρακτηρίζεται μίγμα τριγλυκεριδίων που είναι στερεό σε θερμοκρασία δωματίου διότι περιέχει υψηλό ποσοστό κορεσμένων λιπαρών οξέων.

Περιεκτικότητα σε λίπος, μερικών τροφίμων

Τρόφιμο	% Ολικό λίπος	Τρόφιμο	% Ολικό λίπος
Αλεύρι ολικής αλέσεως	2,2	Λουκάνικο-χοιρινό (ψημένο)	24,6
Ψωμί (λευκό)	1,9	Μοσχάρι-φιλέτο (ψημένο)	21,1
Γάλα-αποβουτυρωμένο	0,1	Μοσχάρι-κιμάς (ωμό)	20,5

(αγελαδινό)			
Γάλα-πλήρες (αγελαδινό)	3,9	Αρνί-παϊδάκι (ψημένο)	29,0
Γάλα ανθρόπινο	4,1	Κοτόπουλο (ψημένο)	5,4
Τυριά (συνήθως)	25 - 35	Γαλοπούλα-στήθος (ψημένο)	1,4
Παγωτό	9,8	Βακαλάος (ωμός)	0,7
Αυγό-κρόκος	30,5	Βακαλάος (τηγανισμένος, με κουρκούτι)	10,3
Αυγό-ασπράδι	ίχνη	Σκουμπρί (καπνιστό)	30,9
Βούτυρο	81,7	Σολωμός (καπνιστός)	4,5
Μαργαρίνη	81,6	Ταραμοσαλάτα	46,4
Λαρδί (μαγειρικό λίπος)	99,0	Φυστίκια-αράπικα (καβουρδισμένα)	49,8
Φυτικά έλαια	99,9	Σοκολάτα υγείας	29,2
Μπέικον (τηγανισμένο)	42,2	Σοκαλάτα γάλακτος	30,3

Πηγή: B. Holland, A.A. Welch, I.P. Unwin, D.H. Buss, A.A. Paul and D.A.T. Southgate, "McCance and Widdowson's The composition of Foods", The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1991

Λιπαρά οξέα

Τα λιπαρά οξέα εμφανίζονται σε ποικιλία χημικών μορφών, διαφέροντας στο πλήθος και στο είδος των υποκαταστατών, των διπλών δεσμών, στην παρουσία και άλλων χαρακτηριστικών ομάδων και στο μήκος της αλυσίδας. Έχουν μεγάλη φυσιολογική σημασία, ανιχνεύονται μόνο σε ίχνη σε ελεύθερη κατάσταση σε ζωντανούς οργανισμούς και βρίσκονται κυρίως σε εστεροποιημένη μορφή, σε κηρούς, γλυκερίδια, φωσφατίδια κλπ. Τα λιπαρά οξέα αποτελούν το 35-40% της ενέργειας που λαμβάνεται από την διατροφή και εισάγονται στο στομάχι ως τριγλυκερίδια και φωσφογλυκερίδια (Σινάνογλου, 1998).

Διακρίνονται ανάλογα :

- με το μήκος της ανθρακικής τους αλυσίδας, όπου συνηθέστερα είναι αυτά με άρτιο αριθμό ατόμων C και σπανιότερα αυτά με περιττό αριθμό.
- με τον αριθμό, την θέση και την διαμόρφωση (γεωμετρική ισομέρεια) των διπλών δεσμών
- με την παρουσία χαρακτηριστικών ομάδων στην αλυσίδα τους

Έτσι διακρίνονται σε κορεσμένα, ακόρεστα και πολυακόρεστα με μήκος ανθρακικής αλυσίδας από 4 έως 24 άτομα άνθρακα.

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα αντιστοιχούν στο 5-6% της διατροφικής ενέργειας.

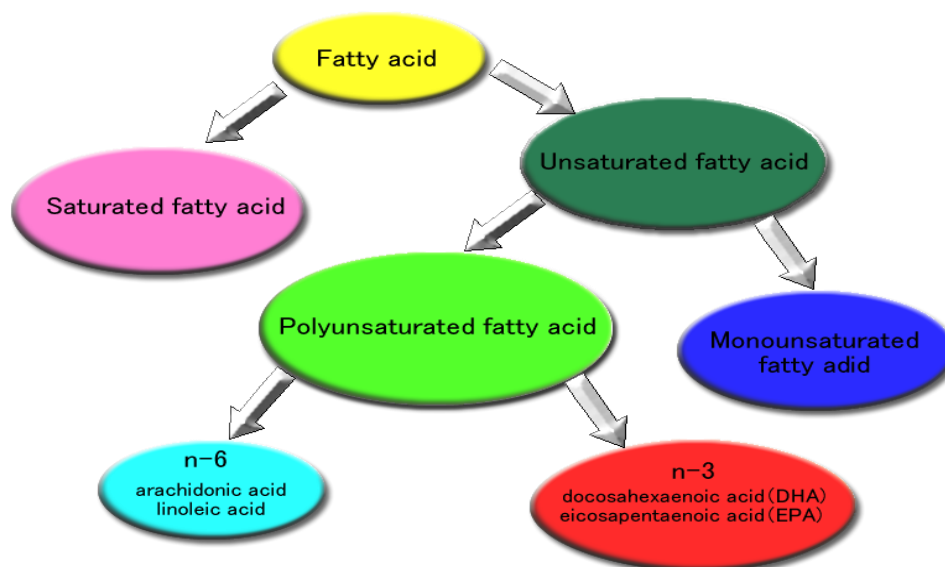
Τα λιπαρά οξέα απαντούν ως αποθηκευτικό λίπος, που εντοπίζεται κυρίως στον λιπώδη ιστό και είναι πλούσιο σε τριγλυκερίδια και δομικό λίπος, που αποτελείται από φωσφογλυκερίδια και εστέρες της χοληστερόλης. Τα δομικά λιπαρά οξέα είναι αναπόσπαστα μέρη των βιομεμβρανών και είναι συνήθως πολυακόρεστα.

Υπάρχουν τέσσερις σημαντικές οικογένειες ακόρεστων λιπαρών οξέων που προέρχονται από τα : λινολεϊκό οξύ (C18:2, ω-6), α-λινολενικό οξύ (C18:3, ω-3), ελαϊκό οξύ (C18:1, ω-9) και παλμιτολεϊκό οξύ (C16:1, ω-7).

Τα ω-6 και ω-3 πολυακόρεστα οξέα χαρακτηρίζονται ως απαραίτητα λιπαρά οξέα, διότι δεν μπορούν να συντεθούν στον οργανισμό και λαμβάνονται από την διατροφή.

Τα κυριότερα λιπαρά οξέα που περιέχονται σε μεγαλύτερο ποσοστό στα τρόφιμα είναι το μυριστικό (C_{14:0}), το παλμιτικό (C_{16:0}), το στεατικό (C_{18:0}), το ελαϊκό (C_{18:1}), το λινελαϊκό (C_{18:2}), και το λινολενικό (C_{18:3}) (Σινάνογλου, 1998).

Κατάταξη λιπαρών οξέων



Σύσταση λιπαρών οξέων σε φυτικά έλαια

SOURCE	C8	C10	C12	C14	C16	C18	C18:1	C18:2	C18:3
ALMOND	0	0	0	0	7	2	69.0	17	0
CANOLA OIL	0	0	0	0	4	2	62.0	22	10
COCOA BUTTER	0	0	0	0	25	38	32.0	3	0
COCONUT OIL	0	6	47	18	9	3	6.0	2	0
CORN OIL	0	0	0	0	11	2	28.0	58	1
COTTONSEED OIL	0	0	0	1	22	3	19.0	54	1
FLAXSEED OIL	0	0	0	0	3	7	21.0	16	53
GRAPE SEED OIL	0	0	0	0	8	4	15.0	73	0
OLIVE OIL	0	0	0	0	13	3	71.0	10	0
PALM OIL	0	0	0	1	45	4	40.0	10	0
PALM OLEIN	0	0	0	1	37	4	46.0	11	0
PALM KERNAL OIL	0	4	48	16	8	3	15.0	2	0
PEANUT OIL	0	0	0	0	11	2	48.0	32	0
SAFFLOWER OIL	0	0	0	0	7	2	13.0	78	0
SESAME OIL	0	0	0	0	9	4	41.0	45	0
SOYBEAN OIL	0	0	0	0	11	4	24.0	54	7
SUNFLOWER OIL	0	0	0	0	7	5	19.0	68	1

Αναλύσεις λιπιδίων

Οι σημαντικότερες επιδιώξεις στην ανάλυση των λιπιδίων στα τρόφιμα είναι:

- Εκχύλιση και σταθμικός προσδιορισμός του ολικού λίπους
- Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των επιμέρους λιπιδικών συστατικών (γλυκερίδια, λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, κλπ.)
- Έλεγχος φυσικοχημικών ιδιοτήτων του λίπους, όπως σημείο τήξης, σημείο καπνού, κρυστάλλωση, ρεολογική μελέτη, χρώμα, πυκνότητα, κλπ.
- Δομική οργάνωση των λιπιδίων μέσα στο τρόφιμο.

Μέθοδοι εκχύλισης λίπους τροφίμων

- Κλασσικές μέθοδοι εκχύλισης με οργανικούς διαλύτες (μέθοδος Soxhlet, Bligh-Dyer, Folsch, κλπ.)
- Υγρή εκχύλιση δίχως οργανικό διαλύτη (μέθοδοι Gerber, Babcock και Detergent).
- Εκχύλιση με τεχνικές υψηλής ενέργειας (με υπέρηχους και με μικροκύματα).
- Εκχύλιση με υψηλές πιέσεις.
- Εκχύλιση με υπερκρίσιμα υγρά.

Κριτήρια επιλογής διαλύτη

- Να διαθέτει μεγάλη εκλεκτικότητα ως διαλύτης για τα λιπίδια.
- Να διαθέτει πολύ μικρή εκλεκτικότητα ως διαλύτης για άλλες ουσίες.
- Να είναι πτητικός ώστε να απομακρύνεται εύκολα με εξάτμιση.
- Να έχει κατάλληλη πολικότητα για το είδος των λιπιδικών ουσιών που πρέπει να εκχυλισθούν.
- Να μην είναι εύφλεκτος
- Να μην είναι τοξικός
- Να διεισδύει εύκολα στο δείγμα
- Να μην είναι μίγμα διαλυτών
- Να είναι οικονομικός
- Να μην είναι υγροσκοπικός (να μην απορροφά υγρασία από το περιβάλλον).

Προτεινόμενοι διαλύτες

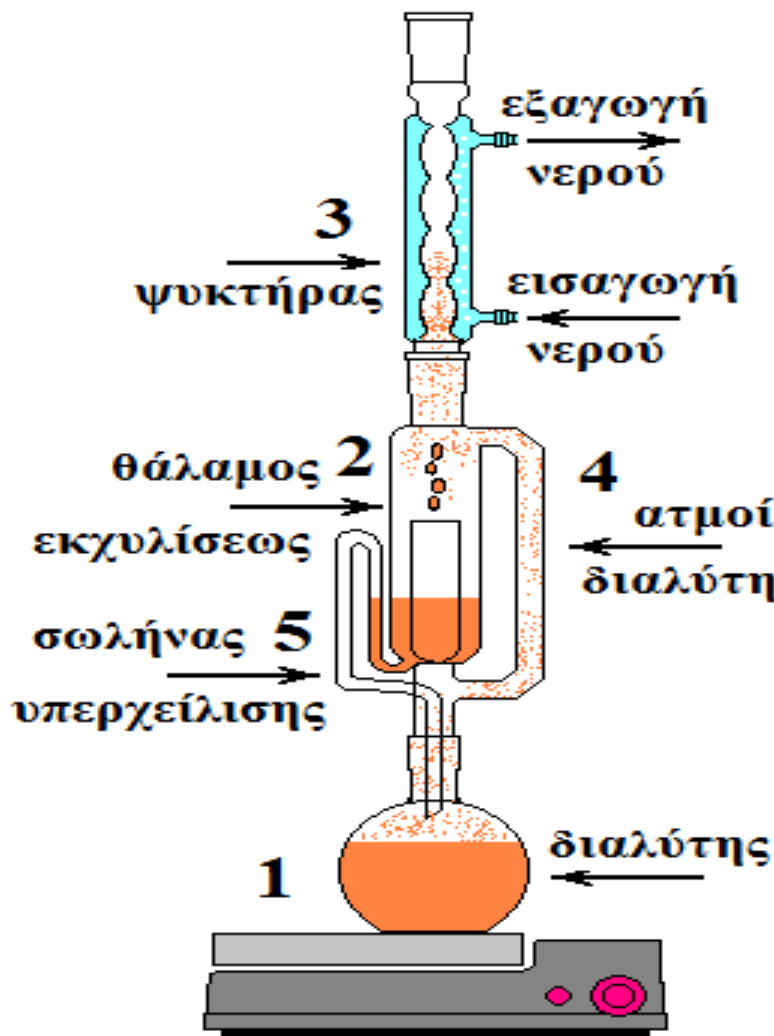
- **Διαιθυλαιθέρας:** Ιδανικός για την εκχύλιση μη πολικών λιπιδικών συστατικών, αρκετά ακριβός, πολύ εύφλεκτος, πολύ πτητικός, υγροσκοπικός
- **Πετρελαϊκός αιθέρας:** Φθηνότερος και λιγότερο υγροσκοπικός
- **Εξάνιο:** Ιδανικός για την εκχύλιση μη πολικών και μέτριας πολικότητας λιπιδικών συστατικών, οικονομικός, εύφλεκτος, μέτρια πτητικός.
- **Χλωροφόρμιο:** Ιδανικός για την εκχύλιση πολικών λιπιδικών συστατικών, οικονομικός, εύφλεκτος, μέτρια πτητικός.

A. Κλασσικές μέθοδοι εκχύλισης με οργανικούς διαλύτες

1) Μέθοδος Soxhlet

- Το δείγμα ξηραίνεται, κονιοποιείται ή αλέθεται και τοποθετείται σε μία πορώδη δακτυλήθρα κυτταρίνης.
- Η δακτυλήθρα τοποθετείται σε ένα θάλαμο εκχύλισης (2), ο οποίος τοποθετείται μεταξύ μιας προζυγισμένης φιάλη που περιέχει το διαλύτη (1) και ενός συμπυκνωτή (3).
- Η φιάλη θερμαίνεται και ο διαλύτης αρχίζει να εξατμίζεται
- Οι ατμοί του (4) φτάνοντας στον συμπυκνωτή υγροποιούνται, διέρχονται μέσω του θαλάμου εκχύλισης που περιέχει το δείγμα και επιστρέφουν στη φιάλη ζέσεως.
- Ο θάλαμος εκχύλισης είναι σχεδιασμένος έτσι ώστε όταν ο διαλύτης που περιβάλλει το δείγμα υπερβαίνει ένα ορισμένο επίπεδο υπερχειλίζει (5) και ρέει μέσα στη φιάλη ζέσεως με το διαλυμένο λίπος.
- Όσο περισσότερες φορές εκχυλισθεί το δείγμα τόσο μεγαλύτερη η ανάκτηση του λίπους.
- Όταν η εκχύλιση ολοκληρωθεί, γίνεται εξάτμιση του διαλύτη από τη φιάλη μέχρι ξηρού και προσδιορίζεται το ολικό λίπος σταθμικά.

Περιγραφή συσκευής Soxhlet



2) Μέθοδος Bligh-Dyer (1959)

- Δείγμα τροφίμου, με βάση τη περιεχόμενη υγρασία του, εκχυλίζεται με διάλυμα χλωροφορμίου-μεθανόλης (1:2 v/v) ανά 0.8v υγρασίας του, σε ομογενοποιητή Omni mixer επί 5 λεπτά, με σύγχρονη εφαρμογή ψύξης.
- Το μίγμα του εκχυλίσματος διηθείται με χωνί Buchner και το υπόλειμμα εκπλένεται μία φορά με διάλυμα χλωροφορμίου-μεθανόλης-νερού (1:2:0.8 v/v/v).
- Τα ενωμένα διηθήματα συλλέγονται σε διαχωριστική χοάνη, συμπληρώνονται με υπολογισμένες ποσότητες χλωροφορμίου και νερού, ώστε η αναλογία σε $\text{CHCl}_3/\text{CH}_3\text{OH}/\text{H}_2\text{O}$ να καταστεί 1:1:0.9 v/v/v και εκχυλίζονται.
- Παραλαμβάνεται η κάτω χλωροφορμική φάση, που περιέχει τα ολικά λιπίδια του δείγματος, εξατμίζεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή κενού στους 35°C και το υπόλειμμα της φιάλης προσδιορίζεται σταθμικά.

3) Μέθοδος Folch (1957)

- Προζυγισμένο δείγμα τροφίμου ομογενοποιείται με χλωροφόρμιο / μεθανόλη (2 / 1) σε αναλογία 1:20 (w/v).
- Το μίγμα αναδεύεται για 15-20 λεπτά με μηχανικό αναδευτήρα σε θερμοκρασία δωματίου .
- Το ομογενές διάλυμα διηθείται ή φυγοκεντρείται και συλλέγεται η υγρή φάση.
- Η φάση αυτή εκπλένεται με 0,2 όγκους νερού ή καλύτερα διαλύματος NaCl 0,9 %.,
- Το μίγμα αναδεύεται και φυγοκεντρείται σε χαμηλή ταχύτητα για να διαχωριστούν οι δύο φάσεις.
- Συλλέγεται η κάτω φάση του χλωροφορμίου που περιέχει το λιπιδικό κλάσμα, εξατμίζεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή κενού στους 35°C και το υπόλειμμα της φιάλης προσδιορίζεται σταθμικά.

B. Εκχύλιση με τεχνικές υψηλής ενέργειας

1) Εκχύλιση με υπέρηχους- Αρχή μεθόδου

- Εναλλακτική της συμβατικής εκχύλισης γιατί είναι ταχύτερη και παρέχει μεγαλύτερες αποδόσεις ανάκτησης βιοδραστικών συστατικών με μικρότερη κατανάλωση διαλυτών.
- Η εξάπλωση των υπερήχων δημιουργεί μικροφουσαλίδες στο υγρό.
- Οι φουσαλίδες απορροφούν ενέργεια από τα ηχητικά κύματα και αυξάνονται κατά τη διάρκεια κύκλων διαστολής, ενώ κατά τη διάρκεια του κύκλου συμπίεσης επανασυμπίεζονται.
- Επιπλέον, οι φουσαλίδες μπορούν να διασπασθούν περαιτέρω ή να καταρρεύσουν υπό ακραίες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας

- Η ενδόρρηξη /συστολή/ κατάρρευση των φυσαλίδων πλήττει την επιφάνεια της στερεάς δομής και διασπά τα κύτταρα προκαλώντας την απελευθέρωση των επιθυμητών συστατικών.
- Η εκχύλιση με χρήση υπερήχων επιτυγχάνει τη διάρρηξη του κυτταρικού τοιχώματος και τη διαλυτοποίηση των ανακτώμενων συστατικών στο διαλύτη αποτελεσματικά και σε σύντομο χρόνο.

Πειραματική πορεία εκχύλισης

- Προζυγισμένο δείγμα τροφίμου, που έχει υποστεί λυοφιλίωση, εισάγεται σε τρίλεμη απιοειδή φιάλη και προστίθεται κατάλληλος όγκος οργανικού διαλύτη σε αναλογία περίπου 1:8 (w/v).
- Στη φιάλη προσαρμόζεται θερμομόετρο για τον έλεγχο της θερμοκρασίας.
- Επίσης μέσα στη φιάλη βυθίζεται η συσκευή που παράγει τους υπέρηχους.
- Η φιάλη είναι τοποθετημένη σε παγόλουτρο για την αποφυγή υπερθέρμανσης του μίγματος τροφίμου-διαλύτη.
- Όλο το σύστημα φιάλης και συσκευής υπερήχων βρίσκεται εντός θαλάμου από ανοξείδωτο χάλυβα
- Επιλέγεται η ισχύς και η ακολουθία των παλμών, ώστε η θερμοκρασία να μην υπερβαίνει τους 40 °C.
- Στη συνέχεια το μίγμα εκχυλίσεως διηθείται με χονί Buchner, το ίζημα εκπλένεται και λαμβάνονται τα ενωμένα διηθήματα.
- Εξατμίζεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή κενού στους 35°C και το υπόλειμμα της φιάλης προσδιορίζεται σταθμικά.

Συσκευές εκχύλισης υπερήχων



2) Εκχύλιση με μικροκύματα - Αρχή μεθόδου

Η εσωτερική υγρασία των κυττάρων εξατμίζεται με τη θερμότητα που παράγεται από τα μικροκύματα και αναπτύσσεται υψηλή πίεση στο κυτταρικό τοίχωμα.

Η αύξηση της πίεσης αυξάνει το πορώδες των βιολογικών ιστών και επιτρέπει την ευκολότερη διείσδυση του διαλύτη εκχύλισης στους ιστούς και την ανάκτηση των επιθυμητών συστατικών.

Το πλεονέκτημα της εκχύλισης με χρήση μικροκυμάτων σε σχέση με την κλασική είναι ότι το υλικό θερμαίνεται εσωτερικά και εξωτερικά και τα προς ανάκτηση συστατικά εκχυλίζονται αποτελεσματικά με μικρότερη κατανάλωση ενέργειας και διαλύτη.

Παράγοντες που επιδρούν στην εκχύλιση με χρήση μικροκυμάτων

- Η ισχύς ή η συχνότητα των μικροκυμάτων,
- ο χρόνος επίδρασης των μικροκυμάτων,
- το ποσοστό υγρασίας,
- η κοκκομετρία του υλικού,
- τα χαρακτηριστικά του διαλύτη (διαλυτότητα και διηλεκτρική σταθερά),
- η αναλογία στερεού-υγρού,
- η θερμοκρασία και η πίεση εκχύλισης και
- ο αριθμός των εκχυλίσεων.

Πειραματική πορεία εκχύλισης

- Προζυγισμένο δείγμα τροφίμου, που έχει υποστεί λυοφιλίωση, εισάγεται σε σφαιρική φιάλη και προστίθεται κατάλληλος όγκος οργανικού διαλύτη σε αναλογία περίπου 1:8 (w/v).
- Η φιάλη τοποθετείται σε συσκευή που παράγει τα μικροκύματα.
- Επιλέγεται η ισχύς και ο χρόνος εκχύλισης και ρυθμίζεται η θερμοκρασία ώστε να μην υπερβαίνει τους 50 °C.
- Στη συνέχεια το μίγμα εκχυλίσεως διηθείται με χωνί Buchner, το ίζημα εκπλένεται και λαμβάνονται τα ενωμένα διηθήματα.
- Εξατμίζεται ο διαλύτης σε περιστρεφόμενη συσκευή κενού στους 35°C και το υπόλειμμα της φιάλης προσδιορίζεται σταθμικά.

Συσκευές εκχύλισης με μικροκύματα



Γ. Εκχύλιση με χρήση υγρών διαλυτών υπό πίεση (Pressurized Liquid Extraction-PLE)

Η εκχύλιση με χρήση υγρών διαλυτών υπό πίεση(PLE), χρησιμοποιεί οργανικούς υγρούς διαλύτες σε θερμοκρασίες από 50-200 °C και πιέσεις από 1450-2175 psi προκειμένου να επιτευχθεί ταχύς ρυθμός εκχύλισης των βιοδραστικών ενώσεων.

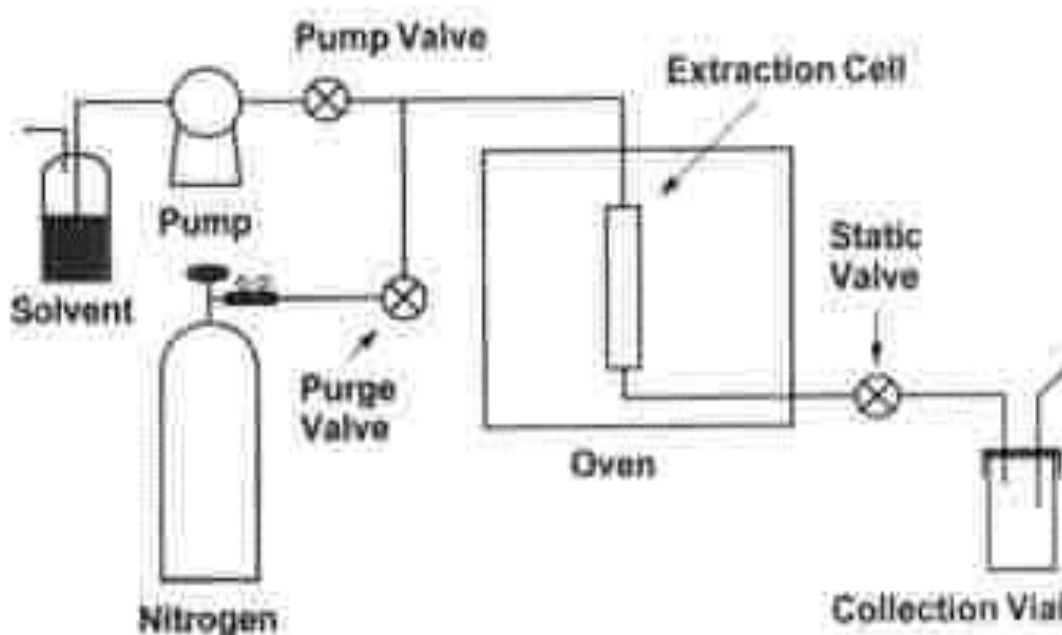
Όταν ο διαλύτης είναι 100% νερό, η μέθοδος ονομάζεται υποκρίσιμη εκχύλιση νερού.

Οι υψηλές θερμοκρασίες της εκχύλισης ευνοούν:

- ι) την αύξηση της ικανότητας των διαλυτών να διαλυτοποιούν τα ανακτώμενα συστατικά,
- ιι) την αύξηση των συντελεστών διάχυσης,
- ιιι) τη ρήξη των δυνάμεων συνοχής μεταξύ των συστατικών και του υλικού,
- ιιιι) τη μείωση του ιξώδους του διαλύτη και
- ιιιιι) την ελάττωση της επιφανειακής τάσης.

Η θερμοκρασία ρυθμίζει την πολικότητα του διαλύτη ώστε να ταυτιστεί με την πολικότητα των συστατικών που ανακτώνται

Η υψηλή πίεση που ασκεί ο υγρός διαλύτης στο υλικό διευκολύνει την ταχύτερη διείσδυσή του στα κύτταρα και την ευκολότερη εκχύλιση των συστατικών



Δ. Εκχύλιση με υποκρίσιμα ρευστά

Βασίζεται σε επιλεγμένες ιδιότητες των ρευστών, όπως την πυκνότητα, την ικανότητα διάχυσης, τη διηλεκτρική σταθερά και το ιξώδες τους.

Με κατάλληλη μεταβολή της πίεσης και της θερμοκρασίας προκύπτει ένα υπερκρίσιμο ρευστό.

Το υπερκρίσιμο ρευστό βρίσκεται σε ενδιάμεση κατάσταση υγρού-αερίου, με πυκνότητα παρόμοια με αυτήν του υγρού και ιξώδες παρόμοιο με αερίου.

Τα υπερκρίσιμα ρευστά έχουν βελτιωμένες ιδιότητες μεταφοράς σε σχέση με αυτές των υγρών, διότι η πυκνότητά τους ρυθμίζεται με τη μεταβολή της πίεσης και θερμοκρασίας.

Επιπλέον, τα υπερκρίσιμα ρευστά έχουν σχετικά μικρές επιφανειακές τάσεις με συνέπεια την αποφυγή της αλλοίωσης ευπαθών συστατικών

Ως υπερκρίσιμα ρευστά μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλά ρευστά (αιθυλένιο, μεθάνιο, άζωτο, ξένο ή φθοράνθρακες), με κυριότερο το διοξείδιο του άνθρακα.

Το CO₂ είναι μη εκρηκτικό, μη τοξικό, χαμηλού κόστους, διαλυτοποιεί λιπόφιλες ενώσεις και μπορεί να ανακτηθεί εύκολα, παρέχοντας εκχυλίσματα απαλλαγμένα από διαλύτες.

Είναι φιλικό στο περιβάλλον και «αναγνωρισμένο ως ασφαλές» από τους οργανισμούς FDA (U.S. Food and Drug Administration) και EFSA (European Food Safety Authority).

Εξαιτίας της χαμηλής του πολικότητας, δεν είναι αποτελεσματικό στην εκχύλιση πολικών συστατικών.

Τα πολικά συστατικά διαλύονται ελάχιστα στο υπερκρίσιμο CO₂ και πρακτικά δεν εκχυλίζονται. Γι αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ως συνδιαλύτες (εξάνιο, μεθανόλη, αιθανόλη, ισοπροπανόλη, ακετονιτρίλιο, διχλωρομεθάνιο) σε μικρές ποσότητες, ώστε να αυξηθεί η διαλυτότητα των συστατικών και η επιλεκτικότητα της μεθόδου.

Από τους συνδιαλύτες, προτιμάται η αιθανόλη, λόγω χαμηλής τοξικότητας και καλής αναμιξιμότητας με το CO₂

Ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των λιπιδικών συστατικών

Το αυξημένο ενδιαφέρον για τον χημικό χαρακτηρισμό των λιπιδίων σε προϊόντα τροφίμων, απαίτησε την ανάπτυξη ταχέων, ευαίσθητων και εξειδικευμένων αναλυτικών μεθοδολογιών, που να δίνουν τη δυνατότητα ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού των ενώσεων αυτών. Τεχνικές που ήδη χρησιμοποιούνται είναι η TLC, η HPTLC, η HPLC-MS, η GC-MS και η MALDI-TOF-MS ανάλυση. Διακρίνονται σε:

A) Μέθοδοι διαχωρισμού και ποιοτικού προσδιορισμού λιπιδικών ενώσεων

- Εκχύλιση στερεάς φάσης (Solid Phase Extraction διαχωρισμός)
- Χρωματογραφία στήλης
- Χρωματογραφία Λεπτής Στιβάδας (TLC)
- Δισδιάστατη TLC με χρήση πλακών HPTLC
- Χαρτοχρωματογραφία

B) Μέθοδοι ποιοτικού και ποσοτικού προσδιορισμού λιπιδικών συστατικών

- Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία.
- Προσδιορισμός ουδετέρων και πολικών λιπιδίων με Iatroscan (TLC-FID) ανάλυση.

- Προσδιορισμός ουδετέρων και πολικών λιπιδίων με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC).
- Χημικός χαρακτηρισμός λιπιδικών μορίων με φασματομετρία μάζας.

Χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC)

Η χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (TLC) χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάλυση των συστατικών των τροφίμων και τον έλεγχο της ποιότητάς τους. Πλεονεκτεί έναντι άλλων χρωματογραφικών μεθόδων όπως GC και HPLC, για τους εξής λόγους: είναι μέθοδος απλή στον χειρισμό της, μπορεί να ανιχνεύει και να ταυτοποιεί συστατικά ευαίσθητων και εξειδικευμένων δειγμάτων χωρίς να δρα παρεμποδιστικά η κινητή φάση, δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης πολλών δειγμάτων στην ίδια πλάκα μειώνοντας το κόστος της ανάλυσης και μπορεί η ίδια πλάκα να αναπτύσσεται σε περισσότερα συστήματα διαλυτών για καλύτερο διαχωρισμό των συστατικών. Χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 20x20 cm ή 10x20 cm με πάχος επίστρωσης 0.25 mm για αναλυτική χρήση και 0.5 mm ή 0.75 mm για παρασκευαστική χρήση. Ενεργοποιούνται στους 110-120°C για 1-2 ώρες. Μετά την ενεργοποίηση φυλάσσονται σε θάλαμο με ξηραντικό υλικό. Το υλικό επίστρωσης περιέχει αλουμίνα ή διοξείδιο του πυριτίου ή κυτταρίνη. Οι πλάκες για αναλυτική χρήση χωρίζονται σε παράλληλες κάθετες λωρίδες πλάτους 1.5-2.0 cm. Το διάλυμα του δείγματος ή του προτύπου, όγκου 10-20 μL τοποθετείται με μικροσύριγγα σε κάθε λωρίδα και σε ύψος περίπου 2 cm. Η ανάπτυξη της χρωματογραφικής πλάκας γίνεται σε προκεκορεσμένο θάλαμο (επιτυγχάνεται με επικάλυψη των τοιχωμάτων του με διηθητικό χαρτί) με το κατάλληλο σύστημα διαλυτών ανάπτυξης. Όταν το μέτωπο του διαλύτη φτάσει σε ύψος περίπου 17 cm, οι πλάκες ανασύρονται από το θάλαμο και αφήνονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος προκειμένου να εξατμισθεί ο διαλύτης (Σινάνογλου, 1998).

Η χρωματογραφία λεπτής στιβάδας υψηλής απόδοσης (HPTLC) είναι μία αποτελεσματική και ποσοτική τεχνική, που εφαρμόζεται κυρίως σε περιπτώσεις που η ανάπτυξη γίνεται σε δύο διαστάσεις, για το διαχωρισμό πολύπλοκων μιγμάτων. Χρησιμοποιούνται πλάκες διαστάσεων 10x10 cm με πάχος επίστρωσης 0.25 mm οπότε η απόσταση ανάπτυξεως είναι μικρότερη από αυτήν της TLC, γεγονός που παρέχει αυξημένη διαχωριστική ικανότητα, ταχύτερο διαχωρισμό και βέλτιστα όρια ανίχνευσης. Χαράσσονται τα μέτωπα του διαλύτη (1.0 cm από την άκρη της πλάκας) σε δύο διαδοχικές πλευρές της και ενεργοποιούνται στους 110-120°C για 1 ώρα. Το διάλυμα του δείγματος όγκου 5-10 μL και περιεκτικότητας 50 μg, τοποθετείται με μικροσύριγγα στην κάτω δεξιά γωνία της πλάκας και σε απόσταση 1.0 cm από κάθε άκρη. Η πλάκα τοποθετείται σε θάλαμο που περιέχει το πρώτο σύστημα διαλυτών ανάπτυξης. Όταν ολοκληρωθεί η ανάπτυξη, αφήνεται να στεγνώσει και αφού στραφεί κατά 90 μοίρες δεξιά, τοποθετείται σε νέο θάλαμο με το δεύτερο σύστημα ανάπτυξης. Στο τέλος της νέας ανάπτυξης, η πλάκα ανασύρεται από το θάλαμο και αφήνεται να στεγνώσει (Σινάνογλου, 1998).

Η παρασκευαστική χρωματογραφία λεπτής στιβάδας (PTLC) εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που απαιτείται η παραλαβή των διαχωρισμένων συστατικών για

περαιτέρω ανάλυση. Λαμβάνονται πλάκες με μεγαλύτερο πάχος επίστρωσης όπου μπορούν να αναπτυχθούν 10–1000 mg συστατικών. Στις παρασκευαστικές TLC χαράσσονται 1-2 λωρίδες μόνο, για την τοποθέτηση των προτύπων, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα των πλακών τοποθετούνται 0.6-1.0 mL διαλύματος δείγματος περιεκτικότητας 50-1000 µg/mL. Μετά την ανάπτυξη της χρωματογραφικής πλάκας και την εμφάνιση των λωρίδων των προτύπων, επιλέγονται στην πλάκα οι ζώνες με τα διαχωρισμένα συστατικά, αποξύνεται το υλικό επίστρωσης από τις ζώνες αυτές, μεταφέρεται σε σωλήνες φυγοκέντρου και διαλύεται σε ορισμένο όγκο κατάλληλου διαλύτη ή συστήματος διαλυτών. Το διάλυμα αναδεύεται ισχυρά για 1-2 min, φυγοκεντρείται και λαμβάνεται το υπερκείμενο υγρό. Επαναλαμβάνεται η εκχύλιση άλλες δύο φορές. Τα ενωμένα εκχυλίσματα περιέχουν τα διαχωρισμένα συστατικά. Τα συστήματα διαλυτών ανάπτυξης επιλέγονται κυρίως με βάση την πολικότητα των προς διαχωρισμό συστατικών. Η εμφάνιση του χρωματογραφήματος γίνεται είτε με έκθεση της πλάκας σε ατμούς ιωδίου που εμφανίζει όλες τις οργανικές ενώσεις ως κίτρινες κηλίδες, ή με ψεκασμό της πλάκας με κατάλληλα αντιδραστήρια εμφάνισης που δίνουν χρωστικές αντιδράσεις με τις διαχωριζόμενες ενώσεις, ή με φθορισμό με έκθεση σε λάμπα υπεριώδους μήκους κύματος 254-366 nm. Η ανίχνευση με φθορισμό πλεονεκτεί λόγω της μεγάλης ευαισθησίας και εξειδίκευσής της.

Υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC)

Στη χρωματογραφία αυτή η κινητή υγρή φάση διέρχεται υπό την επίδραση υψηλής πίεσεως, μέσα από μία σχετικώς στενού διαμετρήματος στήλη που περιέχει τη στατική φάση που μπορεί να είναι ή ένα στερεό πορώδες επίστρωμα ή μια υγρή φάση χημικά συνδεδεμένη με ένα αδρανές στερεό υπόστρωμα. Η τεχνική χαρακτηρίζεται επίσης ως υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσεως ή υψηλής ταχύτητας. Υπάρχουν έξι τεχνικές διαχωρισμού με HPLC, που είναι οι: απορροφήσεως, υγρής κατανομής ανάστροφης φάσης, υγρής κατανομής κανονικής φάσης, ιονανταλλαγής, διεισδύσεως μέσω πηκτής και συνεχούς φάσεως.

Φασματομετρία μάζας

Η φασματομετρία μάζας με ηλεκτρονιακό ψεκασμό (ESI-MS) αποτελεί μία σχετικά καινούργια μέθοδο ήπιου ιοντισμού βιολογικών μορίων. Κατά την ES φασματομετρία μάζας καθαρά μόρια διαλύονται σε κατάλληλο διαλύτη και ιοντίζονται σε κενό. Στη συνέχεια παράγονται σταγονίδια του διαλύματος, υψηλού ιοντισμού, σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία περιβάλλοντος, που διαχέονται σε ηλεκτρικό ή μαγνητικό πεδίο ή συνδυασμό αυτών και ελέγχεται η τροχιά των ιόντων. Συγκεκριμένα το μίγμα των προσδιοριζόμενων ενώσεων διαλύεται σε μεθανόλη, ακετονιτρίλιο, νερό ή μίγματα αυτών και το παραγόμενο διάλυμά τους υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου σχηματίζει ηλεκτρικά φορτισμένα μικροσταγονίδια, που εξατμίζονται σε ατμοσφαιρική πίεση και θερμοκρασία περιβάλλοντος, σχηματίζουν αέρια φάση ιόντων. Η φάση αυτή οδηγείται σε ένα σύστημα κενού φασματομέτρου μάζας, αναλύεται και ανιχνεύονται τα ιόντα. Οι εφαρμογές της ES φασματομετρίας μάζας περιλαμβάνουν ανάλυση διαφόρων πολικών τάξεων ενώσεων όπως πρωτεϊνών, πεπτιδίων, ολιγονουκλεοτιδίων, ολιγοσακχαριτών, πολικών λιπιδίων,

φαινολικών ενώσεων, φαρμάκων, χρωμάτων, κλπ. Οι εφαρμογές της ES φασματομετρίας μάζας σε μη πολικές ενώσεις έχουν ελάχιστο ενδιαφέρον δεδομένου ότι είναι αδιάλυτες στους πολικούς διαλύτες, τους οποίους χρησιμοποιεί η τεχνική αυτή. Γενικά η ES φασματομετρίας μάζας αποτελεί μία γρήγορη και ευαίσθητη μέθοδο για τον καθορισμό της δομής πολλών τάξεων λιπιδίων. Κατά την εφαρμογή της φασματομετρίας μάζας με ηλεκτρονιακό ή χημικό ιοντισμό EI/CI-MS) για τη μελέτη των τάξεων των λιπιδίων (λιπαρά οξέα, φωσφολιπίδια, κλπ.), παράγεται η κατιοντική ρίζα του μοριακού ιόντος M^+ , από την οποία προσδιορίζεται το MB της ενώσεως.

Η φασματομετρία μάζας παρέχει πληροφορίες για το MB των καρροτενοειδών και από τη μελέτη της θραυσμάτωσης των μορίων τους προσδιορίζεται η χημική τους δομή. Λόγω της αστάθειας των καρροτενοειδών μια από τις καταλληλότερες τεχνικές είναι η FAB (Fast Atom Bombardment). Η ESI φασματομετρία μάζας πλεονεκτεί διότι πέρα από την παραγωγή του μοριακού ιόντος, παράγει περισσότερα θραύσματα, ώστε να προκύπτουν σαφέστερες πληροφορίες για την μοριακή τους δομή.

Σταθερές που σχετίζονται με τα περιεχόμενα λιπαρά οξέα στη λιπαρή ύλη

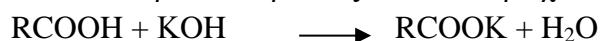
Αριθμός και βαθμός οξύτητας: καθορίζει τα ελεύθερα λιπαρά οξέα που περιέχονται στη λιπαρή ύλη.

Αριθμός σαπωνοποίησης: καθορίζει το σύνολο των υπαρχόντων λιπαρών οξέων στη λιπαρή ύλη, ελευθέρων και εστεροποιημένων.

Αριθμός εστέρων: καθορίζει τα εστεροποιημένα λιπαρά οξέα που περιέχονται στη λιπαρή ύλη.

Αριθμός και βαθμός οξύτητας

Ως **αριθμός οξύτητας** ορίζονται τα mgKOH που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των ελευθέρων λιπαρών οξέων που περιέχονται σε 1 g λίπους.

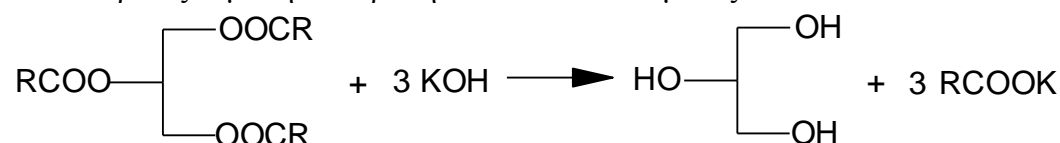


Ως **βαθμός οξύτητας** ορίζονται τα mL διαλύματος KOH ή NaOH 1 M που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των ελευθέρων λιπαρών οξέων που περιέχονται σε 100 g λίπους.

Γενικώς το σύνολο των ελευθέρων λιπαρών οξέων, που περιέχονται σε λιπαρή ύλη εξαρτάται από τον τρόπο παραλαβής και συντήρησης αυτής.

Αριθμός σαπωνοποίησης - Saponification Number

Ο αριθμός σαπωνοποίησης εκφράζει το μέσο μοριακό βάρος των τριγλυκεριδίων λιπαρής ύλης. Η μέθοδος βασίζεται στη διάσπαση των τριγλυκεριδίων σε γλυκερόλη και λιπαρά οξέα με την επίδραση αλκαλικού διαλύματος KOH.



Ως αριθμός σαπωνοποίησης ορίζονται τα mgKOH που απαιτούνται για να σαπωνοποιήσουν 1 g λίπους.

Όσο μικρότερος είναι ο αριθμός σαπωνοποίησης τόσο μεγαλύτερο το μέσο MB των περιεχόμενων τριγλυκεριδίων στο λίπος.

Αριθμός εστέρων

Ως **αριθμός εστέρων** ορίζονται τα mgKOH που απαιτούνται για την σαπωνοποίηση των εστεροποιημένων λιπαρών οξέων που περιέχονται σε 1 g λίπους.

Πρακτικώς ο αριθμός εστέρων υπολογίζεται από τη διαφορά του αριθμού σαπωνοποίησης πλην του αριθμού οξύτητας.

Αριθμός Reichert–Meissl και αριθμός Polenske

Ως αριθμός **Reichert–Meissl** ορίζονται τα mL διαλύματος KOH ή NaOH 0.1 M που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των υδατοδιαλυτών πτητικών λιπαρών οξέων που αποστάζουν υπό ορισμένες συνθήκες από 5 g λίπους. Με τον αριθμό αυτό προσδιορίζεται κατά κύριο λόγο το ευδιάλυτο στο νερό βουτυρικό οξύ (C_{4:0}).

Ως αριθμός **Polenske** ορίζονται τα mL διαλύματος KOH ή NaOH 0.1 M που απαιτούνται για την εξουδετέρωση των αδιάλυτων σε νερό πτητικών λιπαρών οξέων που αποστάζουν υπό ορισμένες συνθήκες από 5 g λίπους. Με τον αριθμό αυτό προσδιορίζονται τα λιποδιαλυτά λιπαρά οξέα: καπρυλικό (C_{8:0}), καπρινικό (C_{10:0}), λαυρικό (C_{12:0}) και μυριστικό (C_{14:0}) οξύ.

Σταθερές που σχετίζονται με το βαθμό ακορεστότητας των περιεχόμενων λιπαρών οξέων στη λιπαρή ύλη

Αριθμός ιωδίου - Iodine Value (IV)

Ο αριθμός ιωδίου εκφράζει το μέσο βαθμό ακορεστότητας της λιπαρής ύλης.

Όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός ιωδίου τόσο μεγαλύτερο το πλήθος των διπλών δεσμών C=C στη λιπαρή ύλη.

Ως αριθμός ιωδίου ορίζονται τα g I₂ που αντιδρούν με 100 g λιπαρής ύλης.

Έλεγχος φυσικοχημικών ιδιοτήτων του λίπους, όπως σημείο τήξης, σημείο καπνού, δείκτης διάθλασης, ρεολογική μελέτη, χρώμα, πυκνότητα, κλπ.

Σημείο τήξης

Στις λιπαρές ύλες υπάρχει περιοχή τήξης και όχι σημείο τήξης (Σ.Τ.). Το φαινόμενο αυτό εξηγείται με τον πολυμορφισμό, σύμφωνα με τον οποίο για τις λιπαρές ύλες υπάρχουν περισσότερες από μια κρυσταλλικές μορφές με διαφορετικά σημεία τήξης. Αποτέλεσμα του πολυμορφισμού είναι η πλαστικότητα των λιπαρών υλών για μεγάλη περιοχή θερμοκρασιών, δηλαδή είναι μαλακές και αλλάζουν σχήμα χωρίς να ρέουν. Αποτελούνται από διασπαρμένους κρυστάλλους λίπους σε υγρή φάση λίπους. Μεταβαλλόμενης της θερμοκρασίας, μεταβάλλεται η ποσοτική αναλογία κρυσταλλικού στερεού και υγρού για κάθε είδος μορίου, δηλ. το ίδιο λιπίδιο συνυπάρχει σε στερεά και υγρή κατάσταση. Όταν το ποσοστό του στερεού ως προς το υγρό είναι τουλάχιστον 10%, το λίπος χαρακτηρίζεται στερεό. Σύμφωνα με την

ισχύουσα νομοθεσία για τις λιπαρές ύλες ως σημείο τήξης λαμβάνεται η θερμοκρασία της πλήρους διαύγασης αυτών. Τα μόνο-, δι- και τριγλυκερίδια λόγω του πολυμορφισμού, κρυσταλλώνονται σε διαφορετικές διαμορφώσεις που χαρακτηρίζονται ως α, β' και β. Οι παραπάνω μορφές διαφέρουν στα σημεία τήξης τους και στις κρυσταλλικές τους ιδιότητες. Η β- διαμόρφωση είναι η σταθερότερη και παρουσιάζει το μεγαλύτερο σημείο τήξης.

Οι τρεις διαμορφώσεις προκύπτουν λόγω κρυστάλλωσης σε διαφορετικά συστήματα. Κατά την ταχεία ψύξη των τετηγμένων γλυκεριδίων σχηματίζεται σε μεγάλο ποσοστό η ασταθής κρυσταλλική μορφή α-, ενώ κατά τη βραδεία ψύξη ευνοείται η σταθερή μορφή β-. Κατά την παραμονή τους σε ψύξη (σε ψυγείο επί περίπου 16 ώρες), η ασταθής μορφή μεταπίπτει στη σταθερή, η οποία λαμβάνεται πλέον σε μέγιστο ποσοστό.

Άλλη ανωμαλία που παρατηρείται σχετικά με το Σ.Τ., είναι ότι τα τριγλυκερίδια διαλύονται το ένα στο άλλο. Έτσι σε μίγμα δύο τριγλυκεριδίων με διαφορετικά Σ.Τ. όταν τακεί το ένα (με το χαμηλότερο Σ.Τ.) το άλλο (με το μεγαλύτερο Σ.Τ.) μπορεί να διαλυθεί σε αυτό, και να προκύψει υγρό μίγμα σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το Σ.Τ. του ενός συστατικού. Το φαινόμενο αυτό έχει μεγάλη σημασία για την νοθεία των λιπαρών υλών.

Επίσης το Σ.Τ. των λιπαρών υλών εξαρτάται από :

- i. το μήκος της ανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων, όπου αυξανόμενου του μήκους της αυξάνεται το Σ.Τ.
- ii. την ακορεστότητα. Για ίδιο μήκος αλυσίδας λιπαρού οξέος, αύξηση της ακορεστότητας έχει ως αποτέλεσμα την σημαντική ελάττωση του Σ.Τ.
π.χ. Σ.Τ. $C_{18:0}=72^{\circ}C$ και $C_{18:3}=-11^{\circ}C$.
- iii. την στερεοχημεία δηλ. αν έχουμε *cis*- ή *trans*- μορφή. Οι *trans*-διαμορφώσεις παρουσιάζουν μεγαλύτερο Σ.Τ. διότι είναι καλύτερα πακεταρισμένες στην κρυσταλλική τους κατάσταση.
- iv. την ύπαρξη πλευρικής αλυσίδας (διακλάδωσης), οπότε ελαττώνεται το Σ.Τ.

Το Σ.Τ. για εστέρες της γλυκερόλης ενός δεδομένου λιπαρού οξέος αυξάνεται με την παρακάτω σειρά (μέτρηση Σ.Τ. β-διαμορφώσεων) : 1,2-διγλυκερίδιο < τριγλυκερίδιο < 2-μονογλυκερίδιο < 1,3-διγλυκερίδιο < 1-μονογλυκερίδιο.

Σημείο καπνού

Κατά τη θέρμανση λιπαρής ύλης σχηματίζονται σε ποσοστό 1% ελεύθερα λιπαρά οξέα, σπάνε οι διπλοί δεσμοί, μεταβάλλεται το χρώμα της λιπαρής ύλης (γίνεται περισσότερο σκούρο) και σχηματίζονται πολυμερή. Αποτέλεσμα όλων αυτών είναι η αύξηση του ιξώδους της λιπαρής ύλης (ικανότητα ροής) και ο αφρισμός της σε υψηλές θερμοκρασίες (ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό), οπότε υποβαθμίζεται και η ποιότητα των επεξεργαζομένων σε υψηλές θερμοκρασίες προϊόντων.

Ως σημείο καπνού (smokingpoint), ορίζεται η θερμοκρασία, που η λιπαρή ύλη αρχίζει να παράγει καπνούς, και αποτελεί την ενδεικτική θερμοκρασία έναρξης διάσπασής της.

Η αύξηση της ακορεστότητας και της περιεκτικότητας σε ελεύθερα λιπαρά οξέα, προκαλεί ταπείνωση του σημείου καπνού. Για τον λόγο αυτό προτείνεται και η χρήση ελαιολάδου αντί των σπορελαίων, κατά την παρασκευή τροφίμων σε υψηλές θερμοκρασίες (π.χ. τηγάνισμα).

Σημείο ανάφλεξης

Είναι η θερμοκρασία ανάφλεξης μίγματος καπνών της λιπαρής ύλης με ατμοσφαιρικό αέρα.

Σημείο φλόγας

Είναι η θερμοκρασία διατήρησης της καύσης του αναφλεγόμενου δείγματος της λιπαρής ύλης.

Δείκτης διάθλασης

Ο προσδιορισμός του δείκτη διάθλασης γίνεται είτε για να ταυτοποιήσει μια καθαρή λιπαρή ύλη είτε για τον έλεγχο της καθαρότητάς της (έλεγχος νοθείας). Χρησιμοποιείται ακόμα για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας ενός διαλύματος σε ορισμένη λιπαρή ύλη.

Ο προσδιορισμός του δείκτη διάθλασης πρέπει να γίνεται πάντα σε ορισμένη με ακρίβεια θερμοκρασία. Για τα λίπη και έλαια γίνεται σε $\theta=40^{\circ}\text{C}$.

Ο δείκτης διάθλασης αυξάνεται με :

- i. με την αύξηση του μήκους της ανθρακικής αλυσίδας των λιπαρών οξέων στα τριγλυκερίδια.
- ii. Με την αύξηση του βαθμού ακορεστότητας των λιπαρών οξέων.

Ο δείκτης διάθλασης χρησιμοποιείται και για να ελέγχεται η πρόοδος της υδρογόνωσης στη βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8.

Προσδιορισμός βιταμινών στα τρόφιμα



Γενικά για τις βιταμίνες

- Είναι απαραίτητες για την φυσιολογική ανάπτυξη, συντήρηση και λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού, ο οποίος δεν είναι σε θέση να τις συνθέσει
- Δρουν στον οργανισμό ως καταλύτες, και ενισχύουν την άμυνά του.
- Ρυθμίζουν την ισορροπία του νευρικού συστήματος.
- Δεν έχουν θερμιδική αξία.
- Ρυθμίζουν την μεταβολική διαδικασία όπως και την απορρόφηση των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπών.

Κατάταξη βιταμινών και πηγές

Υδατοδιαλυτές

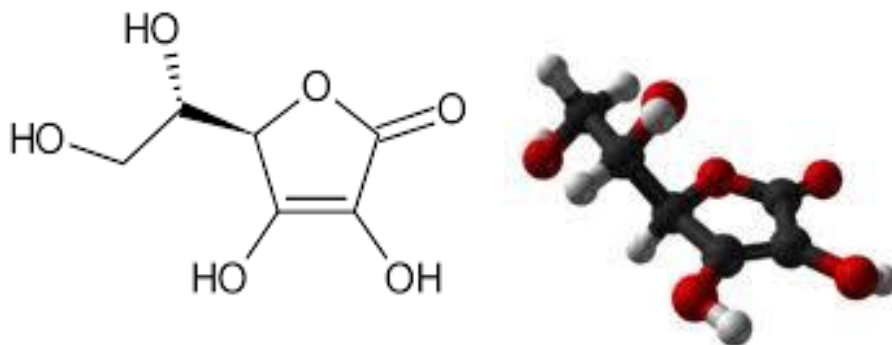
- Σύμπλεγμα βιταμινών B: B1 (θειαμίνη), B2 (ριβοφλαβίνη), B4 (νιασίνη), B5 (Παντοθενικό οξύ), B6 (πυριδοξίνη), B8 (Βιοτίνη), B9 (φολικό οξύ), B12 (κοβαλαμίνη), (γάλα, ασπράδι αυγού, κρέας, ψάρια, λάδι και πατάτες)
- Βιταμίνη C (φρέσκα λαχανικά και εσπεριδοειδή)

Λιποδιαλυτές

- Βιταμίνη A (ψάρια, γαλακτοκομικά και καρότα)
- Βιταμίνη D (D2+D3 ενώ κύρια πηγή είναι το γάλα)
- Βιταμίνη E (έλαια και ορισμένα λαχανικά)
- Βιταμίνη K (φύλλα φυτών)

Βιταμίνη C

Συντακτικός Τύπος



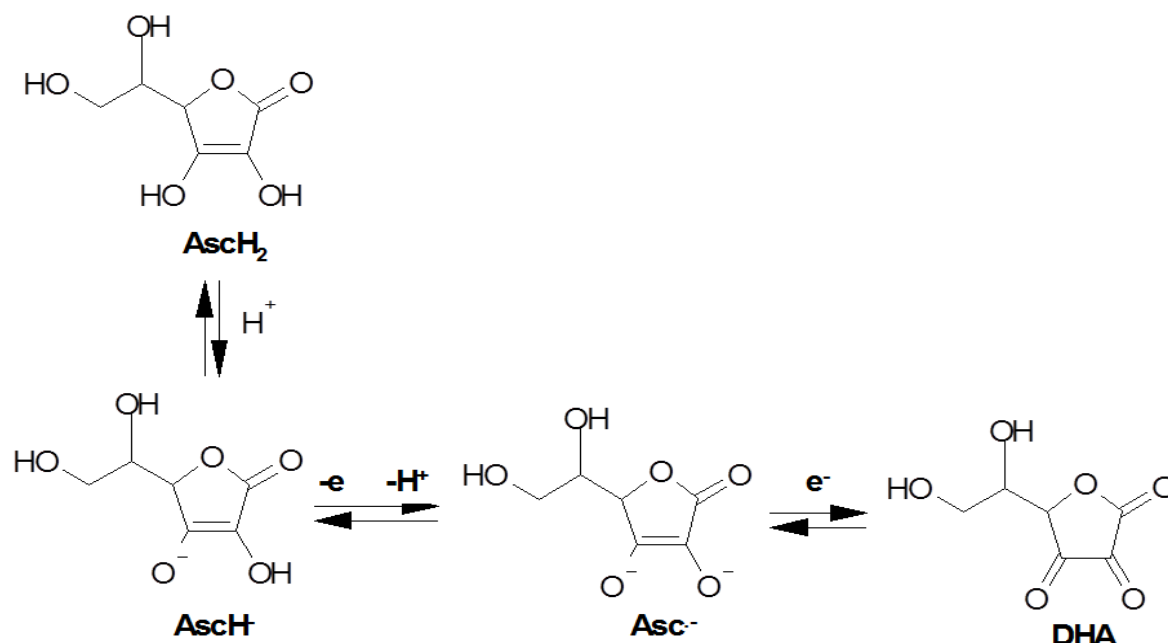
Η βιταμίνη C είναι παράγωγο εξοζών και γι' αυτό μπορεί να ταξινομηθεί στους υδατάνθρακες. Εμφανίζεται σε δύο μορφές με την ίδια βιολογική δράση, το ασκορβικό οξύ (ανηγμένη μορφή) και το δεϋδρο-ασκορβικό οξύ (DHA) (οξειδωμένη μορφή). Οι δύο μορφές είναι αντιστρεπτές. Αν η δεϋδρο-μορφή οξειδωθεί σε δικετογουλονικό οξύ δεν ανάγεται προς την αρχική μορφή και χάνει την βιολογική της δράση.

Οξείδωση ασκορβικού οξέος σε δεϋδρο-ασκορβικό οξύ

Το ασκορβικό οξύ είναι ένα ασθενές διβασικό οξύ (AscH_2) που διαθέτει ένα πενταμελή ετεροκυκλικό δακτύλιο που περιέχει μια ομάδα ενοδιόλης.

Λόγω του ιοντισμού του, σε φυσιολογικό pH, βρίσκεται κυρίως ως ασκορβικό ανιόν (AscH⁻).

Το ασκορβικό ανιόν μεταβαίνει μέσω δύο αντιστρεπτών οξειδωτικών βημάτων, που προϋποθέτουν τον σχηματισμό του ενδιάμεσου της ασκορβυλο-ρίζας (Asc^{•-}), σε δεϋδρο-ασκορβικό οξύ.



Ενεργητικές ιδιότητες της βιταμίνης C

- Έχει σημαντικές αντιοξειδωτικές ιδιότητες.
- Έχει αντικαρκινική δράση.
- Συμμετέχει στην σύνθεση των ορμονών των επινεφριδίων
- Βελτιώνει την αγγειακή λειτουργία.
- Συμμετέχει στον σχηματισμό του κολλαγόνου.
- Είναι απαραίτητη για την αύξηση και την επιδιόρθωση του συνδετικού ιστού των δοντιών, των οστών και των χόνδρων.
- Διατηρεί ακέραια τα τριχοειδή αγγεία
- Ενισχύει την απορρόφηση του σιδήρου.
- Ρυθμίζει τα επίπεδα της χοληστερόλης στο αίμα.
- Διεγείρει τους φυσικούς αμυντικούς μηχανισμούς του οργανισμού.

Έλλειψη βιταμίνης C

- Κίνδυνος εμφάνισης ασθένειας σκορβούτο.
- Πρόκληση καρδιαγγειακών νοσημάτων λόγω αποδυνάμωσης των αγγειακών τοιχωμάτων
- Βραδεία επούλωση πληγών, καταγμάτων
- Αναιμία
- Μειωμένη αντίσταση στις λοιμώξεις

- Χρησιμοποιείται ως πρόσθετο της Ε.Ε με τον χαρακτηρισμό E300.

Η βιταμίνη C θα πρέπει να λαμβάνεται καθημερινά μέσω της διατροφής, επειδή δεν μπορεί να αποθηκευτεί στον οργανισμό για μελλοντική χρήση. Η συνιστώμενη ημερήσια πρόσληψη (Recommended Daily Allowance, RDA) αντιστοιχεί σε 60 mg. Οι άνθρωποι που έχουν υψηλά επίπεδα βιταμίνης C στο αίμα τους παρουσιάζουν μειωμένη θνησιμότητα.

Η κύρια λειτουργία της βιταμίνης C στο σώμα είναι η συμμετοχή της στην παραγωγή του κολλαγόνου.

Η βιταμίνη C περιέχεται σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα εσπεριδοειδή, τα πράσινα λαχανικά, το λαχανάκι Βρυξελλών, το πράσινο πιπέρι, τις φράουλες, τις πατάτες, τις τομάτες κλπ. Το ανθρώπινο γάλα περιέχει τριπλάσια ποσότητα βιταμίνης C σε σχέση με το αγελαδινό.

Πίνακας με περιεκτικότητα σε βιταμίνη C ορισμένων φρούτων και λαχανικών

ΤΡΟΦΙΜΟ	mg/100 g
Αγριοτριανταφυλλιά	2000
Φραγκοστάφυλα	200
Πράσινες πιπεριές	100
Ακτινίδια, λαχανάκια Βρυξελλών, μπρόκολο	90
Μάνγκο	80
Κουνουπίδι	60
Λάχανο	55
Πορτοκάλια, φράουλες	50
Γκρέιπ φρουτ, λεμόνια	40
Γλυκοπατάτες	25
Ντομάτες	20
Πατάτες, νέας εσοδείας	16
Σαλάτα μαρούλι	15
Μπανάνες	10
Μήλα	6

Επίδραση της επεξεργασίας και αποθήκευσης των τροφίμων στη βιταμίνη C

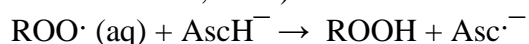
Η βιταμίνη C αλλοιώνεται παρουσία οξυγόνου, φωτός, υψηλών θερμοκρασιών (άνω των 70 ° C) και πολύ χαμηλών θερμοκρασιών. Το μαγείρεμα προκαλεί σημαντική απώλεια της βιταμίνης C. Η απώλειά της από τα λαχανικά συμβαίνει με όλες τις θερμικές επεξεργασίες τους, όπως με τον βρασμό, το τηγάνισμα, το ζεμάτισμα, το μαγείρεμα με ατμό, με μικροκύματα και με χύτρα ταχύτητας. Στα βρασμένα λαχανικά η απώλεια της βιταμίνης C κυμαίνεται από 28 έως 63%.

Κατά την αποθήκευση ροφημάτων που περιέχουν 10% φυσικό χυμό πορτοκαλιού για διάστημα 6 μηνών σε θερμοκρασία 4° έως 15°C, καταστρέφεται το 40% του ασκορβικού οξέος ενώ σε θερμοκρασία 22° έως 30°C άνω του 75%.

Ο φλοιός των φρούτων περιέχει υψηλά ποσοστά βιταμίνης, γεγονός που επιβεβαιώνεται από το ότι τα αποφλοιωμένα φρούτα παρουσιάζουν ελάττωσή της από 34 έως 46% σε σχέση με όσα διατηρούν τον φλοιό τους.

Δράση της βιταμίνης C

Το ασκορβικό οξύ έχει πολύπλοκο και πολυλειτουργικό ρόλο είτε δρώντας ως αντιοξειδωτικό ή ως προ-οξειδωτικό είτε δημιουργώντας σύμπλοκα με μέταλλα είτε επιδρώντας ως αναγωγικός παράγοντας ανάλογα με τις αντιδρούσες συνθήκες (Frankel, 1995). Επίσης διαθέτει εξαιρετική ικανότητα δέσμευσης υπεροξειδικών και υδροξυ-ριζών σε υδατικά διαλύματα δρώντας ως δότης ατόμου υδρογόνου και σταθεροποιώντας τις ρίζες (Bendich et al., 1986; Marinova and Yanishlieva, 1992; Beddows et al., 2001):



Η σταθερά ταχύτητας της παραπάνω αντίδρασης είναι ίση προς $1.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Ο αριθμός των υπεροξειδικών ριζών που δεσμεύονται ανά μόριο ασκορβικού οξέος μειώνεται καθώς αυξάνεται η συγκέντρωσή του, διότι και το ίδιο παθαίνει αυτοοξειδωση (Wayner et al., 1986). Ένας άλλος μηχανισμός δράσης του ασκορβικού οξέος στα υδροϋπεροξειδία των λιπιδίων είναι ότι τα ανάγει σε σταθερότερες υδροξυ-ενώσεις, οι οποίες δεν μπορούν να συνεχίσουν την αλυσιδωτή αντίδραση ελευθέρων ριζών (Schieberle and Grosch, 1981).

Η ικανότητά της να συνυπάρχει σε δύο αντιστρεπτές μορφές την οξειδωμένη και την ανηγμένη, είναι η κυριότερη ιδιότητά της και λειτουργεί ως μεταφορέας υδρογόνου στην κυτταρική αναπνοή. Ο ρόλος της στην αναπνοή των ιστών έχει αποδειχθεί με πειράματα σε αρουραίους που έπασχαν από αιμορραγία ή έλλειψη οξυγόνου και με χορήγηση βιταμίνης C, αυξήθηκε ο χρόνος επιβίωσής τους. Η σημαντικότερη φυσιολογική ανωμαλία που προκαλεί η έλλειψη της βιταμίνης C, είναι το σκορβούτο κατά το οποίο οι ινοπλάστες του συνδετικού ιστού δεν μπορούν να παράγουν κολλαγόνο, τη δομική πρωτεΐνη που συνδέει τα κύτταρα μεταξύ τους. Συγκεκριμένα η βιταμίνη C δρα ως συμπαράγοντας κατά την ενζυμική υδροξυλίωση της προλίνης του κολλαγόνου σε 4-υδροξυπρολίνη. Επίσης η βιταμίνη C είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των οδοντοβλαστών που είναι ένα στρώμα κυττάρων που σχηματίζει την οδοντίνη, έναν από τους τρεις ασβεστώδεις ιστούς των δοντιών. Η βιταμίνη C παίζει ρόλο στον μεταβολισμό των λιπιδίων ενεργοποιώντας την ενδοκυτταρική λιπάση. Τα ευεργετικά αποτελέσματα της βιταμίνης C αυξάνονται όσο μεγαλύτερη ποσότητα από αυτή καταναλώνεται με τη διατροφή. Επιδημιολογικές μελέτες αποδεικνύουν ότι μειώνει τον κίνδυνο καρδιακής προσβολής και καρκίνου (Rietjens et al., 2002). Τα ευεργετικά αποτελέσματα της βιταμίνης C αυξάνονται με την αύξηση της καταναλώσεώς της (Rietjens et al., 2002).

Η βιταμίνη C ανάλογα με τις συνθήκες μπορεί να δράσει και ως προ-οξειδωτικό (Halliwell, 1990). Έτσι παρουσία ιόντων Fe^{+3} , η βιταμίνη C τα ανάγει σε ιόντα Fe^{+2} , τα οποία αντιδρούν με οξυγόνο ή υπεροξείδιο του υδρογόνου προς τον σχηματισμό ανιόντων υπεροξειδίου και ελεύθερες ρίζες υδροξυλίου.

Απορρόφηση από τον οργανισμό

Η βιταμίνη C απορροφάται από το ανώτερο τμήμα του λεπτού εντέρου. Η απέκκρισή της γίνεται από τα νεφρά. Η κατανομή της βιταμίνης C στους διάφορους ιστούς του σώματος δεν γίνεται ομοιόμορφα. Η περιεκτικότητά της είναι μεγαλύτερη σε ιστούς με υψηλό ρυθμό μεταβολισμού όπως στα μάτια, το συκώτι και τον εγκέφαλο. Το επίπεδο της βιταμίνης στο πλάσμα του αίματος αντιστοιχεί στην εισερχόμενη ποσότητά της στον οργανισμό.

Μέθοδοι Προσδιορισμού του Ασκορβικού Οξέος

Ογκομετρικές

Φασματοφωτομετρικές

Χρωματογραφικές

Ογκομετρική μέθοδος

Ο ογκομετρικός προσδιορισμός της βιταμίνης C βασίζεται στις ισχυρές αναγωγικές ιδιότητες του ασκορβικού οξέος.

Για την ογκομέτρηση χρησιμοποιείται διάλυμα 2,6-διχλωροφαινυλινδοφαινόλης όπου σε ουδέτερο ή αλκαλικό περιβάλλον έχει έντονα κυανή απόχρωση ενώ σε όξινο περιβάλλον ρόδινη.

Το ασκορβικό οξύ οξειδώνεται προς δεϋδροασκορβικό οξύ που υδρολύεται στη συνέχεια προς δικετογουλονικό οξύ, το οποίο δεν έχει βιταμινική δράση.

Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα της μεθόδου

Μειονεκτήματα:

1. Συμπροσδιορίζεται και το SO₂.
2. Δεν συμπεριλαμβάνει και το δεϋδροασκορβικό οξύ, που συνυπάρχει με το ασκορβικό και έχει την ίδια βιολογική δράση.

Πλεονέκτημα:

Είναι απλή και γρήγορη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9. Πρόσθετα Τροφίμων



Πρόσθετα τροφίμων (Food additives)

Ορισμός προσθέτων από Κώδικα τροφίμων και ποτών, άρθρο 2, παράγραφος 7.

Με τον όρο "Πρόσθετη ύλη Τροφίμων", "Πρόσθετα Τροφίμων" ή απλώς "Πρόσθετο" νοείται οποιαδήποτε ουσία, η οποία δεν καταναλώνεται συνήθως μόνη της ως τρόφιμο ούτε χρησιμοποιείται συνήθως ως χαρακτηριστικό συστατικό τροφίμων, είτε έχει θρεπτική αξία είτε όχι, και της οποίας η σκόπιμη προσθήκη στα τρόφιμα, για τεχνολογικούς σκοπούς, κατά την παραγωγή, μεταποίηση, παρασκευή, κατεργασία, συσκευασία, μεταφορά ή αποθήκευση, έχει ή θεωρείται λογικό να έχει ως αποτέλεσμα το να αποτελέσουν η ίδια ή τα παράγωγά της συστατικό στοιχείο των τροφίμων αυτών, άμεσα ή έμμεσα.

Αναγκαιότητα χρήσης των προσθέτων

Διατήρηση των βιοδραστικών συστατικών του τροφίμου ή και εμπλουτισμός τους σε αυτά

Διατήρηση της ποιότητας του τροφίμου κατά την επεξεργασία του ή τη συντήρησή του

Αύξηση του χρόνου ζωής του τροφίμου

Διατήρηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τροφίμου

Αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών

Κατηγοριοποίηση των προσθέτων

Τα πρόσθετα κατηγοριοποιούνται με δύο βασικούς τρόπους:

- Με βάση τον τρόπο με τον οποίο εισάγονται στο τρόφιμο
- Με βάση την έγκριση της χρήσης τους από την νομοθεσία

Είδη προσθέτων ως προς την εισαγωγή τους στο τρόφιμο

Άμεσα πρόσθετα → προστίθενται σε τρόφιμο για ένα συγκεκριμένο σκοπό, όπως:

Για διατροφικούς σκοπούς

Για τη διατήρηση της ποιότητας και της φρεσκότητας των προϊόντων

Για να βοηθήσουν στην επεξεργασία και μεταποίηση των τροφίμων

Για να καταστήσουν τα τρόφιμα ελκυστικά για τον καταναλωτή

Έμμεσα πρόσθετα → ουσίες που τυχόν εισάγονται στα τρόφιμα σε ίχνη λόγω μεταναστεύσεως ή επιμολύνσεως από το περιβάλλον ή κατά την επεξεργασία τους. Μπορεί να προέρχονται από το υλικό συσκευασίας, ή να παράγονται κατά την αποθήκευση ή να προέρχονται από άλλο χειρισμό του τροφίμου. Τα πρόσθετα αυτά δεν εξυπηρετούν με την παρουσία τους στο τρόφιμο κανένα σκοπό.

Είδη προσθέτων ως προς την έγκρισή τους από τη νομοθεσία

Ο νόμος αναγνωρίζει δύο κατηγορίες προσθέτων, τα πρόσθετα που είναι γενικώς αναγνωρισμένα ως ασφαλή (GRAS) και τα πρόσθετα που έχουν ήδη προηγούμενη έγκριση.

Η νομοθεσία ανάλογα με τον τύπο του προσθέτου έχει ορίσει τις μέγιστες επιτρεπτές ποσότητες αυτού ώστε να θεωρείται ασφαλής η κατανάλωσή του από τον καταναλωτή. Ο κατάλογος των προσθέτων ανέρχεται σε περίπου 800 διαφορετικές χημικές ουσίες (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010).

Επισήμανση των προσθέτων και χρήση των αριθμών E

Με βάση τη νομοθεσία όλα τα συστατικά των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων και των προσθέτων θα πρέπει να αναγράφονται στην ετικέτα της συσκευασίας με τα κοινά τους ονόματα κατά σειρά περιεκτικότητάς τους στο τρόφιμο.

Κάθε εγκεκριμένο πρόσθετο τροφίμων που χρησιμοποιείται, χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό αριθμό, που ονομάζεται "αριθμός E». Η επισήμανση αυτή ισχύει κυρίως για τις Ευρωπαϊκές χώρες (Branen et al., 2001).

Επισήμανση

ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΕΣ ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΗΣ ΕΠΙΣΗΜΑΝΣΗΣ (Οδ. 2000/13/ΕΚ, ΚΤΠ)

Η επισήμανση των τροφίμων πρέπει να περιλαμβάνει την κατηγορία του προσθέτου, ακολουθούμενο από το ειδικό όνομα του προσθέτου ή τον αριθμό E.

Ασφάλεια των προσθέτων

Για την εκτίμηση της ασφάλειας μιας ουσίας και το κατά πόσον μπορεί να εγκριθεί ως πρόσθετο τροφίμου από τον FDA, λαμβάνονται υπ' όψιν οι εξής σημαντικοί παράγοντες:

- Η χημική δομή και οι ιδιότητες της ουσίας
- Η μέγιστη επιτρεπτή ποσότητα πρόσληψης της ουσίας
- Πιθανές μακροπρόθεσμες επιπτώσεις από την κατανάλωση της ουσίας στην υγεία των καταναλωτών.

Τρόφιμα στα οποία δεν επιτρέπεται η χρήση προσθέτων είναι:

- Μη επεξεργασμένα τρόφιμα
- Μέλι
- Παστεριωμένο και αποστειρωμένο γάλα
- Καφές, μη αρωματισμένο τσάι
- Φυσικό μεταλλικό νερό
- Ξηρά ζυμαρικά
- Τρόφιμα για βρέφη και νήπια

Κατάλογος προσθέτων – Κατηγοριοποίηση με βάση τον αριθμό E

Βελτιωτικά αλεύρων	Πηκτοματοποιητές
Διογκωτικές ύλες	Διορθωτικά οξύτητας
Γλυκαντικά	Χρωστικές
Υγροσκοπικά μέσα	Ορισμένα ένζυμα
Υλικά επικάλυψης	Ενισχυτικά γεύσης
Γαλακτωματοποιητές	Αντιοξειδωτικά

Σκληρυντικά	Αντιοξειδωτικά
Αντιαφριστικά	Μέσο οξίνισης

Κατηγορία	Αριθμός E
Χρωστικές	E100-180
Συντηρητικά και αντιοξειδωτικά	E 200-321
Γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές, πηκτωματοποιητές	E322-495
Παράγοντες επεξεργασίας (πυκνωτικά μέσα, μέσα οξίνισης, αντισυσσωματικά, υγροσκοπικά μέσα, διογκωτικά κ.ά.)	E500-585
Ενισχυτικά γεύσης	E620-640
Υλικά επικάλυψης	E900-914
Βελτιωτικά αλεύρων	E920-928
Αέρια συσκευασίας	E941-948
Γλυκαντικά	E950-967
Βελτιωτικά γεύσης	Δεν χαρακτηρίζονται με αριθμό E

<http://171yk-thess.thess.sch.gr/files/antonakou/files/foodadditives/law.htm>

Σημαντικές κατηγορίες προσθέτων

Συντηρητικά (Preservatives)

Αρωματικοί παράγοντες (Flavouring Agents)

Χρωστικές (Colouring Agents)

Γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές και πηκτικές ουσίες (Emulsifiers, Stabilizers and Thickeners)

Θρεπτικά συστατικά (Nutrients)

Αντιοξειδωτικά (Antioxidants)

Συντηρητικά

Ουσίες που παρατείνουν το χρόνο ασφαλούς κατανάλωσης των τροφίμων, αναστέλλοντας την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών ή αποτρέποντας αλλοιώσεις των τροφίμων που οφείλονται στη δράση μικροοργανισμών (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Μερικά από τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα συντηρητικά παρατίθενται στη συνέχεια:

- Νιτρικά και νιτρώδη άλατα [Nitrates (III) and Nitrates (V)]
- Διοξείδιο του θείου και θειϊκά άλατα [Sulphur Dioxide and Sulphates (IV)]
- Βενζοϊκό οξύ και άλατά του [Benzoic Acid and Benzoates]
- Σορβικό οξύ και άλατά του [Sorbic Acid and Sorbates]
- Προπανοϊκό οξύ και άλατά του [Propanoic Acid and Propanoates]



Sodium Benzoate



Sorbic Acid

Το βενζοϊκό νάτριο προστίθεται σε αναψυκτικά, χυμούς και γενικώς όξινα τρόφιμα. Το προπιονικό νάτριο και προπιονικό ασβέστιο προστίθενται στο ψωμί και στα κέικ για την πρόληψη του μουχλιάσματος.

Το σορβικό οξύ ενδείκνυται για τον έλεγχο των μυκήτων στο τυρί.

Αραιά διαλύματα χλωριούχων ενώσεων χρησιμοποιούνται στην πλύση οπωροκηπευτικών, στη χλωρίωση του νερού και στην υγιεινή του κονσερβοποιείου.

Το μεθυλοβρωμίδιο, το αιθυλενοξειδίο και το προπυλενοξειδίο εξοντώνουν τα έντομα των σιτηρών και άλλων αποθηκευμένων τροφίμων.

Το αιθυλενοξειδίο καθώς και το μυρμηκικό αιθύλιο χρησιμοποιούνται στην αποστείρωση αρτυμάτων και ξηρών καρπών.

Αρωματικοί παράγοντες – Ενισχυτές γεύσης

Οι ενισχυτές γεύσεις είναι ουσίες που προστιθέμενες στο τρόφιμο ενισχύουν την υπάρχουσα γεύση ή οσμή του (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Μερικοί από τους συνηθέστερα χρησιμοποιούμενους ενισχυτές γεύσης είναι:

- Μπαχαρικά (spices)
- όξινο γλουταμινικό νάτριο (monosodium glutamate)
- Εστέρες (esters)
- Τεχνητές αρωματικές ουσίες (artificial flavouring)



Χρωστικές

- Φυσικές χρωστικές
- Συνθετικές χρωστικές



Το χρώμα ενός τροφίμου είναι σε πολλές περιπτώσεις αλληλένδετο με την ποιότητα του τροφίμου. Ως χρωστικές τροφίμων, χαρακτηρίζονται οι ουσίες που προστιθέμενες σε ένα τρόφιμο ή ποτό του προσδίδουν χρώμα ή αποκαθιστούν το χρώμα του (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Εισάγονται στο τρόφιμο υπό μορφή υγρού, σκόνης, πηκτής ή πάστας. Η προσθήκη χρωστικής σε τρόφιμο αντισταθμίζει τη απώλεια του χρώματος λόγω της έκθεσής του στο φως, τον αέρα, ακραίες θερμοκρασίες, την υγρασία και τις συνθήκες αποθήκευσης. Επίσης μπορούν να βελτιώσουν τα χρώματα που εμφανίζονται φυσικά. Μπορούν να δώσουν χρώμα σε άχρωμα τρόφιμα.

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται ως χρωστικές τροφίμων είναι η καραμέλα (E150), τα καροτενοειδή, όπως (E160a), μίγμα καροτενίων (E160c), η καψαξανθίνη (E160b), το annato (E160d), το λυκοπένιο (E160e), οι ξανθοφύλλες, οι ανθοκυάνες (E163), η χρωστική των τεύτλων (βετανίνη) (E162), το οξείδιο του τιτανίου (E171), το οξείδιο του σιδήρου (E172), η κοχινέαλη (E120), οι χλωροφύλλες (E140), η ερυθροσίνη, το saffron, η αμαράνθη και διάφορες άλλες φυσικές ή συνθετικές χρωστικές.

Οι συνθετικές χρωστικές είναι πάρα πολλές και αποτελούν ένα σοβαρό πρόβλημα τόσο από άποψη ανάλυσης, όσο και από την άποψη τοξικολογικών ελέγχων.

Γλυκαντικές ύλες

Οι γλυκαντικές ύλες χρησιμοποιούνται σε μεγάλο βαθμό στα τρόφιμα (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Η μέση ετήσια κατανάλωση της κοινής ζάχαρης στις προηγμένες χώρες είναι περίπου 40 κιλά.

Η σχετική γλυκύτητα διαφόρων γλυκαντικών είναι: Σακχαρόζη 1, Λακτόζη 0,39, Γλυκόζη 0,63, Φρουκτόζη 1,23, Σορβιτόλη 0,58, Σακχαρίνη 300, Ασπαρτάμη 200, Ακετοσουλφάμη K 200, Στέβια 300, Θαυματίνη 2000.

Οι κυριότερες κατηγορίες γλυκαντικών υλών είναι οι ακόλουθες:

1. Σάκχαρα
2. Αλκοολοσάκχαρα, όπως σορβιτόλη, μαννιτόλη, ξυλιτόλη
3. Φυσικά γλυκαντικά με θερμιδική αξία, όπως το μέλι
4. Φυσικά γλυκαντικά χωρίς θερμιδική αξία, όπως η στέβια, το φρούτο Monk, η γλυκόριζα, και η θαυματίνη

5. Τροποποιημένα σάκχαρα, όπως η καραμέλα, και τα υψηλής φρουκτόζης σιρόπια καλαμποκιού
6. Συνθετικά γλυκαντικά, όπως σακχαρίνη, ασπαρτάμη, σουκραλόζη, νεοτάμη
7. Διαιτητικά γλυκαντικά

Η ζαχαρίνη, η ασπαρτάμη, και η ακετοσουλφάμη είναι ουσίες που προσδίδουν γλυκιά γεύση, αφού είναι κατά πολύ γλυκύτερες από τη ζάχαρη, και ενδείκνυνται για κατανάλωση από διαβητικούς.

Οξέα

Είναι ουσίες που προστιθέμενες στα τρόφιμα ρυθμίζουν την οξύτητά τους, ώστε να διατηρηθεί η γεύση τους (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Ενισχύουν συνήθως την οξύτητα του τροφίμου προσδίδοντάς του όξινη γεύση.

Γαλακτωματοποιητές, σταθεροποιητές και πηκτικές ουσίες

- Κυτταρίνη (cellulose)
- Κόμμι (xanthan gum)
- Πηκτίνη (pectin)
- Δεξτρίνες (dextrins)
- Αλγινικό νάτριο (sodium alginate)

Οι γαλακτωματοποιητές είναι ουσίες που βοηθούν την ανάμιξη συστατικών που είναι από μόνα τους μη αναμίξιμα και διατηρούν την ομοιογένεια του μίγματος αυτών (Λεκιθίνη E322).

Οι σταθεροποιητές εμποδίζουν τα συστατικά των τροφίμων από το να διαχωριστούν (κόμμι χαρουπιών E410).

Οι γαλακτωματοποιητές και οι σταθεροποιητές προσδίνουν στο τρόφιμο συνεκτική υφή.

Οι πηκτωματογόνοι παράγοντες είναι ουσίες που χρησιμοποιούνται για να τροποποιούν τη συνεκτικότητα ενός τροφίμου. π.χ. η πηκτίνη (E440), η οποία χρησιμοποιείται κατά την παρασκευή της μαρμελάδας.

Τα πυκνωτικά μέσα είναι ουσίες που αυξάνουν το ιξώδες των τροφίμων (εφαρμογή στην παρασκευή σάλτσας).

Γαλακτωματοποιητές

Παρασκευάζονται είτε από βιολογικά υλικά, όπως γάλα, κρέας, αυγό, ή συντίθεται από λιπαρά οξέα και παράγωγά τους (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Οι σπουδαιότερες κατηγορίες γαλακτωματοποιητών είναι:

- α. Φωσφολιπίδια. Πλούσια σε φωσφολιπίδια είναι η σόγια και ο κρόκος του αυγού.
- β. Εστέρες γλυκερόλης. Χρησιμοποιούνται μονο- και διεστέρες της γλυκερόλης με λιπαρά οξέα (E 470) ή μονογλυκερίδια εστεροποιημένα με γαλακτικό οξύ, κιτρικό ή τρυγικό οξύ (E 472).

Ο υδρόφιλος χαρακτήρας των μονογλυκεριδίων αυξάνεται περαιτέρω με την εισαγωγή στο μόριο υδροξυοξέων όπως το γαλακτικό ή τρυγικό. Πολύ γνωστός είναι ο μονοστεατικός εστέρας της γλυκερόλης (GMS)

Θρεπτικά συστατικά

- Βιταμίνες (vitamins)
- Ιχνοστοιχεία (minerals)
- Ιώδιο (iodine)
- Χολίνη (choline)

Αντιοξειδωτικά

Παρατείνουν το χρόνο συντήρησης των τροφίμων αναστέλλοντας αντιδράσεις οξείδωσης σε αυτά (οξειδωτική τάγγιση λιπών, αντιδράσεις αμαύρωσης, κλπ.) (Branen et al., 2001; Butt et al., 2010). Φυσικά αντιοξειδωτικά είναι τα ασκορβικό οξύ και τα άλατά του, οι τοκοφερόλες, το κιτρικό οξύ, κλπ.) Συνθετικά αντιοξειδωτικά είναι τα BHA και BHT.

Αδρανοποιητές

Οι ουσίες αυτές δεσμεύουν μεταλλικά συστατικά των τροφίμων, όπως σίδηρο και χαλκό, τα οποία καταλύουν οξειδώσεις και αντιδράσεις αμαύρωσης με αποτέλεσμα την υποβάθμιση της διατροφικής αξίας του τροφίμου, την ανάπτυξη ανεπιθύμητων οσμών, την υποβάθμιση του χρώματος (Butt et al., 2010).

Πλεονεκτήματα από τη χρήση των προσθέτων

Αυξάνουν την θρεπτική αξία του τροφίμου

Αποτρέπουν τον σχηματισμό ουσιών με πιθανή καρκινογόνο δράση

Δρουν ως γαλακτωματοποιητές και σταθεροποιητές

Αναστέλλουν την οξειδωτική τάγγιση των λιπιδίων

Επιβραδύνουν την ανάπτυξη μικροοργανισμών

Επιβλαβείς επιπτώσεις των προσθέτων τροφίμων

Πρόκληση αλλεργιών

Πρόκληση μακροχρόνιων ασθενειών

Τοξική δράση των BHA και BHT

Τοξικότητα και πιθανή καρκινογόνος δράση των νιτρικών και νιτρωδών

Τοξικότητα του διοξειδίου του θείου

Πιθανή τοξικότητα της σακχαρίνης

Νομοθετικό πλαίσιο για τη χρήση των προσθέτων

Περιλαμβάνει:

- Γενικά κριτήρια για τη χρήση των προσθέτων
- Διαδικασίες για την έγκριση αυτών
- Τρόφιμα στα οποία επιτρέπεται η χρήση προσθέτων
- Μέγιστα επιτρεπόμενα όρια
- Κριτήρια καθαρότητας προσθέτων

Κανονισμός ΕΚ 1333/2008 - Έγκριση ουσίας ως πρόσθετου

Πρέπει να υπάρχει τεχνολογική ανάγκη για τη χρήση τους (συμβολή στην παρασκευή, προετοιμασία, επεξεργασία, συσκευασία, αποθήκευση, μεταφορά του τροφίμου). Να είναι ασφαλή για τους καταναλωτές με βάση τα διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα και το προτεινόμενο επίπεδο χρήσης. Να παρέχουν οφέλη στο τρόφιμο (διατήρηση διατροφικής αξίας, αύξηση σταθερότητας και χρόνου ζωής, διατήρηση οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, κλπ.) Να μην παραπλανούν τους καταναλωτές.

Ένα πρόσθετο τροφίμου που εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής του κανονισμού (ΕΚ) 1829/2003 μπορεί να προστεθεί στους καταλόγους των προσθέτων μόνο αν καλύπτεται από έγκριση σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) 1829/2003.

Η νομοθεσία της Ε.Ε. για τα πρόσθετα τροφίμων βασίζεται στην αρχή ότι μόνο τα πρόσθετα εκείνα που έχουν περάσει από πλήρη αξιολόγηση ασφάλειας από την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) είναι εγκεκριμένα για χρήση.

Επίπεδα προσθέτων τροφίμων

Πρέπει να εισάγονται στα χαμηλότερα επίπεδα για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Η αποδεκτή ημερήσια πρόσληψη
- Η ημερήσια κατανάλωση του προσθέτου από ειδικές ομάδες καταναλωτών
- Η ημερήσια κατανάλωση του προσθέτου από περισσότερα τρόφιμα

Δειγματοληψία και ανάλυση προσθέτων τροφίμων

Κώδικας Τροφίμων και Ποτών άρθρο 13	
Είδος τροφίμου	Ποσότητα δείγματος
Επιδόρπια	150 g
Τυρί	100 g
Λίπη γενικά	75 g
Ελιές	100 g
Ξύδι	250 g
Παγωτά	100 g
Αναψυκτικά	500 mL
Μουστάρδα	75 g
Τομάτα χυμός	200 g
Σιρόπια μαρμελάδες	150 g
Άρτος, αρτοσκευάσματα	300 g

Διατηρημένα τρόφιμα σε κονσέρβες	1 κονσέρβα
Διατηρημένα τρόφιμα χύμα	150 g
Είδη ζαχαροπλαστικής	200 g

Αλλαγή στη μέθοδο παραγωγής ή στη σύσταση του προσθέτου

Όταν επέρχεται οποιαδήποτε μεταβολή:

- Στη μέθοδο παραγωγής
- Στη σύσταση
- Στη μορφή εισαγωγής του στο τρόφιμο

Θεωρείται διαφορετικό πρόσθετο και απαιτεί νέα έγκριση

Έμμεσα πρόσθετα - Ρυπαντές

Ουσίες που εισέρχονται στην τροφή ακούσια /ή μέσω επιμολύνσεων και μεταναστεύσεων σε διάφορα στάδια παραγωγής και τα οποία μπορεί να έχουν σοβαρή τοξική επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό.

Φυτοπροστατευτικά: χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την πρόληψη ζημιών στις καλλιέργειες. Περιλαμβάνουν εντομοκτόνα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα.

Αντιβιοτικά: χρησιμοποιούνται για τα ζώα και τα πουλερικά για τη θεραπεία ασθενειών.

Βαρέα μέταλλα: από το έδαφος, το νερό, τα δοχεία μαγειρέματος π.χ. μόλυβδος, κάδμιο, υδράργυρος

Πλαστικά χημικά από συσκευασίες

Φορμαλδεΐδη από συσκευασία χάρτου

Ξένα σώματα; μαλλιά, γυαλί, σύρμα, άμμος κλπ.

Άλλα χημικά προϊόντα: αυξητικοί παράγοντες, καρκινογόνοι παράγοντες από το κάπνισμα των τροφίμων ή το ψήσιμο, διοξίνες από καύση υδρογονανθράκων, κλπ.

Μυκοτοξίνες από τη δράση μικροοργανισμών

Βαρέα μέταλλα

Μόλυβδος - συσσωρεύεται σε ψάρια και θαλασσινά ή προέρχεται από γυάλινους περιέκτες

Υδράργυρος - συσσωρεύεται σε ψάρια και θαλασσινά, ή σε φυτικά τρόφιμα λόγω χρήσης οργανικών φυτοφαρμάκων υδραργύρου

Κάδμιο – περιέχεται σε λιπάσματα, συσσωρεύεται σε φυτικά τρόφιμα, ψάρια και θαλασσινά

Χαλκός και ψευδάργυρος - αυτά μπορεί να προκαλέσουν οξεία δηλητηρίαση. Προέρχονται από τα υλικά συσκευασίας

Φυτοπροστατευτικά

Οργανοχλωριωμένα - σταθερότητα στη φύση, υψηλή συσσώρευση, χαμηλές τοξικές επιδράσεις

Οργανοφωσφορικά - υψηλά επίπεδα τοξικότητας, ασταθή στη φύση, χαμηλή συσσώρευση

Καρβαμιδικά - ασταθή στη φύση, χαμηλή συσσώρευση

Οργανικές χημικές ουσίες υδραργύρου - πολύ τοξικές, υψηλής συσσώρευσης, σταθερές στη φύση

Μυκοτοξίνες

Οι μυκοτοξίνες είναι τοξικά προϊόντα δευτερογενή μεταβολισμού συγκεκριμένων μυκήτων.

Πάνω από εκατό είδη μυκοτοξινών έχουν απομονωθεί ως προϊόντα περισσοτέρων από 200 ειδών μυκήτων.

Οι μυκοτοξίνες παράγονται κυρίως από μύκητες που ανήκουν στα γένη:

1. *Aspergillus*, (Αφλατοξίνες, Οχρατοξίνες)
2. *Fusarium* (Ζεαραλενόνες, Τριχοθεσίνες, Φουμονισίνες)
3. *Penicillium*. (Οχρατοξίνες)

Επιδράσεις των ρυπαντών στην υγεία

Μυκοτοξίνες	Βλάβες στο ήπαρ και τα νεφρά και στο DNA, Καρκίνος, Τερατογένεση
Αντιβιοτικά	Αντοχή στα αντιβιοτικά. Ανάπτυξη αλλεργιών
Φυτοπροστατευτικά	Αναπνευστικά προβλήματα. Καρδιακή βλάβη. Βλάβη στο νευρικό σύστημα. Καρκίνος
Βαρέα Μέταλλα	Κράμπες στο στομάχι. Βλάβη στο ήπαρ, στα νεφρά, στο ανοσοποιητικό και στο νευρικό σύστημα
Διοξίνες	Καρκίνος

Αναλυτικές μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για εγκεκριμένα και μη εγκεκριμένα πρόσθετα

1. Μέθοδος προσδιορισμού του διοξειδίου του θείου και των θειωδών ενώσεων

Άμεση μέθοδος : Ογκομέτρηση με πρότυπο διάλυμα ιωδίου παρουσία δείκτη αμύλου.

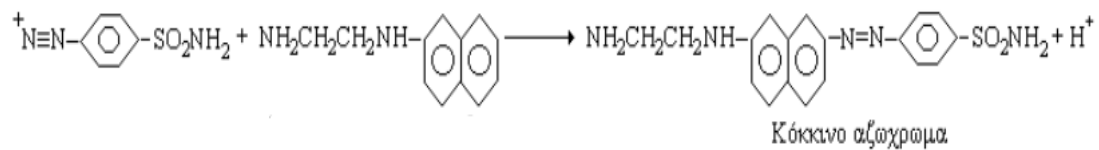
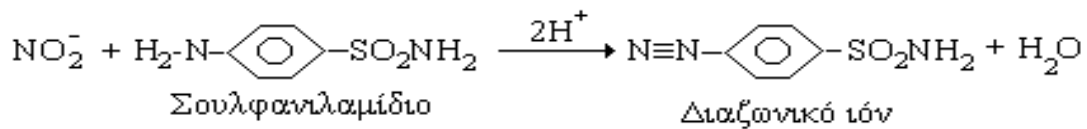


Το διοξείδιο του θείου και οι θειώδεις ενώσεις μπορεί να προκαλέσουν σοβαρές αντιδράσεις σε ευαίσθητα άτομα

Υποχρεωτική σαφής αναφορά στην ετικέτα

2. Μέθοδος προσδιορισμού νιτρωδών και νιτρικών

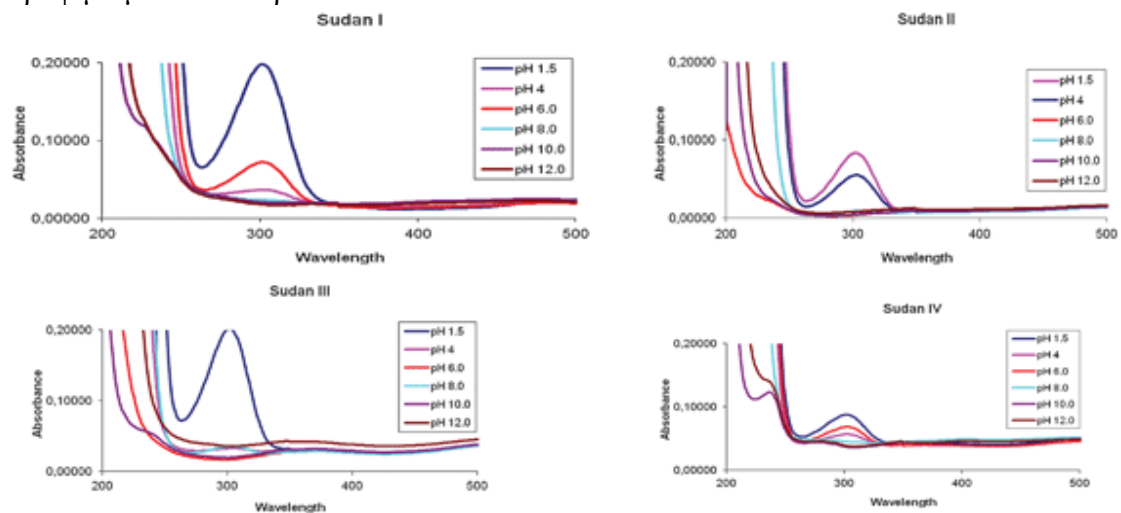
Τα νιτρώδη με την προσθήκη σουλφαναμιδίου αντιδρούν προς διαζωνικό ιόν και στη συνέχεια με επίδραση διϋδροχλωρικής N-1-ναφθυλοαιθυλενοδιαμίνης (NED), παράγουν ένα έγχρωμο σύμπλοκο, το κόκκινο αζώχρωμα που προσδιορίζεται φασματοφωτομετρικά στα 538 nm.



3. Ανάλυση συνθετικών χρωστικών

Οι χρωστικές Sudan I, Sudan II, Sudan III και Scarlet red (Sudan IV) είναι συνθετικές βιομηχανικές χρωστικές και κατατάσσονται ως κατηγορία 3 καρκινογόνων ουσιών από το Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον καρκίνο.

Προσδιορίζονται με HPLC (reversed phase) – DAD, αφού εκχυλισθούν από το τρόφιμο με ακετονιτρίλιο.



Βιβλιογραφία

- Beddows, C.G., Jagait, C., Kelly, M.J. (2001). Effect of ascorbyl palmitate on the preservation of α -tocopherol in sunflower oil, alone and with herbs and spices. *Food Chem.*, 73, 255-261.
- Bendich, A., Machlin, L.J., Scandurra, O., Burton, G.W., Wayner, D.D.M. (1986). The antioxidant role of vitamin C. *Adv. Free Rad. Biol. Med.*, 2, 419-444.
- Bligh, E.G. Dyer, W.J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, 37, 911-917.
- Branen, A.L., Davidson, R.M., Salminen, S., Thorngate J.H. (2001). *Food additives*, 2nd ed. Marcel Dekker, Inc, Madison Avenue, New York.
- Brown, I.J., Tzoulaki, I., Candeias, V., Elliott, P. (2009). Salt intakes around the world: implications for public health. *Int. J. Epidemiol.*, 38, 791-813.
- Busch, J. et al. (2010). Salt reduction and the consumer perspective. *New Food*, 2/10, 36-39.
- Butt, M.S., Anjum, F.M., Asghar, A. (2010). *Food Additives: A comprehensive treatise*. University of Agriculture Press, Faisalabad.
- Christie, W.W. (1987). *High-performance liquid chromatography and Lipids: A Practical Guide* (Pergamon Press, Oxford).
- Fahy, E., Subramaniam, S., Brown, H., Glass, C., Merrill, J.A., Murphy, R., Raetz, C., Russell, D., Seyama, Y., Shaw, W., Shimizu, T., Spener, F., van Meer, G., Vannieuwenhze, M., White, S., Witztum, J., Dennis, E.A., (2005). A comprehensive classification system for lipids. *J. Lipid Res.*, 46, 839-861.
- Fahy, E., Subramaniam, S., Murphy, R., Nishijima, M., Raetz, C., Shimizu, T., Spener, F., van Meer, G., Wakelam, M., Dennis, E. A. (2009). Update of the LIPID MAPS comprehensive classification system for lipids. *J. Lipid Res.*, 50, S9-S14.
- Folch, J., Lees, M. & Sloane Stanley, G.H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Frankel, E.N., Huang, S.W., Kanner, J., German, J.B. (1994). Interfacial phenomena in the evaluation of antioxidants: bulk oils versus emulsions. *J. Agric. Food Chem.*, 42, 1054-1059.
- Greenfield, H., Southgate, D.A.T. (1992). *Food Composition Data: Production, Management and Use*. Elsevier Applied Science, UK.
- Halliwell, B., (1990). How to characterize a biological antioxidant. *Free Rad. Res. Commun.*, 9, 1.
- Horwitz, W. (2000). (editor). *Official Method of Analysis of AOAC International*. 17th Edition. AOAC International, Maryland, USA.
- Kirk, R.S., Sawyer, R. (1991). *Pearson's Composition and Chemical Analysis of Foods*, 9th Edition. Longman Scientific & Technical, Essex, England.
- Marinova, E.M., Yanishlieva, N.V. (1992). Inhibited oxidation of lipids III: On the activity of ascorbyl palmitate during the autoxidation of two types of lipid systems in the presence of α -tocopherol. *Fat Sci. Technol.*, 94, 448-452.

- Mohan, S., Campbell, N.R.C. (2009). "Salt and high blood pressure", *Clinical Science*, 117, 1-11.
- Pomeranz, Y., Meloan, C.E. (1994). *Food Analysis: Theory and Practice*. Chapman & Hall, Inc.- General overview of food analysis techniques.
- Procter, A., Meullenet, J.F. (1998). Sampling and Sample Preparation. In: *Food Analysis*, 2nd Edition. Aspen Publication, Gaithersberg, Maryland.
- Rietjens, I. M.C.M., Boersma, M.G., de Haan, L., Spenkeliink, B., Awad, H.M., Cnubben, N.H.P., van Zanden, J.J., van der Woude, H., Alink, G.M., Koeman, J.H. (2002). The pro-oxidant chemistry of the natural antioxidants vitamin C, vitamin E, carotenoids and flavonoids. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 11, 321-333.
- Schieberle, P., Grosch, W. (1981). Decomposition of linoleic acid hydroperoxides. II. Breakdown of methyl 13-hydroperoxy-cis-9-trans-11-octadecadienoate by radicals or copper II ions. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.*, 173, 192-198.
- Smith, P.K., *et al.* (1985). Measurement of protein using bicinchoninic acid. *Anal. Biochem.*, 150(1), 76-85.
- Wayner, D.D.M., Burton, G.W., Ingold, K.U. (1986). The antioxidant efficiency of vitamin C is concentration-dependent. *Biochim. Biophys. Acta*, 884, 119-123.
- World Health Organization, (2007). WHO forum on reducing salt intake in populations: a report of a WHO forum and technical meeting, 5–7 October 2006, Paris, France, WHO, Geneva.
- Wood, R., Foster, L., Damant, A., Pauline, K. (2004). *Analytical methods for food additives*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΚ) αριθ. 1332/2008 ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ, της 16ης Δεκεμβρίου 2008, για τα ένζυμα τροφίμων και την τροποποίηση της οδηγίας 83/417/ΕΟΚ του Συμβουλίου, του κανονισμού. (ΕΚ) αριθ. 1493/1999 του Συμβουλίου, της οδηγίας 2000/13/ΕΚ, της οδηγίας 2001/112/ΕΚ του Συμβουλίου και του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 258/97
- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 601/2014 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 4ης Ιουνίου 2014 για την τροποποίηση του παραρτήματος II του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την κατηγορία τροφίμων «Κρέας και προϊόντα κρέατος» και τη χρήση ορισμένων προσθέτων τροφίμων σε παρασκευάσματα κρέατος.
- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ (ΕΕ) αριθ. 1129/2011 ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ της 11ης Νοεμβρίου 2011 για την τροποποίηση του παραρτήματος II του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1333/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου με την κατάρτιση ενωσιακού καταλόγου για τα πρόσθετα τροφίμων.
- Οδηγός για πρόσθετα τροφίμων (αριθμοί Ε) Έκδοση Γενικού Χημείου του Κράτους, Οκτώβριος 2005.
- Σινάνογλου Β. (1998). Διδακτορική διατριβή, <http://phdtheses.ekt.gr/eadd/handle/10442/12324>.