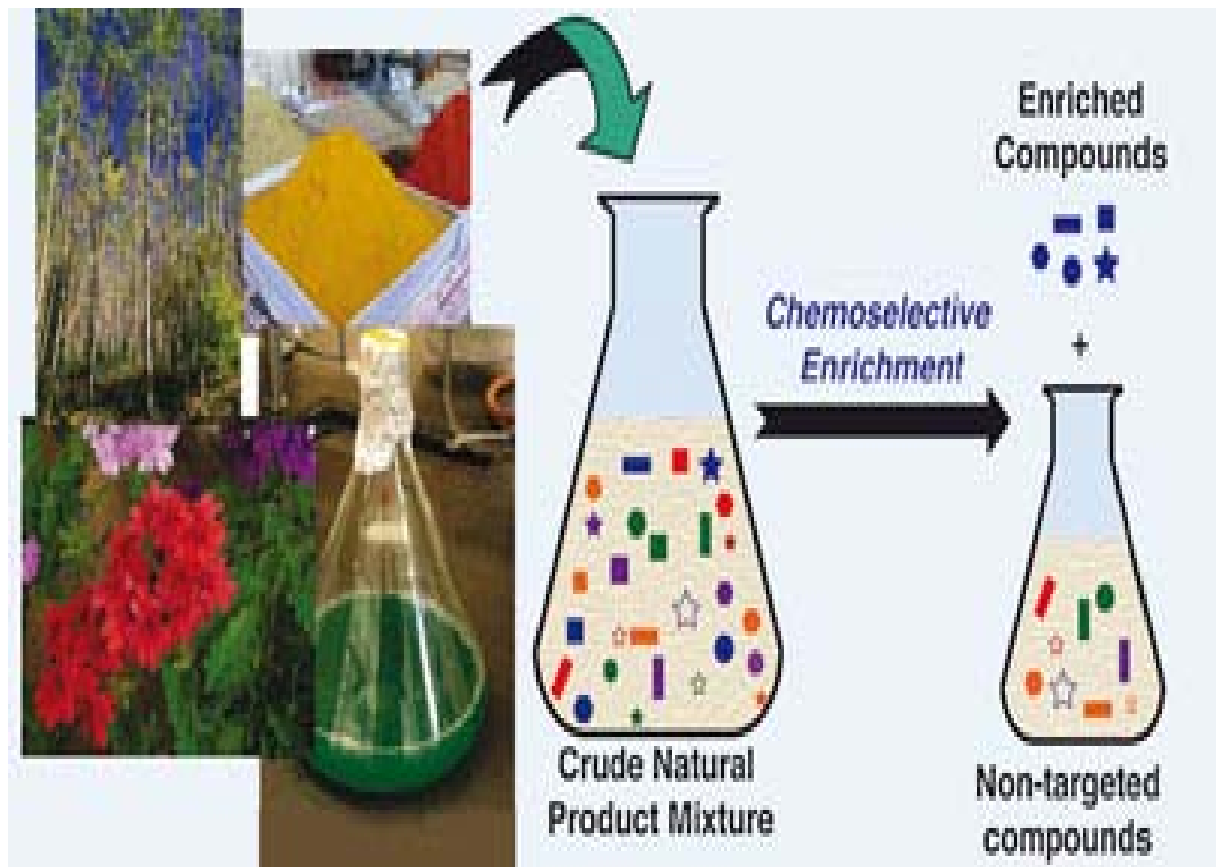




**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗΣ ΑΕΙ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΕΠΙΚΑΙΡΟΠΟΙΗΣΗ ΓΝΩΣΕΩΝ ΑΠΟΦΟΙΤΩΝ ΑΕΙ
(ΠΕΓΑ)**

«Οι σύγχρονες τεχνικές βιο-ανάλυσης στην υγεία, τη γεωργία, το περιβάλλον και τη διατροφή»

ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ -ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ



Δρ. Κωνσταντίνος Πετρωτός

Επίκουρος Καθηγητής Μηχανικής Τροφίμων

Τμήμα Μηχανικής Βιοσυστημάτων ΤΕΙ Θεσσαλίας

ΑΠΟΜΟΝΩΣΗ –ΑΝΑΛΥΣΗ & ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ ΣΕ ΤΡΟΦΙΜΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος «φυσικά προϊόντα ή εκχυλίσματα» απλώνεται σε ένα μεγάλο εύρος και είδος χημικών ουσιών που παράγονται και απομονώνονται από βιολογικές πηγές. Το ενδιαφέρον μας για φυσικά προϊόντα μπορεί να ανιχνευθεί χιλιάδες χρόνια πριν εξαιτίας της χρησιμότητας για το ανθρώπινο γένος, και συνεχίζει να υπάρχει στον ίδιο σημαντικό βαθμό ακόμη και σήμερα. Συστατικά και εκχυλίσματα που παράγονται από την βιόσφαιρα έχουν βρει και συνεχίζουν να βρίσκουν χρήσεις στην Ιατρική, στην γεωργία, στα καλλυντικά και στα τρόφιμα στις αρχαίες αλλά και στις σύγχρονες κοινωνίες. Για τον λόγο αυτό η ικανότητα να βρίσκουμε φυσικά προϊόντα, να αντιλαμβανόμαστε την χρησιμότητα τους και να αναπτύσσουμε εφαρμογές υπήρξαν κύριοι άξονες και κινητήριοι μοχλοί για την έρευνα στο πεδίο των φυσικών προϊόντων.

Από την τεράστια βιοποικιλότητα του πλανήτη μας, που συμπεριλαμβάνει περισσότερα από 250000 είδη στην τάξη των ανώτερων φυτών, μόνο ένα μικρό ποσοστό της τάξεως του 5-10% έχει μελετηθεί με σκοπό την παραγωγή βιοδραστικών εκχυλισμάτων και προϊόντων. Πολύ λιγότερο δε έχει μελετηθεί η τεράστια ποικιλία των θαλασσίων φυτών τα οποία ωστόσο φαίνεται να αποτελούν σημαντική πηγή φυσικών προϊόντων φυτικής προέλευσης. Η σημαντικότητα των φυτικών εκχυλισμάτων στην ανθρώπινη υγεία γίνεται εμφανής αν αναλογιστεί κανείς ότι το 40% των μοντέρνων φαρμάκων που παράγονται παγκοσμίως είναι φυτικής προέλευσης. Επιπλέον πρέπει να τονιστεί ότι τα δραστικά συστατικά των φυτικών εκχυλισμάτων είναι συνήθως μόρια μικρού μοριακού βάρους (έως 2000 Daltons) που κατά κύριο λόγο δεν είναι απαραίτητα διατροφικά συστατικά για την επιβίωση του φυτικού οργανισμού αλλά παράγονται σαν δευτερογενείς μεταβολίτες που προκύπτουν σαν αποτέλεσμα στρες του φυτικού οργανισμού ή έλλειψης διατροφικών συστατικών.

Η εμφάνιση των ασθενειών του σύγχρονου πολιτισμού όπως ο καρκίνος, τα καρδιαγγειακά νοσήματα, η παχυσαρκία και ο διαβήτης έρχονται σαν αποτέλεσμα της κατανάλωσης υψηλών θερμίδων και του σύγχρονου τρόπου ζωής. Η ενίσχυση της διατροφής με βιο-ενεργά φυσικά συστατικά εμφανίστηκε για πρώτη φορά στην Ιαπωνία όταν το 1992 η Ιαπωνική Κυβέρνηση υιοθέτησε σαν Κυβερνητική Πολιτική την ενθάρρυνση της παραγωγής βιο-λειτουργικών τροφίμων με σκοπό να αποτελέσει εργαλείο για την προαγωγή της ανθρώπινης υγείας και ευεξίας. Με τον τρόπο αυτό καθιερώθηκε ο όρος “Food for Specific Health Uses” (FOSHU). Στην συνέχεια η Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια του Προγράμματος “Functional Food Science in Europe” (FUFOSE) project το οποίο συντονίστηκε από το

International Life Science Institute προήγαγε ακόμη περισσότερο την παρούσα αρχή και διάφορα παραδοτέα του εν λόγω προγράμματος (Bellisle et al. 1998 ; Diplock et al. 1999) οδήγησαν στον ορισμό των βιο-λειτουργικών τροφίμων ως εξής: «ένα τρόφιμο το οποίο παρουσιάζει μία θετική επίδραση σε μία οι περισσότερες φυσιολογικές λειτουργίες και κατ' αυτόν τον τρόπο βελτιώνει την ευζωία και /ή μειώνει τον κίνδυνο της αρρώστιας χαρακτηρίζεται ως βιο-λειτουργικό τρόφιμο (Diplock et al. 1999)». Αυτός ο ορισμός συνεπάγεται ότι ένα βιο-λειτουργικό τρόφιμο πρέπει να διατηρεί την μορφή του τροφίμου κάτι που αποκλείει την μορφή του χαπιού ή της κάψουλας και επιπλέον το εν λόγω τρόφιμο θα πρέπει να παρουσιάζει θετική επίδραση της φυσιολογικής λειτουργίας του ανθρώπινου οργανισμού πολύ ανώτερη από ότι συνεπάγεται από μόνη της η διατροφική του αξία. Ενας από τους τρόπους που χρησιμοποιούν οι παραγωγοί τροφίμων για την παραγωγή βιο-λειτουργικών τροφίμων είναι και η προσθήκη φυτικών συστατικών που είναι γνωστό ότι επηρεάζουν θετικά τις φυσιολογικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΦΥΤΙΚΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΩΝ

2.1. Προετοιμασία του υλικού

Το φυτικό υλικό το οποίο πρόκειται να εκχυλιστεί πρέπει πρώτα να προετοιμαστεί κατάλληλα ώστε να διευκολυνθεί η αποτελεσματική εκχύλιση των βιο-λειτουργικών του συστατικών. Αν το υλικό περιέχει συστατικά που είναι πτητικά θα πρέπει να καταψυχθεί στους -20 °C ή να υποστεί κρυογονική ξήρανση (freeze drying) ή ταχύτατη ξήρανση με χρήση ξηραντήρα κενού μικροκυμάτων ή freeze dryer με θέρμανση με μικροκύματα. Στις Εικόνες 1,2 που ακολουθούν παρουσιάζονται μορφολογικά δύο βιομηχανικές συσκευές freeze drying και ξήρανσης με μικροκύματα.



Εικόνα 1. Συσκευή κρυογονικής ξήρανσης (*Freeze dryer*)



Εικόνα 2. Συσκευή ξήρασης μικροκυμάτων κενού (*MW vacuum dryer*)

ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ ΦΡΕΣΚΑ



ΑΕΡΟΞΗΡΑΜΕΝΑ ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ



ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ FREEZE DRIED



ΜΑΝΙΤΑΡΙΑ MICROWAVE VACCUUM DRYING



Είναι προφανές από τις εικόνες που δίνονται παραπάνω ότι η καλύτερη μέθοδος ξήρασης είναι αυτή με freeze drying με την διαφορά ότι είναι υψηλού κόστους.

Επιπλέον, για λόγους κόστους η πλέον συνηθισμένη πρακτική είναι να αφήνεται το φυτικό υλικό να ξηραθεί σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω σε δίσκους και με ικανοποιητικό αερισμό. Είναι σημαντικό να υπάρχουν ξηρές συνθήκες αέρα για να αποφευχθεί μικροβιακή αλλοίωση του υλικού ή χημική αλλοίωση των δραστικών συστατικών μέσω ενζυματικών αντιδράσεων που συντελούνται όταν υπάρχει περίσσεια υγρασίας στο υλικό. Σε μερικές περιπτώσεις η διαδικασία ξήρανσης επιταχύνεται με χρήση φούρνου ξήρανσης αλλά και με τεμαχισμό της φυτικής μάζας ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής της με τον αέρα ξήρανσης.

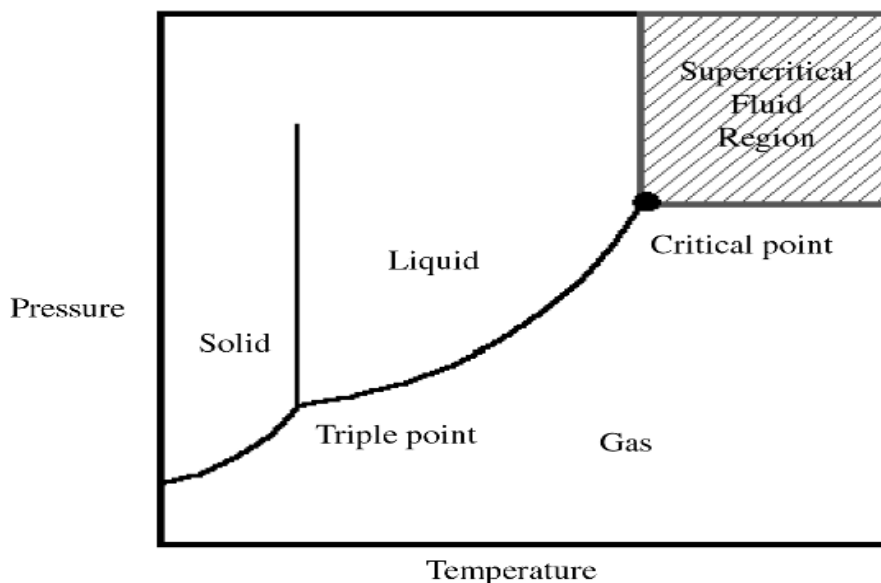
2.2. Μέθοδοι εκχύλισης φυτικών ιστών

2.2.1. Μέθοδος υπερκρίσιμης εκχύλισης με CO₂ (*Supercritical Fluid Extraction (SFE)*)

Στην υπερκρίσιμη εκχύλιση αντικαθίσταται ο οργανικός διαλύτης (π.χ. n-εξάνιο, διχλωροαιθάνιο, χλωροφόρμιο κλπ.) με CO₂ σε υπερκρίσιμες συνθήκες με εμφανή τα περιβαλλοντικά οφέλη λόγω του ότι όλα οι προαναφερθέντες διαλύτες είναι γνωστές ουσίες που επηρεάζουν το στρώμα του όζοντος. Ο Cagniard de la Tour ανακάλυψε το κρίσιμο σημείο το 1822. Το κρίσιμο σημείο μιας καθαρής ουσίας ορίζεται σαν η υψηλότερη θερμοκρασία και πίεση στην οποία η ουσία μπορεί να βρεθεί σε ισορροπία υγρής και αέριας φάσης. Σε θερμοκρασίες και πιέσεις υψηλότερες από το σημείο αυτό, σχηματίζεται ένα ομογενές υγρό που είναι γνωστό σαν υπερκρίσιμο υγρό. Το υπερκρίσιμο υγρό είναι βαρύ σαν υγρό αλλά έχει την διεισδυτικότητα ενός αερίου, με αποτέλεσμα αυτές οι ιδιότητες να το κάνουν να συμπεριφέρεται σαν εκλεκτικός και αποτελεσματικός διαλύτης. Υπερκρίσιμα υγρά μπορούν να παραχθούν είτε θερμαίνοντας ένα αέριο πάνω από την κρίσιμη θερμοκρασία του είτε εναλλακτικά συμπιέζοντας ένα υγρό πάνω από την τιμή κρίσιμης πίεσης του.

Στο Σχήμα 1. διακρίνεται το κρίσιμο σημείο και η αντίστοιχη περιοχή του υπερκρίσιμου υγρού για μία ουσία. Το υπερκρίσιμο υγρό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκχύλιση ενεργών ουσιών από διάφορα φυτικά ή βιολογικά υλικά με εκλεκτικό τρόπο χρησιμοποιώντας σαν παραμέτρους : α) Τον χρόνο εκχύλισης που κυμαίνεται από 15-45 min χωρίς να αποκλείονται και μεγαλύτεροι χρόνοι. Β) Την θερμοκρασία εκχύλισης (Nieto et al. 2010) γ) την πίεση εκχύλισης δ) την χρήση ή μη συν-διαλύτη εκχύλισης ε) τον στατικό τρόπο λειτουργίας ή αντίστοιχα τον δυναμικό τρόπο λειτουργίας. στ) Ροή υπερκρίσιμου υγρού.

Αν και συνήθως χρησιμοποιείται υγρό διοξείδιο (CO₂) σαν υπερκρίσιμο ρευστό, ωστόσο μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν αιθάνιο, αιθυλένιο, προπάνιο, προπυλένιο, τριφθορομεθάνιο, αμμωνία, νερό κλπ.



Σχήμα 1. Υπερκρίσιμη περιοχή και υπερκρίσιμο υγρό

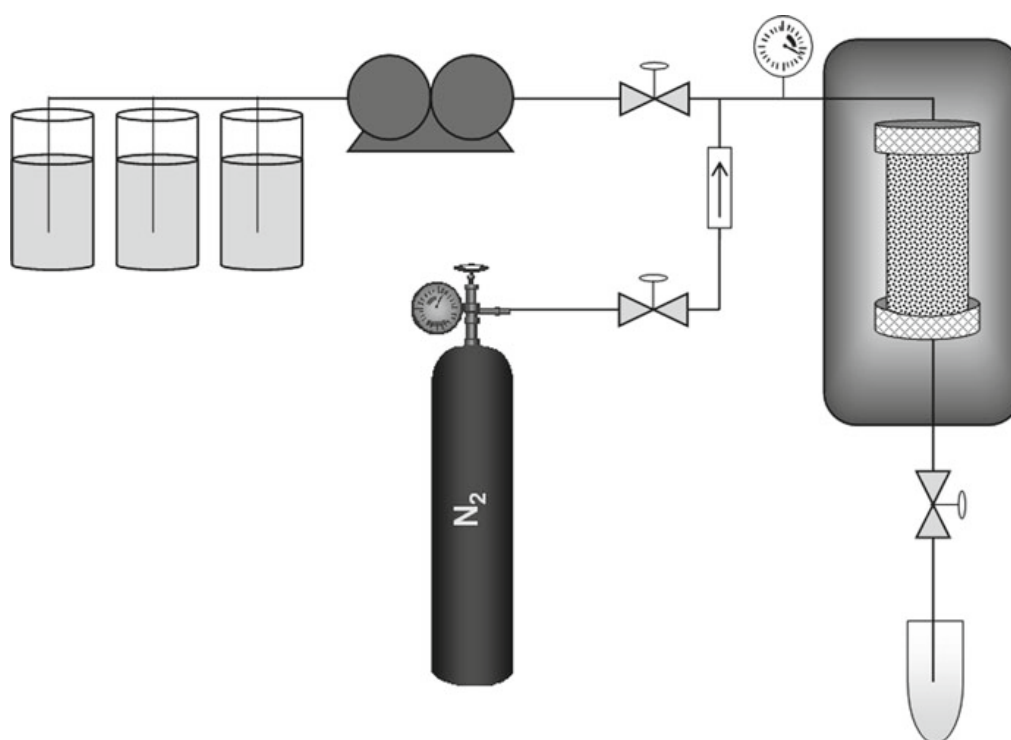
Τα πλεονεκτήματα της υπερκρίσιμης εκχύλισης με CO₂ είναι ότι το εκχύλισμα είναι απαλλαγμένο από ρυπαντές και η σύνθεση του μπορεί να έχει εκλεκτικότητα και ακόμα να είναι απελευθερωμένο από οργανικούς διαλύτες, Επιπλέον, η εκχύλιση δεν συνοδεύεται από οξείδωση του ενεργού υλικού όπως στην περίπτωση των συμβατικών μεθόδων εκχύλισης με απόσταξη μεθ' υδρατμών ή με χρήση διαλυτών.

Η υπερκρίσιμη εκχύλιση με υγρό διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται σε πλειάδα εφαρμογών όπως η εξαγωγή αιθέριων ελαίων, πολυφαινολών, φυτικών ελαίων, λιπαρών οξέων (ω-3 λιπαρά) και αντιοξειδωτικών γενικά (π.χ. λυκοπενίου).

2.2.2. Μέθοδος εκχύλισης με πεπιεσμένο νερό (Pressurized Liquid Extraction (PLE)) & Μέθοδος εκχύλισης με θερμό νερό υπό πίεση (Pressurized Hot Water Extraction (PHWE))

Οι μέθοδοι *PLE* και *PHWE* βασίζονται σε χρήση νερού σε υψηλή πίεση και μερικές φορές σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από την θερμοκρασία βρασμού του νερού στην εν λόγω πίεση. Στις συνθήκες αυτές, οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες του νερού μεταβάλλονται δραματικά και για παράδειγμα διηλεκτρική σταθερά του νερού αλλάζει από 80 στην θερμοκρασία δωματίου (25°C) σε 33 στους 200°C, που είναι παραπλήσια αυτής των οργανικών διαλυτών όπως η μεθανόλη. Επιπλέον, και η επιφανειακή τάση και το ιξώδες του εκχυλιστικού μέσου μειώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας ενώ η διαχυτότητα αυξάνεται με αποτέλεσμα να προάγουν την

εκχύλιση τόσο σε αποτελεσματικότητα όσο και σε ταχύτητα. Επιπρόσθετα, η παράμετρος της διαλυτότητας των διαφόρων βιο-ενεργών ουσιών στο νερό τροποποιείται με την θερμοκρασία και μεταβάλλεται η εκλεκτικότητα της εκχύλισης των διαφόρων ουσιών. Η χρήση συνδυασμού υψηλής πίεσης και θερμοκρασίας εξασφαλίζει ταχύτερη εκχύλιση η οποία μπορεί να ολοκληρωθεί ακόμα και σε 20 min αντί 10-48 ώρες και με χρήση πολύ μικρότερης ποσότητας διαλύτη. Οι συνθήκες στις οποίες γίνεται η εν λόγω εκχύλιση εξαρτάται από την ουσία που απαιτείται να εκχυλιστεί και η μεθοδολογία της εκχύλισης δίνεται στο παρακάτω



Σχήμα 2. Σχηματική παράσταση μονάδα εκχύλισης με υψηλή πίεση

2.2.4. Μέθοδος εκχύλισης με χρήση υπερήχων ή μικροκυμάτων *Ultrasound Assisted Extraction (UAE) and Microwave-Assisted Extraction (MAE)*

Οι τελευταίες δύο πράσινες τεχνικές εκχύλισης είναι α) η εκχύλιση με υποβοήθηση μικροκυμάτων (MAE) που έχει σαν αρχή λειτουργίας την εφαρμογή ακτινοβολίας μικροκυμάτων που προκαλεί κίνηση των πολικών μορίων και περιστροφή των διπόλων με αποτέλεσμα την θέρμανση του διαλύτη και την μεταφορά των βιο-ενεργών ουσιών από την μήτρα του προς εκχύλιση υλικού στον διαλύτη και β) η εκχύλιση με υποβοήθηση υπερήχων (UAE) που έχει σαν αρχή την δημιουργία ακουστικής σπηλαίωσης και μέσω αυτής την

καταστροφή των κύτταρων του βιολογικού ιστού, μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και μεγιστοποίηση της επαφής του διαλύτη με τις ενεργές ουσίες. (Ying et al. 2011) . Και οι δύο τεχνικές είναι πολύ ευέλικτες και μπορούν να χρησιμοποιήσουν διάφορους διαλύτες και επιτρέπουν υψηλές ταχύτητες εκχύλισης που συντελεί σε αποφυγή της διάσπασης των ενεργών ουσιών και χρήση χαμηλής ποσότητας διαλύτη. Στην UAE χρησιμοποιείται ένα μικρό μόνο μέρος του φάσματος των υπερήχων με συχνότητα που κυμαίνεται από 20 kHz έως 100 MHz. Επιπρόσθετα, στην περίπτωση της χρήσης μικροκυμάτων η συχνότητα ακτινοβολίας που χρησιμοποιείται ανέρχεται σε περισσότερο από 2,000 MHz



Σχήμα 2. Σχηματική συσκευής εκχύλισης με χρήση υπερήχων ή μικροκυμάτων

2.3. Καθαρισμός & Απομόνωση και ανάλυση των δραστικών συστατικών του εκχυλίσματος .

2.3.1. Βιομηχανική Χρωματογραφία

Τα παραγόμενα εκχυλίσματα περιέχουν διάφορα συστατικά εκτός των επιθυμητών συστατικών τα οποία θα πρέπει να διαχωριστούν από το χρήσιμο βιο-δραστικό συστατικό ώστε αυτό να εμπλουτιστεί και να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή χρήσιμων προϊόντων. Συνήθως, ο διαχωρισμός αυτός γίνεται με χρήση μακροπορωδών ρητινών ρόφησης-εκρόφησης. Το εκχύλισμα διέρχεται μέσα από την στήλη της ρητίνης και το ενεργό συστατικό προσροφάται στην κοκκώδη ρητίνη όπως συμβαίνει με τις πολυφαινόλες της ελιάς στο Σχήμα 3 που ακολουθεί. Στην συνέχεια με χρήση θερμού νερού ή πολικού οργανικού διαλύτη η προσροφούμενη

βιοενεργή ουσία εκροφάται από την κλίνη της ρητίνης και παράγεται υγρό εμπλουτισμένο σε βιο-ενεργό συστατικό για περαιτέρω επεξεργασία. Η ανάλυση του παραγόμενου καθαρού εκχυλίσματος γίνεται στην συνέχεια με χρήση χρωματογραφίας HPLC (High Performance Liquid Chromatography)



Σχήμα 3. Καθαρισμός εκχυλίσματος αντιοξειδωτικού ελιάς με χρήση στήλης βιομηχανικής χρωματογραφίας και εκλεκτική ρητίνη συγκράτησης πολυφαινολών τύπου XAD4.



Σχήμα 4. Βιομηχανική εγκατάσταση για καθαρισμό εκχυλισμάτων και διαχωρισμό βιοδραστικών ουσιών με χρήση βιομηχανικής χρωματογραφίας μακρο-πορωδών ρητινών

2.3.2. Χρήση τεχνολογίας μεμβρανών

Το παραγόμενο έκπλυμα από την μονάδα των ρητινών μπορεί να περιέχει την δραστική ουσία ή μίγμα αυτής με διάφορες άλλες ουσίες που δεν παρουσιάζουν βιοδραστικότητα.

Περαιτέρω εμπλουτισμός μπορεί να γίνει με χρήση καινοτόμου επεξεργασίας με χρήση μεμβρανών μικροδιήθησης, υπερδιήθησης, νανοδιήθησης ή και αντίστροφης ώσμωσης.

Από τις διεργασίες αυτές η μικροδιήθηση με κεραμικά ή πολυμερικά φίλτρα χρησιμοποιείται για διαύγαση, η υπερδιήθηση για διαχωρισμό συστατικών με διαφορετικό μοριακό βάρος, η νανοδιήθηση για συμπύκνωση ή διαχωρισμό διαφορετικών μοριακών βαρών και η αντίστροφη ώσμωση για συμπύκνωση.

Χρησιμοποιώντας την κατάλληλη μεμβράνη μπορούμε με συμπύκνωση η διαχωρισμό τύπου μοριακού κόσκινου ή και με χρήση και των δύο να εμπλουτίσουμε ακόμα περισσότερο ή/και να συμπυκνώσουμε την βιο-ενεργή ουσία ή ουσίες.

Επιπλέον με χρήση αραιωτικής υπερ-διήθησης που είναι γνωστή και ως διαλυ-διήθηση είναι δυνατόν να καθαριστεί το διάλυμα από ενώσεις μικρότερου μοριακού βάρους από ότι οι βιοδραστική ή οι βιοδραστικές ουσίες.

Τέλος με συνδυασμό δύο μεμβρανών με άνοιγμα πόρων μεγαλύτερο και μικρότερο αντίστοιχα από την ουσία στόχο μπορούμε να την εμπλουτίσουμε στο διάλυμα.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



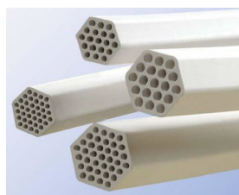
ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΠΟΛΥΜΕΡΙΚΩΝ
ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ ΤΥΠΟΥ
ΣΠΙΡΑΛ

ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ
ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ
ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



CMS
Μεμβρανικές
συστήματα

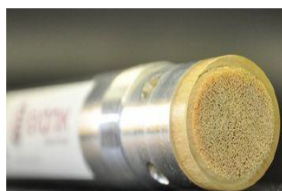
ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΜΕΜΒΡΑΝΩΝ



ΚΕΡΑΜΙΚΕΣ
ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ



ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΤΥΠΟΥ
ΣΠΙΡΑΛ



ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ ΤΥΠΟΥ
ΚΟΙΛΩΝ ΙΝΩΝ (HOLLOW
FIBERS)



ΜΕΜΒΡΑΝΕΣ
ΣΩΛΗΝΩΤΟΥΤΥΠΟΥ
(TUBULAR)

2.4. Ενθυλάκωση εκχυλισμάτων και παραγωγή βιο-ενεργών σκονών

Οι βιο-ενεργές ουσίες είναι συνήθως ευαίσθητες και υφίστανται αλλοιώσεις στην περίπτωση που δεν ενθυλακωθούν σε κατάλληλο έκδοχο για να χρησιμοποιηθούν στα τρόφιμα, στα καλλυντικά, σε συμπληρώματα διατροφής και άλλες χρήσεις.

Η απάντηση στο πρόβλημα αυτό είναι η ενθυλάκωση ή εν-καψυλίωση της δραστικής ουσίας του εκχυλίσματος σε κατάλληλο έκδοχο όπως είναι η μαλτοδεξτρίνη, κυκλοδεξτρίνες, πρωτεΐνη ορού, λεκιθίνη, άμυλο και τροποποιημένο άμυλο κλπ. Επιπλέον η ενθυλάκωση προκαλεί κάλυψη δυσάρεστων οσμών και χρώματος και τροποποίηση της διαλυτότητας αρχικά αδιάλυτων υλικών.



Α) ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΟΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ



Β) ΟΜΟΓΕΝΟΠΟΙΟΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Η παραγωγή ενθυλάκωμένου παραγώγου από ένα εκχύλισμα που εμπλουτίστηκε με βιομηχανική χρωματογραφία βασίζεται σε ανάμιξη του εκχυλίσματος με στερεό έκδοχο και δημιουργία διαλύματος με περιεχόμενο στερεών από 15% έως και 60%. Το διάλυμα αυτό μετά από μία αρχική ανάμιξη υφίσταται μείωση μεγέθους σωματιδίων σε επίπεδο μικρο- >1 μm ή και νάνο- (<100 nm) με χρήση ομογενοποιού υπερήχων ή ομογενοποιού υψηλής πίεσης και στην συνέχεια με χρήση ξήρανσης με κατάψυξη (Freeze drying) ή ξήρανσης με ψεκασμό (spray drying) μετατρέπεται σε σταθεροποιημένη σκόνη που συντηρείται καλύτερα από το υγρό εμπλουτισμένο εκχύλισμα. Η μορφολογία του ξηραντήρα ψεκασμού διακρίνεται στο Σχήμα 7. που ακολουθεί.



Σχήμα 7. Βιομηχανικοί ξηραντήρες ψεκασμού για ξήρανση & ενθυλάκωση βιοδραστικών συστατικών

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bellisle, F., A.T. Diplock, G. Hornstra, B. Koletzko, M. Roberfroid, S. Salminen, et al. 1998. Functional food science in Europe. *British Journal of Nutrition* 80: 1–193.

Diplock, A.T., P.J. Agget, M. Ashwell, F. Bornet, E.B. Fern, and M.B. Roberfroid. 1999. Scientific concepts of functional foods in Europe: consensus document. *British Journal of Nutrition* 81:S1–S27.

Natural Products Isolation, *Second Edition*, edited by *Satyajit D. Sarker, Zahid Latif, and Alexander I. Gray*, 2005