

Εισαγωγή στην εκχύλιση

Εκχύλιση ονομάζουμε την ανάκτηση συστατικών από μείγματα με τη βοήθεια διαλύτη. Κάνουμε λόγο για **εκχύλιση υγρών** όταν έχουμε διαχωρισμό αναμειξιμων υγρών, ενώ όταν έχουμε ανάκτηση ουσίας από μείγμα με στερεά αδρανή, η διεργασία ονομάζεται και **έκπλυση** ή **διαλυτοποίηση**. Οι δύο αυτές διεργασίες βασίζονται σε κοινές αρχές αλλά διαφέρουν ως προς α) τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας που υπεισέρχονται (ανάμιξη υγρών έναντι προσρόφησης υγρού στην επιφάνεια στερεών σωματιδίων) και β) τις συσκευές που χρησιμοποιούνται. Στη συνέχεια θα ασχοληθούμε με την εκχύλιση υγρών.

Πλεονεκτήματα της μεθόδου έναντι άλλων διεργασιών διαχωρισμού είναι:

- Χαμηλή θερμοκρασία
- Ήπιες συνθήκες εν γένει (άρα, όχι μεγάλη δαπάνη ενέργειας αλλά και πιο ασφαλής)

Μειονεκτήματα της μεθόδου:

Ανάγκη δεύτερου διαχωρισμού για την ανάκτηση και επαναχρησιμοποίηση του διαλύτη. Αυτό συνεπάγεται:

- Πολυπλοκώτερος σχεδιασμός των διεργασιών
- Αυξημένο πάγιο και λειτουργικό κόστος
- Πιθανά προβλήματα καθαρότητας του προϊόντος
- Πολυπλοκώτερη διεργασία και αυξημένη πιθανότητα δυσλειτουργιών, αυξημένη δυσκολία ελέγχου.

Το θεωρητικό υπόβαθρο για την ανάλυση της μεθόδου περιλαμβάνει την ισορροπία υγρού/υγρού, τα τριαδικά μείγματα και την περιγραφή αυτών με τριγωνικά διαγράμματα.

Η διαδικασία έχει ως εξής: τροφοδοσία (F) αποτελούμενη από δυο υγρά συστατικά (A + B) από τα οποία θέλουμε να απομακρύνουμε το A, αναμιγνύεται με διαλύτη (S) και προκύπτουν δύο φάσεις ή ρεύματα εξόδου, το προϊόν ή εκχύλισμα (E), όπου αναμένεται υψηλότερη συγκέντρωση του προς διαχωρισμό συστατικού A και το υπόλειμμα (R) όπου αναμένεται χαμηλότερη συγκέντρωση σε A.

$$(F = A + B) + S \rightarrow E + R$$

Συμβολισμός: για τα μοριακά κλάσματα (ή κλάσματα βάρους) χρησιμοποιούμε το σύμβολο x όταν αναφερόμαστε στην τροφοδοσία ή στο υπόλειμμα και το σύμβολο y όταν αναφερόμαστε στο διαλύτη ή στο εκχύλισμα.

Διακρίνουμε τις εξής περιπτώσεις:

α) Διαλύτης S μη αναμειξιμος με το συστατικό B. Τότε, $E = S + A$ και $R = B + A$ (το A μοιράζεται στις δύο μη αναμειξιμες φάσεις, αυτή του διαλύτη και αυτή του B).

β) Διαλύτης S μερικώς αναμειξιμος με το B. Τότε, $E = S + A (+ B)$ και $R = B + A (+ S)$, δηλαδή, το A μοιράζεται όπως και πριν στις δύο φάσεις αυτή που έχει κυρίως διαλύτη και αυτή που έχει κυρίως B, αλλά στη φάση του διαλύτη υπάρχει και μικρή ποσότητα B, ενώ στη φάση του B υπάρχει επίσης μικρή ποσότητα διαλύτη.

γ) Σχηματίζονται δύο ή τρία ζεύγη μερικώς αναμειξιμων συστατικών. Αυτή η περίπτωση είναι πολυ σπάνια και δε θα τη μελετήσουμε.

δ) Σχηματίζεται ομογενές τριαδικό μείγμα (μονοφασικό). Σε αυτή την περίπτωση προφανώς δεν υφίσταται διαχωρισμός. Πρέπει η σύσταση της τροφοδοσίας να είναι τέτοια ώστε να προκύπτουν δύο φάσεις σε ισορροπία, ώστε να υπάρξει διαχωρισμός.

Επομένως, μας ενδιαφέρουν κυρίως οι περιπτώσεις (α) και (β).

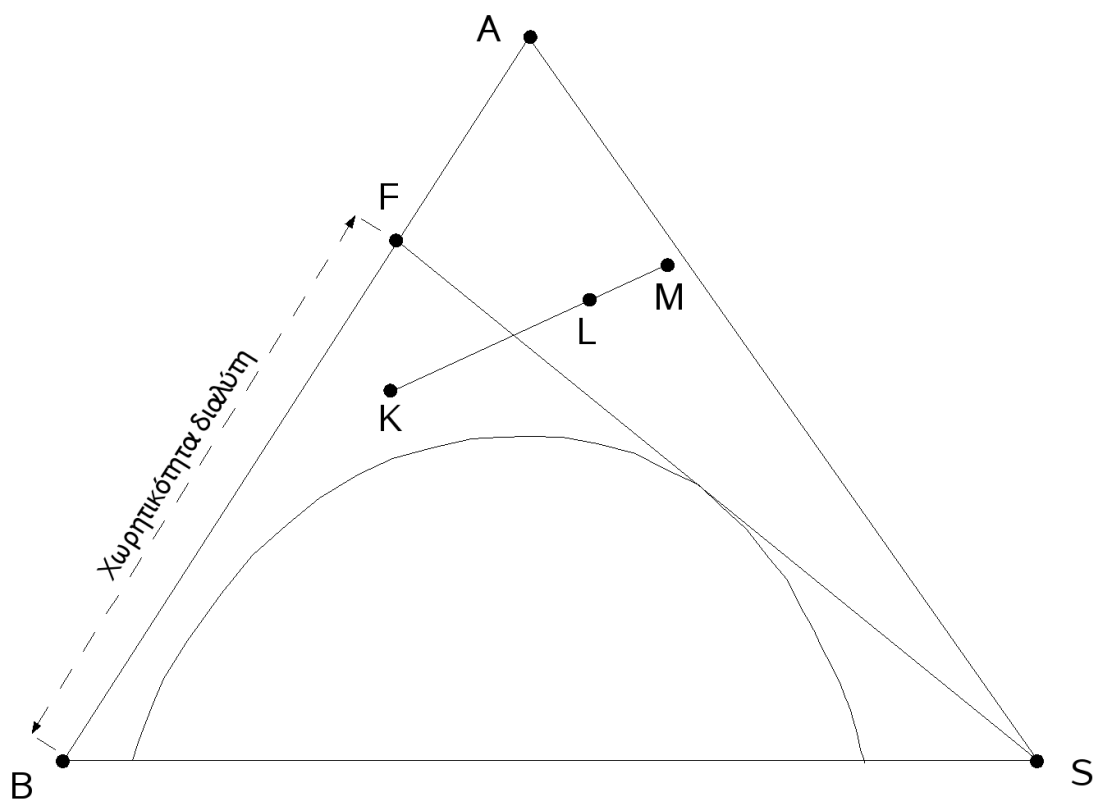
Η περίπτωση (α) μπορεί να μελετηθεί με τη βοήθεια του νόμου του Henry για αραιά μείγματα (με εντελώς ανάλογη μορφή με αυτή που είδαμε σε ο,τι αφορά την απορρόφηση). Αυτή μπορεί επίσης να γραμμικοποιηθεί για πυκνά μείγματα ορίζοντας τα τροποποιημένα κλάσματα $Y_e = \frac{y_e}{1-y_e}$ και

$$X_e = \frac{x_e}{1-x_e} \quad \text{όπως κάναμε και για την απορρόφηση.}$$

Η περίπτωση (β) μπορεί να μελετηθεί με τη βοήθεια της καμπύλης ισορροπίας ή διαλυτότητας στο τριγωνικό διάγραμμα των τριαδικών συστημάτων A+B+S.

Η ισορροπία τριών συστατικών σε δύο φάσεις αποτελεί πρόβλημα που καθορίζεται από τρεις μεταβλητές. Πράγματι, από τον κανόνα των φάσεων του Gibbs, $f + p = c + 2$, θέτοντας αριθμό φάσεων $p = 2$ και συστατικών $c = 3$, βρίσκουμε αριθμό βαθμών ελευθερίας $f = 3$. Αυτοί οι βαθμοί ελευθερίας μπορούν να είναι οι συνθήκες (θερμοκρασία T και πίεση P) και μία σύσταση που μπορεί να είναι το κλάσμα x_A στην τροφοδοσία ή στο υπόλειμμα ή το κλάσμα y_A στο διαλύτη ή στο εκχύλισμα (προφανώς, όσον αφορά το διαλύτη, όταν αυτός είναι καθαρός ή μπορεί με πολύ καλή προσέγγιση, να θεωρηθεί ως τέτοιος, θα έχουμε $y_A = 0$).

Η πίεση κατά τη διάρκεια της διεργασίας είναι σταθερή και συνήθως θα είναι η ατμοσφαιρική. Τότε, για δεδομένη θερμοκρασία, το σύστημα περιγράφεται από τη σύστασή του (περιεκτικότητα σε A) με τη βοήθεια τριγωνικών διαγραμμάτων. Οι βασικές έννοιες σχετικά με τα τριγωνικά διαγράμματα έχουν δοθεί στα πλαίσια της Φυσικοχημείας και δε θα γίνει αναλυτική παρουσίαση εδώ. Αξίζει να αναφέρουμε τα εξής, με αναφορά στο Σχήμα 1:



Σχ. 1 Τυπικό τριγωνικό διάγραμμα μείγματος A+B προς διαχωρισμό με διαλύτη S

1) Αν χρησιμοποιήσουμε καθαρό διαλύτη, η αρχική τροφοδοσία A+B αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο F, στην πλευρά AB και το τριαδικό μείγμα, ανάλογα με την ποσότητα διαλύτη που χρησιμοποιούμε, βρίσκεται στην ευθεία που ενώνει αυτό το σημείο με την κορυφή S που αντιστοιχεί σε καθαρό διαλύτη. Για να έχουμε διαχωρισμό πρέπει να βρισκόμαστε στη διφασική

περιοχή άρα, η ευθεία FS πρέπει να τέμνει την καμπύλη ισορροπίας του τριγωνικού διαγράμματος. Όπως φαίνεται και από το Σχ. 1, υπάρχει μια μέγιστη περιεκτικότητα σε A για την οποία μπορεί να συμβεί – στο σχήμα, το σημείο F βρίσκεται σε αυτή την περιεκτικότητα έτσι ώστε η ευθεία FS μόλις που εφάπτεται στην καμπύλη ισορροπίας. Η περιοχή συστάσεων BF ορίζει τη λεγόμενη *χωρητικότητα* (capacity) του διαλύτη, δηλαδή τις συστάσεις μείγματος A+B όπου μπορεί να επιφέρει διαχωρισμό.

2) Για κάθε ευθύγραμμο τμήμα στο τριγωνικό διάγραμμα, ισχύει ο γνωστός μας κανόνας του μοχλού. Για παράδειγμα, αναφορικά με το Σχ. 1, για το ευθύγραμμο τμήμα KLM, μπορούμε να γράψουμε:

$$\frac{\text{Ποσότητα } M}{\text{Ποσότητα } K} = \frac{KL}{LM} = \frac{x_L - x_K}{x_M - x_L}$$

Σημειωτέον ότι το τμήμα KLM στο Σχ. 1 βρίσκεται εξ ολοκλήρου στη μονοφασική περιοχή, αλλά ο κανόνας του μοχλού ισχύει γενικά, π.χ. κατά μήκος των γραμμών σύνδεσης που ορίζει δύο φάσεις σε ισορροπία, ως σημεία της καμπύλης ισορροπίας.

Κριτήρια επιλογής διαλύτη

1) Εκλεκτικότητα. Ο λόγος κατανομής

$$a_{A|B} = \frac{k_A}{k_B} = \frac{\frac{y_{Ee}}{x_R}|_A}{\frac{y_{Ee}}{x_R}|_B}$$

να είναι αρκετά διαφορετικός από τη μονάδα.

2) Υψηλή «χωρητικότητα», δηλ. ελάχιστη διαλυτότητα B/S.

3) Εύκολη ανάκτηση

4) Χημικά σταθερός, αδρανής

5) Χαμηλό κόστος

6) Χαμηλό ιξώδες

7) Χαμηλή τάση ατμών

8) Μη τοξικός

9) Μη αναφλέξιμος.

Τα περισσότερα κριτήρια είναι παρόμοια με αυτά για την επιλογή διαλύτη απορρόφησης και απορρέουν από οικονομοτεχνικές θεωρήσεις και λόγους ασφάλειας.