

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Ανάδευση και Ανάμειξη Ρευστών

Ανάδευση - Ανάμειξη

- * Με τον όρο ανάδευση (blending) στην βιομηχανία τροφίμων εννοούμε τον εξαναγκασμό ενός ρευστού να μετακινηθεί σε ένα δοχείο κυκλικά ή κατά κάποιο άλλο πρότυπο.
- * Με τον όρο ανάμειξη (mixing) εννοούμε τη διεργασία κατά την οποία παίρνουμε δύο ή περισσότερες χωριστές φάσεις υλικών και τις αναγκάζουμε να κατανεμηθούν ομοιόμορφα η μία μέσα στην άλλη παράγοντας ένα ομογενοποιημένο μίγμα.

Αιτίες ανάδευσης και ανάμειξης ρευστών

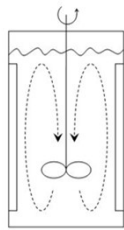
- * Παρασκευή μειγμάτων από δύο ή περισσότερα ρευστά
- * Την διάλυση στερεών μέσα σε υγρά
- * Την κατανομή ενός αερίου μέσα σε ένα υγρό
- * Την ομοιόμορφη κατανομή λεπτών στερεών τεμαχιδίων σε ένα υγρό.
- * Την ανάδευση του ρευστού για να αυξηθεί ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας.
- * Την ανάδευση στερεών μέσα σε υγρό για την αύξηση των ρυθμών μεταφοράς μάζας.

Εξοπλισμός ανάδευσης

- * Η ανάδευση γίνεται μέσα σε κυλινδρικά και μεταλλικά δοχεία που μπορεί να είναι ανοικτά ή κλειστά.
- * Ανάλογα με το είδος του εξοπλισμού που αναγκάζει το ρευστό σε ανάδευση διακρίνουμε:
 - * Αναδευτήρες προπέλας
 - * Αναδευτήρες με κατακόρυφα πτερύγια
 - * Αναδευτήρες τουρμπίνας
- * Οι αναδευτήρες παίρνουν κίνηση από ηλεκτρικό κινητήρα.

Αναδευτήρας προπέλας

- * Κλασικός αναδευτήρας (τύπου θαλάσσης). Μπορεί να είναι προσαρμοσμένος πλευρικά στην δεξαμενή ή δεμένος κατακόρυφα ή σε έκκεντρη θέση.
- * Οι ταχύτητες περιστροφής είναι 400 - 1750 rpm.
- * Το πρότυπο ροής του ρευστού στην περίπτωση αυτή είναι αξονικό (αξονική ή κατακόρυφη ροή) αφού εξαναγκάζεται να κινηθεί κατά μήκος του άξονα του αναδευτήρα.



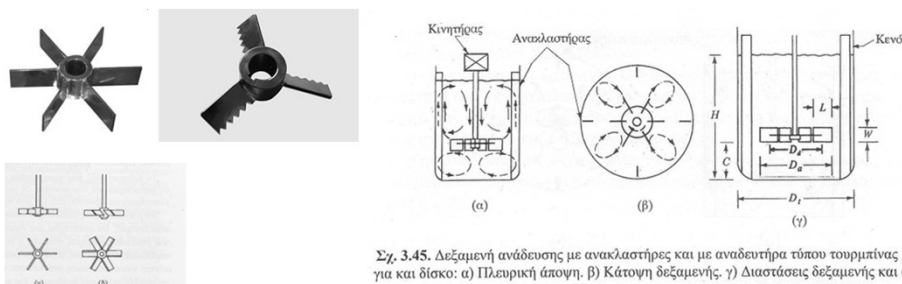
Αναδευτήρες κατακόρυφων πτερυγίων

- * Φέρουν 2 ή περισσότερα πτερύγια συγκεκριμένου μήκους.
- * Χρησιμοποιούνται σε χαμηλές ταχύτητες (20-200 rpm).
- * Σε χαμηλές ταχύτητες επιτυγχάνουν ήπια ανάδευση, ενώ για υψηλότερες ταχύτητες απαιτούνται δεξαμενές με ανακλαστές.
- * Δεν είναι αποτελεσματικός τύπος για ανάμειξη γιατί το πρότυπο της ροής του ρευστού είναι περισσότερο ακτινωτό (ακτινωτή ροή).
- * Σε παχύρευστα (και μη νευτώνεια) χρησιμοποιείται ο αναδευτήρας τύπου άγκυρας.



Αναδευτήρες τουρμπίνας

- Σαν τους αναδευτήρες πτερυγίων αλλά με περισσότερα και κοντότερα πτερύγια.
- Χρησιμοποιούνται σε ρευστά με μεγάλο φάσμα ιξώδους και σε υψηλές ταχύτητες.
- Κατάλληλοι για διασπορά αερίου μέσα στο ρευστό.
- Επιτυγχάνουν σε κάποιο βαθμό εκτός από ακτινωτή και αξονική ροή (αναδευτήρες τουρμπίνας με κεκλιμένα πτερύγια).



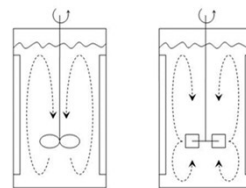
Σχ. 3.45. Δεξαμενή ανάδευσης με ανακλαστήρες και με αναδευτήρα τύπου τουρμπίνας με 6 για και δίσκο: α) Πλευρική άποψη, β) Κάτοψη δεξαμενής, γ) Διαστάσεις δεξαμενής και αναδ.

Επιλογή αναδευτήρα

<u>Περιοχή Ιξώδους</u>	<u>Τύπος Αναδευτήρα</u>
• 500-1000 Pa·s	• Ελικοειδείς ή με ελάσματα
• 50-500 Pa·s	• Τύπου άγκυρας
• < 100 Pa·s	• Αναδευτήρες τουρμπίνας
• < 3 Pa·s	• Αναδευτήρες με φτερωτή θαλάσσης

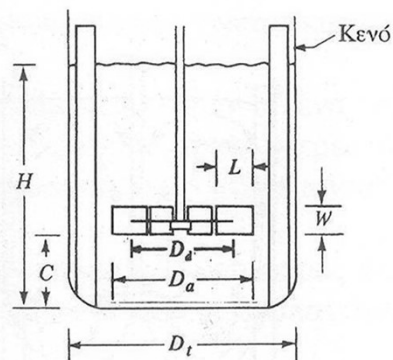
Πρότυπα ροής κατά την ανάδευση

- Το πρότυπο ροής του ρευστού εξαρτάται από:
 - Τα χαρακτηριστικά του ρευστού
 - Την γεωμετρία της δεξαμενής
 - Τον τύπο και τα χαρακτηριστικά του αναδευτήρα.
- Τα πρότυπα ροής που επιτυγχάνονται είναι κυρίως:
 - Αξονική (κατακόρυφη) ροή
 - Ακτινωτή ροή
 - Στροβιλώδης (τυρβώδης) ροή
- $Re = \rho \cdot N \cdot D^2 / \mu$, όπου
 - ρ η πυκνότητα, N η συχνότητα περιστροφής
 - D η διάμετρος του αναδευτήρα, μ το ιξώδες
- $Re < 10$ (ποτάμια), $Re > 10^4$ (τυρβώδης)



Τυπικές γεωμετρικές αναλογίες

- $Da/Dt = 0.3-0.5$
- $W/Da = 1/5$
- $H/Dt = 1/3$
- $Dd/Da = 2/3$
- $C/Dt = 1/3$
- $L/Da = 1/4$
- $J/Dt = 1/2$



Ανακλαστήρες δεξαμενών

- * Οι ανακλαστήρες είναι μεταλλικές λάμες οι οποίες τοποθετούνται κάθετα στις πλευρές των δεξαμενών ώστε να αναγκάζουν λεπτόρευστα υγρά σε ένα συγκεκριμένο πρότυπο ανάδευσης.
- * Ο αριθμός τους είναι 3-4 και οι διαστάσεις σχετικά σταθερές (1/10 για μετρικό σύστημα και 1/12 για αγγλοσαξονικό).
- * Ενίοτε έχουν τροποποιημένο σχήμα (πχ U).



Θεωρία ανάμιξης - ανάδευσης

- * Η διαδικασία της ανάμιξης μπορεί έως ένα βαθμό να μοντελοποιηθεί μαθηματικά με την χρήση εμπειρικών εξισώσεων:
- * Είδος ροής: $Q = Fl \cdot N \cdot D^3$
- * Απαιτούμενη ισχύς: $P = P_o \cdot \rho \cdot N^3 \cdot D^5$ (στροβιλώδης ροή)
 $P = K_p \cdot \mu \cdot N^2 \cdot D^3$ (ποτάμια ροή)
- * Χρόνος ανάδευσης για να επιτευχθεί το 95% της τελικής συγκέντρωσης:

$$\theta_{95} = \frac{5.40}{P_o^{\frac{1}{3}} N} \left(\frac{T}{D}\right)^2 \text{ (Turbulent regime)}$$

$$\theta_{95} = \frac{34596}{P_o^{\frac{1}{3}} N^2 D^2} \left(\frac{\mu}{\rho}\right) \left(\frac{T}{D}\right)^2 \text{ (Transitional region)}$$

$$\theta_{95} = \frac{896 \cdot 10^3 K_p^{-1.69}}{N} \text{ (Laminar regime)}$$

P_o = αδιάστατος αριθμός ισχύος

ρ = πυκνότητα

N = rps (rotations per second)

D = διάμετρος αναμίκτη

K_p = σταθερά ροής

μ = ιξώδες

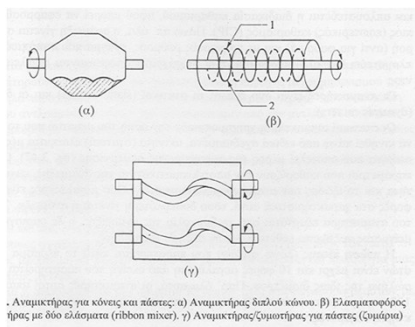
Fl = αριθμός από πίνακες ροής

Εξειδικευμένα συστήματα ανάδευσης

- * Σε κάποιες περιπτώσεις απαιτούνται ειδικά συστήματα ανάδευσης με εξαρτώμενες παραμέτρους.
 - * Αιωρήματα στερεών (π.χ. βιολογικούς αντιδραστήρες, αιωρήματα καταλυτών, γαλακτώματα εξαρτώμενα από τον χρόνο καθίζησης)
 - * Διαφορικοί χρόνοι ανάμειξης (προσομοίωση με χρήση ισοδύναμων ποσοτήτων οξέος και βάσης)
 - * Διασπορά αερίων και υγρών σε υγρά

Ανάμειξη κόνεων και παχύρευστων υλικών

- * Αναμικτήρες τύπου ανατροπέα (πχ διπλού κώνου)
- * Αναμικτήρες τύπου V ή κυλινδρικού τύπου
- * Στατικοί κύλινδροι (απλοί ή με πολλαπλούς εσωτερικούς αναδευτήρες)





ανατροπέας



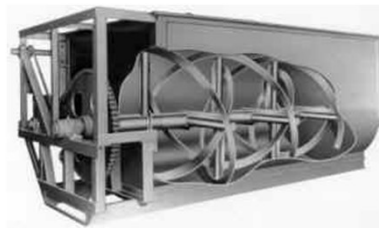
διαμητικός



επιλογής δοχείου



διπλού βραχίονα

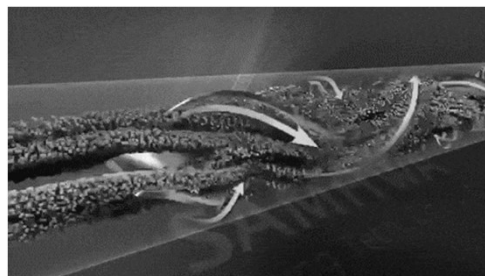
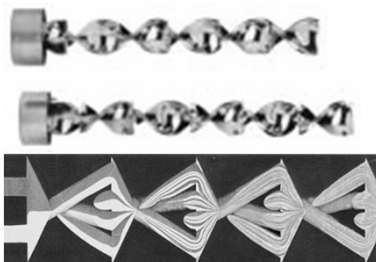


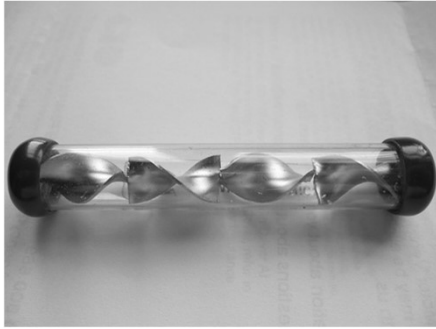
ελασματοφόρος

ΤΥΠΟΙ
ΑΝΑΔΕΥΤΗΡΩΝ
ΓΙΑ ΖΥΜΑΡΙΑ ΚΑΙ
ΠΑΣΤΕΣ

Αναμικτήρας συνεχούς ροής

- * Σε βιομηχανικές εφαρμογές όπου απαιτούνται μεγάλες δυναμικότητες και συνεχή ροή χρησιμοποιούνται αναμικτήρες συνεχούς ροής (στατικοί και δυναμικοί).
- * Με τους αναμικτήρες αυτούς: μειώνονται οι ανάγκες σε χώρο, μηδενίζεται ο παρακρατούμενος όγκος και απλουστεύεται η διαδικασία καθαρισμού (Clean-In-Place).





Στατικός αναμικτήρας συνεχούς ροής

Δυναμικός αναμικτήρας συνεχούς ροής

