

ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Εξάτμιση - Αφυδάτωση

Εξάτμιση

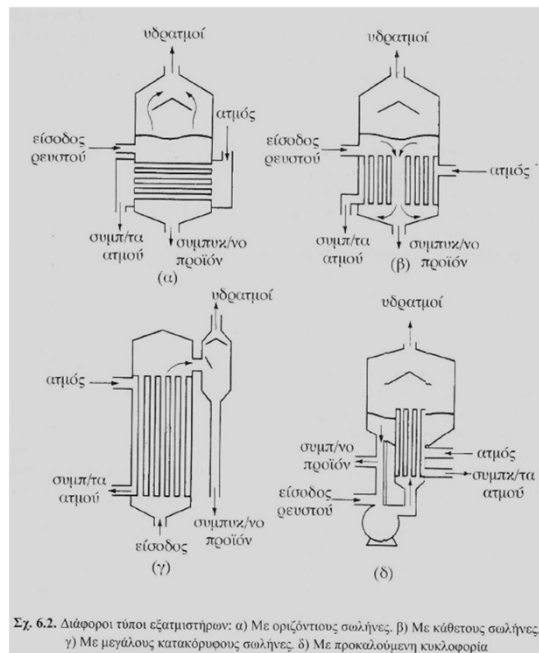
- Η διεργασία απομάκρυνσης νερού από διαλύματα με βρασμό (συμπύκνωση διαλυμάτων ζάχαρης, γάλακτος, χυμών κλπ)
- Σε κάποιες περιπτώσεις το νερό είναι το ζητούμενο προϊόν (παραγωγή πόσιμου νερού από το θαλασσινό ή παραγωγή αποσταγμένου νερού από το πόσιμο)
- Στις περισσότερες περιπτώσεις στόχος είναι η συμπύκνωση του διαλύματος για να ακολουθήσει ψύξη και κρυστάλλωση κάποιου υδατοδιαλυτού συστατικού.

Παράμετροι επεξεργασίας

- Η συγκέντρωση του ρευστού
 - Το ρευστό που τροφοδοτεί τον εξατμιστήρα είναι αραιό, χαμηλού ιξώδους ώστε να επιτυγχάνονται υψηλοί συντελεστές μεταφοράς θερμότητας
- Διαλυτότητα
 - Ενώσεις με χαμηλή διαλυτότητα (kg ουσίας/100Kg νερού) περιορίζουν την μέγιστη συγκέντρωση που μπορούμε να πετύχουμε με εξατμισμό.
- Θερμοκρασιακή ευαισθησία
 - Πολλά προϊόντα είναι θερμοευαίσθητα και καταστρέφονται σε υψηλές θερμοκρασίες (γάλα, χυμοί φρούτων κ.α.)
- Αφρισμός
 - Ρευστά τρόφιμα όπως το γάλα, ή διαλύματα λιπαρών οξέων αφρίζουν κατά την θέρμανση και παρασύρονται από το ρεύμα του ατμού του εξατμιστήρα
- Συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας
 - Δημιουργία κενού εντός του εξατμιστήρα ώστε να διατηρηθεί χαμηλή η θερμοκρασία βρασμού
- Στερεές αποθέσεις και υλικά κατασκευής
 - Διάφορα διαλύματα και τρόφιμα (π.χ. γάλα) αποθέτουν στερεά υπολείμματα πάνω στις θερμαίνουσες επιφάνειες με αποτέλεσμα την μείωση των συντελεστών μεταφοράς θερμότητα και την ανάγκη συνεχούς καθαρισμού του εξοπλισμού

Τύποι Εξατμιστήρων

- Ανοικτής δεξαμενής (pan evaporators)
 - Τύποι ανοικτού δοχείου που θερμαίνονται με διπλά τοιχώματα, με βυθισμένη σερπαντίνα ή κατευθείαν με θέρμανση με ή χωρίς ανάδευση
 - Φθινοί και εύκολοι στην χρήση αλλά με χαμηλή αποτελεσματικότητα και μεγάλες απώλειες θερμότητας
- Οριζόντιων ή κατακόρυφων σωλήνων με φυσική ή προκαλούμενης κυκλοφορίας
 - Υψηλότερης αποτελεσματικότητας
- Κατερχόμενου ή ανερχόμενου φιλμ
 - Αποτελεσματικότεροι σε εξαιρετικά ευαίσθητα ρευστά
- Ηλιακός εξατμιστήρας ανοικτού τύπου



Τρόποι λειτουργίας εξατμιστήρων

- Ενός σταδίου
- Περισσοτέρων σταδίων
 - Με ροή προς τα εμπρός
 - Με ροή προς τα πίσω
 - Παράλληλης ροής

Αφυδάτωση

- ✱ Η μείωση του ποσοστού υγρασίας
- ✱ Για τα τρόφιμα αποτελεί μια από τις πρώιμες μορφές συντήρησης και διατήρησης.
- ✱ Ο όρος «ξήρανση» αφορά κυρίως την φυσική αφυδάτωση και όχι αυτήν που επιτυγχάνεται με τεχνικά μέσα και κατάλληλο εξοπλισμό.

Πλεονεκτήματα αφυδάτωσης

- ✱ Μικροβιολογική και χημική σταθερότητα (μείωση a_w)
- ✱ Μείωση όγκου και βάρους
 - ✱ Ελάττωση κόστους μεταφοράς
- ✱ Ευκολία χρήσης από τον καταναλωτή (στιγμιαία διαλύματα, σούπες κλπ)
- ✱ Διατήρηση κύριων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Ενεργότητα νερού (a_w)

- * Η ενεργότητα ή δραστηριότητα ή ο συντελεστής ενεργότητας νερού ορίζεται από την σχέση: P/P_0 όπου: P η πίεση υδρατμών πάνω από το τρόφιμο και P_0 η πίεση υδρατμών πάνω από καθαρό νερό της ίδιας με το τρόφιμο θερμοκρασίας.
- * Η a_w λαμβάνει τιμές από 0-1 (χωρίς μονάδες)
- * Η a_w είναι εξαιρετικής σημασίας παράμετρος για την εκτίμηση της σταθερότητας και της διάρκειας ζωής του τροφίμου. Τρόφιμα με $a_w < 0,70$ είναι λιγότερο ευαίσθητα σε μικροβιακή αλλοίωση ενώ $< 0,60$ θεωρούνται μικροβιολογικά σταθερά.

Μετρητές a_w



Μειονεκτήματα αφυδάτωσης

- ✱ Τα τρόφιμα δεν είναι στείρα μικροοργανισμών
- ✱ Ο ρόλος της συσκευασίας, της προκατεργασίας και γενικά των συνθηκών αποθήκευσης είναι σημαντικός για την σταθερότητα των αφυδατωμένων τροφίμων
- ✱ Μείωση της διατροφικής αξίας (διατήρηση υδατανθράκων, διατροφικών ινών και ιχνοστοιχείων)
- ✱ Μεταβολές σε σημαντικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (πτητικές αρωματικές ενώσεις, κάποιες πρωτεΐνες)

Ψυχρομετρία

- ✱ Ψυχρομετρία λέγεται η μελέτη της συμπεριφοράς μειγμάτων αέρα και νερού.
- ✱ Ο ψυχρομετρικός χάρτης (ΨΧ) είναι ένα διάγραμμα υγρασίας ως συνάρτηση της θερμοκρασίας σε διάφορους βαθμούς κορεσμού.
- ✱ Ο ΨΧ χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των μεταβολών θερμοκρασιών και υγρασίας σε επεξεργασίες που περιλαμβάνουν πρόσληψη ή απώλεια υγρασίας από τον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου.

Θερμόμετρα υγρού & ψυχρού βολβού

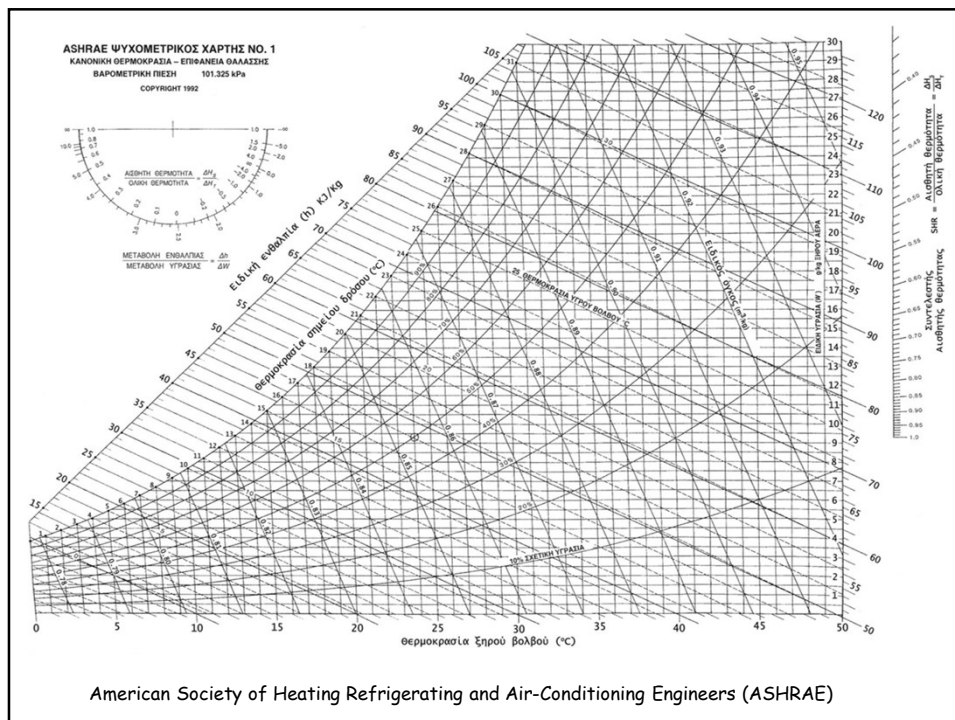
- ✱ Τα θερμόμετρα υγρού βολβού (υδραργύρου) μετρούν την θερμοκρασία σαν αποτέλεσμα της εξάτμισης του νερού από ένα νωπό ύφασμα που βρίσκεται τυλιγμένο στον αισθητήρα του θερμομέτρου.
- ✱ Τα ξηρού βολβού είναι τα γνωστά μας θερμόμετρα.

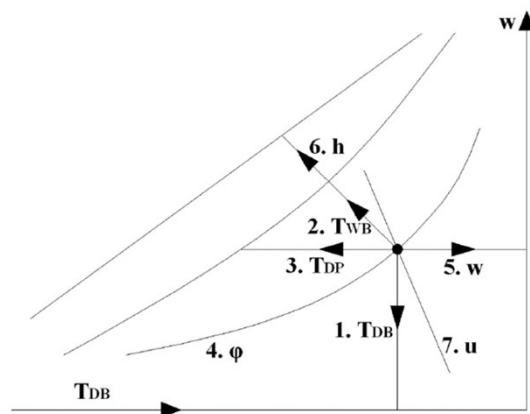


Χρήση ψυχομετρικού χάρτη

- Οι παράμετροι που μπορούν να εκτιμηθούν από τον ψυχομετρικό χάρτη είναι:
 - Υγρασία (Ειδική - $H\%$). Η μάζα νερού που περιέχεται ανά μονάδα μάζας του ξηρού αέρα στο μείγμα (g/Kg)
 - Σχετική υγρασία ($RH\%$). Ποσοστό κορεσμού του αέρα σε νερό στην δεδομένη θερμοκρασία.
 - Θερμοκρασία ξηρού βολβού
 - Θερμοκρασία υγρού βολβού
 - Θερμοκρασία συμπύκνωσης ή σημείο δρόσου (Dew point - Dp).

Σημείο δρόσου: Η θερμοκρασία στην οποία πρέπει να φθάσει ένα συγκεκριμένο μείγμα αέρα-νερού προκειμένου να αρχίσει η συμπύκνωση και εναπόθεση υδρατμών. Οι υδρατμοί θα συμπυκνωθούν σε επιφάνειες με θερμοκρασία ίδια ή μικρότερη από το σημείο δρόσου.

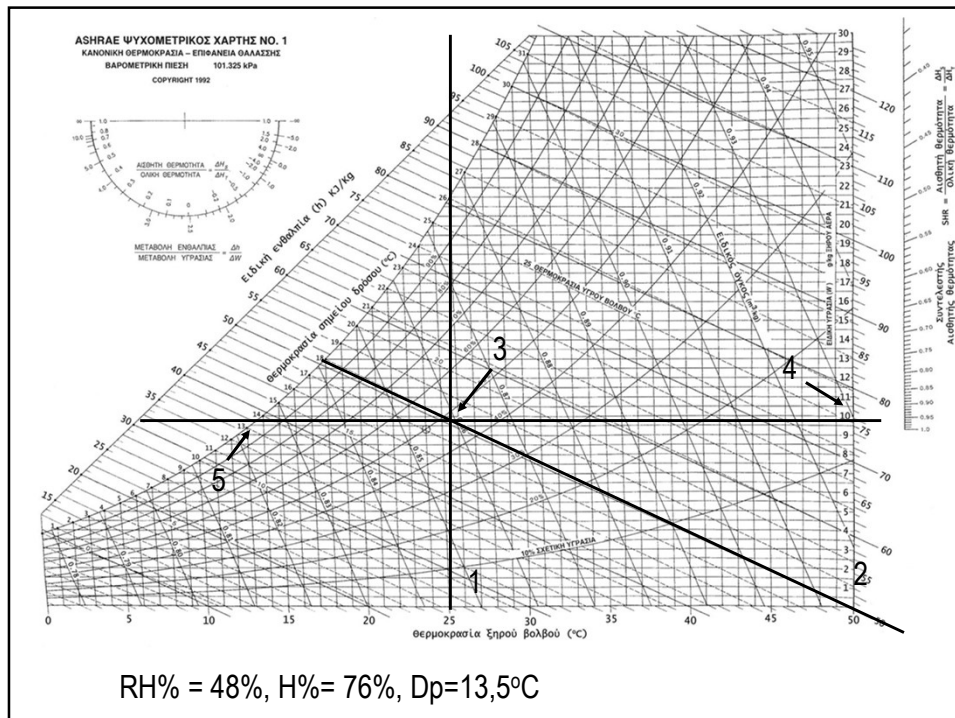




T_{DB} = Θερμοκρασία ξηρού βολβού
 T_{WB} = Θερμοκρασία υγρού βολβού
 T_{DP} = Σημείο δρόσου
 ϕ = Σχετική υγρασία (RH%)
 w = Ειδική υγρασία (g/Kg ξηρού αέρα)
 h = Ενθαλπία
 u = Ειδικός όγκος

Παράδειγμα

- ✱ Υπολογίστε την RH%, την H (g/Kg) και το σημείο δρόσου (Dp) όταν το ξηρό θερμόμετρο δείχνει 25° C και το υγρό 18° C.

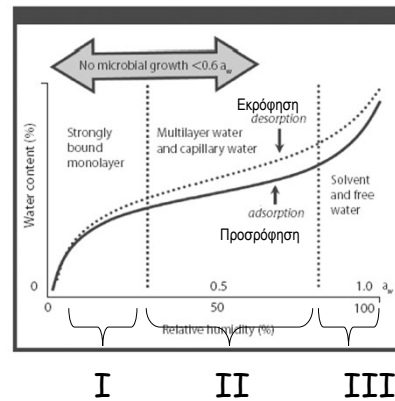


Υγρασία εξισορρόπησης

- Η υγρασία εξισορρόπησης είναι η τιμή της τελικής υγρασίας που θα λάβει το τρόφιμο εάν αυτό αφεθεί σε επαφή με τον αέρα ενός χώρου για αρκετό διάστημα.
- Η υγρασία εξισορρόπησης είναι σημαντική για την σταθερότητα και την συντήρηση του τροφίμου.
- Εξαρτάται από τις ψυχομετρικές παραμέτρους και επηρεάζει την ενεργότητα του νερού του τροφίμου (a_w)

Ισόθερμες καμπύλες ρόφησης νερού

Η διαγραμματική απεικόνιση της πορείας απώλειας (εκρόφησης) ή της πρόσληψης (προσρόφησης) υγρασίας από ένα τρόφιμο.



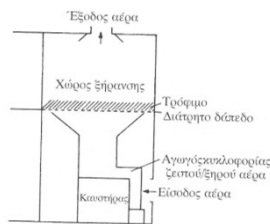
Ζώνες νερού τύπου I, II και III

Ξηραντήρια

- ✱ Ατμοσφαιρικά ξηραντήρια ασυνεχούς λειτουργίας
- ✱ Ξηραντήρια θερμού αέρα συνεχούς λειτουργίας
- ✱ Ξηραντήρια τυμπάνων
- ✱ Ξηραντήρια με ψεκασμό (spray driers)
- ✱ Προστασία από την αμαύρωση (ατμοί θείου ή εμβάπτιση σε θειούχο διάλυμα)

Ατμοσφαιρικά ξηραντήρια ασυνεχούς λειτουργίας

- ✱ Για μικρές, εποχιακές ανάγκες (μήλα ή άλλα γεωργικά προϊόντα)
- ✱ Μεγάλοι χρόνοι αφυδάτωσης και εξισσορόπησης υγρασίας

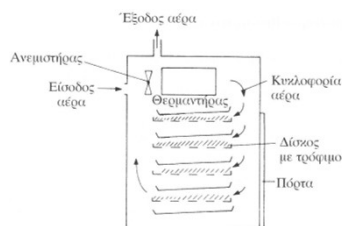


Σχ. 7.24. Σχηματική παράσταση "σοφρώνου" ξήρανσης (Kiln drier)

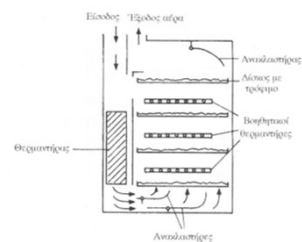


Ξηραντήρες δίσκων

- ✱ Ατμοσφαιρικά ξηραντήρια ασυνεχούς λειτουργίας με και χωρίς βοηθητικούς θερμαντήρες για μικρές εφαρμογές



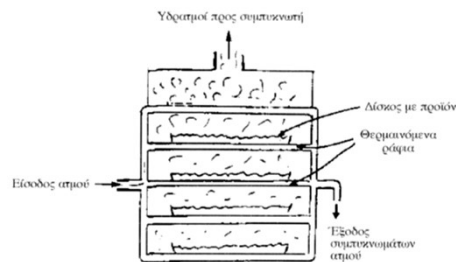
Σχ. 7.25. Σχηματική παράσταση αετού ξηραντήριου με δίσκους



Σχ. 7.26. Σχηματική παράσταση ξηραντήριου δίσκων με βοηθητικούς θερμαντήρες

Έμμεσης Θέρμανσης υπό κενό

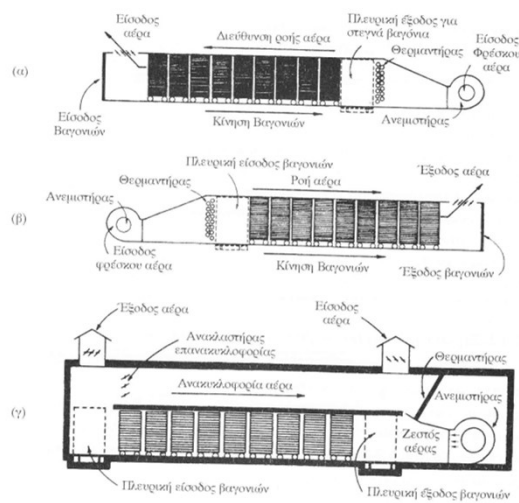
- Έμμεση θέρμανση με ατμό ή ζεστό νερό που κυκλοφορεί στα κούφια ράφια που στηρίζονται οι δίσκοι με τα τρόφιμα. Μπορεί να εφαρμοστεί κενό για βελτίωση της διαδικασίας



Σχ. 7.27. Σχηματική παράσταση ξηραντηρίου έμμεσης θέρμανσης που λειτουργεί υπό κενό

Θερμού αέρα συνεχούς λειτουργίας

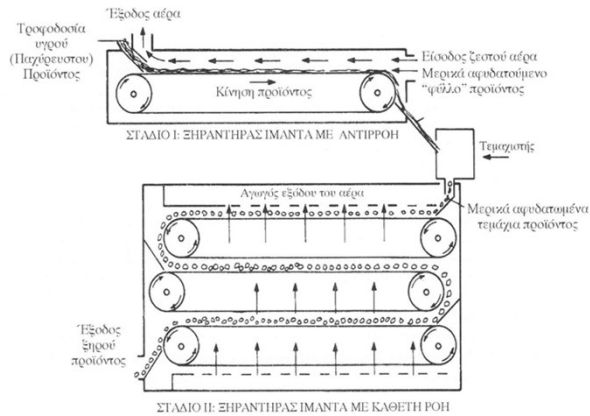
- Έχουν την μορφή τούνελ για έλεγχο και μεγαλύτερη παραγωγή.
- Διακρίνονται ανάλογα με την ροή του προϊόντος σε σχέση με την ροή του αέρα



Σχ. 7.28. Τούνελ ξήρανσης με αέρα: α) Αντίρροφη προϊόντος-αέρα, β) Ομορροή, γ) Αντίρροφη με επανακυκλοφορία αέρα

Ξηραντήρια ιμάντα

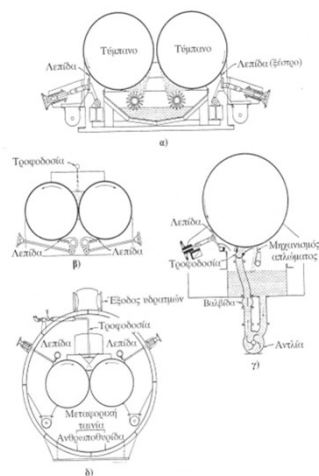
- Για παραγωγή προϊόντων «σνάκ»
- Περιλαμβάνει 2 στάδια.
 - Μερικής αφυδάτωσης
 - Τεμαχισμού
 - Τελικής αφυδάτωσης



Σχ. 7.30. Σχηματική παράσταση διατάξεως ξηραντηρίου ιμάντα για παραγωγή "σνάκ"

Διατάξεις τυμπάνων ξήρανσης

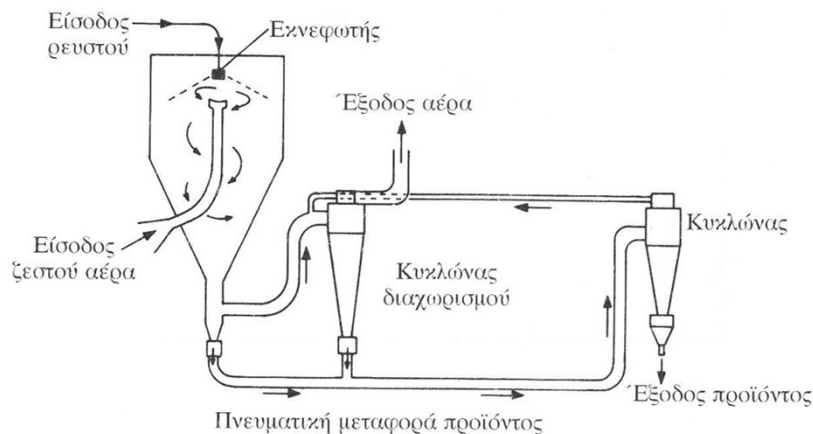
- Κούφια μεταλλικά κυλινδρικά τύμπανα που θερμαίνονται στο εσωτερικό τους.
- Το εξωτερικό τους καλύπτεται από το προϊόν είτε με εμβάπτιση είτε με ψεκασμό
- Πλεονεκτούν στο ότι χρησιμοποιούν ένα «φίλμ» προϊόντος με μεγαλύτερη επιφάνεια ανταλλαγής θερμότητας
- Ρυθμοί αφυδάτωσης έως 250 Kg/hm²



Σχ. 7.36. Σχηματικές διατάξεις τυμπάνων ξήρανσης: α) Ξηραντήριο δύο τυμπάνων, β) Ξηραντήριο "βόλβου" τυμπάνων, γ) Ξηραντήριο ενός τυμπάνου, δ) Ξηραντήριο "βόλβου" τυμπάνων από κενό

Ξηραντήρια με ψεκασμό (εκνέφωση - spray driers)

- Από τις σημαντικότερες μεθόδους ξήρανσης με τις περισσότερες εφαρμογές (γάλα σκόνη, παιδικές τροφές, καφές, αυγά, χυμούς φρούτων και λαχανικών, σούπες σε σκόνη, άμυλο κ.α.)
- Στάδια
 - Εκνέφωση μέσα σε θάλαμο όπου έρχεται σε επαφή με ρεύμα θερμού αέρα με αποτέλεσμα την ακαριαία αφυδάτωση (χρόνος 3-10 sec)
 - Τα ξηρά αιωρούμενα σωματίδια διαχωρίζονται από τον αέρα που τα παρασύρει
 - Συλλογή και συσκευασία αφυδατωμένου προϊόντος ή παραπέρα επεξεργασία
- Διακρίνονται για την μεγάλη κατασκευαστική λεπτομέρεια, τα περίπλοκα φαινόμενα και τη λεπτή ισορροπία
- Σημαντικά χαρακτηριστικά είναι το ιζώδες του ρευστού, η επιφανειακή τάση, η χημική σύσταση, οι θερμοκρασίες, το μέγεθος των ψεκάδων, η ροή (αντιρροή, ομορροή, μικτό) και η ταχύτητα του αέρα κ.α.



Σχ. 7.38. Σχηματική παράσταση τυπικής διάταξης αφυδάτωσης με ψεκασμό



Άσκηση

- ✱ Υπολογίστε την RH%, την H% και το σημείο δρόσου (Dp) όταν το ξηρό θερμόμετρο δείχνει 30° C και το υγρό 21° C.