



ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ Ι & ΙΙ

Εργαστηριακή Άσκηση 7: ΞΗΡΑΝΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΨΥΞΗ

Σκοπός

Μελέτη της διεργασίας της ξήρανσης δια καταψύξεως.

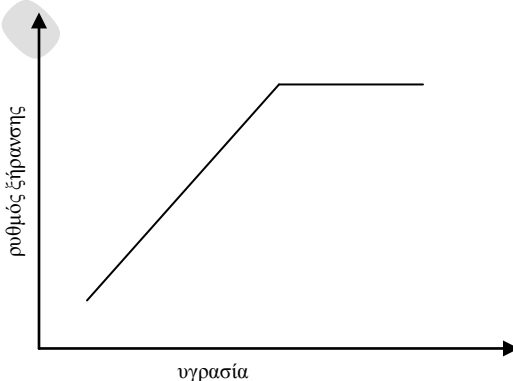
Θεωρητικό μέρος

Ως Ξήρανση (drying) ή αφυδάτωση (dehydration) ορίζεται η διεργασία απομάκρυνσης (με εξάτμιση ή εξάχνωση) ενός πτητικού υγρού (κυρίως ύδατος) από στερεά σώματα (κυρίως τρόφιμα) και η οποία πραγματοποιείται με μετάδοση θερμότητας στο στερεό σώμα (διεργασία ταυτόχρονης μεταφοράς μάζας και θερμότητας). Εξ' ορισμού απορρίπτονται άλλες διεργασίες απομάκρυνσης πτητικού υγρού από στερεά σώματα όπως είναι οι μηχανικοί διαχωρισμοί, η εξάτμιση, το ψήσιμο κλπ.

Ο ρυθμός απομάκρυνσης της πτητικής ουσίας από το στερεό (ρυθμός ξήρανσης) επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι μπορούν να ομαδοποιηθούν ως εξής:

- παράγοντες που συνδέονται με τις συνθήκες ξήρανσης
- παράγοντες που συνδέονται με τη φύση του στερεού
- παράγοντες που συνδέονται με το σχεδιασμό της συσκευής ξήρανσης (ξηραντήρας)

Στο σχήμα που ακολουθεί παρουσιάζεται μία τυπική καμπύλη ρυθμού ξήρανσης (ρυθμός απομάκρυνσης ύδατος) ενός τροφίμου ως προς τη περιεχόμενη υγρασία του.

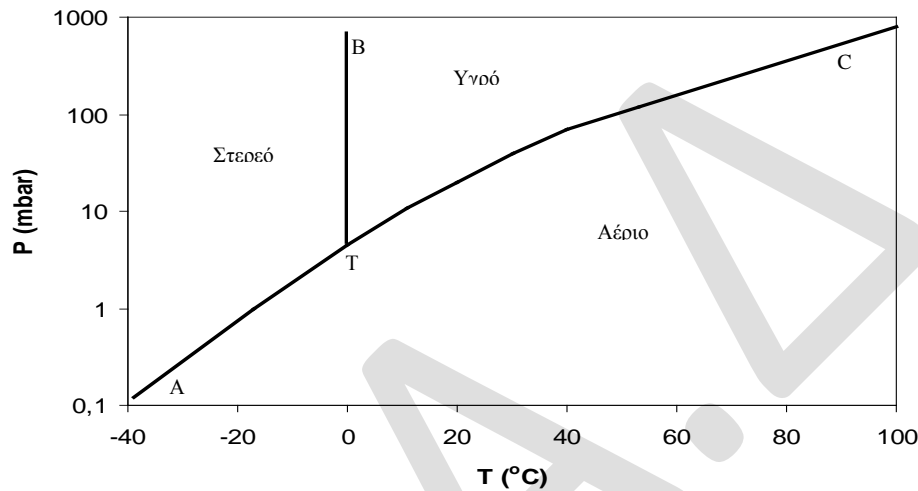


Σχήμα 1. Τυπική καμπύλη ρυθμού ξήρανσης τροφίμου

Η ξήρανση δια καταψύξεως (freeze drying) αποτελεί διεργασία ξήρανσης ενός κατεψυγμένου προϊόντος μέσω εξάχνωσης του πάγου. Κατά τη συγκεκριμένη διεργασία λαμβάνουν χώρα δύο φαινόμενα:

- μεταφορά υδρατμού από την επιφάνεια του πάγου ή από το εσωτερικό του προς ξήρανση υλικού στο εξωτερικό περιβάλλον
- μεταφορά θερμότητας από το εξωτερικό περιβάλλον στην επιφάνεια του πάγου.

Από θερμοδυναμική άποψη η εξάχνωση του πάγου βασίζεται στο διάγραμμα φάσεων του ύδατος.



Σχήμα 2. Διάγραμμα φάσεων ύδατος

Σύμφωνα με το παραπάνω διάγραμμα εξάχνωση πραγματοποιείται όταν περνάμε από τη στερεά φάση κατευθείαν στην αέρια φάση (καμπύλη εξάχνωσης TA). Για να επιτύχουμε λοιπόν εξάχνωση από μία στερεά κατάσταση θα πρέπει να επικρατούν συνθήκες ξήρανσης (πίεση και θερμοκρασία) τέτοιες ώστε να είμαστε χαμηλότερα του τριπλού σημείου (T) του ύδατος (0°C, 6,11mbar). Στη πράξη η επικρατούσα πίεση κατά τη διάρκεια της ξήρανσης με κατάψυξη βρίσκεται συνήθως μεταξύ 0,25 και 0,65 mbar.

Η διεργασία της ξήρανσης με κατάψυξη διακρίνεται σε δύο στάδια:

- Το πρώτο στάδιο αφορά τη κατάψυξη του προς ξήρανση στερεού με σκοπό το σχηματισμό όλου του περιεχόμενου ύδατος σε μορφή πάγου. Σημειώνεται ότι ο τρόπος κατάψυξης επηρεάζει το τελικό προϊόν (π.χ. μικροί ή μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου).
- Το δεύτερο στάδιο αφορά τη ξήρανση του κατεψυγμένου προϊόντος με σκοπό τη μετάδοση θερμότητας στο πάγο υπό κατάλληλες συνθήκες πίεσης για να επιτύχουμε εξάχνωση.

Πειραματικό μέρος

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από

- συσκευή ξήρανσης με κατάψυξη (Freeze Drying Plant GT2 της Leybold – Heraeus) η οποία περιλαμβάνει:
 - Θάλαμο τοποθέτησης δειγμάτων στον οποίο πραγματοποιείται η ξήρανση υπό συνθήκες χαμηλής πίεσης κενού.
 - Συμπυκνωτήρα με ψυκτικό κύκλωμα για τη συμπύκνωση και κατάψυξη των υδρατμών, που προέρχονται από τη ξήρανση των δειγμάτων.
 - Θερμαινόμενες πλάκες με αντιστάσεις για τη θέρμανση των προς ξήρανση δειγμάτων.

- Βαλβίδες εξαερισμού του θαλάμου ξήρανσης
- Βαλβίδα επικοινωνίας θαλάμου ξήρανσης με το χώρο του ψυκτικού κυκλώματος
- αντλία λαδιού (Edwards της Trivac) για τη δημιουργία κενού στο θάλαμο ξήρανσης
- θερμοστοιχείο κατάλληλα συνδεδεμένο με καταγραφικό θερμοκρασίας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του δείγματος κατά τη διάρκεια της ξήρανσης.

Η εκτέλεση του πειράματος πραγματοποιείται ως εξής:

1. Απομακρύνουμε τυχόν υπόλειμμα νερού από τους σωλήνες της συσκευής.
2. Ανοίγουμε την επικοινωνία του θαλάμου ξήρανσης με το χώρο (κατά)ψυξης.
3. Θέτουμε σε λειτουργία τη ψυκτική μηχανή της συσκευής για τη πρόψυξη του συμπυκνωτήρα ατμών.
4. Τοποθετούμε τα προς ξήρανση δείγματα εντός του θαλάμου ξήρανσης.
5. Συνδέουμε το υπάρχον θερμοστοιχείο με ένα από τα δείγματα.
6. Έχοντας τοποθετήσει το κάλυμμα του θαλάμου ξήρανσης και αφού βεβαιωθούμε ότι οι βαλβίδες εξαερισμού είναι κλειστές ξεκινάμε τη διεργασία της ξήρανσης και θέτουμε άμεσα σε λειτουργία την αντλία κενού.
7. Ο χρόνος ξήρανσης αρχίζει να μετράει από τη στιγμή που η πίεση στο θάλαμο ξήρανσης γίνει μικρότερη του 1 Torr (1,33 mbar).
8. Στα χρονικά διαστήματα που υποδεικνύονται κατά την εκτέλεση της άσκησης:
 - ✓ καταγράφεται η θερμοκρασία του δείγματος
 - ✓ διακόπτεται το κενό (διακοπή λειτουργίας αντλίας και προσεκτικό άνοιγμα των βαλβίδων εξαερισμού) στο θάλαμο ξήρανσης
 - ✓ καταγράφεται το βάρος (μάζα) ενός εκ των προς ξήρανση δειγμάτων.
9. Επαναλαμβάνονται τα βήματα 6 – 8 έως ότου ολοκληρωθεί ο χρόνος εκτέλεσης του πειράματος.

Ζητούμενα

1. Μεθοδολογικό διάγραμμα ροής κι οργάνων.
2. Το διάγραμμα της θερμοκρασίας του δείγματος ως προς το χρόνο ξήρανσης.
3. Το διάγραμμα της υγρασίας (σε ξηρή βάση) του δείγματος ως προς το χρόνο ξήρανσης.
4. Το διάγραμμα του ρυθμού ξήρανσης του δείγματος ως προς τη υγρασία (σε ξηρή βάση) του δείγματος.
5. Ο προσδιορισμός του σημείου κρίσιμης περιεκτικότητας υγρασίας του δείγματος.
6. Ο προσδιορισμός της εμπειρικής σταθεράς ξήρανσης για τη περίοδο του ελαττούμενου ρυθμού ξήρανσης.

Βιβλιογραφία

1. McCabe W.L., Smith J.C. and Harriott P., *Βασικές Φυσικές Διεργασίες Μηχανικής*, 6^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα, 2003.
2. Fellows, P.J., *Food Processing Technology - Principles and Practice*, 2nd ed., Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2000.
3. Perry R.H. and Green D.W., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th ed., McGraw-Hill, 1997.
4. Σαραβάκος Γ.Δ., *Τεχνική Θερμικών Διεργασιών*, Β' έκδοση, έκδοση ΕΜΠ, 1990.