



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΝΕΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Μέλη ΔΕΠ:

Δ. Μαρίνος-Κουρής
Ζ. Μαρούλης
Γ. Ζιώμας
Μ. Κροκίδα



Επιστημονικό προσωπικό:

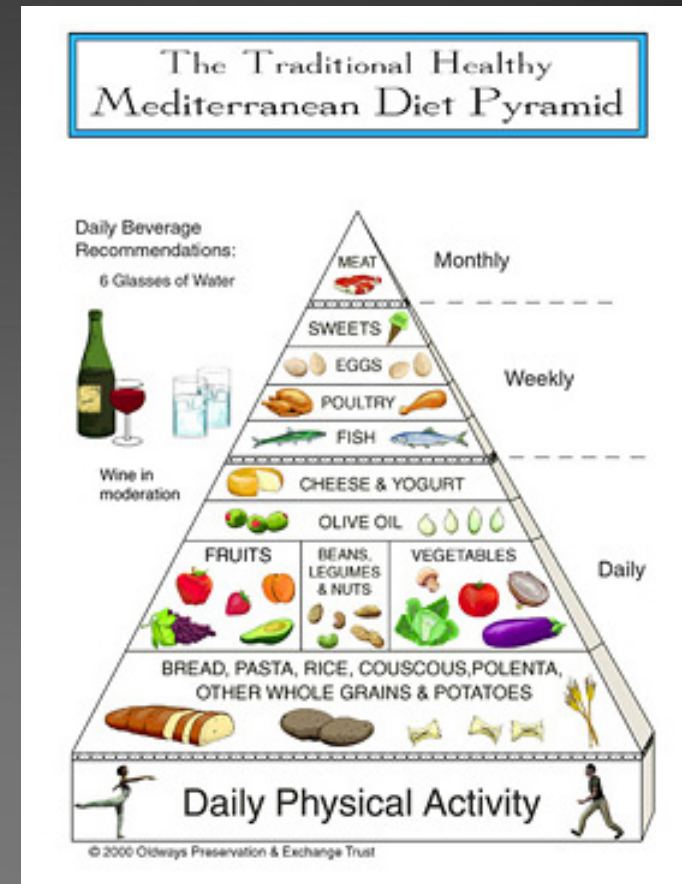
Ν. Παναγιώτου
Χ. Μπουκουβάλας
Π. Μιχαηλίδης

Υποψήφιοι Διδάκτορες:

Π. Ελένη
Κ. Καββαδίας
Ι. Κατσαβού
Α. Λάζου
Σ. Ντεμίρη

Εισαγωγή

- Ανάπτυξη νέων προϊόντων (Duranti, M., 2006):
 - Αυξημένης διατροφικής αξίας.
 - Με αποδεκτές θερμοφυσικές και δομικές ιδιότητες.
- Στροφή προς μεσογειακή διατροφή .
- Όσπρια
 - Πλούσια σε πρωτεΐνες.
 - Βασικό συστατικό μεσογειακής διατροφής.
- Όσπρια και δημητριακά διατροφικά συμπληρωματικά.



Πυραμίδα μεσογειακής διατροφής

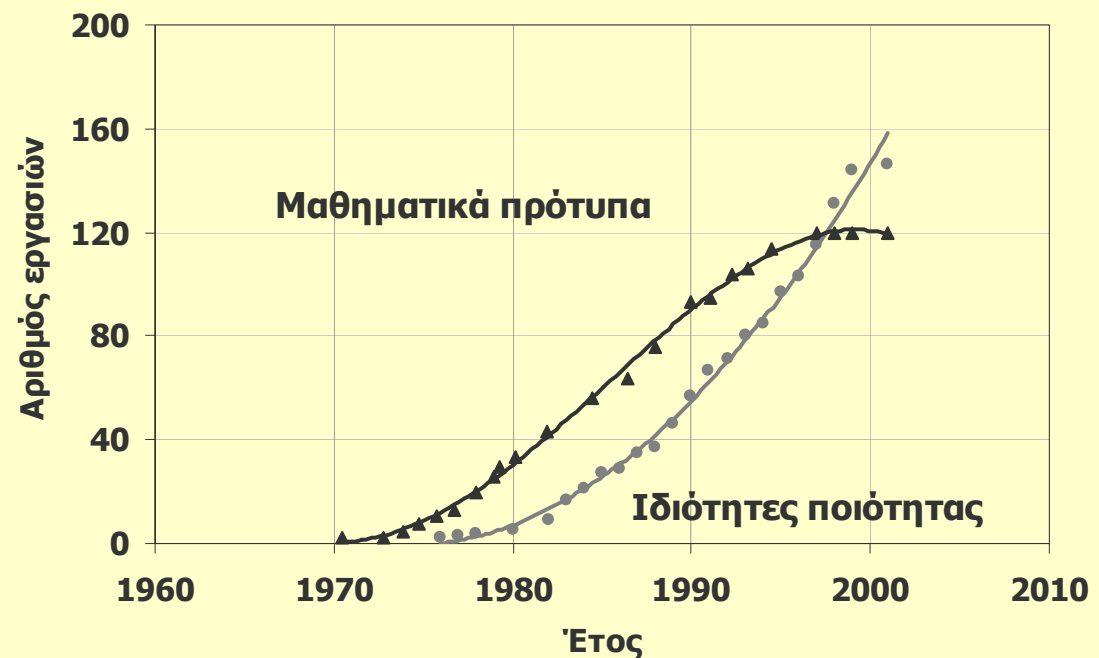
Αντικείμενο & Στόχοι

- Δεκαετίες 1960-70:
 - Προσδιορισμός
 - Συντελεστών μεταφοράς θερμότητας & μάζας
 - Κατανομών ορμής, θερμοκρασίας, συγκέντρωσης κλπ.
 - Ανάπτυξη μοντέλων πρόβλεψης φαινομένων μεταφοράς.



Προβλήματα λόγω πολυσυστατικής φύσης τροφίμου

- Σήμερα:
 - Μέτρηση ιδιοτήτων τροφίμων, καθορισμένες λειτουργικές και σύσταση.
 - Μεγάλος αριθμός πειραματικών δεδομένων & οργάνωση σε μοντέλα δεδομένων.
 - Ανάπτυξη μαθηματικών προτύπων που συνδέει τις ιδιοτήτες & των λειτουργικών συνθηκών



Ιδιότητες & Διεργασίες

Τεχνικές Ιδιότητες

- ✓ Σχεδιασμός
- ✓ Λειτουργία
- ✓ Ρύθμιση

Ιδιότητες Ποιότητας

- ✓ Ανάπτυξη Νέων Προϊόντων
- ✓ Βελτιστοποίηση Υφισταμένων

Διεργασίες

Συνθήκες

Επιθυμητό Προϊόν

Ιδιότητες & Διεργασίες

- **Τεχνικές Ιδιότητες**
 - Συντελεστής Διάχυσης
 - Θερμική Αγωγιμότητα
 - Συντελεστές Μεταφοράς Θερμότητας και Μάζας
 - Ισορροπίας
- **Ιδιότητες Ποιότητας**
 - Δομικές (πυκνότητα, πορώδες)
 - Μηχανικές (συμπίεση, εφελκυσμός, χαλάρωση)
 - Χρώμα



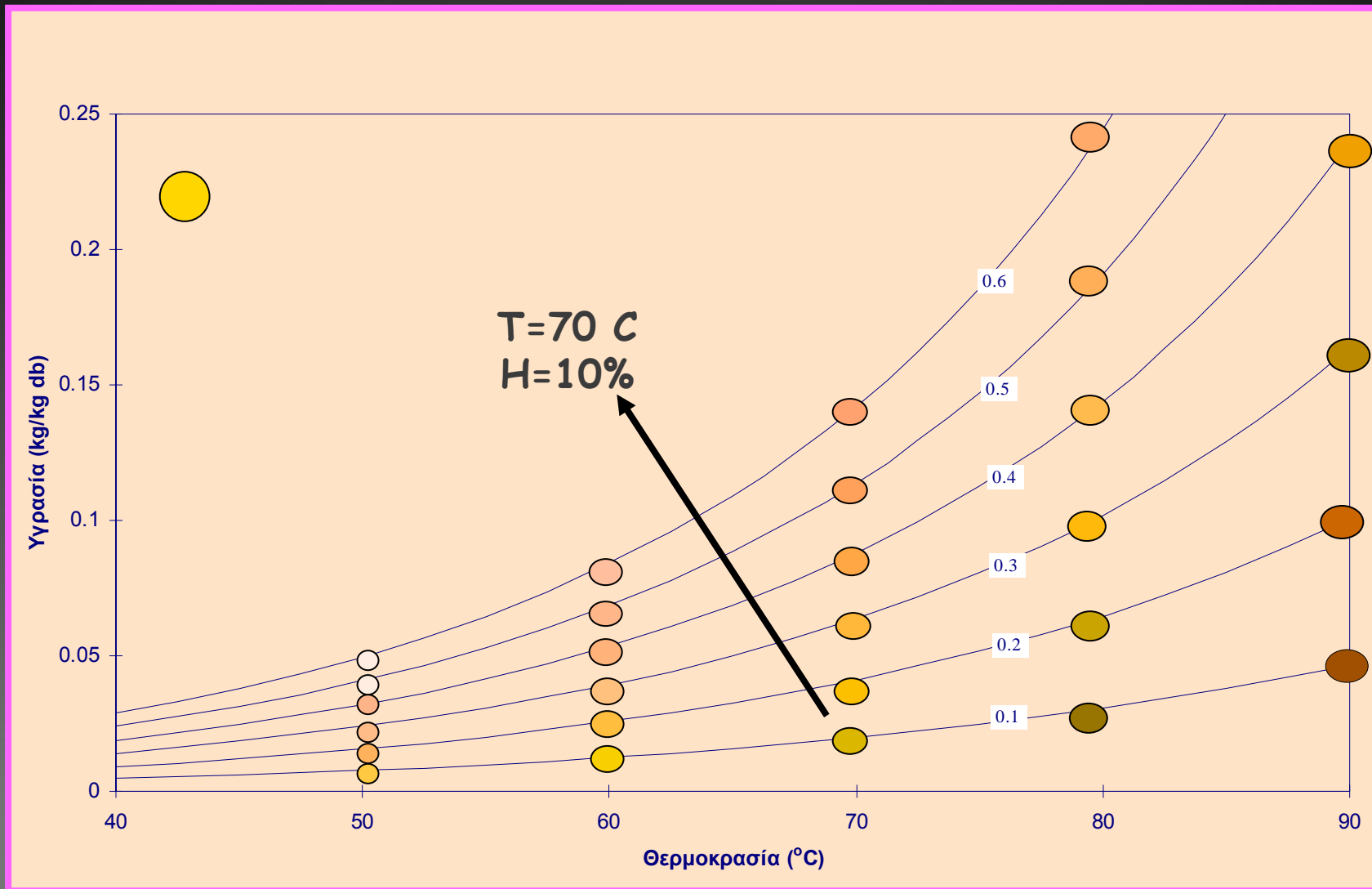
6. Θερμιδομετρικές Μετρήσεις

Εργαστήριο Φυσικών Διεργασιών

1. Συσσκευή αφυδάτωσης σε ελαιώδες περιεχόμενο εργαστηριακής κλίμακας
2. Συσσκευή εκβολής ημιβιομηχανικής κλίμακας



Οπτικές Ιδιότητες Αφυατωμένων Τροφίμων



Μαθηματικά Πρότυπα Ιδιοτήτων

Προτεινόμενο πρότυπο Πυκνότητας

Διφασικά συστήματα (Ξήρανση)

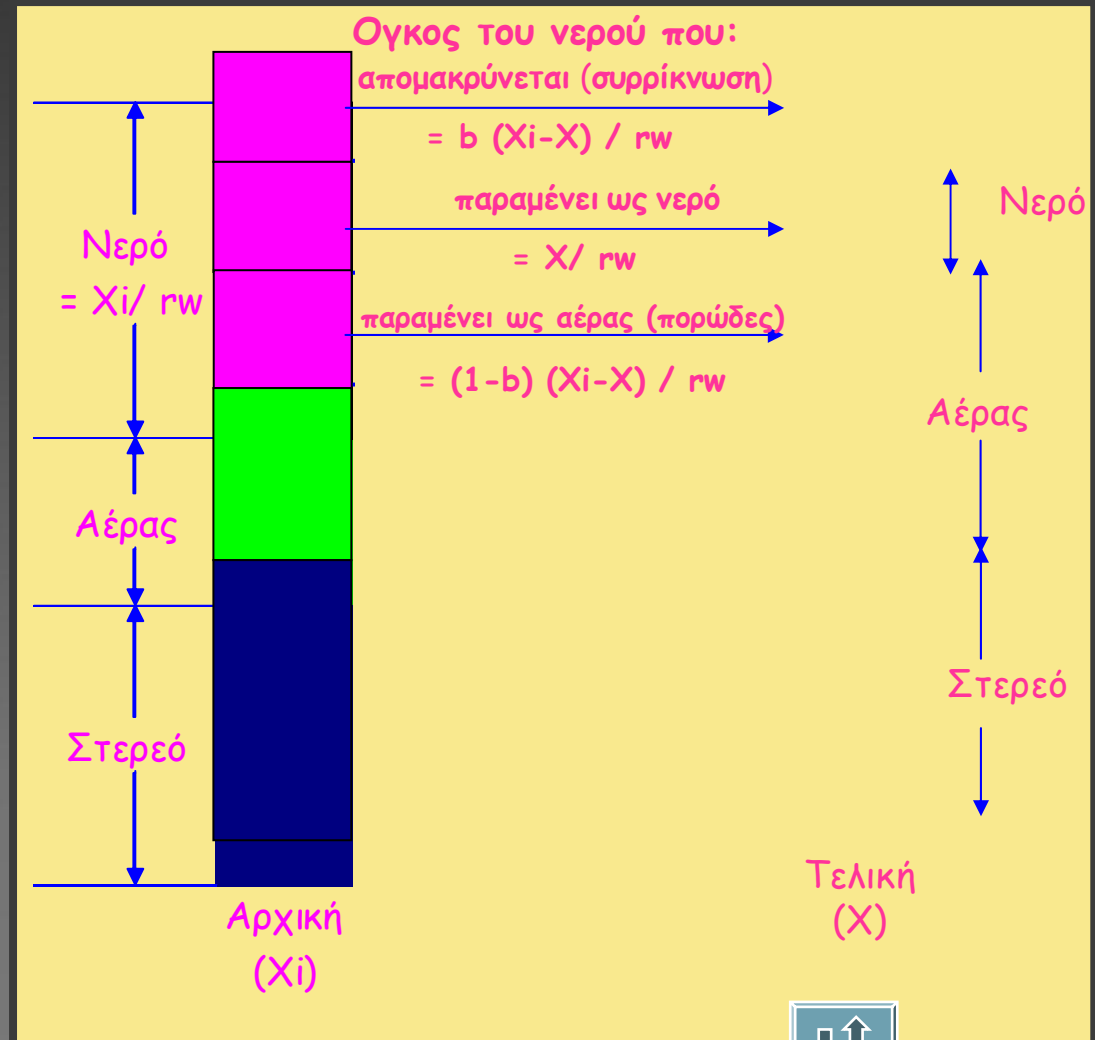
$$\rho_p = \frac{(1+X)}{\frac{1}{\rho_s} + \frac{X}{\rho_w}} \quad \rho_b = \frac{(1+X)}{\frac{1+X_i}{\rho_{bi}} + \beta \frac{X}{\rho_w}} \quad \varepsilon = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}$$

Τριφασικά συστήματα (Τηγάνισμα, ωσμωτική αφυδάτωση)

$$\rho_p = \frac{(1+X+Y)}{\frac{1}{\rho_s} + \frac{X}{\rho_w} + \frac{Y}{\rho_L}} \quad \rho_b = \frac{(1+X+Y)}{\frac{1}{\rho_{bo}} + \beta \left(\frac{X}{\rho_w} + \frac{Y}{\rho_L} \right)}$$

Παράμετροι

- ✓ ρ_w Πυκνότητα Δεσμευμένου Νερού
- ✓ ρ_L Πυκνότητα Λαδιού
- ✓ ρ_s Πυκνότητα Ξηρού Στερεού
- ✓ ρ_{bi} Φαινόμενη Πυκνότητα
- ✓ β' Συντελεστής Συρρίκνωσης



Μαθηματικά Πρότυπα Ιδιοτήτων

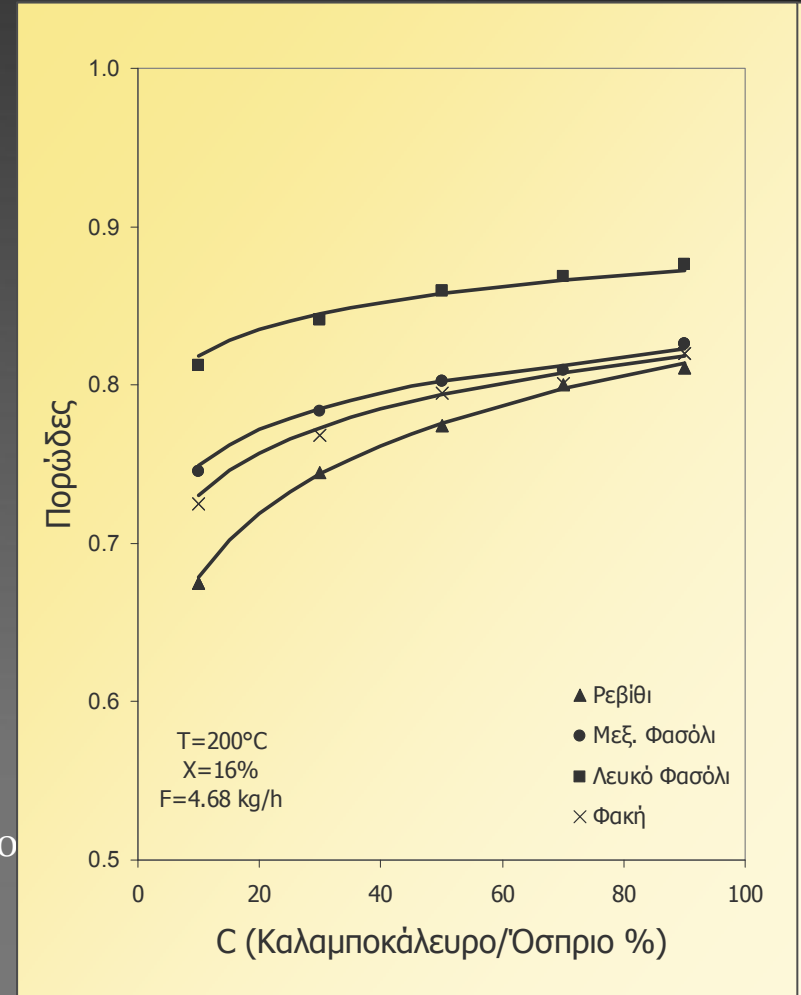
Προτεινόμενο Μαθηματικό Πρότυπο Πορώδους Τροφίμων Εκβολής

$$\tau = \frac{(1 - e_f) \cdot \rho_t \cdot V}{F}$$

$$e_f = 0.707 \cdot \left(\frac{N}{200}\right)^{0.141} \cdot \left(\frac{F}{0.001}\right)^{-0.192} \cdot \left(\frac{T}{200}\right)^{-0.142} \cdot \left(\frac{X}{0.100}\right)^{-0.069}$$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \cdot \left(\frac{T}{T_r}\right)^{n_T} \cdot \left(\frac{T}{T_r}\right)^{n_T} \cdot \left(\frac{X}{X_r}\right)^{n_X} \cdot \left(\frac{C}{C_r}\right)^{n_C} \cdot \left(\frac{N}{N_r}\right)^{n_N}$$

- ✓ ε , πορώδες τροφίμου εκβολής
- ✓ T , θερμοκρασία εκβολής (°C)
- ✓ τ , μέσος χρόνος παραμονής (s)
- ✓ N , ταχύτητα περιστροφής κοχλιών (rpm)
- ✓ F , παροχή υλικού τροφοδοσίας (kg/s)
- ✓ X , υγρασία τροφοδοσίας (kg/100kg wb)
- ✓ C , αναλογία υλικών (kg καλαμποκάλευρου/kg οσπρίο)
- ✓ T_r, T_r, X_r, C_r και N_r τιμές στις συνθήκες αναφοράς
- ✓ ε_0 σταθερά, πορώδες συνθηκών αναφοράς
- ✓ ρ_t πραγματική πυκνότητα υλικού (kg/m³)
- ✓ V , ελευθερος όγκος εκβολέα (m³)
- ✓ e_f κενό κλάσμα εκβολέα



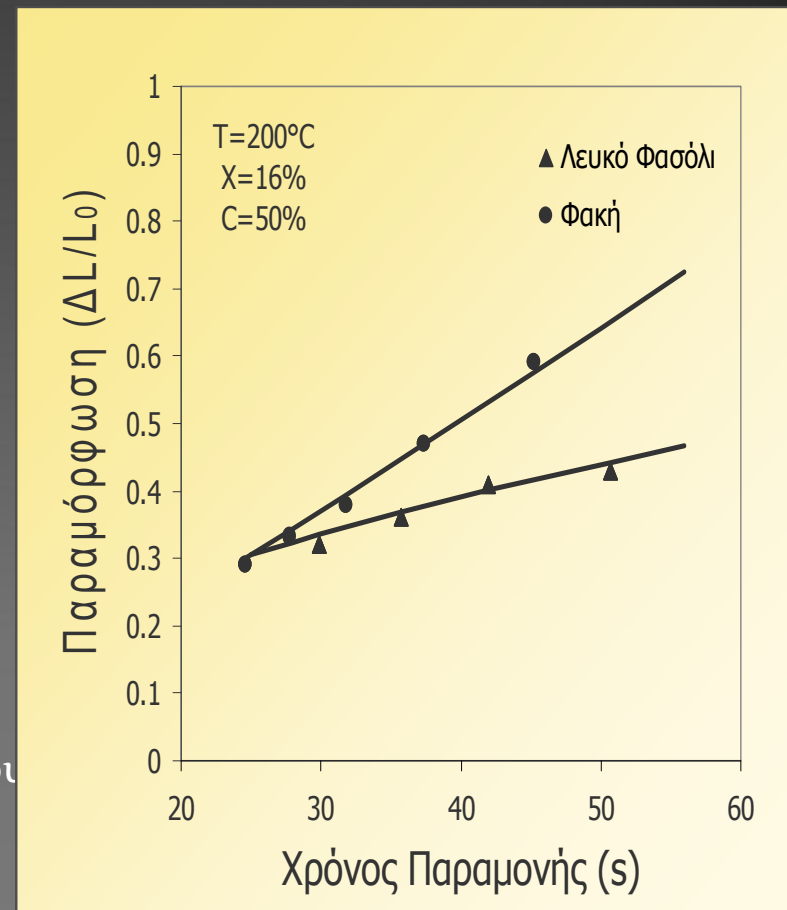
Μαθηματικά Πρότυπα Ιδιοτήτων

Προτεινόμενο Μαθηματικό Πρότυπο Υφής Τροφίμων Εκβολής

$$\sigma_B = \sigma_{B,0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{n_T} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{n_T} \cdot \left(\frac{X}{X_0}\right)^{n_X} \cdot \left(\frac{C}{C_0}\right)^{n_C} \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)^{n_N}$$

$$\varepsilon_B = \varepsilon_{B,0} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{m_T} \cdot \left(\frac{T}{T_0}\right)^{m_T} \cdot \left(\frac{X}{X_0}\right)^{m_X} \cdot \left(\frac{C}{C_0}\right)^{m_C} \cdot \left(\frac{N}{N_0}\right)^{m_N}$$

- ✓ σ_B τάση θραύσης τροφίμου εκβολής
- ✓ $\sigma_{B,0}$ τάση θραύσης στις συνθήκες αναφοράς
- ✓ T , θερμοκρασία εκβολής (°C)
- ✓ T , μέσος χρόνος παραμονής (s)
- ✓ N , ταχύτητα περιστροφής κοχλιών (rpm)
- ✓ X , υγρασία τροφοδοσίας (kg/100kg wb)
- ✓ C , αναλογία υλικών (kg καλαμποκάλευρου/kg οσπρίου)
- ✓ T_r , T_n , X_r , C_r και N_r τιμές στις συνθήκες αναφοράς
- ✓ ε_B παραμόρφωση κατά τη θραύση
- ✓ $\varepsilon_{B,0}$ παραμόρφωση στις συνθήκες αναφοράς



Ενοποιημένα Πρότυπα Ιδιοτήτων

Ανάπτυξη γενικευμένου δομικού προτύπου

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για κοκκώδη υλικά

$$\lambda_{eff} = \frac{1}{\frac{1-f}{\lambda_{pa}} + \frac{f}{\lambda_{se}}}$$

$$\lambda_{pa} = \varepsilon_a \lambda_a + (1 - \varepsilon_a) \lambda_p$$

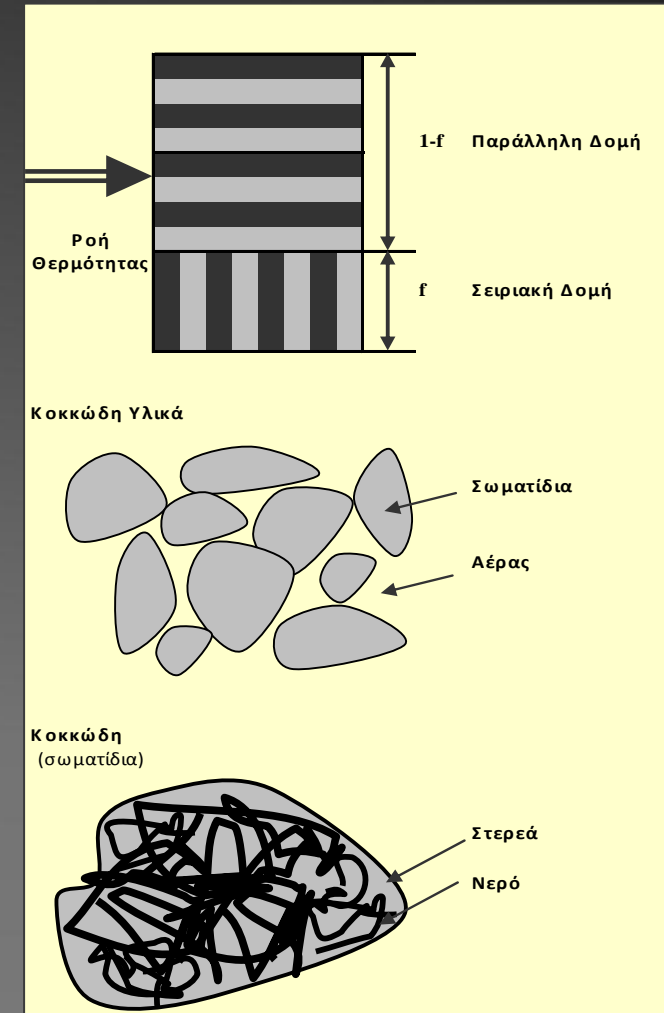
$$\lambda_{se} = \frac{1}{\frac{\varepsilon_a}{\lambda_a} + \frac{1 - \varepsilon_a}{\lambda_p}}$$

Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας για υλικά με συνεχή δομή

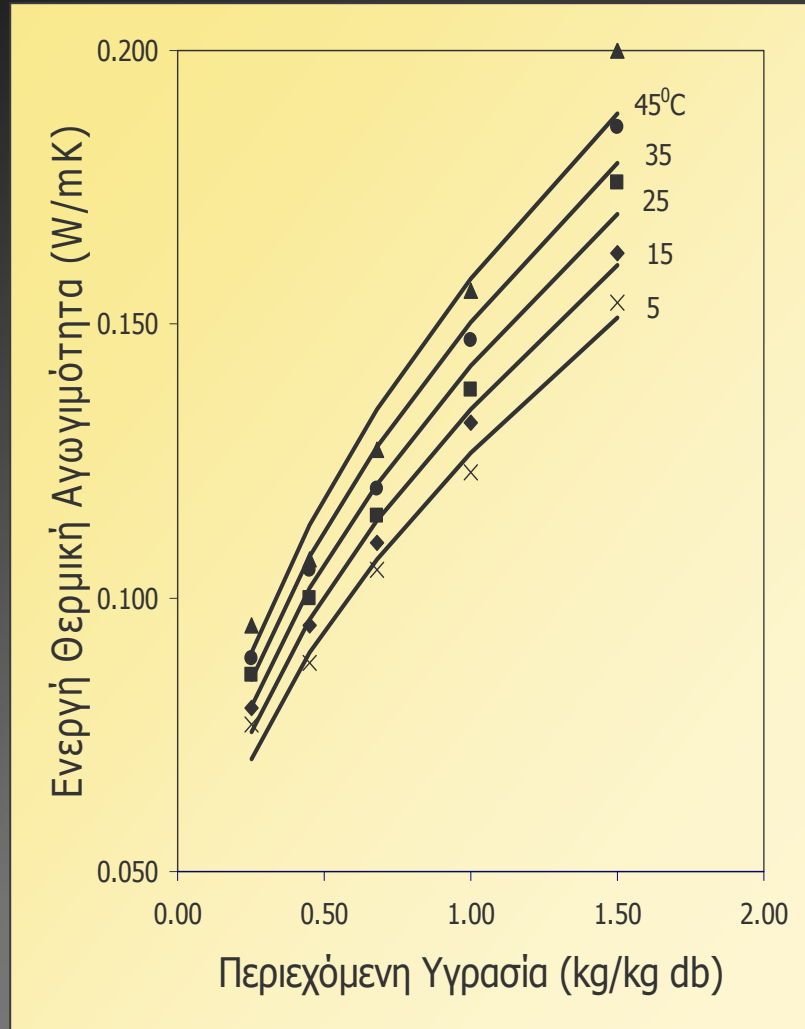
$$\lambda_{eff} = \frac{1}{\frac{1-f}{\lambda_{pa}} + \frac{f}{\lambda_{se}}}$$

$$\lambda_{pa} = \varepsilon_s \lambda_s + \varepsilon_w \lambda_w + \varepsilon_a \lambda_a$$

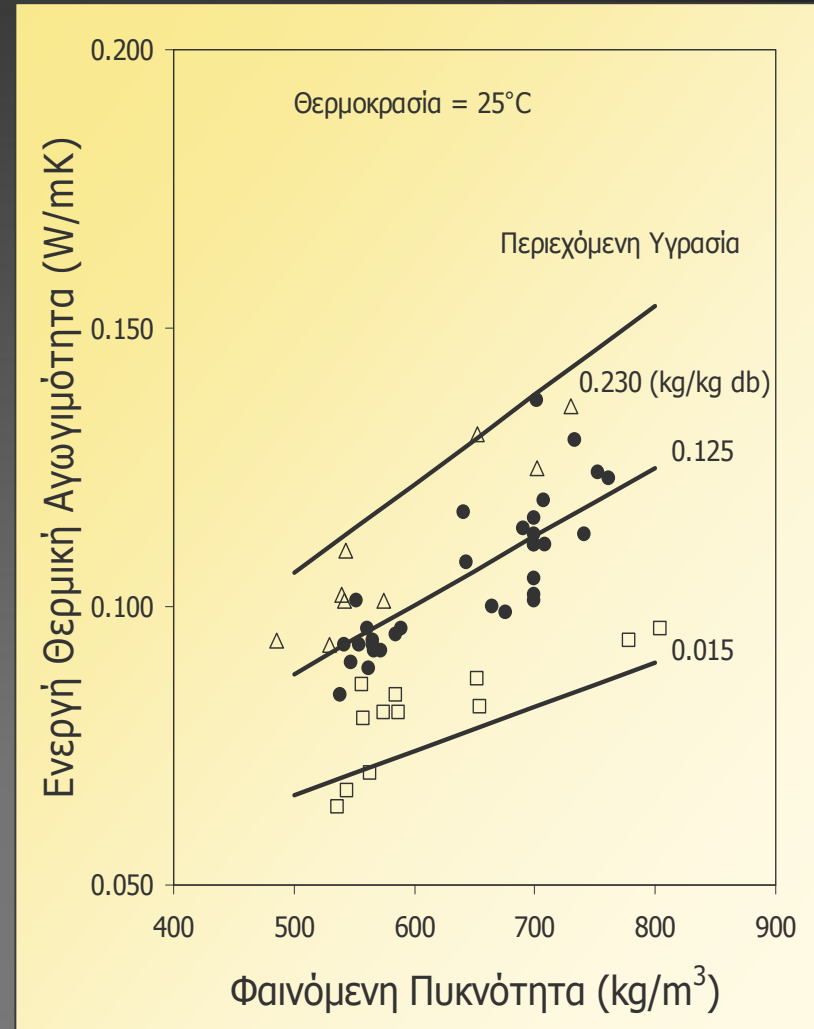
$$\lambda_{se} = \frac{1}{\frac{\varepsilon_s}{\lambda_s} + \frac{\varepsilon_w}{\lambda_w} + \frac{\varepsilon_a}{\lambda_a}}$$



ΦΡΟΥΤΑ & ΛΑΧΑΝΙΚΑ



ΚΟΚΚΩΔΗ ΥΛΙΚΑ



Σχεσιακή Βάση Δεδομένων

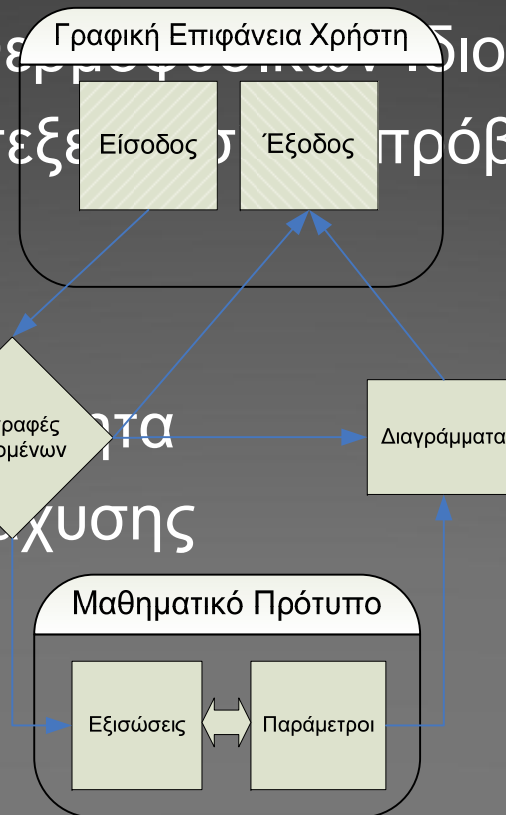
Δομή Βάσης

- Στόχοι:

- Καταχώρηση Θερμικών Ιδιοτήτων
- Ταξινόμηση, επεξεργασία, πρόβλεψη

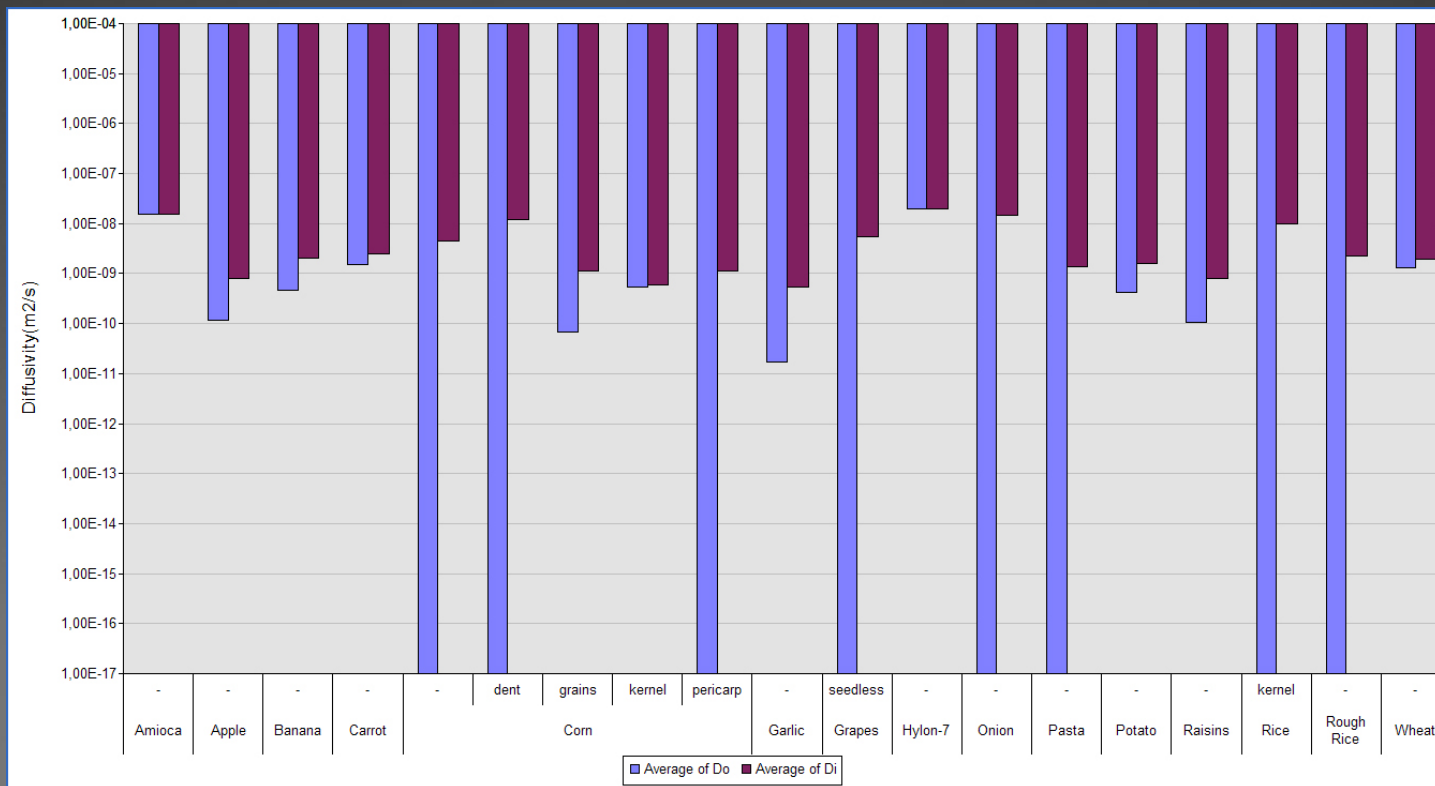
- Ιδιότητες

- Θερμική αγωγιμότητα
- Συντελεστής διαχυσης



Σχεσιακή Βάση Δεδομένων

- Εξοδος Βάσης



Μελλοντικές Εργασίες

- Μελέτη ιδιοτήτων τροφίμων εκβολής με πρωτεΐνες οσπρίων:
 - Λειτουργικές
 - Υαλώδης μετάπτωση
 - Υφή
 - Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά
 - Ψεκασμός με λιπαρά
- Ανάπτυξη νέων τροφίμων εκβολής με φυτικές ίνες
- Επέκταση λειτουργιών βάσης δεδομένων