

ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΑΣ ΕΛΙΑΣ

Σταύρος Γιαννιώτης

Ανδρέας Δήμου

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων

Ιερά Οδός 75, 118 55 Αθήνα

yanniotis@aua.gr

Βόλος, 27 Φεβρουαρίου 2010



Στόχος θερμικής επεξεργασίας

- Παστερίωση του προϊόντος στην περίπτωση που έχει $pH < 4,6$ ώστε να είναι δυνατή η συντήρησή του με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε αλάτι (π.χ. 2% NaCl για $pH < 4,3$)
 - Θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασία $< 100^{\circ}\text{C}$
 - Μικροοργανισμοί αναφοράς: προπιονικά βακτήρια
- Αποστείρωση του προϊόντος στην περίπτωση που έχει $pH > 4,6$ ώστε να είναι ασφαλής η κατανάλωσή του ακόμη και χωρίς αλάτι
 - Θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασία $115-121^{\circ}\text{C}$
 - Μικροοργανισμός αναφοράς: *Clostridium botulinum*

Συνιστώμενη θερμική επεξεργασία

(codex standard for table olives)

Εμπορικός τύπος	Ελάχιστη θερμική επεξεργασία	
	Παστερίωση, $PU_{62,4^{\circ}C}^{5,25^{\circ}C}$	Αποστείρωση, $F_{121,1^{\circ}C}^{10^{\circ}C}$
Φυσικές ελιές (Ελληνικού τύπου)	15	-
Εκπικρισμένες ελιές (Ισπανικού τύπου)	15	-
Αφυδατωμένες - συρρικνωμένες ελιές	15	-
Τεχνητά μαυρισμένες ελιές (Τύπου Καλιφόρνιας)	-	15



Σχήματα θερμικής επεξεργασίας για τεχνητά μαυρισμένες ελιές

Βάρος συσκευασίας (καρπός & άλμη)	Θερμοκρασία, °C	Χρόνος, min
1 kg ή λιγότερο	115° -116°	60
2 kg ή λιγότερο	115° -116°	70
1 kg ή λιγότερο	121.1°	45
3 kg ή λιγότερο	121.1°	50

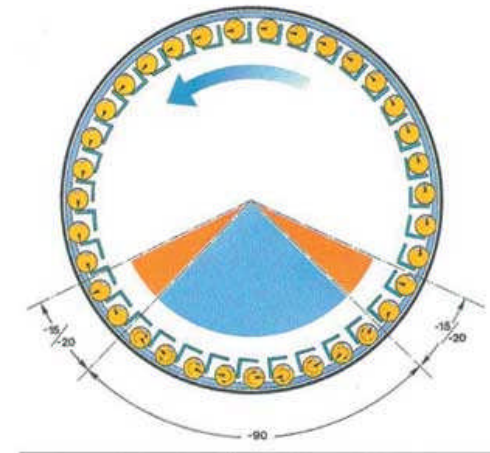
Παστεριωτήρας

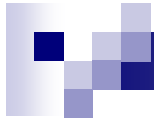


Αποστειρωτήρας



Περιστροφικός αποστειρωτήρας συνεχούς λειτουργίας

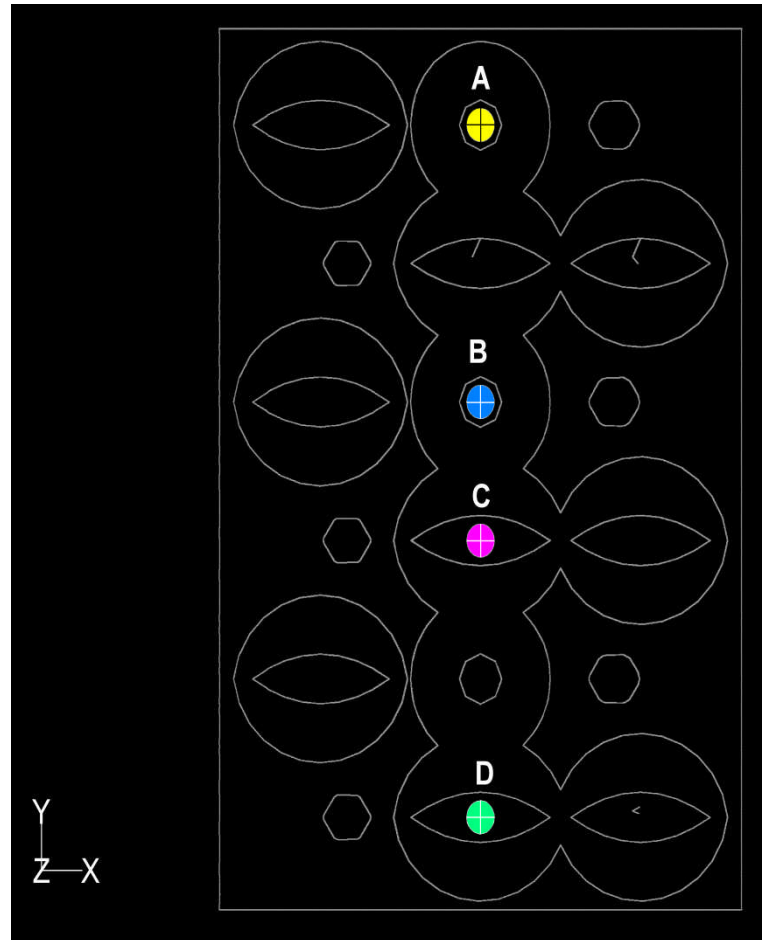




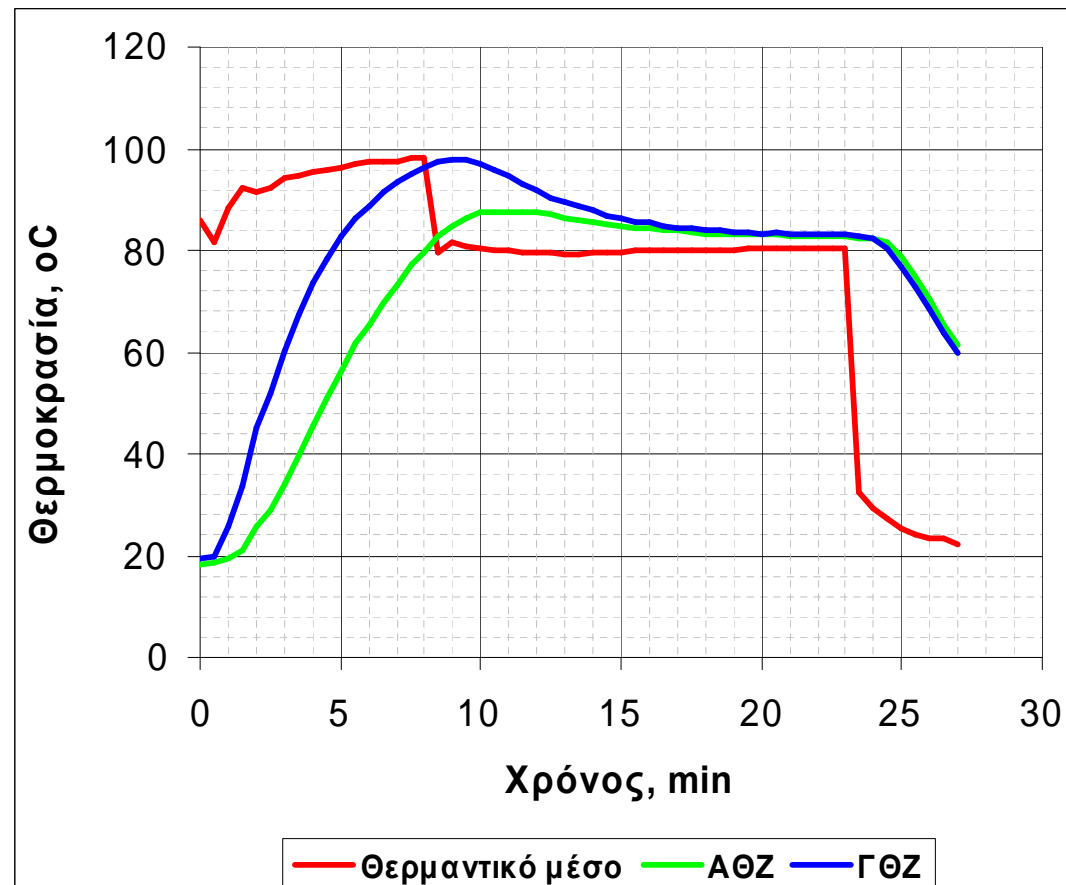
Πείραμα

- 28 ελιές σε κονσέρβα διαστάσεων $D=7,6\text{ cm}$ και $H=10,9\text{ cm}$
- Πλήρωση με άλμη 4% σε NaCl, θερμοκρασίας 80°C
- Εμβάπτιση της κονσέρβας σε νερό θερμοκρασίας 100°C για 8 min
- Εμβάπτιση της κονσέρβας σε νερό θερμοκρασίας 80°C για 15 min
- Εμβάπτιση της κονσέρβας σε νερό θερμοκρασίας 20°C

Σημεία μέτρησης της θερμοκρασίας



Πειραματική μέτρηση της θερμοκρασίας στην Αργότερα Θερμαινόμενη Ζώνη (ΑΘΖ) (σημείο D) και στην Γρηγορότερα Θερμαινόμενη Ζώνη (ΓΘΖ) (σημείο A) στο κέντρο μιας ελιάς





Μαθηματικό μοντέλο για τη μελέτη της θερμικής επεξεργασίας της ελιάς

Το μοντέλο απαρτίζεται από την:

Εξίσωση συνέχειας

$$\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r}(r\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho u) = 0$$

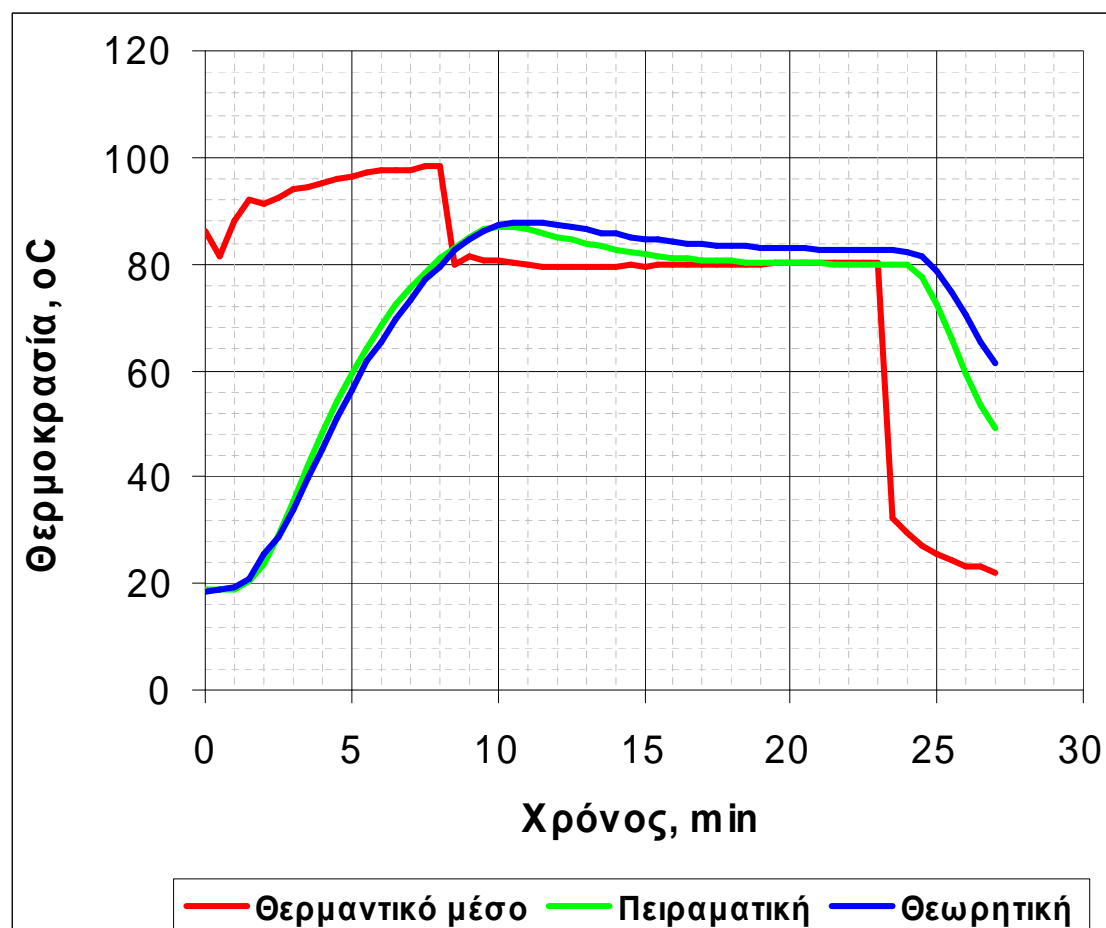
Εξίσωση ορμής

$$\rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + v \frac{\partial u}{\partial r} + u \frac{\partial u}{\partial z} \right) = -\frac{\partial p}{\partial z} + \mu \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial u}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] + \rho \cdot g$$

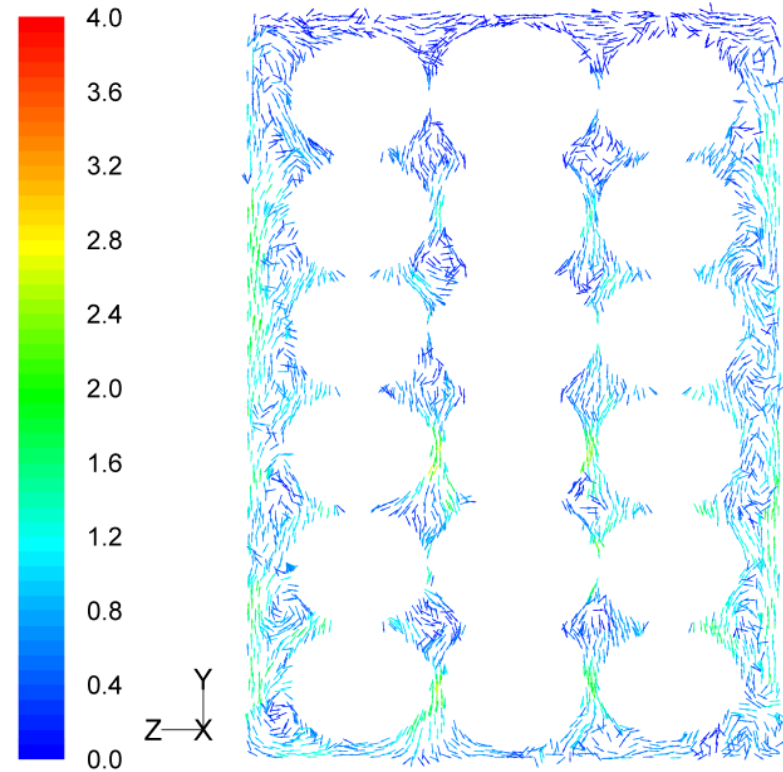
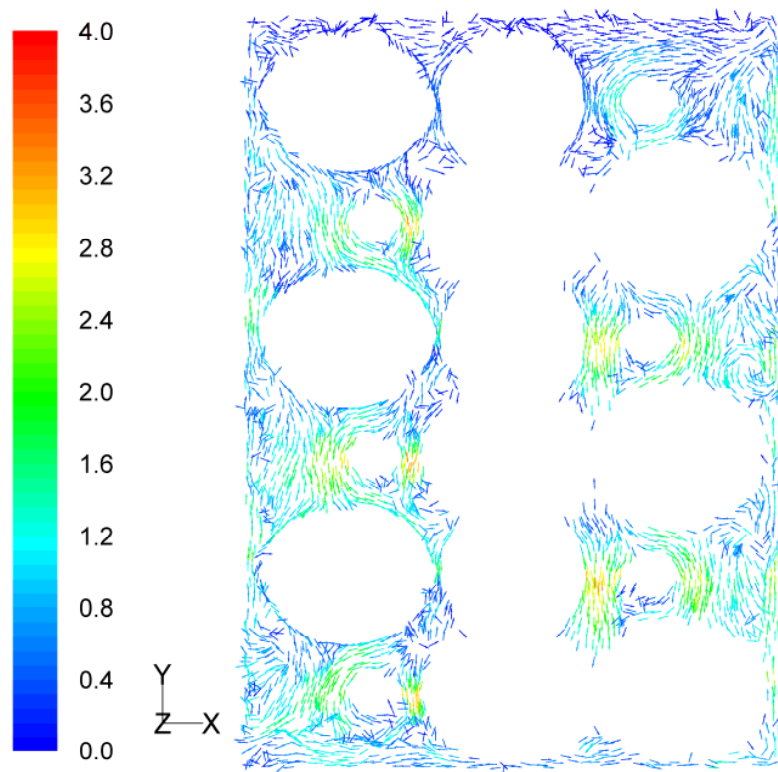
Εξίσωση ενέργειας

$$\frac{\partial T}{\partial t} + v \frac{\partial T}{\partial r} + u \frac{\partial T}{\partial z} = \frac{k}{\rho \cdot C_p} \left[\frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right]$$

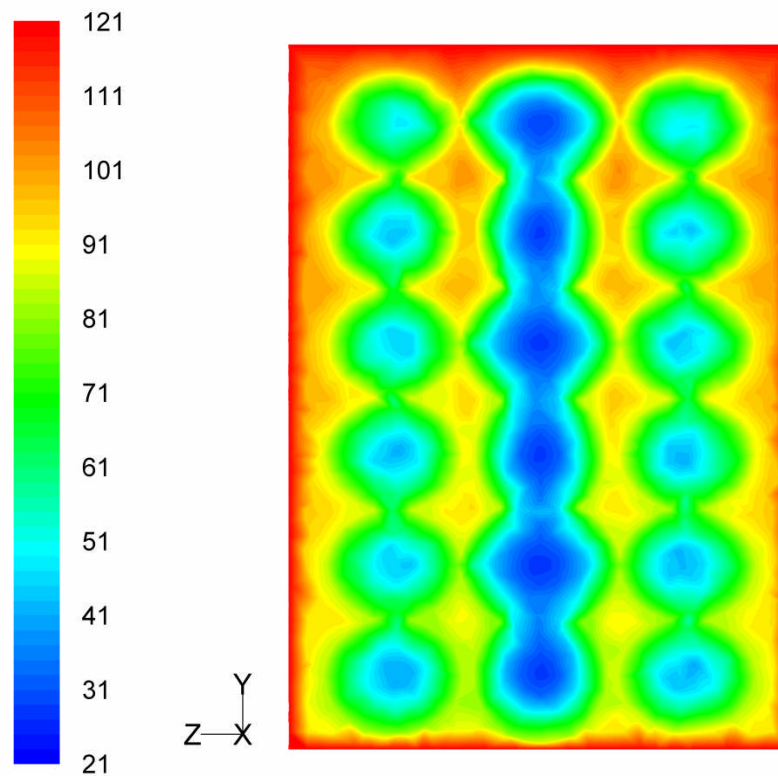
Σύγκριση πειραματικής μέτρησης με θεωρητική πρόβλεψη στην ΑΘΖ



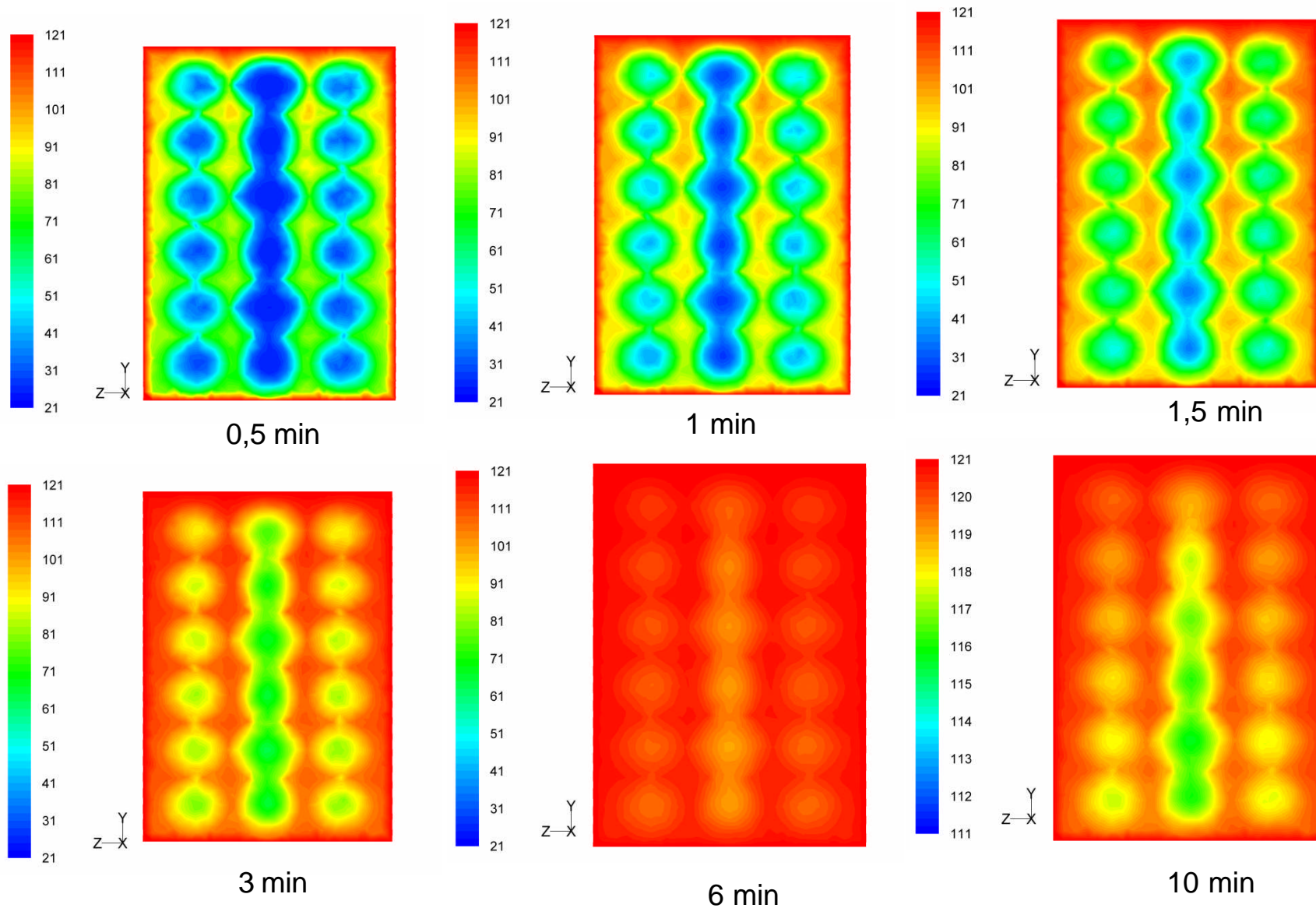
Κατανομή της ταχύτητας της άλμης (cm/s) (κατά μήκος τομή της κονσέρβας)



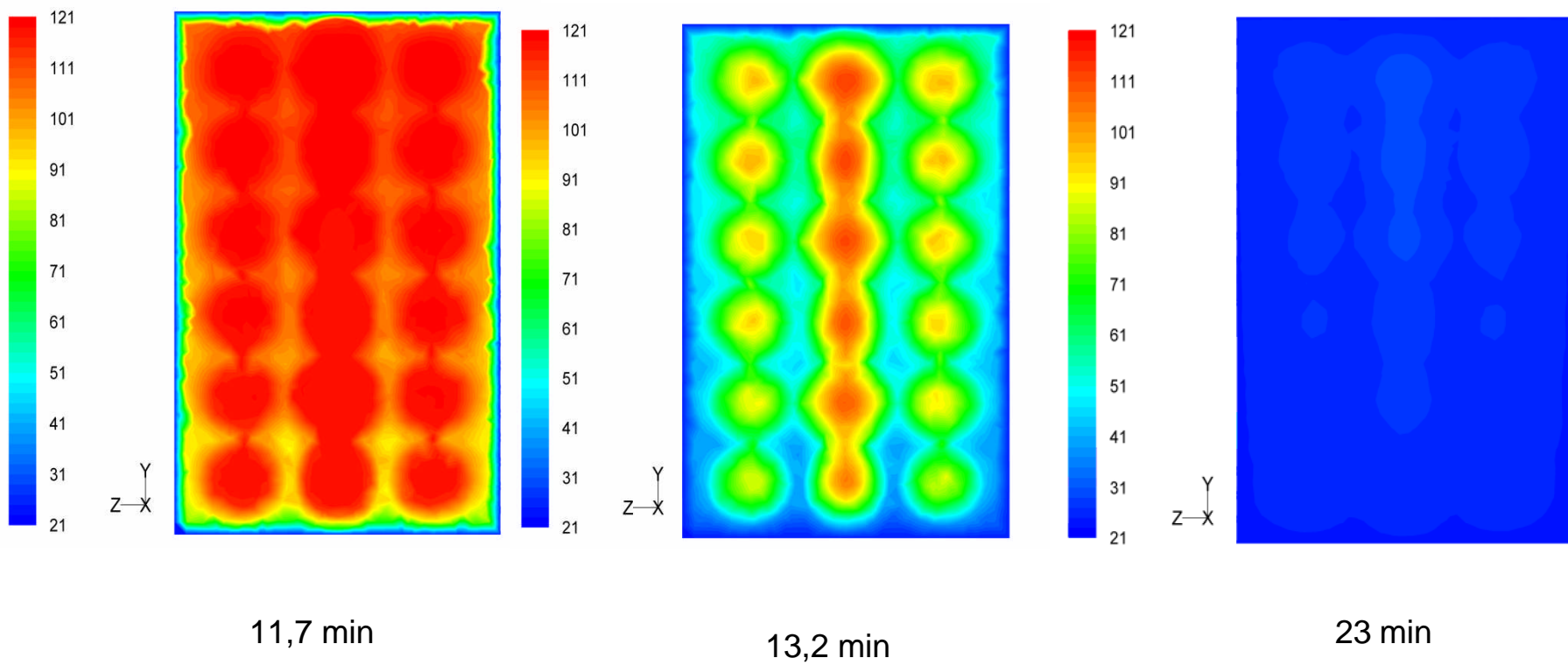
Θερμοκρασιακό προφίλ



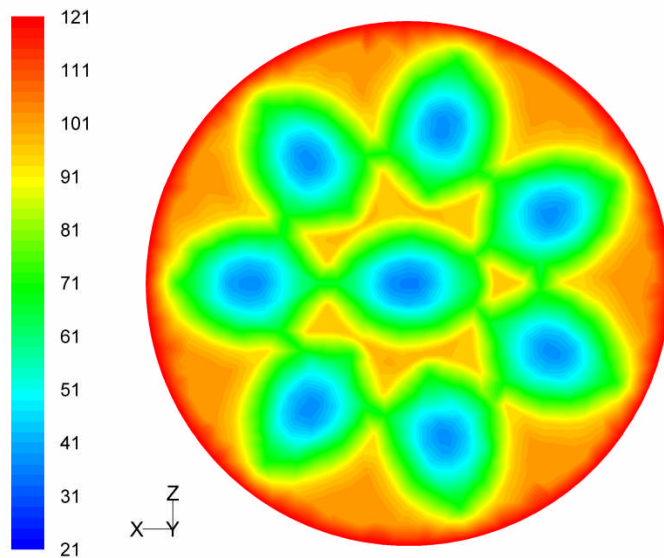
Περίοδος θέρμανσης (κατά μήκος τομή)



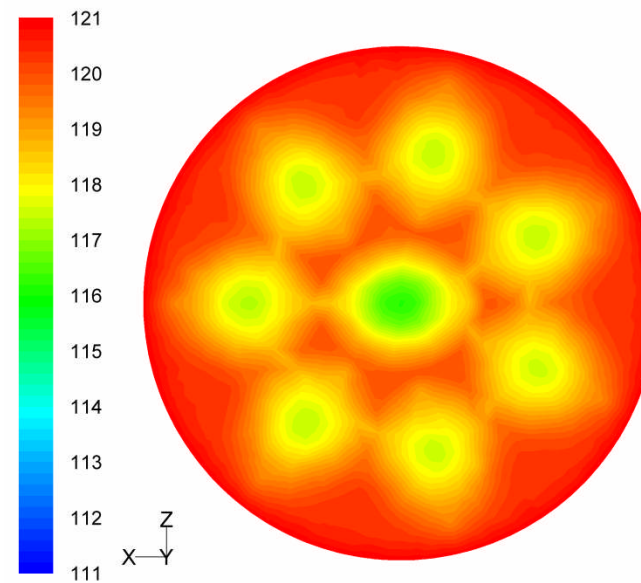
Περίοδος ψύξης (κατά μήκος τομή)



Περίοδος θέρμανσης (εγκάρσια τομή)



1,5 min



10 min



Κριτήρια θερμικής επεξεργασίας

- Θανατηφόρο αποτέλεσμα της θερμότητας (αποστείρωση)

$$F_o = \int_0^t 10^{\frac{T-121}{10}} dt$$

- Μονάδες παστερίωσης

$$PU = \int_0^t 10^{\frac{T-62.4}{5.25}} dt$$

- Cooking value

$$C = \int_0^t 10^{\frac{T-T_R}{z}} dt \quad (z=25-47)$$

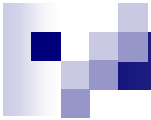
Σχήματα θερμικής επεξεργασίας

Σημείο στην κονσέρβα	Θέρμανση στους 100°C για 6 min και ψύξη στους 20°C		Θέρμανση στους 121°C για 32 min και ψύξη στους 20°C	
	P _U ^{5,25°C} 62,4°C	C ^{35°C} 62,4°C	F ^{10°C} 121,1°C	C ^{35°C} 62,4°C
ΑΘΖ	15,0	6,0	15,0	22,3
ΓΘΖ	205000	21,4	21,1	25,8



Σχήματα θερμικής επεξεργασίας (συνέχεια)

Σημείο στην κονσέρβα	Θέρμανση στους 100°C για 8 min, στη συνέχεια θέρμανση στους 80°C για 15 min και ψύξη στους 20°C	
	$PU^{5,25^{\circ}C}_{62,4^{\circ}C}$ (min)	$C^{35^{\circ}C}_{62,4^{\circ}C}$ (min)
ΑΘΖ	367000	81,9
ΓΘΖ	15800000	121,9



Συμπεράσματα

- Με τη βοήθεια του μοντέλου που αναπτύχθηκε, μπορούμε να έχουμε μια ολοκληρωμένη και αναλυτική εικόνα του θερμοκρασιακού προφίλ της κονσέρβας
- Η θερμοκρασία μέσα στην κονσέρβα διαφέρει σημαντικά από σημείο σε σημείο με αποτέλεσμα η θερμική επεξεργασία να μην είναι ομοιόμορφη
- Μπορούμε να εντοπίσουμε τα κρίσιμα σημεία τα οποία υπόκεινται στη λιγότερη θερμική επεξεργασία. Η θέση των σημείων αυτών εξαρτάται από ορισμένους λειτουργικούς παράγοντες
- Μπορούμε να μελετήσουμε διάφορα σχήματα θερμικής επεξεργασίας με στόχο τη βελτιστοποίηση της ποιότητας και της ασφάλειας της κονσέρβας