

## ΩΣΜΩΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΙΧΘΥΗΡΩΝ ΜΑΚΡΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΨΥΚΤΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Ι. Σεμένογλου<sup>1,\*</sup>, Γ. Δημόπουλος<sup>1</sup>, Θ. Τσιρώνη<sup>1</sup>, Π. Ταούκης<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(\*[isemen@chemeng.ntua.gr](mailto:isemen@chemeng.ntua.gr))

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της επίδρασης των μη θερμικών μεθόδων επεξεργασίας της ωσμωτικής αφυδάτωσης (ΩΑ) και των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (ΠΗΠ) στα φαινόμενα μεταφοράς μάζας και την ποιότητα και τη διατηρησιμότητα φιλέτων ψαριού κατά τη συντήρηση τους υπό ψύξη. Γί αυτό το σκοπό, πραγματοποιήθηκε κινητική μελέτη της εξέλιξης της ωσμωτικής αφυδάτωσης νωπών φιλέτων λαβρακιού τα οποία επεξεργάστηκαν με διαλύματα 40-60% γλυκερόλης και 5% NaCl. Έπειτα, για χρόνο 40 min και για το διάλυμα 50% γλυκερόλης μελετήθηκε η ποιοτική υποβάθμιση και η διατηρησιμότητα των φιλέτων για θερμοκρασίες 0-10°C. Από τα αποτελέσματα προέκυψε η θετική επίδραση που έχει η αύξηση της συγκέντρωσης του διαλύματος σε γλυκερόλη στην επιτάχυνση των φαινομένων μεταφοράς μάζας. Επίσης, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (μικροβιακή ανάπτυξη, pH και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά) των ωσμωτικά επεξεργασμένων φιλέτων διατηρήθηκαν καλύτερα και για περισσότερο χρόνο σε σχέση με τα ανεπεξέργαστα δείγματα, ενώ ο χρόνος ζωής των φιλέτων ψαριού επεκτάθηκε κατά 3-6 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία συντήρησης. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη της συνδυαστικής διαδοχικής εφαρμογής των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων (750 παλμοί) και της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Με βάση τους συντελεστές διάχυσης, η απώλεια υγρασίας και η πρόσληψη στερεών κατά την ωσμωτική αφυδάτωση επιταχύνθηκαν έως και 65% με τη χρήση των ΠΗΠ.

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάπτυξη νέων μεθόδων επεξεργασίας των ιχθυηρών με σκοπό την επιβράδυνση της ποιοτικής υποβάθμισης και την αύξηση της διατηρησιμότητας, αποτελεί στόχο για την επιστημονική έρευνα και τη βιομηχανία τροφίμων. Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) αποτελεί ένα μεσογειακό είδος ιχθύος με μεγάλη διατροφική αξία και κατέχει σημαντική εμπορική αξία για την ελληνική και ευρωπαϊκή αγορά <sup>[1]</sup>. Ωστόσο, οι ιχθύες είναι ιδιαίτερα ευαλλοίωτα τρόφιμα λόγω της ταχύτατης ανάπτυξης μικροοργανισμών η οποία προκαλεί ποιοτική υποβάθμιση σε πολύ σύντομο χρόνο. Τα φιλέτα ψαριού έχουν υποστεί διάφορα στάδια επεξεργασίας από τη στιγμή της αλίευσης μέχρι την τελική διάθεση στον καταναλωτή και επομένως εμφανίζουν ακόμα μικρότερη διατηρησιμότητα.

Προκειμένου να επιτευχθεί επέκταση της διατηρησιμότητας των ιχθυηρών, πολλές από τις εφαρμοζόμενες τεχνικές στοχεύουν στην ελάττωση της ενεργότητας του νερού ( $a_w$ ) των ιχθύων αφού αποτελεί βασικό παράγοντα της μικροβιακής ανάπτυξης και άρα της διατηρησιμότητας <sup>[2]</sup>. Μια μέθοδος η οποία μελετάται τις τελευταίες δεκαετίες με σημαντικά αποτελέσματα είναι η ωσμωτική αφυδάτωση, κατά την εφαρμογή της οποίας το τρόφιμο εμβαπτίζεται σε ένα υπερτονικό διάλυμα σακχάρου ή/και άλατος και επιτυγχάνεται απομάκρυνση υγρασίας και παράλληλη πρόσληψη στερεών από το διάλυμα <sup>[3]</sup>.

Κρίσιμος παράγοντας κάθε διεργασίας είναι ο χρόνος επεξεργασίας και επομένως αναζητούνται τρόποι να επιταχυνθούν τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας. Γί αυτό το σκοπό, παραδοσιακά χρησιμοποιούνται θερμικές μέθοδοι οι οποίες εμφανίζουν αρνητικές επιπτώσεις στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Μια από τις πολλά υποσχόμενες μη θερμικές μεθόδους επεξεργασίας δύναται να είναι η εφαρμογή των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων ως προκατεργασία της ωσμωτικής αφυδάτωσης. Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στην ταχύτατη περιοδική αυξομείωση της

έντασης του ηλεκτρικού πεδίου με τη μορφή παλμού. Το ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί τη δημιουργία πόρων στην κυτταρική μεμβράνη διευκολύνοντας την ανταλλαγή ουσιών μέσα κι έξω από το κύτταρο. Στη βιβλιογραφία υπάρχει έλλειψη δεδομένων σχετικά με την εφαρμογή της σε ιχθύες αφού μέχρι σήμερα έχει μελετηθεί αποκλειστικά σε δείγματα φρούτων και λαχανικών<sup>[4,5]</sup>.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Στο πρώτο μέρος της εργασίας πραγματοποιήθηκε κινητική μελέτη της ωσμωτικής αφυδάτωσης με τη χρήση ωσμωτικών διαλυμάτων διαφορετικών συγκεντρώσεων σε γλυκερόλη. Έπειτα, για μια επιλεγμένη συνθήκη διαλύματος και χρόνου, έλαβε χώρα μελέτη της επίδρασης της ωσμωτικής αφυδάτωσης στη διατήρηση των ποιοτικών δεικτών των φιλέτων και στο χρόνο διατήρησής τους κατά την αποθήκευση υπό ψύξη σε διάφορες θερμοκρασίες. Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, για μια επιλεγμένη συνθήκη αριθμού παλμών, διερευνήθηκε η επίδραση των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων στην κινητική της αφυδάτωσης με ωσμωτικό διάλυμα 50% γλυκερόλης και 5% NaCl.

Τα νωπά φιλέτα λαβρακιού υδατοκαλλιέργειας (*Dicentrarchus labrax*) μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων της Σχολής Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π. καλυμμένα με πάγο, εντός 2-10 ωρών από τη φιλετοποίηση. Αυτά τεμαχίστηκαν σε κομμάτια βάρους  $10 \pm 1$  g και διαστάσεων  $3 \times 3 \times 1$  cm<sup>3</sup>. Τα ωσμωτικά διαλύματα περιείχαν 40, 50 και 60% γλυκερόλη (Glycerine EP 212, OLEOGEN, Genova, Italy) και 5% NaCl τα οποία διαλυτοποιήθηκαν σε απιονισμένο νερό. Η ωσμωτική επεξεργασία έλαβε χώρα στους 15°C για χρόνους 10-240 min και η αναλογία τροφίμου προς διάλυμα επιλέχθηκε να είναι ίση με 1:5 για να μην μεταβάλλεται σημαντικά η ενεργότητα του διαλύματος κατά την επεξεργασία. Οι παράμετροι που εξετάστηκαν, ήταν η απώλεια υγρασίας (Water Loss, WL), η πρόσληψη στερεών (Solid Gain, SG), η αλατότητα (%NaCl) και η ενεργότητα νερού ( $a_w$ ). Έπειτα, τα επεξεργασμένα και μη δείγματα αποθηκεύτηκαν αερόβια και ισοθερμοκρασιακά σε ψυχόμενους θαλάμους (Sanyo MIR 153, Sanyo Electric, Oragun, Gunna, Japan) στους 0, 5 και 10°C. Οι παράμετροι ποιότητας που εξετάστηκαν, ήταν η μικροβιακή ανάπτυξη (ολική μικροβιακή χλωρίδα, *Pseudomonas* spp., *Enterobacteriaceae* spp.), το pH και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των νωπών φιλέτων (οσμή, εμφάνιση και συνολική εντύπωση).

Για τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία χρησιμοποιήθηκε η πιλοτικής κλίμακας μονάδα Elcrack-5kW, (DIL, Quakenbruck, Γερμανία). Επιλέχθηκε τετραγωνικός παλμός εύρους 15 μs, συχνότητας 20 Hz και πεδίου έντασης 1,7 kV/cm. Στις συνθήκες αυτές δοκιμάστηκαν αρχικά διαφορετικές τιμές αριθμού παλμών (250, 500, 750 και 1000 παλμοί) και τελικά επιλέχθηκαν οι 750 παλμοί για τη μελέτη της επίδρασης των ΠΗΠ στα φαινόμενα μεταφοράς μάζας.

Για τη μαθηματική περιγραφή της ωσμωτικής διεργασίας, τα αποτελέσματα προσαρμόστηκαν στο 2<sup>ο</sup> νόμο του Fick και υπολογίστηκαν οι συντελεστές διάχυσης του νερού ( $D_{ew}$ ) και των στερεών ( $D_{es}$ ).

$$M = \frac{(w_t - w_\infty)}{(w_0 - w_\infty)} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[ - \left( n + \frac{1}{2} \right)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_{ow} \right] \quad (1)$$

$$S = \frac{(s_t - s_\infty)}{(s_0 - s_\infty)} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp \left[ - \left( n + \frac{1}{2} \right)^2 \cdot \pi^2 \cdot F_{os} \right] \quad (2)$$

$$\text{Όπου: } F_{ow} = \frac{D_{ew}}{l^2} t \quad (3)$$

$$F_{os} = \frac{D_{es}}{l^2} t \quad (4)$$

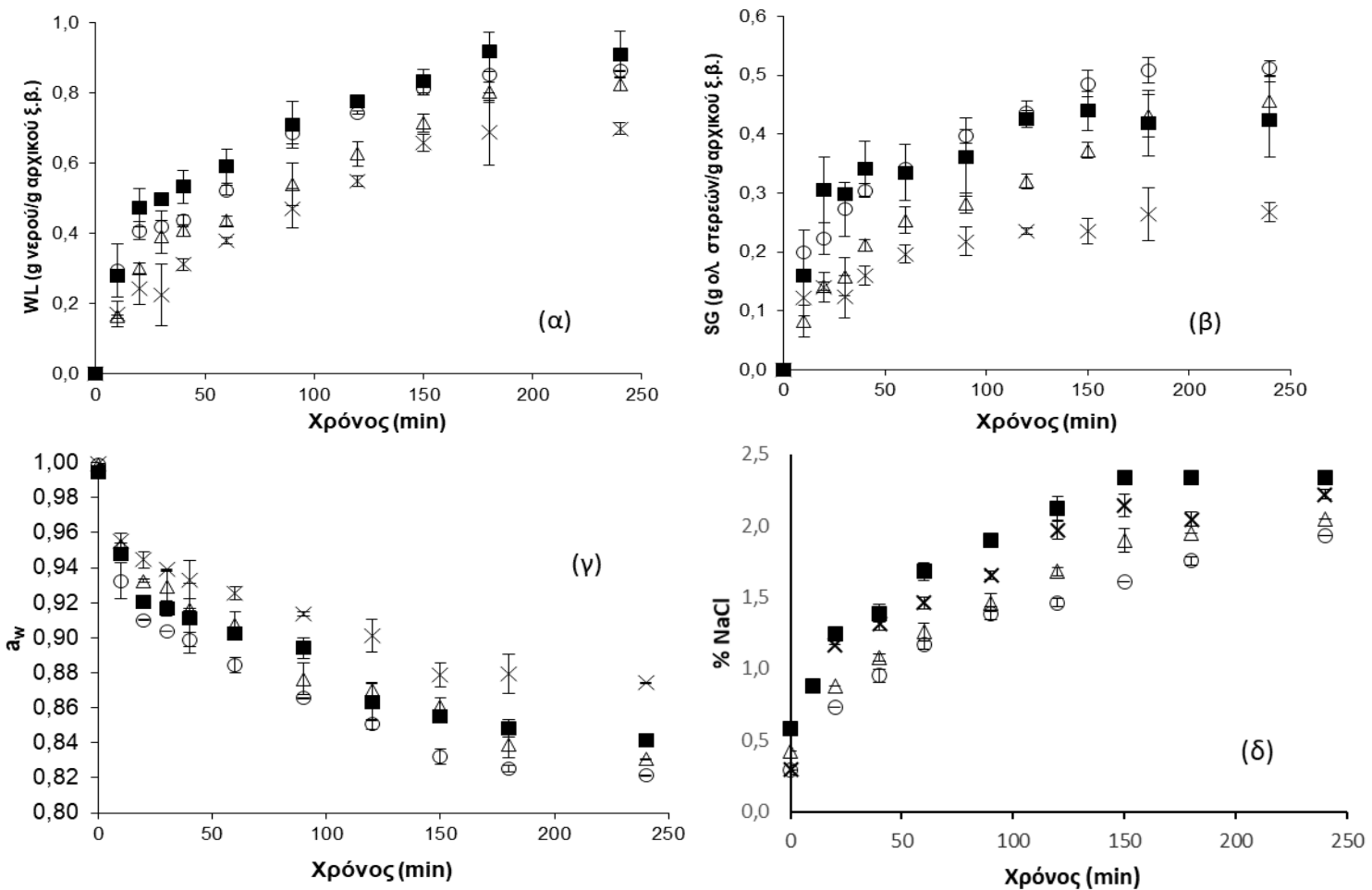
Από τους ποιοτικούς δείκτες που μελετήθηκαν, η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών προσαρμόστηκε σε γραμμικές εξισώσεις, ενώ η μικροβιακή ανάπτυξη προσαρμόστηκε στο μοντέλο Baranyi με χρήση του προγράμματος DMfit software (IFR, Institute

of Food Research, Reading, UK) κι έτσι, υπολογίστηκαν οι ρυθμοί μεταβολής για κάθε συνθήκη. Τέλος, μελετήθηκε η εξάρτηση της σταθεράς των ρυθμών  $k$  από τη θερμοκρασία συντήρησης με χρήση της εξίσωσης Arrhenius.

$$k = k_{\text{ref}} \cdot \exp \left[ -\frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{ref}}} \right) \right] \quad (5)$$

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα σχήματα 1(α)-(δ) παρουσιάζεται η μεταβολή των παραμέτρων της ωσμωτικής αφυδάτωσης με το χρόνο επεξεργασίας και με τη συγκέντρωση του διαλύματος σε γλυκερόλη. Για την απώλεια υγρασίας και την πρόσληψη στερεών, τα αποτελέσματα είναι παρόμοια. Την πρώτη ώρα, η μεταβολή των μεγεθών με το χρόνο είναι αρκετά απότομη, ενώ στη συνέχεια τα μεγέθη αυξάνονται με μειούμενο ρυθμό και τείνουν σε ισορροπία. Επιπλέον, παρατηρείται ότι με την αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκερόλης, αυξάνονται αυτά τα δύο μεγέθη (WL και SG) αφού το πιο πυκνό διάλυμα χαρακτηρίζεται από μικρότερη ενεργότητα νερού η οποία αποτελεί την κινητήρια δύναμη της διεργασίας [6]. Ανάλογα είναι και τα αποτελέσματα για την ενεργότητα του νερού ( $a_w$ ), δηλαδή το πιο πυκνό διάλυμα γλυκερόλης επιφέρει σημαντικότερη μείωση. Τέλος, η αλατότητα αυξάνεται κατά την εξέλιξη της ωσμωτικής αφυδάτωσης αφού εξελίσσεται η πρόσληψη των στερεών. Ωστόσο, τα φιλέτα που εμβαπτίστηκαν στο διάλυμα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε γλυκερόλη χαρακτηρίζεται από χαμηλότερη αλατότητα, γεγονός που οφείλεται στο σχηματισμό ενός πιο πυκνού υμένα στερεών στην επιφάνεια του δείγματος ο οποίος παρεμποδίζει περισσότερο την εισαγωγή του άλατος στο εσωτερικό των ιχθύων [7].



**Σχήμα 1.** Μεταβολή (α) απώλειας νερού, (β) πρόσληψης στερεών, (γ) ενεργότητας νερού ( $a_w$ ) και (δ) αλατότητας (%NaCl) σε νωπά φιλέτα λαβρακιού ωσμωτικά επεξεργασμένων με διάλυμα  $x$  40,  $\Delta$  50,  $\circ$  60% γλυκερόλης (με 5% NaCl) στους 15°C και  $\blacksquare$  προεπεξεργασμένων με ΠΗΠ (Μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση)

Η επίδραση της συγκέντρωσης της γλυκερόλης στα φαινόμενα μεταφοράς μάζας φαίνεται κι από τους συντελεστές διάχυσης νερού και στερεών οι οποίοι παρουσιάζονται στον πίνακα 1. Για τα διαφορετικά διαλύματα προέκυψαν στατιστικά σημαντικά διαφορές τόσο για το νερό όσο και για τα στερεά ( $p < 0,05$ ). Αυτές οι τιμές είναι ίδιας τάξης μεγέθους με αντίστοιχους συντελεστές που έχουν προσδιοριστεί σε άλλα παρόμοια είδη ιχθύων ή από τη χρήση ωσμωτικών διαλυμάτων γλυκερόλης και άλατος παρόμοιων συγκεντρώσεων [7,8].

Η εφαρμογή των παλμικών ηλεκτρικών πεδίων βρέθηκε επιταχύνθηκαν τα φαινόμενα μεταφοράς μάζας. Από τα διαγράμματα 1(α)-(δ) και από τον πίνακα 1 προκύπτει πιο ισχυρή απώλεια νερού και πρόσληψη στερεών των επεξεργασμένων με ΠΗΠ φιλέτων σε σύγκριση με τα ανεπεξέργαστα δείγματα που επεξεργάστηκαν με το ίδιο ωσμωτικό διάλυμα 50% γλυκερόλης ( $p < 0,05$ ). Η περιεκτικότητα σε αλάτι είναι μεγαλύτερη ακόμα κι από την περίπτωση των ωσμωμένων φιλέτων στο διάλυμα 40% γλυκερόλης και μετά τις 2,5 h φτάνει σε μέγιστη τιμή ίση με 2,3%. Η ενεργότητα του νερού των επεξεργασμένων με ΠΗΠ φιλέτων είναι χαμηλότερη από τα ανεπεξέργαστα δείγματα αλλά σε αρκετές περιπτώσεις (χρόνοι επεξεργασίας) αυτές οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές ( $p > 0,05$ ).

**Πίνακας 1.** Συντελεστές διάχυσης της απώλειας νερού ( $D_{ew}$ ) και της πρόσληψης στερεών ( $D_{es}$ ) για προεπεξεργασμένα με ΠΗΠ φιλέτα και για απλά ωσμωμένα φιλέτα ψαριού (μέση τιμή  $\pm$  τυπική απόκλιση)

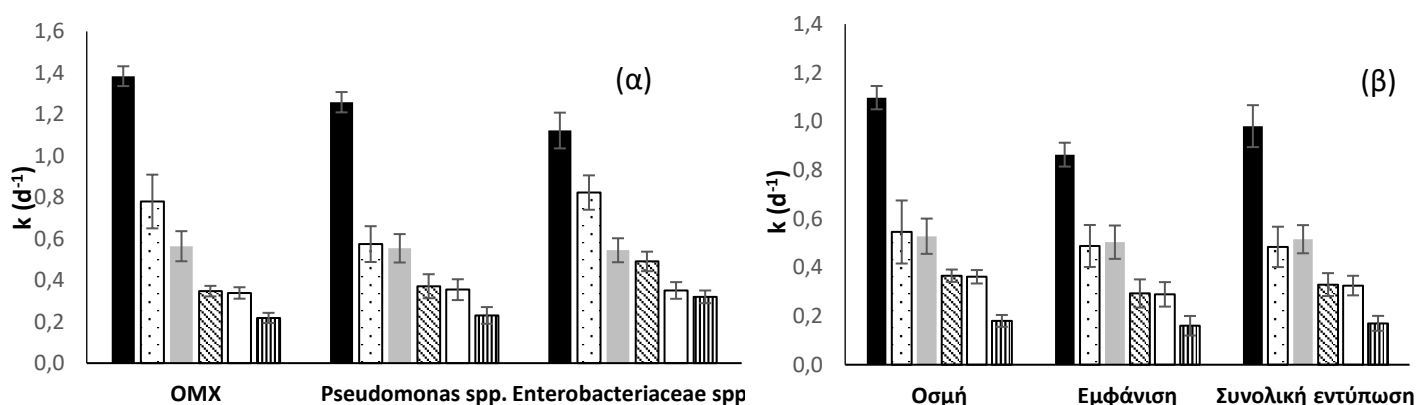
Επεξεργασία	$D_{ew}$ ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )	$D_{es}$ ( $m^2 \cdot s^{-1}$ )
40% γλυκερόλη	$1,90 (\pm 0,15) \cdot 10^{-9}$	$1,82 (\pm 0,12) \cdot 10^{-9}$
50% γλυκερόλη	$2,77 (\pm 0,15) \cdot 10^{-9}$	$2,50 (\pm 0,21) \cdot 10^{-9}$
60% γλυκερόλη	$3,62 (\pm 0,27) \cdot 10^{-9}$	$4,12 (\pm 0,55) \cdot 10^{-9}$
ΠΗΠ / 50% γλυκερόλη	$4,03 (\pm 0,32) \cdot 10^{-9}$	$4,14 (\pm 0,38) \cdot 10^{-9}$

Η ωσμωτική επεξεργασία επιβράδυνε σημαντικά τη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Στο σχήμα 2(α) δίνονται οι ρυθμοί ανάπτυξης της ενδογενούς μικροχλωρίδας μετά από εφαρμογή του μοντέλου Baranyi στα επεξεργασμένα με ΩΑ και μη φιλέτα λαβρακιού για κάθε θερμοκρασία συντήρησης και στον πίνακα 2 δίνεται η εξάρτηση της σταθεράς του ρυθμού μικροβιακής ανάπτυξης από τη θερμοκρασία μέσω της ενέργειας ενεργοποίησης ( $E_a$ ). Από τα αποτελέσματα προκύπτει η σημαντική επίδραση που έχει η ωσμωτική επεξεργασία και η θερμοκρασία συντήρησης στην επιβράδυνση της ανάπτυξης των αλλοιογόνων μικροοργανισμών στο τρόφιμο. Επιπλέον, από την ανάπτυξη της ολικής μικροχλωρίδας και των ψευδομονάδων βρέθηκε ότι αυτές αποτελούν τον κυρίαρχο αλλοιογόνο μικροοργανισμό για τα φιλέτα λαβρακιού σε αερόβιες συνθήκες συντήρησης επιβεβαιώνοντας προηγούμενες μελέτες [7,9]. Από τις τιμές των  $E_a$  παρατηρείται μεγαλύτερη εξάρτηση από τη θερμοκρασία για τους ρυθμούς ανάπτυξης των αλλοιογόνων μικροοργανισμών των ανεπεξέργαστων φιλέτων σε σύγκριση με τους αντίστοιχους ρυθμούς ανάπτυξής τους στα ΩΑ φιλέτα.

**Πίνακας 2.** Ενέργεια ενεργοποίησης ( $E_a$ ) της εξάρτησης από τη θερμοκρασία των ρυθμών ανάπτυξης της ολικής μικροβιακής χλωρίδας (OMX), των *Pseudomonas spp.* και των *Enterobacteriaceae spp.* επεξεργασμένων (OD) και μη φιλέτων (μέση τιμή)

	OMX		<i>Pseudomonas spp.</i>		<i>Enterobacteriaceae spp.</i>	
	OD	Ανεπεξέργαστα	OD	Ανεπεξέργαστα	OD	Ανεπεξέργαστα
$E_a$ (kJ/mol)	81,8	90,4	58,8	81,3	60,7	74,7

Ένας άλλος δείκτης που εξετάστηκε και σχετίζεται με την ποιότητα των ιχθύων ήταν η μεταβολή του pH με το χρόνο αποθήκευσης. Το pH εξαρτάται από την ανάπτυξη των μικροοργανισμών οι οποίοι μέσω των παραγόμενων μεταβολικών ουσιών καθορίζουν την τιμή του. Οι ψευδομονάδες κι άλλοι αλλοιογόνοι μικροοργανισμοί παράγουν βασικές μεταβολικές ενώσεις οι οποίες αυξάνουν το pH<sup>[10]</sup>. Επίσης, σε άλλη μελέτη που διεξήχθη σε λαβράκια, αναφέρεται ότι στην αρχή της αποθήκευσης των δειγμάτων υπό ψύξη, παράγεται γαλακτικό οξύ λόγω της νεκρικής ακαμψίας<sup>[11]</sup>. Από τα αποτελέσματα παρατηρήθηκε στις περισσότερες συνθήκες μια αρχική μείωση του pH μέχρι ένα ελάχιστο σημείο η οποία ακολουθήθηκε από αύξηση της τιμής δείχνοντας τη συσχέτιση με την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Το ελάχιστο της τιμής του pH εμφανίστηκε πιο αργά στα ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα λαβρακιού, ενώ το ίδιο αποτέλεσμα επετεύχθη και με τη χαμηλότερη θερμοκρασία συντήρησης.



**Σχήμα 2.** Μεταβολή (α) ρυθμών ανάπτυξης ολικής μικροχλωρίδας (OMX), ψευδομονάδων και εντεροβακτηρίων και (β) ρυθμών υποβάθμισης οσμής, εμφάνισης και συνολικής εντύπωσης για ανεπεξέργαστα φιλέτα συντηρημένα στους □ 0°C, ■ 5°C και ■ 10°C και για ΩΑ φιλέτα συντηρημένα στους ▨ 0°C, ▩ 5°C και □ 10°C

Η υποβάθμιση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των νωπών φιλέτων (οσμή, εμφάνιση και συνολική εντύπωση) ακολούθησε κινητική μηδενικής τάξης ως προς το χρόνο συντήρησης. Όπως και παραπάνω, από τους ρυθμούς αλλοίωσης οι οποίοι παρουσιάζονται στο σχήμα 2(β), είναι εμφανής η σημαντική επίδραση της ωσμωτικής αφυδάτωσης στην επιβράδυνση της υποβάθμισης αυτών των χαρακτηριστικών. Ωστόσο, η υποβάθμιση όλων των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών παρουσιάζει παρόμοια θερμοκρασιακή εξάρτηση, με τις τιμές της ενέργειας ενεργοποίησης να κυμαίνονται από 67 έως 72 kJ/mol, δηλαδή δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των διαφορετικών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών και μεταξύ επεξεργασμένων και μη φιλέτων.

Τέλος, συσχετίστηκαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η συνολική εντύπωση με τη μικροβιακή ανάπτυξη των ψευδομονάδων. Από τη δημιουργία των κοινών διαγραμμάτων, παρατηρήθηκε ότι όταν η συνολική εντύπωση των φιλέτων έφτανε το όριο αποδοχής που ισούται με 5 (στην κλίμακα 1-9), το φορτίο των ψευδομονάδων ήταν ίσο με 6,0 log(CFU)/g για κάθε συνθήκη. Οι χρόνοι ζωής των φιλέτων λαβρακιού στις θερμοκρασίες 0°C, 5°C και 10°C για τα ανεπεξέργαστα δείγματα ήταν 12, 6 και 3 μέρες αντίστοιχα και μετά την ωσμωτική αφυδάτωση επεκτάθηκε κατά 5, 4 και 3 ημέρες ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα της μελέτης οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι τα ωσμωτικά επεξεργασμένα φιλέτα λαβρακιού είναι προϊόντα υψηλής ποιότητας, με μεγαλύτερη σταθερότητα κατά την

αποθήκευση και με αυξημένο χρόνο ζωής. Πιο συγκεκριμένα, η διάρκεια ζωής των φιλέτων επεκτάθηκε περίπου κατά μια εβδομάδα στους 0°C, ενώ και οι ρυθμοί μεταβολής των ποιοτικών χαρακτηριστικών των ωσμωνένων φιλέτων ήταν σημαντικά χαμηλότεροι σε σχέση με τα ανεπεξέργαστα. Όσον αφορά τις ενέργειες ενεργοποίησης, υπήρχαν ποιοτικοί δείκτες για τους οποίους παρατηρήθηκαν διαφορές όπως η μικροβιακή ανάπτυξη των ψευδομονάδων και άλλοι για τους οποίους δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές όπως τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επίσης, η συνδυαστική δράση με εναλλακτικές επεξεργασίες όπως τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία επιτάχυνε τη μεταφορά μάζας κατά την ωσμωτική επεξεργασία των φιλέτων ψαριού. Η ωσμωτική αφυδάτωση αποτελεί μια πολλά υποσχόμενη και απλή μέθοδο επεξεργασίας η οποία θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε βιομηχανική κλίμακα, ενώ τα παλμικά ηλεκτρικά πεδία χρήζουν περαιτέρω μελέτης και βελτιστοποίησης προκειμένου να καθοριστούν οι κατάλληλες συνθήκες για μεγαλύτερης κλίμακας εφαρμογές.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΣΕΘ. Ελληνική Υδατοκαλλιέργεια (2017)
- [2] N.K. Rastogi, K.S.M.S. Raghavarao, K. Niranjana, D. Knorr. Recent developments in osmotic dehydration: methods to enhance mass transfer. *Trends in Food Science & Technology* 13(2) (2002) 48-59.
- [3] A.L. Raoult-Wack. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. *Trends in Food Science & Technology* 5(3) (1994) 255-260.
- [4] FDA. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. Pulsed Electric Field. (2014) 5-77.
- [5] G. Saulis. Electroporation of cell membranes: The fundamental effects of pulsed electric fields in food processing. *Food Engineering Reviews* 2(2) (2010) 52-73.
- [6] C. Tortoe. A review of osmotic dehydration for food industry. *African Journal of Food Science* 4(6) (2010) 303-324.
- [7] Θ. Τσιρώνη. Μελέτη μη θερμικών προκατεργασιών για τη βελτίωση της διατηρησιμότητας ιχθυηρών. 2010. Αθήνα.
- [8] G. Checmarev, M.R. Casales, M.I. Yeannes, A. E. Bevilacqua. Mass transfer modelling during osmotic dehydration of chub mackerel (*Scomber Japonicus*) slices in salt and glycerol solution at different temperatures. *Journal of Food Processing and Preservation* 38 (4) (2013) 1599-1607.
- [9] V. Papadopoulos, I. Chouliara, A. Badeka, I.N. Savvaidis, M.G. Kontominas. Effect of gutting on microbiological, chemical, and sensory properties of aquacultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice. *Food Microbiology* 20(4) (2003) 411-420.
- [10] L. Gram, H.H. Huss. Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology* 33(1) (1996) 121-137.
- [11] Y. Alparslan, C. Gürel, C. Metin, H. Hasanhocaoglu, T. Baygar. Determination of Sensory and Quality Changes at Treated Sea Bass (*Dicentrarchus labrax*) During Cold-Storage. *Food Processing & Technology*. 3(10) (2012) 1-6.
- [12] H. Turan, D. Kocatepe. Different MAP Conditions to Improve the Shelf Life of Sea Bass. *Food science and biotechnology* 22(6) (2013) 1589-1599.