

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΨΥΧΡΟΥ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ, ΟΖΟΝΙΣΜΟΥ, ΠΑΛΜΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΩΝ ΠΕΔΙΩΝ ΚΑΙ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΥΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟ ΖΩΗΣ ΦΙΛΕΤΩΝ ΤΣΙΠΟΥΡΑΣ

Μ. Γιαννόγλου¹, Π. Δημητρακέλλης², Α. Ευθυμιάδου³, Ε. Γογγολίδης², Γ. Κατσαρός^{1*}

¹Ινστιτούτο Τεχνολογίας Αγροτικών Προϊόντων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-ΔΗΜΗΤΡΑ, Αθήνα, Ελλάδα (*gkatsaros@itap.com.gr)

²Ινστιτούτο Νανοεπιστήμης και Νανοτεχνολογίας, Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», Αθήνα, Ελλάδα

³ Ινστιτούτο Εδαφοϋδατικών Πόρων, Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-ΔΗΜΗΤΡΑ, Αθήνα, Ελλάδα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της έρευνας ήταν η μελέτη της επίδρασης διαφορετικών μη θερμικών τεχνολογιών επεξεργασίας όπως η Υπερυψηλή Πίεση, το Ψυχρό πλάσμα σε ατμοσφαιρική πίεση, ο Οζονισμός και τα Παλμικά Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία στο μικροβιακό φορτίο και σε παραμέτρους ποιότητας φρέσκων φιλέτων τσιπούρας. Αρχικά, έγινε επιλογή των βέλτιστων συνθηκών επεξεργασίας των φιλέτων τσιπούρας για κάθε τεχνολογία μετά από προκαταρκτικά πειράματα, με κριτήρια τη μέγιστη απενεργοποίηση του μικροβιακού τους φορτίου, ελάχιστη επίδραση στην αρχική ποιότητα και μέγιστη αύξηση του χρόνου ζωής τους. Για την παραγωγή Ψυχρού Πλάσματος χρησιμοποιήθηκε διάταξη Εκκένωσης Διηλεκτρικού Φράγματος (Surface Dielectric Barrier Discharge-DBD) (2.8 kV, 45 kHz) και χρόνος επεξεργασίας 15 min. Η επεξεργασία με Παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΠΗΜΠ) (80 J/pulsed energy, 12.5 mT, 3 Hz) και Οζονισμό (640 ppm) έγινε επίσης για χρόνο 15 min, ενώ τα δείγματα επεξεργαστηκαν σε Υπερυψηλή Πίεση (ΥΠ) σε συνθήκες 300 MPa για 5 min. Τα επεξεργασμένα με τις διαφορετικές τεχνολογίες καθώς και ανεπεξέργαστα φιλέτα τσιπούρας αποθηκεύτηκαν στους 4°C για διάστημα 20 ημερών. Σε προκαθορισμένους χρόνους πραγματοποιούνταν αναλύσεις ως προς το μικροβιακό τους φορτίο (ολική μεσόφιλη χλωρίδα, ψευδομονάδες, γαλακτικά βακτήρια, εντεροβακτήρια), την τιμή pH, την οξειδωση των λιπαρών τους, την υφή, το χρώμα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Από τα αποτελέσματα, προέκυψε ότι ο χρόνος ζωής των επεξεργασμένων με ΥΠ και Ψυχρό Πλάσμα σε ατμοσφαιρική πίεση φιλέτων τσιπούρας αυξήθηκε κατά 4 και 2.5 d, αντίστοιχα. Η ΥΠ οδήγησε σε υψηλότερη μείωση του μικροβιακού φορτίου ωστόσο παρατηρήθηκε μεταβολή του αρχικού χρώματος και της υφής του ψαριού. Αντίθετα, η επεξεργασία με Ψυχρό Πλάσμα οδήγησε σε ικανοποιητική μείωση του μικροβιακού φορτίου χωρίς να παρατηρείται σημαντική επίδραση στις παραμέτρους ποιότητας του προϊόντος. Η εφαρμογή ΠΗΜΠ και Οζονισμού δε φάνηκε να επηρεάζουν την αρχική ποιότητα των ψαριών ωστόσο είχαν μικρή επίδραση στο μικροβιακό φορτίο οδηγώντας σε αύξηση του χρόνου ζωής των φιλέτων τσιπούρας κατά μόλις 1 d.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ιχθυηρά και ιδιαίτερα τα φιλέτα ιχθύων είναι εξαιρετικά ευαλλοιώτα τρόφιμα με αποτέλεσμα να απαιτείται πολύ καλή διαχείρισή τους, κατά τη διακίνηση στην ψυκτική αλυσίδα. Για το λόγο αυτό, για την αποφυγή ποιοτικής υποβάθμισής τους, εφαρμόζονται διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας όπως η χρήση συσκευασιών τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), η συσκευασία υπό κενό, η θερμή και ψυχρή κάπνιση και το μαρινάρισμα. Ωστόσο, τα αποτελέσματα είτε δεν είναι σημαντικά για την αύξηση του χρόνου ζωής όπως με χρήση τροποποιημένων ατμοσφαιρών είτε επιδρούν σημαντικά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των ιχθυηρών μη καθιστώντας τα συγκρίσιμα με τα φρέσκα. Πολλές ερευνητικές μελέτες έχουν χαρακτηρίσει την Υπερυψηλή Πίεση (ΥΠ) ως διεργασία ικανή να αποδώσει τρόφιμα μικροβιολογικά ασφαλή και με βελτιωμένα χαρακτηριστικά. Πρόκειται για φυσική διεργασία σε συνθήκες που κυμαίνονται από 100-1000 MPa

(1000-10000 atm) με δυνατότητα συνδυασμού με ήπιες θερμοκρασίες (20-60°C). Η ευνοϊκή επίδραση της ΥΠ στη μικροβιακή χλωρίδα ιχθύων έχει αποδειχθεί μετά από μελέτη αρκετών προϊόντων, όπως τσιπούρα^[11], hilsa^[3], λαβράκι^[11], βακαλάος^[5] ιριδίζουσα πέστροφα και mahi mahi^[14]. Μια επίσης πολλά υποσχόμενη τεχνολογία με δυνητική εφαρμογή στα ιχθυηρά είναι και το Ψυχρό πλάσμα (ή Κρύο πλάσμα, ΚΠ) ατμοσφαιρικής πίεσης. Το ψυχρό πλάσμα είναι ένα μερικώς ιονισμένο αέριο που βρίσκεται μακριά από θερμοδυναμική ισορροπία. Η εφαρμογή της τεχνολογίας πλάσματος έχει αρχίσει και μελετάται όλο και περισσότερο για την αδρανοποίηση μικροοργανισμών σε κρέατα^[2], φρούτα^[10], λαχανικά^[8] κ.α. Το όζον είναι μια αποδεκτή εμπορικά τεχνολογία η οποία εφαρμόζεται σε πολλές πτυχές της βιομηχανίας τροφίμων, από την άρδευση και την επεξεργασία του εδάφους, για τον ψεκασμό καλλιεργειών προς αποφυγή χημικών ουσιών, τον έλεγχο της οσμής σε κατοικίες ζώων, σε μονάδες επεξεργασίας τροφίμων, για την απολύμανση τροφίμων και πόσιμου νερού και για την ασφαλή συσκευασία και αποθήκευση κ.α. Στα τρόφιμα το όζον βρίσκει ευρεία εφαρμογή στη βιομηχανία, συμπεριλαμβανομένης της επιφανειακής απολύμανσης προϊόντων κρέατος, φρούτων και λαχανικών^{[4],[6]}. Πολυάριθμες μελέτες έχουν διεξαχθεί για τη διερεύνηση της αποτελεσματικότητας του όζοντος στη μικροβιακή αδρανοποίηση κυρίως σε φρούτα και λαχανικά με ικανοποιητικά αποτελέσματα^{[1],[7]}. Τα παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (PEMF) θεωρείται πολλά υποσχόμενη τεχνολογία ως προς τη μικροβιακή αδρανοποίηση^{[9],[12]}. Με ελάχιστες μελέτες ως προς την επίδραση της συγκεκριμένης τεχνολογίας στα τρόφιμα, έχει αποδειχθεί ότι δρα ενάντια στους μικροοργανισμούς με το μηχανισμό να μην είναι ακόμη πλήρως κατανοητός.

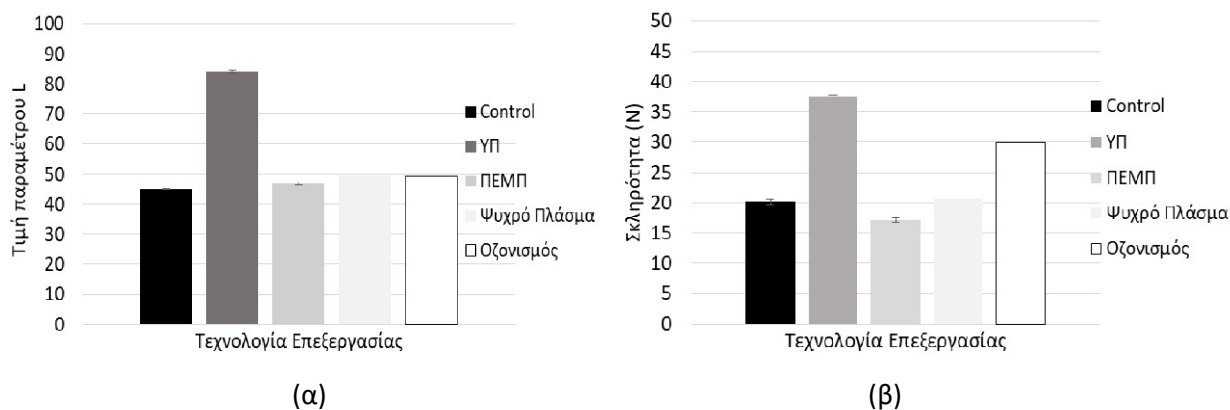
Αντικείμενο της έρευνας ήταν η συγκριτική μελέτη της επίδρασης διαφορετικών μη θερμικών τεχνολογιών επεξεργασίας όπως η Υπερυψηλή Πίεση, το Ψυχρό πλάσμα σε ατμοσφαιρική πίεση, ο Οζονισμός και τα Παλμικά Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία στο μικροβιακό φορτίο και σε παραμέτρους ποιότητας φρέσκων φιλέτων τσιπούρας.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα φιλέτα τσιπούρας (*Sparus aurata*) προμηθεύτηκαν από Ελληνική εταιρία ιχθυοκαλλιέργειας. Μετά από 24 h αποθήκευσης σε θάλαμο 0°C, κατάλληλος αριθμός δειγμάτων επεξεργάστηκε με χρήση τεσσάρων διαφορετικών μη θερμικών τεχνολογιών: Υπερυψηλή Πίεση (300 MPa / 25°C / 5 min), Ψυχρό Ατμοσφαιρικό Πλάσμα (15 min / 45 kHz / 2.8 kV), Όζονισμό (25°C/15 min) και Παλμικά Ηλεκτρομαγνητικά πεδία (15 min / 80 J/pulsed energy / 12.5 mT / 3 Hz). Κατάλληλος αριθμός επεξεργασμένων και ανεπεξέργαστων φιλέτων τσιπούρας αποθηκεύτηκε για μελέτη διατηρησιμότητας (ανάλυση δειγμάτων σε κατάλληλα χρονικά διαστήματα) σε ελεγχόμενες ισοθερμικές συνθήκες 4°C για περίπου 20 d. Η αποτελεσματικότητα της επεξεργασίας σε όλες τις περιπτώσεις αξιολογήθηκε μέσω μικροβιολογικών αναλύσεων και ανάλυση ποιοτικών δεικτών των δειγμάτων. Ειδικότερα, αμέσως μετά την επεξεργασία, όλα τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς το φορτίο σε Ολική Μικροβιακή Χλωρίδα (ΟΜΧ), *Pseudomonas spp.*, ζύμες/μύκητες και Οξυγαλακτικά βακτήρια. Η ποιότητα των φιλέτων αξιολογήθηκε μέσω μέτρησης του χρώματος (τιμές CIELab, CR-300 Minolta Chromameter, Minolta Co., Japan), της τιμής pH, προσδιορισμού της οξειδωσης λιπαρών (μέθοδος T-Bars), ανάλυση υφής (Texture Analyzer HD-plus) και οργανοληπτικό έλεγχο (εμφάνιση, χρώμα, οσμή, υφή, γενική εντύπωση). Σε όλες τις περιπτώσεις, για συγκριτική αξιολόγηση, χρησιμοποιήθηκαν και ανεπεξέργαστα δείγματα (Control).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στα Σχήματα 1 α, β, παρατίθεται η επίδραση της εκάστοτε μη θερμικής επεξεργασίας στην τιμή της παραμέτρου L (φωτεινότητα) του χρώματος (κλίμακα 0 (μαύρο)-100(άσπρο)) καθώς και στη σκληρότητα σε αρχικό χρόνο, αντίστοιχα.



Σχήμα 1. Επίδραση της επεξεργασίας με Υπερυψηλή Πίεση (ΥΠ), Παλμικά Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (ΠΕΜΠ), Ψυχρό Πλάσμα και Οξονισμό **α)** στην παράμετρο L της κλίμακας CIELab και **β)** στη σκληρότητα των φιλέτων τσιπούρας σε αρχικό χρόνο t_0 . Σύγκριση με ανεπεξέργαστα φιλέτα τσιπούρας (Control)

Παρότι συνθήκες Υπερυψηλής Πίεσης 300 MPa/5 min θεωρούνται χαμηλής έντασης οδήγησαν σε αυξημένες τιμές της παραμέτρου L του χρώματος (φωτεινότητα της σάρκας), με αποτέλεσμα της εμφάνιση «μαγειρεμένης σάρκας» ψαριού. Επιπρόσθετα, τα επεξεργασμένα με ΥΠ φιλέτα εμφάνισαν υψηλότερη σκληρότητα συγκριτικά με τα υπόλοιπα δείγματα, με τα επεξεργασμένα με όζον να ακολουθούν. Τα επεξεργασμένα φιλέτα με ΠΗΜΠ βρέθηκαν πιο μαλακά (μείωση της σκληρότητας) συγκριτικά με όλα τα υπόλοιπα δείγματα.

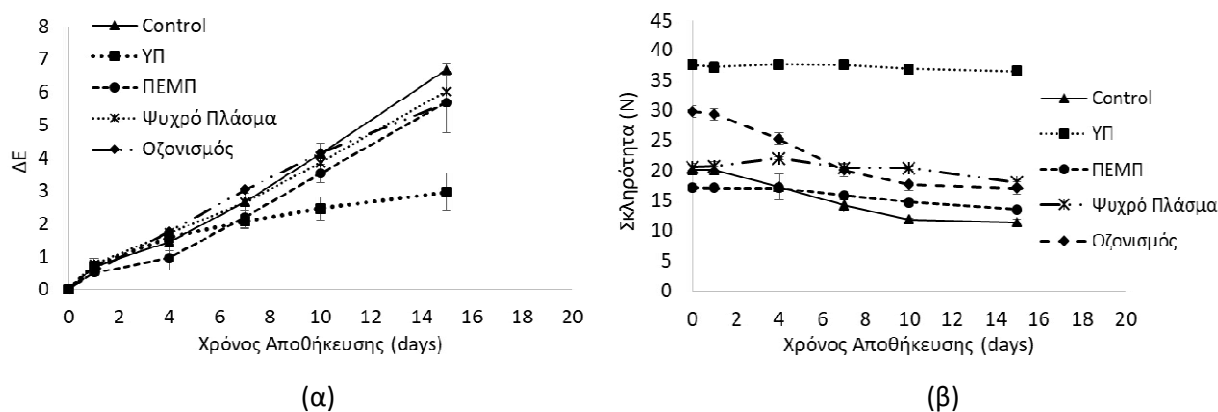
Μετά από μικροβιολογική ανάλυση των επεξεργασμένων με διαφορετικές μη θερμικές τεχνολογίες φιλέτων τσιπούρας και σύγκριση με τα ανεπεξέργαστα δείγματα (Control) σε χρόνο μηδέν, το %ποσοστό μείωσης του φορτίου των μελετηθέντων μικροοργανισμών αναφέρεται στον Πίνακα 1.

Πίνακας 1. Ποσοστό μείωσης (%) του αρχικού μικροβιακού φορτίου (LogCFU/g) επεξεργασμένων φιλέτων τσιπούρας συγκριτικά με ανεπεξέργαστα δείγματα.

Κατηγορία Μικροοργανισμών	Τεχνολογία Επεξεργασίας			
	ΥΠ	Ψυχρό Πλάσμα	ΠΕΜΠ	Οξονισμός
TVC	64.10%	18.57%	7.61%	8.74%
Lab	71.40%	38.49%	23.88%	38.49%
<i>Pseudomonas spp.</i>	60.85%	18.19%	3.81%	5.34%
<i>Enterobacteriaceae</i>	76.34%	13.85%	5.18%	6.84%

Όπως παρατηρείται, ακριβώς μετά από την επεξεργασία τα φιλέτα με την υψηλότερη μείωση της ολικής μικροβιακής χλωρίδας ήταν τα επεξεργασμένα με Υπερυψηλή Πίεση με ποσοστό μείωσης 64.1% και ακολουθούν τα επεξεργασμένα με ψυχρό πλάσμα με ποσοστό μείωσης 18.5%. Στα επεξεργασμένα με παλμικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία φιλέτα η ολική χλωρίδα μειώθηκε κατά 7.6% και στα οξονισμένα κατά 8.7%.

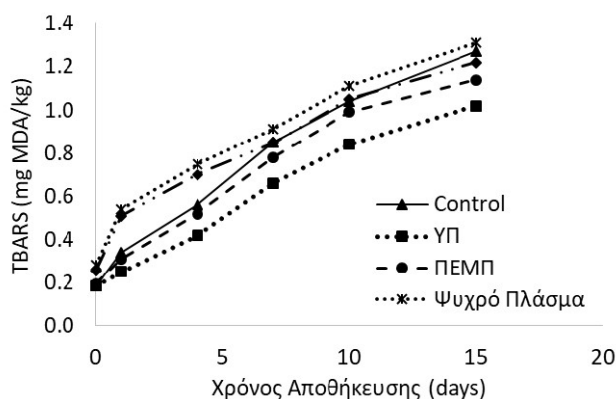
Ως προς την αξιολόγηση των φιλέτων τσιπούρας κατά την αποθήκευσή τους, στα Σχήματα 2 α, β παρατίθεται η μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) καθώς και της σκληρότητας των ανεπεξέργαστων και επεξεργασμένων με διαφορετικές μη θερμικές τεχνολογίες φιλέτων τσιπούρας με το χρόνο αποθήκευσης σε θερμοκρασία 4°C.



Σχήμα 2. Επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στους 4°C α) στη μεταβολή του χρώματος (ΔΕ) και β) στη σκληρότητας των ανεπεξεργαστων (Control) και επεξεργασμένων φιλέτων τσιπούρας.

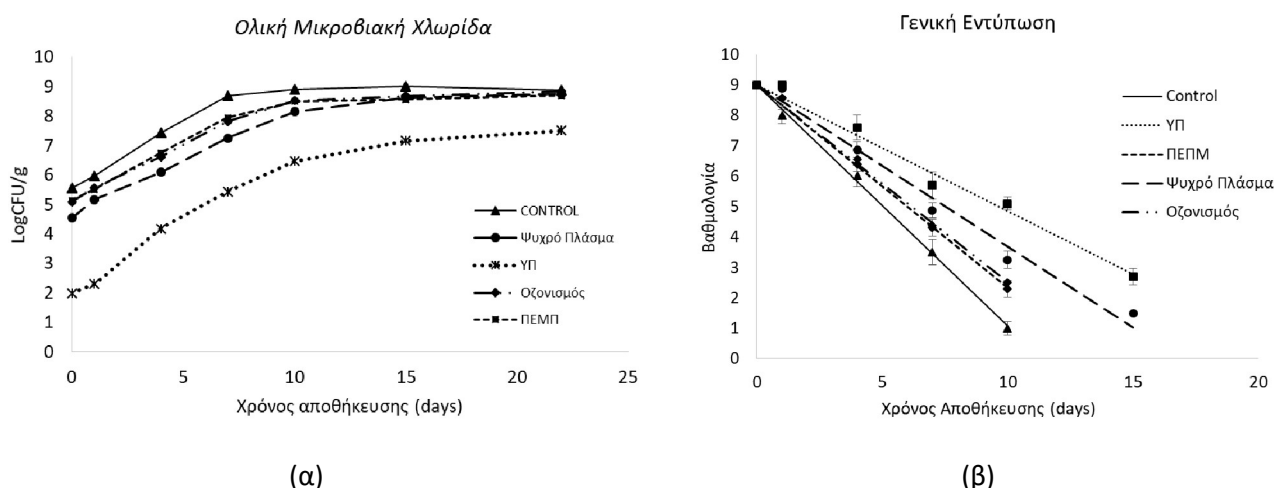
Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης στους 4°C, τα επεξεργασμένα φιλέτα με ΥΠ φάνηκε να διατηρούν σε μεγαλύτερο βαθμό το χρώμα τους συγκριτικά τα υπόλοιπα δείγματα. Σε όλα τα δείγματα, η σκληρότητα μειώθηκε κατά την αποθήκευσή τους με την υψηλότερη μείωση να παρατηρείται στα επεξεργασμένα με όζον δείγματα και στα δείγματα αναφοράς.

Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η μεταβολή ως προς την οξείδωση των λιπαρών οξέων εκφρασμένο σε τιμή TBARS (mg MDA/kg) των φιλέτων τσιπούρας κατά την αποθήκευσή τους στους 4°C.



Σχήμα 3. Μεταβολή της τιμής TBARS (mg MDA/kg) επεξεργασμένων με διαφορετικές μη θερμικές τεχνολογίες φιλέτων τσιπούρας με το χρόνο αποθήκευσης στους 4°C.

Τα επεξεργασμένα με Ψυχρό Πλάσμα φιλέτα εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές TBARS (επίπεδο παραγόμενων προϊόντων δευτερογενούς οξείδωσης), με τα επεξεργασμένα με όζον δείγματα να ακολουθούν, ενώ τις χαμηλότερες τιμές χωρίς στατιστικά σημαντικές διαφορές ($p > 0.05$) παρουσίασαν τα επεξεργασμένα με ΥΠ και τα δείγματα αναφοράς. Ωστόσο ο συγκεκριμένος δείκτης δεν αποτέλεσε κριτήριο για τον προσδιορισμό της ποιοτικής υποβάθμισης του τροφίμου. Στα Σχήματα 3 α, β, απεικονίζεται η μεταβολή της ολικής μικροβιακής χλωρίδας καθώς και η μεταβολή της βαθμολογίας της γενικής εντύπωσης των επεξεργασμένων και μη φιλέτων τσιπούρας με το χρόνο αποθήκευσης στους 4°C, αντίστοιχα.



Σχήμα 4. Μεταβολή α) της Ολικής Μικροβιακής Χλωρίδας και β) της βαθμολογίας της γενικής εντύπωσης για τα ανεπεξεργαστα και επεξεργασμένα με διαφορετικές μη θερμικές τεχνολογίες φιλέτων τσιπούρας με το χρόνο αποθήκευσης σε θερμοκρασία 4°C.

Για τον προσδιορισμό και τη σύγκριση της διατηρησιμότητας των φιλέτων τσιπούρας στους 4°C, ο βαθμός 5 θεωρήθηκε ως το όριο για την ελάχιστη αποδοχή των φιλέτων τσιπούρας. Για όλα τα δείγματα, ο χρόνος της οργανοληπτικής απόρριψης συνέπεσε με φορτίο TVC 7.5 LogCFU/g. Η διάρκεια ζωής των φιλέτων τσιπούρας στους 4°C προσδιορίστηκε μέσω της οργανοληπτικής αξιολόγησης στις 5 ημέρες για τα μη επεξεργασμένα δείγματα και ως 9+, 7+, 6 και 6 ημέρες για τα φιλέτα ψαριών που είχαν υποστεί επεξεργασία με ΥΠ, Ψυχρό πλάσμα, Όζον και ΠΗΜΠ, αντίστοιχα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των φιλέτων τσιπούρας με μη θερμικές τεχνολογίες οδήγησε σε αύξηση του χρόνου ζωής τους κατά 4, 2.5, 1 και 1 ημέρες μετά από επεξεργασία με ΥΠ, Ψυχρό πλάσμα, Όζον και ΠΗΜΠ, αντίστοιχα, για τις επιλεγμένες συνθήκες διεργασίας. Η επεξεργασία με ΥΠ φάνηκε πιο αποτελεσματική στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, αλλά παρατηρήθηκε αλλαγή χρώματος και υφής (εμφάνιση μαγειρεμένου). Η επεξεργασία με Ψυχρό πλάσμα μείωσε σε ικανοποιητικό βαθμό το μικροβιακό φορτίο και δε φάνηκε να επηρεάζει σημαντικά τους δείκτες ποιότητας των φιλέτων. Η εφαρμογή ΠΗΜΠ και Όζοντος φάνηκε λιγότερο αποτελεσματική στη μείωση του φορτίου, χωρίς όμως να επηρεάζουν σημαντικά και τους υπόλοιπους δείκτες ποιότητας των φιλέτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Achen, M. & Yousef, A.E. J Food Sci, 66(9) (2001), 1380-4.
- [2] Bauer, A., Ni, Y., Bauer, S., Paulsen, P., Modic, M., Walsh, J.L., Smulders F.J.M. Meat Sci. 128 (2017), 77–87
- [3] Chouhan, A., Kaur, B.P., Rao, P.S. Inn Food Sci Emerg Technol, 29 (2015), 151-160.
- [4] Guzel-Seydim, Z.B., Greene, A.K., Seydim, A.C. LWT-Food Science and Technology 37 (4) (2004), 453-460.
- [5] Hurtado, J.L., Montero, P., Borderias, A.J. Revista de Agaroq. y Tecnol. de Alimentos, 6(3) (2000), 243-249
- [6] Karaca, H., Velioglu, Y.S. Food Reviews International, 23(1) (2007), 91–106.
- [7] Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S., Itoh, K. J. Food Prot. 64 (2001), 652-658.
- [8] Min, S.C., Roh, S.H., Niemira, B.A., Boyd, G., Sites, J.E., Uknalis, J., Fan, X. Food Microbiol. 65 (2017), 1–6.
- [9] Tadevosian, A., Kalantarian, V., Trchunian, A. Biofizika, 52(5) (2006), 893-898.
- [10] Tappi, S. Gozzi, G., Vannini, L., Berardinelli, A., Romani, S., Ragni, L., Rocculi, P. Innov. Food Sci. Emerg. Technol. 33 (2016), 225–233.
- [11] Teixeira, C., Gamito, R., Leitão, F., Cabral, H., Erzini, K., Costa, M. Reg. Environ. Change 14(2014), 657-669
- [12] Torgomyan, H., Kalantaryan, V., Trchounian, A. Cell biochemistry and biophysics, 60(3) (2011), 275-281.
- [13] Tsironi, T., Maltezou, I., Tsevdou, M., Katsaros, G., Taoukis, P (2015). FABT 8(3) (2015), 681–690.
- [14] Yagiz, Y., Kristinsson, H.G., Balaban, M.O., Welt, B.A., Ralat, M., Marshall, M.R. Food Chem. 116 (2009), 828-835.