

**ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗ ΣΤΑΘΕΡΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΣΤΗΝ
ΔΙΑΤΗΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ Ο/Ω ΓΑΛΑΚΤΩΜΑΤΩΝ
ΕΜΠΛΟΥΤΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕ ΕΚΧΥΛΙΣΜΑΤΑ ΤΟΥ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟΥ ΦΥΤΟΥ *Satureja thymbra*,
ΡΟΣΜΑΡΙΝΙΚΟ ΟΞΥ ΚΑΙ ΚΕΡΚΕΤΙΝΗ**

Ε. Χουλιτούδη*, Μ. Χρήστου, Δ. Τσιμογιάννης, Β. Ωραιοπούλου

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*echoulit@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πολλά προϊόντα διατροφής είναι γαλακτώματα τύπου ελαίου σε νερό (o/w), όπως το γάλα και τα γαλακτοκομικά προϊόντα, οι σάλτσες σαλάτας, η μαγιονέζα. Μία κύρια αιτία υποβάθμισης της ποιότητας αυτών των προϊόντων είναι η οξείδωση των λιπιδίων. Στην παρούσα ερευνητική εργασία εξετάστηκε η επίδραση εκχυλισμάτων του φυτού *S. thymbra* στην οξειδωτική σταθερότητα γαλακτωμάτων ηλιέλαιου σε νερό, 30%, κατά την αποθήκευση στους 5, 25 και 40 °C, καθώς και η σταθερότητα των φαινολικών ενώσεων υπό αυτές τις συνθήκες. Τα εκχυλίσματα παραληφθήκαν με διαδοχικές εκχυλίσεις με οξικό αιθυλεστέρα και αιθανόλη και ενσωματώθηκαν στην λιπαρή φάση του γαλακτώματος σε περιεκτικότητα 500 mg GAE/kg ελαίου. Τα γαλακτώματα παρασκευάστηκαν με ανάμιξη της λιπαρής με την υδατική φάση σε ομογενοποιητή υψηλής ταχύτητας και ομογενοποίηση σε ομογενοποιητή υψηλής πίεσης. Παράλληλα, έγιναν πειράματα με κερκετίνη και ροσμαρινικό οξύ, αντιπροσωπευτικές ενώσεις των φλαβονοειδών που βρίσκονται στο εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα και των φαινολικών οξέων που βρίσκονται κυρίως στο αιθανολικό εκχύλισμα, αντίστοιχα.

Με αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε αύξηση του ρυθμού οξείδωσης. Το αιθανολικό εκχύλισμα και η κερκετίνη φαίνεται να παρέχουν τη μεγαλύτερη αντιοξειδωτική προστασία ακολουθούμενα από το εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα και το ροσμαρινικό οξύ. Μέτρηση των ολικών φαινολών (Folin – Ciocalteu) των γαλακτωμάτων έδειξε μείωση αυτών καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Μελέτη της διατηρησιμότητας των πρότυπων ενώσεων με HPLC-DAD έδειξε ότι ο ρυθμός διάσπασης του ροσμαρινικού οξέος είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο της κερκετίνης. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν την πιθανότητα παράτασης της διάρκειας ζωής ο/w γαλακτωμάτων εμπλουτισμένων με εκχυλίσματα του αρωματικού φυτού *S. thymbra*.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα μεγάλο πρόβλημα των λιπαρών υλών είναι η οξείδωση, η οποία επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως θέρμανση, φως ή παρουσία μετάλλων, και μπορεί να επιφέρει δυσάρεστη γεύση και οσμή. Τα γαλακτώματα παρασκευάζονται κατά κύριο λόγο από λάδι διεσπαρμένο σε νερό και η οξείδωση, που θεωρείται διεπιφανειακό φαινόμενο, είναι πιο έντονη από ότι στο χύμα λάδι¹. Αυτό μπορεί να οφείλεται στις συνθήκες επεξεργασίας που απαιτούνται για την παραγωγή του γαλακτώματος, συμπεριλαμβανομένης και της έκθεσης στον αέρα (οξυγόνο) και των υψηλών θερμοκρασιών σε κάποιες περιπτώσεις. Επιπλέον, η δημιουργία της διεπιφάνειας μεταξύ του ελαίου και του νερού μπορεί να προάγει τη σύνδεση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων στη λιπαρή φάση και των προοξειδωτικών, όπως ιόντα ιχνοστοιχείων, στην υδατική φάση.

Μια συνηθισμένη μέθοδος προστασίας των λιπαρών υλών είναι η προσθήκη αντιοξειδωτικών. Στις μέρες μας υπάρχει μια συνεχώς αυξανόμενη τάση αντικατάστασης των συνθετικών αντιοξειδωτικών με άλλα προερχόμενα από φυσικές πηγές. Τα βότανα της οικογένειας *Lamiaceae* είναι ευρύτατα διαδεδομένα στην Ελλάδα και γνωστά για τις βιοδραστικές τους ενώσεις με αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες. Το θρούμπι (*Satureja thymbra*) ανήκει στην οικογένεια *Lamiaceae* και τα εκχυλίσματα του είναι πλούσια σε φαινολικά συστατικά με

ικανότητα δέσμευσης ελεύθερων ριζών και αντιοξειδωτική δράση ². Αντιπροσωπευτικά είναι τα φαινολικά οξέα, κυρίως το ροσμαρινικό οξύ και η τα φλαβονοειδή όπως η κερκετίνη, τα οποία παρουσιάζουν αντιοξειδωτική δράση ^{3,4}.

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στόχος της εργασίας είναι ο εμπλουτισμός γαλακτωμάτων με φαινολικά συστατικά από θρούμπι, ώστε να προστατευθούν έναντι της οξείδωσης, αλλά και να εμπλουτισθούν με βιοδραστικά συστατικά. Η αντιοξειδωτική προστασία και η διατήρηση των φαινολικών συστατικών μελετήθηκε σε θερμοκρασιακό εύρος 5-40 °C, που καλύπτει από τις θερμοκρασίες συντήρησης έως κακής μεταχείρισης των γαλακτωμάτων. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν για σύγκριση κερκετίνη και ροσμαρινικό οξύ, αντιπροσωπευτικές ενώσεις των φλαβονοειδών και των φαινολικών οξέων που βρίσκονται στο θρούμπι.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Τα εκχυλίσματα παρασκευάστηκαν από αποξηραμένη και απειλωμένη φυτομάζα *S. thymbra*. Η κονιοποιημένη φυτομάζα υποβλήθηκε σε εξαντλητική εκχύλιση σε συσκευή Soxhlet αρχικά με οξικό αιθυλεστέρα και στη συνέχεια με αιθανόλη. Το επίπεδο προσθήκης των πρότυπων ενώσεων και των εκχυλισμάτων ήταν τα 500 mg ολικών φαινολών/kg λιπαρής φάσης των γαλακτωμάτων, ενώ η συγκέντρωση του ηλιελαίου ήταν 30% w/w στο γαλάκτωμα. Το pH της υδατικής φάσης ρυθμίστηκε στο 6.8, ως αντιμικροβιακό χρησιμοποιήθηκε το αζίδιο του νατρίου και ως γαλακτωματοποιητής ο Tween 20. Ακολούθησε ομογενοποίηση σε ομογενοποιητή υψηλής ταχύτητας και στη συνέχεια σε ομογενοποιητή υψηλής πίεσης δύο σταδίων. Τα γαλακτώματα συσκευάστηκαν σε πολυστρωματικές συσκευασίες και αποθηκεύτηκαν σε θαλάμους σταθερής θερμοκρασίας των 5 °C, 25 °C και 40 °C. Σε κάθε διπλή δειγματοληψία, γινόταν διάσπαση και λήψη της υδατικής και της λιπαρής φάσης των γαλακτωμάτων προκειμένου να γίνουν μελέτες για την οξειδωτική τους σταθερότητα.

Ο προσδιορισμός των συστατικών των αρχικών εκχυλισμάτων καθώς και αυτών που βρίσκονταν στην υδατική φάση των γαλακτωμάτων πραγματοποιήθηκε με HPLC-DAD, με στήλη αντίστροφης φάσης, σύμφωνα με τη μέθοδο Tsimogiannis et al., 2017 ². Η μέθοδος Folin-Ciocalteu ⁵ χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ολικών φαινολών των εκχυλισμάτων και της υδατικής φάσης των γαλακτωμάτων. Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε ισοδύναμα γαλλικού οξέος (GAE), μέσω κατασκευής καμπύλης αναφοράς.

Ο προσδιορισμός του αριθμού υπεροξειδίων έγινε σύμφωνα με την πρότυπη μέθοδο Cd 8-53 της AOCS (1998) ⁶. Τα δευτερογενή πτητικά προϊόντα της οξείδωσης των λιπαρών στα γαλακτώματα απομονώθηκαν με την τεχνική της μικροεκχύλισης σε στερεή φάση από τον υπερκείμενο χώρο του δείγματος (HS-SPME, headspace solid phase microextraction) και μετρήθηκαν σε αέριο χρωματογράφο (Agilent HP 6890) συζευγμένο με φασματογράφο μάζας (Agilent HP 5973, Hewlett Packard, Palo Alto, California). Η μέτρηση του οξυγόνου του υπερκείμενου χώρου των γαλακτωμάτων έγινε με τη συσκευή Gas-analyser CheckMate 9900 O₂/CO₂ PBI Dansensor (Ringsted, Denmark).

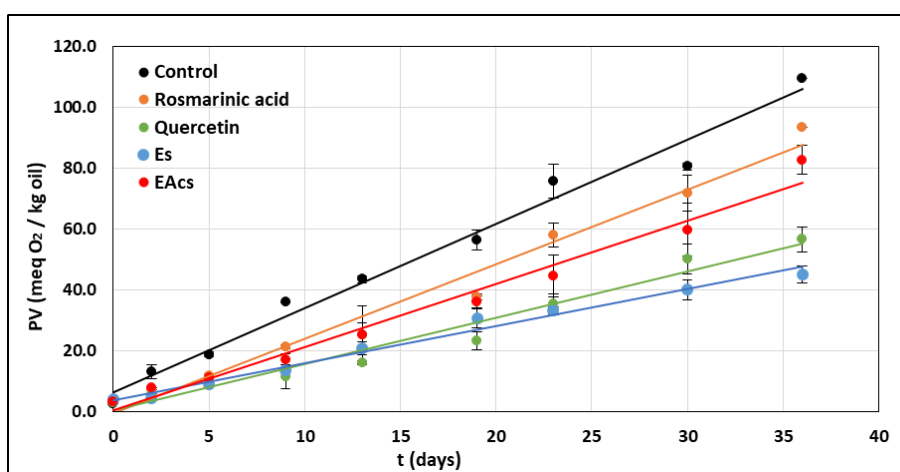
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα κύρια φαινολικά συστατικά των εκχυλισμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των γαλακτωμάτων ήταν φαινολικά οξέα και φλαβονοειδή. Ο οξικός αιθυλεστέρας έχει ανακτήσει σε μεγαλύτερο ποσοστό τα λιγότερο πολικά βιοδραστικά συστατικά όπως καρβακρόλη (213 mg/L), θυμόλη (170 mg/L), απιγενίνη (122 mg/L), εριοδικτυόλη (81 mg/L), και ναριγγενίνη (52 mg/L),

αλλά και μικρές ποσότητες φαινολικών (304 mg/L). Αντίθετα στο εκχύλισμα της αιθανόλης εντοπίζονται πιο πολικές ενώσεις σε μεγαλύτερες ποσότητες, φαινολικά οξέα (1089 mg/L), με κυρίαρχο το ροσμαρινικό οξύ (1033 mg/L) και γλυκοζίτες φλαβονοειδών (1420 mg/L). ενώ η ένωση που κυριαρχεί στο εκχύλισμα είναι. Οι ολικές φαινόλες προσδιορίστηκαν ως 675 mg GAE/L στο εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα και 4231 mg GAE/L στο αιθανολικό εκχύλισμα.

Στο σχήμα 1 παρουσιάζεται η μεταβολή του αριθμού υπεροξειδίων σε συνάρτηση με το χρόνο στους 40 °C, ενώ στο σχήμα 2 η μεταβολή της οξειδωσης γαλακτώματος εμπλουτισμένου με ροσμαρινικό οξύ ή κερκετίνη στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης. Παρόμοια επίδραση της θερμοκρασίας έδειξαν και τα γαλακτώματα με τα φυτικά πρόσθετα. Τόσο οι καθαρές ενώσεις κερκετίνη και ροσμαρινικό οξύ όσο και τα αντιοξειδωτικά εκχυλίσματα από θρούμπι προστάτεψαν τα γαλακτώματα έναντι της δημιουργίας πρωτογενών προϊόντων οξειδωσης αφού ο ρυθμός αύξησης των υπεροξειδίων των δειγμάτων χωρίς πρόσθετα (control) είναι μεγαλύτερος από εκείνους που προκύπτουν από όλες τις υπόλοιπες σειρές δειγμάτων που εξετάστηκαν. Επίσης δεν παρατηρήθηκε χρόνος επώασης σε κανένα από τα υπό μελέτη γαλακτώματα. Μια άλλη σημαντική παρατήρηση είναι πως όσο ο αριθμός των υπεροξειδίων είναι μικρότερος ή και ίσος του 10 δεν υπάρχει μεγάλη διαφοροποίηση στη αντιοξειδωτική δράση που προσφέρουν τα διαφορετικά αντιοξειδωτικά.

Είναι προφανές ότι ο σχηματισμός υπεροξειδίων, κατά την πρώτη φάση της οξειδωσης που μελετήθηκε στα πειράματά μας, ακολούθησε σε όλες τις περιπτώσεις γραμμική αύξηση με τον χρόνο αποθήκευσης και στον Πίνακα 1 φαίνονται οι σταθερές των ρυθμών αύξησης για όλα τα δείγματα και στις τρεις θερμοκρασίες καθώς και οι ενέργειες ενεργοποίησης.



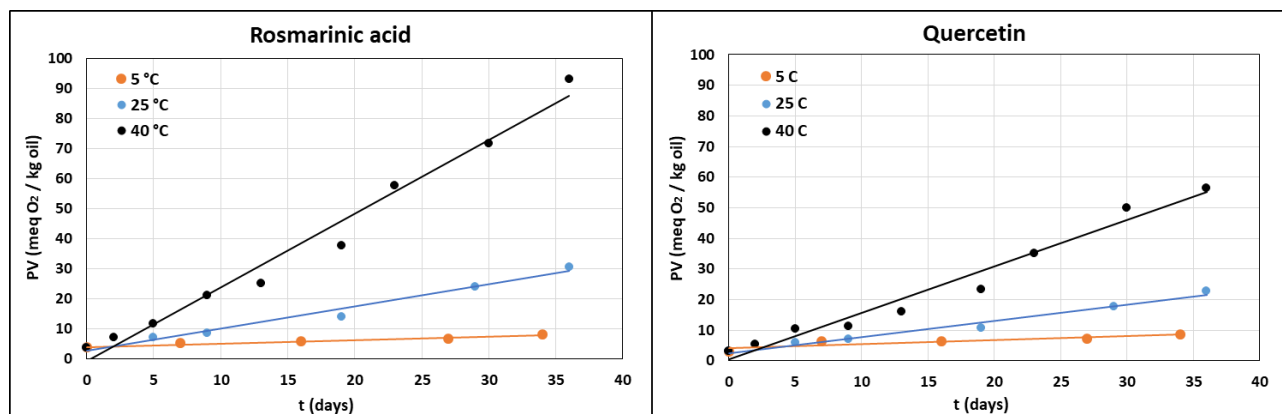
Σχήμα 1. Επίδραση της προσθήκης πρότυπων ενώσεων και εκχυλισμάτων από το φυτό *S. thymbra* στην δημιουργία υδροϋπεροξειδίων σε γαλακτώματα στους 40 °C (Es: αιθανολικό εκχύλισμα, EAcs: εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα)

Όπως φαίνεται και στον πίνακα 1, τον βραδύτερο ρυθμό οξειδωσης, άρα την καλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα έχουν το αιθανολικό εκχύλισμα (Es) και η κερκετίνη, ακολουθεί το εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα (EAcs), ενώ χειρότερη δράση έχει το ροσμαρινικό οξύ. Η στατιστική επεξεργασία που πραγματοποιήθηκε απέδειξε ότι η παραγωγή των υδροϋπεροξειδίων εξαρτάται τόσο από την ουσία που προστέθηκε όσο και από τον χρόνο αποθήκευσης. Η θερμοκρασία επηρεάζει σημαντικά τους ρυθμούς αύξησης των πρωτογενών προϊόντων οξειδωσης για όλες τις σειρές δειγμάτων που μελετήθηκαν, όπως φαίνεται στο σχήμα 2 και στον πίνακα 1. Από τις τιμές της ενέργειας ενεργοποίησης φαίνεται ότι την μεγαλύτερη επίδραση έχει η θερμοκρασία στα γαλακτώματα με την κερκετίνη και το εκχύλισμα του EAcs ακολουθούμενα από εκείνα του ροσμαρινικού οξέος και του αιθανολικού εκχυλίσματος.

Πίνακας 1. Σταθερές του ρυθμού αύξησης υδροϋπεροξειδίων με το χρόνο και ενέργειες ενεργοποίησης σε γαλακτώματα με εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα (EAcS), αιθανόλης (Es), κερκετίνη και ροσμαρινικό οξύ.

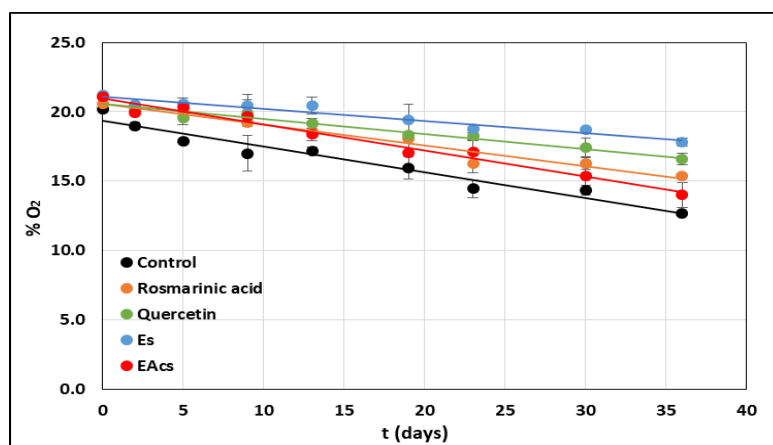
Θερμοκρασία	Σταθερά του ρυθμού αύξησης των υπεροξειδίων ($k \pm sd, \text{days}^{-1}$)				
	Control	Rosmarinic acid	Quercetin	Es	EAcS
5 °C	0.62±0.04 ^{A,a}	0.12±0.02 ^{B,a}	0.13±0.02 ^{B,a}	0.13±0.03 ^{B,a}	0.11±0.01 ^{B,a}
25 °C	1.43±0.06 ^{A,b}	0.74±0.07 ^{B,b}	0.53±0.04 ^{C,b}	0.53±0.04 ^{C,b}	0.64±0.05 ^{BC,b}
40 °C	2.76±0.14 ^{A,c}	2.45±0.18 ^{AB,c}	1.52±0.10 ^{C,c}	1.22±0.06 ^{C,c}	2.07±0.12 ^{B,c}
Ea (kJ/mol)	30.62±1.56 ^D	50.84±0.34 ^B	62.81±1.71 ^A	46.31±0.37 ^C	60.61±0.06 ^A

Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα στην ίδια γραμμή και πεζά γράμματα στην ίδια στήλη δείχνουν σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών ($p < 0.05$)



Σχήμα 2. Επίδραση της θερμοκρασίας στη δημιουργία υδροϋπεροξειδίων σε γαλακτώματα με προσθήκη ροσμαρινικού οξέος και κερκετίνης.

Στο σχήμα 3 φαίνεται ότι ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου είναι αντιστρόφως ανάλογος με τον ρυθμό παραγωγής υπεροξειδίων. Σε όλες τις σειρές δειγμάτων παρατηρείται μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Όλα τα control δείγματα που μελετήθηκαν παρουσίασαν τη μεγαλύτερη κατανάλωση οξυγόνου, ακολουθούμενα από εκείνα με το EAcS και το ροσμαρινικό οξύ. Την χαμηλότερη κατανάλωση οξυγόνου είχαν οι σειρές δειγμάτων Es και κερκετίνης.



Σχήμα 3. Επίδραση της προσθήκης πρότυπων ενώσεων και εκχυλισμάτων από το φυτό *S. thymbra* στην κατανάλωση οξυγόνου σε γαλακτώματα στους 40 °C.

Η κατανάλωση του οξυγόνου εξαρτάται τόσο από την ουσία που προστέθηκε στο γαλάκτωμα όσο και από τη θερμοκρασία αποθήκευσης (πίνακας 2). Στο πείραμα των 5 °C, ο ρυθμός κατανάλωσης του οξυγόνου είναι μικρός, λόγω χαμηλής θερμοκρασίας, και συνεπώς μόνο τα δείγματα με κερκετίνη φαίνεται να διαφοροποιούνται σημαντικά από τα control δείγματα, ενώ όλες οι

υπόλοιπες σειρές δειγμάτων φαίνεται ότι παρέχουν παρόμοια αντιοξειδωτική προστασία έναντι της οξείδωσης των γαλακτωμάτων. Στους 25 °C και 40 °C παρατηρείται μια διαφοροποίηση του ρυθμού μείωσης του οξυγόνου μεταξύ των δειγμάτων με διαφορετικά πρόσθετα. Σε όλες τις σειρές δειγμάτων που μελετήθηκαν παρατηρήθηκε αύξηση του ρυθμού κατανάλωσης του οξυγόνου με αύξηση της θερμοκρασίας. Η μικρότερη μεταβολή στη συγκέντρωση του οξυγόνου παρατηρείται για τα δείγματα Es και κερκετίνης ακολουθούμενα από εκείνα του ροσμαρινικού οξέος και του EAcS.

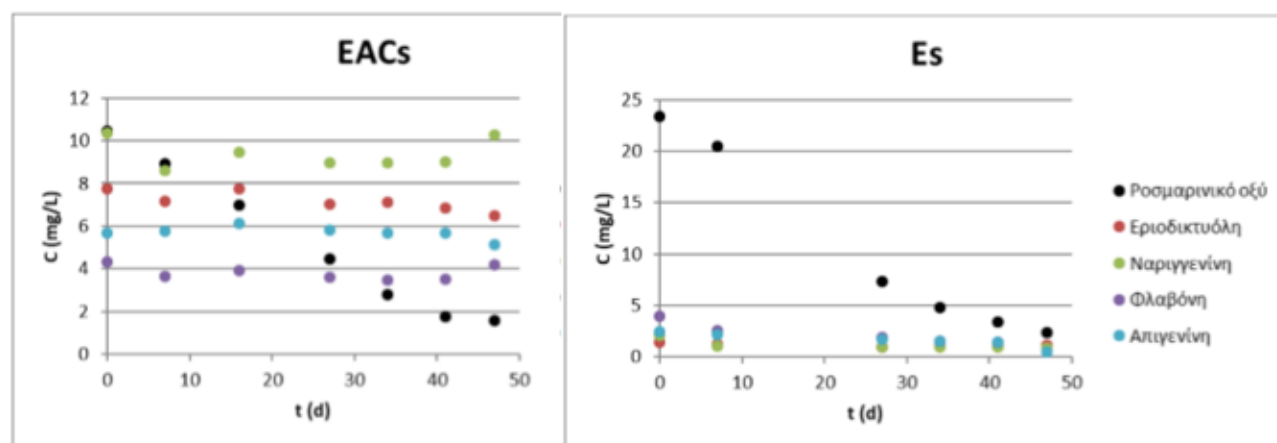
Πίνακας 2. Σταθερές του ρυθμού κατανάλωσης O_2 ($k \pm sd$) με το χρόνο και ενέργειες ενεργοποίησης σε γαλακτώματα με εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα (EAcS), αιθανόλης (Es), κερκετίνης και ροσμαρινικό οξύ.

Θερμοκρασία	Σταθερά του ρυθμού μείωσης του οξυγόνου ($k \pm sd, \text{days}^{-1}$)				
	Control	Rosmarinic acid	Quercetin	Es	EAcS
5 °C	-0.082±0.015 ^{A,a}	-0.047±0.009 ^{AB,a}	-0.044±0.005 ^{B,a}	-0.048±0.008 ^{AB,ab}	-0.054±0.010 ^{AB,a}
25 °C	-0.113±0.015 ^{A,a}	-0.096±0.011 ^{AB,b}	-0.067±0.006 ^{BC,a}	-0.029±0.011 ^{C,a}	-0.109±0.012 ^{AB,b}
40 °C	-0.185±0.016 ^{A,b}	-0.150±0.010 ^{A,c}	-0.109±0.009 ^{B,b}	-0.087±0.008 ^{B,b}	-0.188±0.011 ^{A,c}
E_a (kJ/mol)	15.257±3.083 ^A	24.232±0.483 ^A	18.727±2.830 ^A	11.238±8.776 ^A	25.635±1.196 ^A

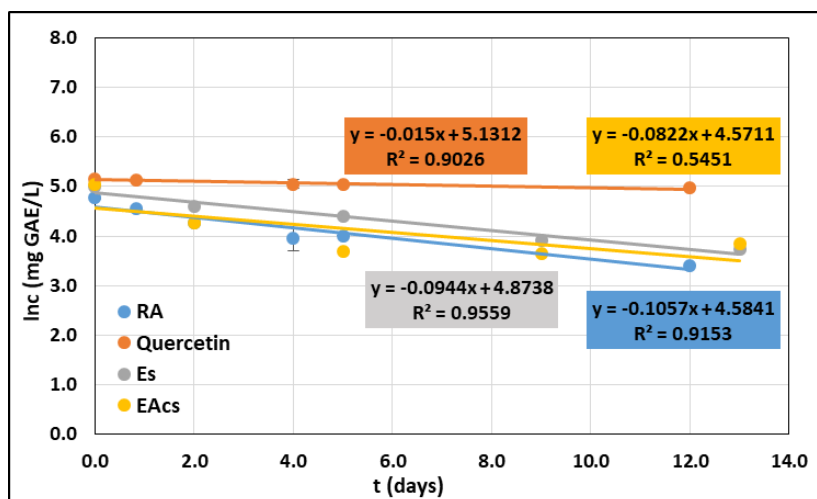
Διαφορετικά κεφαλαία γράμματα στην ίδια γραμμή και πεζά γράμματα στην ίδια στήλη δείχνουν σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών ($p < 0.05$)

Επιπλέον προσδιορίστηκαν τα δευτερογενή πτητικά προϊόντα της οξείδωσης με μέτρηση της παραγόμενης εξανάλης του υπερκείμενου χώρου της συσκευασίας. Με αύξηση της θερμοκρασίας παρατηρήθηκε αύξηση της συγκέντρωσης της εξανάλης, καθώς αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται αύξηση των δευτερογενών προϊόντων οξείδωσης. Παρ' όλα αυτά, δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των σειρών δειγμάτων που εξετάστηκαν, για καμία από τις υπό μελέτη θερμοκρασίες.

Κύρια ένωση των δύο εκχυλισμάτων από θρούμπι ήταν το ροσμαρινικό οξύ. Στο σχήμα 4 βλέπουμε την κατανάλωση των φαινολικών συστατικών των εκχυλισμάτων καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Δεν εντοπίστηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη μεταβολή της συγκέντρωσης των φαινολών κατά την αποθήκευση των γαλακτωμάτων, πλην του ροσμαρινικού οξέος. Επομένως η αντιοξειδωτική δράση που εμφανίζουν τα εκχυλίσματα πιθανώς οφείλεται, κατά μεγάλο μέρος, στο ροσμαρινικό οξύ. Αυτό μπορεί να εξηγήσει και την καλύτερη δράση του αιθανολικού εκχυλίσματος του φυτού, το οποίο έχει αυξημένη συγκέντρωση ροσμαρινικού οξέος, σε σχέση με το εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα. Η μείωση των ολικών φαινολών τόσο των πρότυπων ενώσεων όσο και των εκχυλισμάτων από θρούμπι ακολουθεί κινητική πρώτης τάξης και οι ρυθμοί κατανάλωσης αυτών φαίνονται στο σχήμα 5. Η κερκετίνη εμφανίζει πολύ χαμηλή κατανάλωση, παρότι περιέχει πολύ καλή προστασία στο γαλάκτωμα.



Σχήμα 4. Κατανάλωση φαινολικών ενώσεων στα γαλακτώματα με EAcS και Es σε θερμοκρασία 5 °C.



Σχήμα 5. Κατανάλωση φαινολικών ενώσεων στους 40 °C.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ενώσεις οι οποίες προέρχονται από το θρούμπι (*Satureja thymbra*) μπορούν να περιορίσουν και να καθυστερήσουν την οξείδωση των λιπαρών υλών σε γαλακτώματα. Τα εκχυλίσματα του φυτού, τα οποία περιέχουν διαφορετικό είδος και ποσότητα φαινολικών συστατικών έδειξαν διαφορετική δράση, με το αιθανολικό εκχύλισμα να είναι πιο αποτελεσματικό σε σχέση με το εκχύλισμα οξικού αιθυλεστέρα του φυτού. Η ένωση που καταναλώνεται, κυρίως, και προσφέρει αντιοξειδωτική προστασία είναι πιθανώς το ροσμαρινικό οξύ. Το ροσμαρινικό οξύ που εντοπίζεται σε αυτά τα εκχυλίσματα είναι σε αρκετά μικρότερη ποσότητα σε σχέση με τη συγκέντρωση που χρησιμοποιήθηκε στο γαλάκτωμα με καθαρό ροσμαρινικό οξύ, όπου η ένωση αυτή επέδειξε την χειρότερη συμπεριφορά ως προς τη προστασία των γαλακτωμάτων. Αυτή η διαφορετική δράση μπορεί να οφείλεται είτε στην συνεργιστική δράση που αναπτύσσει το ροσμαρινικό οξύ με άλλες ενώσεις των εκχυλισμάτων είτε στην μερική οξείδωσή του και προώθηση της οξείδωσης των λιπαρών, όταν υπάρχει σε μεγάλες συγκεντρώσεις στο σύστημα. Η αντιοξειδωτική δράση των ενώσεων εξαρτάται από τη δομή τους· έτσι η κερκετίνη αποδείχθηκε καλύτερο αντιοξειδωτικό από το ροσμαρινικό οξύ στα γαλακτώματα, στην ίδια συγκέντρωση. Όσον αφορά στην προστασία των ενώσεων μέσα στα γαλακτώματα αποδείχτηκε ότι η χρήση αυτών των συστημάτων γίνεται λιγότερο αποτελεσματική όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αποθήκευσης. Παρ' όλα αυτά στους 5 °C το γαλάκτωμα είναι ένας αποτελεσματικός φορέας διατήρησης των φαινολικών ενώσεων, ώστε με τον εμπλουτισμό του να βελτιωθεί το υγιεινό προφίλ του προϊόντος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] E.N. Frankel. 2nd ed. Bridgewater England: The Oily Press (2012)
- [2] D. Tsimogiannis, E. Choulitoudi, A. Bimpilas, G. Mitropoulou, Y. Kourkoutas, V. Oreopoulou. JARMAP 4, (2017) 12-20.
- [3] N. Buchner, A. Krumbein, S. Rohn, L. Kroh. Rapid Commun Mass Spectrom 20, (2006) 3229-3235.
- [4] G. Borghetti, V. Bassani. Thermochim Acta 539, (2012) 109-114.
- [5] A.L. Waterhouse. Handbook of Food Analytical Chemistry (2005) 463-471.
- [6] J Am Oil Chem Soc. 5th ed. Champaign, Illinois: AOCS. (1998)