

ΑΝΑΚΤΗΣΗ ΦΑΙΝΟΛΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΗΣ ΑΠΟ ΤΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΟΙΝΟΠΟΙΗΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΖΕΟΛΙΘΟΥ Η ΑΛΟΥΜΙΝΑΣ ΜΕ Η ΧΩΡΙΣ ΠΡΟΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

A. Μοσχονά, M. Γ. Ζιαγκοβά, A. Ηλιάδου, M. Λιακοπούλου-Κυριακίδου
Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο, 54124 Θεσσαλονίκη

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετήθηκε η προσροφητική ικανότητα της αλουμίνας και του ζεολίθου στην ανάκτηση φαινολικών ενώσεων από αιθανολικά εκχυλίσματα λευκής λάσπης, λευκών και ερυθρών στεμφύλων, τα οποία παραλήφθηκαν από το οινοποιείο «Κτήμα Γεροβασιλείου». Μελετήθηκαν οι παράγοντες που επηρεάζουν την εκλεκτική προσρόφηση των ενώσεων αυτών όπως το pH, ο χρόνος, ο διαλύτης εκρόφησης και η συγκέντρωση του προσροφητικού υλικού. Τα πειράματα προσρόφησης διεξήχθησαν με αρχική συγκέντρωση ολικών φαινολικών των δειγμάτων 10 mg/g. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η κατεργασία του ζεολίθου με δ/μα NaOH και της αλουμίνας με μεθανόλη μείωσαν το χρόνο προσρόφησης στα 15 min, ενώ παράλληλα αύξησαν την προσροφητική ικανότητα των υλικών από 35 σε 60% για το μη επεξεργασμένο και επεξεργασμένο με NaOH ζεόλιθο και από 79 σε 87% για τη μη επεξεργασμένη και επεξεργασμένη με μεθανόλη αλουμίνα. Επιπλέον, η ρύθμιση του pH των εκχυλισμάτων στο 10.0 στην περίπτωση του επεξεργασμένου ζεολίθου, βελτίωσε τόσο την προσρόφηση των φαινολικών ενώσεων (79%) όσο και την εκλεκτική εκρόφηση αυτών με δ/μα 0.1N HCl (39%). Ταυτόχρονα, οι εκροφηθείσες ενώσεις διατήρησαν την αντιοξειδωτική τους δράση σε 77 και 85% με NaOH-ζεόλιθο και CH₃OH-αλουμίνα ως προσροφητικά υλικά αντίστοιχα. Στα ερυθρά στέμφυλα παρατηρήθηκαν χαμηλότερα ποσοστά ανάκτησης φαινολικών ουσιών σε σχέση με τα λευκά. Συγκεκριμένα, η αντιοξειδωτική δράση των εκροφηθεισών ενώσεων ήταν 70 και 75% χρησιμοποιώντας NaOH-ζεόλιθο και CH₃OH-αλουμίνα ως προσροφητικά υλικά αντίστοιχα. Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι τα στερεά απόβλητα οινοποίησης μπορούν να κατεργαστούν περαιτέρω για την ανάκτηση φαινολικών ενώσεων με υψηλή αντιοξειδωτική δράση.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σήμερα, υπάρχει διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εκμετάλλευση των αποβλήτων της οινοποίησης, καθώς αποτελούν εναλλακτικές πηγές για την απομόνωση φαινολικών ενώσεων και φυσικών αντιοξειδωτικών ενώσεων. Τα κυριότερα απόβλητα της βιομηχανίας παραγωγής οίνου είναι οι οινολάσπες και τα στέμφυλα. Οι οινολάσπες περιλαμβάνουν στερεά τμήματα σταφυλιών, σκόνη, χόμα, πηκτίνες, πρωτεΐνες και βλεννώδεις ουσίες [1]. Τα στέμφυλα είναι τα στερεά υπολείμματα της οινοποίησης, αποτελούμενα από γίγαρτα, φλοιούς, υπολείμματα της σάρκας και κομμένους μίσχους, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 17% από το βάρος των χρησιμοποιούμενων σταφυλιών [2]. Ένα ποσοστό των αποβλήτων αυτών χρησιμοποιείται ως λίπασμα και ζωοτροφή, αλλά το μεγαλύτερο μέρος τους παραμένει αναξιοποίητο και αποβάλλεται χωρίς καμία επεξεργασία στο περιβάλλον. Ωστόσο, λόγω του όγκου τους και του οργανικού τους φορτίου, επιβαρύνουν το περιβάλλον, αυξάνοντας το χημικά και βιολογικά απαιτούμενο οξυγόνο [3,4]. Συνεπώς, στόχος και πρόκληση ταυτόχρονα για τη σύγχρονη επιστημονική κοινότητα αποτελεί η παραλαβή ενώσεων με υψηλή βιολογική αξία από παραπροϊόντα.

Λόγω των ευεργετικών επιδράσεων τους στην ανθρώπινη υγεία, οι φαινολικές ενώσεις βρίσκονται στο κέντρο της προσοχής των επιστημόνων και των ερευνητών σε ολόκληρο τον κόσμο. Το κύριο ενδιαφέρον έγκειται στη διαδικασία εκχύλισης αυτών των συστατικών από τις πηγές στις οποίες τα φαινολικά συστατικά είναι οι κυρίαρχοι δευτερογενείς μεταβολίτες. Κυριότερες κατηγορίες των φαινολικών ενώσεων του κρασιού και των παραπροϊόντων της οινοποίησης είναι οι πολυφαινόλες και τα φαινολικά οξέα, που συμπεριλαμβάνουν ομάδες όπως τα φλαβονοειδή, τις τανίνες και τα υδροξυ-βενζοϊκά οξέα [5]. Οι φαινολικές ενώσεις συνεισφέρουν στην απόκτηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των φυτών διαθέτουν αντιοξειδωτική, αντιβακτηριακή και αντιφλεγμονώδη δράση, συμβάλλουν στην πρόληψη εμφάνισης αρκετών μορφών καρκίνου, επιβραδύνουν πολλές εκφυλιστικές ασθένειες και μειώνουν την εμφάνιση καρδιαγγειακών νοσημάτων [6,7,8]. Παράλληλα, λόγω του αυξημένου βιολογικού τους ενδιαφέροντος, περιλαμβάνουν ένα ευρύ πεδίο εφαρμογών, όπως η κοσμετολογία, η φαρμακευτική και η βιομηχανία τροφίμων.

Η μέθοδος της προσρόφησης εφαρμόζεται ευρέως για την απομόνωση φαινολικών ενώσεων, καθώς είναι μια απλή, οικονομική και γρήγορη μέθοδος. Το φαινόμενο της προσρόφησης είναι ένα επιφανειακό φαινόμενο, κατά το οποίο ουσίες συγκρατούνται σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό από την επιφάνεια μιας καθαρής στερεής επιφάνειας. Διακρίνεται στη φυσική και στη χημική ρόφηση λόγω των διαφορετικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μεταξύ του υγρού και της επιφάνειας του στερεού σώματος. Τα προσροφητικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την απομόνωση των ενώσεων αυτών από διαλύματα ή εκχυλίσματα μπορεί να είναι τόσο

οργανικά, όσο και ανόργανα με κυριότερα διάφορες ρητίνες, ενεργοποιημένο άνθρακα, ζεόλιθο και αλουμίνα [9,10,11].

Το οξείδιο του αργιλίου ή αλλιώς αλουμίνα είναι ένα στερεό φυσικό, ανόργανο υλικό με υψηλή μηχανική αντοχή, άοσμο, άγευστο και λευκού χρώματος. Απαντάται σε μια ποικιλία κρυσταλλικών μορφών που διαφέρουν σημαντικά ως προς τις ιδιότητες τους. Είναι γνωστό από τη βιβλιογραφία για τη χρήση της ως στατική φάση σε χρωματογραφικούς διαχωρισμούς, ως καταλύτης, υπόστρωμα καταλυτών, αλλά και ως προσροφητικό υλικό, εξαιτίας της χημικής της αδράνειας [12].

Οι ζεόλιθοι είναι αργιλοπυριτικά ορυκτά, λευκοί ή άχρωμοι όταν είναι καθαροί, ενώ η παρουσία προσμίξεων καθιστά πολλούς από αυτούς έγχρωμους. Λόγω της πορώδους δομής τους, εμφανίζουν σημαντική μηχανική αντοχή και σκληρότητα, ενώ συχνά αποκαλούνται και «μοριακά κόσκινα» διαχωρίζοντας ενώσεις με βάση το μοριακό βάρος. Κατέχουν εξέχουσα θέση στη βιομηχανία απορρυπαντικών και καυσίμων και χρησιμοποιούνται κυρίως ως καταλύτες, στην κατασκευή καταλυτών αυτοκινήτων, αλλά και ως προσροφητικά υλικά ουσιών υψηλής βιολογικής αξίας και μετάλλων [13].

Μετά την προσρόφηση των προς διαχωρισμό συστατικών ακολούθησε η εκρόφηση, δηλαδή η ανάκτηση φαινολικών ενώσεων από την επιφάνεια του στερεού προσροφητικού. Ωστόσο, η εκρόφηση τις περισσότερες φορές δεν είναι πλήρης λόγω της μη αντιστρεπτής δέσμευσης των ενώσεων αυτών στην επιφάνεια του προσροφητικού υλικού.

Σκοπό της παρούσας εργασίας αποτελεί α) η διερεύνηση της προσροφητικής ικανότητας της αλουμίνας και του ζεόλιθου χωρίς, αλλά και έπειτα από επεξεργασία, για την ανάκτηση φαινολικών ενώσεων από εκχυλίσματα λευκής λάσπης, λευκών και ερυθρών στεμφύλων, β) η μελέτη ορισμένων από τους παράγοντες που επηρεάζουν την εκλεκτική προσρόφηση των ενώσεων αυτών, όπως το pH, ο χρόνος επαφής, ο διαλύτης εκρόφησης και η συγκέντρωση του προσροφητικού υλικού και γ) η μελέτη της αντιοξειδωτικής δράσης των ανακτηθέντων φαινολικών και η αξιολόγηση για την πιθανή περαιτέρω χρήση αυτών ως φυσικών αντιοξειδωτικών σε διάφορες εφαρμογές της ιατρικής, της φαρμακευτικής και της κοσμετολογίας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Δείγματα λευκής οινολάσπης, λευκών και ερυθρών στεμφύλων παραλήφθηκαν από το οινοποιείο «Κτήμα Γεροβασιλείου» στην Επανομή Θεσσαλονίκης. Τα δείγματα ξηράθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, κονιορτοποιήθηκαν και αποθηκεύτηκαν (-4 °C) για τις περαιτέρω αναλύσεις.

Εκχύλιση

1g δείγματος λευκής και ερυθρής οινοποίησης εκχυλίστηκε σε λουτρό υπερήχων (2 κύκλοι των 20min) με 30ml αιθανόλης (λευκά και ερυθρά στέμφυλα) και με 5ml αιθανόλης για τη λευκή οινολάσπη, στους 35°C και σε pH 2.0.

Ο προσδιορισμός των ολικών φαινολικών έγινε σύμφωνα με τη φωτομετρική μέθοδο Folin-Ciocalteu και το ολικό περιεχόμενο των φαινολικών εκφράστηκε σε mg γαλλικού οξέος / g ξηρού δείγματος [14]. Η αντιοξειδωτική δράση των εκχυλισμάτων μετρήθηκε με τη μέθοδο του DPPH και εκφράστηκε ως το ποσοστό της ικανότητας δέσμευσης (% I.Δ.) του DPPH (Εξίσωση 1), το οποίο προκύπτει από την παρακάτω σχέση:

$$\% \text{ I.Δ.} = \frac{(A_{\text{control}} - A_{\text{sample}})}{A_{\text{control}}} \cdot 100 \quad (1)$$

όπου: A_{control} η απορρόφηση του διαλύματος DPPH αντίστοιχα, A_{sample} η απορρόφηση του εκχυλίσματος μετά από πέντε λεπτά [15].

Τα αποτελέσματα της αντιοξειδωτικής δράσης εκφράστηκαν επίσης και σαν ισοδύναμα TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity), δηλαδή σαν mM Trolox, τα οποία αντιστοιχούν σε αντιοξειδωτική δράση που έχει 1mg/ml φαινολικών [16].

Προσρόφηση-Εκρόφηση

Για την προσρόφηση χρησιμοποιήθηκε ζεόλιθος (μέγεθος σωματιδίων 200μm, Μεταξάδες Θεσσαλονίκης) και οξείδιο του αργιλίου (αλουμίνα, Sigma-Aldrich). Η επεξεργασία του ζεόλιθου έγινε χρησιμοποιώντας δ/μα 2M NaOH υπό συνεχή ανάδευση για 24 h. Ακολούθησε παραλαβή της στερεής φάσης, πλύση με απεσταγμένο νερό και ξήρανση σε φούρνο στους 60°C. Αντίστοιχα για την επεξεργασία της αλουμίνας πραγματοποιήθηκε ανάδευση με καθαρή μεθανόλη για 20min, φυγοκέντριση (4500rpm, 10min) και ξήρανση σε φούρνο στους 60°C πριν από κάθε χρήση.

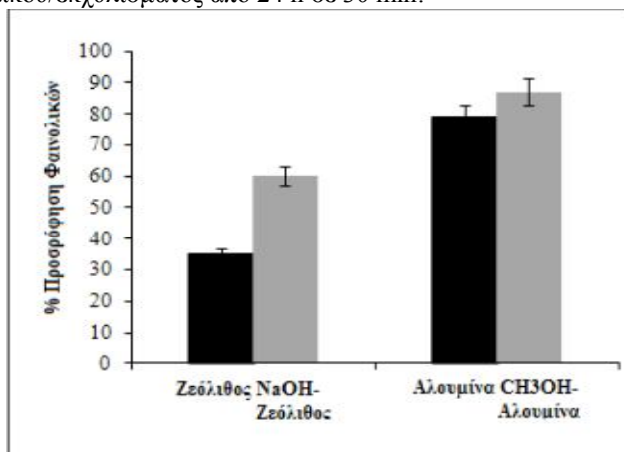
Η προσρόφηση έγινε χρησιμοποιώντας 0.5g προσροφητικού σε 20ml εκχυλίσματος. Μελετήθηκαν οι ακόλουθοι παράγοντες: χρόνος επαφής (15 min έως 120 min), pH (2.0 έως 10.0) και διάφορες συγκεντρώσεις του προσροφητικού (5, 10, 19, 25 και 50 g/l). Ακολούθησε φυγοκέντριση, παραλαβή του υπερκείμενου υγρού και ανάλυση αυτού σε ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση.

Η εκρόφηση έγινε με δ/μα 0.1N HCl και μελετήθηκε ο χρόνος επαφής (15 min έως 120 min). Τέλος, μετά την παραλαβή του υπερκείμενου προσδιορίστηκαν τα ολικά φαινολικά και η αντιοξειδωτική δράση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Επεξεργασία προσροφητικών υλικών

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε κατά πόσο η ενεργοποίηση ή μη των προσροφητικών υλικών επηράζει την προσρόφηση των φαινολικών των εκχυλισμάτων. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η % προσρόφηση των ολικών φαινολικών χρησιμοποιώντας μη επεξεργασμένο ζεόλιθο, ζεόλιθο επεξεργασμένο με NaOH, μη επεξεργασμένη αλουμίνα και αλουμίνα επεξεργασμένη με CH₃OH. Φαίνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις προσροφητικών η ενεργοποίηση βελτίωσε το ποσοστό προσρόφησης των ολικών φαινολικών, ενώ αντίστοιχα μειώθηκε ο χρόνος επαφής προσροφητικού υλικού/εκχυλίσματος από 24 h σε 30 min.



Σχήμα 1. Επίδραση της κατεργασίας των προσροφητικών υλικών στην προσρόφηση των φαινολικών ενώσεων.

Επίδραση pH στην προσρόφηση

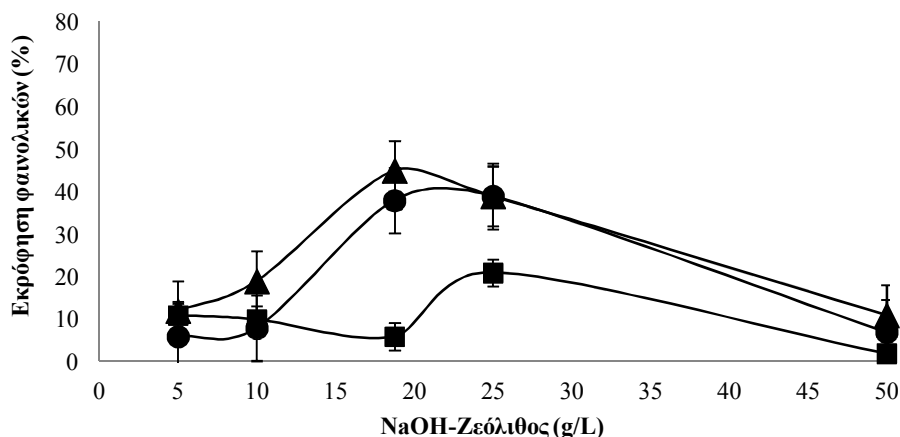
Το pH της προσρόφησης είναι ένας σημαντικός παράγοντας, καθώς επηρεάζει το φορτίο στην επιφάνεια του προσροφητικού και άρα αυξάνει ή μειώνει την ποσότητα των ουσιών που μπορούν να προσροφηθούν [17]. Έχει βρεθεί ότι η αύξηση του pH προσρόφησης μέχρι μία τιμή αυξάνει την ποσότητα των φαινολικών, τα οποία προσροφώνται, ενώ περαιτέρω αύξησή του επηρεάζει αρνητικά την προσρόφηση των φαινολικών [18]. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της προσρόφησης και της εκρόφησης, στα διάφορα pH προσρόφησης, για τα διάφορα εκχυλίσματα. Όπως φαίνεται, για τον ενεργοποιημένο ζεόλιθο τόσο στα λευκά και ερυθρά στέμφυλα, όσο και στην οινολάσπη τα βέλτιστα ποσοστά εκρόφησης επιτυγχάνονται σε pH προσρόφησης ίσο με 10.0. Στην περίπτωση της ενεργοποιημένης αλουμίνας, όσον αφορά στα λευκά και ερυθρά στέμφυλα βέλτιστα αποτελέσματα επιτυγχάνονται σε pH προσρόφησης 6.5, ενώ στην περίπτωση της οινολάσπης σε pH προσρόφησης 10.0.

Πίνακας 1. Επίδραση του pH προσρόφησης στην προσρόφηση και εκρόφηση φαινολικών από τα εκχυλίσματα λευκών και ερυθρών στεμφύλων και λευκής οινολάσπης με ενεργοποιημένο ζεόλιθο και αλουμίνα.

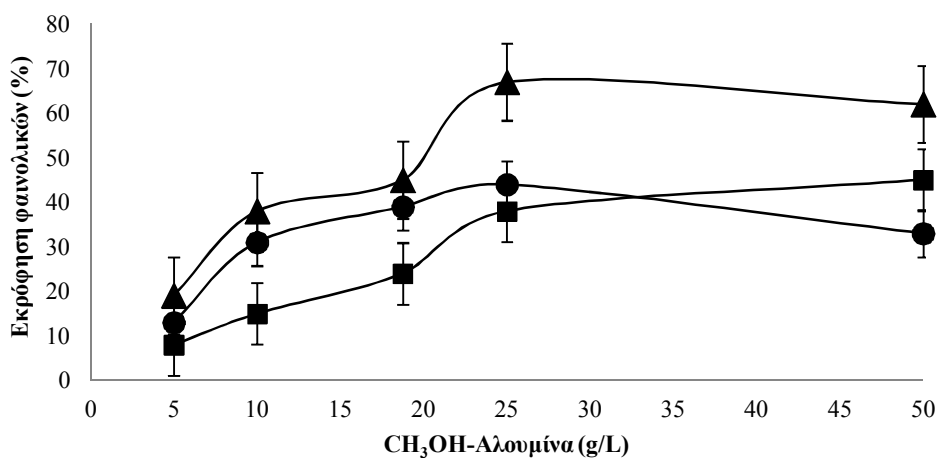
Εκχυλίσματα	Προσρόφηση/Εκρόφηση Φαινολικών (%)	NaOH-Ζεόλιθος				CH ₃ OH-Αλουμίνα			
		pH				pH			
		2.0	6.5	8.0	10.0	2.0	6.5	8.0	10.0
Ερυθρά Στέμφυλα	Προσρόφηση (%)	62	68	53	79	41	93	69	60
	Εκρόφηση (%)	23	9	41	39	4	48	20	14
Λευκά Στέμφυλα	Προσρόφηση (%)	45	60	76	91	39	79	96	98
	Εκρόφηση (%)	0	0	18	21	0	38	18	16
Λευκή Λάσπη	Προσρόφηση (%)	42	41	55	30	38	73	56	48
	Εκρόφηση (%)	18	14	17	30	7	20	28	67

Επίδραση της συγκέντρωσης προσροφητικού υλικού

Η αύξηση της συγκέντρωσης του κάθε προσροφητικού υλικού από 5 έως 50 g/l, οδήγησε σε αντίστοιχη αύξηση του ποσοστού προσρόφησης των ολικών φαινολικών από 10 έως 96%. Τα Σχήματα 2 και 3 δείχνουν την επίδραση της συγκέντρωσης του NaOH-ζεολίθου και της CH₃OH-αλουμίνας στην εκρόφηση των ολικών φαινολικών. Η αντιοξειδωτική δράση μεταβλήθηκε ανάλογα με τα ολικά φαινολικά σε σχέση με τη συγκέντρωση του προσροφητικού υλικού. Συγκεκριμένα βρέθηκε ότι κυμαίνεται από 69 έως 85% ανάλογα με το είδος του δείγματος, με τα κόκκινα στέμφυλα να υπερτερούν.



Σχήμα 2. Επίδραση της συγκέντρωσης του επεξεργασμένου ζεολίθου (g/l) στην ανάκτηση-εκρόφηση των φαινολικών, όπου ερυθρά στέμφυλα (●), λευκά στέμφυλα (■) και λευκή οινολάσπη (▲) σε pH 10.0.



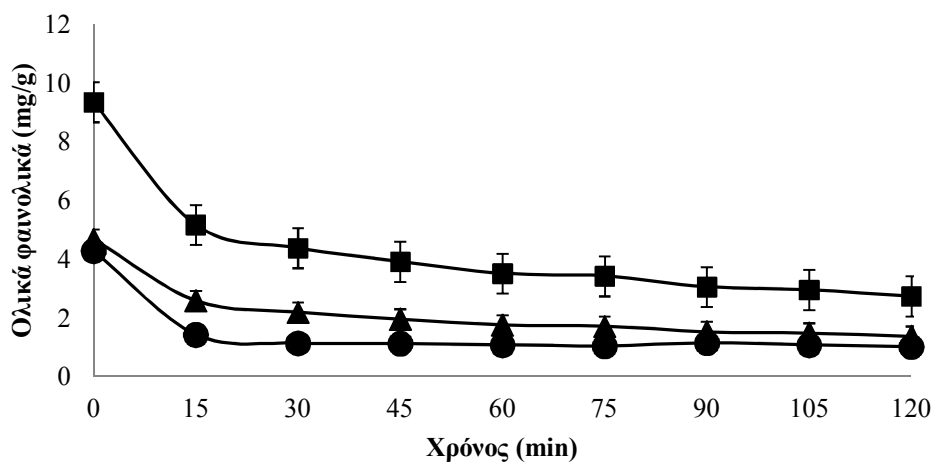
Σχήμα 3. Επίδραση της συγκέντρωσης της επεξεργασμένης αλουμίνας (g/l) στην ανάκτηση-εκρόφηση των φαινολικών, όπου ερυθρά στέμφυλα (●), λευκά στέμφυλα (■) και λευκή οινολάσπη (▲) σε pH 6.5, 6.5 και 10.0 αντίστοιχα.

Επίδραση του χρόνου κατά την προσρόφηση και εκρόφηση

Η επίδραση του χρόνου κατά την προσρόφηση και την εκρόφηση φαινολικών ενώσεων είναι σημαντική τόσο από οικονομικής άποψης όσο και από πρακτικό ενδιαφέρον. Τόσο η προσρόφηση, όσο και η εκρόφηση των φαινολικών ενώσεων σε όλα τα δείγματα γίνονται σύντομα σε διάστημα 30min, ενώ το μεγαλύτερο μέρος των ολικών φαινολικών προσροφάται στα πρώτα 15min. Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά την προσρόφηση μετά τα πρώτα 15min η αντιοξειδωτική ικανότητα του υπερκείμενου μειώνεται πλησιάζοντας το 0%. Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η μείωση της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών ενώσεων στο αιώρημα με την ενεργοποιημένη αλουμίνα και για τα τρία δείγματα αποβλήτων. Αντίστοιχα αποτελέσματα παρατηρήθηκαν στην περίπτωση του NaOH-ζεολίθου (τα δεδομένα δεν παρουσιάζονται).

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα των ολικών φαινολικών και της αντιοξειδωτικής δράσης των αρχικών εκχυλισμάτων από κάθε απόβλητο, αλλά και των δειγμάτων μετά την εκρόφηση. Όπως είναι φανερό, η ανάκτηση των φαινολικών δεν φτάνει το 100%, παρ' όλα αυτά τα δείγματα φαίνεται να διατηρούν το μεγαλύτερο ποσοστό της αντιοξειδωτικής τους ικανότητας. Συγκρίνοντας τις μονάδες TEAC των

αρχικών εκχυλισμάτων με αυτές μετά την εκρόφιση παρατηρείται ότι η δράση των ολικών φαινολικών παραμένει και έτσι μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τη βιομηχανία.



Σχήμα 4. Μεταβολή της συγκέντρωσης των ολικών φαινολικών στο αιώρημα των δειγμάτων, με επεξεργασμένη αλουμίνα ως προσροφητικό υλικό, συναρτήσει του χρόνου, όπου λευκή οινολάσπη (▲), ερυθρά (●) και λευκά στέμφυλα (■) σε pH 10.0, 6.5 και 6.5 αντίστοιχα.

Πίνακας 2. Ολικά φαινολικά και αντιοξειδωτική δράση των αρχικών εκχυλισμάτων και των δειγμάτων μετά την εκρόφιση με 25 g/L επεξεργασμένου NaOH- ζεόλιθου και επεξεργασμένη CH₃OH-αλουμίνας.

Δείγματα		Ολικά Φαινολικά (mg/g)	Ικανότητα Δέσμευσης DPPH (%)	TEAC (mM Trolox)
Αρχικά εκχυλίσματα	Ερυθρά Στέμφυλα	25.00	94	1.24
	Λευκά Στέμφυλα	17.00	91	1.76
	Λευκή Λάσπη	13.00	65	1.62
Αποδέσμευση από NaOH-Ζεόλιθο	Ερυθρά Στέμφυλα	1.05	70	15.16
	Λευκά Στέμφυλα	2.32	77	7.00
	Λευκή Λάσπη	1.66	70	8.42
Αποδέσμευση από CH ₃ OH-Αλουμίνα	Ερυθρά Στέμφυλα	4.46	75	3.55
	Λευκά Στέμφυλα	2.00	85	9.35
	Λευκή Λάσπη	5.53	69	2.66

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επεξεργασία των προσροφητικών υλικών (ζεόλιθος, αλουμίνα) συνέβαλε θετικά στην αποτελεσματικότερη και εκλεκτικότερη προσρόφηση των ολικών φαινολικών ενώσεων, ενώ παράλληλα μείωσε το χρόνο προσρόφησης στα 15 min.

Η μεταβολή του pH επηρέασε σημαντικά τόσο την προσρόφηση, όσο και την εκρόφηση. Βρέθηκε ότι σε όξινες τιμές pH το ποσοστό της προσρόφησης ήταν χαμηλότερο (41%) σε σχέση με τιμές pH 6.5 και 10.0, όπου παρατηρήθηκε αύξηση στο 91% χρησιμοποιώντας NaOH-ζεόλιθο ως προσροφητικό υλικό.

Η εκρόφηση των φαινολικών ενώσεων σε όλα τα δείγματα ολοκληρώθηκε σε 15 min με διάλυμα 0.1 N HCl. Τα αντίστοιχα μίγματα από την εκρόφηση παρουσίασαν υψηλή αντιοξειδωτική δράση από 69 έως 85%. Παρά το γεγονός ότι η ανάκτηση των φαινολικών μετά την εκρόφηση κυμάνθηκε από 21 έως 67%, αξίζει να σημειωθεί ότι αυτά παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό αντιοξειδωτικής δράσης το οποίο φτάνει το 85%.

Τα παραπάνω συνηγορούν στην περαιτέρω αξιοποίηση των μιγμάτων αυτών σε εφαρμογές της ιατρικής, της φαρμακευτικής και της κοσμετολογίας, ως προϊόντα με υψηλή προστιθέμενη αξία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]. Σουφλερός, Ε. Η., Οινολογία: Επιστήμη και Τεχνογνωσία (2nd ed.), Θεσσαλονίκη (2012).
- [2]. Rajha, H. N., El Darra, N., Vorobiev, E., Louka, N. and Maroun, R. G., Food and Nutrition Sciences, **4**:6 (2013).
- [3]. Julia, S., Dieter, T., Hermann, L., Heinrich HD, M., and Michael W, P., Food and Nutrition Sciences, **2**:4 (2011).
- [4]. Parry, J. W., Haiwen, L., Jia-Ren, L., Kequan, Z., Lei, Z. and Shuxin, R., Food and Nutrition Sciences, **2**:6 (2011).
- [5]. Monagas, M., Bartolome, B. and Gomez-Cordoves, C., Critical reviews in food science and nutrition, **45**:2 (2005).
- [6]. Havsteen, B. H., Pharmacology & therapeutics, **96**:2 (2002).
- [7]. Xia, E.-Q., Deng, G.-F., Guo, Y.-J. and Li, H.-B., International Journal of Molecular Sciences, **11**:2 (2010).
- [8]. Cirico, T.L. and S.T. Omaye, Food and Chemical Toxicology, **44**:4 (2006).
- [9]. Soto, L. S., Moure, A., Domínguez, H. and Parajo, J. C., Journal of food engineering, **105**:1 (2011).
- [10]. Aehle, E., Raynaud-Le Grandic, S., Ralainirina, R., Baltora-Rosset, S., Mesnard, F., Prouillet, C. and Flinaux, M.-A., Food Chemistry, **86**:4 (2004).
- [11]. Lin, S.-H. and Juang, R.-S., Journal of environmental management, **90**:3 (2009).
- [12]. Agrawal, C. M., Long, J.L., Appleford, M.R. and Mani, G., Introduction to Biomaterials- Basic Theory with Engineering Applications-Cambridge Texts In Biomedical Engineering. New York: Cambridge University Press (2014).
- [13]. Damjanović, L., Rakić, V., Rac, V., Stošić, D. and Auroux, A., Journal of hazardous materials, **184**:1 (2010).
- [14]. Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M., Methods in enzymology, **299**:1 (1999).
- [15]. Benvenuti, S., Pellati, F., Melegari, M. a. and Bertelli, D., Journal of Food Science, **69**:3 (2004).
- [16]. Melidou, M., Riganakos, K. and Galaris, D., Free Radical Biology and Medicine, **39**:12 (2005).
- [17]. Aravindhnan, R., J.R. Rao, and B.U. Nair, Journal of environmental management, **90**:5 (2009).
- [18]. Ahmaruzzaman, M., Advances in Colloid and Interface Science, **143**:1 (2008).