

**ΑΡΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΕΚΧΥΛΙΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΛΑΒΗ ΛΥΚΟΠΕΝΙΟΥ ΑΠΟ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΜΑΤΑΣ**

**Π. Ελένη\***, Α. Υφαντή, Χ. Μπουκουβάλας, Ν. Παναγιώτου, Μ. Κροκίδα

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(\**peleni@central.ntua.gr*)

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η τομάτα αποτελεί ένα από τα πιο ευρέως καλλιεργούμενα λαχανικά στη Νότια Ευρώπη. Κάθε χρόνο η βιομηχανία επεξεργασίας τομάτας παράγει πολύ μεγάλες ποσότητες παραπροϊόντων τα οποία αποτελούνται κυρίως από το φλοιό και τους σπόρους της, και αξιοποιούνται κυρίως ως ζωοτροφές. Τα παραπροϊόντα από την επεξεργασία τομάτας περιέχουν ωστόσο, σημαντικές ποσότητες Βιοδραστικών Συστατικών (ΒΣ), μεταξύ των οποίων το λυκοπένιο, το οποίο παρουσιάζει υψηλή διατροφική αλλά και εμπορική αξία, καθιστώντας την παραλαβή του μία πολύ καλή επιλογή για την αξιοποίηση των εν λόγω παραπροϊόντων. Το λυκοπένιο αποτελεί πολύ σημαντικό πρόσθετο για την παραγωγή προϊόντων στις βιομηχανίες τροφίμων, καλλυντικών και φαρμάκων.

Αντικείμενο της παρούσας εργασίας αποτελεί η αριστοποίηση καινοτόμων μεθόδων εκχύλισης για την παραλαβή του λυκοπενίου και την αξιοποίηση των παραπροϊόντων επεξεργασίας τομάτας. Εφαρμόστηκαν μεθοδολογίες εκχύλισης με μικροκύματα και υπερήχους με κριτήριο αριστοποίησης την απόδοση σε λυκοπένιο των εκχυλισμάτων. Οι παράμετροι αριστοποίησης ήταν η ένταση των μικροκυμάτων, ένταση υπερήχων και η αναλογία διαλύτη: στερεού, ενώ σταθερός παρέμεινε ο χρόνος και η θερμοκρασία εκχύλισης. Ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο Γαλακτικός Αιθυλεστέρας κατάλληλος για χρήση σε τρόφιμα. Αναπτύχθηκε κατάλληλο πρωτόκολλο εκχύλισης και πραγματοποιήθηκε σχεδιασμός κεντρικού σημείου για την εφαρμογή των διαφορετικών συνθηκών. Η μέθοδος ποιοτικού και ποσοτικού χαρακτηρισμού του λυκοπενίου που χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των εκχυλισμάτων και την αριστοποίηση της εκχύλισης ήταν η Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC-DAD). Τα χρωματογραφήματα υπέδειξαν σημαντική ποσότητα λυκοπενίου στα παραπροϊόντα επεξεργασίας τομάτας. Επιπρόσθετα, οι εφαρμοζόμενες μέθοδοι εκχύλισης με μικροκύματα και υπερήχους παρουσίασαν υψηλές αποδόσεις σε λυκοπένιο στα εκχυλίσματα.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Τα τελευταία χρόνια το ένα τρίτο της παραγωγής τομάτας οδηγείται προς μεταποίηση στις βιομηχανίες επεξεργασίας τομάτας έχοντας ως συνέπεια την παράλληλη παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων στερεών παραπροϊόντων τόσο από το στάδιο της διαλογής όσο και από τα διάφορα στάδια της επεξεργασίας της. Τα παραπροϊόντα που προκύπτουν αποτελούνται από το φλοιό, τους σπόρους και την σάρκα ή πούλπα <sup>[1, 2]</sup>. Η ποσότητά τους εκτιμάται σε 20-50 g/kg του αρχικού βάρους της τομάτας ή διαφορετικά κυμαίνεται στο 5-25% της πρώτης ύλης <sup>[3-5]</sup>. Η ετήσια παραγωγή στην Ελλάδα που προορίζεται για επεξεργασία το 2018 έφτασε τους 320,000 τόνους <sup>[6]</sup>, που αντιστοιχεί σε 16,000-80,000 τόνους παραπροϊόντων. Το ποσοστό αυτό, καθώς και η σύσταση των παραπροϊόντων, διαφοροποιείται, ανάλογα με τις πρακτικές και τις συνθήκες επεξεργασίας που υιοθετεί η κάθε επιχείρηση και τον βαθμό που αξιοποιεί την πρώτη ύλη της, καθώς και την ίδια την σύσταση της πρώτης ύλης <sup>[3, 5]</sup>. Η συνήθης πρακτική αξιοποίησής τους αφορά στην παραγωγή λιπασμάτων και ζωοτροφών <sup>[7]</sup>. Ωστόσο, με αυτή τη διαδικασία χάνονται τα πολύτιμα βιοδραστικά συστατικά τα οποία περιέχονται σε όλα τα μέρη της τομάτας και δεν αξιοποιούνται <sup>[3]</sup>. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζεται η μέση σύσταση της τομάτας και των παραπροϊόντων της σε νερό, λιπίδια, βασικά καροτενοειδή και άλλες φυτοχημικές ενώσεις <sup>[8]</sup>. Γίνεται φανερό πως η ανάκτηση του Λυκοπενίου από τα εν λόγω παραπροϊόντα θα αποτελέσει σημαντικό όφελος για τις βιομηχανίες του κλάδου, καθώς τους δίνεται η ευκαιρία να εμπορεύονται ένα πολύ σημαντικό βιοδραστικό συστατικό για τις βιομηχανίες των τροφίμων και φαρμάκων, είτε επαναχρησιμοποίησής του στα ίδια τους τα

προϊόντα. Επιπρόσθετα, τα υπολείμματα των παραπροϊόντων μετά την απομόνωση του Λυκοπενίου μπορούν να συνεχίσουν να αξιοποιούνται ως λιπάσματα και ζωτροφές [3, 9-13]. Τα παραπροϊόντα της τομάτας αποτελούνται από 40% πολτό τομάτας, 27% φλούδα και το υπόλοιπο 33% είναι σπόροι [7, 14].

**Πίνακας 1.** Σύσταση της τομάτας και των παραπροϊόντων της σε νερό, λιπίδια και άλλες βασικές βιοδραστικές ενώσεις

Συστατικό	Παραπροϊόντα	Σύνολο Τομάτας
Περιεκτικότητα σε νερό (g/kg)	738.5	946.90
Περιεκτικότητα σε λιπίδια (g/kg ξ.β.)	68.8	31.40
Καροτενοειδή (mg/kg ξ.β.)	563.5	1099.30
Λυκοπένιο	413.7	1013.20
β-καροτένιο	149.8	86.10
Τοκοφερόλες (mg/kg ξ.β.)	177.93	92.62
Στερόλες (mg/kg ξ.β.)	833.5	208.02
Τερπένια (mg/kg ξ.β.)	312.2	89.70
Φλαβονοειδή (mg/kg ξ.β.)	378.7	51.8

Η εκχύλιση αποτελεί μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος παραλαβής βιοδραστικών ενώσεων από στερεή ή υγρή πρώτη ύλη. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μέθοδοι εκχύλισης, είναι η απλή συμβατική μέθοδος εκχύλισης (CE), η εκχύλιση Soxhlet (SE), η εκχύλιση με μικροκύματα (MAE), η εκχύλιση με υπερήχους (UAE), καθώς και ο συνδυασμός των δύο τελευταίων (UMAE). Στις πιο απλές μεθοδολογίες εκχύλισης, συνήθως εφαρμόζεται θέρμανση και τις καθιστά απαγορευτικές για τις περιπτώσεις ανάκτησης θερμοευαίσθητων βιοδραστικών, όπως είναι το Λυκοπένιο. Η μέθοδος εκχύλισης με χρήση της διάταξης Soxhlet αποτελεί την κυρίαρχη τεχνική εκχύλισης συστατικών τα τελευταία χρόνια. Θεωρείται η πιο χρονοβόρα από όλες τις υπόλοιπες μεθόδους για την εκχύλιση της ίδιας ποσότητας ενός συστατικού και για το λόγο αυτό είναι πρακτικά αδύνατο να χρησιμοποιηθεί στις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές. Ωστόσο, αποτελεί την πλέον διαδεδομένη εργαστηριακή ή μικρής κλίμακας τεχνική εκχύλισης που υπερτερεί σε απόδοση έναντι των υπόλοιπων εργαστηριακών τεχνικών και για το λόγο αυτό εφαρμόζεται συχνά για την αξιολόγηση άλλων μεθόδων εκχύλισης ως προς την απόδοσή τους. Η πλέον κατάλληλη και καινοτόμος μέθοδος εκχύλισης για την παραλαβή ΒΣ είναι η συνδυασμένη μέθοδος με μικροκύματα και υπερήχους. Η ταυτόχρονη χρήση μικροκυμάτων και υπερήχων προτιμάται σε αυτές τις περιπτώσεις, καθώς έχει αποδειχθεί ότι συνήθως οδηγεί ταχύτερα σε μεγαλύτερες αποδόσεις σε σχέση με την κάθε μέθοδο χωριστά.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η αριστοποίηση της καινοτόμου μεθόδου εκχύλισης με μικροκύματα και υπερήχους για την παραλαβή λυκοπενίου από παραπροϊόντα επεξεργασίας τομάτας.

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Προκατεργασία νωπών παραπροϊόντων

#### Διαχωρισμός φλοιού - σπόρων

Ο διαχωρισμός του φλοιού από τους σπόρους πραγματοποιείται με εμβάπτιση στο νερό. Λόγω διαφορετικού ειδικού όγκου οι σπόροι καθιζάνουν και ο φλοιός παραλαμβάνεται από την επιφάνεια, ενώ η σάρκα διαλυτοποιείται στο νερό.

#### Διαδικασία ξήρανσης

Ο διαχωρισμένος φλοιός που συλλέγεται υπόκειται σε επιταχυνόμενη ηλιακή ξήρανση σε συσκευή προσομοίωσης ηλιακής ξήρανσης. Η συγκεκριμένη συσκευή αποτελείται από κατάλληλες λάμπες που εκπέμπουν στο συνολικό ηλιακό φάσμα και είναι διατεταγμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να

πραγματοποιείται ξήρανση σε αντίστοιχες συνθήκες με τη φυσική ηλιακή ξήρανση και σε θερμοκρασία που δεν υπερβαίνει τους 50°C.

#### Σχηματισμός ξηρής σκόνης

Μετά την ξήρανση ο φλοιός τομάτας κονιορτοποιείται σε μύλο με μαχαίρια προκειμένου να παραληφθεί σκόνη 500μm – 2000μm. Μετά το πέρας της διαδικασίας παραλαμβάνεται η ξηρή σκόνη φλοιού της τομάτας, η οποία διατηρείται στο ψυγείο στους 4 °C προκειμένου να ακολουθήσει η διαδικασία παραλαβής μέσω εκχύλισης του λυκοπενίου.

#### Εκχύλιση

##### *Soxhlet (Soxhlet Extraction-SE)*

Η συμβατική εκχύλιση Soxhlet εφαρμόστηκε προκειμένου να υπολογισθεί η περιεχόμενη περιεκτικότητα σε Λυκοπένιο (θεωρείται ότι με αυτή τη μέθοδο ανακτάται περίπου το 100% της περιεχόμενης ποσότητας) ώστε να υπολογισθεί η απόδοση της εκχύλισης με υπερήχους και μικροκύματα για την αριστοποίηση της διεργασίας. Η διάταξη της συσκευής περιλαμβάνει σφαιρική φιάλη, τοποθετημένη σε θερμαντικό μανδύα, με προσαρτημένο οριζόντιο θάλαμο εκχύλισης και συμπυκνωτήρα στο πάνω μέρος της. Ο συμπυκνωτήρας συνδέεται με παροχή νερού ως ψυκτικό. Το δείγμα τοποθετείται σε περιέκτη από πεπιεσμένο χαρτί, στον ειδικό θάλαμο της εκχυλιστικής διάταξης. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συνθήκες εκχύλισης Soxhlet για την ανάκτηση του λυκοπενίου.

**Πίνακας 2.** Πρωτόκολλο εκχύλισης Soxhlet Λυκοπενίου

Χρησιμοποιούμενοι διαλύτες	μίγμα εζανίου-ακετόνης
Αναλογία στερεού: διαλύτη	1:20 w/v
Διάρκεια/ αρ. σιφωνισμών	4h/ 10 σιφωνισμοί

##### *Εκχύλιση με υπερήχους και μικροκύματα*

Η εκχύλιση των δειγμάτων για την ανάκτηση του Λυκοπενίου από το ξηρό δείγμα φλοιών πραγματοποιείται στη συσκευή εκχύλισης με υπερήχους και μικροκύματα (Ultrasonic/ Microwave Reaction System, XO-SM Series). Το δοχείο εκχύλισης τοποθετείται στον θάλαμο της συσκευής όπου εφαρμόζονται τα μικροκύματα. Αντίστοιχα οι υπέρηχοι ενεργοποιούνται, όπου απαιτείται, από την αντίστοιχη συσκευή.

Σε κάθε πείραμα ρυθμίζονται οι σταθερές και μεταβλητές παράμετροι (ανάδευση, μέγιστη θερμοκρασία, ένταση μικροκυμάτων και υπερήχων). Παρακάτω παρουσιάζονται οι σταθερές παράμετροι και οι τιμές τους:

##### Σταθερές Παράμετροι

- Χαρακτηριστικά στερεάς ουσίας – διαλύτη: Διαλύτης: Γαλακτικός Αιθυλεστέρας, Κοκκομετρία σκόνης: 1000μm
- Ρύθμιση Μικροκυμάτων: Stirrer: 230-280 rpm (ανάλογα με την αναλογία, ώστε να διασφαλίζεται καλή ανάδευση), Set Temperature: 45°C, Time: 8 min
- Ρύθμιση Υπερήχων: On: 1 sec (διάρκεια ψεκασμού), Off: 1 sec (χρόνος μέχρι τον επόμενο ψεκασμό), Time: 8 min

##### Πειραματικός Σχεδιασμός

Οι τρεις κύριες παράμετροι που έχει αποδειχθεί ότι επηρεάζουν σε μεγαλύτερο βαθμό την UMAE για την παραλαβή των ΒΣ, ως προς τις οποίες θα πραγματοποιηθεί η αριστοποίηση είναι: Ένταση Μικροκυμάτων: 0, 200, 500 W/ Ένταση Υπερήχων: 0, 300, 600 W/ Αναλογία Στερεού: Διαλυτή 1:10, 1:20, 1:30 w/v. Για την επιλογή των πειραμάτων που εκτελέστηκαν ακολουθήθηκε *Πειραματικός Σχεδιασμός Κεντρικού Σημείου (Central Composite Design)* και προέκυψαν 16 πειράματα.

##### Υγρή Χρωματογραφία Υψηλής Απόδοσης (HPLC)

Για την ταυτοποίηση του Λυκοπενίου χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής

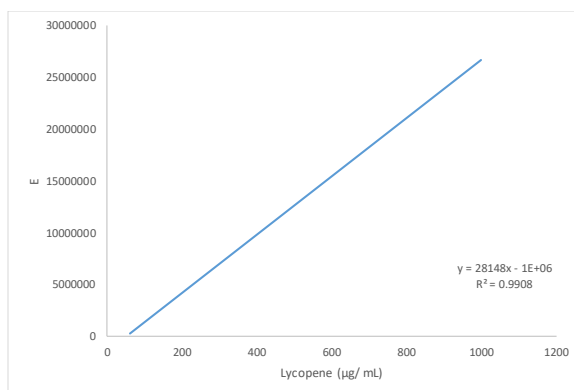
Απόδοσης (High Performance Liquid Chromatography - HPLC) η οποία είναι συζευγμένη με ανιχνευτή συστοιχίας φωτοδιοδίων (Diode Array Detector – DAD - ΧΟ-SM Series)).

Τα δείγματα, αφού διηθηθούν μέσω ηθμού μεμβράνης 0.45 μm για την κατακράτηση υπολειμμάτων σκόνης και στερεών, τοποθετούνται σε κατάλληλους περιέκτες (vial) για ανάλυση στο HPLC. Για κάθε πείραμα πραγματοποιούνται τρεις επαναλήψεις από το ίδιο εκχύλισμα στο HPLC, ενώ για τις βέλτιστες συνθήκες το πείραμα επαναλήφθηκε από την αρχή και το δείγμα αναλύθηκε ξανά για επαλήθευση του αποτελέσματος. Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται το πρωτόκολλο και η στήλη που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των καροτενοειδών <sup>[15-17]</sup>.

**Πίνακας 3.** Πρωτόκολλο ανάλυσης HPLC καροτενοειδών

Στήλη	YMC Carotenoid 5C30 4.6x250mm
διαλύτης Α	ακετονιτρίλιο
διαλύτης Β	1-βουτανόλη
διαλύτης Γ	χλωριούχο μεθυλένιο
αρχική σύσταση της κινητής φάσης	69.3% Α, 29.7% Β, 1.0% Γ
10min	67.2% Α, 28.8% Β, 4.0% Γ
20min	61.6% Α, 26.4% Β, 12.0% Γ
40min	49% Α, 21% Β, 30% Γ
50min	69.3% Α, 29.7% Β, 1.0% Γ
Ροή	2mL/min
V δείγματος	20μL
Μήκος κύματος για την ανίχνευση του λυκοπενίου (all-trans λυκοπένιο)	476nm
Χρόνος Έκλουσης λυκοπενίου (all-trans λυκοπένιο)	30.23±0.20min
Θερμοκρασία	25°C

Η **ταυτοποίηση** του λυκοπενίου στο χρωματογράφημα που προκύπτει, πραγματοποιείται με τη σύγκριση του χρόνου ανάσχεσης και του φάσματος απορρόφησης με τα αντίστοιχα για την πρότυπη ουσία. Για τον **ποσοτικό προσδιορισμό**, χρησιμοποιήθηκε η καμπύλη αναφοράς του λυκοπενίου που παρασκευάστηκε στο εργαστήριο με χρήση πρότυπων διαλυμάτων γνωστής συγκέντρωσης λυκοπενίου (Σχήμα 1).



**Σχήμα 1.** Καμπύλη αναφοράς για το Λυκοπένιο

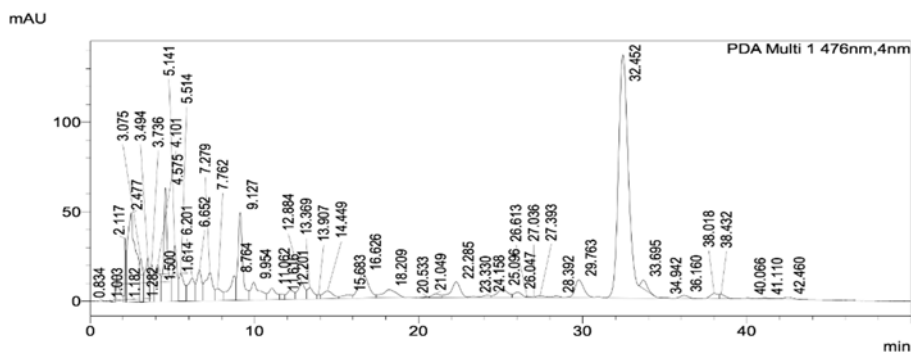
Από το διάγραμμα προκύπτει η Εξίσωση 1:

$$y = 28148x - 1000000 \quad (1)$$

Όπου, **y**: η τιμή του εμβαδού της κορυφής που αντιστοιχεί στο λυκοπένιο όπως προκύπτει από το λογισμικό επεξεργασίας του ανιχνευτή, και **x**: η περιεκτικότητα του δείγματος σε λυκοπένιο (µg/ mL). Η εξίσωση αυτή χρησιμοποιείται για την μετατροπή του σήματος του ανιχνευτή, που μεταφράζεται σε εμβαδόν κορυφής του λυκοπενίου για το χρωματογράφημα, σε συγκέντρωση της ένωσης σε µg ανά mL δείγματος.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αριστοποίηση της εκχύλισης με αυτές τις τεχνικές, πραγματοποιήθηκε θεωρώντας ως παράμετρο αριστοποίησης την απόδοση των δειγμάτων σε Λυκοπένιο και ως μεταβλητές αριστοποίησης: α) την ένταση των μικροκυμάτων, β) την ένταση των υπερήχων και γ) την αναλογία στερεού : διαλύτη. Οι βέλτιστες συνθήκες εκχύλισης του Λυκοπενίου ήταν: Ένταση MW **500 W**, Ένταση US **600 W**, Αναλογία στερεού : διαλύτη **1:30 w/v**, και η ποσότητα λυκοπενίου που περιείχε το συγκεκριμένο εκχύλισμα σύμφωνα με το χρωματογράφημα που εμφανίζεται στο Σχήμα 6 ήταν **0.37 mg/g** dried peels.



**Σχήμα 6.** Χρωματογράφημα εκχυλίσματος Λυκοπενίου στις άριστες συνθήκες.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη τη σημαντικά μεγαλύτερη σύσταση του Λυκοπενίου στο δέρμα της τομάτας, έγινε αρχικά διαχωρισμός αυτού του παραπροϊόντος από την υπόλοιπη μάζα του και πραγματοποιήθηκε βελτιστοποίηση των συνθηκών εκχύλισης του Λυκοπενίου με τη χρήση μικροκυμάτων και υπερήχων (UMAE). Οι παράμετροι ως προς τις οποίες αριστοποιήθηκε η εκχύλιση, με κριτήριο την επίτευξη της μέγιστης δυνατής απόδοσης, ήταν: α) η ένταση των μικροκυμάτων (MW), β) η ένταση των υπερήχων (US) και γ) η αναλογία στερεού : διαλύτη στο διάλυμα που εκχυλίστηκε. Στη συνέχεια τα εκχυλίσματα που προέκυψαν αναλύθηκαν με τη μέθοδο Υγρής Χρωματογραφίας Υψηλής Απόδοσης (HPLC-DAD) και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν και αναλύθηκαν ως προς την απόδοσή τους σε σχέση με την απόδοση της βέλτιστης μεθόδου εκχύλισης Soxhlet (SE).

Τα αποτελέσματα από τα πειράματα βελτιστοποίησης, απέδειξαν ότι η αναλογία στερεού : διαλύτη και η ισχύς μικροκυμάτων και υπερήχων, επηρεάζουν σημαντικά την απόδοση εκχύλισης του λυκοπενίου από το συγκεκριμένο παραπροϊόν τομάτας. Ανάλογα με τη μέθοδο εκχύλισης και τον συνδυασμό των τιμών των επιμέρους παραμέτρων, επιτεύχθηκαν διαφορετικές αποδόσεις ως προς το Λυκοπένιο από τα διαφορετικά δείγματα. Από τα αποτελέσματα, προέκυψε ότι το μεγαλύτερο ποσοστό ανάκτησης λυκοπενίου που μπορεί να επιτευχθεί με αυτές τις μεθόδους είναι **91.20%** και αναφέρεται στις εξής συνθήκες: Ένταση MW **500 W**, Ένταση US **600 W**, Αναλογία στερεού : διαλύτη **1:30 w/v**. Ωστόσο αν ληφθεί υπόψη και ο οικονομικός παράγοντας, μια οικονομικότερη επιλογή διεργασίας, με μικρότερη κατανάλωση διαλύτη, που αποδίδει παρόμοια αποτελέσματα με τη βέλτιστη περίπτωση, θα μπορούσε να είναι η εκχύλιση με εντάσεις MW 500 W, US 0W και αναλογία στερεού : διαλύτη 1:10 w/v, που δίνει απόδοση 90.69%. Η εκχύλιση με αυτές τις συνθήκες μπορεί να προτιμηθεί και να θεωρηθεί ως καλύτερη επιλογή, για την περίπτωση που ο διαλύτης δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί μετά την εκχύλιση και η αγορά του αυξάνει σημαντικά το κόστος της διεργασίας.

Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι η χρήση των μικροκυμάτων συνδυαστικά με τους υπερήχους, ενίσχυσε στις περισσότερες περιπτώσεις την αποδοτικότητα της εκχύλισης, κυρίως όσο το δείγμα γινόταν αραιότερο για τις υψηλές εντάσεις. Ωστόσο η χρήση αποκλειστικά της UAE, δεν αύξησε ιδιαίτερα την απόδοση της εκχύλισης συγκριτικά με τις συμβατικές μεθόδους, ενώ η διαφορά στην ανακτώμενη ποσότητα Λυκοπενίου ήταν ακόμα πιο έντονη σε σχέση με τις MAE και

UAME. Τέλος αποδείχθηκε ότι η αύξηση της έντασης των υπερήχων μέχρι τα 500W και για ελεγχόμενη θερμοκρασία διαλύματος κάτω από τους 50 °C, οδηγεί σε αύξηση της απόδοσης του Λυκοπενίου, ανεξάρτητα των τιμών των άλλων δύο παραμέτρων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Αειφόρος εκμετάλλευση των παραπροϊόντων της βιομηχανίας επεξεργασίας τομάτας - [TOMATOCYCLE]», συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και εθνικούς πόρους μέσω της περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας στο πλαίσιο της Ενίσχυσης σχεδίων έρευνας ανάπτυξης & καινοτομίας στους τομείς προτεραιότητας της RIS3 «Πρώθηση Διεθνικών Ερευνητικών Έργων για Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις» στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Δυτική Ελλάδα 2014-2020». Οι συγγραφείς εκφράζουν θερμές ευχαριστίες προς το Εργαστήριο Σχεδιασμού και Ανάλυσης Διεργασιών της Σχολής Χημικών Μηχανικών του ΕΜΠ για τη διεξαγωγή των μετρήσεων.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] M. González, M.C. Cid, and M.G. Lobo, *Chapter 133 - Usage of Tomato (Lycopersicum esculentum Mill.) Seeds in Health A2 - Preedy, Victor R, in Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention*, R.R. Watson and V.B. Patel, Editors. 2011, Academic Press: San Diego. p. 1123-1132.
- [2] Ε.Φ. Στρατή, *Μελέτη μεθόδων παραλαβής καροτενοειδών από παραπροϊόντα τομάτας*, in *Τομέας Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών*. 2014, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Χημικών Μηχανικών
- [3] M. Knoblich, B. Anderson, and D. Latshaw. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85(7) (2005) 1166-1170.
- [4] I.F. Strati and V. Oreopoulou. *Food Research International* 65((2014) 311-321.
- [5] M. Del Valle, M. Cámara, and M.E. Torija. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 86(8) (2006) 1232-1236.
- [6] WPTC. *World production estimate*. 2016; Available from: <http://www.wptc.to/releases-wptc.php>.
- [7] G. Rossini, G. Toscano, D. Duca, F. Corinaldesi, E. Foppa Pedretti, and G. Riva. *Biomass and Bioenergy* 51((2013) 177-182.
- [8] N. Kalogeropoulos, A. Chiou, V. Pyriochou, A. Peristeraki, and V.T. Karathanos. *LWT - Food Science and Technology* 49(2) (2012) 213-216.
- [9] E. Reboul, P. Borel, C. Mikail, L. Abou, M. Charbonnier, C. Caris-Veyrat, P. Goupy, H. Portugal, D. Lairon, and M.J. Amiot. *J Nutr* 135(4) (2005) 790-4.
- [10] A. Benakmoum, S. Abbeddou, A. Ammouche, P. Kefalas, and D. Gerasopoulos. *Food Chemistry* 110(3) (2008) 684-690.
- [11] G. Strazzullo, V.S. Moriello, A. Poli, B. Immirzi, P. Amazio, and B. Nicolaus. *Journal of Food Technology* 1((2003) 102-105.
- [12] N. O'Shea, E.K. Arendt, and E. Gallagher. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 16((2012) 1-10.
- [13] A. Farahnaky, A. Abbasi, J. Jamalian, and G. Mesbahi. *Journal of Texture Studies* 39(2) (2008) 169-182.
- [14] D. Kaur, D.S. Sogi, S.K. Garg, and A.S. Bawa. *Journal of Food Engineering* 71(4) (2005) 341-344.
- [15] C.H. Lin and B.H. Chen. *Journal of Chromatography A* 1012(1) (2003) 103-109.
- [16] M.T. Lee and B.H. Chen. *Chromatographia* 54(9) (2001) 613-617.
- [17] B.H. Chen, H.Y. Peng, and H.E. Chen. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 43(7) (1995) 1912-1918.