

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΑΠΟΜΟΝΩΣΗΣ ΑΝΤΙΟΞΕΙΔΩΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ (ΦΑΙΝΟΛΕΣ) ΑΠΟ ΑΠΟΒΛΗΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΡΟΦΗΜΑΤΟΣ ΚΑΦΕ ESPRESSO

Αλέξης Γ. Πάντζιαρος^{1,2}, Γιώργος Βαμβαραάκης¹, Μάριος Βλαχογιάννης¹, Χριστάκης Παρασκευά^{1,2,*}

¹Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τ.Κ 26504, Πάτρα, Ελλάδα

²ΙΤΕ/ΙΕΧΜΗ, Σταδίου, Πλατάκι Αχαΐας, Τ.Κ 26504, Πάτρα, Ελλάδα

(*[takisp@chemeng.upatras.gr](mailto:takis@chemeng.upatras.gr))

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι φαινόλες είναι ενώσεις με ισχυρή αντιοξειδωτική δράση και έχει βρεθεί ότι έχουν θετική επίδραση στην υγεία του ανθρώπου. Έτσι, η απομόνωση τους από αγροτικά παραπροϊόντα παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την παραγωγή καλλυντικών και συμπληρωμάτων διατροφής. Σκοπός της εκτεταμένης πειραματικής μελέτης στο εργαστήριο ήταν η εύρεση των άριστων τιμών των παραμέτρων εκχύλισης για την βέλτιστη αξιοποίηση των οργανικών υπολειμμάτων καφέ με φυσικοχημικές μεθόδους. Οι παράμετροι που μελετήθηκαν στην εκχύλιση ήταν: Αναλογία στερεού/υγρού διαλύτη, σύσταση υγρού διαλύτη (νερό, αλκοόλη, μίγματα αλκοόλης νερού), θερμοκρασία και χρόνος ξήρανσης του αποβλήτου, θερμοκρασία, χρόνος εκχύλισης, ρυθμός ανάδευσης, κλπ. Τα στερεά υπολείμματα 'χύμα' καφέ ποικιλίας εσπρέσο (Spent Coffee Ground, SCG) ξηραθήκαν με διάφορους τρόπους για να απομακρυνθεί η υγρασία και στην συνέχεια έγινε η εκχύλιση. Επιτεύχθηκε να ανακτηθούν από τα δείγματα ποσότητες με περιεκτικότητα σε φαινόλες από 20 έως 220 mg ισοδύναμου γαλλικού οξέος (GAE) ανά g SCG. Πειράματα έγιναν επίσης και με στερεά υπολείμματα καφέ της ίδιας ποικιλίας αλλά σε κάψουλες καφέ (Spent Coffee Ground in capsules, SCGc). Η εκχύλιση των υπολειμμάτων καφέ έδειξε μικρότερη συγκέντρωση φαινολικών αλλά και άλλων οργανικών ουσιών, γεγονός που υποδεικνύει ότι κατά την παρασκευή ροφήματος καφέ espresso από κάψουλες, εκχυλίζονται περισσότερες οργανικές ουσίες (ανάμεσα τους και η καφεΐνη) στο ρόφημα. Στην συνέχεια έγινε μια τεχνοοικονομική μελέτη αυτού του εγχειρήματος στο πλαίσιο μιας επιχειρηματικής ιδέας για την ανάπτυξη μιας βιομηχανικής μονάδας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται επιλεγμένα αποτελέσματα για την εκχύλιση για μερικές τιμές παραμέτρων και ο προκαταρκτικός σχεδιασμός μιας μονάδας απομόνωσης φαινολικών ενώσεων βασισμένη στα πειραματικά αποτελέσματα από την εκχύλιση υπολειμμάτων καφέ, τα οποία είχαν υποστεί φυσική ξήρανση στους 35-40°C.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο καφές, όντας το δημοφιλέστερο ρόφημα στον κόσμο, έχει απασχολήσει τα τελευταία χρόνια την ερευνητική κοινότητα κυρίως λόγω των ευεργετικών ιδιοτήτων του αλλά και λόγω των τεραστίων ποσοτήτων αποβλήτων που δημιουργεί η παρασκευή του [1,2]. Κάθε χρόνο υπολογίζεται ότι απορρίπτονται, ιδιαίτερα σε χώρους υγειονομικής ταφής, περίπου 6 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων καφέ [3,4], τιμή που ενισχύει την ανάγκη για άμεση διαχείριση. Η άμεση απόρριψη των αποβλήτων στο περιβάλλον, καθίσταται καταστρεπτική λόγω του υψηλού οργανικού τους φορτίου και της παρουσίας τοξικών ενώσεων για τα φυτά, όπως η καφεΐνη και οι τανίνες, ενώ η καύση τους ενισχύει την ατμοσφαιρική ρύπανση. Μία εναλλακτική αξιοποίηση των παραπροϊόντων του καφέ αφορά στην ανάκτηση των φαινολικών ουσιών που περιέχουν [5,6]. Οι φαινολικές ουσίες είναι ενώσεις υψηλής προστιθέμενης αξίας που παρουσιάζουν αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση. Προστατεύουν τον ανθρώπινο οργανισμό από χρόνιες εκφυλιστικές ασθένειες όπως ο καρκίνος και η νόσος Alzheimer και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε βιομηχανίες τροφίμων, φαρμάκων και καλλυντικών [7,8]. Η οικονομική αξία των φαινολικών ενώσεων για την αγορά εξαρτάται από την καθαρότητά τους και την παρουσία υδροξυλίων στον βενζολικό υδρογονάνθρακα, τα οποία είναι υπεύθυνα για τις αντιοξειδωτικές ιδιότητες αυτών. Στο εργαστήριο έγιναν πειράματα εκχύλισης με υπολείμματα από 'χύμα' καφέ αλλά και από καφέ σε κάψουλες. Η παραμετρική μελέτη στο εργαστήριο έδειξε ότι η επεξεργασία SCG έδειξε καλύτερα αποτελέσματα σε όρους ανάκτησης φαινολικών ενώσεων και αυτό φαίνεται να συμφωνεί με την βιβλιογραφία,[9-10]. Ωστόσο, πρέπει να αναφερθεί, ότι παρόλο που οι φαινολικές ενώσεις είναι

περισσότερες στα SCG, η βιβλιογραφία αναφέρει ότι η αντιοξειδωτική δράση των φαινολικών ενώσεων που λαμβάνονται από τα SCGc μπορεί να είναι μεγαλύτερη, [9]. Επιπλέον, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και η περιεκτικότητα των υπολειμμάτων καφέ, η οποία διαφέρει ανάλογα τη ποικιλία του καφέ, δηλαδή αν πρόκειται για ποικιλία Arabica, Robusta ή μίξη αυτών [10-13]. Αξιοποιώντας την εμπειρία από τις βέλτιστες τιμές των παραμέτρων για την καλύτερη εκχύλιση των φαινολικών ουσιών έγινε ένας προκαταρκτικός σχεδιασμός μιας μονάδας δυναμικότητας 500.000 kg/y και τεχνοοικονομική μελέτη λαμβάνοντας υπόψη τα πάγια και λειτουργικά κόστη της μονάδας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν δείγματα τόσο υπολειμμάτων κανονικού καφέ (SCG) όσο και δείγματα υπολειμμάτων καφέ από κάψουλες (SCGc), με διαφορετικές αναλογίες στερεού/υγρού (1:5, 1:10, 1:20 και 1:50). Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε κατ' αρχήν απεσταγμένο νερό, αργότερα καθαρή αλκοόλη (95% κ.ο.) και τέλος μίγματα αλκοόλης/νερού σε διάφορες αναλογίες.

Το πρώτο βήμα αυτών των πειραμάτων ήταν η σωστή ζύγιση του αποβλήτου του καφέ σε ζυγό με ακρίβεια δύο δεκαδικών ψηφίων. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκαν τα δείγματα σε ξεχωριστά ποτήρια ζέσεως και προστέθηκε ο διαλυτής. Ακολούθησε η εκχύλιση με απλή ανάδευση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος ή στην επιλεγμένη θερμοκρασία με την βοήθεια διπλότοιχων δοχείων και λουτρού σταθερής θερμοκρασίας σε μια επιτραπέζια συσκευή ανάδευσης (Jar tests, Rayra) σε ένα εύρος τιμών (25°C- 80°C). Στα περισσότερα πειράματα ο χρόνος της εκχύλισης ήταν 1h που εξασφάλιζε την μέγιστη δυνατή ανάκτηση αφού δοκιμάστηκαν χρόνοι 15, 20, 45, 60, 90 και 120 min ενώ η ανάδευση ρυθμίστηκε στις 150 στροφές που βρέθηκε ως μια αντιπροσωπευτική και ικανοποιητική ανάδευση (δοκιμάστηκαν 50, 100, 150 και 200 rpm). Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα στερεά υπολείμματα απομακρύνθηκαν με τη βοήθεια λεπτών κόσκινων (ανοίγματα 125 μm) και τα εκχυλίσματα αποθηκεύτηκαν στο ψυγείο σε θερμοκρασία 4°C, σε γυάλινα μπουκάλια μέχρι να γίνει η μέτρηση των φαινολικών, των σακχάρων και του συνολικού COD του περιεχομένου των φιαλιδίων.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η μέτρηση των φαινολικών, με τη γνωστή μέθοδο Folin-Ciocalteu [14]). Συνοπτικά, αφού τα δείγματα αραιώθηκαν, τοποθετήθηκαν 1 mL από κάθε δείγμα σε γυάλινα φιαλίδια. Σ' ένα φιαλίδιο αντί για δείγμα αντικαταστάθηκε με νερό τριπλής απόσταξης, το οποίο θα αποτελούσε το τυφλό. Για τη μέτρηση των συγκεκριμένων ποσοτήτων χρησιμοποιήθηκαν πιπέτες, η βαθμονόμηση των οποίων έγινε με τη βοήθεια νερού τριπλής απόσταξης στον ζυγό και οι μετρήσεις έγιναν σ' ένα UV φωτόμετρο και μετρήθηκαν οι απορροφήσεις στα 760 nm, ενώ οι συγκεντρώσεις των φαινολικών βρέθηκαν με τη βοήθεια ενός πρότυπου διαγράμματος βασισμένο στο γαλλικό οξύ. Το επόμενο βήμα, ήταν η μέτρηση των σακχάρων στα δείγματα με τη βοήθεια του αντιδραστήριου L- τρυπτοφάνης και οι μετρήσεις έγιναν σε ένα φορητό φωτόμετρο Smart3 Colorimeter της εταιρίας LaMotte, όπου η απορρόφηση μετρήθηκε στα 525 nm, ενώ οι συγκεντρώσεις των σακχάρων βρέθηκαν με τη βοήθεια ενός πρότυπου διαλύματος βασισμένο σε τρυπτοφάνη. Τέλος, έγιναν μετρήσεις ολικού COD σύμφωνα με τις γνωστές μεθόδους μετρήσεις οργανικών (Μέθοδος 5220D, Standard Methods) και οι μετρήσεις έγιναν επίσης στο ίδιο φορητό φωτόμετρο Smart3 Colorimeter της εταιρίας LaMotte.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

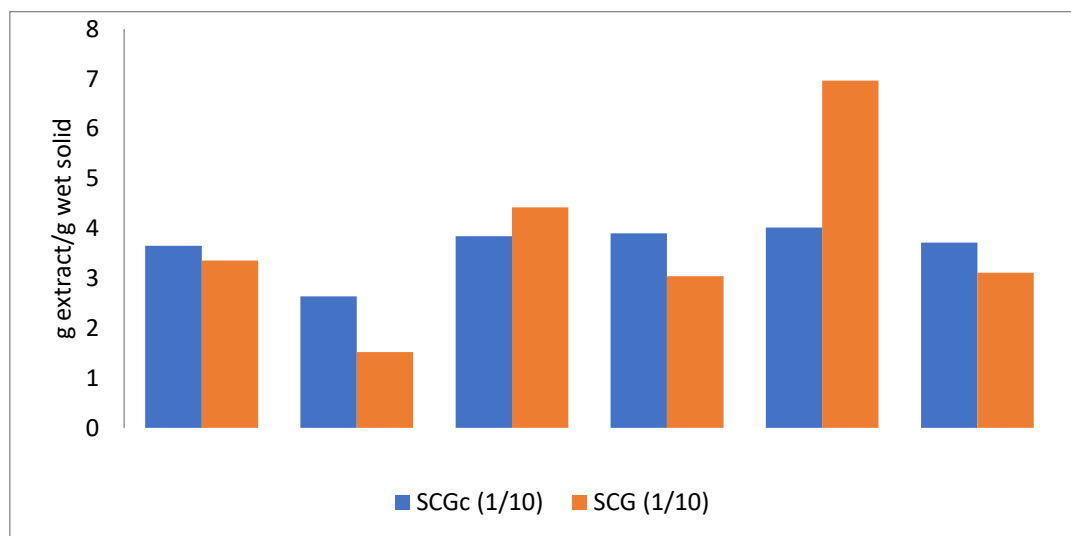
Η εκτεταμένη παραμετρική μελέτη περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό πειραμάτων και αποτελεσμάτων. Στη παρούσα εργασία καταγράφονται μόνο χαρακτηριστικά πειράματα από την επεξεργασία των δύο τύπων υπολειμμάτων σε διαφορετικές συγκεντρώσεις στερεού/υγρού διαλύτη.

Σύγκριση ποσοτήτων φαινολικών ουσιών σε SCG και SCGc

Για τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν 2 δείγματα υπολειμμάτων κανονικού καφέ (SCG) και 2 δείγματα υπολειμμάτων καφέ από κάψουλες (SCGc), με αναλογίες στερεού υγρού 1:10, καθώς έδειξε τα καλύτερα αποτελέσματα σε όρους εκχύλισης φαινολικών ουσιών, σύμφωνα με

προηγούμενα πειράματα στο εργαστήριο. Ως διαλύτης χρησιμοποιήθηκε 400 ml υδατικής αιθανόλης σε αναλογία 1:4 (320 ml αιθανόλης και 80 ml νερού).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 1, όπου φαίνονται οι ανακτώμενες ποσότητες φαινολικών ουσιών και σακχάρων για τους δύο τύπους υπολειμμάτων. Τα πειράματα επαναλήφθηκαν 3 φορές και παρουσιάζουν μικρές διαφορές μεταξύ τους.

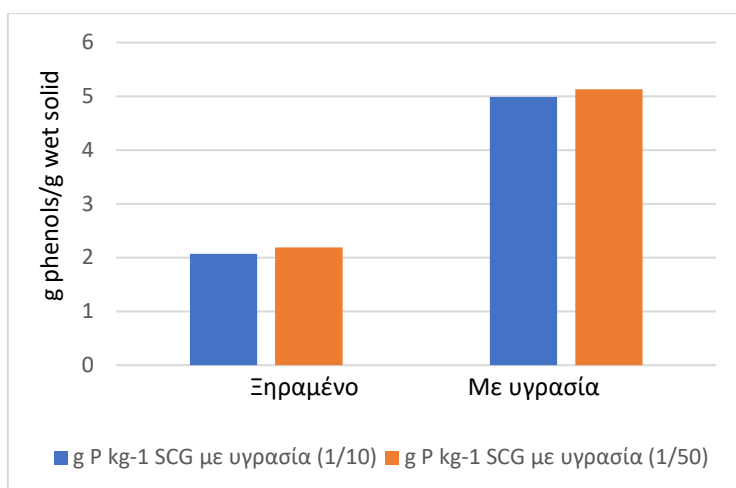


Διάγραμμα 1. Ανακτώμενες ποσότητες φαινολικών ουσιών και σακχάρων σε 3 διαφορετικά πειράματα εκχύλισης για τους δύο τύπους υπολειμμάτων καφέ

Ο σκοπός της συγκεκριμένης μελέτης είναι η επίτευξη μεγαλύτερης συγκέντρωσης φαινολικών και η μικρότερη δυνατή συγκέντρωση σακχάρων. Στο πρώτο πείραμα παρατηρείται ότι η ποσότητα των φαινολικών στα SCGc είναι μεγαλύτερη κατά 8.7% από αυτή στα SCG. Ωστόσο, τα σάκχαρα είναι κατά 73% περισσότερα στα SCGc. Στο δεύτερο πείραμα, στα SCG τα φαινολικά είναι περισσότερα κατά 15% από τα SCG,c στα οποία έχουμε και 28.3% περισσότερα σάκχαρα. Στο τρίτο πείραμα, παρατηρείται αρκετά μεγαλύτερη ποσότητα φαινολικών στα SCG και πιο συγκεκριμένα κατά 73.2%, ενώ και τα σάκχαρα στα SCGc είναι μεγαλύτερα κατά 19.4%. Συνοπτικά, από τη συνολική σειρά πειραμάτων γίνεται αντιληπτό ότι τα SCG δίνουν καλύτερα αποτελέσματα, έως και 5 gr φαινολικών ουσιών. Αυτό δείχνει δύο πιθανά σενάρια: το πρώτο πιθανό σενάριο αναφέρεται στην περίπτωση που ο καφές (ή η ποικιλία καφέ) που χρησιμοποιείται στις καφετέριες ως 'χύμα' προϊόν να περιέχει περισσότερες φαινολικές ουσίες είτε η εκχύλιση με καυτό νερό/ατμό σε υψηλές πιέσεις στην περίπτωση της παρασκευής ροφήματος καφέ από κάψουλες να είναι πιο αποτελεσματική και να εκχυλίζει περισσότερες ουσίες στο ρόφημα, μεταξύ των οποίων και οι φαινολικές ενώσεις και για αυτό στο υπόλειμμα συναντάμε μικρότερες ποσότητες φαινολικών ουσιών. Μια ευχάριστη διαπίστωση είναι οι χαμηλές συγκεντρώσεις σακχάρων και στα 3 πειράματα όπου η μέση τιμή κυμαίνεται περίπου στα 3 gr ανά kg στερεού υπολείμματος καφέ. Σημαντικές διαφορές στις τιμές των σακχάρων δεν παρατηρήθηκαν για τα δύο είδη αποβλήτων.

Βέλτιστη αναλογία υγρού διαλύτη με το στερεό δείγμα

Μια παράμετρος η οποία εξετάστηκε ενδελεχώς στην παρούσα εργασία είναι ο λόγος της μάζας του στερεού υπολείμματος προς την μάζα (ή όγκο) του διαλύτη σε μια προσπάθεια να ανακτηθούν όλες οι φαινολικές ουσίες που περιέχονται στα υπολείμματα. Δοκιμάστηκαν λόγοι υγρού/στερεού 1:5, 1:10, 1:20 και 1:50 με την ελπίδα ότι στις μεγάλες ποσότητες διαλύτη να εκχυλισθούν όλες οι φαινολικές ενώσεις που είναι παγιδευμένες στην στερεή δομή των υπολειμμάτων. Στα διαγράμματα που ακολουθούν φαίνονται οι ποσότητες των φαινολικών ουσιών που ανακτήθηκαν για τους δύο λόγους στερεού, 1:10 και 1:50 αφού στους λόγους 1:5 και 1:20 δεν διαπιστώθηκαν σημαντικές ανακτήσεις σε σχέση με τον λόγο στερεού/υγρού 1:10.



Διάγραμμα 2. Ποσότητες φαινολικών ουσιών που εκχυλίστηκαν σε διάφορους λόγους στερεού/υγρού με το στερεό α) να έχει ξηρανθεί στους 105°C β) να περιέχει την αρχική του υγρασία (68 %)

Σε αυτά τα πειράματα χρησιμοποιήθηκαν τα εξής δείγματα:

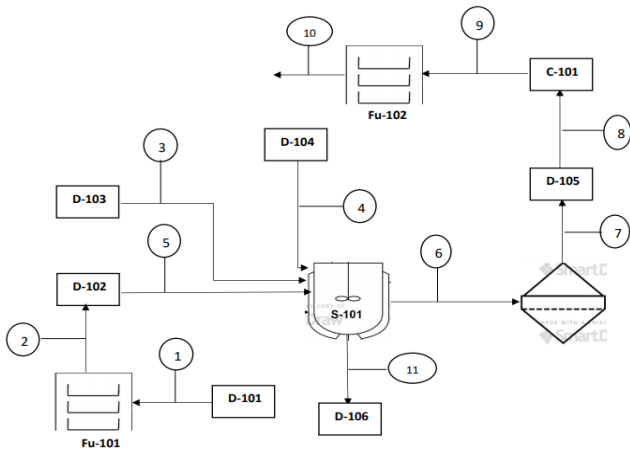
- 2 δείγματα με SCG με υγρασία σε αναλογία στερεού/διαλύτη 1:10 και 2 ίδια δείγματα με αναλογία 1:50
- 2 δείγματα με ξηραμένο SCG (ξηρανση σε φούρνο στους 105°C για 24 hr) σε αναλογία στερεού υγρού 1:10 και 2 ίδια δείγματα σε αναλογία 1:50. Οι μετρήσεις που λήφθηκαν από την εκχύλιση του στερεού ανήχθησαν στο βάρος του νωπού αποβλήτου για να είναι δυνατή ή άμεση σύγκριση τους

Σε αυτή την πειραματική σειρά εξετάστηκε το κατά πόσο επηρεάζει η υγρασία, που βρίσκεται μέσα στο απόβλητο, την εκχύλιση φαινολικών. Στο Διαγράμματα 2α και 2β φαίνονται οι πειραματικές μετρήσεις των φαινολικών ουσιών στο αρχικό νωπό απόβλητο και στο ξηραμένο. Γίνεται φανερό ότι οι ποσότητες των εκχυλισμένων ουσιών που ενδιαφέρουν, δηλαδή οι φαινολικές ενώσεις είναι πολύ περισσότερα στην περίπτωση που δεν έχει αφαιρεθεί η υγρασία από το αρχικό απόβλητο και για τις δύο αναλογίες στερεού-υγρού (1/10 και 1/50).

Τεχνοοικονομική μελέτη

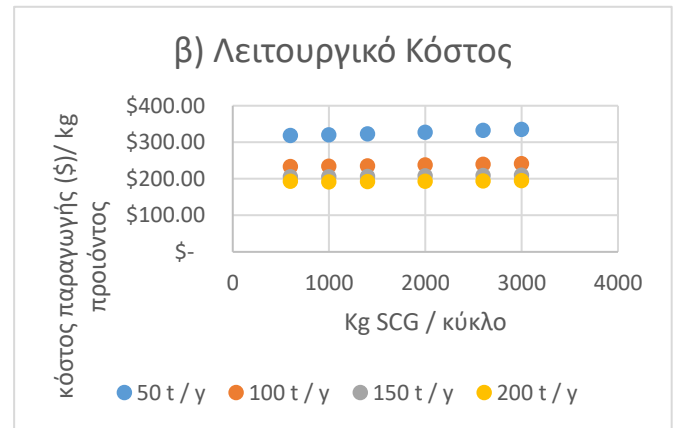
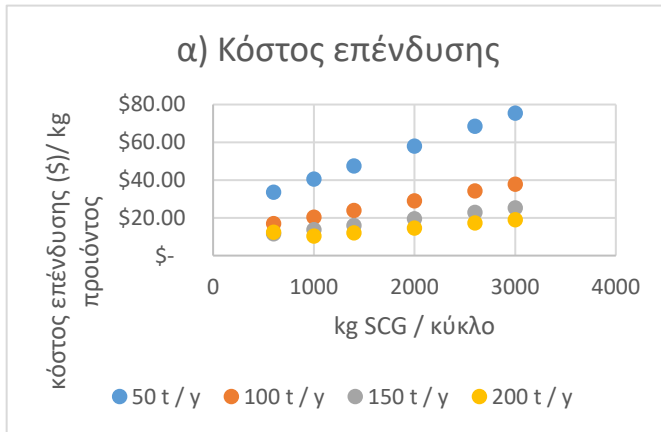
Μετά την εύρεση των κατάλληλων συνθηκών για την εκχύλιση των υπολειμμάτων καφέ (SCG) και αφού ολοκληρώθηκαν οι πειραματικές διαδικασίες, πραγματοποιήθηκε μια τεχνοοικονομική ανάλυση, με στόχο την εύρεση της μεταβολής του κόστους επένδυσης και κόστους παραγωγής για διαφορετικές ποσότητες επεξεργασίας υπολειμμάτων καφέ ανά χρόνο και διαφορετικές παροχές ανά κύκλο λειτουργίας της μονάδας. Η πιλοτική μονάδα (Διάγραμμα 3) αποτελείται από δεξαμενές αποθήκευσης για τα SCG, H₂O και EtOH, μια δεξαμενή εκχύλισης, έναν περιστροφικό εξατμιστήρα, τις μεμβράνες, εξοπλισμό για ξήρανση με ψύξη, φούρνο μικροκυμάτων και άλλους βοηθητικούς εξοπλισμούς.

Η αρχική τιμή της ποσότητας SCG τον χρόνο ανέρχεται σε 500.000 kg/y. Αν υποθέσουμε ότι η μονάδα λειτουργεί 300d/y και ότι η συνολική παροχή είναι 10.000 L/κύκλο λειτουργίας, η διάρκεια κάθε κύκλου είναι 0,6d. Αν χρησιμοποιήσουμε για τους υπολογισμούς μια μέση τιμή ποσότητας της ουσίας που εκχυλίστηκε, η οποία ανέρχεται σε 50 g/kg, τότε μπορούν να παραχθούν 25 t/y αυτής της ουσίας, με 60% καθαρότητα. Οι υπολογισμοί για τα πάγια και λειτουργικά κόστη για διαφορετικές τιμές δυναμικότητας φαίνονται στα Διαγράμματα 4 α και β.



- D-101** Δεξαμενή αποθήκευσης υπολειμμάτων καφέ πριν τη ξήρανση
- Fu-101** Ξηραντήρας με μικροκύματα
- D-103** Δεξαμενή αποθήκευσης H₂O
- D-104** Δεξαμενή αποθήκευσης EtOH
- D-102** Δεξαμενή αποθήκευσης υπολειμμάτων καφέ μετά τη ξήρανση
- S-101** Δεξαμενή εκχύλισης
Μεμβράνες
- D-105** Δεξαμενή εξισσορόπησης
- C-101** Περιστροφικός εξατμιστήρας
- Fu-102** Ξήρανση με ψύξη
- 11** Δεξαμενή αποθήκευσης των υπολειμμάτων καφέ

Διάγραμμα 3. Προτεινόμενο διάγραμμα ροής



Διάγραμμα 4: α) Κόστος επένδυσης για διάφορες δυναμικότητες της μονάδας, β) Λειτουργικό κόστος για διάφορες δυναμικότητες της μονάδας

Όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 4α γενικά, παρατηρείται ότι όσο αυξάνεται ο όγκος προς επεξεργασίας ανά κύκλο απομόνωσης αυξάνεται και το κόστος αρχικής επένδυσης. Όμως, όσο αυξάνεται ο όγκος επεξεργασίας ανά χρόνο η κλίση του κόστους επένδυσης είναι μικρότερη. Αντιθέτως στο Διάγραμμα 4β, φαίνεται ότι ο όγκος επεξεργασίας ανά κύκλο απομόνωσης δεν επηρεάζει το λειτουργικό κόστος. Όμως η αύξηση του όγκου επεξεργασίας ανά χρόνο οδηγεί σε μείωση των λειτουργικών εξόδων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για την απομόνωση φαινολικών αντιοξειδωτικών ουσιών από αγροτοβιομηχανικά απόβλητα χρειάζεται να εξεταστούν οι βέλτιστες συνθήκες απομόνωσης τους σε συνδυασμό με την πιο οικονομική σειρά διαδικασιών. Επίσης χρειάζεται να γίνει και η οικονομική ανάλυση με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι συμφέρουσα η μετάβασή των διαδικασιών από το εργαστήριο στη βιομηχανία. Σχεδόν όλα τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα μπορεί να θεωρηθούν ως πηγές φυσικών αντιοξειδωτικών ουσιών αλλά λίγα είναι αυτά τα οποία μπορούν να θεωρηθούν οικονομικές πηγές φαινολικών. Στη περίπτωση που εξετάστηκε στην παρούσα εργασία για το συγκεκριμένο απόβλητο καφέ espresso, τα αποτελέσματά έδειξαν ότι μπορεί να σχεδιαστεί μια βιομηχανική μονάδα και να είναι δυνατή η οικονομική εκμετάλλευσή της. Σε πρώτη φάση μπορούν να εκχυλιστούν διαλύματα στις βέλτιστες συνθήκες με απόδοση ανάκτησης έως 60% των αντιοξειδωτικών ουσιών που περιέχονται στα απόβλητα με πολύ καλή καθαρότητα. Το γεγονός αυτό δίνει μια υψηλή προστιθέμενη αξία ως τελικό προϊόν. Σύμφωνα και με την τεχνοοικονομική μελέτη η οποία έγινε, όσο αυξάνει ο όγκος επεξεργασίας τόσο μειώνεται το κόστος επένδυσης αλλά και το κόστος λειτουργίας. Πιο συγκεκριμένα παρατηρείται ότι στη μεγαλύτερη κλίμακα των

200 τόνων ανά έτος, το κόστος επεξεργασίας μπορεί να γίνει μικρότερο από 200 ευρώ το κιλό αποβλήτου, που είναι κοντά στην τιμή της αγοράς. Έτσι, το απόβλητο του καφέ espresso μπορεί να εξεταστεί για βιομηχανική επεξεργασία αφού γίνει μια εκτεταμένη μελέτη αγοράς και ένα αναλυτικό επιχειρησιακό πλάνο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Μέρος της παρούσας εργασίας υλοποιήθηκε στα πλαίσια του ερευνητικού έργου «Ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος αξιοποίησης των φαινολικών ενώσεων παραπροϊόντων αγροτικών και κτηνοτροφικών δραστηριοτήτων» που χρηματοδοτήθηκε από το ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ, ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ, της 1^{ης} Προκήρυξης Υποτροφιών ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ. για Υποψηφίους Διδάκτορες(κωδ. 81175, Αλέξης Πάντζιαρος).



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Wikipedia, 2017. https://en.wikipedia.org/wiki/Economics_of_coffee
- [2] International Coffee Organization, 2017. <http://www.ico.org/>
- [3] Athens Coffee Festival, 2017. <http://www.athenscoffeefestival.gr/>
- [4] CoffeePress, 2017. <http://www.coffeepress.info/>
- [5] Jimenez-Zamora, A., Pastoriza, S., & Rufian-Henares, J. A. (2015). Revalorization of coffee by-products. Prebiotic, antimicrobial and antioxidant properties. *Food Science and Technology*, 61, 12-18.
- [6] Pinelo, M., Abigaille, G. T., Pedersen, M., Arnous, A., & Meyer, A. S. (2007). Effect of Cellulases, Solvent Type and Particle Size Distribution on the Extraction of Chlorogenic Acid and Other Phenols from Spent Coffee Grounds. *American Journal of Food Technology*, 2(7), 641-651.
- [7] Bravo, J., Monente, C., Juárez M. Paz De Pena, I., & Cid, C. (2013). Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. *Food Research International*, 50, 610-616.
- [8] Monente, C., Ludwig, I. A., Irigoyen, A., María-Paz De Pena, & Cid, C. (2015). Assessment of Total (Free and Bound) Phenolic Compounds in Spent Coffee Extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 4327-4334.
- [9]: Antonietta Baiano and Maria Assunta Previtali. "Coffee Spent as a Potential Source of Bioactive Compounds". *Acta Scientific Nutritional Health* 2.1 (2018): 31-35.
- [10]: Alessia Panusa, Antonio Zorro, Roberto Lavecchia, Giancarlo Marrosu, and Rita Petrucci, Recovery of Natural Antioxidants from Spent Coffee Grounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2013 61 (17), 4162-4168
- [11]: Zorro, A., Lavecchia, R., Spent coffee grounds as a valuable source of phenolic compounds and bioenergy, *Journal of Cleaner Production* (2012)
- [12]: Michael N Clifford, *Journal of Food and Agriculture*, Chlorogenic acids and other cinnamates – nature, occurrence and dietary burden, 2000 Society of Chemical Industry. *J Sci Food Agric* 1999 5142/200
- [14] Blainski, A., G.C. Lopes, and J.C.P. De Mello, Application and analysis of the Folin-Ciocalteu method for the determination of the total phenolic content from *Limonium Brasiliense* L. *Molecules*, 2013. p. 6852-6865.