



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

*ΤΟΜΕΑΣ II: ΑΝΑΛΥΣΗΣ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ*

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

**ΤΙΤΛΟΣ**

**Οικονομική αξιολόγηση της βιομηχανικής εφαρμογής μεθόδων  
εκχύλισης βοτάνων και εγκλεισμού των εκχυλισμάτων για την  
παραγωγή προσθέτων**

**Διπλωματική Εργασία**

**Χαράλαμπος Αργυριάδης**

ΕΠΙΒΛΕΨΗ

**ΚΡΟΚΙΔΑ Μ.**

Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΗΣ 2022



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η τεχνοοικονομική αξιολόγηση της βιομηχανικής εφαρμογής μεθόδων εκχύλισης βοτάνων και εγκλεισμού των εκχυλισμάτων για την παραγωγή πρόσθετων. Επίσης, μελετάται η επίδραση που έχει η κάθε συνδυασμός που έχει κάθε εφαρμογή εκχύλισης και εγκλεισμού στην τιμή των προϊόντων.

Η έρευνα θα επικεντρωθεί στα βότανα , χαμομήλι, ρίγανη, δενδρολίβανο και βάλσαμο. Οι μέθοδοι εκχύλισης προς ανάλυση είναι η απλή διάλυση σε νερό, εκχύλιση σε υπερ. κρίσιμες συνθήκες, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, και εκχύλιση με υδροαπόσταξη. Για τον εγκλεισμό των εκχυλισμάτων θα μελετηθούν η μέθοδος ξήρανσης με ψεκασμό και η μέθοδος της ηλεκτροϊνοποίησης.

Τα σενάρια προς μελέτη είναι 1) Άλεση, Ξήρανση, Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη), 2) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες, 3) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, 4) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, 5) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με υδροαπόσταξη, 6) ) Άλεση, Ξήρανση, Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη), Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού, 7) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες, Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού, 8) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού, 9) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού, 10) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με υδροαπόσταξη, Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού, 11) Άλεση, Ξήρανση, Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη), Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση, 12) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες, Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση, 13) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση, 14) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση, 15) Άλεση, Ξήρανση, Εκχύλιση με υδροαπόσταξη, Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση.

Για το σχεδιασμό μιας βιομηχανικής μονάδας για κάθε σενάριο έγινε ανάλυση ισοζυγίων μαζών και ενέργειας, διαστασιολόγηση εξοπλισμού, εκτίμηση κόστους για την κατασκευή της αντίστοιχης μονάδας, εκτίμηση κόστους για την λειτουργία της μονάδας και μια συνολική αξιολόγηση επένδυσης με τη χρήση των υπολογιστικών φύλλων excel. Οι παράμετροι για κάθε σενάριο αντλήθηκαν από βιβλιογραφία.

Αξιολογώντας τα παραπάνω σενάρια μεθόδων καθώς και τα τελικά προϊόντα (εκχυλίσματα) προτείνεται μια βέλτιστη τιμή αγοράς για κάθε σενάριο. Έπειτα από την μελέτη των αποτελεσμάτων, φάνηκε πως τα σενάρια που χρησιμοποιούν εκχύλιση με υδροαπόσταξη έχουν τις καλύτερες αποδόσεις κιλών εκχυλίσματος ελαίου προς κιλά πρώτης ύλης αλλά και τις βέλτιστες τιμές αγοράς σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα. Τονίζεται ότι τα πειραματικά αποτελέσματα των εκχυλίσεων έχουν αντληθεί από βιβλιογραφία και πως στην έρευνα δεν έγινε ποιοτική αξιολόγηση των εκχυλισμάτων. Επικεντρώνεται καθαρά στην τεχνοοικονομική αξιολόγηση της βιομηχανικής εφαρμογής μεθόδων εκχύλισης βοτάνων και εγκλεισμού των εκχυλισμάτων.

## Abstract

The purpose of this thesis is the techno-economic evaluation of the industrial application of methods of extracting herbs and encapsulating the extracts to produce additives. Also, the effect of each combination of each application of extraction and inclusion on the price of the products is studied.

The research will focus on the herbs chamomile, oregano, rosemary, and hypericum. The extraction methods to be analyzed are solvent extraction with ethanol, extraction in super critical conditions, ultrasound-assisted extraction, ultrasound-microwave-assisted extraction, and hydro distillation extraction. For the encapsulation of extracts, the spray drying and the electrospinning method will be studied.

The scenarios to be studied are 1) Milling, Drying, Solvent Extraction (Ethanol), 2) Milling, Drying, Extraction in supercritical conditions, 3) Milling, Drying, Extraction with the help of ultrasound, 4) Milling, Drying, Extraction with the help of ultrasound and microwaves, 5) Milling, Drying, Hydro distillation Extraction, 6) ) Milling, Drying, Solvent Extraction (Ethanol), Spray-drying Encapsulation, 7) Milling, Drying, Supercritical Extraction, Drying Encapsulation 8) Milling, Drying, Extraction with the help of ultrasound, Encapsulation with spray drying, 9) Milling, Drying, Extraction with the help of ultrasound and microwaves, Encapsulation with spray drying, 10) Milling, Drying, Extraction with hydro distillation, Encapsulation with spray drying, 11) Milling, Drying, Solvent Extraction (Ethanol), Electrospinning Encapsulation, 12) Milling, Drying, Supercritical Extraction, Electrospinning Encapsulation, 13) Milling, Drying, Ultrasonic Extraction, Encapsulation with elect flotation, 14) Milling, Drying, Extraction with the help of ultrasound and microwaves, Encapsulation by electrospinning, 15) Milling, Drying, Extraction by hydro distillation, Encapsulation by electrospinning.

For the design of an industrial plant for each scenario, an analysis of mass and energy balances, equipment dimensioning, cost estimation for the construction of the respective plant, cost estimation for the operation of the plant, and an overall investment assessment using excel spreadsheets were carried out. The parameters for each scenario were drawn from the literature.

By evaluating the above scenarios as well as the final products (extracts) an optimal purchase price is proposed for each scenario. It appeared that the scenarios using hydro distillation extraction have the best yields of kilos of oil extract per kilo of raw material but also the best purchase prices in euros per kilo of pure extract or euros per encapsulated oil extract in solution. It is important to note, that the experimental results of the extractions have been drawn from the literature and that the research did not perform a qualitative evaluation of the extracts. It focuses purely on the techno-economic evaluation of the industrial application of herbal extraction methods and encapsulation of the extracts.



## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
Abstract .....	4
Πίνακας Εικόνων και Διαγραμμάτων .....	9
1. Εισαγωγή.....	11
1.1. Αιθέρια έλαια και βιοδραστικές ουσίες.....	11
1.2. Βότανα.....	13
1.2.1. Χαμομήλι .....	13
1.2.2. Ρίγανη .....	14
1.2.3. Δενδρολίβανο .....	16
1.2.4. Βάλσαμο .....	17
2. Περιγραφή Διεργασιών .....	18
2.1. Γενικό Διάγραμμα Ροής.....	18
2.2. Προ επεξεργασία Βοτάνων.....	19
2.2.1. Ξήρανση.....	19
2.2.2. Άλεση/Κοσκίνηση.....	20
2.3. Μέθοδοι ανάκτησης βιοδραστικών ουσιών και αιθέριων ελαίων .....	21
2.3.1. Απλή Εκχύλιση με χρήση Διαλύτη (ΕΔ) .....	22
2.3.2. Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων (ΕΥ) .....	24
2.3.3. Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων (ΕΥΜ) .....	26
2.3.4. Υδροαπόσταξη (ΥΑ) .....	27
2.3.5. Υπερκρίσιμη Εκχύλιση (ΥΕ) .....	28
2.4. Ενθυλάκωση .....	29
2.4.1. Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying) .....	30
2.4.2. Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) .....	31
3. Ανάλυση των εμπλεκόμενων διεργασιών .....	32
3.1. Ξήρανση υπό κενό .....	32
3.2. Σφαιρόμυλος .....	35
3.3. Απλή εκχύλιση (ΕΔ).....	35
3.4. Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων (ΕΥΜ) .....	35
3.5. Υδροαπόσταξη (ΥΑ).....	36
3.6. Υπερκρίσιμη Εκχύλιση (ΥΕ).....	36
4. Κλιμάκωση μεγέθους εξοπλισμού και εκτίμηση κόστους.....	37

5.	Οικονομική ανάλυση .....	39
5.1.	Οικονομικά μεγέθη & μεθοδολογίες .....	39
5.1.1.	Αγορασμένος Εξοπλισμός.....	39
5.1.2.	Υπολογισμός Επένδυσης Πάγιου Κεφαλαίου με Ποσοστό Κόστους Παραδομένου Εξοπλισμού .....	39
5.1.3.	Πρώτες ύλες & Προσωπικό Λειτουργίας.....	40
5.1.4.	Προμήθειες Λειτουργίας .....	40
5.1.5.	Απόσβεση .....	40
5.1.6.	Μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης - Ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης.....	41
5.1.7.	Υπολογισμός Μέτρων Αποδοτικότητας που δεν Λαμβάνουν Υπόψη τη Χρονική Αξία των Χρημάτων.....	41
5.2.	Δεδομένα Οικονομικής Ανάλυσης.....	43
5.2.1.	Τιμές πρώτων υλών.....	43
5.2.2.	Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος Εργασίας .....	43
5.2.3.	Συλλογή τιμών εμπορίας παρόμοιων τελικών προϊόντων .....	44
5.3.	Σενάρια αξιολόγησης .....	45
6.	Αποτελέσματα .....	54
6.1.	Χαμομήλι.....	54
6.1.1.	Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης.....	54
6.1.2.	Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού.....	55
6.1.3.	Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου.....	56
6.2.	Ρίγανη.....	60
6.2.1.	Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης.....	60
6.2.2.	Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού.....	60
6.2.3.	Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου.....	61
6.3.	Δενδρολίβανο .....	63
6.3.1.	Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης.....	63
6.3.2.	Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού.....	63
6.3.3.	Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου.....	64
6.4.	Βάλσαμο .....	66
6.4.1.	Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης.....	66
6.4.2.	Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού.....	66
6.4.3.	Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου.....	67
7.	Συζήτηση αποτελεσμάτων .....	69

1.1.	Αποτελέσματα .....	69
1.1.1.	Αποτελέσματα Απόδοσης Εκχύλισης .....	69
1.1.2.	Αποτελέσματα Τιμών Καθαρού Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Χωρίς Ενθυλάκωση .....	70
1.1.3.	Αποτελέσματα Τιμών Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying).....	72
1.1.4.	Αποτελέσματα Τιμών Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) .....	74
1.1.5.	Κλιμάκωση Μεγέθους Μονάδας .....	75
1.2.	Ανάλυση .....	76
1.3.	Σύγκριση Τιμών Αγοράς με Τιμές Προϊόντων για Καθαρό Εκχύλισμα.....	77
8.	Συμπεράσματα .....	79
9.	Παράρτημα .....	80
	Σενάρια 1 έως 20.....	80
	Σενάρια 81 έως 100.....	84
	Σενάρια 101 έως 120 .....	88
	Σενάρια 21 έως 40.....	92
	Σενάρια 61 έως 80.....	96
	Βιβλιογραφία .....	100



## Πίνακας Εικόνων και Διαγραμμάτων

Εικόνα 1: Χαμομήλι .....	13
Εικόνα 2: Ρίγανη.....	14
Εικόνα 3: Δενδρολίβανο .....	16
Εικόνα 4: Βάλσαμο .....	17
Εικόνα 5: Γενικό Διάγραμμα Ροής.....	18
Εικόνα 6: Δομή του ξηραντήρα δίσκου .....	19
Εικόνα 7: Διάγραμμα Ροής Υδροαπόσταξης.....	27
Εικόνα 8: Διάγραμμα Ροής Υπερκρίσιμης Εκχύλισης.....	28
Εικόνα 9: Πίνακας Σεναρίων Αξιολόγησης .....	53
Εικόνα 10: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού σε ευρώ.....	80
Εικόνα 11: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων βάλσαμου σε ευρώ .....	81
Εικόνα 12: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης σε ευρώ.....	82
Εικόνα 13: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου σε ευρώ.....	83
Εικόνα 14: Τιμή ενός κιλού διαλύματος χαμομηλιού για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού .....	84
Εικόνα 15: Τιμή ενός κιλού διαλύματος βάλσαμου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού .....	85
Εικόνα 16: Τιμή ενός κιλού διαλύματος ρίγανης για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού .....	86
Εικόνα 17: Τιμή ενός κιλού διαλύματος δενδρολίβανου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού .....	87
Εικόνα 18: Τιμή ενός κιλού διαλύματος χαμομηλιού για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊνσοποίηση.....	88
Εικόνα 19: Τιμή ενός κιλού διαλύματος βάλσαμου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊνσοποίηση.....	89
Εικόνα 20: Τιμή ενός κιλού διαλύματος ρίγανης για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊνσοποίηση.....	90
Εικόνα 21: Τιμή ενός κιλού διαλύματος δενδρολίβανου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊνσοποίηση.....	91
Εικόνα 22: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying) .....	92
Εικόνα 23: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων βάλσαμου με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying) .....	93
Εικόνα 24: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying) .....	94
Εικόνα 25: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying) .....	95
Εικόνα 26: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού με ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνσοποίηση (electrospinning) .....	96
Εικόνα 27: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων βάλσαμου με ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνσοποίηση (electrospinning) .....	97

Εικόνα 28: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊννοποίηση (electrospinning) .....	98
Εικόνα 29: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊννοποίηση (electrospinning).....	99

# 1. Εισαγωγή

## 1.1. Αιθέρια έλαια και βιοδραστικές ουσίες

Τα αιθέρια έλαια έχουν χρησιμοποιηθεί στην ιατρική σε όλη την ιστορία της ανθρωπότητας. Ονομάζονται αιθέρια ή πτητικά έλαια γιατί είναι αρωματικό ελαιώδες υγρό που εξάγεται από τα διάφορα μέρη των φυτών και χρησιμοποιούνται κυρίως ως αρώματα τροφίμων. Ένα αιθέριο έλαιο είναι «αιθέριο» με την έννοια ότι περιέχει την ουσία του αρώματος και τις ιδιότητες των φυτών από τα οποία προέρχονται.

Τα αντιοξειδωτικά και άλλες βιοδραστικές ενώσεις μπορούν να εξαχθούν από φυσικά υλικά, όπως βότανα ή φύκια ή τεχνητά σύνθετα. Οι βιοδραστικές ενώσεις, οι οποίες εξάγονται από μια φυσική πηγή, παρουσιάζουν υψηλότερη βιοδιαθεσιμότητα, βιοδιασπασιμότητα και δραστηριότητα. Επίσης, τα αντιοξειδωτικά δρουν ως ένας ισχυρός αμυντικός μηχανισμός που αποτρέπει τα κύτταρα του σώματος από τη γήρανση, το άγχος, τις φλεγμονές και τις ασθένειες. Έρευνες δείχνουν ότι τα αντιοξειδωτικά μπορούν να συμβάλουν ως ενισχυτικό του ανοσοποιητικού συστήματος και παρουσιάζουν αντικαρκινικές ιδιότητες. Επιπλέον, τα αντιοξειδωτικά εμποδίζουν την οξείδωση των προϊόντων και επεκτείνει έτσι τη διάρκεια ζωής τους. Για το λόγο αυτό τα αντιοξειδωτικά προστίθενται σε πολλά τρόφιμα και ποτά, συμπληρώματα διατροφής, θεραπευτικά και καλλυντικά προϊόντα. Παραδείγματα αντιοξειδωτικών είναι η βιταμίνη E (α-τοκοφερόλη), η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ), το β-καροτένιο και η γλουταθειόνη.

Τα φαρμακευτικά και αρωματικά φυτά χρησιμοποιούνται ευρέως ως φυσικές οργανικές ενώσεις και ως φάρμακα. Παλαιότερα, τα αιθέρια έλαια είχαν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία διαφόρων ειδών μολυσματικών ασθενειών σε ολόκληρο τον κόσμο. Τώρα, σε αυτήν την εποχή, η σημασία των αιθέριων ελαίων αυξάνεται μέρα με τη μέρα, επειδή χρησιμοποιούνται για τη θεραπεία του καρκίνου, την αρωματοθεραπεία και στις βιομηχανίες αρωματοποιίας. Οι αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες του αιθέριου ελαίου λειτουργούν ως η ρίζα πολλών εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των συντηρήσεων τροφίμων, φυσικών θεραπειών, φαρμακευτικών προϊόντων και εναλλακτικών φαρμάκων. Τα αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται στην αρωματοθεραπεία ως εναλλακτική πηγή επούλωσης πληγών λόγω των αρωματικών ενώσεων που υπάρχουν στα αιθέρια έλαια. Χρησιμοποιείται επίσης ως διαδικασία χαλάρωσης.

Η αγορά αναμένεται να καθοδηγηθεί από την αυξανόμενη ζήτηση από μεγάλες βιομηχανίες όπως τρόφιμα και ποτά, προσωπική φροντίδα και καλλυντικά και αρωματοθεραπεία. Σε αντίθεση με τα περισσότερα συμβατικά φάρμακα, τα αιθέρια έλαια δεν έχουν σημαντικές παρενέργειες. Αυτά τα χαρακτηριστικά του προϊόντος αναμένεται να είναι ο κύριος κινητήριος παράγοντας για την ανάπτυξη της αγοράς.

Η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών σχετικά με τα φυσικά και βιολογικά προϊόντα προσωπικής φροντίδας και τα τρόφιμα και τα ποτά ανάγκασε τους κατασκευαστές να μετατοπίσουν την εστίασή τους από τα συνθετικά στα φυσικά προϊόντα. Πολλά οφέλη για την υγεία που σχετίζονται με τα αιθέρια έλαια αναμένεται να αυξήσουν τη ζήτησή τους σε φαρμακευτικές και ιατρικές εφαρμογές.

Η αυξανόμενη ζήτηση για βιολογικά προϊόντα είναι ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει τις τάσεις των καταναλωτών. Η περαιτέρω εφαρμογή των κανονισμών που ευνοούν τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον συστατικών στη βιομηχανία καλλυντικών και τροφίμων και ποτών έχει αφυπνίσει το ενδιαφέρον των ανθρώπων να αναζητήσουν προϊόντα που παρασκευάζονται από φυσικά συστατικά. Ο κλάδος έχει δει μια απότομη αύξηση της ζήτησης για 100% φυτικά προϊόντα που στερούνται συνθετικών αρωμάτων και ζωικών συστατικών. Ως αποτέλεσμα, η πλειοψηφία του πληθυσμού στρέφεται στα βιολογικά προϊόντα για να αποκομίσει οφέλη για την υγεία.

Η αυξανόμενη ζήτηση βοτάνων λόγω του αυξανόμενου πληθυσμού αναμένεται να ωθήσει τις τιμές ακόμη υψηλότερα κατά το άμεσο μέλλον. Η παγκόσμια λειψυδρία, οι φυσικές καταστροφές και άλλοι παράγοντες δημιούργησαν έλλειψη τροφίμων τα τελευταία χρόνια, οδηγώντας σε υψηλές τιμές για βασικά προϊόντα και καλλιέργειες. Οι τιμές άλλων φυτών και καλλιεργειών έχουν αυξηθεί τρομερά τα τελευταία χρόνια λόγω της έλλειψης προσφοράς, των κλιματικών αλλαγών, του υπερπληθυσμού και της μείωσης της καλλιεργήσιμης γης που οδηγεί σε υψηλότερες τιμές του πετρελαίου. (1) (2) (3) (4) (5)

## 1.2. Βότανα

### 1.2.1. Χαμομήλι



Εικόνα 1: Χαμομήλι

Το όνομα του προέρχεται από την ελληνική γλώσσα κι αποτελεί σύνθετη λέξη αποτελούμενη από τις λέξεις χάμω και μήλο, χαμομήλι < χάμω + μήλο, δηλαδή το μήλο που είναι κάτω στο έδαφος. Τα άνθη του χαμομηλιού συγκομίζονται για να παρασκευαστεί το ομώνυμο αφέψημα κι όχι μόνο, καθώς το χαμομήλι αποτελεί δημοφιλές βότανο της παραδοσιακής λαϊκής ιατρικής. Επίσης, το φυτό χρησιμοποιείται από τη φαρμακευτική, τη σαπωνοποιία και τη κοσμετολογία. (6)

Για περίπου 200 χρόνια, το χαμομήλι καλλιεργούνταν στην περιοχή Lucknow της Ινδίας. Στο Παντζάμπ, το φυτό ήταν γνωστό κατά την περίοδο των Mughal πριν από περίπου 300 χρόνια. Μεταφέρθηκε για πρώτη φορά στη Βόρεια Αμερική από τους Ισπανούς αποίκους, πιθανώς στις αρχές του 16ου αιώνα. Τόσο τα γερμανικά όσο και τα ρωμαϊκά είδη χαμομηλιού είναι από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα φαρμακευτικά φυτά. Χρησιμοποιούνταν παραδοσιακά από εμπειρικούς βοτανολόγους στο βόρειο Μεξικό και στα νοτιοδυτικά της Αμερικής ως ένα ασήμαντο τσάι για τη θεραπεία μιας ποικιλίας παθήσεων, ειδικά των κολικών σε μικρά παιδιά. Ως φαρμακευτικό φάρμακο για τα γηρατειά, το αποξηραμένο άνθος χαμομηλιού έγινε γνωστό σε διάφορες χώρες όπως τη Ρώμη, την Ελλάδα και την Αίγυπτο. Οι Αιγύπτιοι πίστευαν ότι το χαμομήλι είχε σχέση με τον θεό του ήλιου, επομένως είχε θρησκευτική χρήση. Το λουλούδι είναι γνωστό ως "manzanilla" στην Ισπανία (που σημαίνει επίσης "μικρό μήλο").

Το χαμομήλι διανέμεται ευρέως στο Πακιστάν, την Ινδία, το Νεπάλ, τη Σρι Λάνκα, το Μπαγκλαντές και το Αφγανιστάν. Καλλιεργείται επίσης στη Γερμανία, την Hungry, τη Φινλανδία, τη Γαλλία και τη Νότια Αφρική. Οι Ηνωμένες Πολιτείες είναι η μεγαλύτερη αγορά αιθέριου ελαίου χαμομηλιού στον κόσμο, ακολουθούμενες από την Ιαπωνία και την Ευρώπη. Οι εταιρείες αναψυκτικών είναι οι κύριοι χρήστες αιθέριων ελαίων στις Ηνωμένες Πολιτείες. Περίπου το 10% από την Ιαπωνία αντιπροσωπεύει την παγκόσμια ζήτηση.

Το λάδι έχει ένα ευρύ φάσμα χρήσεων στη φαρμακευτική και σε άλλους τομείς όπως τα καλλυντικά, η αρωματοθεραπεία, η αρωματοποιία και η βιομηχανία τροφίμων. Το αζουλένιο που υπάρχει στο αιθέριο έλαιο της κεφαλής των ανθέων χρησιμοποιείται σε οδοντόκρεμες, λοσιόν δέρματος, παρασκευάσματα μαλλιών, αρωματοποιία, καλλυντικές κρέμες και σε εκλεκτά ποτά. Το φυτό έχει μεγάλη οικονομική αξία λόγω των εκτεταμένων φαρμακευτικών και φαρμακολογικών ιδιοτήτων του. Οι αντισηπτικές, αντισπασμωδικές, ήπια αρωματικές και αντιφλεγμονώδεις ιδιότητες είναι οι κύριες εφαρμογές του βοτάνου. Το χαμομήλι χρησιμοποιείται πολύ σπάνια εσωτερικά και πιο αποτελεσματικά για την επώδυνη έμμηνο ρύση, για ερεθισμούς του ουροποιητικού συστήματος,, διάρροια, ναυτία και αργή πέψη. Εξωτερικά χρησιμοποιείται κυρίως για αιμορροΐδες, πονόλαιμο στο στόμα, στο λαιμό, στα μάτια, καθώς και σε τραυματισμούς που επουλώνονται πιο αργά και σε δερματικά εξανθήματα

Επίσης, το χαμομήλι χρησιμοποιείται με διάφορους τρόπους για διάφορους σκοπούς και στην μαγειρική. Στις σαλάτες προστίθενται φρέσκες κεφαλές φυτού χαμομηλιού. Τα φρέσκα λουλούδια χρησιμοποιούνται στο τσάι. Τα curcakes λεμόνι χαμομηλιού με κρέμα μελιού βουτυρόκρεμα φτιάχνονται χρησιμοποιώντας αποξηραμένο χαμομήλι. (7)

### 1.2.2. Ρίγανη



Εικόνα 2: Ρίγανη

Η ρίγανη καλλιεργείται κυρίως εδώ και αιώνες στην περιοχή της Μεσογείου, αν και πλέον βρίσκεται στις περισσότερες ηπείρους. Η ρίγανη είναι ένα από τα πιο δημοφιλή φυτά στις ισπανικές παραδοσιακές θεραπείες και τα φύλλα της έχουν χρησιμοποιηθεί σε παραδοσιακά φάρμακα για τη θεραπεία ασθενειών όπως πόνους στους μύες, δερματικές πληγές, άσθμα, πεπτικές διαταραχές, μολύνσεις, φλεγμονές και γενικά τη διατήρηση της υγείας. Επιπλέον, η ρίγανη χρησιμοποιείται από τα αρχαία χρόνια ως συστατικό στη μεσογειακή διατροφή. Υπάρχουν πολλά είδη ρίγανης, όπως το ισπανικό θυμάρι ή το *Origanum vulgare*. Η ποικιλία μπαχαρικών που πωλείται περισσότερο στις Ηνωμένες Πολιτείες και την Ευρώπη.

Η ρίγανη χρησιμοποιείται σε κρέας, λουκάνικα, σαλάτες, μαγειρευτά, ντρέσινγκ και σούπες. Η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί λάδι ρίγανης και ρητίνη ρίγανης τόσο σε τρόφιμα όσο και σε ποτά. Το λάδι ρίγανης χρησιμοποιείται σε αλκοολούχα ποτά, αρτοσκευάσματα, κρέατα και προϊόντα κρέατος, καρυκεύματα και νοστιμιές, γαλακτοκομικά προϊόντα, επεξεργασμένα λαχανικά, σνακ και λίπη και λάδια.

Ακόμα, εκχυλίσματα ρίγανης, αιθέρια έλαια και μεμονωμένες ενώσεις από αυτό το βότανο έχουν επιδείξει αντιοξειδωτική, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική και αντιμικροβιακή δράση, η οποία μπορεί να συμβάλει στην ικανότητα αποφυγής ανθρώπινων λοιμώξεων ή στην προστασία του καρδιαγγειακού και νευρικού συστήματος από τη γλυκόζη του αίματος και ρύθμιση λιπιδίων.

Επομένως, το αιθέριο έλαιο ρίγανης μπορεί να θεωρηθεί ως πλούσια πηγή βιοδραστικών ενώσεων και η προσθήκη του σε μήτρες τροφίμων μεταδίδει αυτά τα οφέλη. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για την παραγωγή λειτουργικών τροφίμων.

Το αιθέριο έλαιο από ρίγανη, έχει δείξει αποτελεσματικότητα στην επιβράδυνση της οξειδωσης των λιπιδίων σε μήτρες τροφίμων. Διαθέτει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση κατά των παθογόνων βακτηρίων των τροφίμων, υπογραμμίζοντας τις δυνατότητές του ως εργαλείο για την επίτευξη της ασφάλειας των τροφίμων. Το αιθέριο έλαιο ρίγανης έχει δείξει αποτελεσματικότητα στη μείωση της μικροβιακής ανάπτυξης επιβλαβών μικροοργανισμών (βακτήρια, μαγιά, μούχλα), αντιπροσωπεύοντας τη δυνατότητα αύξησης της διάρκειας ζωής των τροφίμων.

Οι τιμές των προϊόντων ρίγανης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα. Η συνολική αγορά ρίγανης επεκτείνεται και η ρίγανη είναι μακράν το βότανο με τις μεγαλύτερες πωλήσεις σήμερα. Οι τελευταίες εκτιμήσεις αναφέρουν την παγκόσμια παραγωγή σε περίπου 10 000 τόνους. Η Τουρκία κατέχει δεσπόζουσα θέση στο παγκόσμιο εμπόριο ρίγανης (πάνω από τα δύο τρίτα της συνολικής παραγωγής, με 3392 τόνους να εξήχθησαν στις ΗΠΑ το 1995), ακολουθούμενη από το Μεξικό, την Ελλάδα και άλλες μεσογειακές χώρες. Η Ελλάδα είναι εδώ και πολύ καιρό μια κορυφαία πηγή και το προϊόν της έχει παραδοσιακά τις υψηλότερες τιμές. Ωστόσο, δεν ανταποκρινόταν πάντα στη ζήτηση. Είναι γενικά αποδεκτό ότι η ελληνική ρίγανη έχει την καλύτερη ποιότητα αιθέριου ελαίου, τα κύρια συστατικά της οποίας είναι η καρβακρόλη. (8) (9)

### 1.2.3. Δενδρολίβανο



Εικόνα 3: Δενδρολίβανο

Το Δενδρολίβανο περιλαμβάνει τρία διαφορετικά είδη (*Rosmarinus officinalis*, *Rosmarinus erycocalix* και *Rosmarinus tomentosus*) που απαντώνται κυρίως στην περιοχή της δυτικής Μεσογείου, με μερικά από αυτά σε νησιά στο Αιγαίο και στη Νότια Τουρκία. Μπορεί επίσης να βρεθεί να αναπτύσσεται στην Κριμαία, την Κύπρο, τον Καύκασο, την Κρήτη, την περιοχή της Μακαρονησίας και την Κεντρική και Νότια Αμερική. Ο φυσικός του βιότοπος εκτείνεται από περιοχές κοντά στη θάλασσα έως και 1500 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Τα τελευταία χρόνια, η ζήτηση για αιθέρια έλαια από φαρμακευτικά φυτά έχει αυξηθεί, ιδιαίτερα στην περίπτωση του ελαίου από το φυτό δεντρολίβανου, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως ως φυσικό συντηρητικό τροφίμων. Το έλαιο δεντρολίβανου έχει αντιμικροβιακές, αντιμυκητιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες και, κυρίως, χαμηλό κόστος και διαθεσιμότητα.

Από τους αρχαίους λαούς, το δεντρολίβανο έχει συνδεθεί στενά με την αγάπη και το γάμο, καθώς και με τις τελετές γέννησης και θανάτου. Καλλιεργούνταν ευρέως από την αρχαιότητα για ιατρικούς, γαστρονομικούς και διακοσμητικούς σκοπούς. Από την αρχαιότητα, έχει συνδεθεί ιδιαίτερα με θεραπείες για τη βελτίωση της μνήμης. Οι κύριες ιστορικές ιατρικές χρήσεις του δεντρολίβανου ήταν ως τονωτικό του εγκεφάλου και ως ήπιο φάρμακο για τον καθαρισμό του ήπατος. Στην αρχαία Ελλάδα και τη Ρώμη, το δεντρολίβανο πίστευαν ότι ενίσχυε τη μνήμη, γεγονός που οφείλεται στο ότι είναι γνωστό ως το βότανο της ανάμνησης και της πιστότητας. Το δεντρολίβανο ήταν επίσης ένα βασικό βότανο ενός φαρμακοποιού κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης.

Στη λαϊκή ιατρική, τα αφεψήματα από τους μίσχους και τα άνθη του έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία πονοκεφάλων και κρυολογήματος, ως παυσίπονο για τον κολικό των νεφρών και τη δυσμηνόρροια και ως αντισπασμωδικό. Μετά την εκχύλιση αιθέριου ελαίου, το απεσταγμένο νερό από τα άνθη χρησιμοποιείται επίσης ως πλύση ματιών, για τη βελτίωση της πέψης και για την ανακούφιση των στομαχόπονων. Το ίδιο το αιθέριο έλαιο χρησιμεύει ως ερυθροποιητικό και τονωτικό.

Σήμερα, το αιθέριο έλαιο δεντρολίβανου είναι ένα προϊόν με καλές προοπτικές για τις βιομηχανίες φαρμακευτικών, καλλυντικών και τροφίμων, προικισμένο από τη χημική του σύνθεση με ευεργετικές ιδιότητες που ανταποκρίνονται στην αυξανόμενη ζήτηση της κοινωνίας για φυσικά προϊόντα. Μάλιστα, μεταξύ των πολλών χρήσεων του, το έλαιο δεντρολίβανου χρησιμοποιείται ως αρωματικός παράγοντας τροφίμων και είναι πολύ γνωστό ιατρικά για τις ισχυρές αντιμεταλλαξιογόνες, αντιβακτηριδιακές και χημειοπροληπτικές του ιδιότητες. (10)



#### 1.2.4. Βάλσαμο



Εικόνα 4: Βάλσαμο

Το Βάλσαμο αποτελείται από περίπου 400 είδη βοτάνων και θάμνων με κίτρινα ή χάλκινα άνθη με τέσσερα έως πέντε πέταλα, πολλούς στήμονες και ένα μόνο ύπερο.

Θεωρείται ένα πολύτιμο ιατρικά φυτό για πάνω από 2000 χρόνια. Οι Έλληνες γιατροί του πρώτου αιώνα, ο Γαληνός, ο Διοσκουρίδης, ο Πλίνιος και ο Ιπποκράτης, το συνέστησαν ως διουρητικό, επουλωτικό βότανο, θεραπεία για διαταραχές της εμμήνου ρύσεως και θεραπεία για εντερικά σκουλήκια και δαγκώματα φιδιών. Οι αποξηραμένες ανθισμένες κορυφές τοποθετημένες σε ελαιόλαδο έκαναν το λάδι να κοκκινίσει μετά από 3 εβδομάδες. Οι αρχαίοι πίστευαν ότι το φυτό είχε μυστικιστικές ιδιότητες και τα φυτά μαζεύονταν για προστασία από δαίμονες και για να διώξουν τα κακά πνεύματα.

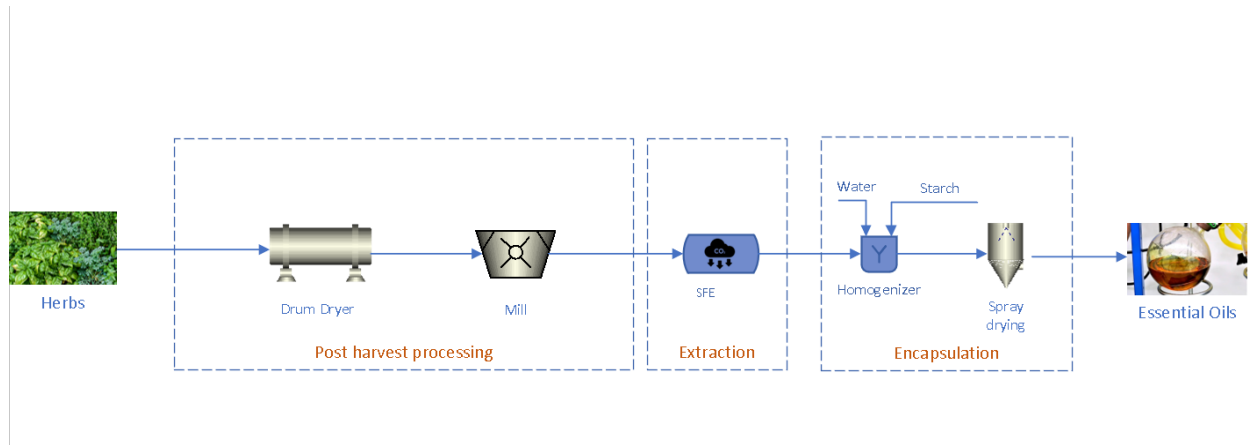
Η χρήση του Βάλσαμου ως φαρμακευτικό βότανο συνεχίστηκε στην Ευρώπη και εξαπλώθηκε σε άλλες ηπείρους, μεταξύ του δέκατου όγδοου και του δέκατου ένατου αιώνα. Συνήθως παρασκευαζόταν τσάγια και βάμματα για τη θεραπεία του άγχους, της κατάθλιψης, της αϋπνίας, της κατακράτησης νερού και της γαστρίτιδας. Με τα χρόνια, τα παρασκευάσματα φυτικών ελαίων έχουν χρησιμοποιηθεί για τη θεραπεία αιμορροϊδών και φλεγμονών. Έχει χρησιμοποιηθεί και για τη θεραπεία πληγών, κοψιμάτων, ελαφρών εγκαυμάτων και εκδορών, ειδικά εκείνων που περιλαμβάνουν νευρική βλάβη.

Σήμερα οι έρευνες υποδηλώνουν την αποτελεσματικότητα αυτού του βοτάνου στη θεραπεία άλλων παθήσεων, συμπεριλαμβανομένου του καρκίνου, των διαταραχών που σχετίζονται με τη φλεγμονή και των βακτηριακών και ιογενών ασθενειών, καθώς και ως αντιοξειδωτικό και νευροπροστατευτικό παράγοντα. Οι φαρμακευτικές εταιρείες, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, παρασκευάζουν τυποποιημένα σκευάσματα αυτού του βοτάνου που λαμβάνονται από εκατομμύρια ανθρώπους. Οι παγκόσμιες ετήσιες πωλήσεις προϊόντων που παράγονται από το Βάλσαμο υπερβαίνουν επί του παρόντος πολλά δισεκατομμύρια δολάρια

Το βάλσαμο διανέμεται παγκοσμίως, ειδικά σε εύκρατες περιοχές του βόρειου ημισφαιρίου. Μπορεί επίσης να βρεθεί στις τροπικές και θερμές εύκρατες περιοχές, σχεδόν πάντα όμως περιορίζεται σε ορεινούς οικοτόπους σε μεγάλο υψόμετρο. (11) (12) (13)

## 2. Περιγραφή Διεργασιών

### 2.1. Γενικό Διάγραμμα Ροής



Εικόνα 5: Γενικό Διάγραμμα Ροής

Για την εξαγωγή αιθέριου ελαίου από Χαμομήλι, Ρίγανη, Δενδρολίβανο και Βάλσαμο πραγματοποιήθηκαν πειράματα με απόσταξη με μεθόδους που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια.

Τα βήματα που είναι απαραίτητα για τη διεργασία είναι:

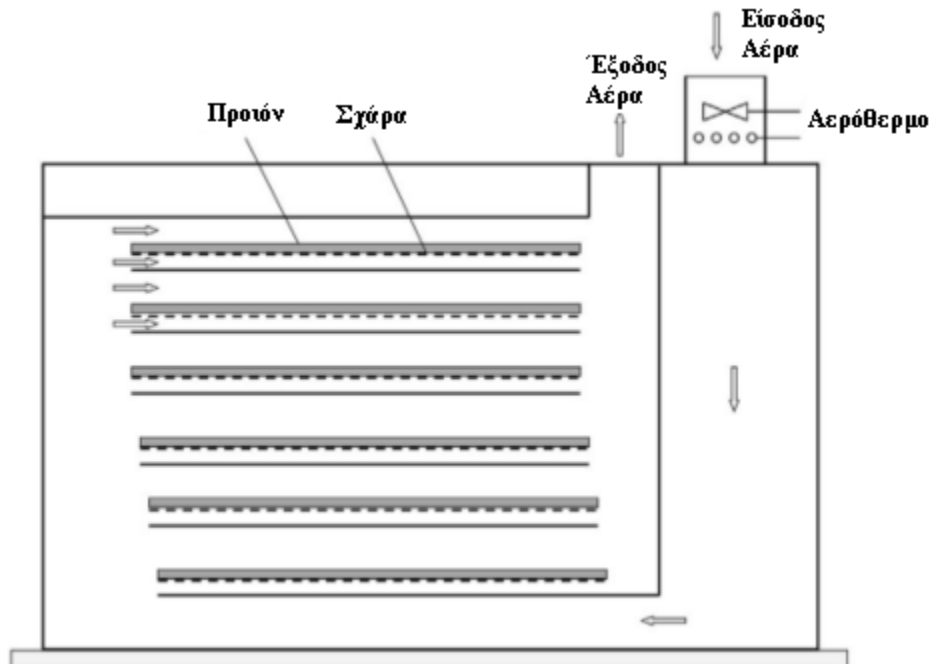
- παραλαβή και σύνθλιψη της πρώτης ύλης
- ξήρανση στους 40 C μέχρι να φτάσει περίπου το 10% κατά βάρος υγρασίας (για σκοπούς αποθήκευσης)
- άλεση υλικού σε μέγεθος σωματιδίων κάτω από 500 nm για να αυξηθεί η επιφάνεια της επιφάνειας και να μειωθούν οι περιορισμοί μεταφοράς μάζας
- εκχύλιση με διαλύτη (αιθανόλη), εκχύλιση σε υπερ. κρίσιμες συνθήκες, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, και εκχύλιση με υδροαπόσταξη
- συμπύκνωση και διαχωρισμός
- εγκλεισμός των εκχυλισμάτων με τη μέθοδο ξήρανσης με ψεκασμό και τη μέθοδο της ηλεκτροϊνοποίησης
- αποθήκευση δείγματος

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι η επίδραση των συνθηκών εκχύλισης δεν λήφθηκε υπόψη σε αυτή τη μελέτη.

## 2.2. Προ επεξεργασία Βοτάνων

### 2.2.1. Ξήρανση

Στη βιομηχανία τα είναι ο πιο σύνηθες τρόπος ξήρανσης βοτάνων. Τα στεγνωτήρια δίσκων αποτελούνται από έναν θερμομονωμένο θάλαμο στον οποίο οι δίσκοι στοιβάζονται σε ράφια. Οι δίσκοι αποτελούνται είτε από συρμάτινο πλέγμα είτε από διάτρητα φύλλα, και τα δύο από ανοξείδωτο χάλυβα. Το προϊόν που πρόκειται να στεγνώσει απλώνεται ομοιόμορφα σε ένα μόνο ή λεπτό στρώμα στους δίσκους. Ο αέρας στεγνώματος πιέζεται οριζόντια είτε πάνω είτε κάτω από το προϊόν. Για να μειωθεί η απαίτηση θερμότητας, ο αέρας ξήρανσης ανακυκλώνεται εν μέρει στον θάλαμο ξήρανσης. (14)



Εικόνα 6: Δομή του ξηραντήρα δίσκου

- Η θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης και ο ρυθμός ροής του αέρα είναι σταθεροί καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας ξήρανσης
- Στην είσοδο αέρα, το υγρό προϊόν εκτίθεται στην υψηλή θερμοκρασία. Η περιεκτικότητα σε υγρασία μειώνεται γρήγορα μέχρι να επιτευχθεί η περιεκτικότητα σε υγρασία ισορροπίας
- Λόγω της σχετικά μεγάλης ταχύτητας αέρα, η θερμοκρασία του αέρα ξήρανσης μειώνεται ελαφρώς κατά τη διαδρομή του μέσα από το στεγνωτήριο, η οποία προκαλείται από ψύξη με εξάτμιση, ενώ η σχετική υγρασία αυξάνεται ασήμαντα
- Το προϊόν στην έξοδο αέρα στεγνώνει πολύ πιο αργά από ό,τι στην είσοδο αέρα
- Με την αύξηση του χρόνου στεγνώματος, η θερμοκρασία του αέρα στεγνώματος και η σχετική υγρασία συγκλίνουν στις συνθήκες εισόδου
- Κατά το στέγνωμα υπερχείλισης, ο αέρας εξαγωγής δεν μπορεί να κορεσθεί και η θερμοκρασία του αέρα εξαγωγής είναι ελαφρώς χαμηλότερη από την είσοδο αέρα ξήρανσης, με αποτέλεσμα σχεδόν ομοιόμορφο στέγνωμα αλλά και υψηλή θερμική κατανάλωση ενέργειας
- Η μερική ανακυκλοφορία του αέρα εξαγωγής μειώνει σημαντικά την απαίτηση θερμότητας

#### Χρησιμοποίηση

- Φρούτα
- Λαχανικά
- Βότανα
- Κι άλλα

#### Πλεονεκτήματα

- Ομοιόμορφο στέγνωμα
- Δυνατότητα στεγνώματος μικρών παρτίδων
- Εύκολος χειρισμός
- Χαμηλή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας

#### Μειονεκτήματα

- Υψηλή επένδυση
- Περιορισμένη ικανότητα στεγνώματος
- Περιορισμένη θερμοκρασία αέρα στεγνώματος
- Υψηλές απαιτήσεις εργασίας για τον καθαρισμό των δίσκων
- Υψηλή κατανάλωση θερμικής ενέργειας όταν δεν ανακυκλώνεται ο αέρας εξαγωγής (15)

### 2.2.2. Άλεση/Κοσκίνηση

Οι σφαιρόμυλοι ή οι σφαιρόμυλοι χρησιμοποιούνται ευρέως τόσο σε υγρά όσο και σε ξηρά συστήματα, σε κατά παρτίδες και συνεχείς λειτουργίες και σε μικρή και μεγάλη κλίμακα. Τα στοιχεία λείανσης στους σφαιρόμυλους ταξιδεύουν με διαφορετικές ταχύτητες. Επομένως, η δύναμη σύγκρουσης, η κατεύθυνση και η κινητική ενέργεια μεταξύ δύο ή περισσότερων στοιχείων ποικίλλουν πολύ μέσα στο φορτίο της μπάλας. Οι δυνάμεις φθοράς τριβής ή τριβής δρουν στα σωματίδια, καθώς και η ενέργεια σύγκρουσης. Αυτές οι δυνάμεις προέρχονται από την περιστροφική κίνηση των σφαιρών και την κίνηση των σωματιδίων μέσα στις ζώνες μύλου και επαφής των σφαιρών που συγκρούονται. Με την περιστροφή του σώματος του μύλου, λόγω της τριβής μεταξύ του τοιχώματος του μύλου και των σφαιρών, οι τελευταίες ανεβαίνουν προς την κατεύθυνση περιστροφής έως ότου μια γωνία έλικας δεν υπερβαίνει τη γωνία ανάπαυσης, οπότε οι μπάλες κυλούν προς τα κάτω. Η αύξηση του ρυθμού περιστροφής οδηγεί σε αύξηση της φυγόκεντρης δύναμης και η γωνία της έλικας αυξάνεται, αντίστοιχα, έως ότου η συνιστώσα της αντοχής βάρους των σφαιρών γίνει μεγαλύτερη από τη φυγόκεντρη δύναμη. Από αυτή τη στιγμή οι μπάλες αρχίζουν να πέφτουν, περιγράφοντας κατά την πτώση ορισμένες παραβολικές καμπύλες. Με την περαιτέρω αύξηση του ρυθμού περιστροφής, η φυγόκεντρος δύναμη μπορεί να γίνει τόσο μεγάλη που οι μπάλες θα περιστρέφονται μαζί με το σώμα του μύλου χωρίς να πέσουν κάτω. (16) (17) (18)

Ένα χαρακτηριστικό των σφαιρόμυλων είναι η υψηλή ειδική κατανάλωση ενέργειας. Ένας μύλος γεμάτος με μπάλες, που λειτουργεί σε αδράνεια, καταναλώνει περίπου τόση ενέργεια όση και σε πλήρη χωρητικότητα, δηλαδή κατά την άλεση του υλικού. Επομένως, είναι πολύ μειονεκτική η χρήση ενός μύλου με σφαιρίδια με μικρότερη από την πλήρη χωρητικότητα. (19)

Οι σφαιρόμυλοι έχουν τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- καθολικότητα και υψηλή χωρητικότητα
- μονιμότητα μιας προδιαγεγραμμένης λεπτότητας άλεσης με συγκεκριμένη χωρητικότητα για μεγάλες χρονικές περιόδους (με περιοδική προσθήκη σφαιρών για αντιστάθμιση της φθορά τους)
- αξιοπιστία και ασφάλεια, απλότητα συντήρησης.

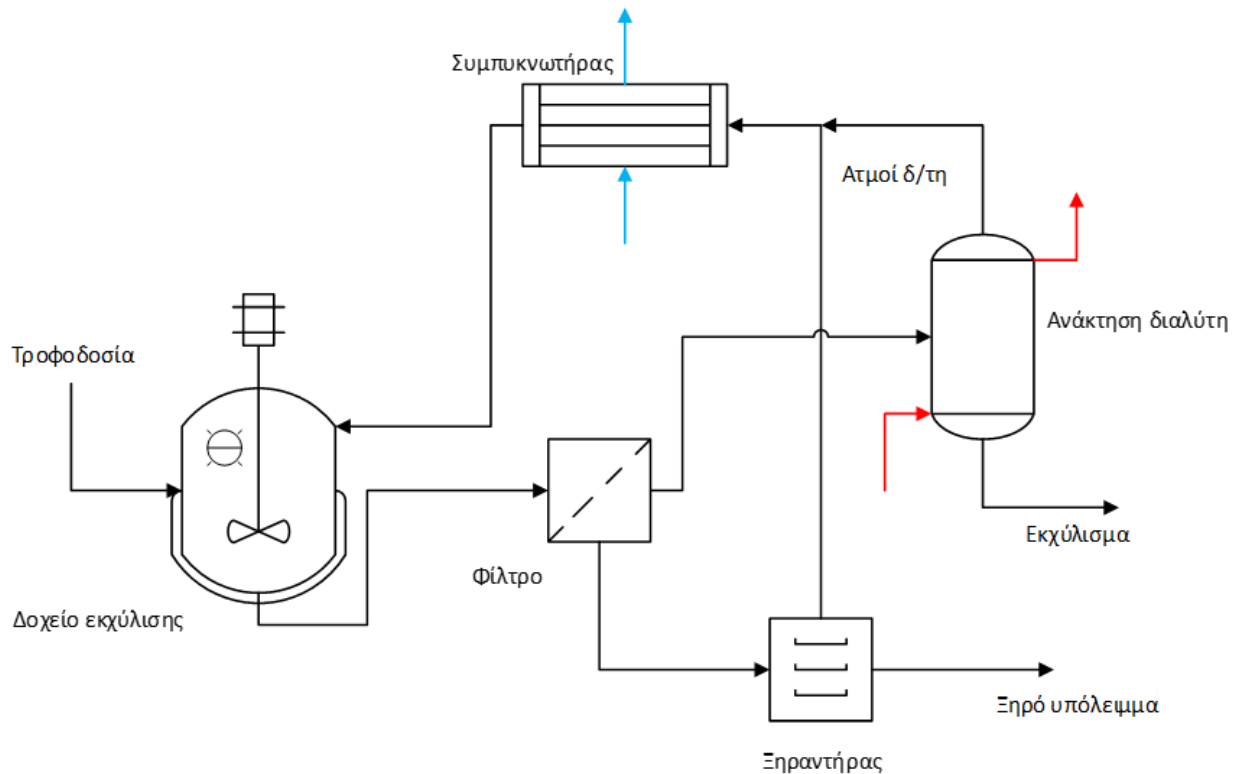
Μειονεκτήματα των σφαιρόμυλων:

- αχρηστία και μεγάλο βάρος
- λείανση υψηλής ειδικής κατανάλωσης ενέργειας. Η ενέργεια καταναλώνεται κυρίως σε φθορά σφαιρών και θωράκισης τοίχου, τριβή, θέρμανση υλικού κ.λπ.
- θόρυβος κατά την εργασία.

### 2.3. Μέθοδοι ανάκτησης βιοδραστικών ουσιών και αιθέριων ελαίων

Η τεχνική εκχύλισης αποτελείται από λειτουργίες μονάδας που διεξάγονται για τον διαχωρισμό ορισμένων ενώσεων από μια στερεή, υγρή ή αέρια μήτρα με μια χημική, φυσική ή/και μηχανική διαδικασία. Μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες μέθοδοι εκχύλισης για τη λήψη των ενώσεων-στόχων. Διάφοροι παράγοντες, συμπεριλαμβανομένου του κόστους, της αποδοτικότητας, της παραγωγικότητας και της επιλεκτικότητας, πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή της καταλληλότερης διαδικασίας. Οι τρεις πρώτοι παράγοντες έχουν οικονομικές επιπτώσεις και καθορίζουν τη σκοπιμότητα των βιομηχανικών εφαρμογών της διαδικασίας. Αντίθετα, η επιλεκτικότητα σχετίζεται στενά με την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος. (20) (21)

### 2.3.1. Απλή Εκχύλιση με χρήση Διαλύτη (ΕΔ)



Η εκχύλιση με διαλύτη (ΕΔ) είναι μια από τις προτιμώμενες τεχνικές διαχωρισμού λόγω της απλότητας, της ταχύτητας και του ευρέος πεδίου εφαρμογής της. Χρησιμοποιώντας σχετικά απλό εξοπλισμό και απαιτώντας λίγο χρόνο για την εκτέλεση, οι διαδικασίες εκχύλισης προσφέρουν πολλά στους χημικούς και τους μηχανικούς. Συχνά φαίνεται να είναι η ιδανική μέθοδος διαχωρισμού ιχνών συστατικών από μεγάλες ποσότητες άλλων ουσιών.

Η διάχυση διαλύματος (με ή χωρίς χημικές αντιδράσεις) είναι ένας κοινά αποδεκτός μηχανισμός για την ΕΔ. Η διαδικασία είναι συχνά πολύ επιλεκτική και η απομόνωση της διαλυμένης ουσίας που μας ενδιαφέρει μπορεί συνήθως να γίνει όσο πιο ολοκληρωμένη χρειάζεται με αρκετές επαναλήψεις της διαδικασίας εκχύλισης.

Η επιλογή της φύσης των διαλυτών που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από το χαρακτηριστικό της αναλυόμενης ουσίας. Για αναλύτες με υδρόφιλο χαρακτήρα, χρησιμοποιούνται γενικά νερό ή υδατικά

ρυθμιστικά διαλύματα για εκχύλιση. Για αναλύτες με περιορισμένη διαλυτότητα στο νερό, χρησιμοποιούνται υδατικά ρυθμιστικά διαλύματα με  $pH < 7$  για την αύξηση της απόδοσης εκχύλισης των βασικών αναλυτών και υδατικά ρυθμιστικά διαλύματα με  $pH > 7$  για την αύξηση της απόδοσης εκχύλισης όξινων ενώσεων. Με αυτόν τον τρόπο τα μόρια της αναλυόμενης ουσίας διασπώνται και η διαλυτότητά τους σε υδατικό διαλύτη ενισχύεται. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν οργανικοί διαλύτες που χρησιμοποιούνται γενικά για τη μεταφορά του δείγματος σε διάλυμα, όπως αναμίξιμοι οργανικοί διαλύτες με νερό ή μη αναμίξιμοι διαλύτες. Η μεθανόλη, το ακετονιτρίλιο, η αιθανόλη και η ισοπροπανόλη χρησιμοποιούνται ευρέως και οι ανώτερες αλκοόλες, οι χλωριωμένοι διαλύτες και οι αλειφατικοί ή αρωματικοί διαλύτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκχύλιση υδρόφοβων ενώσεων.

Η ποσότητα του διαλύτη που χρησιμοποιείται στην εκχύλιση είναι ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Αυτή η ποσότητα πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα του δείγματος. Συνήθως απαιτείται τουλάχιστον τέσσερις φορές περισσότερος διαλύτης από το δείγμα, αν και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολύ μεγαλύτεροι όγκοι διαλύτη για συγκεκριμένες εφαρμογές. Ο ανεπαρκής όγκος διαλύτη μπορεί να οδηγήσει σε ατελή εκχύλιση, δυσκολίες ανάκτησης αρκετού διαλύτη μετά την εκχύλιση, κυρίως όταν το δείγμα προσροφά τον διαλύτη. Ένας μικρότερος όγκος διαλύτη είναι μερικές φορές χρήσιμος για την επίτευξη υψηλότερων συγκεντρώσεων στις αναλυόμενες ουσίες. Ωστόσο, οι χαμηλές ανακτήσεις κατά την εκχύλιση μπορεί να είναι πιο επιζήμιες από τις χαμηλές συγκεντρώσεις της αναλυόμενης ουσίας.

Στη παρούσα μελέτη η αιθανόλη επιλέχθηκε ως διαλύτης λόγω της επιλεκτικότητάς της να εκχυλίζει οργανικές ενώσεις. Από τη βιβλιογραφία επιλέχθηκε αναλογία διαλύτη προς τροφοδοσία περίπου 6,5:1 (σε ξηρή βάση μάζας) για την εκχύλιση βοτάνων λόγω της επιλεκτικότητας του να εκχυλίζει οργανικές ενώσεις. Σε αυτή τη μελέτη, η αναλογία διαλύτη προς τροφοδοσία (ξηρή βάση) καθορίστηκε στο 4:1 καθώς σε υψηλότερες αναλογίες διαλύτη θα απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Η θερμοκρασία εκχύλισης διατηρήθηκε στους 50 C. Μετά τη διαδικασία εκχύλισης, λήφθηκαν δύο ρεύματα: το ένα περιλαμβάνει τη στερεά και την υδατική φάση και το δεύτερο που περιέχει την οργανική φάση, η οποία είναι πλούσια σε αιθανόλη, ένα αιθέριο έλαιο. (22) (23)





Έτσι, οι μηχανικές και σπηλαιώδεις επιδράσεις που είναι υπεύθυνες για την εξαγωγή των συστατικών μπορούν να περιγραφούν σε δύο βήματα:

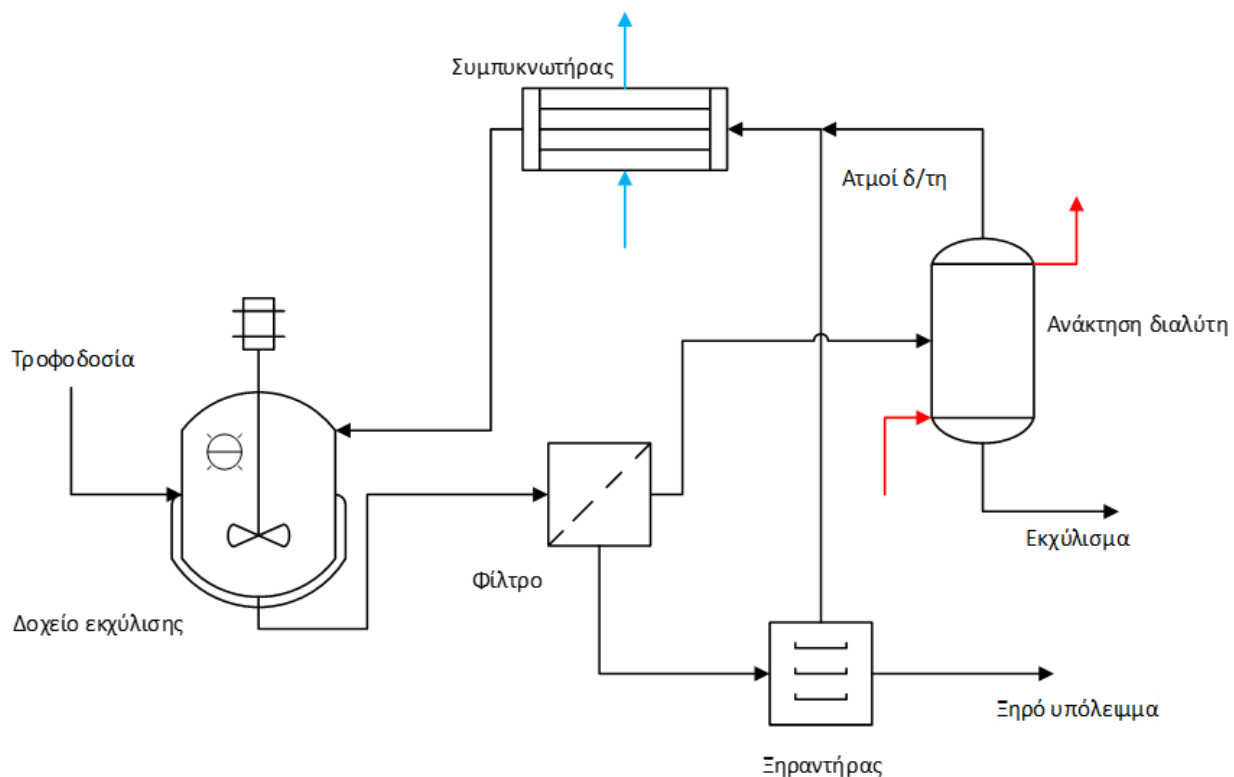
- η είσοδος του διαλύτη στη μήτρα, η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων και τα μηχανικά φαινόμενα επιτρέπουν καλύτερη διείσδυση του διαλύτη
- απελευθερώνει τα εκχυλίσματα από τη μήτρα (μεγαλύτερη επιφάνεια επαφής μεταξύ των στερεών υγρών φάσεων).

Έτσι, το κυτταρικό περιεχόμενο διαχέεται γρήγορα και εύκολα από τη μήτρα στο μέσο εκχύλισης.

Εκτός από τις επιδράσεις των φαινομένων ακουστικής σπηλαίωσης στις διαταραχές των κυτταρικών τοιχωμάτων, ενισχύει και τη διαπερατότητα των στερεών υλικών σε διαλύτες. Έτσι, η χρήση των ΕΥ έχει ως αποτέλεσμα την άυξηση μεταφοράς μάζας, καλύτερη διείσδυση διαλύτη, λιγότερη κατανάλωση τοξικών διαλυτών, και επίσης η διαδικασία εκχύλισης πραγματοποιείται σε χαμηλότερο εύρος θερμοκρασιών, έχει ταχύτερους ρυθμούς εκχύλισης και μεγαλύτερες αποδόσεις προϊόντος.

Στο παρούσα μελέτη θεωρήθηκε ότι οι συχνότητες υπερήχων κυμαίνονται από 20 kHz έως 10 MHz. Η συχνότητα που χρησιμοποιείται εξαρτάται κυρίως από ζητήματα διαδικασίας που σχετίζονται με τον εξοπλισμό.

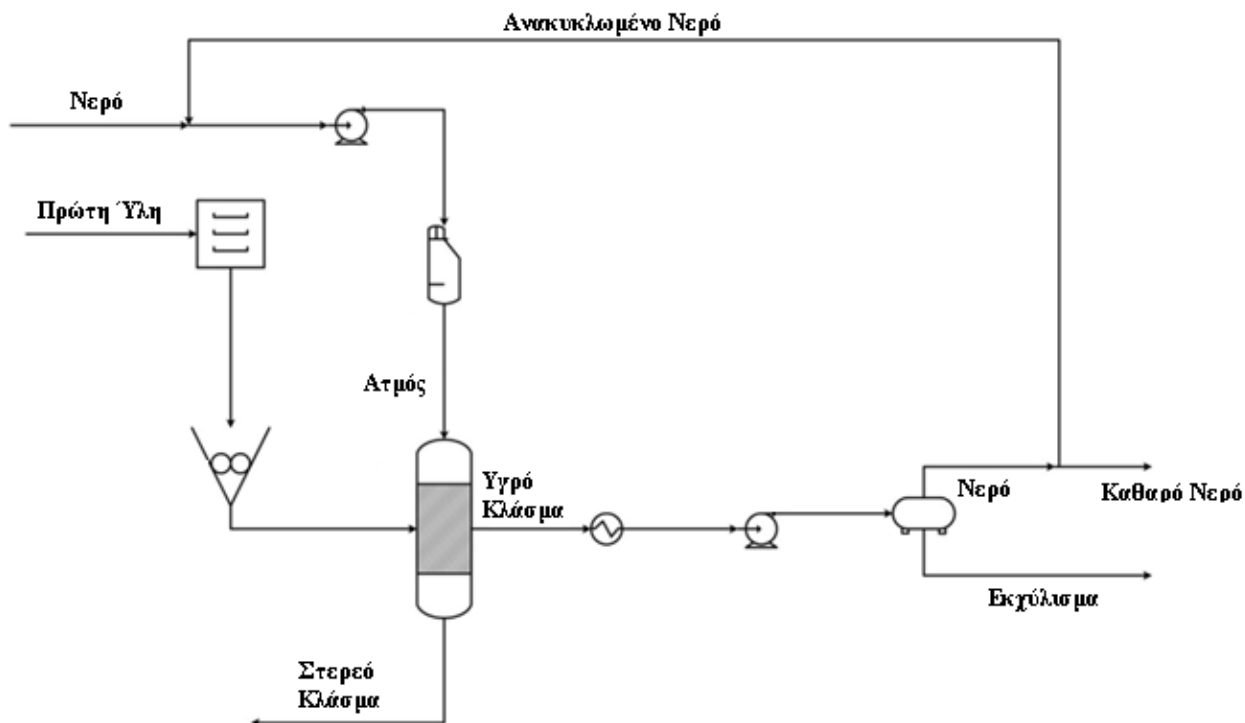
### 2.3.3. Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων (EYM)



Γενικά, η χρήση EYM επιτυγχάνει αυξημένη απελευθέρωση ενώσεων από τη μήτρα, ενώ μειώνει τον χρόνο εκχύλισης και τη χρήση διαλυτών σε σύγκριση με τις συμβατικές τεχνολογίες. Έτσι, προσφέρει τη δυνατότητα εκχύλισης ενώσεων υψηλής αξίας χωρίς τη χρήση διαλυτών. Επιπλέον, η EYM χρησιμοποιεί μια πηγή θερμότητας χωρίς επαφή, αυξάνοντας την απόδοση και την επιλεκτικότητα της διαδικασίας θέρμανσης. Η EYM μπορεί να κλιμακωθεί και η αρχική οικονομική επένδυση στον εξοπλισμό εξαγωγής είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με άλλες συσκευές εξαγωγής όπως η υπερκρίσιμη ή υπό πίεση υγρή εκχύλιση.

Ένας από τους κύριους περιορισμούς της EYM είναι η ανάγκη να συμπεριληφθεί ένας διαχωρισμός διαδικασία (δηλαδή διήθηση ή φυγοκέντρηση) για τον διαχωρισμό των υπολειμμάτων από τις ενώσεις υψηλής αξίας μετά τη διαδικασία εκχύλισης. Η αυξημένη θερμοκρασία κατά τη διαδικασία εκχύλισης κατά τη χρήση EY θα μπορούσε να βλάψει τη δραστηριότητα και τη χημική δομή των θερμοευαίσθητων ενώσεων. Επιπλέον, οι λειτουργικές παράμετροι που χρησιμοποιούνται στην EYM ενδέχεται να ποικίλλουν σημαντικά ανάλογα με τη χημική σύνθεση και την πυκνότητα της μήτρας του δείγματος. (24) (25)

#### 2.3.4. Υδροαπόσταξη (ΥΑ)



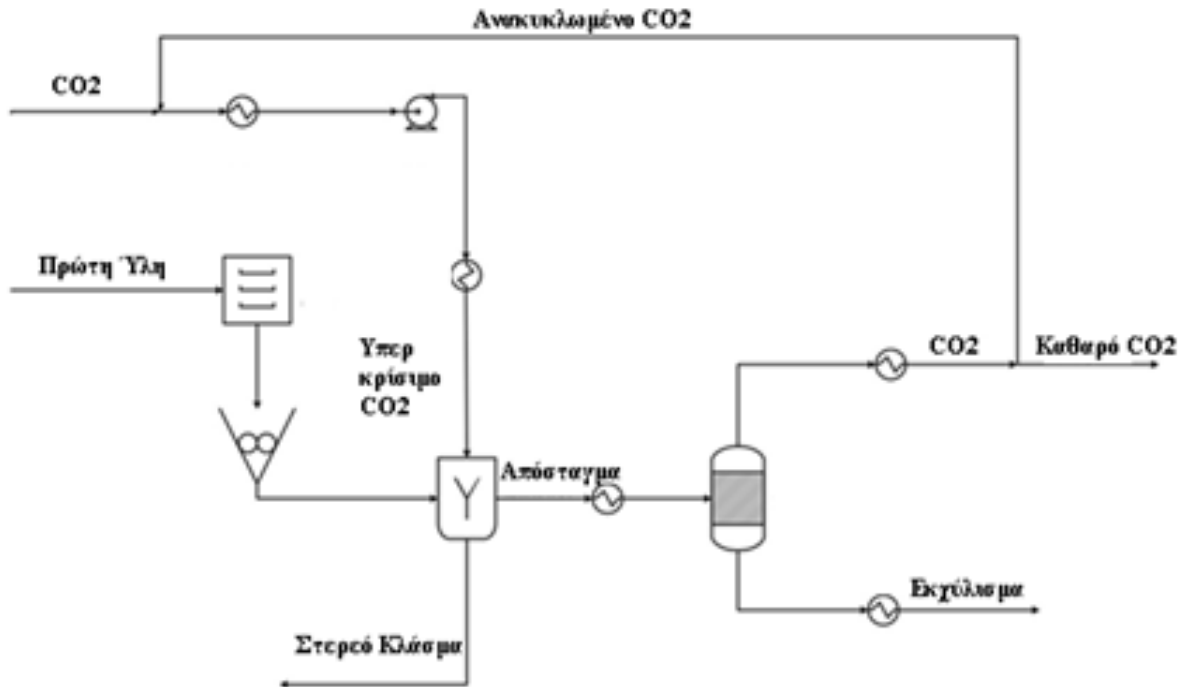
Εικόνα 7: Διάγραμμα Ροής Υδροαπόσταξης

Η υδροαπόσταξη (ΥΑ) είναι μια παραδοσιακή μέθοδος για την εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων, κυρίως αιθέριων ελαίων από φυτά. Δεν εμπλέκονται οργανικοί διαλύτες και μπορεί να πραγματοποιηθεί πριν από την ξήρανση των βοτάνων. Η υδροαπόσταξη περιλαμβάνει τρεις κύριες φυσικοχημικές διεργασίες: υδροδιάχυση, υδρόλυση και αποσύνθεση με θερμότητα. Σε υψηλή θερμοκρασία εκχύλισης, ορισμένα πτητικά συστατικά μπορεί να χαθούν. Αυτό το μειονέκτημα περιορίζει τη χρήση του για την εκχύλιση θερμικά ασταθών ενώσεων.

Υπάρχουν τρεις τύποι υδροαπόσταξης: απόσταξη νερού, απόσταξη με νερό-ατμό και απόσταξη με ατμό. Στην υδροαπόσταξη, πρώτα, το φυτικό υλικό συσκευάζεται σε ένα ακίνητο διαμέρισμα, στη συνέχεια προστίθεται νερό σε επαρκή ποσότητα και τέλος βράζει. Εναλλακτικά, άμεσος ατμός εγχέεται στο φυτικό υλικό. Το ζεστό νερό και ο ατμός δρουν ως οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την απελευθέρωση βιοδραστικών ενώσεων του φυτικού ιστού. Η έμμεση ψύξη με νερό συμπυκνώνει το μίγμα ατμών νερού και λαδιού. Το συμπυκνωμένο μείγμα ρέει από τον συμπυκνωτή σε έναν διαχωριστή, όπου το λάδι και οι βιοδραστικές ενώσεις διαχωρίζονται αυτόματα από το νερό.

Το στερεό υπόλειμμα της διαδικασίας της υδροαπόσταξης συνήθως απορρίπτεται, αν και είναι μια πλούσια πηγή αντιοξειδωτικών ενώσεων. Η επεξεργασία του υγρού υπολειμματικού υλικού (βότανο και νερό) που απομένει μετά τη διαδικασία της υδροαπόσταξης θα μπορούσε να οδηγήσει σε εκχυλίσματα πλούσια σε φαινολικά οξέα, αξιοποιώντας πλήρως τα απόβλητα της διεργασίας. Το κύριο μειονέκτημα αυτής της διεργασίας είναι οι υψηλοί χρόνοι παραμονής και οι μεγάλες ποσότητες διαλύτη που απαιτούνται. Επιπλέον, πρέπει να ληφθεί υπόψη η πιθανότητα ύπαρξης τοξικών και/ή απαγορευμένων υπολειμμάτων στο τελικό προϊόν που λαμβάνεται. (26)

### 2.3.5. Υπερκρίσιμη Εκχύλιση (ΥΕ)



Εικόνα 8: Διάγραμμα Ροής Υπερκρίσιμης Εκχύλισης

Μεταξύ των τεχνικών διαχωρισμού στερεού-υγρού, η εκχύλιση με υπερκρίσιμο (ΥΕ) υγρό έχει σημαντικά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα, ο διαλύτης μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα από το διάλυμα ρυθμίζοντας την πίεση και τη θερμοκρασία. Η τεχνική έχει επίσης χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις επειδή δεν απαιτεί μετεπεξεργασίες, όπως απόσταξη, και επιτρέπει την ταχεία εκχύλιση λόγω του χαμηλού ιξώδους, της υψηλής διαχυσιμότητας και της κατάλληλης διαλυτικής ισχύος του υπερκρίσιμου ρευστού.

Επιπλέον, εξαγωγή υπερκρίσιμου υγρού απαιτεί τη χρήση ελάχιστου ή καθόλου οργανικού διαλύτη επειδή το διοξείδιο του άνθρακα ανακυκλώνεται στο σύστημα. Η τεχνική, επομένως, μπορεί να θεωρηθεί ως μια ασφαλής και φιλική προς το περιβάλλον τεχνολογία. Η εξαγωγή υπερκρίσιμου υγρού στερεών μητρών χωρίζεται σε δύο στάδια: εκχύλιση και διαχωρισμό. Στο στάδιο της εκχύλισης, ο διαλύτης τροφοδοτείται στον εξαγωγέα και κατανέμεται ομοιόμορφα μέσα στη σταθερή κλίνη. Το υπερκρίσιμο ρευστό ρέει μέσω της σταθερής κλίνης των στερεών σωματιδίων και διαλύει τα εξαγόμενα συστατικά. Το μείγμα του διαλύτη και των εκχυλισμένων συστατικών στη συνέχεια φεύγει από τον εκχυλιστή και περνά στον διαχωριστή. Στο στάδιο του διαχωρισμού, η πίεση του μείγματος μειώνεται, με αποτέλεσμα

την εξάτμιση του διαλύτη, ο οποίος μπορεί να ανακυκλωθεί, και την καθίζηση της διαλυμένης ουσίας, η οποία μπορεί να συλλεχθεί και να αναλυθεί. (27) (28)

Κατά την εκχύλιση διαλυτών ενώσεων από μήτρες, συμβαίνουν ορισμένα παράλληλα και διαδοχικά βήματα:

- Η μήτρα απορροφά τον υπερκρίσιμο διαλύτη και/ή άλλα υγρά που προστίθενται σκόπιμα κατά τη διαδικασία εκχύλισης και οι κυτταρικές δομές στο δείγμα διογκώνονται, ενισχύοντας έτσι τη μεταφορά μάζας
- Παράλληλα, οι εκχυλισμένες ενώσεις διαλύονται από τον διαλύτη. Μια χημική αντίδραση μπορεί να συμβεί πριν από τη διάλυση
- Οι διαλυμένες ενώσεις μεταφέρονται στην επιφάνεια του στερεού. Σε αυτή την περίπτωση, η διάχυση είναι ο πιο σημαντικός μηχανισμός μεταφοράς
- Οι διαλυμένες ενώσεις φτάνουν στην εξωτερική επιφάνεια. Αυτή τη στιγμή μπορεί να συμβεί αλλαγή φάσης
- Οι ενώσεις που υπάρχουν στο επιφανειακό στρώμα μεταφέρονται από τον υπερκρίσιμο διαλύτη
- Τέλος, ο διαλύτης εκχύλισης διαχωρίζεται από τις αναλυόμενες ουσίες

## 2.4. Ενθυλάκωση

Η ενθυλάκωση υποδηλώνει τη διαδικασία κατά την οποία πολύ μικρά σταγονίδια υγρού ή αερίου ή πολύ μικρά στερεά σωματίδια περικλείονται μέσα σε μια μεμβράνη διαλυτού υλικού. Το παγιδευμένο υλικό αναφέρεται συνήθως ως βασικό υλικό, ωφέλιμο φορτίο, πλήρωση ή εσωτερική φάση. Το υλικό που δημιουργεί την επικάλυψη ονομάζεται υλικό τοίχου, φορέας, μεμβράνη ή κέλυφος. Το προϊόν που λαμβάνεται με αυτή τη διαδικασία αναφέρεται ως κάψουλες. Σε μια σχετικά απλή μορφή, μια κάψουλα είναι μια μικρή σφαίρα με ομοιόμορφο τοίχο γύρω της. Οι κάψουλες μπορούν να ταξινομηθούν σε τρεις ομάδες με βάση τα μεγέθη τους: νανοκάψουλες με διάμετρο περίπου 100-300 nm, μικροκάψουλες με διάμετρο περίπου 3-800 μm, μακροκάψουλες με διάμετρο μεγαλύτερη από περίπου 1000 μm. Η τεχνική κατασκευής των καψουλών εξαρτάται από τις φυσικές και χημικές ιδιότητες του υλικού που πρόκειται να ενθυλακωθεί και μπορεί να ταξινομηθεί σε τρεις μεθόδους:

- Φυσικές μέθοδοι: επίστρωση λεκάνης, αεραιώρηση, φυγοκεντρική εξώθηση, ακροφύσιο δόνησης, ξήρανση με ψεκασμό, ψύξη με ψεκασμό, ψύξη με ψεκασμό.
- Φυσικοχημικές μέθοδοι: ιονοτροπική πηκτή, διαχωρισμός φάσης πήξης
- Χημικές μέθοδοι: διαπροσωπική πολυσυμπύκνωση, διαπροσωπική διασύνδεση, επιτόπιος πολυμερισμός, πολυμερισμός μήτρας. (29) (30)

#### 2.4.1. Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying)

Η ξήρανση με ψεκασμό είναι μια συνεχής διαδικασία κατά την οποία μια υγρή τροφοδοσία με τη μορφή διαλύματος ή εναιωρήματος ψεκάζεται στο ρεύμα ενός θερμού ξηραντικού μέσου (π.χ. αέρα ή αζώτου) με ακροφύσια εγκατεστημένα μέσα σε ένα θάλαμο ξήρανσης. Ως αποτέλεσμα της ταχείας επέκτασης της περιοχής επαφής φάσης, η εξάτμιση της υγρασίας είναι έντονη χωρίς να οδηγεί σε σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας του ξηρού υλικού. Αυτό αποτρέπει την υπερθέρμανση της σκόνης και διατηρεί την ποιότητά της λόγω του σύντομου χρόνου στεγνώματος. Οι δομές των σωματιδίων σκόνης που παράγονται με αυτόν τον τρόπο εξαρτώνται από τις συνθήκες της διεργασίας ξήρανσης και από τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή. Γενικά υπάρχουν τέσσερα κύρια στάδια σε αυτή την τεχνική (29) (30)

1. Παρασκευή υγρής τροφοδοσίας και παράγοντα ξήρανσης θέρμανσης.
2. Ψεκασμός υγρής τροφοδοσίας με τη χρήση ψεκαστήρων.
3. Ξήρανση σωματιδίων λόγω επαφής με παράγοντα ξήρανσης.
4. Συλλογή προϊόντων και διαχωρισμός σκόνης από τον αέρα εξαγωγής.

#### Πλεονεκτήματα της ξήρανσης με ψεκασμό

- Βελτίωση της οξειδωτικής σταθερότητας των λιπιδίων με την εφαρμογή της διαδικασίας ενθυλάκωσης, συμβάλλοντας στην παράταση της διάρκειας ζωής προστατεύοντας τα έλαια από την οξείδωση
- Προστασία των υλικών του πυρήνα, τα οποία είναι συνήθως ευαίσθητες ενώσεις όπως έλαια, γεύσεις και βιταμίνες, από οξυγόνο, φως ή νερό. Γενικά, τα έλαια τροφίμων παρουσιάζουν σημαντική ευαισθησία στο φως, τη θερμοκρασία, τον αέρα και την ακτινοβολία
- Μεταβολή των ελαίων από υγρή σε ξηρή μορφή με σκοπό την παραγωγή σκόνης με υψηλή διαλυτότητα. Η μετατροπή της υγρής τροφοδοσίας (αρώματα και βρώσιμα έλαια) σε σκόνη σε στερεά μορφή είναι μια σημαντική χρήση της ενθυλάκωσης στη βιομηχανία τροφίμων

#### Μειονεκτήματα της ξήρανσης με ψεκασμό

- Ο εξοπλισμός ξήρανσης με ψεκασμό απαιτεί σημαντική επένδυση, καθώς χρειάζεται συνεχή συντήρηση. Τα ακροφύσια είναι επιρρεπή να φράξουν και οι ψεκαστήρες περιστροφικού δίσκου μπορεί να διαβρωθούν με την πάροδο του χρόνου
- Δεν υπάρχουν πολλές εγκαταστάσεις παραγωγής με δυνατότητες ξήρανσης ψεκασμού, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ανάπτυξη προϊόντων και διεργασιών. Η γνώση της ξήρανσης με ψεκασμό είναι επίσης περιορισμένη

#### 2.4.2. Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning)

Η ηλεκτροϊνοποίηση είναι μια τεχνική νανοκατασκευής που λειτουργεί σε υψηλές ηλεκτρικές τάσεις για την εξώθηση πολυμερικών ινών με διάμετρο μέχρι το νανόμετρο.. Υπάρχουν δύο κύριες προσεγγίσεις ηλεκτροϊνοποίησης: ηλεκτροϊνοποίηση διαλύματος όταν το αρχικό πολυμερές είναι σε διάλυμα με κατάλληλο διαλύτη ή μείγμα διαλυτών. ηλεκτροϊνοποίηση τήγματος όταν το πολυμερές υποβάλλεται σε επεξεργασία σε τετηγμένη κατάσταση και δεν χρησιμοποιούνται διαλύτες. Η συγκεκριμένη μελέτη επικεντρώνεται στην ηλεκτροϊνοποίηση διαλύματος, που στο εξής θα αναφέρεται απλώς ως ηλεκτροϊνοποίηση. (29) (30)

Η ηλεκτροϊνοποίηση παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες μεθόδους παραγωγής, όπως:

- ευκολία χρήσης, εύκολη και οικονομική μέθοδος για την παραγωγή νανοϊνών.
- εύκολη ενσωμάτωση βιοδραστικών ενώσεων σε νανοΐνες
- μειωμένη απαίτηση μεγέθους για βιοδραστικές ενώσεις, επιτρέποντας την ενσωμάτωσή τους σε συστήματα τροφίμων χωρίς να επηρεάζονται οι αισθητηριακές ιδιότητες των προϊόντων
- η απουσία θερμότητας κατά τη διαδικασία ηλεκτροϊνοποίησης, η οποία μπορεί να είναι καθοριστικής σημασίας ειδικά για ευαίσθητες ενώσεις

#### Μειονεκτήματα της ηλεκτροϊνοποίησης

- χρήση τοξικών διαλυτών
- ανεπαρκής κυτταρική διήθηση
- ανομοιογενής κυτταρική κατανομή

### 3. Ανάλυση των εμπλεκόμενων διεργασιών

#### 3.1. Ξήρανση υπό κενό

Τα βότανα περιέχουν υγρασία ως υγρό νερό ή υδρατμούς. Το νερό μπορεί να βρίσκεται στην επιφάνεια του προϊόντος ως ελεύθερη υγρασία ή/και στο εσωτερικό με τη μορφή οσμωτικής ή τριχοειδούς υγρασίας. Η περιεκτικότητα σε υγρασία μπορεί να εκφραστεί είτε σε υγρή βάση/wet bases (w.b.) είτε σε ξηρή βάση/dry bases (d.b.). Η περιεκτικότητα σε υγρασία σε υγρή βάση  $MC_{wb}$  ορίζεται ως ο λόγος της μάζας του νερού  $m_w$  και της συνολικής μάζας του προϊόντος και εκφράζεται ως % w.b.:

$$MC_{wb} = \frac{m_w}{m_w + m_{dm}} \cdot 100$$

Η περιεκτικότητα σε υγρασία σε ξηρή βάση  $MC_{db}$  είναι ο λόγος της μάζας του νερού  $m_w$  και της περιεκτικότητας σε ξηρή ύλη  $m_{dm}$  και εκφράζεται ως αδιάστατη τιμή:

$$MC_{db} = \frac{m_w}{m_{dm}}$$

Η περιεκτικότητα σε υγρασία σε υγρή βάση χρησιμοποιείται από γεωργούς και εμπόρους, ενώ η περιεκτικότητα σε ξηρή βάση χρησιμοποιείται για επιστημονική ανάλυση των διαδικασιών ξήρανσης, καθώς η σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας σε υγρασία σε ξηρή βάση και της μάζας του νερού είναι γραμμική συνάρτηση.

Για τη μετατροπή της περιεκτικότητας σε υγρασία σε υγρή βάση σε ξηρή βάση και αντίστροφα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι ακόλουθες εξισώσεις

$$MC_{wb} = \frac{MC_{db}}{1 + MC_{db}} \cdot 100$$

$$MC_{db} = \frac{MC_{wb}}{100 - MC_{wb}}$$

Κατά τη διαδικασία ξήρανσης, η αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία  $MC_1$  μετά τη συγκομιδή πρέπει να μειωθεί στην τελική περιεκτικότητα σε υγρασία  $MC_2$ , όπου το προϊόν είναι ασφαλές για αποθήκευση.

Η μάζα του νερού  $\Delta m_w$ , που πρέπει να αφαιρεθεί κατά τη διαδικασία ξήρανσης, μπορεί να υπολογιστεί ως εξής



$$\Delta m_w = m_1 \frac{MC_1 - MC_2}{100 - MC_1}$$

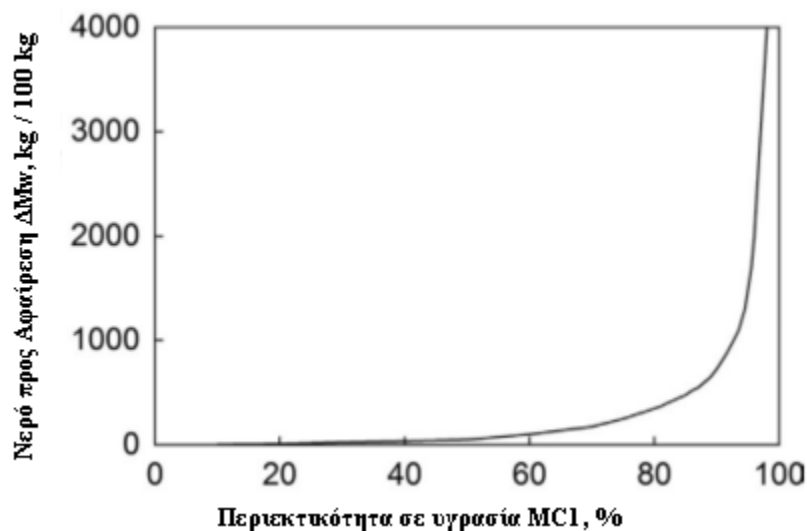
$$\Delta m_w = m_2 \frac{MC_1 - MC_2}{100 - MC_2}$$

όπου  $m_1$  είναι η μάζα του υγρού προϊόντος και  $m_2$  είναι η μάζα του ξηρού προϊόντος.

Η αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό τη μάζα του νερού, η οποία πρέπει να αφαιρεθεί κατά τη διαδικασία ξήρανσης και επομένως επηρεάζει σημαντικά τον χρόνο στεγνώματος και την κατανάλωση ενέργειας. Για τα περισσότερα βότανα, η περιεκτικότητα σε υγρασία κατά τη συγκομιδή είναι ίδια με την περιεκτικότητα σε υγρασία στην αρχή της διαδικασίας ξήρανσης. Η αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία  $MC_1$  επηρεάζεται κυρίως από:

- Εμπόρευμα και ποικιλία
- Καιρικές συνθήκες πριν και κατά τη συγκομιδή
- Στάδιο ωριμότητας
- Προξήρανση
- Οσμωτική αφυδάτωση

και επομένως παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση.



Η μάζα νερού  $\Delta m_w$  που πρέπει να αφαιρεθεί κατά τη διαδικασία ξήρανσης σε σχέση με την αρχική περιεκτικότητα σε υγρασία  $MC_1$

Κατά την ξήρανση και την αποθήκευση, τα βότανα είτε θερμαίνονται είτε ψύχονται. Η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση ή την ψύξη του προϊόντος εξαρτάται κυρίως από τη μάζα  $m_p$  και την ειδική θερμοχωρητικότητα  $c_p$  του προϊόντος και τη διαφορά θερμοκρασίας  $\Delta T$ :

$$Q = m_p \cdot c_p \cdot (T_{p2} - T_{p1})$$

Η ειδική θερμοχωρητικότητα  $c_p$  που μετράται σε kJ/kg K εκφράζει την ενέργεια που απαιτείται ανά μονάδα μάζας για την αύξηση της θερμοκρασίας κατά 1 K. Η ειδική θερμοχωρητικότητα  $c_p$  εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύνθεση και μπορεί να εκτιμηθεί από τα συστατικά της. (31)

### 3.2. Σφαιρόμυλος

Για τη συγκεκριμένη διεργασία επιλέχθηκε σφαιρόμυλος με τα παρακάτω χαρακτηριστικά. (32)

Τύπος	Ισχύς Κινητήρα (kW)	Χωρητικότητα (L)	Ροή Αντλίας (L/min)	Νερό Ψύξης (m <sup>3</sup> /h)	Παραγωγική ικανότητα
FEW-5	5.5	5	2-12	0.8-1	20-100

Η απαιτούμενη ενέργεια υπολογίστηκε πολλαπλασιάζοντας την ενέργεια με το αρχικό βάρος.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση τα αποξηραμένα στερεά αλέστηκαν σε μέγεθος σωματιδίων κάτω από 500 nm, για να εκτεθεί το ελαιώδες κλάσμα και να αυξηθεί η απόδοση εκχύλισης. (33)

### 3.3. Απλή εκχύλιση (ΕΔ)

Η αιθανόλη επιλέχθηκε ως διαλύτης λόγω της επιλεκτικότητάς της να εκχυλίζει οργανικές ενώσεις. Από τη βιβλιογραφία επιλέχθηκε αναλογία διαλύτη προς τροφοδοσία περίπου 6,5:1 (σε ξηρή βάση μάζας) για την εκχύλιση βοτάνων λόγω της επιλεκτικότητας του να εκχυλίζει οργανικές ενώσεις.. Σε αυτή τη μελέτη, η αναλογία διαλύτη προς τροφοδοσία (ξηρή βάση) καθορίστηκε στο 4:1 καθώς σε υψηλότερες αναλογίες διαλύτη θα απαιτείται περισσότερη ενέργεια. Η θερμοκρασία εκχύλισης διατηρήθηκε στους 50 C. Μετά τη διαδικασία εκχύλισης, λήφθηκαν δύο ρεύματα: το ένα περιλαμβάνει τη στερεά και την υδατική φάση και το δεύτερο που περιέχει την οργανική φάση, η οποία είναι πλούσια σε αιθανόλη, ένα αιθέριο έλαιο. (34) (35)

### 3.4. Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων (ΕΥΜ)

Στο παρόν παράδειγμα θεωρήθηκε ότι οι συχνότητες υπερήχων κυμαίνονται από 20 kHz έως 10 MHz, υψηλότερες από το όριο για την ανίχνευση ανθρώπινης ακουστικής κεφαλής, το οποίο είναι μεταξύ 16 Hz και 20 kHz. Οι κύριες φυσικές παράμετροι του υπερήχου περιλαμβάνουν την ισχύ, τη συχνότητα και το πλάτος. Η συχνότητα που χρησιμοποιείται εξαρτάται κυρίως από ζητήματα διαδικασίας που σχετίζονται με τον εξοπλισμό. (36)

### 3.5. Υδροαπόσταξη (ΥΑ)

Ο ατμός παρήχθη σε ένα λέβητα για να περάσει στη συνέχεια μέσα από τη γεμάτη στήλη. Ο ατμός δεν πρέπει να είναι πολύ υψηλός για να αποφευχθεί η αποικοδόμηση των ενώσεων αιθέριων ελαίων (περίπου 90-100°C). Για την εξαγωγή αιθέριου ελαίου με χρήση ατμού, ορισμένοι συγγραφείς έχουν αναφέρει την αναλογία στερεού προς ατμό (kg:kg). Η αναλογία στερεού προς ατμό καθορίστηκε στο 5:1 (ξηρή βάση) για αυτήν τη μελέτη. (37)

### 3.6. Υπερκρίσιμη Εκχύλιση (ΥΕ)

Πριν από την έγχυση διοξειδίου του άνθρακα στο δοχείο, ο διαλύτης ψύχθηκε στους 30°C περίπου για να αποφευχθεί η σπηλαιώση της αντλίας στο στάδιο της συμπίεσης. Μετά από αυτό, το διοξείδιο του άνθρακα συμπίεστηκε στα 200 bar και η θερμοκρασία του αυξήθηκε στους 35°C φτάνοντας στις υπερκρίσιμες συνθήκες

Μετά τη διαδικασία εκχύλισης, λήφθηκαν δύο ρεύματα: ένα που περιλαμβάνει το εξαντλημένο στερεό και ένα δεύτερο που περιλαμβάνει το αιθέριο έλαιο αραιωμένο σε υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub>.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι το εκχύλισμα ελήφθη σε υψηλή πίεση, ήταν απαραίτητο να αποσυμπιεστεί το ρεύμα και να διαχωριστεί το CO<sub>2</sub> από το αιθέριο έλαιο. Αυτή η αποσυμπίεση έγινε σε δύο στάδια μειώνοντας την πίεσή του στα 50 bar και αεριοποιώντας το διοξείδιο του άνθρακα στους 25 °C και 35 °C, αντίστοιχα. Αποφεύχθηκαν οι απώλειες αιθέριων ελαίων και το διοξείδιο του άνθρακα δεν αποσυμπιέστηκε στην πίεση περιβάλλοντος, ευνοώντας έτσι την επανακυκλοφορία και την περαιτέρω επανασυμπίεση του. Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να ανακτηθεί και να ανακυκλωθεί σε αναλογία έως και 98%. Ωστόσο, πρώτα ψύχθηκε στους 30 °C και στη συνέχεια συμπίεστηκε εκ νέου στα 200 bar. Και για τις δύο πρώτες ύλες, η απαιτούμενη ισχύς για τη συμπίεση του διοξειδίου του άνθρακα ήταν 21,71 MJ/τόνο CO<sub>2</sub>. (36)

## 4. Κλιμάκωση μεγέθους εξοπλισμού και εκτίμηση κόστους

Ο στόχος του χημικού μηχανικού στο σχεδιασμό διεργασιών ή εγκαταστάσεων είναι να αναπτύξει και να παρουσιάσει μια πλήρη χημική ή βιοχημική διαδικασία που μπορεί να λειτουργήσει σε αποτελεσματική βιομηχανική βάση. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, ο χημικός μηχανικός πρέπει να μπορεί να συνδυάσει πολλές ξεχωριστές μονάδες ή κομμάτια εξοπλισμού σε μια ομαλή λειτουργία μονάδας. Εάν η τελική διεργασία ή η τελική εγκατάσταση είναι επιτυχής, κάθε εξοπλισμός πρέπει να είναι ικανός να εκτελεί την απαραίτητη λειτουργία του. Ο σχεδιασμός του εξοπλισμού, επομένως, είναι ένα ουσιαστικό μέρος ενός σχεδιασμού.

Ο μηχανικός που αναπτύσσει ένα σχέδιο διεργασίας πρέπει να αποδεχτεί την ευθύνη προετοιμασίας των προδιαγραφών για μεμονωμένα κομμάτια εξοπλισμού και θα πρέπει να είναι εξοικειωμένος με μεθόδους κατασκευής διαφορετικών τύπων εξοπλισμού. Πρέπει να αναγνωριστεί η σημασία των κατάλληλων υλικών κατασκευής σε αυτή την κατασκευή. Πρέπει να αναπτυχθούν δεδομένα σχεδιασμού, δίνοντας μεγέθη, συνθήκες λειτουργίας, αριθμό και θέση ανοιγμάτων, τύπους φλαντζών και κεφαλών, κωδικούς, δικαιώματα παραλλαγών και άλλες πληροφορίες. Πολλές από τις λεπτομέρειες σχεδιασμού του μηχανήματος χειρίζονται οι κατασκευαστές, αλλά ο χημικός μηχανικός πρέπει να παρέχει τις βασικές πληροφορίες σχεδιασμού. (38)

Οι κύριες μέθοδοι κλιμάκωσης για τη λειτουργία και τον εξοπλισμό της μονάδας είναι:

- Βάναυση δύναμη (Brute force)
- Με βάση το μοντέλο (Model based)
- Εμπειρική (Empirical)
- Εμπειρικό-μοντέλο υβρίδιο (Empirical-model hybrid)

Στη συγκεκριμένη έρευνα επιλέχθηκε η μέθοδος της βάναυσης δύναμης. Η μέθοδος κλιμάκωσης και μείωσης της Βάναυσης Δύναμης βασίζεται στην αρχή ότι η πιλοτική μονάδα είναι μια εκδοχή μείωσης της κλίμακας του σχεδιασμού της εμπορικής κλίμακας με τέτοιο τρόπο ώστε όλοι οι κρίσιμοι παράγοντες για την κλιμάκωση διατηρούνται το ίδιο και για τις δύο κλίμακες. Λειτουργίες μονάδας, όπως πολυσωληνικοί αντιδραστήρες, μικροαντιδραστήρες πολλαπλών καναλιών, απόσταση και αντιδραστική απόσταση, είναι κατάλληλες για αυτόν τον τύπο κλιμάκωσης και μείωσης κλίμακας, ως η κλίμακα για την υδροδυναμική συμπεριφορά ροής, τη διάμετρο και μήκος σωλήνα, το μέγεθος και το σχήμα συσκευασίας μπορούν να διατηρηθούν οι ίδιες και επίσης οι υδροδυναμικές ταχύτητες ροής μπορούν να διατηρηθούν ίδιες για την πιλοτική μονάδα στην εμπορική κλίμακα. Εάν η ποιότητα τροφοδοσίας της πιλοτικής μονάδας είναι επίσης η ίδια με αυτήν που εφαρμόζεται στην εμπορική κλίμακα και η κατανομή της τροφοδοσίας του σχεδίου εμπορικής κλίμακας διασφαλίζεται ότι είναι ομοιόμορφη πάνω από τους σωλήνες ή τη συσκευασία, τότε η κλιμάκωση είναι πολύ αξιόπιστη.

Αυτός ο τύπος κλιμάκωσης και μείωσης κλίμακας εφαρμόζεται συχνά στη βιομηχανία διύλισης πετρελαίου, όπου η κλιμάκωση πρέπει να είναι πολύ αξιόπιστη και συχνά δεν είναι διαθέσιμα λεπτομερή κινητικά μοντέλα όλων των εξαρτημάτων. (39)

Για τον υπολογισμό κόστους εξοπλισμού με κλιμάκωση μεγέθους μπορούν να γίνουν προβλέψεις του κόστους χρησιμοποιώντας την εκθετική σχέση που γνωστή ως κανόνας του συντελεστή έξι

δέκατων, αν το καινούργιο τμήμα του εξοπλισμού είναι όμοιο με ένα άλλο διαφορετικής δυναμικότητας για το οποίο υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα . Σύμφωνα με αυτόν τον κανόνα, αν είναι γνωστό το κόστος για μια δεδομένη μονάδα b με συγκεκριμένη δυναμικότητα, το κόστος παρόμοιας μονάδας a με δυναμικότητα ίση με X φορές τη δυναμικότητα της πρώτης είναι περίπου  $(X)^{0.6}$  φορές το κόστος της αρχικής μονάδας. (40)

$$\text{Κόστος εξοπλισμού } a = (\text{κόστος εξοπλισμού } b)(X)^{0.6}$$

<b>Βασικό κόστος εξοπλισμού</b>			
Εξοπλισμός	Βασικό Μέγεθος	Μονάδα	Κόστος [€]
Ξηραντήρας	5.0	m2	60000
Μύλος	400	kg/h	30000
Δονούμενα κόσκινα	100	kg/h	1000
ΥΑ	300	lt	90000
Αποθήκευση	2	m3	1500
Αντλίες	50	m3/h	200

<b>Κόστος εγκατεστημένου εξοπλισμού</b>					
Εξοπλισμός	No.	Εγκατεστημένο μέγεθος	Μονάδα	Κόστος [€]	Σύνολο [€]
Ξηραντήρας	1	1.0	m2	23000	23000
Μύλος	1	49.5	kg/h	9000	9000
Δονούμενα κόσκινα	1	49.5	kg/h	1000	1000
ΥΑ	1	150	lt	59000	59000
Αποθήκευση	5	2	m3	1500	7500
Αντλίες, (2kW)	5	50	m3/h	200	1000
					<b>100500</b>

Για όσες τιμές βρέθηκαν στοιχεία περασμένων ετών, οι τιμές μεταφέρθηκαν στο έτος 2021 με τη χρήση οικονομικών δεικτών CE (CE indexes). (41) (42)

## 5. Οικονομική ανάλυση

Ένας αποδεκτός σχεδιασμός μονάδας πρέπει να παρουσιάζει μια διεργασία η οποία να μπορεί να λειτουργεί κάτω από συνθήκες οι οποίες παράγουν κέρδος. Αρχικά, θα πρέπει να δεσμευτεί αρκετό κεφάλαιο, για να κατασκευαστούν όλες οι εγκαταστάσεις που χρειάζεται η μονάδα, όπως τα άμεσα και έμμεσα έξοδα της μονάδας. Άμεσα έξοδα είναι οι πρώτες ύλες, εργατικά και εξοπλισμός. Έμμεσα έξοδα είναι οι διοικητικοί μισθοί, το κόστος παραγωγής του προϊόντος και το κόστος διανομής του. Στη συνέχεια θα μελετηθούν το κόστος της επένδυσης και της λειτουργίας της μονάδας καθώς και τα κέρδη. (40)

### 5.1. Οικονομικά μεγέθη & μεθοδολογίες

#### 5.1.1. Αγορασμένος Εξοπλισμός

Το κόστος του αγορασμένου εξοπλισμού αποτελεί τη βάση πολλών προσχεδιαστικών μεθόδων για τον υπολογισμό της επένδυσης κεφαλαίου. Επομένως, είναι σημαντικές για τον εκτιμητή οι πηγές των τιμών εξοπλισμού, οι μέθοδοι για τη ρύθμιση των τιμών εκοπλισμού ως προς τη δυναμικότητα και οι μέθοδοι για τον υπολογισμό του εξοπλισμού βοηθητικών εγκαταστάσεων ώστε να κάνει αξιόπιστους υπολογισμούς κόστους. Οι διάφοροι τύποι εκοπλισμού συχνά μπορούν να διαιρεθούν σε (1) εξοπλισμό διαεργασίας, (2) εξοπλισμό για το χειρισμό και την αποθήκευση πρώτων υλών και (3) εξοπλισμό για το χειρισμό και την αποθήκευση των τελικών προϊόντων. Τα μεγέθη και οι προδιαγραφές που απαιτούνται για μια χημική διεργασία προσδιορίζονται από τις παραμέτρους του εξοπλισμού που είτε είναι καθορισμένες είτε υπολογίζονται από τα ισοζύγια μάζας και ενέργειας. (40)

#### 5.1.2. Υπολογισμός Επένδυσης Πάγιου Κεφαλαίου με Ποσοστό Κόστους Παραδομένου Εξοπλισμού

Για τον υπολογισμό της επένδυσης κεφαλαίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ποικίλες μέθοδοι όπως (1) Λεπτομερής Μέθοδος, (2) Υπολογισμός Κόστους Μονάδας και (3) Ποσοστό Κόστους Παραδομένου Εξοπλισμού. Η επιλογή οποιαδήποτε μεθόδου εξαρτάται από την ποσότητα των διαθέσιμων λεπτομερών πληροφοριών για την απαιτούμενη ακρίβεια. Στην συγκεκριμένη μελέτη επιλέχθηκε η τρίτη μέθοδος.

Η μέθοδος αυτή για τον υπολογισμό του πάγιου ή ολικού κεφαλαίου επένδυσης απαιτεί προσδιορισμό του κόστους του παραδομένου εξοπλισμού. Τα άλλα στοιχεία που περιλαμβάνονται στο ολικό άμεσο κόστος μονάδας υπολογίζονται στη συνέχεια ως ποσοστά του κόστους παραδομένου εξοπλισμού. Τα επιπλέον συστατικά της επένδυσης κεφαλαίου βασίζονται σε μέσα ποσοστά του ολικού άμεσου κόστους μονάδας ολικού άμεσου και έμμεσου κόστους μονάδας, ή ολικής επένδυσης κεφαλαίου. Αυτό παρουσιάζεται περιληπτικά στην ακόλουθη εξίσωση κόστους (40)

$$C_n = \sum (E + f_1E + f_2E + f_3E + \dots + f_nE) = E \sum (1 + f_1 + f_2 + \dots + f_n)$$

όπου τα  $f_1, f_2, f_3, f_4, \dots, f_n$  είναι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές για σωληνώσεις, ηλεκτρικά, έμμεσα κόστη κ.λ.π.

### 5.1.3. Πρώτες ύλες & Προσωπικό Λειτουργίας

Σε μια βιομηχανία ένα από τα πιο βασικά κόστη σε μια διεργασία παραγωγής είναι το κόστος των πρώτων υλών. Στη κατηγορία πρώτες ύλες αναφέρεται γενικά στα υλικά που καταναλώνονται άμεσα για την παράγωγή του τελικού προϊόντος. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα χημικά αντιδραστήρια, τα συστατικά και τα πρόσθετα που περιλαμβάνονται στο προϊόν. Τα υλικά που είναι απαραίτητα για τις διεργασίες, αλλά δεν αποτελούν μέρος του τελικού προϊόντος, όπως οι καταλύτες και οι διαλύτες, ταξινομούνται ξεχωριστά. Οι ποσότητες των πρώτων υλών που πρέπει να τροφοδοτηθούν ανά μονάδα χρόνου ή ανά μονάδα προϊόντος υπολογίζονται από τα ισοζύγια μάζας της διεργασίας. Τα ισοζύγια αυτά έχουν μεγάλη σημασία για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων της διεργασίας σε πρώτες ύλες.

Στην συνέχεια, το προσωπικό λειτουργίας μπορεί να διαχωρισθεί σε προσωπικό ειδικευόμενο και μη. Σε μια πρώτη ανάλυση κόστους το απαιτούμενο προσωπικό λειτουργίας μπορεί να υπολογισθεί από την εμπειρία της εταιρείας ή από δημοσιευμένες πληροφορίες για παρόμοιες διεργασίες. Επειδή, η σχέση ανάμεσα στις απαιτήσεις προσωπικού και το ρυθμό παραγωγής δεν είναι πάντα γραμμική, χρησιμοποιείται συνήθως ένας εκθέτης 0.2-0.5 του λόγου των δυναμικοτήτων για την κλιμάκωση της δυναμικότητας της μονάδας προς τα πάνω ή προς τα κάτω. (40)

### 5.1.4. Προμήθειες Λειτουργίας

Διάφορα αναλώσιμα, όπως τα σχεδιαγράμματα, τα λιπαντικά, τα χημικά δομικών, οι προμήθειες φύλαξης και άλλες παρόμοιες προμήθειες δεν μπορούν να θεωρηθούν πρώτες ύλες ή υλικά συντήρησης και επισκευών και κατατάσσονται ως λειτουργικές προμήθειες. Το ετήσιο κόστος προμηθειών αυτού του τύπου είναι περίπου 15% του ολικού κόστους συντήρησης και επισκευών. (40)

### 5.1.5. Απόσβεση

Ο εξοπλισμός, τα κτίρια και άλλα υλικά αντικείμενα, που συνιστούν μια παραγωγική μονάδα απαιτούν μια αρχική επένδυση η οποία θα πρέπει να πληρωθεί και αυτό γίνεται χρεώνοντας την απόσβεση ως έξοδο παραγωγής. Στη συγκεκριμένη οικονομική μελέτη, όπου δεν εξετάζεται η χρονική αξία των χρημάτων, χρησιμοποιείται μια σταθερή ετήσια τιμή απόσβεσης (10%) για μια καθορισμένη περίοδο (10 χρόνια). (40)



#### 5.1.6. Μεθοδολογία οικονομικής αξιολόγησης - Ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης

Ένα συνήθως χρησιμοποιούμενο πρότυπο κερδοφορίας είναι το ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης (επίσης γνωστό ως το ελάχιστο ελκυστικό ποσοστό απόδοσης - Minimum Attractive Rate of Return - MARR). Το ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης είναι ένα ποσοστό κέρδους που πρέπει να επιτευχθεί από μια επένδυση για να είναι αποδεκτή από τον επενδυτή. Το σύμβολο  $m_{ar}$  θα χρησιμοποιηθεί για τον ελάχιστο αποδεκτό ετήσιο ρυθμό απόδοσης και χρησιμοποιείται ως κλάσμα ανά έτος αλλά συχνά εκφράζεται ως ποσοστό ανά έτος. Το  $m_{ar}$  βασίζεται γενικά στο υψηλότερο ποσοστό κερδών από ασφαλείς επενδύσεις που είναι διαθέσιμο στον επενδυτή, όπως εταιρικά ομόλογα, κρατικά ομόλογα και δάνεια. Το επιχείρημα για αυτήν την επιλογή είναι ότι κάθε επένδυση σε ένα έργο πρέπει να εμφανίζει κέρδη με ρυθμό τουλάχιστον ίσο με την υψηλότερη ασφαλή εναλλακτική ευκαιρία που διαθέτει μια εταιρεία. Το κόστος κεφαλαίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική βάση από την οποία καθορίζεται ένα ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης. Η βασική, ασφαλής τιμή που επιλέγεται για το  $m_{ar}$  προσαρμόζεται κανονικά για να ληφθούν υπόψη οι αβεβαιότητες που σχετίζονται με ένα νέο έργο. Από την άγνωστη μελλοντική συμπεριφορά της συνολικής οικονομίας έως το αβέβαιο μέλλον της τιμής και της ζήτησης για ένα συγκεκριμένο προϊόν, υπάρχουν κίνδυνοι που σχετίζονται με την επένδυση σε ένα έργο. Ο κίνδυνος αυξάνεται περαιτέρω όταν το μεγαλύτερο μέρος του κεφαλαίου επενδύεται σε εξοπλισμό και κατασκευή εγκαταστάσεων, επειδή το κεφάλαιο αυτό δεν είναι ρευστό. Δηλαδή, δεν είναι εύκολα ανακτήσιμο κατά παραγγελία. Επομένως, η πρακτική είναι να προσαρμόσετε το ασφαλές κόστος κεφαλαίου ή το κέρδος, ώστε το ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης να είναι ανάλογο με τον κίνδυνο. Δεν υπάρχει δεδομένος τύπος για να γίνει αυτό. Η αποζημίωση για τον κίνδυνο είναι σε μεγάλο βαθμό μια κρίση που καθιερώνεται για κάθε εταιρεία από την ανώτερη διοίκηση. (40)

#### 5.1.7. Υπολογισμός Μέτρων Αποδοτικότητας που δεν Λαμβάνουν Υπόψη τη Χρονική Αξία των Χρημάτων

##### 5.1.7.1. Απόδοση επένδυσης - Return on Investment, ROI, [ave. %/y]

Αυτό το μέτρο κερδοφορίας ορίζεται ως η αναλογία κέρδους προς την επένδυση. Αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιοδήποτε από τα διάφορα μέτρα κέρδους και επένδυσης, τα πιο συνηθισμένα είναι τα καθαρά κέρδη και οι συνολικές επενδύσεις κεφαλαίου.

Εάν η απόδοση επένδυσης (ROI) ισούται ή υπερβαίνει το ελάχιστο αποδεκτό ποσοστό απόδοσης  $m_{ar}$ , τότε το έργο προσφέρει ένα αποδεκτό ποσοστό απόδοσης. Εάν όχι, τότε το συμπέρασμα είναι ότι το έργο δεν είναι επιθυμητό για την επένδυση δανεισμού ή εταιρικού κεφαλαίου. (40)

- Περίοδος αποπληρωμής - PayBack Period, PBP, [y]

Το μέτρο κερδοφορίας της περιόδου απόσβεσης, ή της περιόδου πληρωμής, είναι το χρονικό διάστημα που απαιτείται ώστε η συνολική απόδοση να ισούται με την επένδυση κεφαλαίου. Το PBP είναι η περίοδος αποπληρωμής σε έτη. (40)

- Net return, [Μ€] - Καθαρή Απόδοση

Ένα άλλο μέτρο αποδοτικότητας είναι το ποσό της χρηματορροής πάνω από αυτό που απαιτείται για να επιτευχθεί ο ελάχιστος αποδεκτός συντελεστής απόδοσης και ανακτηθεί η συνολική επένδυση κεφαλαίου. Αυτή η ποσότητα υπολογίζεται αφαιρώντας το συνολικό ποσό που αποκτάται στον ελάχιστο αποδεκτό συντελεστή απόδοσης, καθώς και στην συνολική επένδυση κεφαλαίου από τη συνολική χρηματορροή. (40)

- Καθαρή Παρούσα Αξία - Net present worth, NPW, [Μ€]

Η καθαρή παρούσα αξία είναι το σύνολο της παρούσας αξίας όλων των χρηματορροών μείον την παρούσα αξία όλων των επενδύσεων κεφαλαίου. Όταν γίνεται σύγκριση μεταξύ επενδύσεων, όσο μεγαλύτερη είναι η καθαρή παρούσα αξία τόσο πιο ευνοϊκή είναι μια επένδυση. Αν είναι ίση με μηδέν, τότε το έργο έχει μια απόδοση που αντισταθμίζει το συντελεστή μείωσης. Και στις δύο περιπτώσεις, το έργο χαρακτηρίζεται προτιμητέο, σε σύγκριση με το  $m_{ar}$  που έχει προτιμηθεί. Αν η καθαρή παρούσα αξία είναι μικρότερη από μηδέν, τότε το έργο δεν είναι προτιμητέο, σε σχέση με το πρότυπο  $m_{ar}$ . (40)

- Αναλογία Οφέλους Κόστους - Benefit to Cost Ratio (B2C)

Η αναλογία οφέλους-κόστους (B2C) είναι ένας δείκτης που δείχνει τη σχέση μεταξύ του σχετικού κόστους και των οφελών ενός προτεινόμενου έργου, εκφραζόμενη σε χρηματικούς ή ποιοτικούς όρους. Εάν ένα έργο έχει B2C μεγαλύτερο από 1,0, το έργο αναμένεται να προσφέρει θετική καθαρή παρούσα αξία σε μια επιχείρηση και στους επενδυτές της.

## 5.2. Δεδομένα Οικονομικής Ανάλυσης

### 5.2.1. Τιμές πρώτων υλών

Στη χημική βιομηχανία ένα από τα πιο βασικά κόστη σε μια διεργασία είναι το κόστος των πρώτων υλικών. Στη παρούσα περίπτωση οι πρώτες ύλες είναι βότανα. Έπειτα από έρευνα της αγοράς υπολογίστηκε μια μέση τιμή αγοράς για κάθε βότανο.

#### **Μέση Τιμή Πρώτων Υλών Στην Αγορά (€/kg)**

	<b>Χαμομήλι</b>	<b>Ρίγανη</b>	<b>Δενδρολίβανο</b>	<b>Βάλσαμο</b>
<b>Μέση Τιμή Πρώτης Ύλης</b>	25	5	5.9	7.5

### 5.2.2. Ετήσιο Λειτουργικό Κόστος Εργασίας

Για την διεργασία επιλέχθηκε να γίνονται 24 κύκλοι την ημέρα, 3 κάθε ώρα για 120 ημέρες το χρόνο. Η συγκεκριμένη βιομηχανία επιλέχθηκε να λειτουργεί μόνο 120 μέρες το χρόνο καθώς οι πρώτες ύλες που είναι απαραίτητες είναι διαθέσιμες μόνο συγκεκριμένες εποχές. Η επιλογή του ωρομίσθιο για τους χειριστές έγινε ύστερα από έρευνα στο διαδίκτυο, επιλέγοντας τον κατώτερο μισθό. (43)

<b>ΕΤΗΣΙΟ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ</b>	
<b>Λειτουργική Εργασία</b>	
<b>Ώρες χειριστή ανά κύκλο</b>	0.33
<i>Βάρδιες ανά ημέρα</i>	1
<i>Ημέρες ανά έτος</i>	120
<b>Κύκλους ανά έτος</b>	2880
<b>Ποσοστό χειριστή, €/ώρα</b>	8
<b>Ετήσιο λειτουργικό κόστος εργασίας, Μ€/γ =</b>	<b>0.001</b>

### 5.2.3. Συλλογή τιμών εμπορίας παρόμοιων τελικών προϊόντων

Οι τιμές αγοράς βρέθηκαν μετά από έρευνα αγοράς στο διαδίκτυο και οι διακυμάνσεις οφείλονται συνήθως ως προς την ποιότητα του εκχυλίσματος που δεν μελετάται σε αυτή τη μελέτη. Η σύγκριση τιμών γίνεται μόνο στο καθαρά εκχυλίσματα καθώς στα εγκλεισμένα οι τιμές διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ καθώς οι παράμετροι είναι πάρα πολλοί. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται εύρη τιμών στην αγορά.

#### Τιμές Αγοράς

	<b>Chamomile</b>	<b>Hypericum</b>	<b>Oregano</b>	<b>Rosemary</b>
<b>Μέση Τιμή (€) / kg</b>	3150	1940	1070	2050
<b>Ελάχιστη Τιμή (€) / kg</b>	1300	280	345	1100
<b>Μέγιστη Τιμή (€) / kg</b>	5000	3600	1795	3000

### 5.3. Σενάρια αξιολόγησης

α/α	Βότανο	Ποσότητα (kg)	Μέθοδος Εκχύλισης	Μέθοδος Εγκλεισμού	Ελάχιστη Τιμή Τελικού Προϊοντος
1	Χαμομήλι	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
2	Ρίγανη	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
3	Δενδρολίβανο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
4	Βάλσαμο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
5	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
6	Ρίγανη	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
7	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
8	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
9	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
10	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
11	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
12	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
13	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης

			μικροκυμάτων		
14	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
15	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
16	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
17	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
18	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
19	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
20	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Χωρίς εγκλεισμό	Εκχύλισης
21	Χαμομήλι	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
22	Ρίγανη	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
23	Δενδρολίβανο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
24	Βάλσαμο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
25	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
26	Ρίγανη	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
27	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική

28	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
29	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
30	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
31	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
32	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
33	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
34	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
35	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
36	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
37	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
38	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
39	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
40	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
41	Χαμομήλι	100	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική

42	Ρίγανη	100	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
43	Δενδρολίβανο	100	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
44	Βάλσαμο	100	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
45	Χαμομήλι	100	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
46	Ρίγανη	100	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
47	Δενδρολίβανο	100	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
48	Βάλσαμο	100	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
49	Χαμομήλι	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
50	Ρίγανη	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
51	Δενδρολίβανο	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
52	Βάλσαμο	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
53	Χαμομήλι	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
54	Ρίγανη	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
55	Δενδρολίβανο	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική



56	Βάλσαμο	100	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
57	Χαμομήλι	100	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
58	Ρίγανη	100	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
59	Δενδρολίβανο	100	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
60	Βάλσαμο	100	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Συνολική
61	Χαμομήλι	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
62	Ρίγανη	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
63	Δενδρολίβανο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
64	Βάλσαμο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
65	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
66	Ρίγανη	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
67	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
68	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
69	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική
70	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Συνολική

71	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
72	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
73	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
74	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
75	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
76	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
77	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
78	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
79	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
80	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊονοποίηση	Συνολική
81	Χαμομήλι	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
82	Ρίγανη	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
83	Δενδρολίβανο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
84	Βάλσαμο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης

85	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
86	Ρίγανη	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
87	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
88	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
89	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
90	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
91	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
92	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
93	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
94	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
95	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
96	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
97	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης
98	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυλάκωσης

99	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυστάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυστάκωσης
100	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυστάκωση με ξήρανση ψεκασμού	Ενθυστάκωσης
101	Χαμομήλι	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
102	Ρίγανη	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
103	Δενδρολίβανο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
104	Βάλσαμο	50	Απλή Εκχύλιση Με Διαλύτη (Αιθανόλη)	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
105	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
106	Ρίγανη	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
107	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
108	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
109	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
110	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
111	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
112	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης
113	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυστάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυστάκωσης

114	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
115	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
116	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
117	Χαμομήλι	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
118	Ρίγανη	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
119	Δενδρολίβανο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης
120	Βάλσαμο	50	Εκχύλιση με υδροαπόσταξη	Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση	Ενθυλάκωσης

Εικόνα 9: Πίνακας Σεναρίων Αξιολόγησης

## 6. Αποτελέσματα

Έπειτα από τον υπολογισμό όλων των παραπάνω σεναρίων επιλέχθηκαν τα βέλτιστα σενάρια για κάθε βότανο και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται παρακάτω. Η απόδοση κάθε εκχύλισης βρέθηκε στη βιβλιογραφία. (44) (45)

### 6.1. Χαμομήλι

#### 6.1.1. Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης

#### **Καθαρό Εκχύλισμα Αιθέριου Ελαίου Από τις Εκχυλίσεις (kg εκχυλίσματος/kg βοτάνου)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	0.18	0.21	0.38	0.21	0.7

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως η υδροαπόσταξη έχει την καλύτερη απόδοση από όλες τις εκχυλίσεις.

#### **Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	7550	8350	4085	7350	2280

Όπως φαίνεται η διεργασία που προσφέρει την καλύτερη τελική τιμή ανά κιλό καθαρού ελαίου είναι η υδροαπόσταξη, παρόλο που είναι μια σχετικά μεγάλη τιμή.

6.1.2. Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού

**Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying) (€/kg εκχυλίσματος)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	2850	3180	1545	2777	862

**Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) (€/kg εκχυλίσματος)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	1670	1850	905	1625	505

Από τους παραπάνω πίνακες φαίνεται πως η ενθυλάκωση με τη Ηλεκτροϊνοποίηση είναι η πιο ωφέλιμη οικονομικά διεργασία για κάθε περίπτωση.

### 6.1.3. Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα το βέλτιστο σενάριο για το χαμομήλι είναι της Υδροαπόσταξης σε συνδυασμό με την Ηλεκτροϊνοποίηση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ύστερα από υπολογισμούς σε υπολογιστικά φύλλα excel.

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ ΑΝΑ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΔΟΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ			
<i>Παραγωγή εκχυλίσματος ελαίου</i>	<i>Εργοστάσιο Επεξεργασίας</i>	<b>Υπολογιζόμενες τιμές [Μ€]</b>	
<b>Άμεσες δαπάνες</b>			
<b>Αγορασμένος εξοπλισμός</b>	<i>1.00</i>	<b>0.10</b>	
Παράδοση	<i>0.10</i>	0.01	
<b>Μερικό σύνολο: παραδοτέος εξοπλισμός</b>		<b>0.11</b>	
Αγορά εγκατάστασης εξοπλισμού	<i>0.39</i>	0.04	
Όργανα και χειριστήρια (εγκατεστημένα)	<i>0.26</i>	0.03	
Σωληνώσεις (εγκατεστημένες)	<i>0.31</i>	0.03	
Ηλεκτρικά συστήματα (εγκατεστημένα)	<i>0.10</i>	0.01	
Κτίρια (συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών)	<i>0.29</i>	0.03	
Βελτιώσεις αυλής	<i>0.12</i>	0.01	
Εγκαταστάσεις σέρβις (εγκατεστημένες)	<i>0.55</i>	0.06	
<b>Συνολικό άμεσο κόστος</b>	<b>2.02</b>	<b>0.33</b>	
<b>Έμμεσα έξοδα</b>			
Μηχανική και επίβλεψη	<i>0.32</i>	0.04	
Έξοδα κατασκευής	<i>0.34</i>	0.04	
Δικαστικά έξοδα	<i>0.04</i>	0.00	
Αμοιβή εργολάβου	<i>0.19</i>	0.02	
Επείγουσα ανάγκη	<i>0.37</i>	0.04	
<b>Συνολικό έμμεσο κόστος</b>	<b>1.26</b>	<b>0.14</b>	
<b>Επένδυση παγίου κεφαλαίου (FCI)</b>		<b>0.47</b>	
<b>Κεφάλαιο κίνησης (WC)</b>	<i>0.75</i>	<b>0.08</b>	
<b>Συνολικές επενδύσεις κεφαλαίου (TCI)</b>		<b>0.56</b>	



ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΟ 100%				
Είδος	Προεπιλεγμένος παράγοντας	Βάση	Βασικό κόστος [Μ€/έτος]	Κόστος [Μ€/έτος]
Υλικά εισαγωγής				3.606
Λειτουργική εργασία				0.003
Επίβλεψη λειτουργίας	15.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Βοηθητικά προγράμματα				0.042
Συντήρηση και επισκευές	2.0%	του FCI	0.473	0.009
Λειτουργικά και προμήθειες	10.0%	συντήρησης & επισκευής	0.009	0.001
Χρέωση Εργαστηρίου	10.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.0001
Δικαιώματα (αν όχι κατ' αποκοπή)	1.0%	του $c_o$	4.387	0.044
<b>Μεταβλητό κόστος =</b>				<b>3.706</b>
Φόροι (ακίνητα)	2.0%	του FCI	0.473	0.009
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	1.0%	του FCI	0.473	0.005
Ενοίκιο	0.0%	του FCI	0.473	0.000
<b>Πάγιες Χρεώσεις =</b>				<b>0.014</b>
Επιβάρυνση εγκαταστάσεων, γενικά	50%	της εργασίας, επίβλεψης και συντήρησης	0.013	0.006
<b>Επιβάρυνση εγκαταστάσεων =</b>				<b>0.006</b>
<b>Κόστος κατασκευής =</b>				<b>3.727</b>
Διαχείριση	20.0%	of labor, supervision, and maintenance	0.011	0.003
Διανομή & πώληση	10.0%	of $c_o$	4.387	0.439
Έρευνα & Ανάπτυξη	5.0%	of $c_o$	4.387	0.219
<b>Γενική Δαπάνη =</b>				<b>0.661</b>
<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ = <math>c_o</math> =</b>				<b>4.387</b>
			99.0%	484.9
			1.0%	6.1
				491.0

Στον παραπάνω πίνακα εμφανίζεται ο υπολογισμός του συνολικού κόστους προϊόντος, αρχικά χωρίς απόσβεση σε εκατομμύρια το χρόνο (4.387). Στην συνέχεια προστίθεται και η απόσβεση στο συνολικό κόστος. Αρχικά διαιρώντας το συνολικό κόστος προϊόντος, χωρίς απόσβεση με τη συνολική ετήσια ποσότητα καθαρού προϊόντος για να γίνει υπολογιστεί το μοναδιαίο συνολικό κόστος (484.9 €/kg). Ύστερα διαιρείται η επένδυση κεφαλαίων με τη συνολική ετήσια ποσότητα καθαρού προϊόντος για να γίνει υπολογιστεί η απόσβεση (6.1 €/kg). Τέλος, το άθροισμα είναι το συνολικό κόστος προϊόντος με απόσβεση (491.0 €/kg).

Μέτρα κερδοφορίας, διαχρονική αξία χρήματος ΔΕΝ περιλαμβάνεται:

<b>Μέτρα κερδοφορίας</b>					
<b>Απόδοση των επενδύσεων, ROI, [ave. %/γ]</b>	<b>13.2</b>				
<b>Περίοδος Αποπληρωμής, PBP, [γ]</b>	<b>4.5</b>				
<b>Καθαρή απόδοση [Μ€]</b>	<b>0.03</b>		Με $m_{ar} =$	8.0%	Ανά έτος

Στον παραπάνω πίνακα φαίνεται πως η περίοδος αποπληρωμής της επένδυσης είναι τα 4.5 χρόνια και η καθαρή απόδοση της επένδυσης 30.000 € το χρόνο.

Μέτρα κερδοφορίας συμπεριλαμβανομένης της διαχρονικής αξίας του χρήματος, με ΕΤΗΣΙΕΣ ταμειακές ροές ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ και προεξόφληση

<b>Καθαρή παρούσα αξία, NPW, [Μ€]</b>	<b>0.03</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο=	8 %	το χρόνο
<b>Προεξοφλημένο ποσοστό απόδοσης ταμειακών ροών, DCFR, [%/γ]</b>	<b>8.7</b>	με NPW	=0	

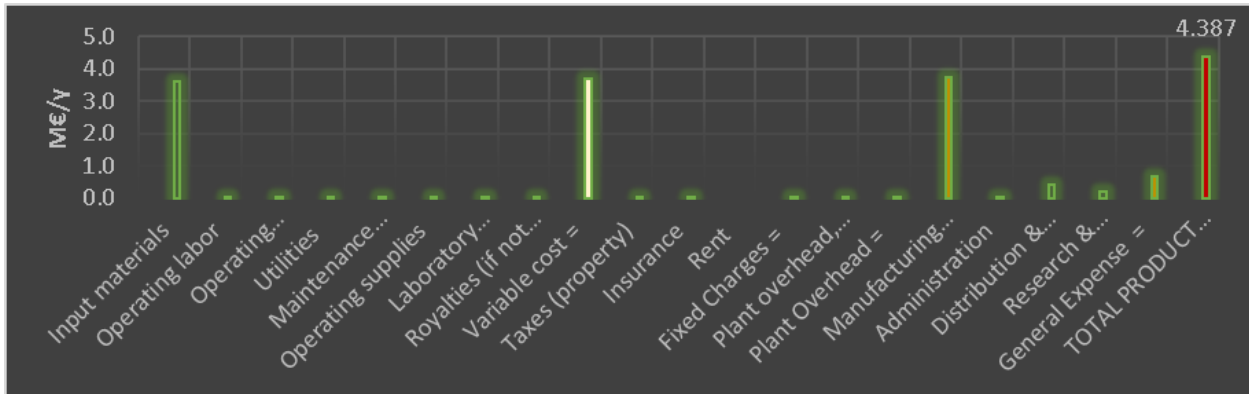
Ο στόχος στον παραπάνω πίνακα ήταν το NPW, να φτάσει όσο το δυνατό πιο κοντά στο 0, και το DCFR στο 8.

Αναλογία οφέλους προς κόστος, B2C

<b>B2C</b>	<b>1.1</b>	με επιτόκιο= 8%	προεξοφλητικό το χρόνο
------------	------------	--------------------	---------------------------

Εάν ένα έργο έχει B2C μεγαλύτερο από 1,0, το έργο αναμένεται να προσφέρει θετική καθαρή παρούσα αξία σε μια επιχείρηση και στους επενδυτές της.

### Αναλυτικά Συνολικά Κόστη Διεργασίας



Όπως φαίνεται, η αξία των πρώτων υλών σε εκατομμύρια το χρόνο φτάνει την αξία ακόμη και της κατασκευής όλης της διεργασίας. Είναι ένα πάρα πολύ μεγάλο ποσό.

## 6.2. Ρίγανη

### 6.2.1. Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης

#### **Καθαρό Εκχύλισμα Αιθέριου Ελαίου Από τις Εκχυλίσεις (kg εκχυλίσματος/kg βοτάνου)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Ρίγανη</b>	0.21	0.25	0.92	0.84	1.45

#### **Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Ρίγανη</b>	545	2800	615	725	365

### 6.2.2. Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού

#### **Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying) (€/kg εκχυλίσματος)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Ρίγανη</b>	206	1045	235	199	138

#### **Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) (€/kg εκχυλίσματος)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Ρίγανη</b>	125	620	140	120	85

### 6.2.3. Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα το βέλτιστο σενάριο για το Ρίγανη είναι της Υδροαπόσταξης σε συνδυασμό με την Ηλεκτροϊνοποίηση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ύστερα από υπολογισμούς σε υπολογιστικά φύλλα excel.

Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου επενδύσεως είναι τα ίδια με τα αποτελέσματα στον πίνακα “ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ ΑΝΑ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΔΟΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ” του Χαμομηλιού. Επιλέχθηκε να είναι το ίδιο για να υπάρχει ένα ικανοποιητικό μέτρο σύγκρισης.

ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΟ 100%				
Είδος	Προεπιλεγμένος παράγοντας	Βάση	Βασικό κόστος [Μ€/έτος]	Κόστος [Μ€/έτος]
Υλικά εισαγωγής				1.088
Λειτουργική εργασία				0.003
Επίβλεψη λειτουργίας	15.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Βοηθητικά προγράμματα				0.043
Συντήρηση και επισκευές	2.0%	του FCI	0.473	0.007
Λειτουργικά και προμήθειες	10.0%	συντήρησης & επισκευής	0.009	0.001
Χρέωση Εργαστηρίου	10.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Δικαιώματα (αν όχι κατ' αποκοπή)	1.0%	του c <sub>o</sub>	1.390	0.014
<b>Μεταβλητό κόστος =</b>				<b>1.159</b>
Φόροι (ακίνητα)	2.0%	του FCI	0.473	0.009
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	1.0%	του FCI	0.473	0.005
Ενοίκιο	0.0%	του FCI	0.473	0.000
<b>Πάγιες Χρεώσεις =</b>				<b>0.014</b>
Επιβάρυνση εγκαταστάσεων, γενικά	50%	της εργασίας, επίβλεψης και συντήρησης	0.013	0.006
<b>Επιβάρυνση εγκαταστάσεων =</b>				<b>0.006</b>
<b>Κόστος κατασκευής =</b>				<b>1.179</b>
Διαχείριση	20.0%	of labor, supervision, and maintenance	0.013	0.003
Διανομή & πώληση	10.0%	of c <sub>o</sub>	1.390	0.139
Έρευνα & Ανάπτυξη	5.0%	of c <sub>o</sub>	1.390	0.070
<b>Γενική Δαπάνη =</b>				<b>0.211</b>

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ = $c_o =$						<b>1.390</b>	
					96.2%	73.5	
					3.8%	2.9	
						76.4	

Μέτρα κερδοφορίας, διαχρονική αξία χρήματος ΔΕΝ περιλαμβάνεται:

<b>Μέτρα κερδοφορίας</b>					
Απόδοση των επενδύσεων, ROI, [ave. %/γ]	<b>22.5</b>				
Περίοδος Αποπληρωμής, PBP, [γ]	<b>3.0</b>				
Καθαρή απόδοση [Μ€]	<b>0.08</b>		Με $m_{ar} =$	8.0%	Ανά έτος

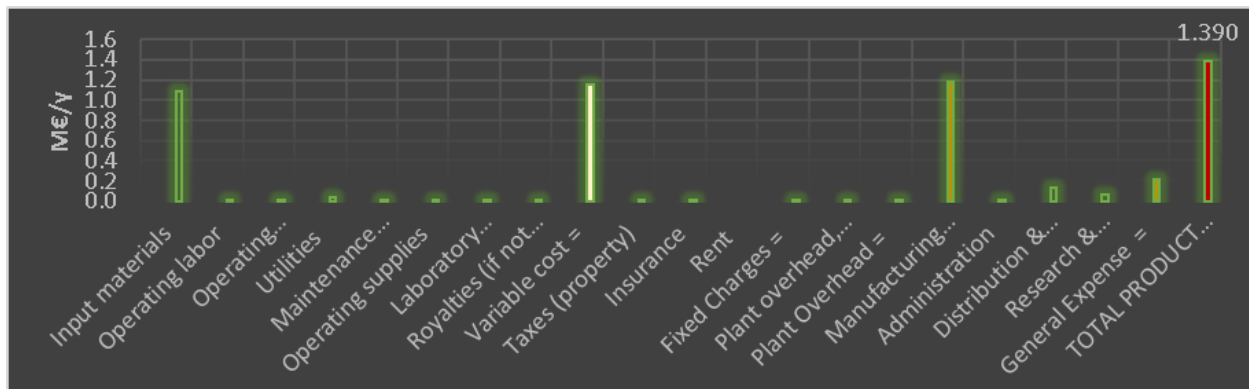
Μέτρα κερδοφορίας συμπεριλαμβανομένης της διαχρονικής αξίας του χρήματος, με ΕΤΗΣΙΕΣ ταμειακές ροές ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ και προεξόφληση

Καθαρή παρούσα αξία, NPW, [Μ€]	<b>0.47</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο=	8 %	το χρόνο
Προεξοφλημένο ποσοστό απόδοσης ταμειακών ροών, DCFR, [%/γ]	<b>18.2%</b>	με NPW	=0	

Αναλογία οφέλους προς κόστος, B2C

<b>B2C</b>	<b>1.88</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο= 8% το χρόνο
------------	-------------	--

Αναλυτικά Συνολικά Κόστη Διεργασίας



### 6.3. Δενδρολίβανο

#### 6.3.1. Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης

##### Καθαρό Εκχύλισμα Αιθέριου Ελαίου Από τις Εκχυλίσεις (kg εκχυλίσματος/kg βοτάνου)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
Δενδρολίβανο	0.92	0.19	1.37	0.97	1.7

##### Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
Δενδρολίβανο	365	2800	270	345	225

#### 6.3.2. Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού

##### Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying) (€/kg εκχυλίσματος)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
Δενδρολίβανο	138	1045	101	130	84

##### Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) (€/kg εκχυλίσματος)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
Δενδρολίβανο	85	615	60	80	50

### 6.3.3. Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα το βέλτιστο σενάριο για το Δενδρολίβανο είναι της Υδροαπόσταξης σε συνδυασμό με την Ηλεκτροϊνοποίηση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ύστερα από υπολογισμούς σε υπολογιστικά φύλλα excel.

Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου επενδύσεως είναι τα ίδια με τα αποτελέσματα στον πίνακα “ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ ΑΝΑ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΔΟΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ” του Χαμομηλιού. Επιλέχθηκε να είναι το ίδιο για να υπάρχει ένα ικανοποιητικό μέτρο σύγκρισης.

ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΟ 100%				
Είδος	Προεπιλεγμένος παράγοντας	Βάση	Βασικό κόστος [Μ€/έτος]	Κόστος [Μ€/έτος]
Υλικά εισαγωγής				0.729
Λειτουργική εργασία				0.003
Επίβλεψη λειτουργίας	15.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Βοηθητικά προγράμματα				0.043
Συντήρηση και επισκευές	2.0%	του FCI	0.473	0.009
Λειτουργικά και προμήθειες	10.0%	συντήρησης & επισκευής	0.009	0.001
Χρέωση Εργαστηρίου	10.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Δικαιώματα (αν όχι κατ' αποκοπή)	1.0%	του c <sub>o</sub>	0.963	0.010
<b>Μεταβλητό κόστος =</b>				<b>0.795</b>
Φόροι (ακίνητα)	2.0%	του FCI	0.473	0.009
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	1.0%	του FCI	0.473	0.005
Ενοίκιο	0.0%	του FCI	0.473	0.000
<b>Πάγιες Χρεώσεις =</b>				<b>0.013</b>
Επιβάρυνση εγκαταστάσεων, γενικά	50%	της εργασίας, επίβλεψης και συντήρησης	0.013	0.006
<b>Επιβάρυνση εγκαταστάσεων =</b>				<b>0.006</b>
<b>Κόστος κατασκευής =</b>				<b>0.816</b>
Διαχείριση	20.0%	of labor, supervision, and maintenance	0.013	0.003
Διανομή & πώληση	10.0%	of c <sub>o</sub>	0.963	0.096
Έρευνα & Ανάπτυξη	5.0%	of c <sub>o</sub>	0.963	0.048
<b>Γενική Δαπάνη =</b>				<b>0.147</b>



<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ = <math>c_0</math> =</b>						<b>0.963</b>	
					94.5%	43.4	
					5.5%	2.5	
						45.9	

Μέτρα κερδοφορίας, διαχρονική αξία χρήματος ΔΕΝ περιλαμβάνεται:

<b>Μέτρα κερδοφορίας</b>					
<b>Απόδοση των επενδύσεων, ROI, [ave. %/γ]</b>	<b>13.1</b>				
<b>Περίοδος Αποπληρωμής, PBP, [γ]</b>	<b>4.5</b>				
<b>Καθαρή απόδοση [Μ€]</b>	<b>0.03</b>		Με $m_{ar} =$	8.0%	Ανά έτος

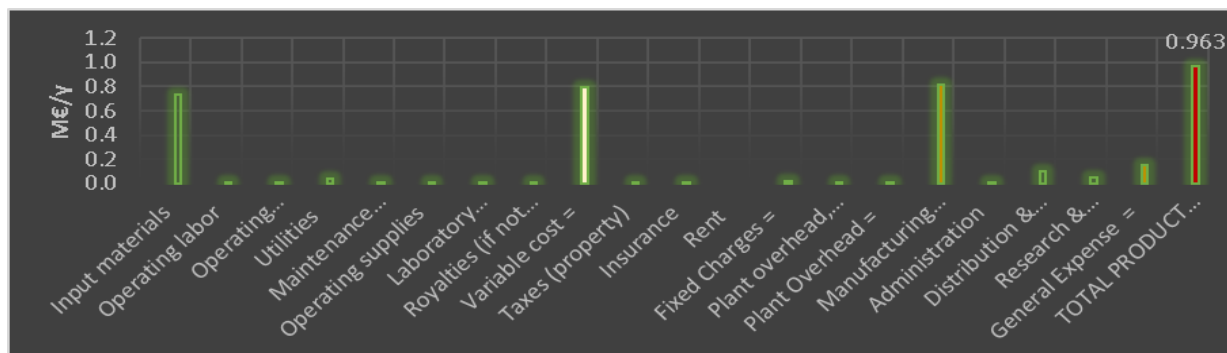
Μέτρα κερδοφορίας συμπεριλαμβανομένης της διαχρονικής αξίας του χρήματος, με ΕΤΗΣΙΕΣ ταμειακές ροές ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ και προεξόφληση

<b>Καθαρή παρούσα αξία, NPW, [Μ€]</b>	<b>0.11</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο=	8 %	το χρόνο
<b>Προεξοφλημένο ποσοστό απόδοσης ταμειακών ροών, DCFR, [%/γ]</b>	<b>10.8%</b>	με NPW	=0	

Αναλογία οφέλους προς κόστος, B2C

<b>B2C</b>	<b>1.24</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο= 8% το χρόνο
------------	-------------	--

Αναλυτικά Συνολικά Κόστη Διεργασίας



#### 6.4. Βάλσαμο

##### 6.4.1. Σύγκριση διεργασιών εκχύλισης

#### Καθαρό Εκχύλισμα Αιθέριου Ελαίου Από τις Εκχυλίσεις (kg εκχυλίσματος/kg βοτάνου)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
<b>Βάλσαμο</b>	0.97	0.18	0.31	0.18	0.76

#### Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
<b>Βάλσαμο</b>	2350	3250	1330	2150	570

##### 6.4.2. Σύγκριση διεργασιών εγκλεισμού

#### Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying) (€/kg εκχυλίσματος)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
<b>Βάλσαμο</b>	880	1215	503	813	215

#### Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning) (€/kg εκχυλίσματος)

	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
<b>Βάλσαμο</b>	515	750	295	480	130

#### 6.4.3. Αποτελέσματα βέλτιστου σεναρίου

Σύμφωνα με τα παραπάνω δεδομένα το βέλτιστο σενάριο για το Βάλσαμο είναι της Υδροαπόσταξης σε συνδυασμό με την Ηλεκτροϊνοποίηση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα ύστερα από υπολογισμούς σε υπολογιστικά φύλλα excel.

Τα αποτελέσματα του κεφαλαίου επενδύσεως είναι τα ίδια με τα αποτελέσματα στον πίνακα “ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΕΦΑΛΑΙΟΥ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΣ ΑΝΑ ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΑΔΟΜΕΝΟΥ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΥ” του Χαμομηλιού. Επιλέχθηκε να είναι το ίδιο για να υπάρχει ένα ικανοποιητικό μέτρο σύγκρισης.

<b>ΕΤΗΣΙΟ ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΣΤΟ 100%</b>				
<b>Είδος</b>	<b>Προεπιλεγμένος παράγοντας</b>	<b>Βάση</b>	<b>Βασικό κόστος [Μ€/έτος]</b>	<b>Κόστος [Μ€/έτος]</b>
Υλικά εισαγωγής				0.856
Λειτουργική εργασία				0.003
Επίβλεψη λειτουργίας	15.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Βοηθητικά προγράμματα				0.042
Συντήρηση και επισκευές	2.0%	του FCI	0.473	0.009
Λειτουργικά και προμήθειες	10.0%	συντήρησης & επισκευής	0.009	0.001
Χρέωση Εργαστηρίου	10.0%	της λειτουργικής εργασίας	0.003	0.000
Δικαιώματα (αν όχι κατ' αποκοπή)	1.0%	του c <sub>o</sub>	1.113	0.011
<b>Μεταβλητό κόστος =</b>				<b>0.923</b>
Φόροι (ακίνητα)	2.0%	του FCI	0.473	0.009
ΑΣΦΑΛΙΣΗ	1.0%	του FCI	0.473	0.005
Ενοίκιο	0.0%	του FCI	0.473	0.000
<b>Πάγιες Χρεώσεις =</b>				<b>0.014</b>
Επιβάρυνση εγκαταστάσεων, γενικά	50%	της εργασίας, επίβλεψης και συντήρησης	0.013	0.006
<b>Επιβάρυνση εγκαταστάσεων =</b>				<b>0.006</b>
<b>Κόστος κατασκευής =</b>				<b>0.944</b>
Διαχείριση	20.0%	of labor, supervision, and maintenance	0.013	0.003
Διανομή & πώληση	10.0%	of c <sub>o</sub>	1.113	0.111
Έρευνα & Ανάπτυξη	5.0%	of c <sub>o</sub>	1.113	0.056
<b>Γενική Δαπάνη =</b>				<b>0.170</b>

<b>ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΑΠΟΣΒΕΣΗ = <math>c_0</math> =</b>					<b>1,113</b>	
					95.2%	113.1
					4.8%	5.6
						118.7

Μέτρα κερδοφορίας, διαχρονική αξία χρήματος ΔΕΝ περιλαμβάνεται:

<b>Μέτρα κερδοφορίας</b>						
<b>Απόδοση των επενδύσεων, ROI, [ave. %/γ]</b>	<b>15.7</b>					
<b>Περίοδος Αποπληρωμής, PBP, [γ]</b>	<b>4.0</b>					
<b>Καθαρή απόδοση [Μ€]</b>	<b>0.04</b>		Με $m_{ar} =$	8.0%	Ανά έτος	

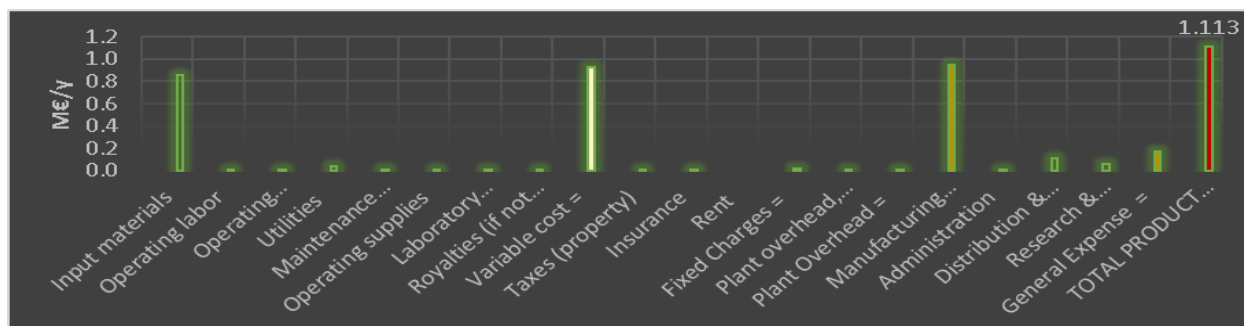
Μέτρα κερδοφορίας συμπεριλαμβανομένης της διαχρονικής αξίας του χρήματος, με ΕΤΗΣΙΕΣ ταμειακές ροές ΤΕΛΟΣ ΤΟΥ ΕΤΟΥΣ και προεξόφληση

<b>Καθαρή παρούσα αξία, NPW, [Μ€]</b>	<b>0.21</b>	με προεξοφλ ητικό επιτόκιο=	8 %	το χρόνο
<b>Προεξοφλημένο ποσοστό απόδοσης ταμειακών ροών, DCFR, [%/γ]</b>	<b>13.0%</b>	με NPW	=0	

Αναλογία οφέλους προς κόστος, B2C

<b>B2C</b>	<b>1.42</b>	με προεξοφλητικό επιτόκιο= 8% το χρόνο
------------	-------------	--

Αναλυτικά Συνολικά Κόστη Διεργασίας



## 7. Συζήτηση αποτελεσμάτων

### 1.1. Αποτελέσματα

#### 1.1.1. Αποτελέσματα Απόδοσης Εκχύλισης

##### Καθαρό Εκχύλισμα Αιθέριου Ελαίου Από τις Εκχυλίσεις

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	0.18	0.21	0.38	0.21	0.7
<b>Ρίγανη</b>	0.21	0.25	0.92	0.84	1.45
<b>Δενδρολίβανο</b>	0.92	0.19	1.37	0.97	1.7
<b>Βάλσαμο</b>	0.97	0.18	0.31	0.18	0.76

Στο στάδιο αυτό μελετάται η απόδοση των διεργασιών για καθαρά εκχυλίσματα βοτάνων. Οι διεργασίες που μελετώνται είναι η Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων και Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη για όλα τα βότανα προς μελέτη, δηλαδή το χαμομήλι, η ρίγανη, το δενδρολίβανο και το βάλσαμο.

Στην Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη) το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν απόδοση 0.18 , 0.21, 0.92 και 0.97 kg εκχυλίσματος ελαίου ανά 50kg πρώτης ύλης αντίστοιχα. Φαίνεται ότι στην περίπτωση της Εκχύλισης με Διαλύτη (Αιθανόλη), η καλύτερες αποδόσεις δίνονται από το δενδρολίβανο και τη ρίγανη . Τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά μεταξύ τους (0.97 και 0.92) και έχουν σχεδόν πενταπλάσια από την επόμενη καλύτερη απόδοση που είναι με βάλσαμο. Τη χειρότερη απόδοση παρουσιάζει το χαμομήλι.

Στην Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν απόδοση 0.21 , 0.25, 0.19 και 0.18 kg εκχυλίσματος ελαίου ανά 50kg πρώτης ύλης αντίστοιχα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση οι αποδόσεις και των τεσσάρων βοτάνων είναι σχετικά πολύ κοντά μεταξύ τους. Είναι όμως και πάρα πολύ χαμηλές σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εκχυλίσεις. Είναι η μόνη εκχύλιση που το βάλσαμο έχει τη μεγαλύτερη απόδοση σε σύγκριση με τα υπόλοιπα βότανα. Τα βότανα χαμομήλι, ρίγανη και δενδρολίβανο έχουν τις χαμηλότερες αποδόσεις με πολύ κοντινές τιμές

Στην Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν απόδοση 0.21 , 0.84, 0.97 και 0.18 kg εκχυλίσματος ελαίου ανά 50kg πρώτης ύλης αντίστοιχα. Τα δεδομένα δείχνουν ότι πρόκειται για μια σχετική καλή απόδοση εκχύλισης αλλά μόνο για τα βότανα ρίγανη και βάλσαμο. Η ρίγανη έχει την καλύτερη απόδοση, πέντε φορές καλύτερη από τη χαμηλότερη που είναι για το χαμομήλι. Σε αντίθεση με την Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), το βάλσαμο έχει μεγάλη απόδοση ενώ το δενδρολίβανο πολύ μικρότερη.

Στην Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν απόδοση 0.38 , 0.92, 1.37 και 0.31 kg εκχυλίσματος ελαίου ανά 50kg πρώτης ύλης

αντίστοιχα. Με την συγκεκριμένη εκχύλιση παρατηρείτε μια πολύ μεγάλη άνοδος των αποδόσεων στα εκχυλίσματα όλων των βοτάνων. Η απόδοση για εκχύλισης χαμομηλιού και δενδρολίβανου είναι σχεδόν διπλάσιες σε σύγκριση με τις υπόλοιπες εκχυλίσεις.. Τη μεγαλύτερη απόδοση βέβαια την έχει η ρίγανη και το βάλαμο. Πολύ κοντινές τιμές έχουν το χαμομήλι και το δενδρολίβανο.

Στην Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν απόδοση 0.70 , 1.45, 1.7 και 0.76 kg εκχυλίσματος ελαίου ανά 50kg πρώτης ύλης αντίστοιχα. Η Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη παρουσιάζει τα καλύτερα αποτελέσματα για όλα τα βότανα με μεγάλη συγκριτική διαφορά. Την καλύτερη απόδοση την έχει η ρίγανη με περίπου 50% μεγαλύτερη απόδοση σε σύγκρισή με τη δεύτερη καλύτερη απόδοση της, της Εκχύλισης με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων. Το βάλαμο με περίπου 50% μεγαλύτερη απόδοση σε σύγκρισή με τη δεύτερη καλύτερη απόδοση του, της Εκχύλισης με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων. Τα υπόλοιπα δύο βότανα δενδρολίβανο και χαμομήλι παρουσιάζουν τιμές διπλάσιες με σύγκριση με όλες τις προηγούμενες μεθόδους..

Είναι προφανές από τα αποτελέσματα ότι η καλύτερη επιλογή ως προς την απόδοση για την παραγωγή καθαρών εκχυλισμάτων βοτάνων αιθέριου ελαίου είναι η διεργασία με την Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη για όλα τα βότανα.

#### 1.1.2. Αποτελέσματα Τιμών Καθαρού Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Χωρίς Ενθυλάκωση

##### Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	7550	8350	4085	7350	2280
<b>Ρίγανη</b>	545	2800	615	725	365
<b>Δενδρολίβανο</b>	365	2800	270	345	225
<b>Βάλαμο</b>	2350	3250	1330	2150	570

Στο στάδιο αυτό μελετώνται οι τιμές (σε ευρώ) του καθαρού εκχυλίσματος αιθέριου ελαίου που προκύπτουν μετά από την οικονομική μελέτη για κάθε διεργασία χωρίς το στάδιο της ενθυλάκωσης. Η μεταβολή των τιμών οφείλεται στις διαφορετικές εκχυλίσεις και στα διαφορετικά βότανα. Οι εκχυλίσεις είναι, η Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων και Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη. Τα βότανα προς μελέτη είναι το χαμομήλι, η ρίγανη, το δενδρολίβανο και το βάλαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 7550 , 545, 365 και 2350 € ανά kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου αντίστοιχα. Παρουσιάζεται πως η υψηλότερη τιμή είναι για το χαμομήλι με πολύ σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα βότανα. Στην συνέχεια την υψηλότερη τιμή την έχει το δενδρολίβανο και με μεγάλες αποκλίσεις ακολουθούν οι τιμές του βάλαμου και της ρίγανης.

Στην διεργασία με Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες , το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 8350 , 2800, 2800 και 3250 € ανά kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου αντίστοιχα. Με τη συγκεκριμένη διεργασία οι τιμές των καθαρών εκχυλισμάτων είναι πάρα πολύ υψηλές και οι υψηλότερες για όλα τα βότανα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων, το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 4085 , 615, 270 και 1330 € ανά kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου αντίστοιχα. Εδώ φαίνεται πως όλες οι τιμές μειώνονται αρκετά και αποτελεί μια από τις πιο συμφέρουσες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 7350 , 725, 345 και 2150 € ανά kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου αντίστοιχα. Σε σχέση με τη διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων οι τιμές είναι πιο υψηλές. Υπάρχει σημαντική αύξηση της τιμής του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου κατά περίπου 40% και λιγότερο για τη ρίγανη και το βάλαμο. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 2280 , 365, 225 και 570 € ανά kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη διεργασία παρουσιάζει τις καλύτερες και χαμηλότερες τιμές καθαρού εκχυλίσματος ανά κιλό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Η διαφοράς των τιμών είναι χαρακτηριστικά μεγάλες. Η μεγαλύτερη τιμές που είναι του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου είναι οριακά τα ¼ της τιμής από τις διεργασίες με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων. Οι τιμές τη ρίγανης και του βάλαμο είναι περίπου μισές. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο.

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα οι καλύτερες τιμές σε € / kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου, δίνονται σε όλες τις περιπτώσεις από την διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη.

1.1.3. Αποτελέσματα Τιμών Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying)

**Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	2850	3180	1545	2777	862
<b>Ρίγανη</b>	206	1045	235	199	138
<b>Δενδρολίβανο</b>	138	1045	101	130	84
<b>Βάλσαμο</b>	880	1215	503	813	215

Στο στάδιο αυτό μελετώνται οι τιμές (σε ευρώ) του καθαρού εκχυλίσματος αιθέριου ελαίου που προκύπτουν μετά από την οικονομική μελέτη για κάθε διεργασία με το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού (spray drying). Η μεταβολή των τιμών οφείλεται στις διαφορετικές εκχυλίσεις, Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων και Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη και στα διαφορετικά βότανα προς μελέτη όπως το χαμομήλι, η ρίγανη, το δενδρολίβανο και το βάλσαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 2850 , 206, 138 και 880 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Παρουσιάζεται πως η υψηλότερη τιμή είναι για το χαμομήλι με πολύ σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα βότανα. Στην συνέχεια την υψηλότερη τιμή την έχει το δενδρολίβανο και με μεγάλες αποκλίσεις ακολουθούν οι τιμές του βάλσαμου και της ρίγανης.

Στην διεργασία με Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες , το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 3180 , 1045, 1045 και 1215 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Με τη συγκεκριμένη διεργασία οι τιμές των καθαρών εκχυλισμάτων είναι πάρα πολύ υψηλές και οι υψηλότερες για όλα τα βότανα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλσαμο

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων, το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 1545 , 235, 101και 503€ ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Εδώ φαίνεται πως όλες οι τιμές μειώνονται αρκετά και αποτελεί μια από τις πιο



συμφέρουσες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλσαμο

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 2777, 199, 130 και 813€ ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Σε σχέση με τη διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων οι τιμές είναι πιο υψηλές. Υπάρχει σημαντική αύξηση της τιμής του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου κατά περίπου 40% και λιγότερο για τη ρίγανη και το βάλσαμο. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλσαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 862, 138, 84 και 215 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη διεργασία παρουσιάζει τις καλύτερες και χαμηλότερες τιμές καθαρού εκχυλίσματος ανά κιλό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Η διαφορά των τιμών είναι χαρακτηριστικά μεγάλες. Η μεγαλύτερη τιμή που είναι του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου είναι οριακά το 1/3 της τιμής από τις διεργασίες με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων. Οι τιμές της ρίγανης και του βάλσαμο είναι περίπου μισές. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλσαμο

Οι τιμές Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying), είναι πολύ χαμηλότερες σε σύγκριση με τη διεργασίες χωρίς ενθυλάκωση. Ο λόγος είναι πως η τιμή εξαρτάται κυρίως από την τελική συγκέντρωση ελαίου ανά κιλό διαλύματος. Η συγκέντρωση του καθαρού ελαίου σε αυτή τη περίπτωση είναι πολύ χαμηλή σε σύγκριση με τη συγκέντρωση μήτρας στο διάλυμα με ενθυλακωμένο έλαιο. Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα οι καλύτερες τιμές σε €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου, δίνονται σε όλες τις περιπτώσεις από την διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη

1.1.4. Αποτελέσματα Τιμών Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning)

**Τιμή Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning)**

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	1670	1850	905	1625	505
<b>Ρίγανη</b>	125	620	140	120	85
<b>Δενδρολίβανο</b>	85	615	60	80	50
<b>Βάλσαμο</b>	515	750	295	480	130

Στο στάδιο αυτό μελετώνται οι τιμές (σε ευρώ) του καθαρού εκχυλίσματος αιθέριου ελαίου που προκύπτουν μετά από την οικονομική μελέτη για κάθε διεργασία με το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning). Η μεταβολή των τιμών οφείλεται στις διαφορετικές εκχυλίσεις, Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων και Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη και στα διαφορετικά βότανα προς μελέτη όπως το χαμομήλι, η ρίγανη, το δενδρολίβανο και το βάλσαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 1670 , 125, 85 και 515 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Παρουσιάζεται πως η υψηλότερη τιμή είναι για το χαμομήλι με πολύ σημαντική διαφορά από τα υπόλοιπα βότανα. Στην συνέχεια την υψηλότερη τιμή την έχει το δενδρολίβανο και με μεγάλες αποκλίσεις ακολουθούν οι τιμές του βάλσαμου και της ρίγανης.

Στην διεργασία με Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες , το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 1850 , 620, 615 και 750 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Με τη συγκεκριμένη διεργασία οι τιμές των καθαρών εκχυλισμάτων είναι πάρα πολύ υψηλές και οι υψηλότερες για όλα τα βότανα σε σχέση με όλες τις υπόλοιπες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλσαμο

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων, το χαμομήλι, το βάλσαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 905 , 140, 60 και 295€ ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Εδώ φαίνεται πως όλες οι τιμές μειώνονται αρκετά και αποτελεί μια από τις πιο

συμφέρουσες διεργασίες. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο

Στην διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων, το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 1625, 120, 80 και 480€ ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Σε σχέση με τη διεργασία με Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων και Μικροκυμάτων οι τιμές είναι πιο υψηλές. Υπάρχει σημαντική αύξηση της τιμής του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου κατά περίπου 40% και λιγότερο για τη ρίγανη και το βάλαμο. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο.

Στην διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη το χαμομήλι, το βάλαμο, η ρίγανη και το δενδρολίβανο έχουν τιμή 505, 85, 50 και 130 € ανά kg εκχυλίσματος ενθυλακωμένου ελαίου αντίστοιχα. Η συγκεκριμένη διεργασία παρουσιάζει τις καλύτερες και χαμηλότερες τιμές καθαρού εκχυλίσματος ανά κιλό σε σύγκριση με τις υπόλοιπες. Η διαφορά των τιμών είναι χαρακτηριστικά μεγάλες. Η μεγαλύτερη τιμή που είναι του χαμομηλιού και του δενδρολίβανου είναι οριακά το 1/3 της τιμής από τις διεργασίες με Εκχύλιση με Διαλύτη (Αιθανόλη), Εκχύλιση σε Υπερκρίσιμες Συνθήκες, Εκχύλιση με την βοήθεια Υπερήχων. Οι τιμές τη ρίγανης και του βάλαμο είναι περίπου μισές. Την υψηλότερη τιμή έχει το χαμομήλι, με πολύ χαμηλότερη τιμή ακολουθεί το δενδρολίβανο και με ακριβώς ίδιες τιμές η ρίγανη και το βάλαμο

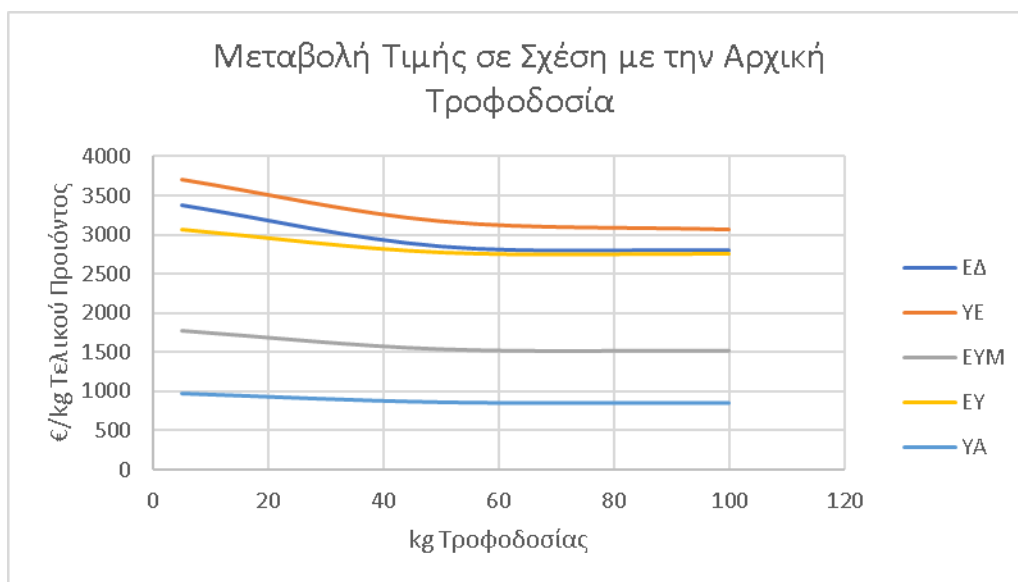
Οι τιμές Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία με Ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning), είναι ακόμη χαμηλότερες σε σύγκριση με τις διεργασίες χωρίς ενθυλάκωση και τις τιμές Εκχυλίσματος Αιθέριου Ελαίου Από τη Διεργασία Με Ενθυλάκωση με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying). Ο λόγος είναι πως η τιμή εξαρτάται κυρίως από την τελική συγκέντρωση ελαίου ανά κιλό διαλύματος. Η συγκέντρωση του καθαρού ελαίου στη περίπτωση της Ηλεκτροϊνοποίησης (electrospinning) είναι ακόμα χαμηλότερη σε σύγκριση με τη συγκέντρωση μήτρας στο διάλυμα με ενθυλακωμένο έλαιο με Ξήρανση Ψεκασμού (spray drying), καθώς χρησιμοποιείται ακόμη παραπάνω μήτρα. Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα οι καλύτερες τιμές σε €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου, δίνονται σε όλες τις περιπτώσεις από την διεργασία με Εκχύλιση με Υδροαπόσταξη.

#### 1.1.5. Κλιμάκωση Μεγέθους Μονάδας

Ένα από τα κύρια οφέλη της επέκτασης των εργασιών παραγωγής σε ένα μεγάλο εργοστάσιο είναι ότι μια μεγάλης κλίμακας λειτουργία μπορεί να οδηγήσει σε οικονομίες κλίμακας. Οι οικονομίες κλίμακας περιγράφουν μια κατάσταση όπου το μέσο κόστος παραγωγής ενός αγαθού μειώνεται καθώς αυξάνεται η παραγόμενη ποσότητα. (46)

Παρακάτω φαίνονται οι τιμές ανά κιλό τελικού προϊόντος για τα σενάρια 21,25,29,33 με αρχική τροφοδοσία 5,50 και 100 κιλά (kg).

Χαμομήλι	ΕΔ	ΥΕ	ΕΥΜ	ΕΥ	ΥΑ
5 (kg)	3380	3710	1780	3070	980
50 (kg)	2850	3180	1545	2777	862
100 (kg)	2800	3075	1527	2760	851

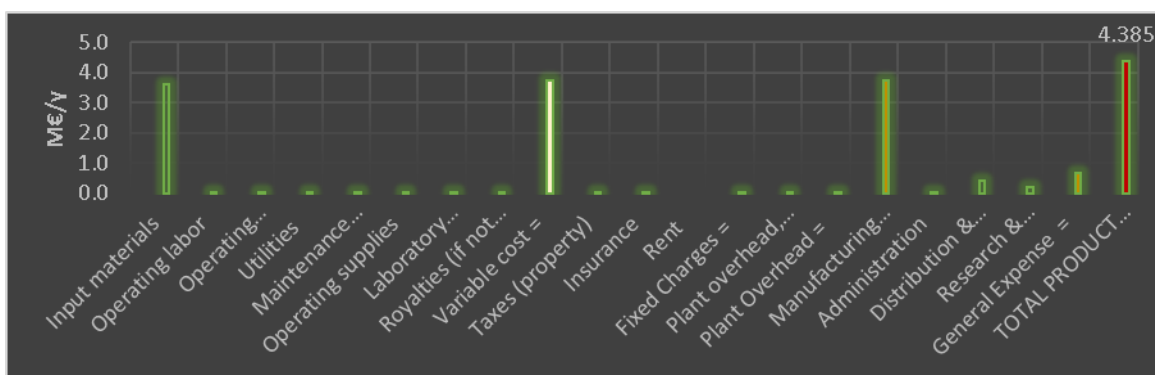


Όταν η τροφοδοσία της μονάδας είναι χαμηλή (5 kg) οι τιμή του τελικού προϊόντος είναι σημαντικά μεγαλύτερη. Όταν οι τροφοδοσία πολλαπλασιαστεί 10 φορές η τιμή του τελικού προϊόντος μειώνεται χαρακτηριστικά. Όμως όπως φαίνεται παραπάνω, ύστερα από τη συγκεκριμένη αυτή αύξηση η τιμή του τελικού προϊόντος δεν χαμηλώνει ιδιαίτερα με παραπάνω αύξηση της τροφοδοσίας. Έτσι για τη συγκεκριμένη διεργασία επιλέχθηκε η τροφοδοσία της μονάδας να είναι τα 50 kg.

## 1.2. Ανάλυση

Είναι προφανές από τα παραπάνω αποτελέσματα ότι οι διακυμάνσεις των τιμών ανάλογα με την επιλογή της διεργασίας και τα την επιλογή βοτάνων είναι πολλές και συνήθως πολύ μεγάλες.

Αρχικά, για τις τιμές καθαρού αιθέριου ελαίου για τις διεργασίες χωρίς ενθυλάκωση (€/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου), παρατηρείται ότι οι τιμές είναι πάρα πολύ υψηλές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η τιμή του καθαρού ελαίου εξαρτάται κυρίως από τη απόδοση της εκχύλισης οι οποίες είναι πολύ χαμηλές για αιθέριά έλαια και ακόμη περισσότερο από την τιμή των βοτάνων ως πρώτη ύλη. Στο διάγραμμα παρουσιάζεται πόσο σημαντικές είναι αυτοί οι παράμετροι.



Εικόνα 47: Αναλυτικά Συνολικά Κόστη Διεργασίας

Όπως φαίνεται, η αξία των πρώτων υλών σε εκατομμύρια το χρόνο φτάνει την αξία ακόμη και της κατασκευής όλης της διεργασίας. Είναι ένα πάρα πολύ μεγάλο ποσό. Στην συνέχεια παρουσιάζονται η μέση τιμή αγοράς των πρώτων υλών για κάθε βότανο σε ευρώ ανά κιλό.

### **Μέση Τιμή Πρώτων Υλών Στην Αγορά**

	<b>Χαμομήλι</b>	<b>Ρίγανη</b>	<b>Δενδρολίβανο</b>	<b>Βάλσαμο</b>
<b>Μέση Τιμή Πρώτης Ύλης (Ευρώ)</b>	25	5	5.9	7.5

Το χαμομήλι είναι μια πάρα πολύ ακριβή πρώτη ύλη. Επίσης το χαμομήλι έχει πάρα πολύ μικρές αποδόσεις με όλες τις εκχυλίσσεις. Ο συνδυασμός αυτός έχει ως αποτέλεσμα το εκχύλισμα από το πιο ακριβό βότανο, στη συγκεκριμένη μελέτη, να είναι πολύ λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα βότανα. Έτσι η τιμή ανά κιλό εκχυλίσματος είναι πάρα πολύ μεγάλη.

Η ρίγανη δείχνει να έχει σε όλες τις διεργασίες τις χαμηλότερες τιμές σε σύγκριση με τα υπόλοιπα βότανα. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ρίγανη παρουσιάζει τις καλύτερες αποδόσεις εκχύλισης σε όλες τις διεργασίες και τη χαμηλότερη τιμή αγοράς σαν πρώτη ύλη.

Συγκρίνοντας τώρα το δενδρολίβανο με το βάλσαμο, φαίνεται πως το δενδρολίβανο είναι φθηνότερο σαν πρώτη ύλη από το βάλσαμο. Η τιμή του εκχυλίσματος του όμως είναι σχεδόν διπλάσια σε κάθε περίπτωση. Το αποτέλεσμα αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι το βάλσαμο έχει πολύ καλύτερη απόδοση εκχύλισης από το δενδρολίβανο. Έτσι όλες οι τιμές του βάλσαμο για € /κιλό εκχυλίσματος είναι πολύ χαμηλότερες από το δενδρολίβανο.

Στις περιπτώσεις που το εκχύλισμα βοτάνων δεν είναι καθαρό αλλά ενθυλακωμένο, οι τιμές μειώνονται σημαντικά διότι η τιμή εξαρτάται κυρίως από την τελική συγκέντρωση ελαίου ανά κιλό διαλύματος. Η συγκέντρωση του καθαρού ελαίου σε αυτή τη περίπτωση είναι πολύ χαμηλή σε σύγκριση με τη συγκέντρωση μήτρας στο διάλυμα με ενθυλακωμένο έλαιο.

### ***1.3. Σύγκριση Τιμών Αγοράς με Τιμές Προϊόντων για Καθαρό Εκχύλισμα***

Οι τιμές αγοράς βρέθηκαν μετά από έρευνα αγοράς στο διαδίκτυο και οι διακυμάνσεις οφείλονται συνήθως ως προς την ποιότητα του εκχυλίσματος που δεν μελετάται σε αυτή τη μελέτη. Η σύγκριση τιμών γίνεται μόνο στο καθαρά εκχύλισματα καθώς στα εγκλεισμένα οι τιμές διαφέρουν πάρα πολύ μεταξύ καθώς οι παράμετροι είναι πάρα πολλοί. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται εύρη τιμών στην αγορά.

### Τιμές Αγοράς

	<b>Χαμομήλι</b>	<b>Ρίγανη</b>	<b>Δενδρολίβανο</b>	<b>Βάλσαμο</b>
<b>Μέση Τιμή (€) / kg</b>	3150	1940	1070	2050
<b>Ελάχιστη Τιμή (€) / kg</b>	1300	280	345	1100
<b>Μέγιστη Τιμή (€) / kg</b>	5000	3600	1795	3000

### Τιμή Καθαρού Αιθέριου Ελαίου για τις Διεργασίες ( €/kg εκχυλίσματος καθαρού ελαίου)

	<b>ΕΔ</b>	<b>ΥΕ</b>	<b>ΕΥΜ</b>	<b>ΕΥ</b>	<b>ΥΑ</b>
<b>Χαμομήλι</b>	7550	8350	4085	7350	2280
<b>Ρίγανη</b>	545	2800	615	725	365
<b>Δενδρολίβανο</b>	365	2800	270	345	225
<b>Βάλσαμο</b>	2350	3250	1330	2150	570

Σύμφωνα με τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται πως οι τιμές για κάθε σενάριο δεν είναι πάντα ανταγωνίστηκες με την στην αγορά

Πιο συγκεκριμένα η τιμή για το Χαμομήλι είναι ανταγωνιστή μόνο στο σενάριο της εκχύλισης με υδροαπόσταξη. Το βάλσαμο έχει ανταγωνιστική τιμή και κάθε σενάριο κι οι υψηλές διακυμάνσεις οφείλονται στην ποιότητα του καθαρού εκχυλίσματος. Πιο αποδοτικό και κερδοφόρο όμως φαίνεται να είναι το σενάριο της εκχύλισης με υδροαπόσταξη καθώς είναι μια εύκολη διεργασία με χαμηλά ποσά ενέργειας και έχει την καλύτερη απόδοση για εκχυλίσματα αιθέριων ελαίων στην παραγωγή. Στην περίπτωση της ρίγανης η τιμή που προκύπτει από το σενάριο με εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες δεν είναι ανταγωνιστικό στην αγορά. Τα υπόλοιπα σενάρια είναι ανταγωνίστηκα στην αγορά με το σενάριο την της εκχύλισης με υδροαπόσταξη να είναι το πιο ανταγωνιστικό. Το δενδρολίβανο έχει τιμές ανταγωνιστικές ως προς την αγορά σε όλα τα σενάριο με αυτό της εκχύλισης με υδροαπόσταξη να είναι το καλύτερο.

## 8. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι είναι δυνατή η εξαγωγή αιθέριων ελαίων από Χαμομήλι, Βάλσαμο, Ρίγανη και Δενδρολίβανο ως πρώτες ύλες για διαφορετικές οικονομικά αποδοτικές τεχνολογίες. Από την μελέτη των αποτελεσμάτων, φάνηκε πως τα σενάρια που χρησιμοποιούν εκχύλιση με υδροαπόσταξη έχουν τις καλύτερες αποδόσεις κιλών εκχυλίσματος ελαίου προς κιλά πρώτης ύλης αλλά και τις βέλτιστες τιμές αγοράς σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα. Τα σενάρια που χρησιμοποιούν εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, και εκχύλιση με διαλύτη (αιθανόλη), παρουσιάζουν κι αυτά τιμές ανταγωνιστικές στην αγορά αλλά όχι όσο των σεναρίων με εκχύλιση με υδροαπόσταξη. Τα σενάρια που χρησιμοποιούν εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες δεν είναι καθόλου ανταγωνιστικές ως προς τη αγορά σε καμία περίπτωση. Στην εκχύλιση με υπερκρίσιμες συνθήκες όμως η ποιότητα του εκχυλίσματος διαφέρει αρκετά οπότε θα χρειαζόταν να γίνει και ποιοτική ανάλυση, κάτι που δεν πραγματοποιείται στην παρούσα μελέτη. Από τις συγκεκριμένες εκχυλίσεις είναι και πιο ακριβή, λόγω των μεγάλων ποσών ενέργειας που χρησιμοποιεί αφού η διεργασία πρέπει να γίνεται υπό κρίσιμες συνθήκες. Επίσης η εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες χρειάζεται πολύ παραπάνω χρόνο, κάτι που δεν συμφέρει στη βιομηχανία. Οπότε με τις παραμέτρους της συγκεκριμένης μελέτης είναι λογικό τα σενάρια με εκχύλιση σε υπερκρίσιμες συνθήκες να διαφέρουν και να μην είναι κερδοφόρα σε σχέση με τα υπόλοιπα σενάρια. Τα σενάρια που χρησιμοποιούν εκχύλιση με υδροαπόσταξη, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων, εκχύλιση με την βοήθεια υπερήχων και μικροκυμάτων, και εκχύλιση με διαλύτη (αιθανόλη) είναι διεργασίες με χαμηλά ποσοστά ενέργειας και πολύ παρόμοιο κόστος εξοπλισμού και παραγωγής. Έτσι το κόστος μειώνεται σημαντικά. Ο παράγοντας που κάνει τα σενάρια αυτά τα διαφέρουν οικονομικά είναι η απόδοση κάθε εκχύλισης.. Εύκολα φαίνεται κι από τα αποτελέσματα πως τα σενάρια με τα τις καλύτερες αποδόσεις και τις καλύτερες τιμές αγοράς σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα.

Το σημαντικότερο ρόλο στις τιμές αγοράς σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα φάνηκε πως είχε η αγορά της πρώτης ύλης σε συνδυασμό με την απόδοση εκχυλίσματος κάθε βοτάνου στις εκχυλίσεις. Το χαμομήλι σε όλα τα σενάρια παρουσίασε πολύ χαμηλές αποδόσεις και ταυτόχρονα αποτελούσε την πιο ακριβή πρώτη ύλη. Έτσι η τιμή αγοράς του σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα, εμφανίζεται να είναι πολλές φορές υψηλότερη από τα υπόλοιπα βότανα, ακόμη και στα καλύτερα σενάρια. Σε αντίθεση η ρίγανη αποτελεί την πιο φθηνή πρώτη ύλη με τις καλύτερες αποδόσεις. Έτσι η τιμή αγοράς του σε ευρώ ανά κιλό καθαρού εκχυλίσματος ή σε ευρώ ανά εγκλεισμένου εκχυλίσματος ελαίου σε διάλυμα, εμφανίζεται να είναι πολλές φορές χαμηλότερη από τα υπόλοιπα βότανα

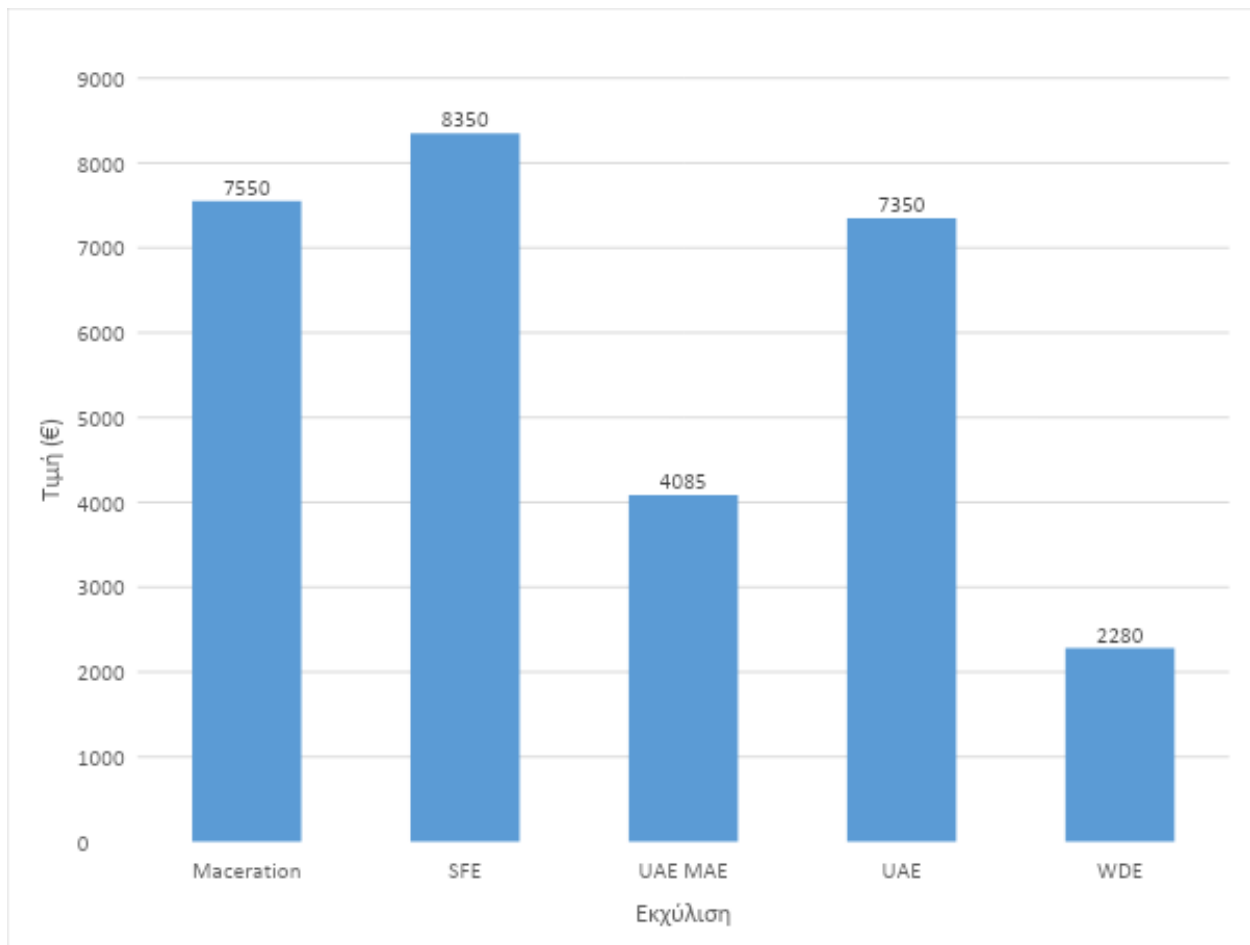
Οι μεγάλες διαφορές στις τιμές των πρώτων υλών οφείλεται στην αυξανόμενη ζήτηση για βιολογικά προϊόντα που επηρεάζει τις τάσεις των καταναλωτών. Η περαιτέρω εφαρμογή των κανονισμών που ευνοούν τη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον συστατικών στη βιομηχανία καλλυντικών και τροφίμων και ποτών έχει αφυπνίσει το ενδιαφέρον των ανθρώπων να αναζητήσουν προϊόντα που παρασκευάζονται από φυσικά συστατικά.

Τέλος, καθώς η αξία των πρώτων υλών σε εκατομμύρια το χρόνο φτάνει την αξία ακόμη και της κατασκευής όλης της διεργασίας, το κόστος εξοπλισμού και το ετήσιο λειτουργικό κόστος εργασίας επηρεάζουν δεν έχουν πολύ μεγάλο ρόλο στην τελική τιμή του προϊόντος. Στόχος για την μεγαλύτερη κερδοφορία είναι η εύρεση όσο το δυνατό φθηνότερης πρώτης ύλης αφού αυτός είναι ο κύριος παράγοντας για μια ανταγωνιστική τιμή προϊόντος.

## 9. Παράρτημα

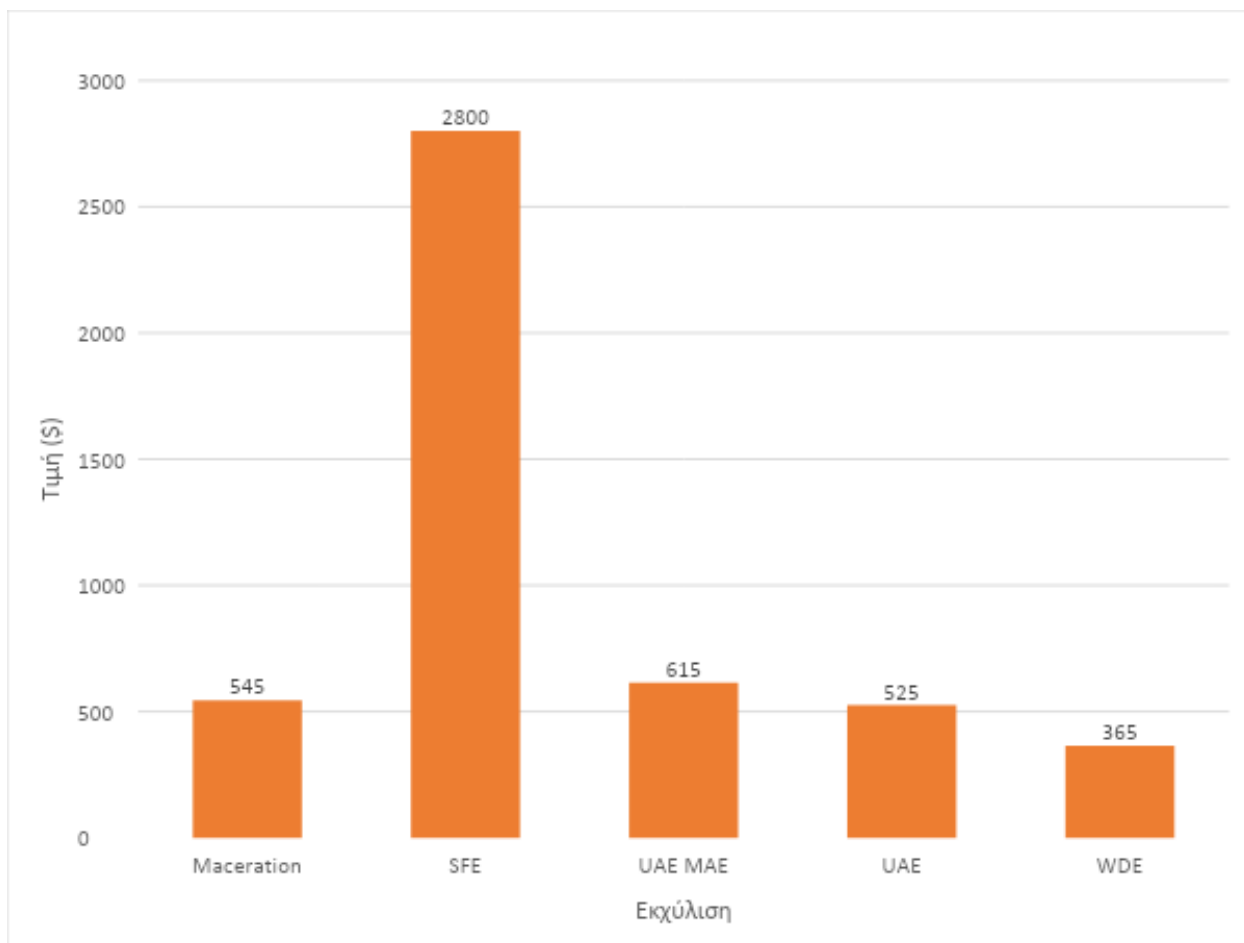
Σενάρια 1 έως 20

50kg	χωρίς caps				
μεθοδος	Maceration	SFE	UAE MAE	UAE	WDE
Chamomile	7550	8350	4085	7350	2280
Hypericum	545	2800	615	525	365
Oregano	365	2800	270	345	225
Rosemary	2350	3250	1330	2150	570

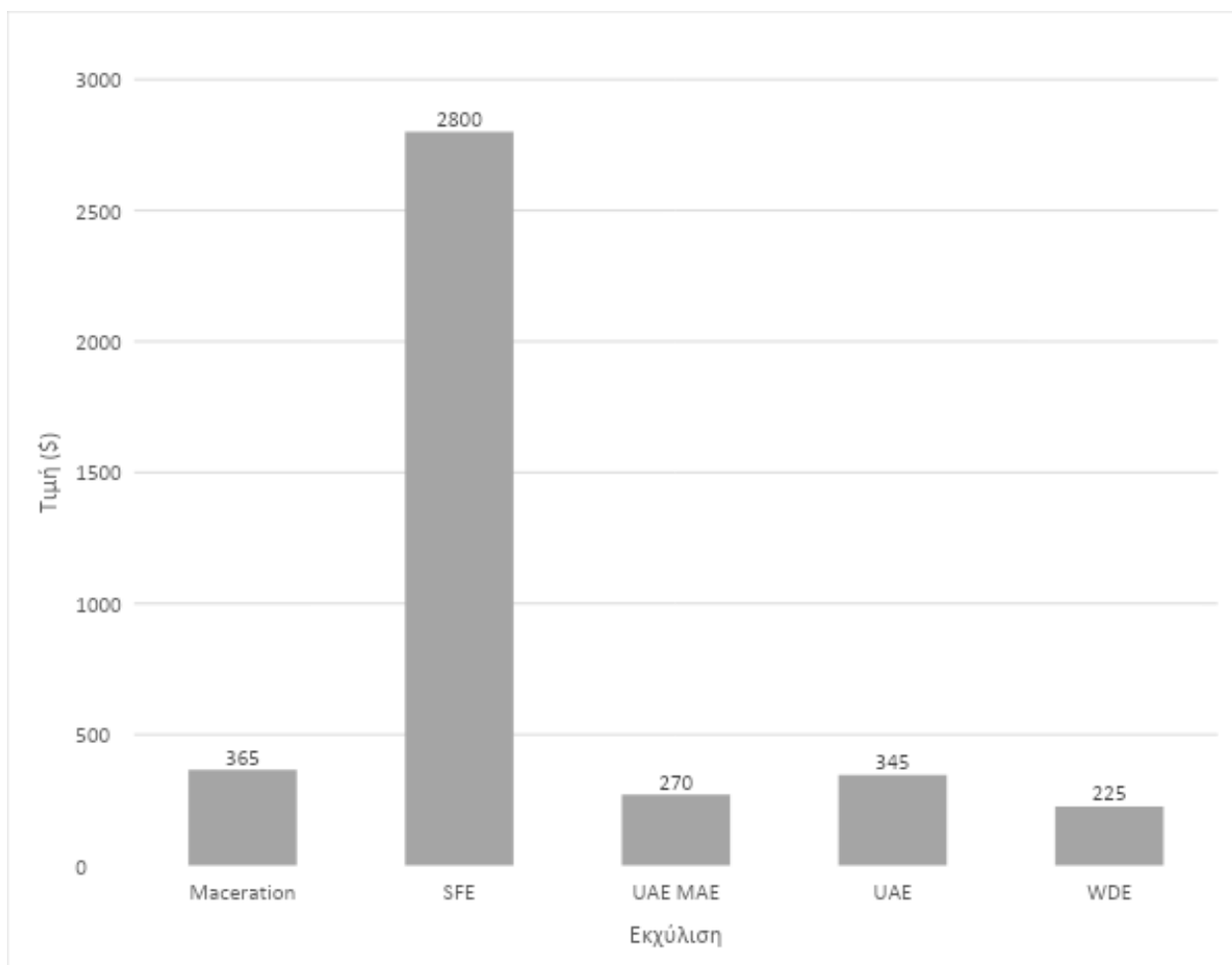


Εικόνα 10: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού σε ευρώ

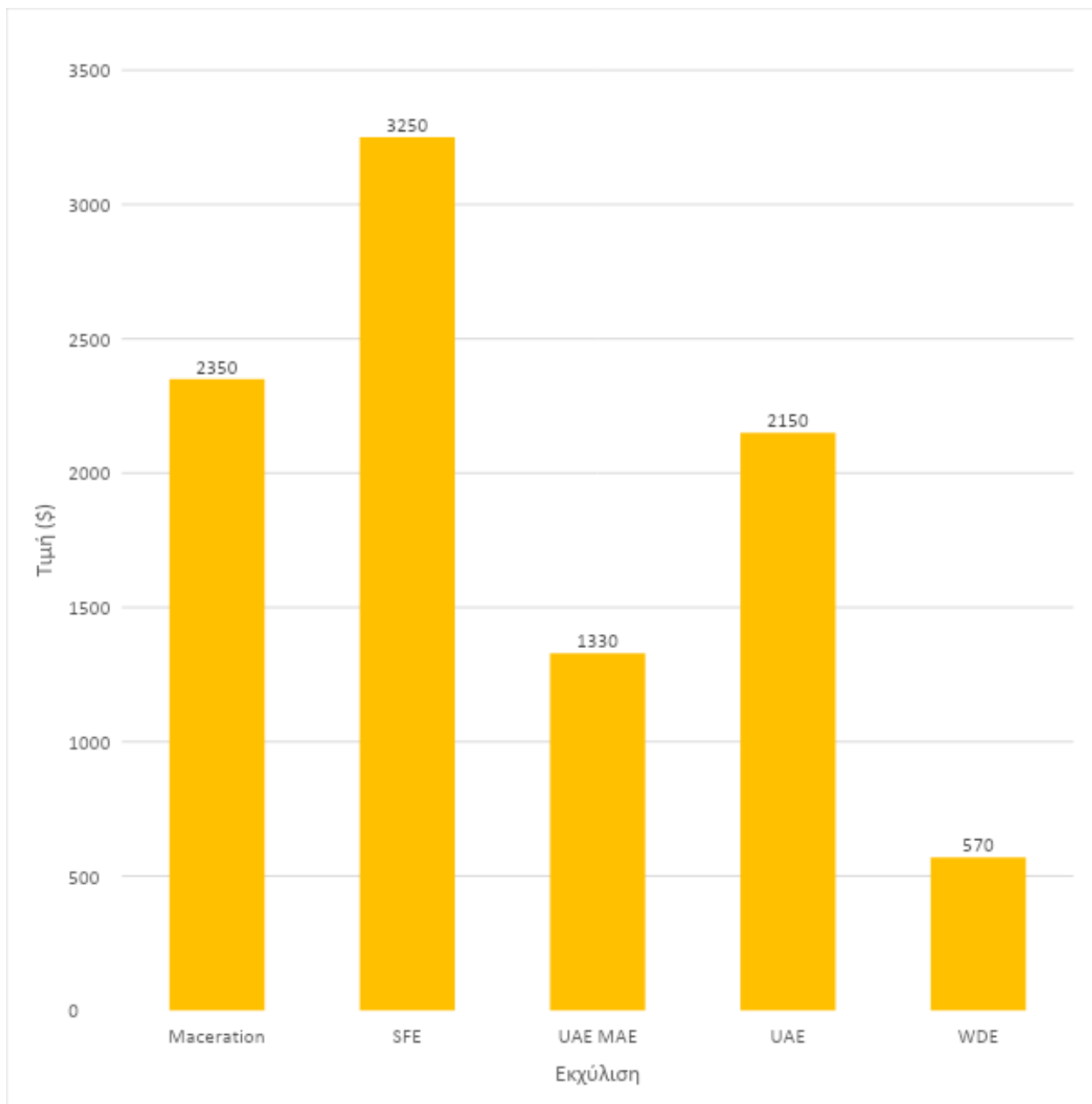




Εικόνα 11: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων βάλαμου σε ευρώ



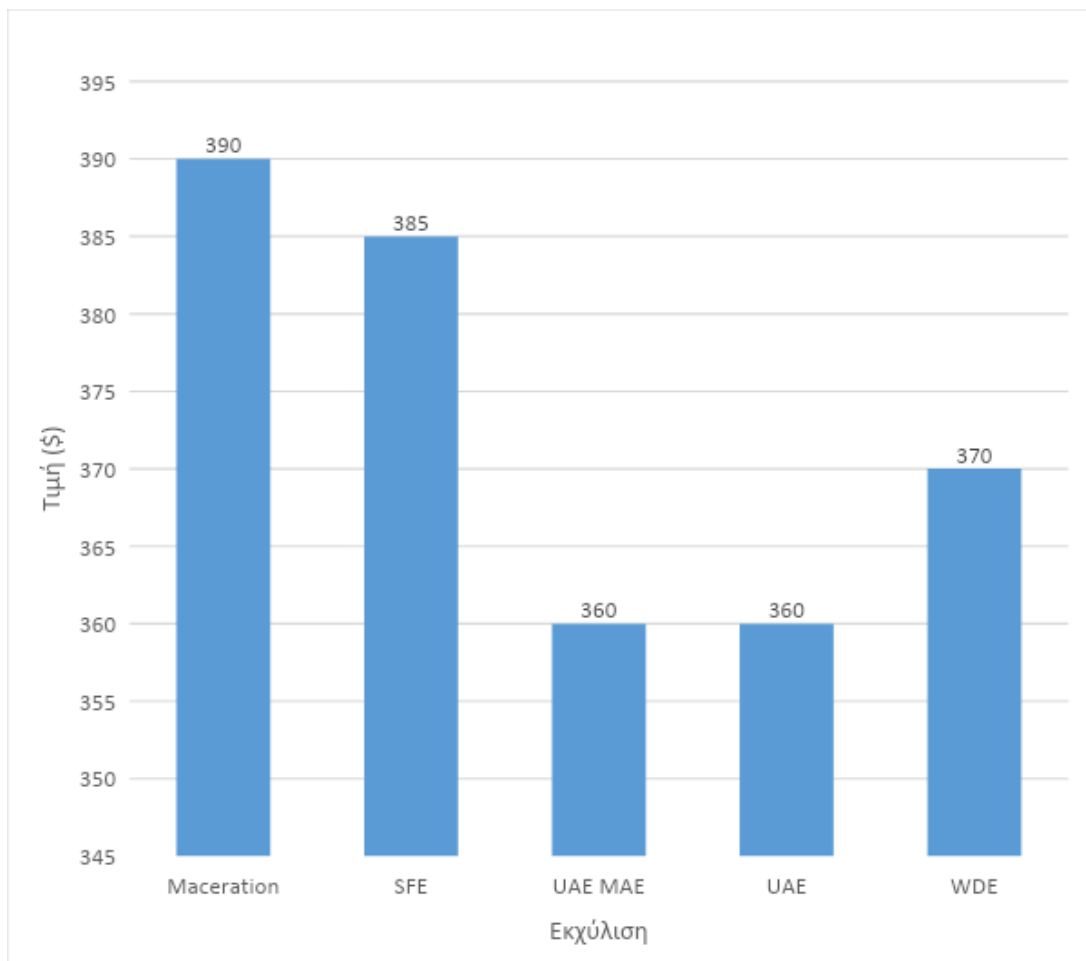
Εικόνα 12: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης σε ευρώ



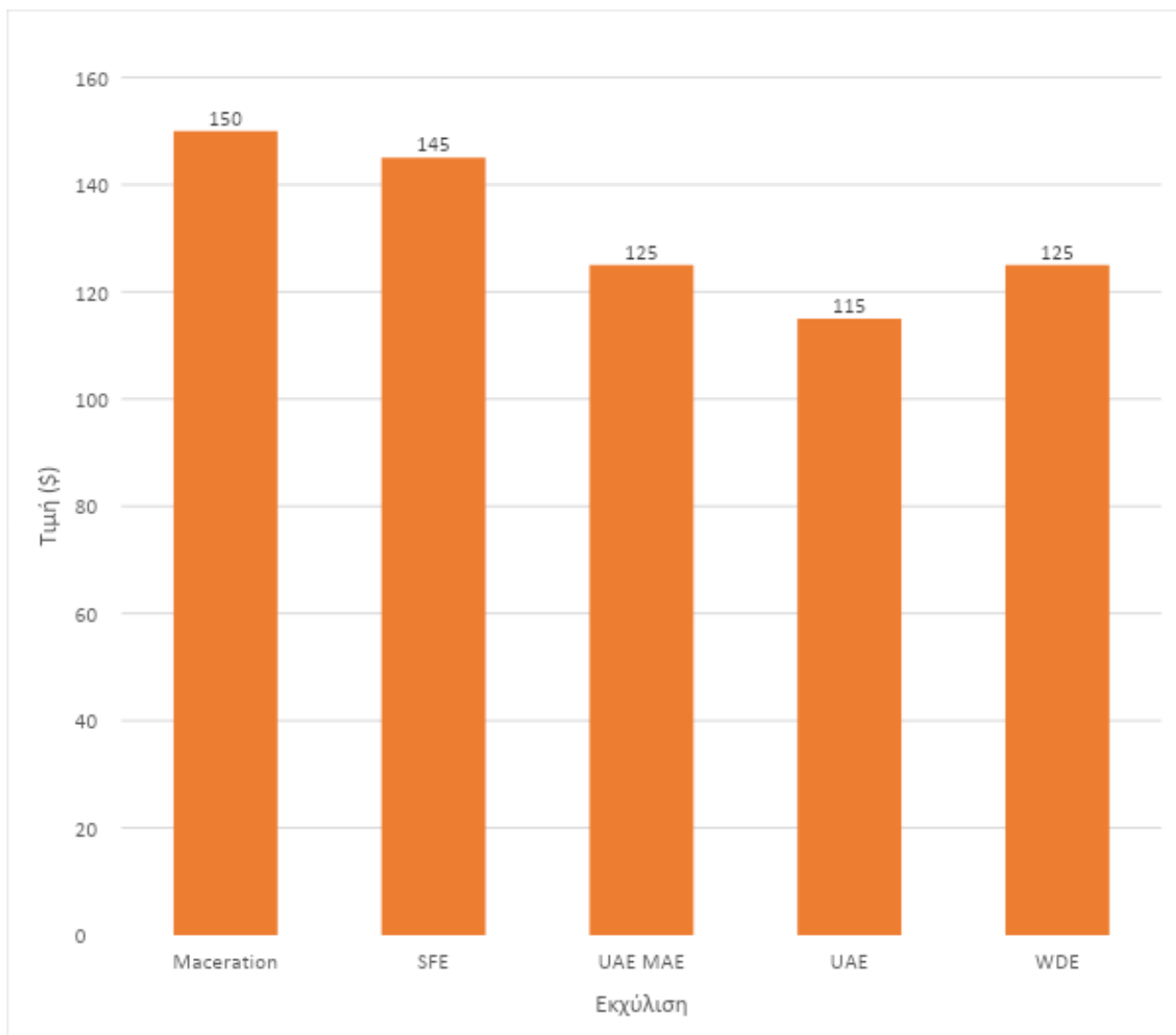
Εικόνα 13: Τιμή ενός κιλού καθαρού εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου σε ευρώ

Σενάρια 81 έως 100

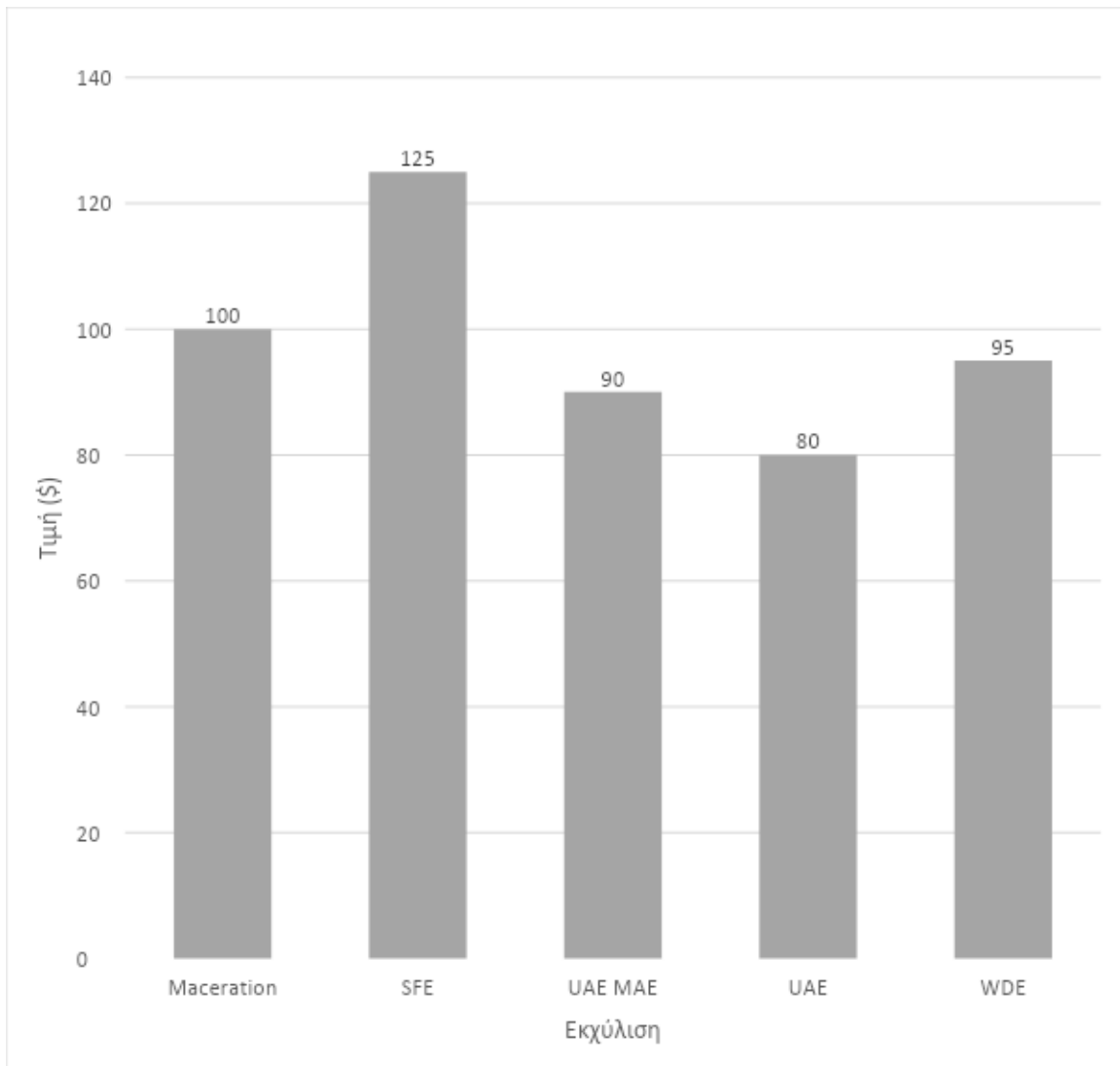
50kg spray drying MONO					
μεθοδος	Maceration	SFE	UAE MAE	UAE	WDE
Chamomile	390	385	360	360	370
Hypericum	150	145	125	115	125
Oregano	100	125	90	80	95
Rosemary	95	130	95	95	105



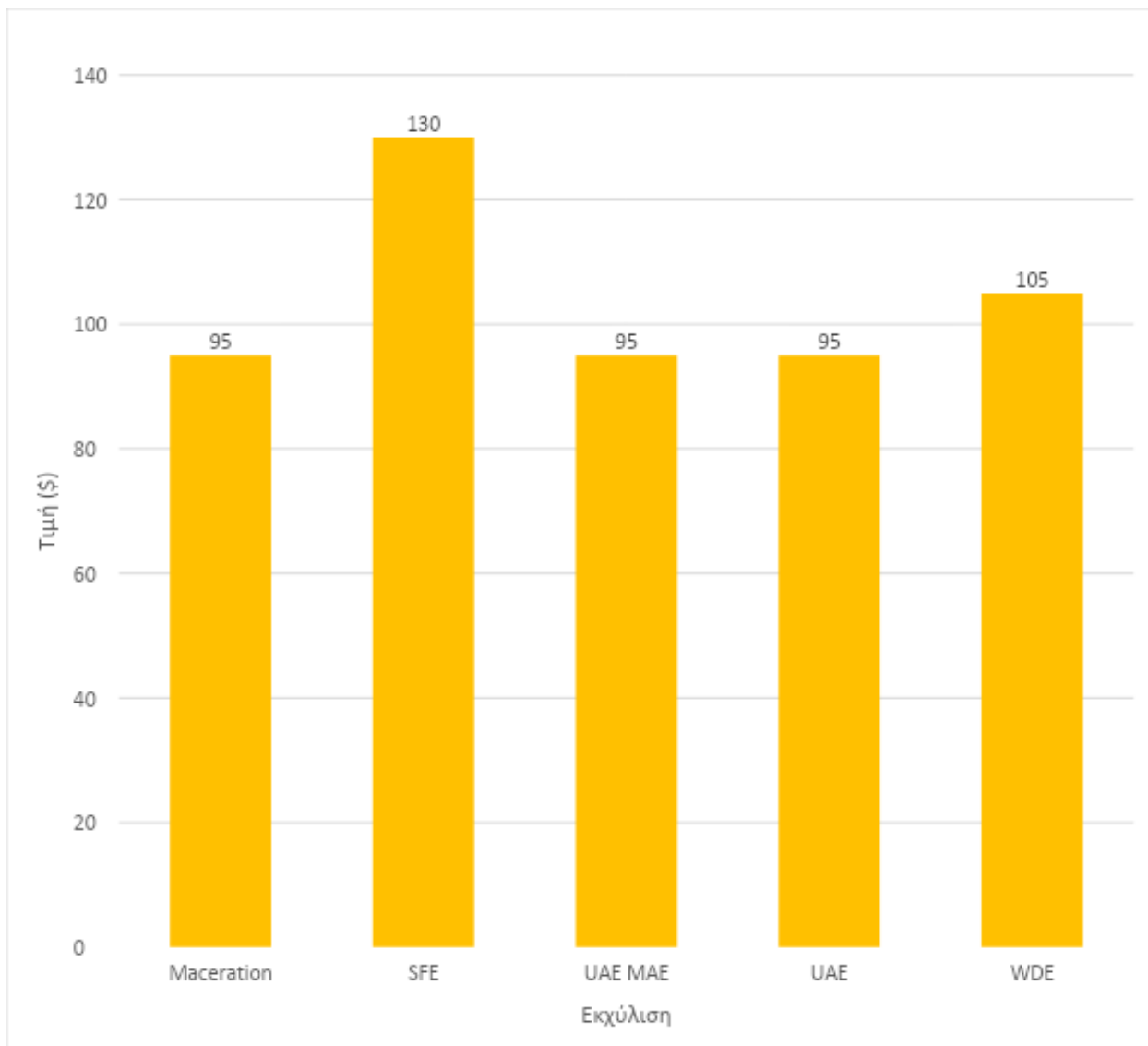
Εικόνα 14: Τιμή ενός κιλού διαλύματος χαμομηλιού για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού



Εικόνα 15: Τιμή ενός κιλού διαλύματος βάλαμου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού



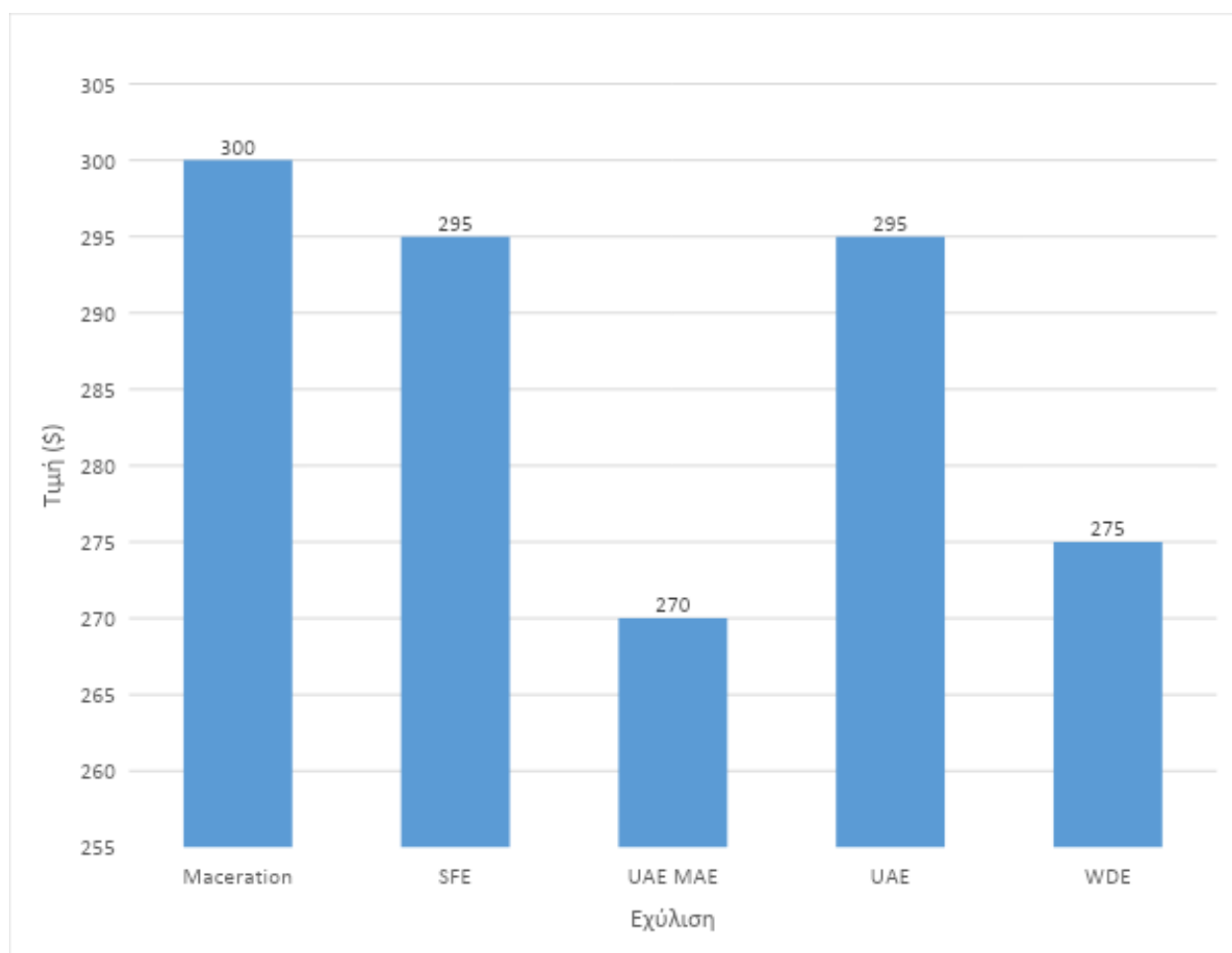
Εικόνα 16: Τιμή ενός κιλού διαλύματος ρίγανης για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκασμού



Εικόνα 17: Τιμή ενός κιλού διαλύματος δενδρολίβανου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ξήρανση ψεκάσμου

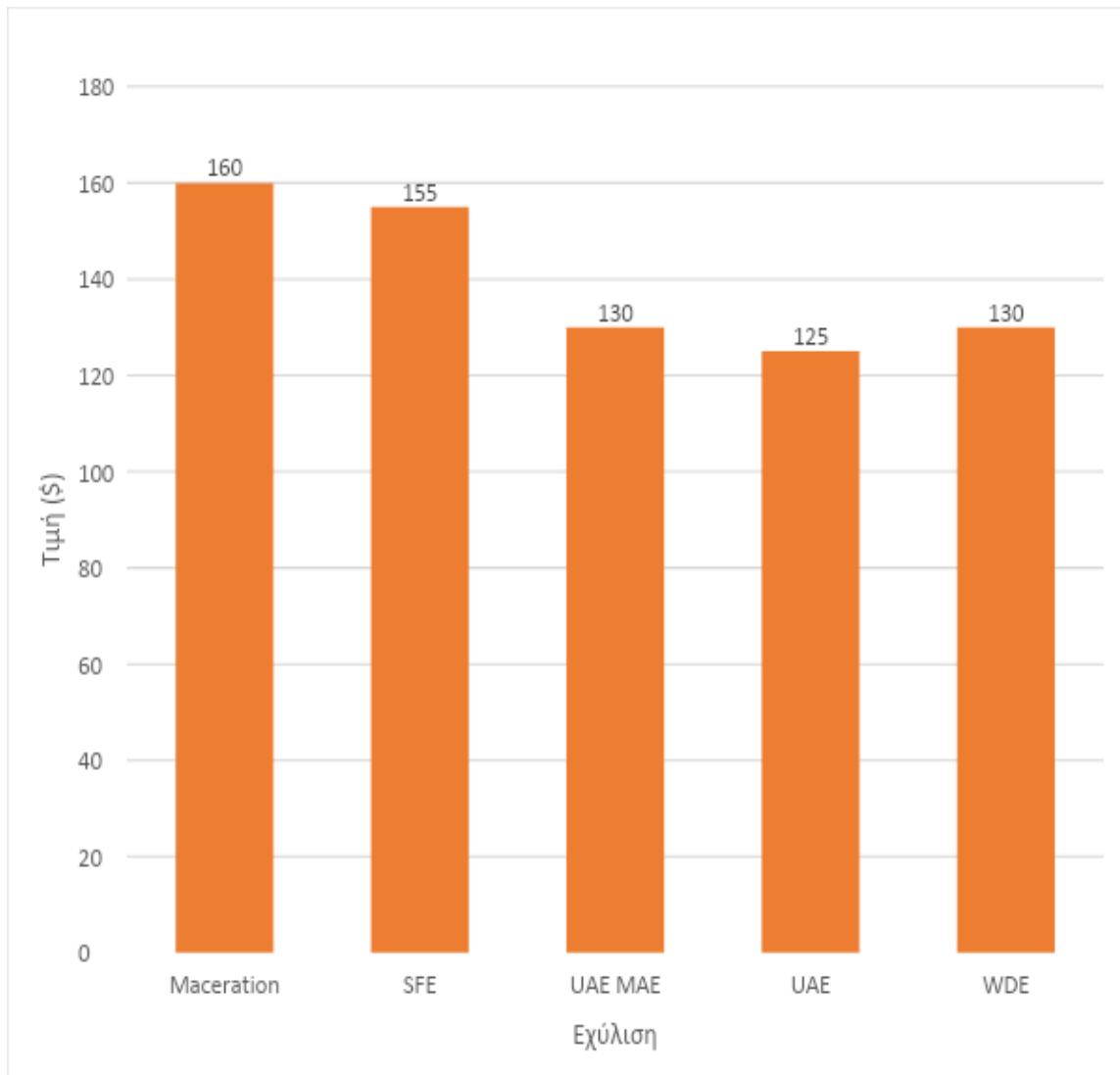
Σενάρια 101 έως 120

50kg electro spin MONO					
μεθοδος	Maceration	SFE	UAE MAE	UAE	WDE
Chamomile	300	295	270	295	275
Hypericum	160	155	130	125	130
Oregano	110	135	110	105	115
Rosemary	105	140	115	115	120

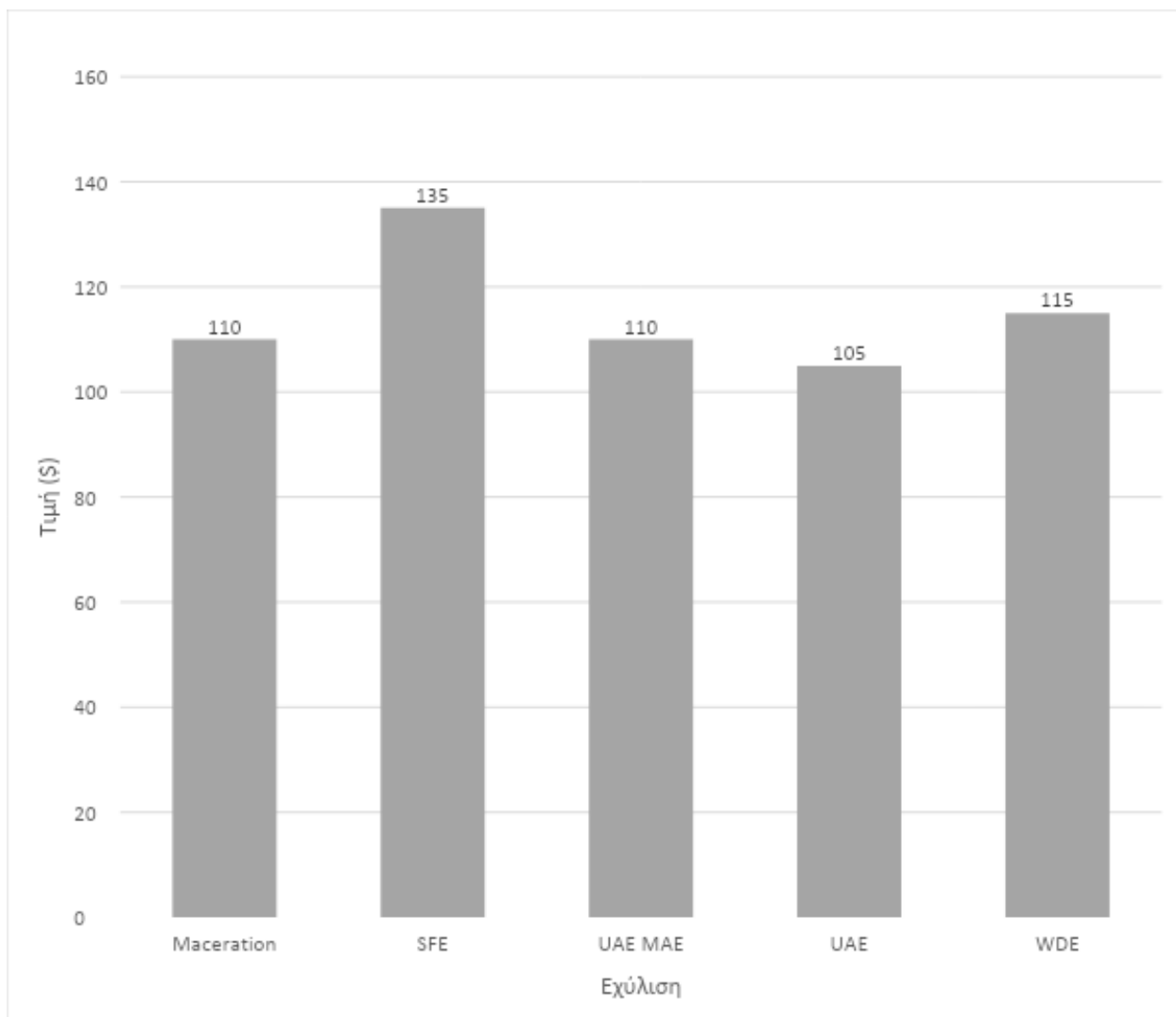


Εικόνα 18: Τιμή ενός κιλού διαλύματος χαμομηλιού για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊονοποίηση

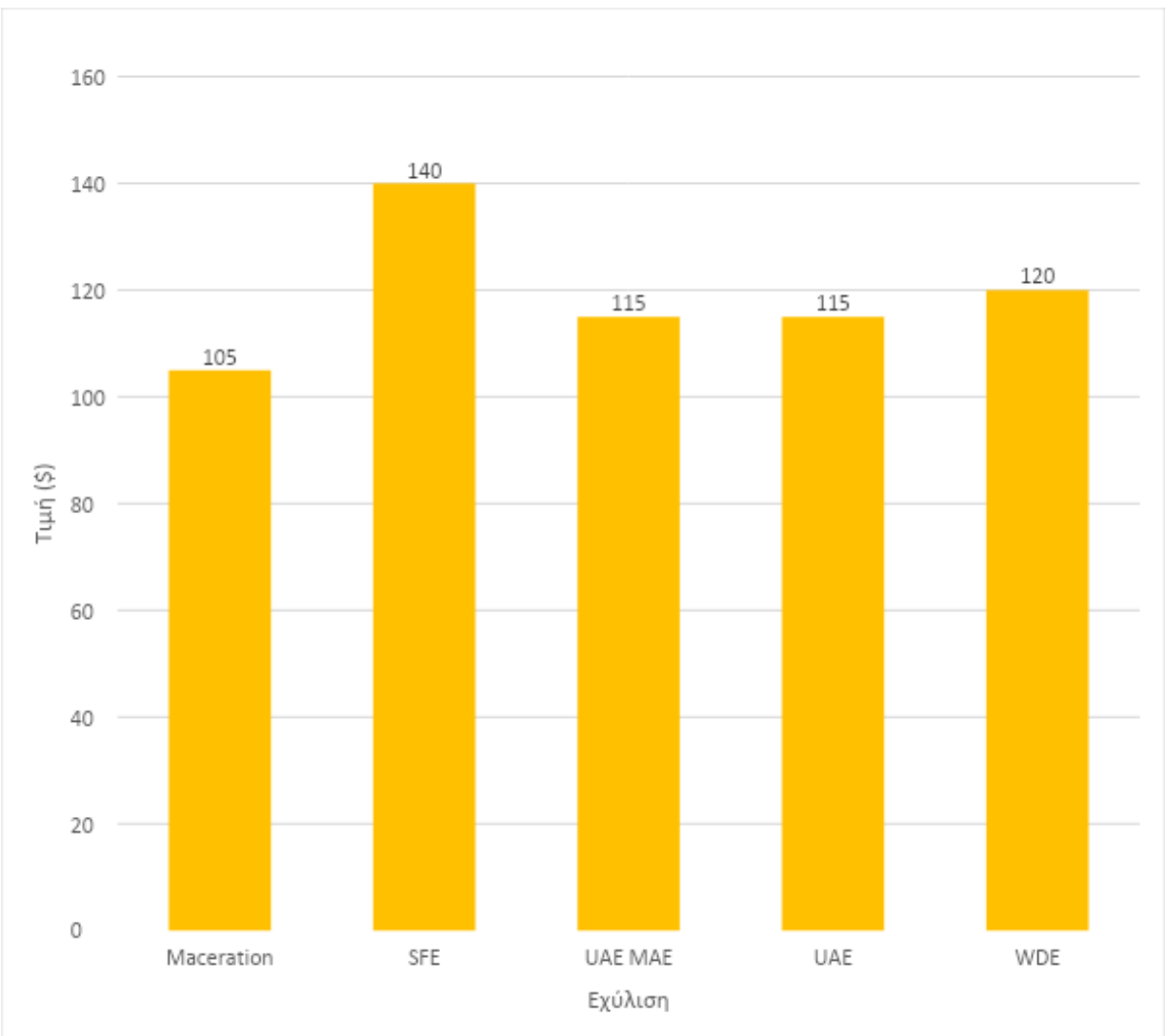




Εικόνα 19: Τιμή ενός κιλού διαλύματος βάσματος για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊονοποίηση



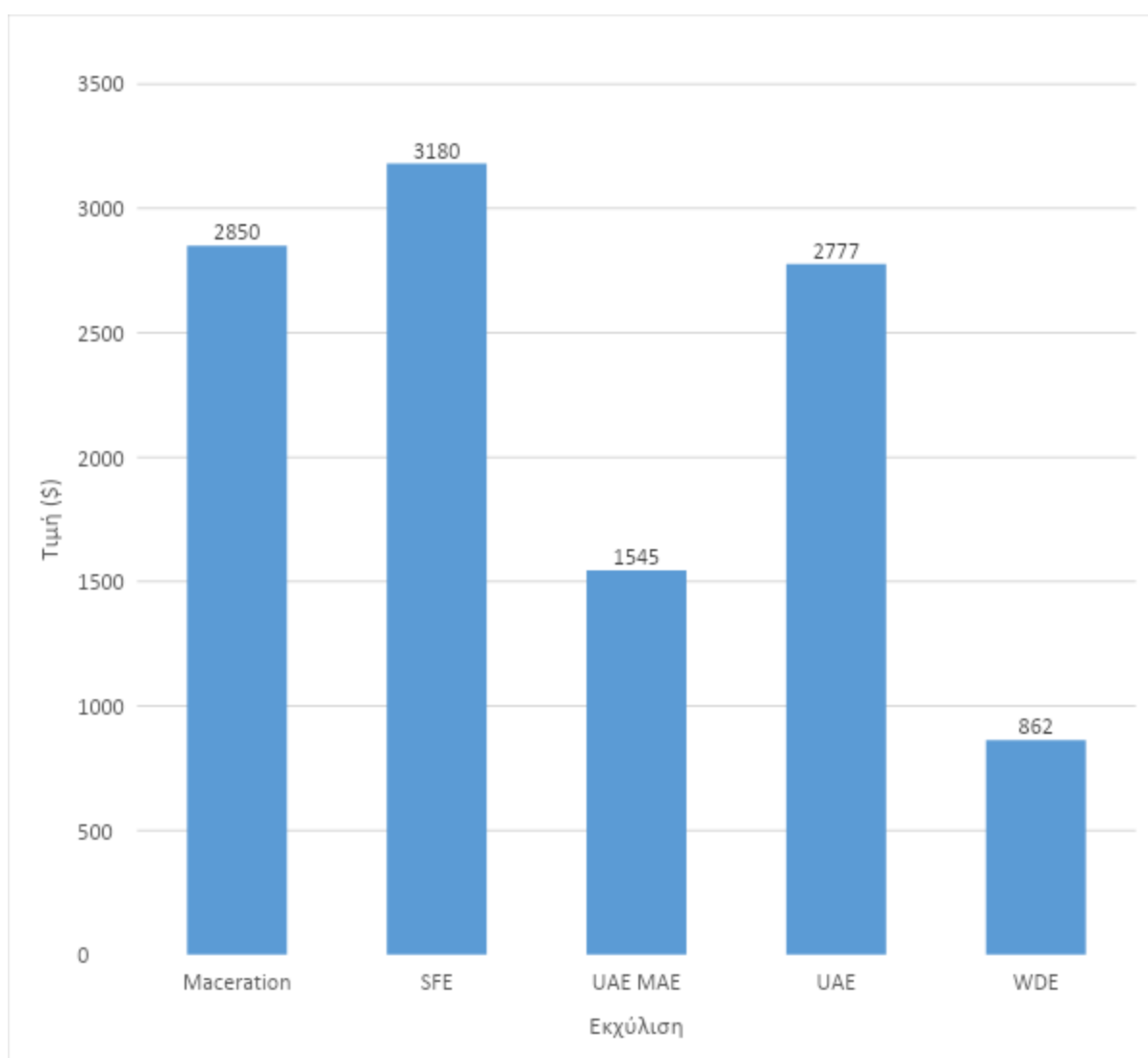
Εικόνα 20: Τιμή ενός κιλού διαλύματος ρίγανης για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊονοποίηση



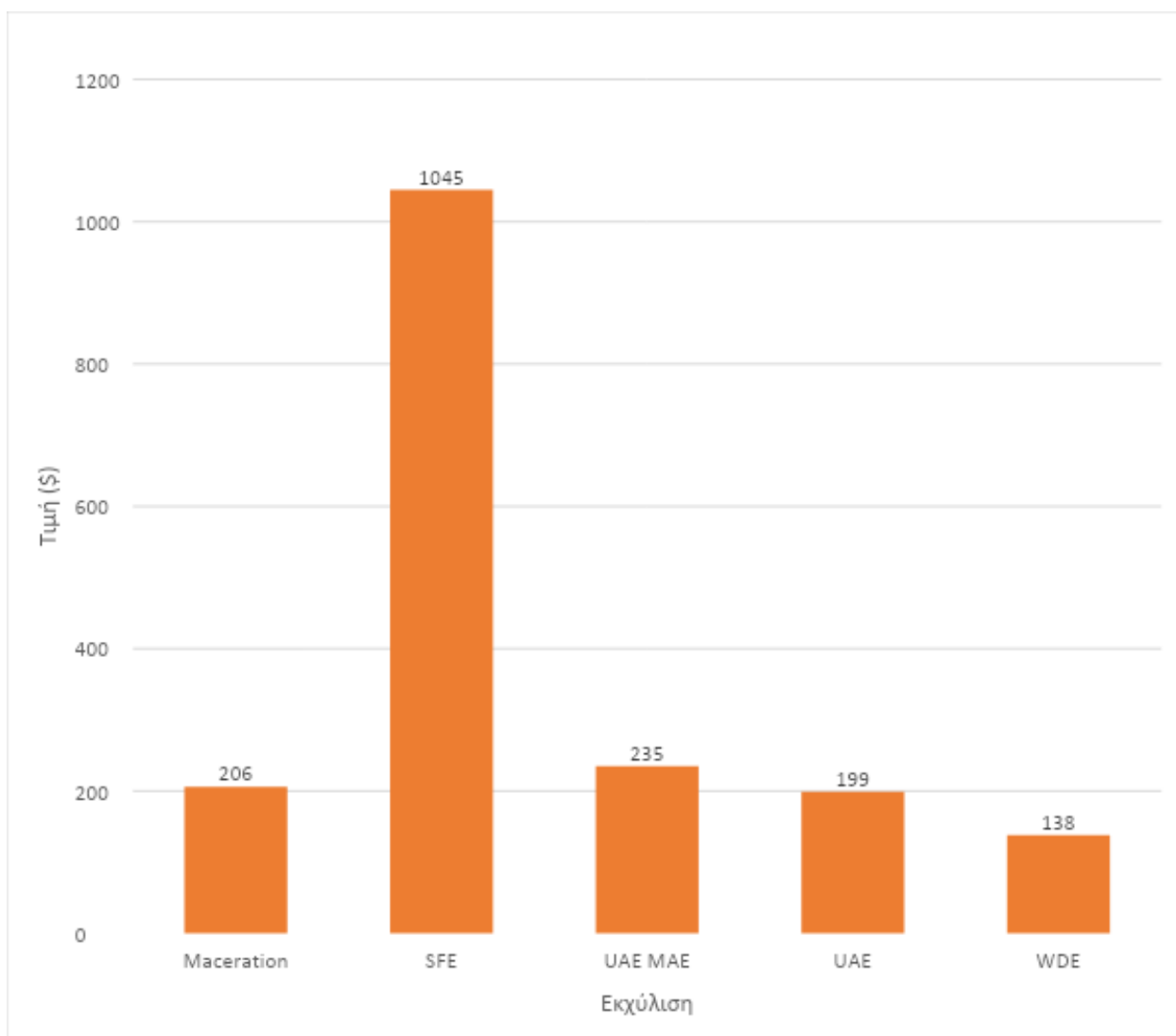
Εικόνα 21: Τιμή ενός κιλού διαλύματος δενδρολίβανου για το στάδιο της ενθυλάκωσης με ηλεκτροϊονοποίηση

Σενάρια 21 έως 40

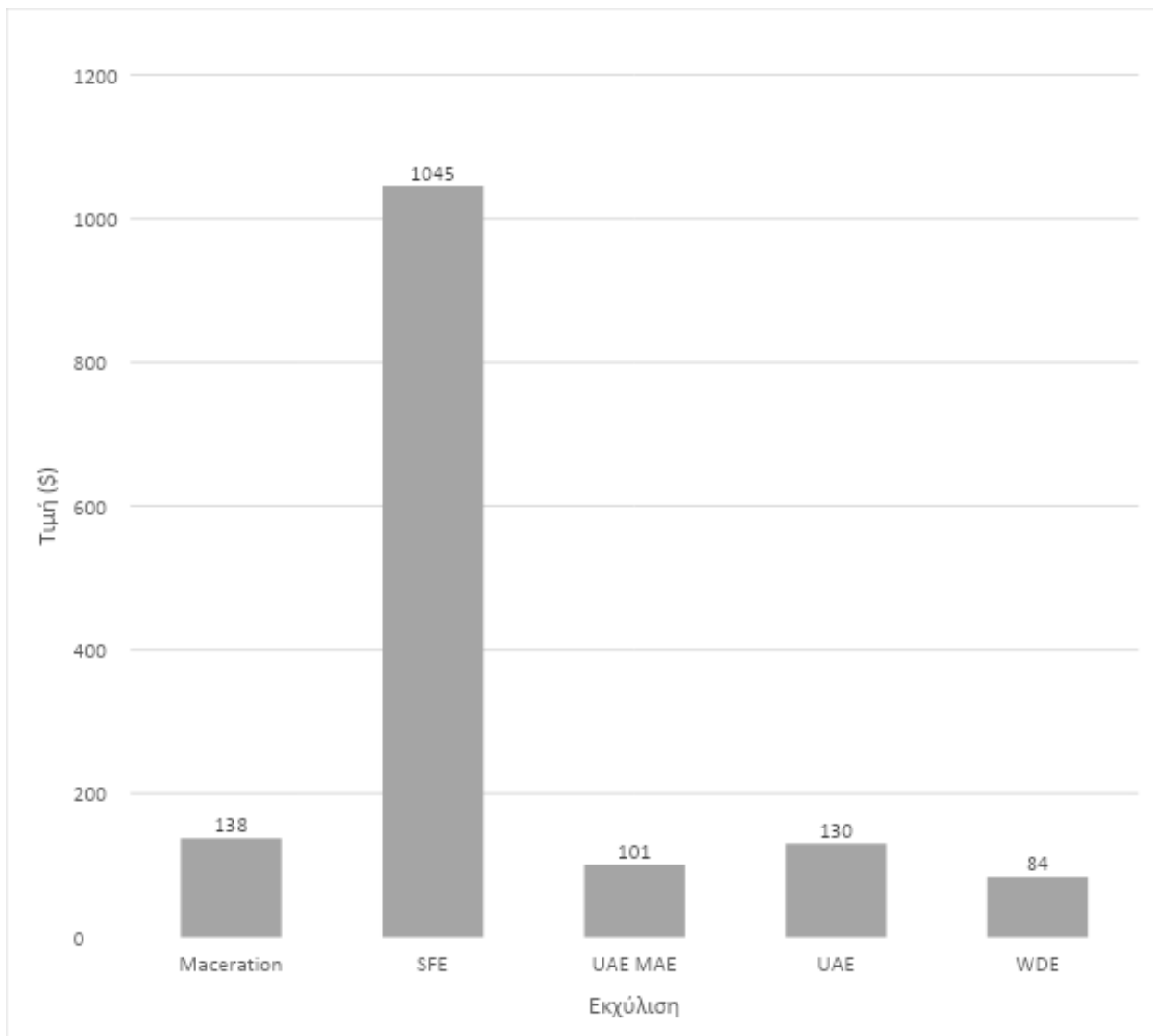
50kg	spray drying				
μεθοδος	Maceration	SFE	UAE MAE	UAE	WDE
Chamomile	2850	3180	1545	2777	862
Hypericum	206	1045	235	199	138
Oregano	138	1045	101	130	84
Rosemary	880	1215	503	813	215



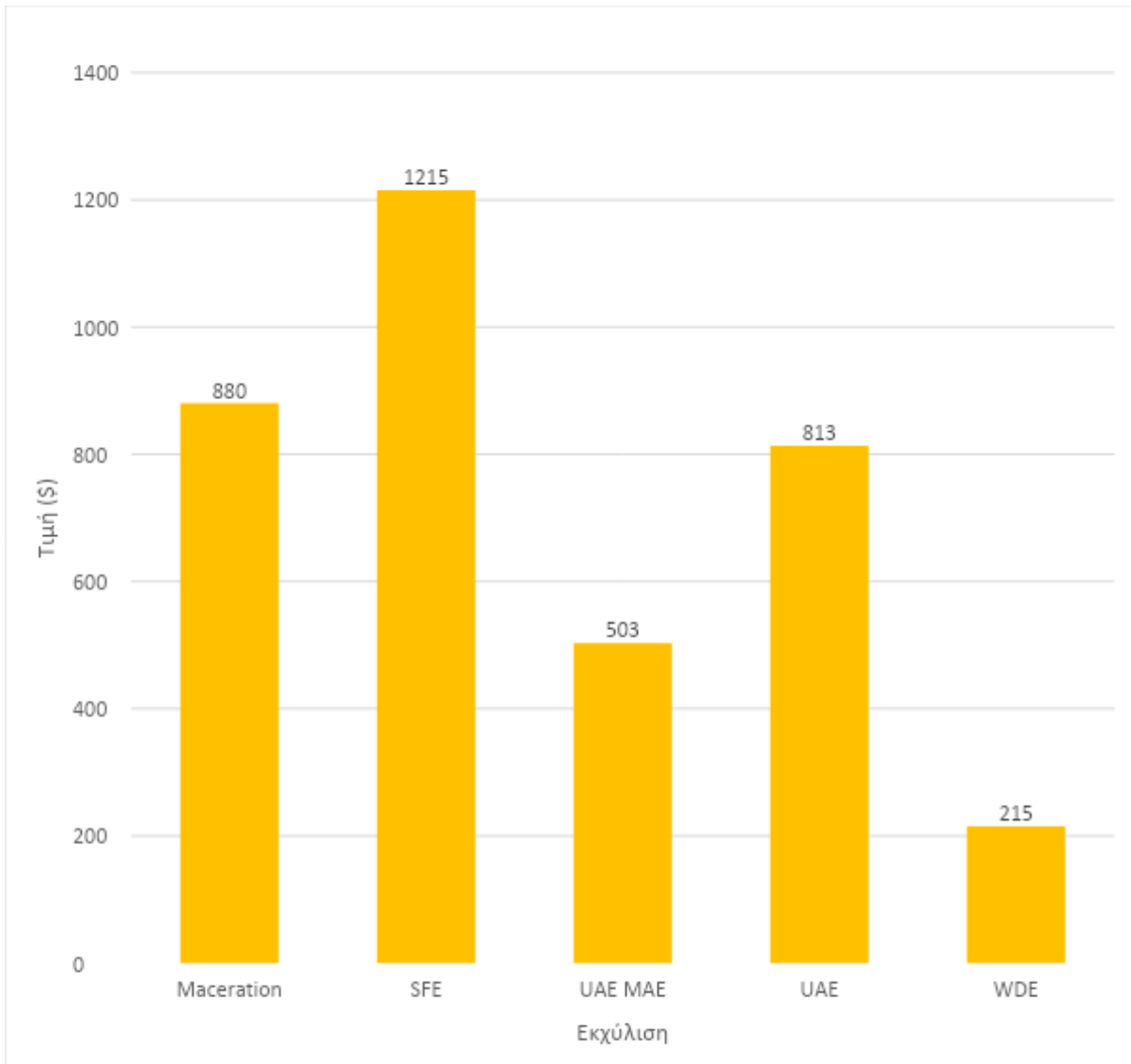
Εικόνα 22: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying)



Εικόνα 23: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων θαλασμού με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying)



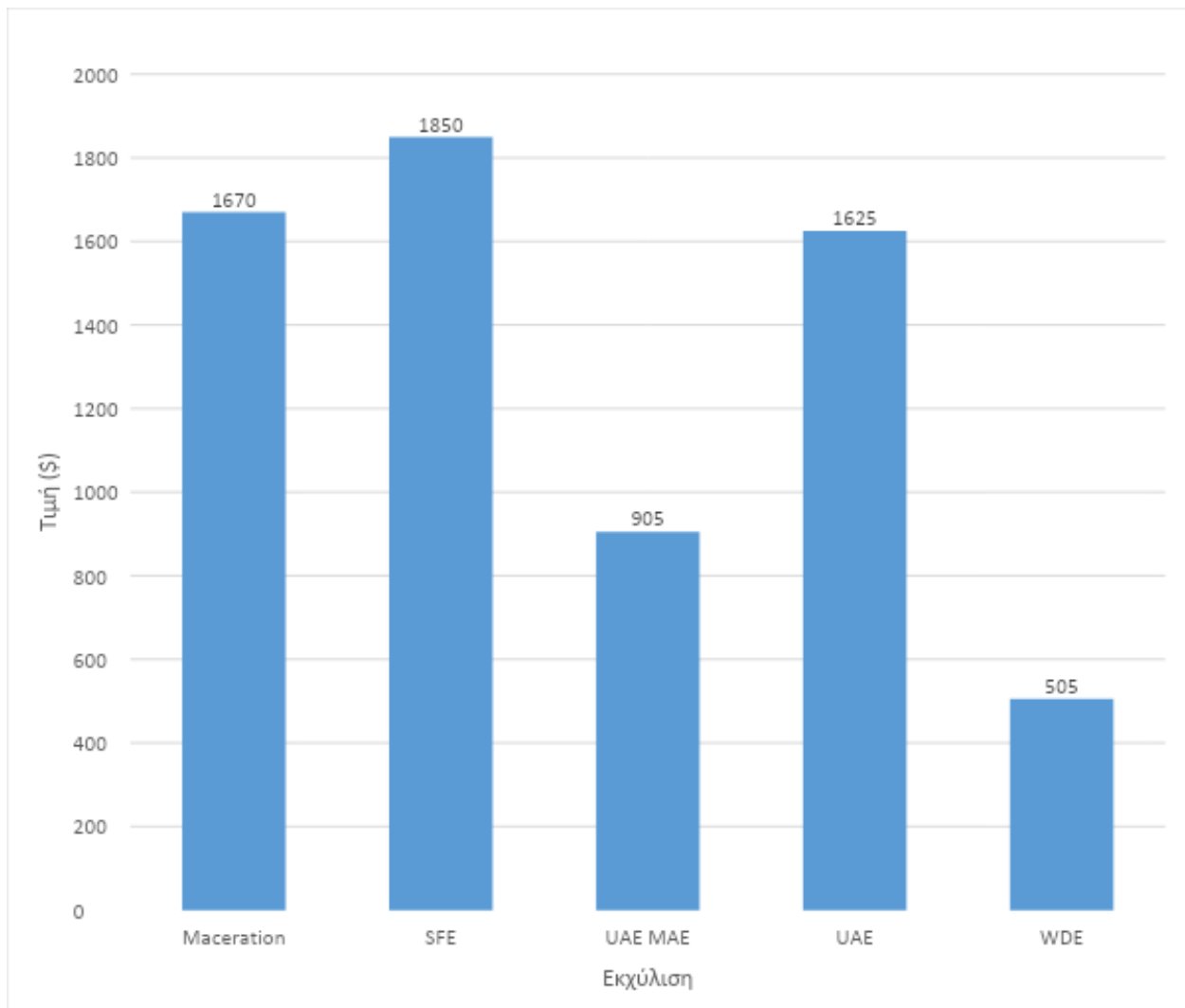
Εικόνα 24: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying)



Εικόνα 25: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου με ενθυλάκωση με ξήρανση ψεκασμού (spray drying)

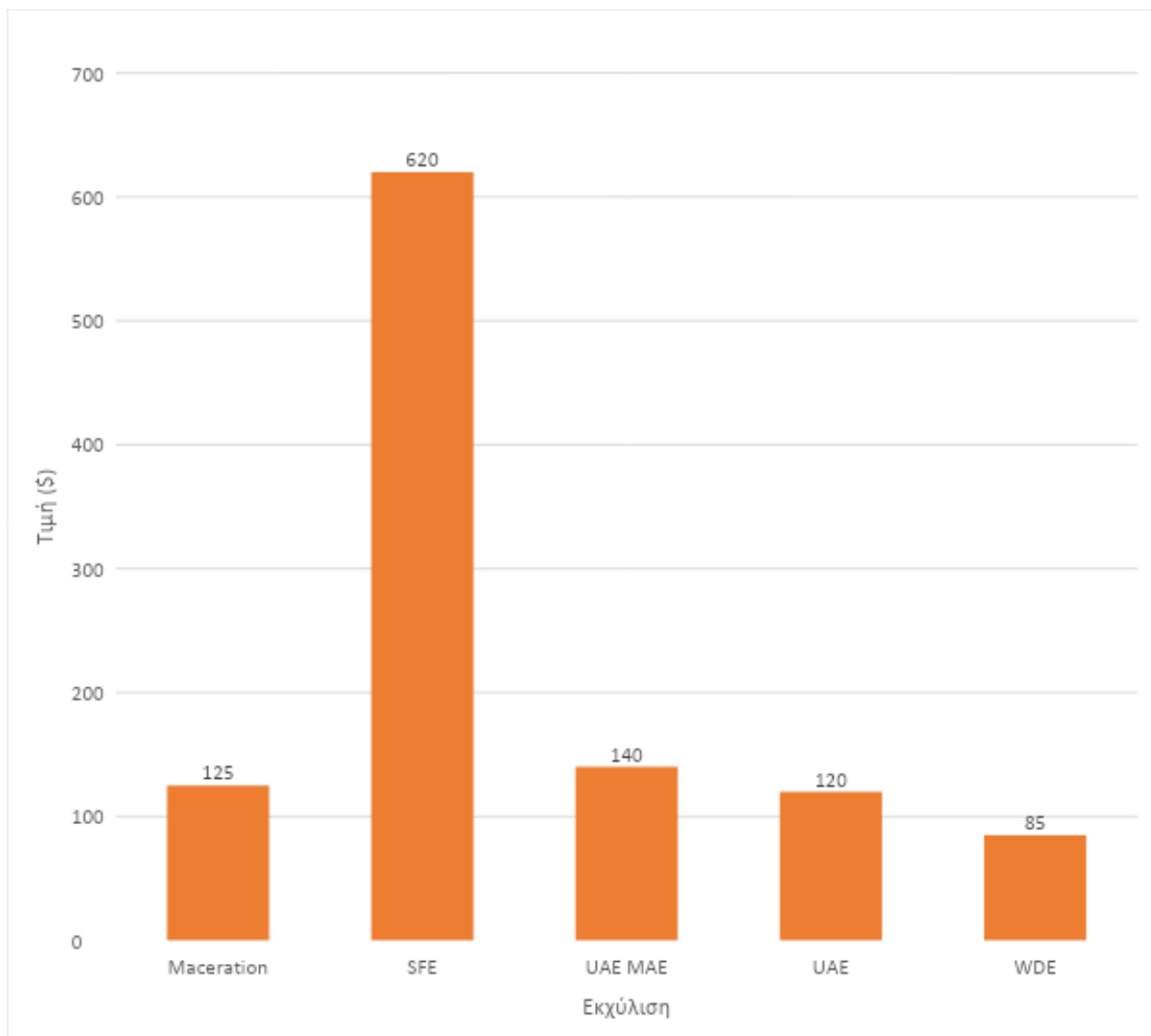
Σενάρια 61 έως 80

50kg electro spin					
μεθοδος	Maceration	SFE	UAE MAE	UAE	WDE
Chamomile	1670	1850	905	1625	505
Hypericum	125	620	140	120	85
Oregano	85	615	60	80	50
Rosemary	515	750	295	480	130

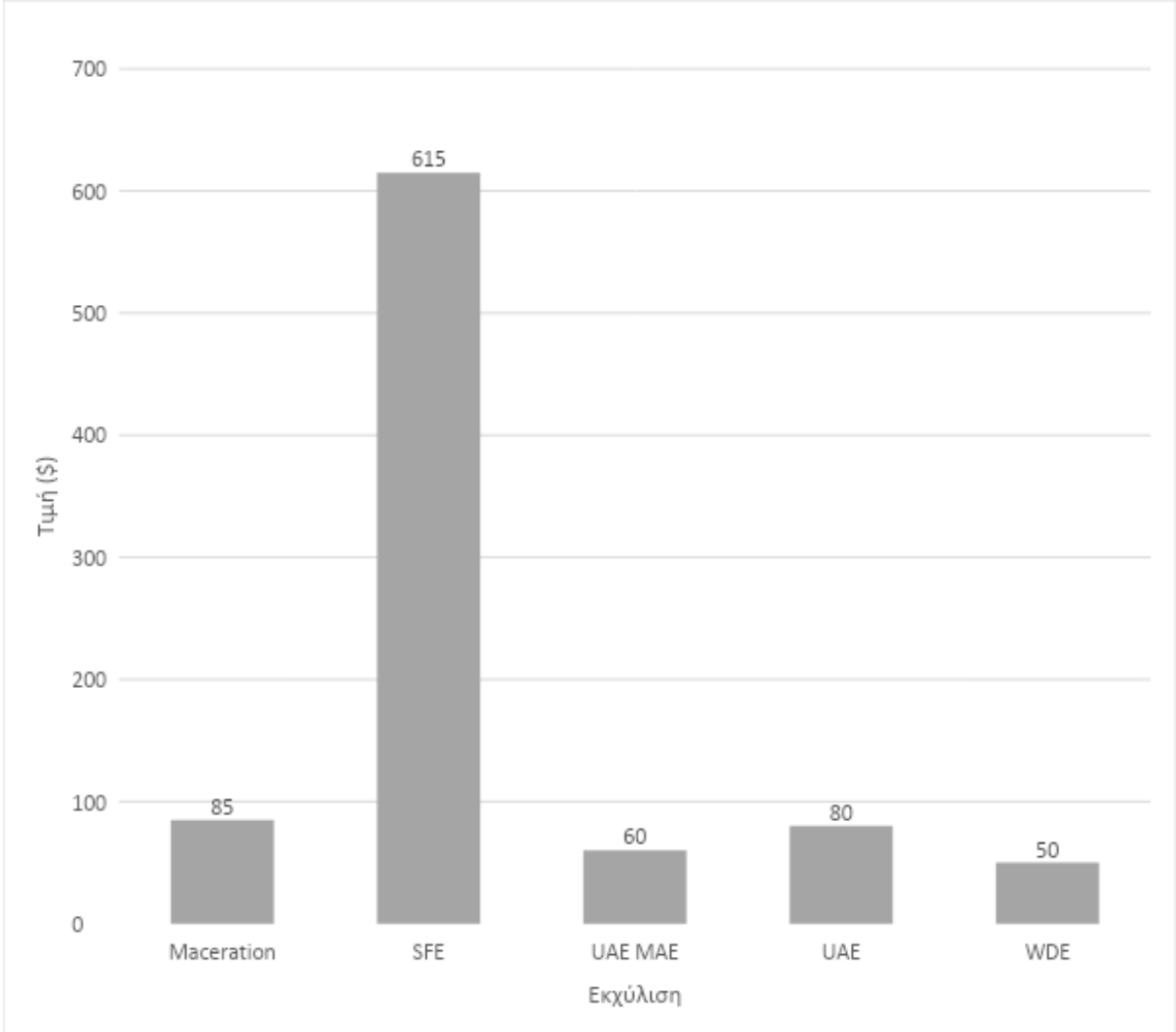


Εικόνα 26: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων χαμομηλιού με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊνιοποίηση (electrospinning)

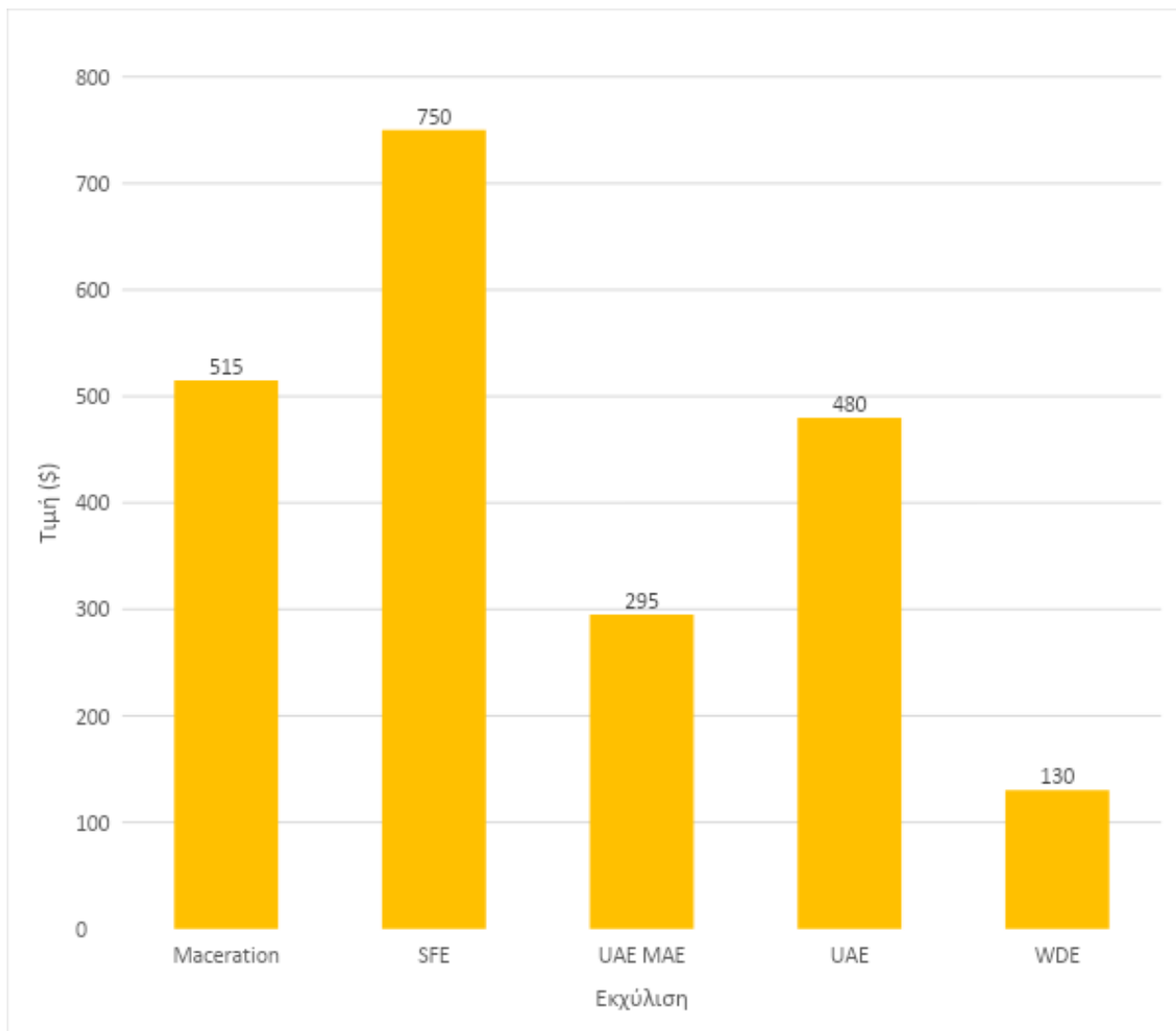




Εικόνα 27: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων βάλσαμου με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊνιοποίηση (electrospinning)



Εικόνα 28: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων ρίγανης με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊνοποίηση (electrospinning)



Εικόνα 29: Τιμή ενός κιλού διαλύματος με εγκλείσματα εκχυλίσματος αιθέριων ελαίων δενδρολίβανου με ενθυλάκωση με με ηλεκτροϊνσοποίηση (electrospinning)

## Βιβλιογραφία

1. *Greece Essential Oils Market Insights*  
<https://www.selinawamucii.com/insights/market/greece/essential-oils/>.
2. **Essential Oils Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Orange, Cornmint, Eucalyptus), By Application (Medical, Food & Beverages, Spa & Relaxation), By Sales Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028** <https://www.grandviewresear>.
3. **Handbook of Herbs and Spices (Second edition) Volume 2 Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2012, Pages 417-436,21-Oregano**  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500217>.
4. Adams, R.P., 1995. *Identification of Essential Oils by Ion Trap Mass Spectrometry*. Academic Press, New.
5. Barnes, J., Anderson, L.A., Phillipson, J.D., 2001. *St. John wort (Hypericum perforatum L.): a review of its*.
6. <https://www.zeliosgi.gr/votano/chamomili/>.
7. **Botanical Profile: Chamomile** [https://www.weleda.com.au/magazine/nature/botanical-profile-chamomile#:~:text=This%20medicinal%20plant%20contains%20various,the%20skin%20and%20mucous%20membranes%20\(3.1\)](https://www.weleda.com.au/magazine/nature/botanical-profile-chamomile#:~:text=This%20medicinal%20plant%20contains%20various,the%20skin%20and%20mucous%20membranes%20(3.1).).
8. **Handbook of Herbs and Spices (Second edition) Volume 2 Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2012, Pages 417-436,21-Oregano**  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780857090409500217> .
9. **Studies in Natural Products Chemistry Volume 59, 2018, Pages 491-507 Chapter 14 - Southern Brazilian Hypericum Species, Promising Sources of Bioactive Metabolites**  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444641793000141> (hypericum).
10. **Essential Oils Market Size, Share & Trends Analysis Report By Product (Orange, Cornmint, Eucalyptus), By Application (Medical, Food & Beverages, Spa & Relaxation), By Sales Channel, By Region, And Segment Forecasts, 2021 - 2028** <https://www.grandviewresear>.
11. **Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety 2016, Pages 677-688 Chapter 77 - Rosemary (Rosmarinus officinalis L.) Oils**  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000778> .
12. —.
13. **Therapeutic effects of rosemary (Rosmarinus officinalis L.) and its active constituents on nervous system disorders, Mahboobeh Ghasemzadeh Rahbardar and Hossein Hosseinzadeh.**  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7491497/#:~:text=Rosemary%20has%20s>.
14. **Advances in Agricultural Machinery and Technologies** .
15. **Handbook of Food Science, Technology, and Engineering. Volume 1-4, part 2** .
16. —.

17. *Size Reduction of Divided Solids 2016, Pages 99-146 4 - Crushers and Grinders Except for Ball Mills and Rod Mills, Jean-Paul Duroudier*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785481857500047>.
18. *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders Technologies and Applications 2009, Pages 47-62 Chapter 2 - Mechanical Crushing and Grinding*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856174220000021> .
19. *Size Reduction of Divided Solids 2016, Pages 99-146 4 - Crushers and Grinders Except for Ball Mills and Rod Mills, Jean-Paul Duroudier*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781785481857500047>.
20. *TrAC Trends in Analytical Chemistry Volume 118, September 2019, Pages 182-193 Supercritical fluid extraction of essential oils*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993619300500>.
21. *Sustainable Seaweed Technologies Cultivation, Biorefinery, and Applications Advances in Green and Sustainable Chemistry 2020, Pages 207-224, Chapter 9 -Emerging extraction techniques: Microwave-assisted extraction, Laura Gomez Brijesh Tiwari Marco Garcia-*.
22. *Solvent Extraction Classical and Novel Approaches 2012, Pages 3-67 Chapter 1 - Modern (Classical) Fundamental Principles of Solvent Extraction*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444537782100019>.
23. *Modern Sample Preparation for Chromatography 2015, Pages 131-189 Chapter 6 - Solvent Extraction* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444543196000062> .
24. *The Application of Green Solvents in Separation Processes 2017, Pages 301-324 Chapter 10 - Ultrasound-Assisted Extraction, Małgorzata Rutkowska Jacek Namieśnik Piotr Konieczka*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128052976000103>.
25. *Sustainable Seaweed Technologies Cultivation, Biorefinery, and Applications Advances in Green and Sustainable Chemistry 2020, Pages 207-224, Chapter 9 -Emerging extraction techniques: Microwave-assisted extraction, Laura Gomez Brijesh Tiwari Marco Garcia-*.
26. *Polyphenols in Plants (Second Edition) Isolation, Purification, and Extract Preparation 2019, Pages 243-259 Chapter 15 - Extraction of Polyphenols From Aromatic and Medicinal Plants: An Overview of the Methods and the Effect of Extraction Parameters* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128052976000103>.
27. *TrAC Trends in Analytical Chemistry Volume 118, September 2019, Pages 182-193 Supercritical fluid extraction of essential oils*  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165993619300500>.
28. *SUPERCritical FLUID EXTRACTION, G. N. SAPKALE\*, S. M. PATIL, U. S. SURWASE, and P. K. BHATBHAGE, Department of Pharmacognosy, ASPM, S K. T. Patil College of Pharmacy, Siddharth Naga Barshi Road, OSMANABAD – 413501 (M.S.) INDIA* <https://medxtractor.com/wp>.
29. *Maciej Jaskulski, Abdolreza Kharaghani, Evangelos Tsotsas, Chapter 3: Encapsulation methods: spray drying, spray chilling and cooling, in Thermal and Nonthermal Encapsulation Methods, editors Krokida M.K., 2017, CRC Press.*

30. *M.A. Busolo, S. Castro, J.M. Lagaron, Chapter 4: Electro-hydrodynamic processes (electrospinning and electrospraying): Non-thermal processes for micro and nano encapsulation, in Thermal and Nonthermal Encapsulation Methods, editors Krokida M.K., 2017, CRC.*
31. *Drying Atlas Drying Kinetics and Quality of Agricultural Products Chapter 1.2 - Drying* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128181621000031> .
32. [https://www.alibaba.com/product-detail/Ball-Mill-China-Farfly-FWE-Dyno\\_1600220306127.html?spm=a2700.drainage\\_lp\\_1.0.0.457e27d4ZlAtX1&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Ball-Mill-China-Farfly-FWE-Dyno_1600220306127.html?spm=a2700.drainage_lp_1.0.0.457e27d4ZlAtX1&s=p).
33. *Handbook of Non-Ferrous Metal Powders Technologies and Applications 2009, Pages 47-62 Chapter 2 - Mechanical Crushing and Grinding* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781856174220000021>.
34. *Modern Sample Preparation for Chromatography 2015, Pages 131-189 Chapter 6 - Solvent Extraction* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444543196000062>.
35. *Techno-economic and environmental assessment of essential oil.*
36. —.
37. —.
38. *Industrial Process Scale-up A Practical Guide from Idea to Commercial Implementation 2013, Pages 59-71 Chapter 7 - Scale-Up of Unit Operations* <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444627261000079> .
39. —.
40. *Peters, M.S., and K.D. Timmerhaus, Pdesign, n, and economics for chemical engineers.* <https://www.hielscher.com/el/most-efficient-botanical-extracts.htm>.
41. <https://www.chemengonline.com/pci-home>.
42. [https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical\\_plant\\_cost\\_indexes](https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_plant_cost_indexes).
43. <https://mywage.gr/career/epaggelmata-kai-misthoi/kheiristes-egkatastaseon-kai-mekhanon-paragoges-khemikon-proionton>.
44. *Encapsulation of Oregano Essential Oil for Innovative Feed.* Konstantina M. Laina\*, Panagiota N. Eleni, Magdalini Krokida. National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Iroon Polytechniou 9, Zografou Campus, 15780, : s.n.
45. *Process Design for the Extraction of Bioactive Compounds.* Konstantina M. Laina\*, Panagiota N. Eleni, Konstantina G. Tsitseli, Magdalini K. National Technical University of Athens, School of Chemical Engineering, Iroon Polytechniou 9, Zografou Campus, 15780, : s.n.
46. <https://smallbusiness.chron.com/can-production-plant-increase-sales-reduce-costs-39634.html>.
47. *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects. 2nd edition., Benzie IFF, Wachtel-Galor S, editors. Boca Raton (FL): CRC Press/Taylor & Francis; 2011,* <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK92750/>.

**48. Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders, Mahboobeh Ghasemzadeh Rahbardar and Hossein Hosseinzadeh.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7491497/#:~:text=Rosemary%20has%20s>.**

**49. MohammadYousefiaMehdiRahimi-NasrabadibcSeied MahdiPourmortazavid Marcin Wysokowskie Teofil Jesionowskie Hermann Ehrlichf Somayeh Mirsadeghig Modeling Food Processing Operations Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2015, Pag.**

**50. Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety 2016, Pages 677-688 Chapter 77 - Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Oils  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124166417000778> .**