



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Τρόποι αξιοποίησης αποβλήτων οινοποίησης – Νομοθεσία και πρόσφατες  
ερευνητικές μελέτες»**

**ΜΟΥΤΖΟΥΡΗ ΕΜΜΑΝΟΥΕΛΛΑ-  
ΧΡΙΣΤΙΝΑ**

**ΑΜ: 15215**

**Επιβλέπουσα: Ευαγγέλου Αλεξάνδρα**

**ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ –2024**



**UNIVERSITY OF WEST ATTICA  
SCHOOL OF FOOD SCIENCE  
DEPARTMENT OF WINE, VINE AND BEVERAGE SCIENCES**

**BACHELOR THESIS**

**«Ways of winemaking waste utilization - Legislation and recent  
research studies»**

**Emmanouella Moutzouri**

**Registration Number: 15215**

**Supervisor: Evangelou Alexandra**

**ATHENS, JULY – 2024**



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΟΙΝΟΥ, ΑΜΠΕΛΟΥ ΚΑΙ ΠΟΤΩΝ**

**ΔΗΛΩΣΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ**

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη διπλωματική εργασία με τίτλο:

**«Τρόποι αξιοποίησης αποβλήτων οινοποίησης –  
Νομοθεσία και πρόσφατες ερευνητικές μελέτες»**

και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

<b>Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα Καθηγητή  ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ</b>	
<b>Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (2<sup>ο</sup> Μέλους Επιτροπής)  ΧΑΤΖΗΛΑΖΑΡΟΥ ΑΡΧΟΝΤΟΥΛΑ</b>	
<b>Ψηφιακή Υπογραφή Καθηγητή (3<sup>ο</sup> Μέλους Επιτροπής)  ΜΠΕΡΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ</b>	

## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογράφουσα Μουτζούρη Εμμανουέλα Χριστίνα του Ευαγγέλου, με αριθμό μητρώου 15215 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστημών Οίνου, Αμπέλου και Ποτών, δηλώνω υπεύθυνα ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της πτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα



Μουτζούρη Εμμανουέλα – Χριστίνα

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο αμπελοοινικός τομέας τα τελευταία χρόνια έρχεται αντιμέτωπος με ανησυχίες και προβληματισμούς που αφορούν την επίδραση των διεργασιών στο περιβάλλον μέσω της παραγωγής, επεξεργασίας και διάθεσης αποβλήτων και υποπροϊόντων. Ταυτοχρόνως, οι καταναλωτές προβληματίζονται σχετικά με την επίδραση των προϊόντων που καταναλώνουν στο περιβάλλον στα πλαίσια της γενικευμένης ευαισθητοποίησης καθώς και των πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος. Τα παραγόμενα απόβλητα κατά την διαδικασία οινοποίησης παράγονται σε όλα της τα στάδια. Κατά την παραλαβή των σταφυλιών κι επεξεργασία τους παράγονται φύλλα-μίσχοι, στην συνέχεια στην διεργασία πίεσης των σταφυλιών παράγονται τα στέμφυλα, κατά την διεργασία της ζύμωσης παράγονται οι οινολάσπες και μετέπειτα τα υγρά απόβλητα από τον καθαρισμό του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Ο τομέας της οινοπαραγωγής διακρίνεται από εξέλιξη και άνθιση τα τελευταία χρόνια. Ο αριθμός των οινοποιείων παρουσιάζει αύξηση, ενώ ταυτόχρονα η ποικιλία των οίνων αυξάνεται επίσης όπως και η ποσότητά τους. Αυτή η ανάπτυξη όμως συνοδεύεται και από αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων και υποπροϊόντων τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις μπορούν να δημιουργήσουν προβλήματα στο περιβάλλον μέσω της επεξεργασίας και διάθεσής τους. Εντοπίζεται μία πληθώρα από διεργασίες επεξεργασίας των αποβλήτων για να καταστούν λιγότερο επιβλαβή στο περιβάλλον και να ληφθούν προϊόντα υψηλής αξίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στην οινική βιομηχανία όσο και σε άλλες βιομηχανίες. Η διεργασία της κομποστοποίησης, αναερόβιας χώνευσης και πυρόλυσης χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό καθώς οδηγούν στην παραλαβή κομπόστ και βιοεξανθρακώματος, προϊόντα τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν στους αμπελώνες σαν εδαφοβελτιωτικά. Άλλα χρήσιμα προϊόντα που μπορούν να ληφθούν είναι τα οργανικά οξέα (τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν μέσα οξίνισης στην βιομηχανία τροφίμων), τα φαινολικά συστατικά που λόγω των αντιοξειδωτικών τους ενώσεων (και οι ανθοκυάνες σαν χρωστικές) μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία τροφίμων και τέλος οι μαννοπρωτεΐνες και β-γλυκάνες που αποτελούν ενώσεις οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν πρόσθετα βελτίωσης της υφής και θρεπτικής αξίας των τροφίμων. Με αυτό τον τρόπο, τα απόβλητα της διεργασίας οινοποίησης μπορούν να επεξεργαστούν μειώνοντας τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και οδηγώντας στην παραλαβή διαφόρων χρήσιμων προϊόντων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στον αγροδιατροφικό τομέα.

Λέξεις κλειδιά: οινοπαραγωγή, οίνος, επεξεργασία, απόβλητα, νομοθεσία, αξιοποίηση, κυκλική οικονομία

## ABSTRACT

In recent years, the wine sector has been confronted with concerns and issues regarding the impact of processes on the environment through the production, processing and disposal of waste and by-products. At the same time, consumers are concerned about the impact of the products they consume on the environment in the context of general awareness and environmental protection policies.

The waste produced during the winemaking process is produced in all its stages. During the receipt of the grapes and their processing, leaves-stems are produced, then in the process of pressing the grapes, the pips are produced, during the fermentation process, the wine lees are produced and later the liquid waste from the cleaning of the equipment used.

The sector of wine production is characterized by development and flowering in recent years. The number of wineries is increasing, while at the same time the variety of wines is also increasing as well as their quantity. This development, however, is also accompanied by an increase in the amount of waste and by-products produced, which in several cases can create problems for the environment through their processing and disposal.

A multitude of waste treatment processes are identified to make them less harmful to the environment and to obtain high value products that can be used both in the wine industry and in other industries. The process of composting, anaerobic digestion and pyrolysis are used to a greater extent as they lead to the receipt of compost and biochar, products that can be applied to the vineyards as soil conditioners. Other useful products that can be obtained are organic acids (which can be used as acidifying agents in the food industry), phenolic components that due to their antioxidant compounds (and anthocyanins as pigments) can be used in the food industry and finally the mannoproteins and  $\beta$ -glucans which are compounds which can be additives to improve the texture and nutritional value of food.

In this way, the waste of the winemaking process can be treated reducing the environmental impact but also leading to the receipt of various useful products that can be used in the agro-food sector.

Keywords: wine production, wine, processing, waste, legislation, utilization, circular economy

## Ευχαριστίες

Για την εκπόνηση της παρούσας έρευνα θα ήθελα να ευχαριστήσω αρχικά την κ. Ευαγγέλου για την καθοδήγηση και τις χρήσιμες πληροφορίες κατά την εκπόνηση της παρούσας έρευνας καθώς και για την βοήθεια σε όλα τα επίπεδα. Μεταξύ άλλων θα ήθελα να ευχαριστήσω την τον κ. Μπερή και την κ. Χατζηλαζάρου, ως μέλη της Τριμελούς επιτροπής, όπως και το Ίδρυμα και την Γραμματεία του Τμήματος για την βοήθεια και τις κατευθύνσεις που μου έδωσαν. Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την στήριξή τους καθώς και για την υπομονή που έδειξαν. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου για την κατανόηση.

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	i
ABSTRACT.....	ii
<b>Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας.....</b>	<b>9</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 Ο τομέας της οινοποίησης στην Ελλάδα και τα παραγόμενα προϊόντα .</b>	<b>11</b>
1.1 Ιστορικά στοιχεία.....	11
1.2 Σημασία και υφιστάμενη κατάσταση .....	13
1.3 Παραγωγική διαδικασία οίνων .....	15
1.4 Παραγωγή αποβλήτων στον τομέα της οινοποιίας.....	17
1.5 Περιβαλλοντικά ζητήματα που δημιουργεί η διάθεσή τους.....	18
1.6 Νομικό πλαίσιο επεξεργασίας αποβλήτων οινοποιείων .....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Νομικό πλαίσιο επεξεργασίας αποβλήτων οινοποιείων.....</b>	<b>23</b>
2.1 Ανάγκη για επεξεργασία αποβλήτων.....	23
2.2 Παγκόσμια νομοθεσία .....	25
2.3 Ευρωπαϊκή νομοθεσία .....	26
2.4 Εθνική νομοθεσία Ελλάδας .....	28
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Απόβλητα διαδικασίας οινοποίησης .....</b>	<b>31</b>
3.1 Γενικές πληροφορίες.....	31
3.2 Υπολείμματα κλαδέματος - στελέχη – φύλλα – μίσχοι.....	33
3.3 Στέμφυλά – υπολείμματα πιέσεων.....	36
3.4 Οινολάσπες .....	38
3.5 Υγρά απόβλητα.....	42
3.6 Βινάσσα .....	44
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Μέθοδοι επεξεργασίας κι αξιοποίησης αποβλήτων οινοποίησης .....</b>	<b>45</b>
4.1 Πυρόλυση – αποτέφρωση.....	45
4.2 Αεριοποίηση .....	47
4.3 Αναερόβια επεξεργασία.....	50



4.4 Κομποστοποίηση .....	55
4.5 Εκχύλιση με καινοτόμες μεθόδους (εκχύλιση υπερκρίσιμου υγρού, με υπερήχους, με υπό πίεση υγρό) .....	57
4.6 Εφαρμογή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Pulsed Electric Field, PEF) .....	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ανάκτηση και αξιοποίηση χρήσιμων υποπροϊόντων .....	67
5.1 Τα απόβλητα οινοποίησης σαν πηγή ωφέλιμων υποπροϊόντων και βιοδραστικών ενώσεων .....	67
5.2 Φαινολικές ενώσεις.....	67
5.3 Οργανικά οξέα .....	74
5.4 Εδαφοβελτιωτικά (κομπόστ – βιοεξανθράκωμα) .....	76
5.5 Μαννοπρωτεΐνες και β-γλυκάνες.....	79
5.6 Προοπτικές, περιορισμοί και δυνατότητες βελτίωσης .....	82
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	85
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	87

## Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1 Η σύνθεση των υπολειμμάτων κλαδέματος (ξυλοποιημένοι βλαστοί αμπέλου).....	34
Πίνακας 2 Η σύσταση των οινολασπών (εκφρασμένα σε ξηρά ουσία) .....	39
Πίνακας 3 Η αναερόβια χώνευση σε διάφορα αμπελοοινικά υπολείμματα.....	53
Πίνακας 4 Βιοδραστικές ενώσεις που μπορούν να εκχυλιστούν και οι αντίστοιχοι διαλύτες τους.....	58

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1 Παραγόμενη βιομάζα κατά την επεξεργασία των σταφυλιών .....	32
Εικόνα 2 Υπολείμματα κλαδέματος.....	35
Εικόνα 3 Υπολείμματα πίεσης – στέμφυλα.....	37
Εικόνα 4 Οινολάσπες ερυθρών οίνων .....	41
Εικόνα 5 Πυρόλυση και αεριοποίηση .....	46
Εικόνα 6 Δομή αναερόβιας χώνευσης.....	50
Εικόνα 7 Φάσεις κομποστοποίησης .....	56
Εικόνα 8 Εκχύλιση με υπερήχους .....	61
Εικόνα 9 Διεργασία εκχύλισης υπό πίεσης υγρού.....	63
Εικόνα 10 Διεργασία εφαρμογής παλμικού ηλεκτρικού πεδίου .....	65
Εικόνα 11 Η βασική δομή των ανθοκυανών .....	71
Εικόνα 12 Παράγοντες που επηρεάζουν την σταθερότητα των ανθοκυανών .....	72

## Συντμήσεις, ακρωνύμια, σύμβολα και ορισμοί

Συντομογραφία	Αγγλική μετάφραση	Ελληνική μετάφραση
BOD	Biological Oxygen Demand	Βιολογικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
COD	Chemical Oxygen Demand	Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο
tn	Tones	Τόνοι
ha	Hectars	Εκτάρια
GAE	Gallic Acid Equals	Ισοδύναμα γαλλικού οξέος
ROS	Reactive Oxygen Species	Αντιδραστικές ρίζες οξυγόνου
VS	Violative Solids	Πτητικά στερεά
SFE	Supercritical Fluid Extraction	Εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO <sub>2</sub>
UAE	Ultrasound-assisted extraction	Εκχύλιση με την χρήση υπερήχων
EAE	Enzyme-Assisted Extraction	Ενζυμική υποβοηθούμενη εκχύλιση
PEF	Pulsed Electric Field	Εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου
PLE	Pressurizes Liquid Extraction	Εκχύλιση με υπό πίεση υγρό
MAE	Microwave – Assisted Extraction	Εκχύλιση με την βοήθεια μικροκυμάτων

## Εισαγωγή και Σκοπός της Εργασίας

Ο τομέας της οινοποίησης είναι ένας βασικός πυλώνας της ελληνικής αγροτικής οικονομίας με υψηλή σημασία για την παράδοση και την λαογραφία της χώρας. Ο οίνος αποτελεί βασικό συστατικό της διατροφής των Ελλήνων, ενώ οι ελληνικοί οίνοι αναγνωρίζονται πλέον διεθνώς.

Προβληματισμοί αναδύονται όμως αναφορικά με την παραγωγή υποπροϊόντων. Η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων δεν αναδύεται από την ανάγκη μόνο για την παραλαβή υποπροϊόντων αλλά και από την ανάγκη για προστασία του περιβάλλοντος, με τους καταναλωτές να ευαισθητοποιούνται σχετικά με το ζήτημα και τις κυβερνήσεις να λαμβάνουν μέτρα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται βιβλιογραφική ανασκόπηση σχετικά με τους τρόπους αξιοποίησης των αποβλήτων της οινοποιητικής διαδικασίας, αναφέρονται πρόσφατες ερευνητικές μελέτες, ενώ επίσης αναφέρεται και η υπάρχουσα νομοθεσία που σχετίζεται με την διαχείριση αποβλήτων οινοποίησης.

Το πρώτο κεφάλαιο αφορά τον τομέα της οινοποίησης στην Ελλάδα καθώς και τα παραγόμενα προϊόντα. Πιο συγκεκριμένα, θα αναφερθούν στοιχεία σχετικά με την ιστορία του κλάδου, την υφιστάμενη κατάσταση και σημασία του κλάδου, την παραγωγική διαδικασία όλων των κατηγοριών οίνων. Επιπλέον, θα αναφερθεί το γεγονός της παραγωγής των αποβλήτων στον κλάδο της οινοποιίας, τα περιβαλλοντικά ζητήματα που δημιουργεί η διάθεσή τους.

Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά το νομικό πλαίσιο της επεξεργασίας των αποβλήτων των οινοποιείων. Συγκεκριμένα, αναφέρεται η ανάγκη για την επεξεργασία των αποβλήτων, η παγκόσμια νομοθεσία που βρίσκεται σε ισχύ, η ευρωπαϊκή νομοθεσία που βρίσκεται σε ισχύ καθώς και η εθνική νομοθεσία της Ελλάδας. Αναφορικά με την Εθνική Νομοθεσία αναφέρεται η νομοθεσία που αφορά τις δραστηριότητες επεξεργασίας, συλλογής και διάθεσης των αποβλήτων, η νομοθεσία που σχετίζεται με την επαναχρησιμοποίηση των υγρών αποβλήτων, η νομοθεσία σχετικά με την διαχείριση της βιολογικής ιλύος των επεξεργασμένων λυμάτων, η επιβολή των χρηματικών και ποινικών κυρώσεων και τέλος η περιβαλλοντική αδειοδότηση των μονάδων.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά τα απόβλητα της διαδικασίας οινοποίησης. Συγκεκριμένα, αναφέρονται πληροφορίες που σχετίζονται με την χρονική στιγμή, τον τρόπο που παράγονται, την σύστασή τους καθώς και τις επιπτώσεις και προβλήματα που δημιουργεί η διάθεσή τους στο περιβάλλον. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν τα παραγόμενα απόβλητα όπως τα στελέχη - φύλλα - μίσχοι, τα στέμφυλα - υπολείμματα πιέσεων, τις οινολάσπες, τα υγρά απόβλητα καθώς και την βινάσσο που παράγονται κατά την παραγωγική διαδικασία των οίνων.

Το τέταρτο κεφάλαιο μελετά τις μεθόδους επεξεργασίας κι αξιοποίησης αποβλήτων οινοποίησης. Οι

μέθοδοι που μελετώνται είναι η πυρόλυση - αποτέφρωση, η αεριοποίηση, η αναερόβια επεξεργασία, η κομποστοποίηση, η εκχύλιση με καινοτόμες μεθόδους και τέλος η επεξεργασία κι αξιοποίηση με την εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου.

Τέλος, το πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται στην ανάκτηση κι αξιοποίηση χρήσιμων υποπροϊόντων από τα παραγόμενα απόβλητα. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα γενικά στοιχεία σχετικά με την χρήση των αποβλήτων οινοποίησης σαν πηγή ωφέλιμων υποπροϊόντων, η ανάκτηση φαινολικών ενώσεων, οργανικών οξέων, εδαφοβελτιωτικών όπως το κομπόστ - βιοεξανθράκωμα και τέλος οι προοπτικές, οι περιορισμοί καθώς και οι δυνατότητες βελτίωσης.

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η συλλογή πληροφοριών σχετικά με την αξιοποίηση των αποβλήτων οινοποίησης στο πλαίσιο κυκλικής οικονομίας, η ανάδειξη του νομοθετικού πλαισίου που ισχύει και η διερεύνηση εφαρμογών των παραγόμενων προϊόντων από την αξιοποίηση των αποβλήτων οινοποίησης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. Ο τομέας της οινοποίησης στην Ελλάδα και τα παραγόμενα προϊόντα

## 1.1 Ιστορικά στοιχεία

Η καλλιέργεια της αμπέλου και η οινοπαραγωγή έχει μακρά ιστορία στην Ελλάδα που χρονολογείται στο 11.000 π.Χ. Συγκεκριμένα, η καλλιέργεια κι εξημέρωση της αμπέλου πιθανολογείται πως πραγματοποιήθηκε το 15.000 π.Χ. στην περιοχή του Καυκάσου κι από εκεί μεταφέρθηκε στην Τουρκία και την Ελλάδα περίπου το 11.000 π.Χ.. Η πορεία όμως δεν είναι ακόμα σαφής (Feher et al., 2005).

Τα πρώτα στοιχεία οινοπαραγωγής περιλαμβάνουν αρχαία πατητήρια και διάφορα πήλινα σκεύη τα οποία εντοπίζονται στην Μινωική Κρήτη και χρονολογούνται στο 6.000 π.Χ. Μεταξύ 3000 και 1100 π.Χ. ο μινωικός πολιτισμός άκμασε στην Κρήτη και είχε μια εκλεπτυσμένη οινική κουλτούρα, όπως αποδεικνύεται από τις εξελιγμένες εγκαταστάσεις αποθήκευσης κρασιού που βρέθηκαν στο παλάτι της Κνωσού. Η ενασχόληση των Μινωιτών συμπεριλάμβανε κυρίως το εμπόριο, κι έτσι δια μέσω των εμπορικών σχέσεων τους με τους κατοίκους των διαφόρων περιοχών της Μεσογείου (Γαλλία, Ιβηρική Χερσόνησος, Ιταλία) μεταφέρθηκε και η τεχνογνωσία της καλλιέργειας αμπέλου και παραγωγής οίνων (Feher et al., 2005).

Μετά τους Μινωίτες, την σκυτάλη έλαβαν οι Μυκηναίοι (1600–1100 π.Χ.). Δια μέσω των εμπορικών δικτύων που είχαν χτιστεί σε όλη την Μεσόγειο οι οίνοι συνέχισαν να εμπορεύονται σε όλη την περιοχή. Ταυτόχρονα ο οίνος ήταν απαραίτητος για την καθημερινή ζωή, τις κοινωνικές καθώς και τις θρησκευτικές δραστηριότητες (McGovern et al., 2003).

Η ελληνική κοινωνία και οικονομία βασιζόταν σε μεγάλο βαθμό στο κρασί κατά την κλασική εποχή (5ος–4ος αιώνας π.Χ.). Ήταν ένα ουσιαστικό μέρος της καθημερινής ζωής καθώς και θρησκευτικές τελετές και συμπόσια που είναι κοινωνικές συνελεύσεις. Η πολιτιστική σημασία των κρασιών αντανακλάται στη λατρεία των Ελλήνων του Διονύσου, του θεού του κρασιού. Οι ελληνικοί οίνοι αποτελούσαν το κύριο εμπορεύσιμο προϊόν όπως αποδεικνύεται από ευρήματα αμφορέων ή πήλινων αγγείων σε όλη την Μεσόγειο. Διάσημοι οίνοι της εποχής εκείνης ήταν οι γλυκοί οίνοι της Σάμου και της Θάσου καθώς και οίνοι από την Κρήτη και Πελοπόννησο (McGovern et al., 2003).

Η ελληνική αμπελουργία γνώρισε περαιτέρω ανάπτυξη και τελειοποίηση κατά την ελληνιστική εποχή (4ος–1ος αιώνας π.Χ.). Η ελληνική οινική κουλτούρα μπόρεσε να επεκταθεί γρήγορα σε

όλη την αυτοκρατορία του Μεγάλου Αλεξάνδρου χάρη στις κατακτήσεις του. Τα ελληνικά έθιμα του κρασιού ανελήφθησαν και τροποποιήθηκαν από τη Ρωμαϊκή Αυτοκρατορία που ακολούθησε (McGovern et al., 2003).

Οι ελληνικοί οίνοι έχαιραν εκτίμησης από τους Ρωμαίους οι οποίοι προτιμούσαν την κατανάλωση των οίνων από τη Χίο, Θάσο και Λέσβο. Ταυτόχρονα σε όλη την επικράτεια της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας φυτεύτηκαν αμπελώνες (π.χ. Ιταλία, Ισπανία, Πορτογαλία και διάφορες διάσημες περιοχές της Γαλλίας) (McGovern et al., 2003).

Η οινοπαραγωγή συνεχίστηκε σε όλη την διάρκεια της Βυζαντινής περιόδου (4<sup>ος</sup> – 15<sup>ος</sup> αιώνας μ.Χ.) με όλα τα μοναστήρια να κατέχουν την τεχνογνωσία της αμπελοοινικής παραγωγής και να συνεχίζουν να την πραγματοποιούν. Οι μοναστικές κοινότητες ήταν απαραίτητες για τη διατήρηση της αμπελουργικής γνώσης και πρακτικών σε περιόδους αναταραχής. Όμως η ελληνική οινοποίηση αντιμετώπισε σοβαρές δυσκολίες στην άνοδο της Οθωμανικής Αυτοκρατορίας (15<sup>ος</sup>–19<sup>ος</sup> αιώνας) γεγονός που οδήγησε σε μία στασιμότητα της παραγωγής. Βέβαια, η οινοπαραγωγή συνεχίστηκε παρά τις απαγορεύσεις ιδιαίτερα σε απομονωμένες περιοχές όπως τα νησιά του Αιγαίου και οι χριστιανικές κοινότητες (Tattersall & DeSalle, 2015).

Τα ελληνικά κρασιά γνώρισαν εκσυγχρονισμό και αναγέννηση κατά τον 19ο και τον 20ο αιώνα. Έγιναν προσπάθειες για την αναζωογόνηση των αμπελώνων και την εκ νέου ανακάλυψη των γηγενών ποικιλιών σταφυλιών μετά την ανεξαρτησία της Ελλάδας από την Οθωμανική Αυτοκρατορία στις αρχές του 1800. Οι ελληνικοί αμπελώνες επηρεάστηκαν επίσης από την επιδημία φυλλοξήρας στα τέλη του 19ου αιώνα, αλλά η αναφύτευση πιο ανθεκτικών υποκειμένων και ποικιλιών σταφυλιών ενθαρρύνθηκε από την απώλεια αμπελώνων σε όλη την Ευρώπη.

Η Ελλάδα έκανε μεγάλα βήματα στην οινολογία και την αμπελουργία κατά τον 20ό αιώνα. Τα ελληνικά κρασιά ήταν πιο σταθερά υψηλότερης ποιότητας από τότε που καθιερώθηκε το σύστημα Ονομασίας Προέλευσης το 1971. Το αναζωπυρωμένο ενδιαφέρον για τις γηγενείς ποικιλίες σταφυλιών και οι επενδύσεις σε μηχανήματα και τεχνικές οινοποίησης τελευταίας τεχνολογίας καθιέρωσαν την Ελλάδα ως σημαντικό παίκτη στις διεθνείς αγορές οίνου.

Πλέον, η Ελλάδα φημίζεται για τα ποικίλα *terroir* και τις χαρακτηριστικές γηγενείς ποικιλίες αμπέλου της. Ορισμένες ποικιλίες αμπέλου όπως το Ξινόμαυρο στη Νάουσα, το Αγιωργίτικο στη Νεμέα και το Ασύρτικο στην Σαντορίνη προς παραγωγή οίνων υψηλής ποιότητας που αναγνωρίζονται ευρέως στις αγορές του εξωτερικού. Οι σύγχρονοι Έλληνες οινοπαραγωγοί παρασκευάζουν οίνους που αποτυπώνουν το πλούσιο παρελθόν και την ποικιλόμορφη τοπογραφία των εθνών, συνδυάζοντας απαρχαιωμένα έθιμα με μεθόδους αιχμής. Η ελληνική



οινοποιία διακρίνεται για την προσήλωσή της στη βιωσιμότητα και την υψηλή ποιότητα. Οι μικροί οικογενειακοί αμπελώνες που δίνουν προτεραιότητα στις συμβατικές τεχνικές και τις μεθόδους βιολογικής καλλιέργειας είναι συνηθισμένοι. Αυτή η στρατηγική προστατεύει τις ιδιαίτερες ποιότητες των ελληνικών κρασιών, ενώ παράλληλα προάγει την περιβαλλοντική υγεία και τη βιοποικιλότητα στις περιοχές όπου παράγονται (Anastasiadis & Alebaki, 2021).

## 1.2 Σημασία και υφιστάμενη κατάσταση

Η ελληνική οινοποιία βιώνει μια δυναμική αναγέννηση αυτή τη στιγμή που ωθείται από μια συγχώνευση παραδοσιακών και σύγχρονων μεθόδων. Τα ελληνικά κρασιά είναι πλέον ευρέως αναγνωρισμένα στη διεθνή σκηνή χάρη σε αυτή την αναγέννηση που καθοδηγείται από την ανανεωμένη έμφαση στις βιώσιμες πρακτικές των γηγενών ποικιλιών σταφυλιού και την αφοσίωση στην ποιότητα. Η έμφαση που δίνεται στις γηγενείς ποικιλίες αμπέλου που γίνονται όλο και πιο εκτιμημένες για τις ιδιαίτερες ιδιότητες και τις δυνατότητες παραγωγής κρασιού υψηλής ποιότητας είναι μια από τις πιο αξιοσημείωτες πτυχές της σύγχρονης ελληνικής οινοποίησης.

Μεταξύ των αγροδιατροφικών προϊόντων, οι ελληνικοί οίνοι συγκαταλέγονται μεταξύ των σημαντικότερων προϊόντων για την οικονομία της χώρας. Επί του παρόντος εντοπίζονται 1350 οινοποιεία (αύξηση 100% την τελευταία δεκαετία), 692 από τα οποία έχουν άδεια οινοπαραγωγής (Anastasiadis & Alebaki, 2021).

Για το έτος 2022 η έκταση του ελληνικού αμπελώνα έχει ανέλθει στο 640.205 στρέμματα, ενώ αναμένεται να φυτευτούν 6.203 εκτάρια. Έτσι η συνολική έκταση έχει αυξηθεί κατά 3.245 εκτάρια (+0,51%) σε σχέση με το 2021 (636.965) (ot.gr/2023).

Για το έτος 2023 η οινοπαραγωγή μειώνεται κατά 45% συγκριτικά με το 2022 γεγονός που οφείλεται στις δύσκολες εδαφοκλιματικές συνθήκες της καλλιεργητικής περιόδου δηλαδή σε βροχοπτώσεις στην περίοδο της άνοιξης και σε απότομους καύσωνες το καλοκαίρι, οι οποίες οδήγησαν στην εμφάνιση περονόσπορου και ωιδίου που κατέστρεψαν ένα μεγάλο μέρος της παραγωγής (ot.gr/2023).

Οι κύριες ποικιλίες είναι το Ασύρτικο Σαντορίνης, Ξινόμαυρο Νάουσας, Αγιωργίτικο Νεμέας καθώς και Μοσχοφίλερο Μαντινείας. Βέβαια αρκετές ποικιλίες οινοποιούνται ευρέως.

Ασύρτικο: Λόγω του ηφαιστειακού εδάφους του νησιού, το Ασύρτικο, μια λευκή ποικιλία από τη Σαντορίνη έχει υψηλή οξύτητα και ορυκτές νότες. Γνωστά για την παραγωγή ξηρών και γλυκών κρασιών τα κρασιά Ασύρτικο βραβεύονται για την ικανότητά τους να παλαιώνουν με χάρη.

Ξινόμαυρο: Ένα κρασί με υψηλή τανίνη και οξύτητα που συχνά συγκρίνεται με το Nebbiolo, το Ξινόμαυρο παράγει πολύπλοκα ερυθρά κρασιά που αξίζουν την ηλικία. Αρωματισμένη με γεύσεις κόκκινων φρούτων ντομάτα και ελιάς, αυτή η ποικιλία καλλιεργείται κυρίως στις περιοχές της

Νάουσας και του Αμύνταιου (Goullioti et al., 2023).

**Αγιωργίτικο:** Καλλιεργείται κυρίως στη Νεμέα αυτό το προσαρμόσιμο κόκκινο σταφύλι αποδίδει πλούσια δομημένα κόκκινα κρασιά καθώς και τραγανά φρουτώδη ροζέ. Οι σκούρες νότες φρούτων με απαλές ταννίνες και πλούσιο χρώμα κάνουν το Αγιωργίτικο ένα δημοφιλές κρασί.

**Μοσχοφίλερο:** Με νότες λουλουδιών και εσπεριδοειδών, αυτό το αρωματικό λευκό σταφύλι προέρχεται από τη Μαντινεία. Χρησιμοποιείται συχνά για την παρασκευή φρέσκων λευκών κρασιών που είναι ιδανικά για άμεση κατανάλωση.

Για να βελτιώσουν την ποιότητα των κρασιών τους, οι Έλληνες οινοποιοί έχουν αγκαλιάσει τις σύγχρονες αμπελουργικές και οινολογικές τεχνικές και τις συνδύασαν με παλιές τεχνικές. Πιο συνεπή και καλύτερης ποιότητας κρασιά έχουν παραχθεί ως αποτέλεσμα καινοτομιών όπως η χρήση δεξαμενών από ανοξείδωτο χάλυβα ζύμωσης ελεγχόμενης θερμοκρασίας και οι βελτιωμένες πρακτικές διαχείρισης αμπελώνων. Επιπλέον, πολλοί οινοπαραγωγοί πειραματίζονται με γεωργικές πρακτικές που είναι βιολογικές και βιοδυναμικές. Εκτός από την επιθυμία για την παραγωγή καλύτερων κρασιών, αυτή η κίνηση προς την αειφορία έχει ως κίνητρο την αφοσίωση στην προστασία των χαρακτηριστικών τοπίων της Ελλάδας και του περιβάλλοντος. Η αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα αντανακλάται στην αυξανόμενη επικράτηση της πιστοποίησης βιολογικών οίνων.

Τα τελευταία δέκα χρόνια υπήρξε αξιοσημείωτη αύξηση των εξαγωγών για την ελληνική οινοποιία. Οι Ηνωμένες Πολιτείες, ο Καναδάς, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Γερμανία είναι σημαντικές αγορές. Για το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τα ελληνικά κρασιά σε όλο τον κόσμο ευθύνονται εν μέρει οι New Wines of Greece και άλλοι οργανισμοί που προωθούν το ελληνικό κρασί μέσω διεθνών εκδηλώσεων και εκστρατειών μάρκετινγκ. Τα ελληνικά κρασιά αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μέρος της τοπικής αγοράς και η εγχώρια κατανάλωση εξακολουθεί να είναι υψηλή. Ο τουρισμός για το κρασί είναι ένας άλλος κλάδος που αναπτύσσεται προσελκύοντας ταξιδιώτες από όλο τον κόσμο σε μέρη όπως η Σαντορίνη, η Πελοπόννησος και η Κρήτη. Μέσω γευστικών περιηγήσεων σε αμπελώνες και πρακτικής εκμάθησης για τη διαδικασία οινοποίησης, αυτές οι διαδρομές κρασιού δίνουν στους επισκέπτες την ευκαιρία να γνωρίσουν ποιοτικό κρασί.

Η ελληνική οινοποιία εξακολουθεί να αντιμετωπίζει μια σειρά από δυσκολίες παρά τις ενθαρρυντικές τάσεις. Μια σημαντική ανησυχία είναι η κλιματική αλλαγή, καθώς οι συνθήκες για την καλλιέργεια των σταφυλιών επηρεάζονται από τις αυξήσεις της θερμοκρασίας και τα ασταθή καιρικά μοτίβα. Οι οινοπαραγωγοί εφαρμόζουν σταδιακά μέτρα για την ανακούφιση αυτών των επιπτώσεων, όπως η επιλογή ποικιλιών σταφυλιού που αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες και η τροποποίηση μεθόδων διαχείρισης αμπελώνων.

Η ασταθής οικονομία της Ελλάδας δημιουργεί πρόσθετες δυσκολίες που επηρεάζουν τη δυναμική

της αγοράς και το κόστος παραγωγής. Αλλά η επιμονή και η ευελιξία των Ελλήνων οινοποιών τους βοήθησαν να ξεπεράσουν αυτές τις προκλήσεις και να συνεχίσουν την επιτυχημένη τους επιχείρηση. Οι μελλοντικές προοπτικές για την ελληνική οινοποίηση φαίνονται ελπιδοφόρες. Οι παρατεταμένες επενδύσεις στην E&A μαζί με την έντονη εστίαση στη βιωσιμότητα και την ποιότητα πιθανότατα θα οδηγήσουν τον κλάδο προς τα εμπρός. Η πλούσια οινοποιητική κληρονομιά της Ελλάδας και η χαρακτηριστική ελκυστικότητα των γηγενών ποικιλιών της αναμένεται να συμβάλουν στην αυξανόμενη αναγνώριση των ελληνικών κρασιών σε όλο τον κόσμο.

### 1.3 Παραγωγική διαδικασία οίνων

Η παραγωγική διαδικασία των οίνων παρουσιάζει παραλλαγές μεταξύ των διαφορετικών τύπων οίνων, που αναφέρονται παρακάτω.

#### **Λευκοί οίνοι**

Οι λευκοί οίνοι παράγονται ακολουθώντας μερικά κρίσιμα βήματα που έχουν σκοπό να διατηρήσουν τα φρέσκα φρουτώδη και αρωματικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών.

Αρχικά πραγματοποιείται τρύγος των σταφυλιών. Για την διατήρηση της θερμοκρασίας σε χαμηλά επίπεδα (όπου θα βοηθήσει στην διατήρηση της οξύτητάς τους καθώς και των ευγενών αρωματικών ενώσεων) η συγκομιδή των λευκών ποικιλιών σταφυλιών πραγματοποιείται νωρίς το πρωί ή μετά την συγκομιδή τους τοποθετούνται σε ψυκτικούς θαλάμους (Vincenzi et al., 2011).

Έπειτα πραγματοποιείται γρήγορη σύνθλιψη και συμπίεση για την εξαγωγή του χυμού από την ράγα. Ο παραγόμενος σταφυλοχυμός μεταφέρεται στα δοχεία ζύμωσης που είναι συνήθως ανοξειδωτες δεξαμενές. Προκειμένου να διατηρηθούν οι αρωματικές ενώσεις, η ζύμωση του λευκού κρασιού πραγματοποιείται συνήθως σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (10–18°C) (Vincenzi et al., 2011).

Μετά το πέρας της ζύμωσης, για την απομάκρυνση των στερεών, το γλεύκος υπόκεινται απολάσπωση (δηλαδή απομάκρυνση από οινολάσπες), ωρίμανση και διαύγαση. Συνήθως ωριμάζει σε ανοξειδωτες δεξαμενές και σπανιότερα σε δρύινα βαρέλια ή αμφορείς. Πριν την εμφιάλωση οι οίνοι σταθεροποιούνται, φιλτράρονται, διορθώνονται ως προς την οξύτητά τους και την περιεκτικότητα σε θειώδες κι εμφιαλώνονται (Vincenzi et al., 2011).

#### **Ερυθροί οίνοι**

Οι ερυθροί οίνοι παράγονται από την παραμονή του γλεύκους με τα στερεά μέρη των ραγών των ερυθρών ποικιλιών σταφυλιών.

Προκειμένου να διασφαλιστεί ότι οι αρωματικές ουσίες, τα σάκχαρα και οι ταννίνες βρίσκονται στις κατάλληλες συγκεντρώσεις, τα ερυθρά οινοποιήσιμα σταφύλια συλλέγονται στην ιδανική τους ωρίμανση, η οποία είναι συχνά μεταγενέστερη από αυτή των λευκών οινοσταφυλιών. Επιπλέον,

λαμβάνεται υπόψιν και η ωρίμανση των φαινολικών ενώσεων (Clodoveo et al., 2016).

Στη συνέχεια τα συγκομισμένα σταφύλια υφίστανται σπάσιμο προς καλύτερη εκχύλιση ταννινών και χρωστικών από τον φλοιό (λόγω αύξησης της επιφάνειας επαφής με το γλεύκος).

Μετά το σπάσιμο, τα σταφύλια μεταφέρονται στο δοχείο ζύμωσης όπου και αφήνονται να ζυμώσουν σε επαφή με το γλεύκος. Προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η εκχύλιση χρώματος και η εκχύλιση τανίνης, η ζύμωση λαμβάνει χώρα συνήθως σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 30°C ενώ καθ' όλη την διάρκεια παραμονής πραγματοποιείται διαβροχή του σταφυλοχυμού προς αποφυγή αποξήρανσης στεμφύλων. Ανάλογα με το επιθυμητό στυλ κρασιού, αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από μερικές ημέρες έως αρκετές εβδομάδες (Clodoveo et al., 2016).

Προς το τέλος της ζύμωσης, εφόσον το γλεύκος έχει αποκτήσει τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, το γλεύκος υφίστανται διαχωρισμό από τα στερεά μέρη μέσω πίεσης.

Σε αρκετές περιπτώσεις, για ενίσχυση της πολυπλοκότητας και μαλακώματος των ταννινών, ο οίνος ωριμάζει σε ανοξείδωτες δεξαμενές ή βαρέλια από δρυ (συνήθως). Η διαδικασία παλαίωσης μπορεί να διαρκέσει ορισμένους μήνες έως και χρόνια. Τέλος οι οίνοι εμφιαλώνονται χωρίς ή με την πραγματοποίηση φιλτραρίσματος και τελικής διόρθωσης των χαρακτηριστικών τους) (Clodoveo et al., 2016).

### **Ροζέ οίνοι**

Οι ροζέ οίνοι προέρχονται από την οινοποίηση ερυθρωπών ή ερυθρών ποικιλιών. Για διατήρηση της οξύτητας του γλεύκους συνήθως τα σταφύλια συλλέγονται νωρίς το πρωί ή τοποθετούνται σε ψυκτικούς θαλάμους μετά την συγκομιδή τους (Freire et al., 2020).

Στη συνέχεια, υφίστανται αποβοστρύχωση (σε αρκετές περιπτώσεις μερική ενώ σε άλλες ολική), σπάσιμο και ακολουθούν δύο διεργασίες:

- 1) Μεταφέρονται στο πιεστήριο όπου και πιέζονται κατευθείαν προς εξαγωγή του σταφυλοχυμού.
- 2) Μεταφέρονται σε μία δεξαμενή όπου και παραμένουν με τα στερεά για ορισμένες ώρες (ή και ημέρες) προς εξαγωγή του χρώματος ενώ στην συνέχεια υφίστανται πίεση.

Και στις δύο περιπτώσεις ο παραγόμενος σταφυλοχυμός μεταφέρεται στις δεξαμενές ζύμωσης οι οποίες είναι συνήθως από ανοξείδωτο χάλυβα. Η θερμοκρασία ζύμωσης στους ροζέ οίνους κυμαίνεται περίπου στους 12–18°C προκειμένου να διατηρηθεί η φρεσκάδα και να προστατευτούν οι αρωματικές ενώσεις από αποικοδόμηση (Freire et al., 2020).

Μετά το πέρας της ζύμωσης, οι οίνοι ωριμάζουν για ένα μικρό χρονικό διάστημα (μερικοί μήνες) στις ανοξείδωτες δεξαμενές, σταθεροποιούνται οι οίνοι, φιλτράρονται, πραγματοποιούνται τυχόν διορθώσεις στα χαρακτηριστικά τους και τέλος εμφιαλώνονται (Freire et al., 2020).

Οι ροζέ οίνοι συνήθως καταναλώνονται φρέσκοι και δεν ενδείκνυνται προς παλαίωση.

## **Πορτοκαλί (Orange) οίνοι**

Οι πορτοκαλί οίνοι αποτελούν μία κατηγορία οίνων που μόλις πρόσφατα έγιναν διάσημοι. Πρόκειται για οίνους οι οποίοι προέρχονται από λευκά σταφύλια τα οποία έχουν οινοποιηθεί με παραμονή με στα στέμφυλα (δηλαδή μία διαδικασία που συνδυάζει την λευκή με την ερυθρή οινοποίηση) (Buican et al., 2023).

Αρχικά, η διαδικασία ξεκινάει με τον συγκομιδή των σταφυλιών στο βέλτιστο στάδιο ωρίμανσής τους. Στη συνέχεια τα σταφύλια υφίστανται σπάσιμο και μεταφέρονται στα δοχεία ζύμωσης (ανοξείδωτες δεξαμενές, πλήρινα δοχεία ή δεξαμενές από σκυρόδεμα). Το κρασί λαμβάνει χρωματικές ταννίνες και πολύπλοκες γεύσεις από την παρατεταμένη επαφή με το δέρμα που μπορεί να διαρκέσει οπουδήποτε από μερικές ημέρες έως αρκετούς μήνες (Buican et al., 2023).

Μόλις το γλεύκος ή οίνος αποκτήσει τα επιθυμητά χαρακτηριστικά τα στερεά διαχωρίζονται από το γλεύκος μέσω πίεσης και το λαμβανόμενο γλεύκος ή οίνος μπορεί να παλαιώσει περαιτέρω ή να εμφιαλωθεί. Πριν την εμφιάλωση ο οίνος μπορεί να υποστεί παρεμβάσεις όπως διορθώσεις των χαρακτηριστικών του (οξύτητα, περιεκτικότητα σε θειώδες κ.α.). Όμως αυτό πραγματοποιείται λιγότερο συχνά (Buican et al., 2023).

## **1.4 Παραγωγή αποβλήτων στον τομέα της οινοποιίας**

Ο αμπελοοινικός τομέας αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους τομείς της οικονομίας. Μόνο ένα μικρό μέρος των σταφυλιών που συγκομίζονται χρησιμοποιείται για την παραγωγή επιτραπέζιων σταφυλιών και ο κύριος όγκος των σταφυλιών τα οποία συλλέγονται χρησιμοποιείται για την παραγωγή οίνων. Ένα ελάχιστο ποσοστό χρησιμοποιείται για την παραγωγή σταφίδας. Τα υποπροϊόντα παράγονται κατά την αμπελοουργική και οινοποιητική διαδικασία όπως και σε κάθε άλλη διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα ακόμη και στο στάδιο του κλαδέματος τα ξυλοποιημένα φυτικά μέρη είναι τα αρχικά υποπροϊόντα που προκύπτουν. Αργότερα, καθώς τα αμπέλια μεγαλώνουν και διατηρούνται, παράγονται περισσότερα υποπροϊόντα, όπως θραύσματα φυτών, φύλλα και μίσχοι (Moreira et al. 2018).

Τα σταφύλια συγκομίζονται και μεταφέρονται στο οινοποιείο και στη συνέχεια αφού αφαιρεθούν οι μίσχοι και τα φύλλα είτε συμπιέζονται είτε ζυμώνονται. Πριν ζυμωθεί το κρασί σε δεξαμενές, το ίζημα αφαιρείται από το γλεύκος σταφυλιών που εξήχθη υπό πίεση.

Τα στέμφυλα παράγονται κατά τη διαδικασία συμπίεσης, εάν το γλεύκος αφεθεί να παραμείνει στη θέση του, αναπτύσσονται αργότερα στη διαδικασία ζύμωσης. Τα στελέχη είναι το κύριο παραπροϊόν που παράγεται και αποτελεί το 20% του βάρους των σταφυλιών.

Οι οινολάσπες ή άλλα στερεά και άλλα συστατικά της ζύμωσης πρέπει να καθιζάνουν με τη βιομάζα που παράγεται κατά τη ζύμωση. Στη συνέχεια παράγονται οι οινολάσπες όταν τα κρασιά

φιλτράρονται και διαυγάζονται καθώς και όταν συμβαίνει μηλογαλακτική ζύμωση. Προχωρώντας προς τα εμπρός παράγεται μια σταθερή ροή υγρών αποβλήτων (Moreira et al. 2018).

Εντός του έτους η παραγόμενη ποσότητα υποπροϊόντων παρουσιάζει διακυμάνσεις, με το 80% της ποσότητας των παραγόμενων υποπροϊόντων να παράγεται στην περίοδο του τρύγου (Αύγουστος – Νοέμβριος). Ταυτοχρόνως, ο όγκος των παραγόμενων υποπροϊόντων ποικίλλει μεταξύ των διαφορετικών οινοποιείων σε ποσότητες που κυμαίνονται από 5 – 10 tn , όμως ανάλογα το μέγεθος των οινοποιείων οι παραγόμενες ποσότητες ανέρχονται ως εξής (Moreira et al. 2018) :

- Μικρού μεγέθους οινοποιεία. Επεξεργάζονται ετησίως ποσότητες σταφυλιών έως και 5 tn ενώ παράγονται 1.000 – 9.000 L υποπροϊόντων ανά έτος.
- Μεσαίου μεγέθους οινοποιεία. Επεξεργάζονται ετησίως ποσότητες σταφυλιών μεταξύ 5 – 20 tn σταφυλιών και παράγονται περίπου 5.000 – 100.000 L υποπροϊόντων ανά έτος.
- Μεγάλα οινοποιεία. Επεξεργάζονται ετησίως ποσότητες σταφυλιών άνω των 20 tn και παράγουν περίπου 40.000 – 240.000 L υποπροϊόντων ανά έτος.

Στην διάρκεια της οινοποίησης εντός του έτους παράγεται μία ποσότητα υποπροϊόντων που ανέρχεται στο 30% κατά βάρος της συνολικής ποσότητας σταφυλιών που επεξεργάζονται.

## **1.5 Περιβαλλοντικά ζητήματα που δημιουργεί η διάθεσή τους**

Τα παραγόμενα απόβλητα αποτελούν αναπόφευκτο παράγωγο της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η αύξηση του πληθυσμού της γης καθώς και η αύξηση της ζήτησης σε προϊόντα οδηγεί σε αύξηση των παραγόμενων αποβλήτων με επιπτώσεις προς το περιβάλλον.

Τα υπολείμματα του αγροδιατροφικού τομέα παράγονται σε αρκετά μεγάλες ποσότητες, αποτελώντας μία από τις σημαντικότερες κατηγορίες παραγόμενων υποπροϊόντων. Επειδή σε αρκετές περιπτώσεις τα παραγόμενα υποπροϊόντα δεν υφίστανται επεξεργασία, δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον και στα οικοσυστήματα στα οποία διατίθενται (Ben – Othman et al., 2020).

Η ρύπανση των υδάτων είναι ένα από τα κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τα υπολείμματα αγροδιατροφής. Η βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (BOD) και η ζήτηση χημικού οξυγόνου (COD) των υδάτινων σωμάτων αυξάνονται σημαντικά όταν τα οργανικά απόβλητα από διεργασίες γεωργικών προϊόντων διατροφής απορρίπτονται ακατάλληλα ή αφήνονται να διαρρεύσουν σε αυτά. Ως αποτέλεσμα, υπάρχουν νεκρές ζώνες όπου το γλυκό νερό και η θαλάσσια ζωή δεν μπορούν να επιβιώσουν λόγω της εξάντλησης του οξυγόνου που είναι επιζήμια για την υδρόβια ζωή. Επιπλέον, ο ευτροφισμός - μια κατάσταση κατά την οποία οι επιβλαβείς ανθίσεις φυκιών παράγουν τοξίνες και επιδεινώνουν την ποιότητα του νερού - μπορεί να προκληθεί από την παρουσία θρεπτικών ουσιών

από τις γεωργικές απορροές όπως το άζωτο και ο φώσφορος (Voss et al., 2024).

Τα υπολείμματα του αγροδιατροφικού τομέα αυξάνουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου επιδεινώνοντας την κλιματική αλλαγή και την υπερθέρμανση του πλανήτη. Τα οργανικά απόβλητα παράγουν μεθάνιο ένα ισχυρό αέριο θερμοκηπίου με πολύ υψηλότερο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη από το διοξείδιο του άνθρακα όταν διασπάται αναερόβια (χωρίς οξυγόνο) στους χώρους υγειονομικής ταφής. Οι εκπομπές μεθανίου, για παράδειγμα, παράγονται κυρίως από τα απόβλητα τροφίμων που αποσυντίθενται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπλέον, η καύση υπολειμμάτων καλλιεργειών είναι μια πρακτική στη γεωργία που συμβάλλει στην ατμοσφαιρική ρύπανση και στην κλιματική αλλαγή απελευθερώνοντας σημαντικές ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων στην ατμόσφαιρα (Ben – Othman et al., 2020).

Η υποβάθμιση του εδάφους μπορεί επίσης να προκληθεί από ακατάλληλο χειρισμό των υπολειμμάτων αγροδιατροφής. Τα υπολείμματα μπορούν να οδηγήσουν σε οξίνιση του εδάφους με αποτέλεσμα μείωση της γονιμότητάς του και απομάκρυνση των χρήσιμων μικροοργανισμών ενώ σε συνδυασμό με τα χημικά λιπάσματα που χρησιμοποιούνται οδηγούν σε μείωση της οργανικής ουσίας.

Τα μη διαχειριζόμενα οργανικά απόβλητα μπορούν επίσης να διοχετεύσουν θρεπτικά συστατικά στο έδαφος και τα υπόγεια ύδατα, μειώνοντας την καταλληλότητα των εδαφών για γεωργία και θέτοντας σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία από μολυσμένες πηγές πόσιμου νερού (Voss et al., 2024).

Όταν τα υπολείμματα αγροδιατροφής δεν χειρίζονται ή δεν απορρίπτονται σωστά, μπορεί να οδηγήσουν σε προβλήματα παρασίτων και δυσσομίας. Οι άσχημες οσμές που απελευθερώνονται από την αποσύνθεση οργανικής ύλης μπορεί να είναι προσβλητικές και επικίνδυνες για τις κοντινές κοινότητες. Επιπλέον, τα απόβλητα με κακή διαχείριση μπορούν να προσελκύσουν παράσιτα όπως έντομα τρωκτικά και άλλα παράσιτα που μπορούν να μεταδώσουν ασθένειες και να επιδεινώσουν την κατάσταση του περιβάλλοντος. Τα σημαντικά περιβαλλοντικά ζητήματα που προκαλούνται από τα υπολείμματα αγροδιατροφών περιλαμβάνουν τη διάβρωση του εδάφους, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, τη ρύπανση των υδάτων και τα προβλήματα παρασίτων και οσμών. Στη βιομηχανία αγροδιατροφής, οι τεχνικές βιώσιμης διαχείρισης είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση αυτών των επιπτώσεων και την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

## **1.6 Νομικό πλαίσιο επεξεργασίας αποβλήτων οινοποιείων**

Μόλις πρόσφατα η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει υιοθετήσει αυστηρούς κανόνες κι ελέγχους για τον έλεγχο της ρύπανσης από τις βιομηχανίες που παράγουν απόβλητα καθώς ακόμα και μικρές

ποσότητες αποβλήτων μπορούν να επιδράσουν αρνητικά τόσο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους όπως και στο περιβάλλοντα χώρο και τους μικροοργανισμούς όπως και ανθρώπους που δραστηριοποιούνται.

Η υπάρχουσα νομοθεσία όπως και η αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει» καθιστούν τον παραγωγό των αποβλήτων κυρίως υπεύθυνο για τον καθαρισμό της ρύπανσης που μπορεί να έχει προκύψει από τη μεταφορά ή/και την αποθήκευση των αποβλήτων. Η συνεχής συντήρηση και αποκατάσταση των εγκαταστάσεων μετά την παύση της λειτουργίας τους αποτελεί επίσης τον νόμιμο εκπρόσωπο της βιομηχανικής/μεταποιητικής δραστηριότητας. Εάν εμφανιστούν ξανά αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα απαιτηθούν περαιτέρω διορθωτικές ενέργειες, εάν αυτό αποδειχθεί σχετικό, ο νόμιμος εκπρόσωπος της δραστηριότητας θα πληρώσει για αυτές.

Βάση του Ευρωπαϊκού Κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 1492/1999 του Συμβουλίου για Κοινή Οργάνωση της Αγοράς του Οίνου τα υποπροϊόντα της διαδικασίας οινοποίησης μπορούν να πωληθούν σε οινοπνευματοποιίες ή εναλλακτικά να αποσταλούν σε αποστακτήρια με σκοπό την ανάκτηση αιθανόλης και τρυγικού οξέος (κανονισμός ΕΚ αριθ. 479/2008).

Στην ΕΕ έως το 2050 έχει τεθεί ένα όραμα ανάπτυξης μίας κυκλικής οικονομίας με τους εξής στόχους :

- Μείωση ποσότητα αποβλήτων
- Ανακύκλωση κι επαναχρησιμοποίηση αποβλήτων
- Εφαρμογή στόχων σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ
- Περιορισμός αποτέφρωσης των μη ανακυκλώσιμων υλικών
- Κατάργηση υγειονομικής ταφής στα μη ανακυκλώσιμα και μη ανακτήσιμα απόβλητα

Οι κυριότερες οδηγίες της ΕΕ για παραγωγή, επεξεργασία όπως και για διάθεση αποβλήτων είναι οι εξής :

- οδηγία (ΕΕ) 2018/851, αποτελεί την τροποποιημένη μορφή της 2008/98/ΕΚ για τα απόβλητα («οδηγία - πλαίσιο για τα απόβλητα»)
- οδηγία 2002/96/ΕΚ και οδηγία 2012/19/ΕΕ, που αφορά τα απόβλητα ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού
- οδηγία 94/62/ΕΚ που αφορά τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας



- οδηγία (ΕΕ) 2018/850 η οποία αποτελεί τροποποίηση της οδηγίας 1999/31/ΕΚ αναφορικά με την υγειονομική ταφή των αποβλήτων
- οδηγία 86/278/ΕΟΚ σχετικά με την περιβαλλοντική προστασία και ιδιαίτερα του εδάφους σχετικά με την χρησιμοποίηση της ιλύος καθαρισμού λυμάτων στην γεωργία. Έχει τροποποιηθεί από την οδηγία (ΕΕ) 2018/853 καθώς και τον κανονισμό (ΕΕ) 2019/1010

Στις 29 Σεπτεμβρίου 2020 δημοσιεύθηκε στην Εφημερίδα της Κυβέρνησης της Ελληνικής Δημοκρατίας η Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου 39, η οποία είναι έγκριση του Εθνικού Σχεδίου Διαχείρισης Αποβλήτων (Ε.Σ.Δ.Α.) για το χρονικό διάστημα 2020 – 2030. Αποτελεί ένα κείμενο το οποίο είναι ο σχεδιασμός αναφορικά με την διαχείριση των αποβλήτων της επόμενης δεκαετίας και αναθεωρείται ανά πενταετία. Σκοπός του είναι η ανάπτυξη και καθορισμός της στρατηγικής των πολιτικών, στόχων, κατευθύνσεων και κατάλληλων μέτρων με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και ανθρώπινης υγείας. Για την επίτευξη του παραπάνω σκοπού, η πρόληψη και μείωση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων είναι απαραίτητες.

Ένας σημαντικός στόχος είναι η εφαρμογή της πυραμίδας ιεράρχησης των διαφόρων μεθόδων διαχείρισης στην πράξη. Οι μέθοδοι διαχείρισης βάση του άρθρου 4 της Οδηγίας 2008/98/ΕΚ είναι οι εξής :

- Πρόληψη – αποφυγή δημιουργίας αποβλήτων
- Προετοιμασία για επαναχρησιμοποίηση
- Ανακύκλωση και ανάκτηση υλικών, συμπεριλαμβανόμενης και της διαδικασίας κομποστοποίησης
- Άλλου είδους ανάκτηση όπως για παράδειγμα η ανάκτηση ενέργειας
- Διάθεση των υπολειμμάτων προς υγειονομική ταφή
- Οι στόχοι του σχεδίου διαχείρισης για τα μη επικίνδυνα βιομηχανικά απόβλητα έως και το 2030 είναι οι εξής :
- Διασφάλιση της ορθολογικής διαχείρισης (πρόληψη, ανακύκλωση) των αποβλήτων με εφαρμογή των βέλτιστων διαθέσιμων τεχνικών όπως και της ιχνηλασιμότητάς τους
- Αύξηση του μέγιστου δυνατού ποσοστού ανάκτησης/αξιοποίησης των αποβλήτων τηρώντας τις προδιαγραφές μέσω της απορρόφησης από άλλους παραγωγικούς κλάδους, ανάκτησης υλικών

από υφιστάμενες/μελλοντικές εγκαταστάσεις επεξεργασίας αποβλήτων, συνδιαχείρισή τους με άλλα ομοειδή αλλά μη επικίνδυνα απόβλητα άλλης προέλευσης.

- Επιδίωξη αυτάρκειας της χώρας στα δίκτυα διάθεσης και αξιοποίησης με εκσυγχρονισμό των υπαρχόντων και ίδρυση νέων εγκαταστάσεων.

Στην Ελλάδα εφαρμόζεται τόσο η νομοθεσία της ΕΕ όσο και η νομοθεσία του Υπουργείου Περιβάλλοντος κι Ενέργειας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 Νομικό πλαίσιο επεξεργασίας αποβλήτων οينوποιείων

### 2.1 Ανάγκη για επεξεργασία αποβλήτων

Η σύγχρονη περιβαλλοντική διαχείριση και η δημόσια υγεία εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την επεξεργασία των αποβλήτων. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού και η εκβιομηχάνιση συμβάλλουν στην αύξηση της ποσότητας των παραγόμενων αποβλήτων. Τα οικοσυστήματα, η ανθρώπινη υγεία και η οικονομική σταθερότητα επηρεάζονται σοβαρά από την αναποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων (Devesa-Rey et al., 2011).

Η μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων των αποβλήτων είναι ένας από τους κύριους στόχους της επεξεργασίας αποβλήτων. Η ρύπανση του αέρα του νερού και του εδάφους μπορεί να προκύψει από την ακατάλληλη διαχείριση των αποβλήτων. Η παραγωγή μεθανίου ενός ισχυρού αερίου του θερμοκηπίου που τροφοδοτεί την κλιματική αλλαγή από τα ανεπεξέργαστα απόβλητα στους χώρους υγειονομικής ταφής. Επιπλέον, η μόλυνση των υπόγειων υδάτων από τα στραγγίσματα των χώρων υγειονομικής ταφής αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα. Αυτές οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις μπορούν να μειωθούν σημαντικά με τεχνικές επεξεργασίας αποβλήτων όπως η αναερόβια χώνευση, η κομποστοποίηση και η ανακύκλωση. Για παράδειγμα, οι εκπομπές μεθανίου από την κομποστοποίηση οργανικών αποβλήτων είναι χαμηλότερες από εκείνες της υγειονομικής ταφής (Devesa-Rey et al., 2011).

Ακόμα, η ανακύκλωση υλικών όπως τα μέταλλα και τα πλαστικά μειώνει την ανάγκη εξόρυξης πρώτων υλών προστατεύοντας τους φυσικούς πόρους και επιβραδύνοντας την υποβάθμιση του περιβάλλοντος (Devesa-Rey et al., 2011).

Οι επιπτώσεις της ακατάλληλης διαχείρισης των αποβλήτων στην ανθρώπινη υγεία είναι σημαντικές. Η έκθεση σε επικίνδυνα απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε μια σειρά από προβλήματα υγείας, όπως αναπνευστικά προβλήματα, δερματικές λοιμώξεις, ακόμη και καρκίνο. Οι άνθρωποι πληθυσμοί οι οποίοι διαμένουν κοντά σε χώρους υγειονομικής ταφής παρουσιάζουν αυξημένη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου. Επιπλέον, η καύση των αποβλήτων απελευθερώνει τοξικούς ρύπους, συμπεριλαμβανομένων των διοξινών και των φουρανίων, οι οποίοι συνδέονται με σοβαρές παθήσεις της υγείας (Castellani et al., 2023).

Οι τεχνολογίες επεξεργασίας αποβλήτων μπορούν να μετριάσουν αυτούς τους κινδύνους για την υγεία. Η αποτέφρωση, όταν είναι εξοπλισμένη με προηγμένα συστήματα φιλτραρίσματος, μπορεί να

διαθέσει με ασφάλεια τα επικίνδυνα απόβλητα, μειώνοντας την απελευθέρωση τοξικών ουσιών. Επιπλέον, η σωστή διαλογή και ανακύκλωση των ηλεκτρονικών αποβλήτων αποτρέπει την απελευθέρωση βαρέων μετάλλων και άλλων τοξινών, προστατεύοντας τόσο τους εργαζόμενους όσο και τις κοινότητες (Castellani et al., 2023).

Υπάρχουν επίσης σημαντικά οικονομικά πλεονεκτήματα από την αποτελεσματική επεξεργασία των αποβλήτων. Η κομποστοποίηση και η ανακύκλωση παράγουν εισόδημα μέσω της πώλησης του κομποστ και των ανακυκλώσιμων υλικών, καθώς και θέσεις εργασίας.

Επιπλέον, η επεξεργασία των αποβλήτων μειώνει την τιμή της ιατρικής περίθαλψης και του περιβαλλοντικού καθαρισμού. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας εκτιμά ότι μόνο η ατμοσφαιρική ρύπανση κοστίζει στην παγκόσμια οικονομία πάνω από 5 τρισεκατομμύρια δολάρια ετησίως σε κόστος πρόνοιας, γεγονός που καταδεικνύει τη σημαντική οικονομική επιβάρυνση που προκαλούν στην κοινωνία οι ασθένειες που σχετίζονται με τη ρύπανση. Η επεξεργασία των αποβλήτων μπορεί να μειώσει αυτές τις δαπάνες και να απελευθερώσει κεφάλαια για άλλες επείγουσες ανάγκες μειώνοντας τη ρύπανση (Hossain et al., 2011).

Η διατήρηση των φυσικών πόρων εξαρτάται από την επεξεργασία των αποβλήτων. Λόγω της περιορισμένης προσφοράς πολλών πόρων, το γραμμικό μοντέλο κατανάλωσης - όπου τα υλικά χρησιμοποιούνται μία φορά και στη συνέχεια απορρίπτονται - δεν είναι βιώσιμο (Hossain et al., 2011).

Τα τελευταία χρόνια προωθείται μία κυκλική οικονομία η οποία μειώνει τα απόβλητα με την επαναχρησιμοποίηση, την ανακαίνιση και την ανακύκλωση υλικών και προϊόντων. Η ανακύκλωση είναι ένας αποτελεσματικός τρόπος για τη διατήρηση των πόρων (Yakovleva, 2020).

Ταυτόχρονα, η βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων είναι απαραίτητη για την επίτευξη των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών. Ο στόχος 12, ο οποίος δίνει έμφαση στην υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή, υποστηρίζει συγκεκριμένα τη σημαντική μείωση της παραγωγής αποβλήτων μέσω της πρόληψης, της μείωσης, της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης. Οι αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης αποβλήτων είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη αυτών των στόχων και τη διασφάλιση ενός βιώσιμου μέλλοντος (Yakovleva, 2020).

Οι καινοτόμες τεχνολογίες διαχείρισης αποβλήτων, όπως οι μονάδες μετατροπής αποβλήτων σε ενέργεια, αποτελούν το κλειδί για τη βιώσιμη διαχείριση των αποβλήτων. Οι μονάδες αυτές μετατρέπουν τα μη ανακυκλώσιμα απόβλητα σε ενέργεια, μειώνοντας την ποσότητα των αποβλήτων που αποστέλλονται στους χώρους υγειονομικής ταφής και προσφέροντας μια ανανεώσιμη πηγή ενέργειας. Ωστόσο είναι πολύ σημαντικό να ληφθεί υπόψη η αποδοτικότητα της επαναχρησιμοποίησης των πόρων ώστε να μην επιβαρυνθεί το περιβάλλον (Yakovleva, 2020).

## 2.2 Παγκόσμια νομοθεσία

Η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη ορίζει την αειφορία ως την ικανοποίηση των σημερινών αναγκών χωρίς να στερεί από τις μελλοντικές γενιές τη δυνατότητα να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες. Η βιωσιμότητα ή βιώσιμη ανάπτυξη είναι μια ανθρωποκεντρική προσέγγιση σε αντίθεση με μια προσέγγιση που βασίζεται στην ανάπτυξη ή την προστασία του περιβάλλοντος, όπως ίσχυε πριν από το 1987. Οι στόχοι της βιώσιμης ανάπτυξης διατυπώθηκαν επίσημα ταυτόχρονα με τη διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών στο Ρίο το 1992 (Εξαρχουλέα & Μπεριάτος, 2011).

Η Σύμβαση των Ηνωμένων Εθνών για την κλιματική αλλαγή του 1992, η Σύμβαση για την απερίμωση του 1994, το Πρωτόκολλο του Κιότο του 1997 και η Σύμβαση για τη βιοποικιλότητα του 1992 είναι μερικές μόνο από τις διεθνείς συμφωνίες που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της διάσκεψης του Ρίο και των επακόλουθων διασκέψεων για περιβαλλοντικά θέματα, με κυριότερη τη Διάσκεψη του Γιοχάνεσμπουργκ για την αειφόρο ανάπτυξη του 2002.

Στην Ευρώπη εκδόθηκαν επίσης δύο βιβλία με συγκεκριμένες συστάσεις και κατευθυντήριες γραμμές σε τομείς μεγάλης σημασίας όπως το περιβάλλον. Αυτά ονομάστηκαν Λευκή και Πράσινη Βίβλος. Η οδηγία 2006/21/ΕΚ, η οποία θεσπίζει μηχανισμό χρηματοδοτικής στήριξης για τα κράτη που αναλαμβάνουν δράση για την εφαρμογή της οδηγίας, αποτελεί μια κρίσιμη πολιτική για τη βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων, τη διαχείριση των αποβλήτων και την προστασία του εδάφους σε επίπεδο ΕΕ.

Σήμερα, η ΕΕ εγκαινιάζει το 7ο Πρόγραμμα Δράσης για το Περιβάλλον με επίκεντρο την πολιτική για τα απόβλητα και υιοθετώντας το νέο σύνθημα *be waste wise*. Η ΕΕ αναπτύσσει επίσης στρατηγικές και θέτει νέες προτεραιότητες για τους χρονικούς ορίζοντες του 2020 και του 2030.

Ο καθορισμός νέων στόχων για το 2030 διευκολύνει τη στροφή προς μια κυκλική οικονομία σύμφωνα με την Οδηγία 2018/851/ΕΚ2 όπου τα απόβλητα θεωρούνται πολύτιμος πόρος και όχι ανεπιθύμητη επιβάρυνση. Οι δηλωμένοι στόχοι προτεραιότητας (όπως η σταδιακή κατάργηση της υγειονομικής ταφής 3, η αύξηση της ανακύκλωσης και η επαναχρησιμοποίηση, η μείωση της αποτέφρωσης μη ανακυκλώσιμων υλικών και η περαιτέρω μείωση των αποβλήτων) δεν είναι τόσο καινοτόμοι όσο είναι μια ενημερωμένη προσέγγιση για τους τρέχοντες στόχους που χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα εργαλεία (νομοθεσία, οικονομία και έρευνα) για να εγγυηθεί την επιτυχία και να επιφέρει πρόσθετες αλλαγές (Cailean & Teodosiu, 2016).

## 2.3 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

Η προστασία του περιβάλλοντος είναι υψίστης σημασίας για την διατήρηση της ποιότητας ζωής των τωρινών και μελλοντικών γενεών.

Γενικότερα, η ΕΕ καλείται να διασφαλίζει πως :

- Οι νόμοι θεσπίζονται κι εφαρμόζονται στην πράξη
- Κατά την λήψη κι εφαρμογή των πολιτικών της ΕΕ εκτιμάται ο αντίκτυπος που θα έχουν στο περιβάλλον
- Οι επιχειρήσεις όπως και οι καταναλωτές συμμετέχουν στον εντοπισμό λύσεων καθώς και στα οικολογικά προβλήματα
- Οι πολίτες διαθέτουν όλες τις απαραίτητες πληροφορίες που θα τους βοηθήσουν να πραγματοποιήσουν επιλογές οι οποίες θα είναι φιλικές προς το περιβάλλον
- Αυξάνεται η ευαισθητοποίηση σχετικά με το περιβάλλον καθώς και τον αντίκτυπο των ανθρώπινων διεργασιών στα οικοσυστήματα

Γενικότερα, η στρατηγική της ΕΕ βασίζεται στην αρχή πως ο «ρυπαίνων πληρώνει». Συγκεκριμένα, ο ρυπαίνων μπορεί να πληρώσει είτε με την πραγματοποίηση των απαραίτητων επενδύσεων που θα τον συμμορφώσουν προς πιο αυστηρά πρότυπα, είτε μέσω της καθιέρωσης ενός συστήματος ανάκτησης, ανακύκλωσης ή διάθεσης προϊόντων αμέσως μετά την χρήση τους.

Η ορθολογική διαχείριση των Αστικών Στερεών Αποβλήτων βασίζεται στα εξής :

**Αρχή πρόληψης ή μείωσης των παραγόμενων αποβλήτων.** Σε αυτό το σημείο εκτιμώνται οι επιπτώσεις από τα στάδια εξαγωγής των πρώτων υλών, μεταποίησης και μεταφοράς τους. Η πρόληψη μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με περιορισμούς είτε με απαγορεύσεις στην χρήση διαφόρων ουσιών με σκοπό την πρόληψη δημιουργίας επικίνδυνων υποπροϊόντων είτε με την ενθάρρυνση των καταναλωτών προς αγορά προϊόντων που ρυπαίνουν λιγότερο.

**Αρχή ανακύκλωσης υλικών.** Η ανακύκλωση από τα απορρίμματα αποτελούν τον πυρήνα της διαχείρισής τους.

**Αρχή ανάκτησης ενέργειας.** Στην περίπτωση που δεν είναι δυνατή η ανάκτηση των υλικών, τα απόβλητα με υψηλό θερμικό περιεχόμενο θα πρέπει να χρησιμοποιούνται προς ανάκτηση ενέργειας ώστε το κλάσμα που δεν μπορεί να αξιοποιηθεί να διατίθεται προς ταφή.

**Αρχή της ασφαλούς διάθεσης.** Τα απόβλητα που διατίθενται στο περιβάλλον θα πρέπει να πραγματοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην δημιουργούν προβλήματα και να εντοπίζονται σε μορφή όπου δεν θα επιβαρύνει ή μολύνει το περιβάλλον.

Η οδηγία 99/31/ΕΚ αναφέρει πως είναι αναγκαία η αξιοποίηση κι επεξεργασία των παραγόμενων

αποβλήτων είτε προς παραγωγή νέου προϊόντος είτε προς παραγωγή ενέργειας.

Η οδηγία 2006/12/EK αναφέρει πως εντοπίζεται μία σειρά από μέτρα για τα κράτη μέλη, που πραγματοποιούν δράσεις με στόχο την πρόληψη ή και παντελή μείωση της παραγωγής των αποβλήτων, της αξιοποίησής τους ως πόρος.

Η οδηγία 91/689/ΕΟΚ αφορά επικίνδυνα απόβλητα και αναφέρει πιο αυστηρούς όρους αλλά και προϋποθέσεις σχετικά με την συλλογή, μεταφορά και αξιοποίηση των τοξικών κι επικίνδυνων αποβλήτων όπως και ειδικά απαιτήσεις για τα εκάστοτε κράτη μέλη.

Η οδηγία 99/31/EK αφορά την υγειονομική ταφή κι έχει σαν στόχο την πρόληψη αλλά και μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της ταφής των αποβλήτων στο περιβάλλον ενώ διακρίνει τους χώρους ταφής ως εξής :

- Χώροι ταφής επικίνδυνων αποβλήτων.
- Χώροι ταφής μη επικίνδυνων αποβλήτων (εδώ ανήκουν τα απόβλητα οινοποίησης)
- Χώροι ταφής αδρανών αποβλήτων

Η οδηγία 200/76/EK αφορά την αποτέφρωση των αποβλήτων κι έχει σαν στόχο την πρόληψη και περιορισμό των επιπτώσεων στο περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία από την αποτέφρωση και συνδυασμένη αποτέφρωση των αποβλήτων.

Βέβαια για την διαχείριση συγκεκριμένων ρευμάτων αποβλήτων έχουν δημιουργηθεί οι εξής νομοθεσίες :

- Οδηγία 75/439/ΕΟΚ περί διαθέσεως των χρησιμοποιηθέντων ορυκτελαίων.
- Οδηγία 91/157/ΕΟΚ για τις ηλεκτρικές στήλες και τους συσσωρευτές που περιέχουν ορισμένες επικίνδυνες ουσίες.
- Οδηγία 94/62/EK για τις συσκευασίες και τα απορρίμματα συσκευασίας.
- Οδηγία 96/59/EK για τη διάθεση των πολυχλωροδιφαινυλίων και των πο-λυχλωροτριφαινυλίων (PCB/PCT).
- Οδηγία 2000/53/EK για τα οχήματα στο τέλος του κύκλου ζωής τους.
- Οδηγία 2002/95/EK σχετικά με τον περιορισμό της χρήσης ορισμένων επικίνδυνων ουσιών σε είδη ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού.
- Οδηγία 2002/96/EK σχετικά με τα απόβλητα ειδών ηλεκτρικού και ηλεκτρονικού εξοπλισμού (ΑΗΗΕ).
- Οδηγία 91/689/ΕΟΚ, για τα επικίνδυνα απόβλητα.
- Οδηγία 94/62/EK για την εναλλακτική διαχείριση.
- Κανονισμός 1774/2002/EK, για την διαχείριση ζωικών υποπροϊόντων και αποβλήτων.

Το νομικό πλαίσιο για τη διαχείριση των στερεών αποβλήτων περιγράφεται στην ΚΥΑ 114218/97

Καθορισμός πλαισίου προδιαγραφών και γενικών προγραμμάτων για τη διαχείριση στερεών αποβλήτων, η οποία θεσπίζει επίσης ειδικές προδιαγραφές για κάθε έργο.

Τέλος η ΚΥΑ 13588/725/2006 καθορίζει τις υποχρεώσεις των παραγωγών και των φορέων διαχείρισης επικίνδυνων αποβλήτων καθώς και τις τεχνικές απαιτήσεις και το περιεχόμενο του εθνικού σχεδιασμού. Καθορίζει επίσης μέτρα όρους και περιορισμούς για τη διαχείριση των επικίνδυνων αποβλήτων. σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων αυτών Α/Α 24944/1159/2006.

## **2.4 Εθνική νομοθεσία Ελλάδας**

Η χώρα μας εναρμονίζεται σε δύο βασικές οδηγίες – πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης βάσης του Νόμου 3199/2003 που σχετίζεται με την Προστασία και Διαχείριση των Υδάτων και την ΚΥΑ 5673/400/97.

Η Οδηγία 2000/60/EC του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της Ευρώπης, ενέκρινε στις 23 Οκτωβρίου 2000 και θέσπισε διάφορα πρότυπα σχετικά με τις κοινές κοινοτικές δράσεις στον τομέα της πολιτικής σχετικά με τα ύδατα. Η συγκεκριμένη Οδηγία σχετικά με το πλαίσιο για τα ύδατα ορίζει την ιλύ σαν προϊόν της επεξεργασίας των λυμάτων αλλά όχι σαν απόβλητο.

Η Οδηγία 21 Μάιου 1991 της WFD (δηλαδή Οδηγία 91/271/EEC) αφορά την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Η συγκεκριμένη οδηγία υποχρεώνει να παρακολουθείται και να αναφέρεται η επεξεργασία των αστικών λυμάτων και η τελική διάθεση της ιλύος των αστικών λυμάτων. Το άρθρο 14 της Οδηγίας 91/271/EEC του Συμβουλίου, αναφέρεται στην ιλύ η οποία παράγεται μετά την επεξεργασία των λυμάτων ενώ αναφέρει πως η ιλύς των αστικών λυμάτων πρέπει να επαναχρησιμοποιηθεί ώστε να αποφευχθούν οι δυσμενείς επιπτώσεις ανά βέλτιστη περίπτωση. Η συγκεκριμένη οδηγία έως και το 2015 οδήγησε στην αύξηση του ρεύματος ιλύος ενώ έδωσε και την δυνατότητα εφαρμογής άλλων μεθόδων επαναχρησιμοποίησής της.

Η Οδηγίας της 19 Νοεμβρίου 2008 σχετικά με τα απόβλητα ρυθμίζει την ανακύκλωσή τους όπως και της ιλύς. Βάση της συγκεκριμένης νομοθεσίας, καθορίζεται η επεξεργασία των αποβλήτων και της ιλύος ενώ αναφέρει πως η πρόληψη της παραγωγής αποβλήτων είναι η κυριότερη προτεραιότητα.

Η Οδηγία 2010/75/EC της 24ης Νοεμβρίου 2010 (Commission, 2010), συνδυάζει άλλες οδηγίες όπως η Οδηγία 2008/1/EC για την ολοκληρωμένη πρόληψη της ρύπανσης της Οδηγίας 2001/80/EC αναφορικά με τον περιορισμό των εκπομπών ορισμένων ρύπων στον αέρα από μεγάλες εγκαταστάσεις καύσης και της Οδηγίας 2000/76/EC της 4ης Δεκεμβρίου 2000 σχετικά με την αποτέφρωση αποβλήτων και τα πρότυπα εκπομπών.

Το Έγγραφο Εργασίας για τις υπηρεσίες Επιτροπής της 2<sup>ης</sup> Ιουλίου 2014 αφορά το γεγονός πως δεν



μπορεί να επιτευχθεί συναίνεση αναφορικά με την ορθή προσαρμογή των οριακών τιμών για τα βαρέα μέταλλα στην ίλυ και το έδαφος.

Το Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων καθώς και το Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο Πρόληψης για την ίλυ τέθηκαν οι εξής στόχοι :

- Ελαχιστοποιείται η διάθεση της ιλύος σε Χώρους Υγειονομικής Ταφής
  - Ανακτάται ίλης 95% κατά βάρος επί της παραγόμενης ποσότητας. Η ίλυς έως 5% επί της παραγόμενης ποσότητας κατά βάρος υφίστανται διάθεση
  - Αναπτύσσεται δίκτυο υποδομών για την ανάκτηση ιλύος που παράγεται από την επεξεργασία των αστικών λυμάτων
  - Ενημερώνονται προφορικά με τις δυνατότητες ορθής διαχείρισης της ιλύος των παραγωγών ιλύος
- Η παραγόμενη ίλυς μπορεί να αξιοποιηθεί ως εξής :

- Με την χρήση της ιλύος γεωργικών υπολειμμάτων είτε απευθείας είτε έπειτα από την κομποστοποίηση, τηρούμενων όλων των περιορισμών και προδιαγραφών που έχουν τεθεί βάση της αντίστοιχης νομοθεσίας
- Με την χρήση της έπειτα από ξήρανση, σαν καύσιμο ύλης, στην βιομηχανία και θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ενέργειας
- Με την χρήση ιλύος στην αποκατάσταση του τοπίου μετά από υγειονομική σταθερότητα και αποξήρανση

Το νομικό πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων οινοποίησης στην Ελλάδα περιλαμβάνει διάφορους νόμους, διατάγματα και κανονισμούς που καλύπτουν τόσο την περιβαλλοντική προστασία όσο και τη διαχείριση αποβλήτων γενικότερα. Ορισμένα από τα κύρια σημεία είναι τα εξής:

- Νόμος 4042/2012: Εναρμονίζει την ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 2008/98/EK για τα απόβλητα. Περιλαμβάνει διατάξεις για την πρόληψη, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακύκλωση και την ανάκτηση αποβλήτων. Καθορίζει επίσης την ιεραρχία διαχείρισης αποβλήτων και θέτει στόχους για τη μείωση των αποβλήτων.
- Νόμος 2939/2001: Σχετίζεται με τη διαχείριση των συσκευασιών και των αποβλήτων συσκευασιών. Ορίζει τις ευθύνες των παραγωγών για τη διαχείριση των συσκευασιών που χρησιμοποιούν.
- Προεδρικό Διάταγμα 148/2009: Αναφέρεται στη διαχείριση των υγρών αποβλήτων και καλύπτει τις απαιτήσεις για την επεξεργασία και την απόρριψη των υγρών αποβλήτων.
- Κοινή Υπουργική Απόφαση (ΚΥΑ) 13588/725/2006: Θέτει τις απαιτήσεις για την ορθολογική διαχείριση των στερεών αποβλήτων, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων από τη γεωργική και

την αγροτική βιομηχανία, όπως η οινοποίηση.

- ΚΥΑ 11641/1942/2002: Αναφέρεται στη διαχείριση των αποβλήτων που προκύπτουν από την παραγωγή και την επεξεργασία τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του οινοποιητικού κλάδου.
- Εθνικό Σχέδιο Διαχείρισης Αποβλήτων (ΕΣΔΑ): Παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των αποβλήτων σε εθνικό επίπεδο, συμπεριλαμβανομένων των αποβλήτων οινοποίησης.

### **Κύρια Σημεία Διαχείρισης Αποβλήτων Οινοποίησης**

**Πρόληψη και Μείωση :** Τα οινοποιεία καλούνται να λάβουν μέτρα για την πρόληψη και τη μείωση των αποβλήτων κατά τη διαδικασία της οινοποίησης.

**Ανακύκλωση και Ανάκτηση :** Ενθαρρύνεται η ανακύκλωση και η ανάκτηση υλικών από τα απόβλητα της οινοποίησης. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αξιοποίηση του στεμφύλου και των υπολειμμάτων για την παραγωγή κομπόστ ή την παραγωγή ενέργειας μέσω αναερόβιας χώνευσης.

**Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων :** Τα υγρά απόβλητα που παράγονται από τις διαδικασίες οινοποίησης πρέπει να υποβάλλονται σε κατάλληλη επεξεργασία πριν από την απόρριψη στο περιβάλλον.

**Αδειοδοτήσεις και Έλεγχοι :** Οινοποιεία πρέπει να διαθέτουν τις απαραίτητες άδειες για τη διαχείριση των αποβλήτων τους και υπόκεινται σε τακτικούς ελέγχους από τις αρμόδιες αρχές.

Η συμμόρφωση με το νομοθετικό πλαίσιο είναι απαραίτητη για την αποφυγή προστίμων και άλλων νομικών συνεπειών, καθώς και για την προστασία του περιβάλλοντος και της δημόσιας υγείας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 Απόβλητα διαδικασίας οινοποίησης

### 3.1 Γενικές πληροφορίες

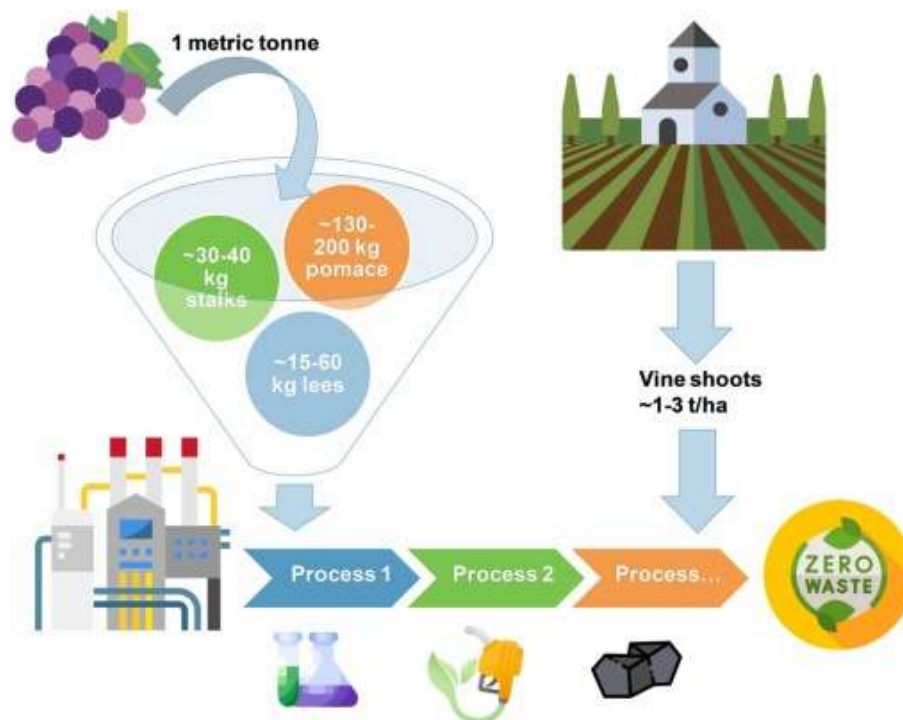
Για να καλυφθεί η αναμενόμενη αύξηση της ζήτησης τροφίμων και ποτών πρέπει να γίνουν προσαρμογές στις τεχνικές επεξεργασίας και παρασκευής των γεωργικών προϊόντων. Ο στόχος 12 της βιώσιμης παραγωγής και κατανάλωσης του ΟΗΕ περιλαμβάνει τον στόχο της ουσιαστικής μείωσης της παραγωγής αποβλήτων μέσω της πρόληψης της μείωσης της ανακύκλωσης και της επαναχρησιμοποίησης.

Οι παγκόσμιες πολιτικές για την κυκλική βιοοικονομία βασίζονται σε αυτή τη θεμελιώδη ιδέα (Merli et al. 2018) και των νέων απαιτήσεων πιστοποίησης προκειμένου να συμμορφωθούν με ένα επιχειρηματικό μοντέλο για την κυκλική οικονομία. Για να είναι ο αγροδιατροφικός τομέας πιο βιώσιμος, τα απόβλητα από όλες τις γεωργικές δραστηριότητες (συμπεριλαμβανόμενων και των αμπελοοινικών δραστηριοτήτων) πρέπει να υφίστανται κατάλληλη διαχείριση κι επεξεργασία.

Ο κλάδος της οινοπαραγωγής κατατάσσεται μεταξύ των σημαντικότερων. Η παραγωγή οίνου είναι ένας σημαντικός κλάδος παγκοσμίως λόγω της υψηλής οικονομικής του αξίας καθώς το 2018 οι οινοπαραγωγές χώρες ανήλθαν στις 72. Χρησιμοποιώντας τις εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Αμπέλου και Οίνου για το 2019 (25. 8 εκατ. τόνοι) και το 2020 (26. 0 εκατ. τόνοι), η ποσότητα οίνου που παρήχθη το 2018 ήταν οριακά χαμηλότερη. Η Ιταλία, η Γαλλία, η Ισπανία, οι ΗΠΑ, η Κίνα, η Αργεντινή, η Χιλή, η Αυστραλία, η Νότια Αφρική και η Γερμανία ήταν οι κύριοι παραγωγοί. Με βάση τα στοιχεία του ΟΙΒ η τάση αυτή εξακολουθεί να υφίσταται (ΟΙΒ 2021). Όσον αφορά τα οινοποιήσιμα σταφύλια επιτραπέζια σταφύλια ή αποξηραμένα σταφύλια είναι μεταξύ των κορυφαίων αμπελώνων παγκοσμίως αντιπροσωπεύοντας πάνω από το 80% της παγκόσμιας παραγωγής οίνου (United Nations, 2021).

Τα υπολείμματα κλαδέματος, οι βλαστοί, τα στέμφυλα, οι οινολάσπες, τα υγρά απόβλητα και η βινάσσα είναι μεταξύ των κυριότερων αποβλήτων και υποπροϊόντων που παράγονται στις αμπελοοινικές εκμεταλλεύσεις. Μεταξύ αυτών οι βλαστοί αμπέλου είναι το κύριο απόβλητο που παράγεται από τη διαδικασία του κλαδέματος ενώ τα στέμφυλα είναι τα κυριότερα και πρώτα απόβλητα που παράγονται κατά την διαδικασία οινοποίησης. Τέλος οι οινολάσπες και τα υγρά απόβλητα είναι τα τελευταία απόβλητα που παράγονται.

Γενικότερα, 100 tn γλεύκους ή οίνου παράγουν περίπου 38,9 tn αποβλήτων κατά μέσο όρο σε όλες τις οινοπαραγωγικές περιοχές, οπότε για το 2020 η παραγωγή αποβλήτων στο σύνολό της ανέρχεται πάνω από 11 εκατομμύρια τόνους.



**Εικόνα 1 Παραγόμενη βιομάζα κατά την επεξεργασία των σταφυλιών Πηγή : del Mar et al., (2022)**

Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της διάθεσης αυτών των υπολειμμάτων, για τον υπολογισμό των επιπτώσεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μεθοδολογία εκτίμησης του αποτυπώματος άνθρακα του κύκλου ζωής. Σε περίπτωση που τα στερεά απόβλητα των οινοποιείων καταλήγουν σε χώρους υγειονομικής ταφής, έχει υπολογιστεί ότι κάθε τόνος αποβλήτων παράγει περίπου 900 kg CO<sub>2</sub>. Η απόρριψη των οινολασπών θα μπορούσε να απελευθερώσει περίπου 4.7 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα (Laca et al., 2021).

Επιπλέον, ένα σημαντικό μέρος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων προκαλείται από τη χρήση συμβατικών μεθόδων, όπως η καύση των αποβλήτων κλαδέματος αμπελώνων. Η αξιοποίηση αυτών των ανέξοδων αποβλήτων σε βιοδιυλιστήρια πολλαπλών προϊόντων για την παραγωγή ενεργειακών βιοκαυσίμων και/ή πολύτιμων βιοπροϊόντων εκτός από έσοδα είναι ένα εναλλακτικό σενάριο που στοχεύει στη μείωση της περιβαλλοντικής ρύπανσης και των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Laca et al., 2021).

Ενώ ο ακριβής τύπος του αποβλήτου, η ποικιλία σταφυλιών και η επεξεργασία του οίνου επηρεάζουν τη χημική σύσταση των αποβλήτων που προέρχονται από την αμπελουργία και την οινοποίηση, τα κύρια συστατικά τα οποία μπορούν να ληφθούν και να χρησιμοποιηθούν είναι συνήθως τα λιπίδια, οι πρωτεΐνες, οι ημικυτταρίνες και η λιγνίνη. Αυτά τα υπολείμματα παρουσιάζουν μία σειρά από χρήσεις συμπεριλαμβανόμενης της εφαρμογής στο έδαφος, την χρήση προς παραγωγή ζωοτροφών, την χρήση προς παραγωγή βιοαιθανόλης, βιοαερίου, βιοελαίου, βιοάνθρακα και διαιτητικών ινών.

Αυτά τα παραγόμενα προϊόντα μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη λειτουργικών συστατικών που παίζουν ρόλο στην πρόληψη των ανθρώπινων ασθενειών και μπορούν να αντικαταστήσουν τα οινολογικά πρόσθετα λόγω των αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών ιδιοτήτων τους (Lopez-Fernandez-Sobrino et al., 2021).

Οι παραγόμενες ποσότητες παρουσιάζουν διακυμάνσεις, όμως κατά την επεξεργασία 1 tn σταφυλιών παράγονται 130-200kg στεμφύλων, 30-40kg βοστρύχων και 15-60kg οινολασπών. Κατά συνέπεια, λαμβάνοντας υπόψη μια παγκόσμια παραγωγή σταφυλιών 77,1 εκατομμυρίων τόνων, εκτιμάται ότι 5,7-8. 8 1. 3-1. 8 και 0. 7-2. 6 εκατομμύρια τόνοι αυτών των αποβλήτων μπορούν να παραχθούν παγκοσμίως (Bionino, 2021).

Λαμβάνοντας υπόψη τις εθνικές τάσεις στο εγγύς μέλλον, μεταβλητές όπως το κλίμα (θερμές θερμοκρασίες) και διαρθρωτικοί λόγοι (τεχνολογικοί περιορισμοί) θα επηρεάσουν τη συνολική παραγωγικότητα των σταφυλιών και του οίνου (OIV 2021) και κατά συνέπεια την ποσότητα των παραγόμενων αποβλήτων. Για τον λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η επεξεργασία τους.

### **3.2 Υπολείμματα κλαδέματος - στελέχη – φύλλα – μίσχοι**

Τα υπολείμματα κλαδέματος, στελέχη, φύλλα, μίσχοι αποτελούν τα κύρια παραγόμενα υποπροϊόντα κατά την διαδικασία της καλλιέργειας των αμπελώνων. Οι ετήσιες εργασίες κλαδέματος οδηγούν στην παραγωγή περίπου 1 – 2tn / ha. Η πρωτογενής βιομάζα που παράγεται από αυτή τη διαδικασία είναι συνήθως ξυλώδης με διάρκεια έως 1 μέτρο και συνήθως όχι μεγαλύτερο πάχος από 1-2 cm. Αυτά τα γεωργικά απόβλητα έχουν επί του παρόντος πολύ λίγες εφαρμογές και μικρή οικονομική αξία ενώ αφήνονται συνήθως στον αγρό προς φυσική επεξεργασία ενώ σε αρκετές περιπτώσεις προς αποφυγή μετάδοσης των παθογόνων καίγονται. Όταν όμως καίγονται παράγονται αέρια του θερμοκηπίου τα οποία επιβαρύνουν το περιβάλλον.

Όπως και να έχει, οι πρακτικές αυτές υποδηλώνουν σημαντικές αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Επομένως, τα αμπέλια είναι ένας πολύτιμος πόρος και η χρήση τους ως πρώτη ύλη για προϊόντα βιολογικής βάσης που θα μπορούσαν να αντικαταστήσουν χημικές ουσίες που παράγονται από ορυκτές πρώτες ύλες είναι μια ενδιαφέρουσα στρατηγική (Senila et al., 2020).

Τα κύρια συστατικά των ξυλοποιημένων βλαστών αμπέλου είναι ολοκυτταρίνη ( $\geq 60\%$ ) λιγνίνη ( $\geq 20\%$ ) και περίπου 3% εκχυλίσματα. Επιπλέον, παρατηρούνται υψηλές συγκεντρώσεις ξυλόζης (σε μορφή ξυλόζης περίπου 12% κ.β.) (Senila et al., 2020).

### Πίνακας 1. Η σύνθεση των υπολειμμάτων κλαδέματος (ξυλοποιημένοι βλαστοί αμπέλου)

Πηγή : del Mar Contreras et al., (2022)

Συστατικό	Περιεκτικότητα (% κ.β.)
Πρωτεΐνες	3 - 5
Λιπίδια	4 – 5,3
Γλυκάνες - κυτταρίνης	28 - 70
Λιγνίνη	2 - 10
Τέφρα	1,2 – 3,9
C	44 - 46
H	5 - 6
N	0,5 – 0,9
S	0,01 – 0,1
O	46

Μεταξύ άλλων τα φύλλα αποτελούν ένα σημαντικό υπόλειμμα το οποίο παράγεται ετησίως στους 1,4 – 2,0 tn/ha. Κάθε έτος η αφαίρεση των φύλλων πραγματοποιείται για την βελτίωση του αερισμού και την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων σταφυλιών όπως για παράδειγμα την διαχείριση της οξύτητας των ραγών. Αν και τα φύλλα αποτελούν σημαντικό υπόλοιπο από την οινοποίηση, η αξιολόγηση των υπολειμμάτων τους συνήθως δεν υπολογίζεται. Τα φύλλα που συλλέγονται από τις βιομηχανίες είτε καίγονται είτε απορρίπτονται σε ΧΥΤΑ. Έχει γίνει ελάχιστη έρευνα σχετικά με την εκχύλιση και τη χρήση φαινολικών, τανινών, λιπιδίων, βιταμινών, φλαβονολών, οργανικών οξέων και διαφορετικών μορφών σακχάρων από τα υπολείμματα σταφυλιών και δεν έχουν προταθεί πρακτικές στρατηγικές διαχείρισης. Η εμπορική του σημασία πηγάζει από τα πολλά οργανικά οξέα και πολυφαινόλες που περιέχουν αυτά τα φύλλα. Ο χυμός από φύλλα σταφυλιού προτείνεται ως αντιβακτηριδιακό στον τομέα των τροφίμων (Xia et al., 2010).



**Εικόνα 2. Υπολείμματα κλαδέματος**

Πηγή : <https://www.samiaampelos.gr/wp-content/uploads/2017/02/fytema-kladema-ampeliou-696x438.jpg>

Λαμβάνοντας υπόψιν την χημική σύνθεση των βλαστών της αμπέλου, είναι εμφανές πως είναι δυνατή η αξιοποίησή τους προς λήψη υδατανθράκων κι άλλων χρήσιμων χημικών ενώσεων.

Οι μίσχοι επιπλέον αντιπροσωπεύουν το πράσινο και αργότερα ξυλοποιημένο τμήμα που συγκρατεί τα άνθη και μετέπειτα ράγες σταφυλιών. Τα στελέχη μπορεί να αποτελούν έως και το 6-7% του βάρους των σταφυλιών και συνήθως αφαιρούνται πριν την διαδικασία της ζύμωσης.

Οι μίσχοι απαρτίζονται κυρίως από γλυκόζη και φρουκτόζη οι οποίες είναι διαλυτές και συνήθως συνδυάζονται με υδατάνθρακες που είναι κυρίως ημικυτταρίνες (περίπου 26 % κ.β.) και κυτταρίνη (περίπου 12-36 % κ.β.). Η ξυλόζη είναι ένα πρωτογενές ημικυτταρινικό σάκχαρο που μπορεί να αποτελεί περίπου το 12% του συνολικού βάρους. Η υψηλή περιεκτικότητά τους σε εκχυλίσματα (πάνω από 20%) και η περιεκτικότητά τους σε λιγνίνη (περίπου 30 τοις εκατό) ξεχωρίζουν όσον αφορά τη χημική τους σύσταση. Η περιεκτικότητα σε ημικυτταρίνες παρουσιάζει διαφορές που σχετίζονται την ποικιλία σταφυλιών και την περιοχή προέλευσης (Portinho et al., 2017).

Η βιομάζα που βρίσκεται στους μίσχους των σταφυλιών αποτελεί πηγή σακχάρων και ενδιαφέρουσες βιοενώσεις που έχουν χρήσεις στη βιομηχανία τροφίμων και σε άλλες βιομηχανίες, όπως αποδεικνύεται από τη σύστασή τους. Λόγω της χαμηλής βιοδιασπασιμότητάς τους, τα στελέχη σταφυλιών προστίθενται σήμερα στο έδαφος ως οργανικές και ανόργανες εισροές (ασβέστιο, μαγνήσιο και κάλιο), αν και με περιορισμένη αποτελεσματικότητα (Portinho et al., 2017).

Πριν από τη διαδικασία οινοποίησης, τα στελέχη των σταφυλιών αφαιρούνται για να μειωθεί η επίδρασή τους στην οργανοληπτική δοκιμή και στην υπερβολική στυπτικότητα. Έως και το 7% της πρώτης ύλης που χρησιμοποιείται στην επεξεργασία απαρτίζεται από στελέχη. Οι μίσχοι των αμπέλων δεν παράγονται στη διαδικασία δημιουργίας αμπέλων, αλλά επειδή η παραγωγή τους συνδέεται στενά με τη διαδικασία παραγωγής κρασιού, θεωρούνται ως αμπελοοινικά απόβλητα.

Τα στελέχη χρησιμοποιούνται συνήθως για ζωοτροφές και στη συνέχεια απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής. Βέβαια είναι πλούσια σε βιοδραστικές ενώσεις όπως οι προανθοκυανιδίνες, φλαβονό-3-όλες, τα υδροξυκινναμικά οξέα, τα στιλβένια και οι μονομερείς και ολιγομερείς φλαβονόλες (Karvela et al., 2009).

Ανάλογα με την ποικιλία, το επίπεδο υγρασίας των στελεχών του σταφυλιού κυμαίνεται από 55 έως 80% ενώ δεν εντοπίζονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των στεμφύλων λευκών και ερυθρών ποικιλιών σταφυλιών (Karvela et al., 2009).

### **3.3 Στέμφυλα – υπολείμματα πιέσεων**

Ένα από τα κύρια υποπροϊόντα της έκθλιψης των σταφυλιών για την οινοποίηση είναι τα στέμφυλα. Αν και αντιπροσωπεύει το 15-30% του βάρους του σταφυλιού, η ποσότητα των παραγόμενων στεμφύλων ποικίλλει ανάλογα με την ποικιλία και το στάδιο της έκθλιψης. Όπως και με τους βλαστούς της αμπέλου, η γεωγραφική τοποθεσία της ποικιλίας σταφυλιών και οι συνθήκες καλλιέργειας και επεξεργασίας μπορούν να έχουν αντίκτυπο στη χημική σύσταση αυτού του υποπροϊόντος. Τα κύρια συστατικά των στεμφύλων είναι οι φλοιοί, τα γίγαρτα, τα υπολείμματα της σάρκας και τέλος τα στελέχη. Η περιεκτικότητα σε γίγαρτα και φλοιούς αντιπροσωπεύει ποσότητα άνω του 60% του βάρους τους, με τις συγκεντρώσεις και αναλογίες να παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των λευκών κι ερυθρών ποικιλιών.





**Εικόνα 3. Υπολείμματα πίεσης – στέμφουλα**

Πηγή : <https://i2.wp.com/users.sch.gr/eletzavara/aroma/wp-content/uploads/2015/12/%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%AC%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%B1.jpg>

Μαζί με τις λιγνίνες τις πρωτεΐνες τα λιπίδια και τις πηκτίνες, η χημική σύσταση των στεμφύλων αποτελείται από C6 (γλυκόζη φρουκτόζη, γαλακτόζη μαννόζη και ραμνόζη) και C5 μονοσακχαρίτες (ξυλόζη αραβινόζη) οι οποίοι δομούνται κυρίως ως κυτταρίνη και ημικυτταρίνη. Σε βάση ξηρού βάρους, το κλάσμα κυτταρίνης του πυρήνα σταφυλιών μπορεί να ανέλθει σε 26% κ.β. Το εκχυλίσσιμο κλάσμα περιέχει επίσης διαλυτά σάκχαρα, η ποσότητα των οποίων ποικίλλει σε μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα, η περιεκτικότητα του πυρήνα των σταφυλιών Cabernet Sauvignon σε βάρος κ.β. είναι 14,8 %, ενώ η αντίστοιχη περιεκτικότητα των στεμφύλων σταφυλιών Sauvignon Blanc μπορεί να φτάσει το 43 %.Επιπλέον, αυτή η βιομάζα έχει συχνά υψηλή περιεκτικότητα σε λιγνίνη περίπου 30%, η οποία συνδέεται με την παρουσία σπόρων που έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιγνίνη από τον πολτό ή το φλοιό. Μεταξύ άλλων ο φλοιός διακρίνεται από υψηλή συγκέντρωση συμπυκνωμένων ταννινών ή προανθοκυανιδινών. Αυτές οι πολυφαινολικές ενώσεις έχουν χρήσεις στην παραγωγή συγκολλητικών ουσιών με βάση την τανίνη και μπορούν να εξαχθούν (Barsoi et al., 2020).

Η υψηλή περιεκτικότητα σε πολυφαινόλες είναι ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες στα στέμφουλα του σταφυλιού λόγω της φαρμακολογικής επίδρασης αυτού του κλάσματος,

συμπεριλαμβανομένης της ρεσβερατρόλης, της προκαγιανιδίνης/συμπυκνωμένων τανινών, του ανθρακνού/ανθοκυανίνης, των φλαβανολών, των γλυκοσιδίων φλαβονολών, των φαινολικών οξέων, των αλκοολών, των λιγνανολών και των στιλβένων. Εντός των στεμφύλων εντοπίζονται οι φλοιοί, γίγαρτα και σάρκα (σε μικρές ποσότητες μίσχοι) που αποτελούν πηγή αντιοξειδωτικών ενώσεων (Barsoi et al., 2020).

Οι φλοιοί αποτελούν την κύρια πηγή φαινολικών ενώσεων καθώς σε αυτούς παρατηρείται η υψηλότερη συγκέντρωση ανθοκυανών και ταννινών με υψηλό βαθμό πολυμερισμού συγκριτικά με άλλα υπολείμματα, όμως εντοπίζονται μικρότερες ποσότητες γαλλικού οξέος από τα γίγαρτα. Οι ολικές φαινόλες περιλαμβάνουν φλαβανόλες, ανθοκυανίνες, φλαβονόλες, υδροξυβενζοϊκά οξέα, στιλβένια και υδροξυκινναμικά οξέα, από τα οποία τα πιο άφθονα στη φλούδα των σταφυλιών είναι οι φλαβαν-3-όλες, τα υδροξυβενζοϊκά οξέα και οι ανθοκυανίνες. Οι ανθοκυανίνες που βρέθηκαν βρίσκονται στον φλοιό αποτελούνται κυρίως από την μαλβιδίνω-3-O-γλυκοδίση και εν συνεχεία στην πεονιδιν-3-O-γλυκοσίδη. Περιέχονται επίσης ουδέτεροι πολυσακχαρίτες (20% κυτταρίνη και 12% ημικυτταρίνες), ουσίες πηκτίνης (20%), αδιάλυτες προανθοκυανιδίνες (15%), τέφρα (2-8%), διαλυτά εκχυλίσματα διχλωρομεθανίου (5%) και δομικές πρωτεΐνες 5-12% (Nanni et al., 2021).

Τα στέμφυλα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποπροϊόν για την παραγωγή αιθανόλης ή ως λίπασμα κομπόστ ή ζωοτροφή. Ωστόσο αρκετά συχνά απορρίπτονται σε χώρους υγειονομικής ταφής σαν απόβλητα έχοντας σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Πρόσφατες έρευνες έχουν καταδείξει το τεράστιο δυναμικό αυτής της βιομάζας για την παραγωγή λιγνοκυτταρινικών εκχυλισμάτων που είναι πλούσια σε φαινολικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων απλών φαινολών και πολυφαινολών όπως οι ταννίνες και τα φλαβανοειδή αλλά και για παραγωγή θερμότητας λόγω της υψηλής θερμογόνου δράσης τους (Troilo et al., 2021).

### 3.4 Οινολάσπες

Βάση του κανονισμού 337/79, οι οινολάσπες είναι ένα υπόλειμμα που λαμβάνεται μετά τη διήθηση ή τη φυγοκέντρηση του προϊόντος αυτού, καθώς και το υπόλειμμα που σχηματίζεται στον πυθμένα των δοχείων οίνου μετά τη ζύμωση, κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης ή μετά από τις μεταζυμωτικές διεργασίες. Οι οινολάσπες πρώτης και δεύτερης ζύμωσης που σχηματίζονται κατά την αλκοολική και μηλογαλακτική ζύμωση αντίστοιχα και οι οινολάσπες παλαίωσης που σχηματίζονται κατά την παλαίωση του οίνου σε ξύλινα βαρέλια είναι οι τρεις κατηγορίες στις οποίες μπορούν να χωριστούν οι οινολάσπες με βάση το στάδιο της οينوποίησης (Romero-Diez et al., 2018). Ωστόσο, οι οινολάσπες μπορούν επίσης να κατηγοριοποιηθούν με βάση το μέγεθος των σωματιδίων: ελαφρές οινολάσπες (100 μm μεταξύ 1 και 24 μm και σε αιώρηση τουλάχιστον 24 ώρες

μετά την ανάδευση) και βαριές οινολάσπες (μεταξύ 100  $\mu\text{m}$  και 2 mm που καθιζάνουν εντός 24 ωρών). Μεταξύ των παραπάνω κατηγοριών, οι οινολάσπες που παράγονται στις μεταζυμωτικές διεργασίες έχουν μελετηθεί ελάχιστα σχετικά με την αξιοποίησή τους προς παραλαβή συστατικών παρόλο που καταλαμβάνουν το 14% των συνολικών οργανικών αποβλήτων που παράγονται κατά την οينوποίηση (Martin et al., 2013).

## Πίνακας 2 Η σύσταση των οινολασπών (εκφρασμένα σε ξηρά ουσία)

Πηγή : De Iseppi et al., (2020)

Παράμετρος	Εύρος
Οργανικός άνθρακας (g/kg)	226–376
Διαλυτός στο νερό άνθρακας (g/kg)	44.3–168.9
Αγωγιμότητα (dS/m)	4.0–13.8
Οργανική ουσία (g/kg)	598–936
pH	3.6–7.2
Πολυφαινόλες (g/kg)	1.9–16.3
Συνολικό άζωτο (g/kg)	17.2–59.7
Πρωτεΐνες (%)	14.5–15.7
Λιπίδια (%)	5.0–5.9
Σάκχαρα (%)	3.5–4.8
Φυτικές ίνες (%)	21.2–21.9

Τρυγικό οξύ (%)	24.5–24.7
Τέφρα (%)	10.5–10.6
Ca (g/kg)	3.6–15.5
Cu (mg/kg)	13–1187
Fe (mg/kg)	84–1756
K (g/kg)	17.6–158.1
Mg (g/kg)	0.4 – 3.7
Mn (g/kg)	<0.2-21.0
P (g/kg)	1.61–10.3
Zn (g/kg)	14–84

Το όξινο pH (μεταξύ 3 και 6), η χημική απαίτηση σε οξυγόνο που υπερβαίνει τα 30000 mg/L, τα επίπεδα καλίου περίπου 2500 mg/L και οι φαινολικές ενώσεις έως και 1000 mg/L είναι τα κύρια χαρακτηριστικά των οινολασπών. Στις οινολάσπες εντοπίζονται τόσο συστατικά σε υγρή όσο και σε στερεή μορφή. Συγκεκριμένα, εντοπίζονται δύο κύρια κλάσματα τα οποία είναι ένας συνδυασμός πρωτεϊνών, αδιάλυτων υδατανθράκων, οργανικών οξέων, ζυμομυκήτων, ανόργανων αλάτων και φαινολικών συστατικών (στερεό κλάσμα) ενώ στο υγρό κλάσμα περιλαμβάνεται η αιθανόλη, οξικό οξύ, γαλακτικό οξύ κι άλλες ενώσεις σε μικρότερες συγκεντρώσεις (Tsukada et al., 2016).

Η ποικιλία σταφυλιών τα αγρονομικά χαρακτηριστικά των περιοχών προέλευσης η περίοδος παλαίωσης σε ξύλινα βαρέλια και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν τη σύνθεση των οινολάσπης. Αν και χρησιμοποιούνται περιστασιακά σε ερυθρούς οίνους, οι οινολάσπες χρησιμοποιούνται συνήθως για την παλαίωση λευκών και αφρωδών οίνων (Del Fresno et al., 2018).



**Εικόνα 4 Οινολάσπες ερυθρών οίνων.**

Πηγή : <https://agrovision-dk.gr/wp-content/uploads/2020/10/Droesem-van-tank-naar-poeder-1024x341-1.jpg>

Μετά το θάνατο των κυττάρων οι ζύμες υφίστανται autólυση, η οποία απελευθερώνει κυτταρικές πρωτεΐνες, λιπίδια, νουκλεϊκά οξέα και πολυσακχαρίτες και δημιουργεί το ιδανικό περιβάλλον για τη διαρροή ποικίλων συστατικών της ζύμης στον οίνο. Η ποιότητα των οίνων βελτιώνεται με τη μέθοδο αυτή, επειδή η παλαίωση με οινολάσπες βελτιώνει τη δομή των οίνων, τη σταθερότητα του χρώματος και τη μείωση της στυπτικότητας και της πικράδας. Επιπλέον, οι πτητικές αρωματικές ενώσεις είναι άφθονες στους οίνους (Tao et al., 2014). Τα χαρακτηριστικά των οίνων που έχουν παλαιώσει σε οινολάσπες φαίνεται ότι οφείλονται στην αλληλεπίδραση μεταξύ των μαννοπρωτεϊνών που απελευθερώνονται κατά την autólυση των κυττάρων ζυμών και των φαινολικών ενώσεων. Οι οινολάσπες μπορούν να θεωρηθούν ως πρώτη ύλη για την εκχύλιση φαινολικών ενώσεων, επειδή η μαγιά έχει την ικανότητα να δεσμεύει και να προσροφά φαινολικές ενώσεις (Mena et al., 2014).

Οι βιομηχανίες τροφίμων-θρεπτικών και φαρμακευτικών προϊόντων μπορούν να αξιοποιήσουν αυτή την υπολειμματική βιομάζα ως πηγή, επειδή είναι χημικά πλούσια σε βασικές ανόργανες πρωτεΐνες και βιοδραστικά φυτοχημικά (Mena et al. 2014). Οι αντιοξειδωτικές ιδιότητες του εκχυλίσματος οινολάσπης ενισχύονται από την παρουσία ταννινών, αν και αυτές μπορεί να ποικίλλουν ανάλογα με τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν κατά την οινοποίηση και το αν τα σταφύλια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λευκά ή κόκκινα (Zhijing et al. 2018).

Οι οινολάσπες είναι η κύρια πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή αιθυλικής αλκοόλης στην Ελλάδα, όπου η διαδικασία αυτή περιορίζεται στη ζύμωση. Σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΚ αριθ. 479/2008 008, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο έδωσε εντολή να διαβιβάζονται οι οινολάσπες σε αποστακτήρια με σκοπό την παραγωγή αιθανόλης. Οι αποσταγμένες οινολάσπες περιέχουν μια σειρά από εκχυλίσμα συστατικά υψηλής αξίας, όπως τρυγικές πολυφαινόλες και βιομάζα ζυμομύκητα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω. Επειδή όμως έχουν υψηλή ζήτηση οξυγόνου λόγω της πλούσιας περιεκτικότητάς τους σε οργανική ύλη, οι βινάσες αποτελούν πιθανό περιβαλλοντικό κίνδυνο όταν απορρίπτονται. Ως η πιο πολύτιμη ένωση που μπορεί να εξαχθεί είναι

το τρυγικό οξύ και η αιθανόλη.

Ακόμα, οι οινολάσπες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν οργανικά εδαφοβελτιωτικά ιδιαίτερα σε εδάφη με χαμηλή περιεκτικότητα σε οργανική ουσία. Όσον αφορά την ικανότητα απορρόφησης των υπολειμμάτων που μελετήθηκαν, διαπιστώθηκε ότι τα ανιονικά ζιζανιοκτόνα είχαν χαμηλότερη ικανότητα απορρόφησης από τα υδρόφοβα φυτοφάρμακα. Σε καλλιέργειες που εφαρμόστηκαν όπως κάρδαμο, κριθάρι και σίκαλη παρατηρήθηκε πως παρόλο που οι οινολάσπες είναι πλούσιες σε θρεπτικά συστατικά για τα φυτά όπως P (2,520 mg/Kg), K (36,738 mg/Kg) και Mg (462 mg/Kg), έχουν χαμηλό pH (3,9) και υψηλή αναλογία C/N. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα σε ορισμένες καλλιέργειες η απόρριψη των οινολασπών να παρεμποδίζει την ανάπτυξη των φυτών ενώ τα λιγνοκυτταρινούχα συστατικά που περιέχονται στις οινολάσπες είναι υπεύθυνες για την αναστολή της βλάστησης και ακινητοποίηση του αζώτου στο έδαφος (Bustamante et al., 2008).

Επιπλέον, από τις οινολάσπες μπορούν να ανακτηθούν και ζυμομύκητες προς δημιουργία εκχυλίσματος ζυμομυκήτων. Το εκχύλισμα ζυμομυκήτων αποτελεί ένα εξαιρετικό θρεπτικό συστατικό το οποίο είναι πλούσιο σε γλουταθειόνη και μπορεί να εφαρμοστεί στα γλεύκη ή και οίνους για την βελτίωση των αντιοξειδωτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους. Το εκχύλισμα μπορεί να ληφθεί με φυσική επεξεργασία των οινολασπών (αυτόλυση στους 50-55°C σε υψηλές συγκεντρώσεις NaCl (De Iseppi et al., 2020).

### 3.5 Υγρά απόβλητα

Τα υγρά απόβλητα είναι τα υποπροϊόντα που παράγονται από το οινοποιείο σε διάφορα στάδια της διαδικασίας οινοποίησης και παράγονται σε όλη την διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας των οίνων, κυρίως όμως από τον καθαρισμό των χώρων και του εξοπλισμού που χρησιμοποιείται.

Αναφορικά με την σύσταση των υγρών αποβλήτων, το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η υψηλή συγκέντρωση BOD, υψηλή οξύτητα και παρουσία διαφόρων ρύπων όπως για παράδειγμα φαινόλες, αλκοόλες και διάφορα καθαριστικά που χρησιμοποιούνται στον χώρο του οινοποιείου. Η αποτελεσματική τους διαχείριση κι επεξεργασία τους είναι ζωτικής σημασίας για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων και διασφάλιση της βιώσιμης λειτουργίας των οινοποιείων (Bolzonella et al., 2019).

Τα υγρά απόβλητα του οινοποιείου με pH κυμαίνονται από 3 – 5 ενώ η υψηλή οξύτητά τους προκύπτει από τις υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών οξέων όπως το τρυγικό, μηλικό και κιτρικό οξύ που εντοπίζονται φυσικά στα σταφύλια και παράγονται κατά την ζύμωση. Επιπλέον, η παρουσία καθαριστικών παραγόντων, όπως το υδροξείδιο του νατρίου και υδροξείδιο του καλίου, που χρησιμοποιούνται στην αποχέτευση του εξοπλισμού μπορούν να επηρεάζουν περαιτέρω το pH και

την σύνθεση των λυμάτων (Bolzonella et al., 2019).

Η ακατάλληλη διάθεση των λυμάτων οиноποιείων μπορεί να οδηγήσει σε αρκετά περιβαλλοντικά ζητήματα λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων  $BOD = 3.500 - 7.700 \text{ mg/l}$  και  $COD$  τα οποία μπορούν να εξαντλήσουν το διαλυμένο οξυγόνο στο υδάτινο σώμα που απορρίπτονται, οδηγώντας σε διάφορες συνθήκες υποξίας που είναι επιζήμιες για την υδρόβια ζωή. Η όξινη φύση των λυμάτων μπορεί να μεταβάλλει το pH των εδαφών και των υδάτινων σωμάτων, επηρεάζοντας την μικροβιακή δραστηριότητα και ανάπτυξη των φυτών. Επιπλέον, οι φαινολικές ενώσεις καθώς κι άλλοι οργανικοί ρύποι μπορεί να είναι τοξικοί για τους υδρόβιους οργανισμούς και μπορούν να βιοσυσσωρεύονται στην τροφική αλυσίδα (Bolzonella et al., 2019).

Υψηλές είναι επίσης και οι συγκεντρώσεις  $K$  στα υγρά απόβλητα λόγω της παρουσίας του σε υψηλές συγκεντρώσεις καθώς και λόγω της χρήσης των απορρυπαντικών τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις  $K$  που ανέρχονται στα  $1.445 \text{ mg/l}$

Παρόλο που τα παραπάνω χαρακτηριστικά είναι κοινά μεταξύ των υγρών αποβλήτων των διαφόρων οиноποιείων, παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ των διαφόρων οиноποιείων. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις τους παρατηρούνται στην περίοδο του τρύγου και διαφέρουν ανάλογα την παραγωγική διαδικασία των οίνων, τα πρωτόκολλα καθαρισμού καθώς και τις ποικιλίες που χρησιμοποιούνται.

Πριν την διάθεση των αποβλήτων είναι απαραίτητη η επεξεργασία τους λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων  $K$ , προσφέροντας οφέλη για την γονιμότητα του εδάφους. Όμως λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων σε άζωτο και της υψηλής περιεκτικότητα σε αμμωνία είναι απαραίτητη η επεξεργασία τους.

Η κερδοφορία από την αξιοποίηση των οινολασπών μέσω αξιοποίησης προς παραγωγή τρυγικού και γαλακτικού οξέος έπειτα από απόσταξη των οινολασπών μπορεί να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω της ζύμωσης από *L. pentosus* χρησιμοποιώντας υδρολυμένους βλαστούς αμπέλου ως πηγή άνθρακα. Σε αυτή την περίπτωση, οι απεσταγμένες οινολάσπες που ζυμώνονται με το συγκεκριμένο μικροοργανισμό αμέσως μετά την εκχύλιση του τρυγικού οξέος οδηγεί σε συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος ( $18,4-18,9 \text{ g/L}$ ), συνολική παραγόμενη ποσότητα ανά όγκο  $0,82-0,84 \text{ g/L} \cdot \text{h}$  και αποδόσεις προϊόντος  $0,69-0,70 \text{ g/g}$  (Rivas et al., 2006).

Για την βελτίωση της αξιοποίησης των οινολασπών με σκοπό την παραγωγή γαλακτικού οξέος και βιοεπιφανειοδραστικού έχουν χρησιμοποιηθεί επίσης κομμένοι βλαστοί αμπέλου σαν πηγή άνθρακα και  $20\text{g/L}$  βινάσσα σαν πηγή  $N$ ,  $P$  και μικροθρεπτικών. Με την χρήση των συγκεκριμένων στερεών και υγρών κλασμάτων ελήφθησαν  $19,6 \text{ g}$  γαλακτικού οξέος/ $L$  που αντιστοιχεί σε μία συνολική ογκομετρική παραγωγή  $0,633 \text{ g/L}$  την ώρα (Rodriguez et al., 2010).

### 3.6 Βινάσσα

Η βινάσσα αποτελεί το υγρό υποπροϊόν που παράγεται από την απόσταξη των οινολασπών και στεμφύλων και χαρακτηρίζεται από υψηλές συγκεντρώσεις σε οργανικά οξέα, υψηλή οξύτητα και επίσης υψηλές συγκεντρώσεις σε θρεπτικά συστατικά και μέταλλα. Η ορθή διαχείρισή τους είναι ζωτικής σημασίας λόγω των πιθανών περιβαλλοντικών επιπτώσεων καθώς στην περίπτωση μη επεξεργασίας και απρόσεκτης διάθεσής τους.

Η βινάσσα αποτελείται κυρίως από νερό σε ποσότητες 90-95% ενώ περιέχουν επίσης και υψηλές συγκεντρώσεις οργανικών συστατικών, μετάλλων και θρεπτικών συστατικών. Οι συγκεντρώσεις σε υδατάνθρακες είναι επίσης υψηλές όπως και σε πρωτεΐνες και λίπη. Αυτό οδηγεί σε υψηλή βιοχημική ζήτηση οξυγόνου (BOD) και χημική ζήτηση οξυγόνου (COD) η οποία μπορεί να κυμαίνεται από 30.000 έως 60.000 mg/L και 50.000 έως 100.000 mg/L, αντίστοιχα (Vadivel et al., 2014).

Η κύρια χρήση της βινάσσας είναι για ανάκτηση τρυγικού οξέος. Το τρυγικό οξύ περιέχεται σε υψηλές συγκεντρώσεις στην βινάσσα και ανακτάται με σκοπό την εφαρμογή του στην βιομηχανία τροφίμων και οίνου. Η ανάκτηση τρυγικού οξέος πραγματοποιείται με διάλυση με HCl και εν συνεχεία καθίζηση με CaCl<sub>2</sub>. Το λαμβανόμενο ίζημα τελικώς καθαρίζεται προς ανάκτηση τρυγικού οξέος. Το ποσοστό ανάκτησης κυμαίνεται στα 58-99% και η ποσότητα που λαμβάνεται ανέρχεται στα 2,20 kg τρυγικού οξέος από 100 kg υγρής βινάσσας.

Η βινάσσα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή γαλακτικού οξέος μέσω της ζύμωσής τους από *L. casei*. Για την αύξηση της προσβασιμότητας των ενζύμων στα υποστρώματα είναι απαραίτητη η υψηλή προστιθέμενη αξία με συγκέντρωση αλκαλίου 8% σε συνδυασμό με μικροκύματα σε ισχύ 700W. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η ανάκτηση κυτταρίνης και ημικυτταρίνης 23,8% και 71% αντίστοιχα, καθιστώντας την βινάσσα σαν εξαιρετική πηγή γαλακτικού οξέος (Liu et al., 2010).

Όπως και με τις οινολάσπες, έτσι και στην βινάσσα η περιεκτικότητα σε τρυγικά οξέα είναι ιδιαίτερα υψηλή και για τον λόγο αυτό μπορεί να αποτελέσει επίσης πηγή ανάκτησής του.



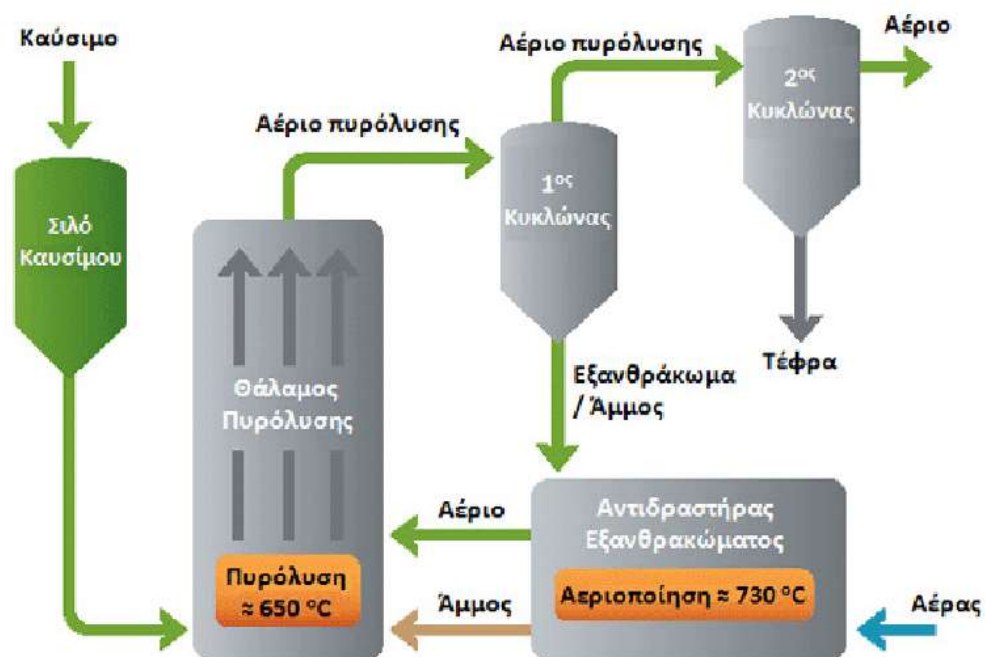
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Μέθοδοι επεξεργασίας κι αξιοποίησης αποβλήτων οινοποίησης

## 4.1 Πυρόλυση – αποτέφρωση

Η πυρόλυση είναι μια διαδικασία θερμικής αποσύνθεσης οργανικής ύλης σε θερμοκρασία περίπου 600°C απουσία αέρα με παραγόμενα προϊόντα το βιοέλαιο, βιοαέριο και βιοεξανθράκωμα. Η διεργασία έχει λάβει αυξανόμενο ενδιαφέρον λόγω της ικανότητάς της να μετατρέπει τα απόβλητα σε χρήσιμα προϊόντα . που την καθιστούν μια αξιόπιστη τεχνική στη διαχείριση αποβλήτων και την παραγωγή ενέργειας. Η πυρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη χρήση αποβλήτων μετά τη συγκομιδή που παράγονται στις βιομηχανίες αμπελώνων και οινοποιίας που έχουν αποκτήσει σημασία στον κόσμο (Zabaniotou et al., 2018).

Η θερμοκρασία πραγματοποίησης της διεργασίας κυμαίνεται μεταξύ 300 – 800°C απουσία οξυγόνου με τα παραγόμενα προϊόντα να είναι το βιοεξανθράκωμα, βιοέλαιο και βιοαέριο. Οι συνθήκες της διεργασίας επηρεάζουν την σύνθεση του τελικού προϊόντα και για τον λόγο αυτό η προσαρμογή τους είναι απαραίτητη για την λήψη των επιθυμητών προϊόντων.

Τα αμπελοοινικά υπολείμματα αποτελούν μία πολύ καλή πρώτη ύλη προς επεξεργασία με την πυρόλυση καθώς προσφέρει μία βιώσιμη λύση για την επεξεργασία των υποπροϊόντων μετατρέποντάς τα σε χρήσιμα προϊόντα.



## Εικόνα 5 Πυρόλυση και αεριοποίηση

Πηγή : blob:chrome-extension://mhnlakgilnojmhinhkckjpnrcpbhabphi/9c779935-2a98-4cd4-a276-0c963cd15365

Τα στερεά αμπελοοινικά υπολείμματα είναι ιδανικά προς επεξεργασία με πυρόλυση καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλή περιεκτικότητα άνθρακα που θα οδηγήσει σε υψηλή παραγωγικότητα σε προϊόντα, ιδιαίτερα σε βιοεξανθράκωμα. Το βιοεξανθράκωμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν εδαφοβελτιωτικό, το βιοέλαιο να διυληθεί περαιτέρω προς παραγωγή καυσίμων και το βιοαέριο για τη κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των μονάδων ή προς παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Συγκεκριμένα, τα υπολείμματα κλαδέματος μπορούν να αξιοποιηθούν με επιτυχία με πυρόλυση προς παραγωγή υψηλής ποιότητας βιοεξανθρακώματος το οποίο μπορεί να εφαρμοστεί στους αμπελώνες προς παροχή θρεπτικών συστατικών και βελτίωση των εδαφικών χαρακτηριστικών. Ταυτόχρονα το βιοεξανθράκωμα διαθέτει προσροφητικές ιδιότητες με αποτέλεσμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί προς προσρόφιση βαρέων μετάλλων (Zabaniotou et al., 2018).

Οι μίσχοι – βλαστοί και φύλλα μπορούν να αξιοποιηθούν προς παραγωγή βιοεξανθρακώματος με πυρόλυση στους 600°C. Το παραγόμενο βιοεξανθράκωμα παρουσιάζει πολύ καλές ιδιότητες και μεγάλη ειδική επιφάνεια.

Τα στέμφυλα επίσης αποτελούν μία πολύ καλή πρώτη ύλη προς παραγωγή βιοεξανθρακώματος. Οι βέλτιστες θερμοκρασίες για τη συγκεκριμένη πρώτη ύλη κυμαίνονται στο 450 – 500°C που οδηγούν στην παραγωγή βιοεξανθρακώματος πολύ καλής ποιότητας. Για καλύτερα αποτελέσματα, πριν την πυρόλυση η πρώτη ύλη μπορεί να υδρολυθεί ή υποστεί ζύμωση ή υποστεί απόσταξη προς ανάκτηση φαινολικών ενώσεων.

Η αποτέφρωση αποτελεί μία μέθοδο επεξεργασίας στην οποία τα απόβλητα υποβάλλονται σε διαδικασία καύσης για τη μετατροπή τους σε στάχτη, καυσαέρια και θερμότητα. Οι συνήθεις θερμοκρασίες κυμαίνονται μεταξύ 850 και 1.100°C και διακρίνεται από τρία στάδια :

**Ξήρανση** : Υπάρχει μια διαδικασία αφυδάτωσης των αποβλήτων με την άντληση νερού από αυτά.

**Καύση** : Χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες χειραγώγηση οργανικής ύλης μέσω διεργασιών οξειδωσης.

**Ψύξη** : Όπως και στους κινητήρες ντίζελ, τα αέρια που καίγονται μετατρέπονται σε τέφρα και καυσαέρια.

Τα πλεονεκτήματα της αποτέφρωσης έγκειται στο γεγονός πως η παραγόμενη θερμότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ταυτόχρονα, η αποτέφρωση οδηγεί σε μείωση του όγκου των αποβλήτων μετατρέποντάς τα σε μικρή ποσότητα στάχτης.

Η πυρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με αποτελεσματικότητα για την αξιοποίηση των αμπελοοινικών υπολειμμάτων.

Το παραγόμενο βιοεξανθράκωμα παρουσιάζει ενδιαφέρουσες αναλογίες N, P, K και C, καθώς και

αξιοσημείωτες συγκεντρώσεις K, Na, Mg, Ca, P, Fe και Zn. Οι συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων είναι ελάχιστες ενώ στο πλαίσιο της κυκλικής βιοοικονομίας, μπορεί να συστηθεί για χρήση ως εδαφοβελτιωτικό για τη βελτίωση της σταθερότητας των βαρέων μετάλλων στο έδαφος και το κλείσιμο του κύκλου στη γεωργία.

Η πυρόλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με την αεριοποίηση. Το αέριο της πυρόλυσης μπορεί να παράγει ενέργεια και να αντικαταστήσει 1 τόνο λιγνίτη. Ένας ιδιοκτήτης αμπελώνα μπορεί να κερδίσει από την πώληση των προϊόντων βιοδιύλισης αποβλήτων για 6980€/στρ. και από την πώληση των προϊόντων πυρόλυσης για 4470€/στρ. Ο συγκεκριμένος συνδυασμός μειώνει τις επιπτώσεις του κύκλου ζωής των ρευμάτων αποβλήτων, ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στη βελτίωση του κόστους της διαδικασίας (Zabaniotou et al., 2018).

Μελέτες έδειξαν πως από 15 τόνους φρέσκων σταφυλιών Ξινόμαυρου μαζί με 10,5 τόνους ερυθρού οίνου έπειτα από πυρόλυση και αεριοποίηση μπορούν να παραχθούν 0,52tn βιοεξανθρακώματος και 0,630 MWh ενέργειας. Η πυρόλυση των αποβλήτων του πρωτογενούς τομέα προσφέρει πολλαπλά πλεονεκτήματα όπως ότι αυξάνει τον αριθμό των παραγόμενων προϊόντων, δημιουργεί πρόσθετο οικονομικό όφελος 4470 € ha<sup>-1</sup> και αποφεύγεται η παραγωγή 355 kg CO<sub>2</sub>/tn (Zabaniotou et al., 2018).

## 4.2 Αεριοποίηση

Η αεριοποίηση είναι η διεργασία θέρμανσης των αποβλήτων σε θερμοκρασίες άνω των 1000°C. Η χρησιμοποιούμενη πρώτη ύλη είναι σημαντικό να είναι κατακερματισμένη και να διακρίνεται σε υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, οξυγόνο και υδρατμούς. Το παραγόμενο προϊόν της διεργασίας είναι το αέριο σύνθεσης το οποίο βρίσκει μία πληθώρα χρήσεων.

Συγκεκριμένα, η αεριοποίηση οξειδώνει μερικώς την βιομάζα στις παραπάνω θερμοκρασίες. Το οξειδωτικό μέσο μπορεί να είναι αέρας, οξυγόνο ή ατμός ενώ συνήθως για μικρές εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται αέρας. Συγκεκριμένα, η αεριοποίηση περιλαμβάνει τα εξής βήματα (Li & Chen, 2018) :

- Τεμαχισμός και στη συνέχεια αποξήρανση της πρώτης ύλης (200-900°C)
- Θέρμανση (1000°C)
- Παραλαβή *syngas* (αέριο σύνθεσης)

Τα παραγόμενα προϊόντα της αεριοποίησης περιλαμβάνουν το αέριο σύνθεσης, άνθρακα και τέφρα. Το αέριο σύνθεσης αποτελεί ένα μίγμα CO, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> ενώ σε μικρότερες ποσότητες μπορούν να περιέχονται άλλα συστατικά όπως η πίσσα και οι υδρογονάνθρακες. Το αέριο σύνθεσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή θερμότητας ή ηλεκτρισμού μέσω της καύσης ή με την χρήση του

σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή να διωλιστεί περαιτέρω προς παραγωγή υδρογόνου ή άλλων υγρών καυσίμων (Li & Chen, 2018).

Εκτός από την αύξηση της δραστηριότητας του άνθρακα βιομάζας, η χρήση ατμού ως μέσο αεριοποίησης θεωρείται η πιο αποτελεσματική μέθοδος για την παραγωγή υδρογόνου σε ευρεία κλίμακα. Το υδρογόνο είναι ένας καθαρός, ευέλικτος φορέας ενέργειας με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα 122 MJ/kg (Li & Chen, 2018).

Ορισμένες μεταβλητές, συμπεριλαμβανομένου του είδους του αεριοποιητή που χρησιμοποιείται, των παραμέτρων λειτουργίας και των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων της βιομάζας, επηρεάζουν την παραγωγή και την ποιότητα του αερίου προϊόντος, καθώς και τη συνολική απόδοση της διαδικασίας αεριοποίησης με ατμό. Έχει ανακαλυφθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας στην περιοχή των 800-900 °C, η αύξηση της ροής του ατμού και η μείωση του μεγέθους των σωματιδίων ενισχύουν την παραγωγή και τη θερμοαντική αξία του αερίου σύνθεσης (Li & Chen, 2018).

Η παραγωγή υδρογόνου αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της αναλογίας ατμού/βιομάζας, αλλά ο βαθμός απόδοσης της ενεργειακής μετατροπής μειώθηκε. Χρησιμοποιώντας φλοιό ρυζιού, άχυρο βαμβακιού, κέικ ηλιόσπορου, βιομάζα φοινίκων και απόβλητα ξύλου ως πρώτες ύλες, περαιτέρω μελέτες διαπίστωσαν ότι η ποσότητα υδρογόνου στο αερίου σύνθεσης μπορούσε να αυξηθεί σε 47-67% σε σχέση ατμού/βιομάζα μεταξύ 2,6 και 12 (Zhai et al., 2015).

Βέβαια, τα στερεά υπολείμματα μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω. Συγκεκριμένα, τα στερεά υπολείμματα μπορούν να αξιοποιηθούν προς παραγωγή εδαφοβελτιωτικών και για την κάλυψη των θρεπτικών αναγκών των φυτών καλύπτοντας τις ανάγκες για χρήση λιπασμάτων.

Στο πλαίσιο της κυκλικής οικονομίας και της ενεργειακής κρίσης, τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, ιδίως αυτά που προέρχονται από αμπελοοινικές μονάδες θα μπορούσαν να αποτελέσουν εξαιρετικά υποσχόμενες πρώτες ύλες για επεξεργασία μέσω αεριοποίησης (Zhai et al., 2015).

Η παραγωγή υδρογόνου και η θερμογόνο δύναμη του παραγόμενου αερίου αυξάνονται όταν αυτά τα απόβλητα αεριοποιούνται με τη χρήση ατμού αντί για αέρα. Επομένως οι συγκεκριμένες πρώτες ύλες όταν αεριοποιηθούν με την χρήση ατμού αντί για αέρα διακρίνονται από υψηλή παραγωγή αερίου σύνθεσης πολύ καλής ποιότητας (Mostafavi et al., 2016).

Η διαδικασία αεριοποίησης της βιομάζας με ατμό για την παραγωγή υδρογόνου περιορίζεται από την ισορροπία της αντίδρασης και το κύριο παραπροϊόν είναι το αέριο του θερμοκηπίου CO<sub>2</sub>. Επομένως, αυτός ο περιορισμός μπορεί να σπάσει με την επιτόπου απομάκρυνση του CO<sub>2</sub> με ένα στερεό απορροφητικό υλικό, το οποίο θα προκαλέσει την αλλαγή της ισορροπίας της αντίδρασης υπέρ ενός αερίου πλούσιου σε H<sub>2</sub> με υψηλότερη ενεργειακή απόδοση (Mostafavi et al., 2016).

Τα υλικά με βάση το ασβέστιο προτιμώνται για τη συλλογή CO<sub>2</sub> λόγω της μεγάλης απόδοσης, της προσιτής τιμής και της διαθεσιμότητάς τους. Η αντίδραση ενανθράκωσης (1) που λαμβάνει χώρα

όταν χρησιμοποιείται το CaO μπορεί να αντισταθμίσει κάπως τη θερμότητα που απαιτείται για την ενδόθερμη διαδικασία (Mostafavi et al., 2016).



Μετά τη διεργασία αεριοποίησης, ο μη αντιδρών άνθρακας μπορεί να καεί για την παροχή θερμότητας και το κορεσμένο CaCO<sub>3</sub> που δημιουργήθηκε μπορεί να μετατραπεί ξανά σε CaO σε έναν πυρωτήρα.

Η απορρόφηση του CO<sub>2</sub> είναι βέλτιστη στους 600-700 °C, αλλά η απόδοση της αεριοποίησης είναι χαμηλή σε αυτό το εύρος. Οι καταλύτες με βάση το Ni χρησιμοποιούνται ευρέως στην αεριοποίηση της βιομάζας, ενώ οι μελέτες επικεντρώνονται στην καταλυτική διεργασία χωρίς απορροφητικά. Ο καταλύτης NiO/NiAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> και το CaO αυξάνουν τη συγκέντρωση υδρογόνου στο αέριο προϊόν. Τα αλκαλικά και τα αλκαλικά μέταλλα γης έχουν υψηλή καταλυτική ικανότητα για την αεριοποίηση του άνθρακα, αυξάνοντας τη μετατροπή του άνθρακα, τη συγκέντρωση υδρογόνου και την απόδοση. Τα αλκαλικά άλατα K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, KOH, CH<sub>3</sub>COOK, KCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και NaOH χρησιμοποιούνται για την παραγωγή αερίου σύνθεσης υψηλής ποιότητας από την ατμοαεριοποίηση αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων (Zhang et al., 2017).

Μεταξύ των αμπελοοινικών υπολειμμάτων, τα στερεά υπολείμματα αποτελούν μία ιδανική πρώτη ύλη προς αξιοποίηση για αεριοποίηση. Η συγκεκριμένη μέθοδος δίνει την δυνατότητα αποδοτικής μετατροπής των υποπροϊόντων σε ωφέλιμα προϊόντα συγκριτικά με άλλες μεθόδους καθώς η μετατροπή του άνθρακα καταλαμβάνει ποσοστό >80% με αναλογία αέρα προς καύσιμο να είναι 1,6:1 και θερμοκρασία επεξεργασίας 870°C. Βέβαια η συγκεκριμένη μέθοδος είναι λιγότερο αποδοτική για την αξιοποίηση των στεμφύλων (Zhang et al., 2017).

Η δημιουργία ενός καύσιμου πλούσιου σε H<sub>2</sub> από την αεριοποίηση φλοιών σταφυλιών και αποβλήτων οινοποιείων παρουσιάζει αρκετό ενδιαφέρον. Συγκεκριμένα, τα υπολείμματα υποβάλλονται σε διεργασία αεριοποίησης δύο σταδίων στους 700°C και η χρήση λατομικής σκόνης σαν προσροφητικό σε συνδυασμό με αλκαλικά ανθρακικά άλατα K, Li και Na ως καταλύτες με απόδοση 83% στους 750°C. Οι ποσότητες H<sub>2</sub> και CO στο παραγόμενο αέριο αυξάνονται με την αύξηση του καταλυτικού φορτίου του βιοάνθρακα, ενώ η κατακράτηση του CO<sub>2</sub> βελτιώνεται. Έτσι η καταλυτική αεριοποίηση των αποβλήτων αμπελώνων με ατμό είναι μια βιώσιμη τεχνική για τη διαχείριση του περιβάλλοντος, την παραγωγή υψηλής ποιότητας αερίου υδρογόνου και προσφέρει οικονομικά οφέλη αξιοποιώντας απόβλητα από διάφορους τομείς (Vamvuka et al., 2023).

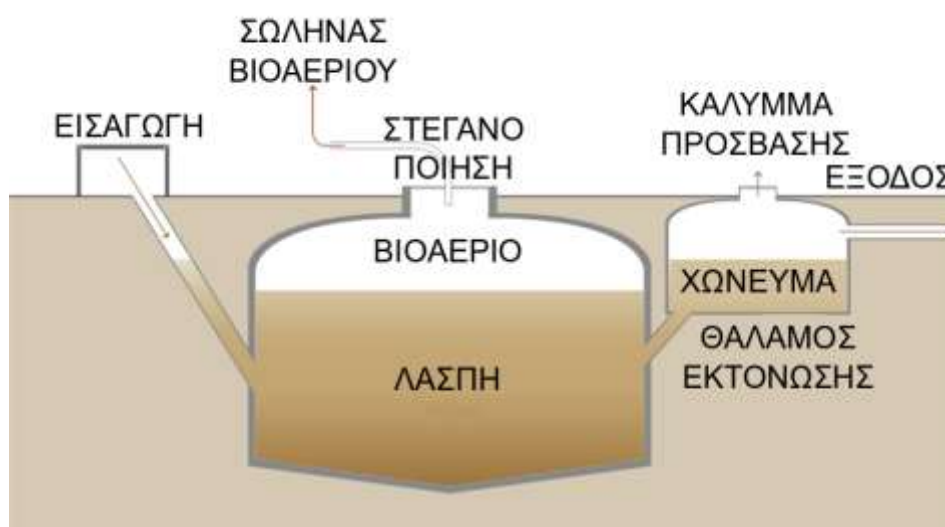
Η πραγματοποίηση αεριοποίησης πριν την πυρόλυση στους 600 °C οδηγεί σε ενίσχυση του βαθμού ενανθράκωσης και αρωματοποίησης, με αποτέλεσμα την παραγωγή βιοεξανθρακώματος με

θερμογόνο δύναμη 26,7 MJ/kg καθώς και αέριο σύνθεσης με θερμογόνο δύναμη 32,7 MJ /kg. Σχετικά με τη πρώτη ύλη, η αύξηση στην αναλογία ατμού/βιοάνθρακα από 0,5 σε 3 οδηγεί σε υψηλότερη συγκέντρωση H<sub>2</sub> , ενώ χαμηλότερη συγκέντρωση CO στο προϊόν αέριο. Γενικότερα, η περίσσεια ατμού έχει μικρή επίδραση στην μετατροπή, όμως αυξάνει σημαντικά την απόδοση H<sub>2</sub> έως και 74% προκαλώντας κατανάλωση CO και σχηματισμό περισσότερου CO<sub>2</sub>. Η αεριοποίηση στους 850°C στον παραπάνω συνδυασμό οδηγεί στην πλήρη μετατροπή της οργανικής ύλης σε μίγμα αερίου που αποτελείται κυρίως από H<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub> και μικρές ποσότητες CH<sub>4</sub> και υδρογονάνθρακες, με υψηλότερη θερμαντική τιμή μεταξύ 9,5 MJ/m<sup>3</sup> και 11,4 MJ/m<sup>3</sup>. Η υψηλότερη απόδοση H<sub>2</sub> που λαμβάνεται από την διεργασία οφείλεται εν μέρει στον εμπλουτισμό του σε αλκαλικά μέταλλα K και Na (Vamvuka et al., 2022).

### 4.3 Αναερόβια επεξεργασία

Η αναερόβια χώνευση, μια ήδη διαθέσιμη τεχνολογία, μπορεί να επεξεργάζεται αποτελεσματικά τα βιοαπόβλητα και να παράγει βιοαέριο για ενεργειακούς σκοπούς και το χωνεμένο υπόλειμμα να χρησιμοποιηθεί ως πιθανό βελτιωτικό του εδάφους (Arenas et al., 2020).

Η διεργασία αποτελεί μία φυσική διαδικασία που πραγματοποιείται σε συνθήκες έλλειψης οξυγόνου και περιλαμβάνει την διάσπαση των πρώτων υλών προς παραγωγή στερεού χωνευμένου υπολείμματος και βιοαερίου (μίγμα CH<sub>4</sub> και CO<sub>2</sub>).



Εικόνα 6. Δομή αναερόβιας χώνευσης

Πηγή :

[https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B5%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%B9%CE%B1\\_%CF%80%CE%AD%CF%88%CE%B7](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B5%CF%81%CF%8C%CE%B2%CE%B9%CE%B1_%CF%80%CE%AD%CF%88%CE%B7)

Η αναερόβια χώνευση έχει χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των αποβλήτων οινοποιείων με μεγάλη αποτελεσματικότητα καθώς πρόκειται για μία διαδικασία η οποία μετατρέπει τα οργανικά απόβλητα σε βιοαέριο και χωνευμένο υπόλειμμα, τα οποία μπορούν να αξιοποιηθούν περαιτέρω.

Παρόλο που η διεργασία λαμβάνει χώρα φυσικά μπορεί να πραγματοποιηθεί και τεχνητά για την αξιοποίηση των υποπροϊόντων. Η διεργασία πραγματοποιείται συνήθως σε κλειστό περιβάλλον χωρίς οξυγόνο δηλαδή σε δεξαμενές ή χωνευτήρες. Σε αυτό το σύστημα, τα οργανικά απόβλητα εισέρχονται στην δεξαμενή με το εμβόλιο (βακτήρια) στις κατάλληλες θερμοκρασίες). Εν συνεχεία, τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται, διασπών την οργανική ύλη και παράγουν το χωνευμένο υπόλειμμα και βιοαέριο (Arenas et al., 2020).

Η διεργασία της αναερόβιας χώνευσης καταλαμβάνει τα εξής στάδια :

### **1. Υδρόλυση**

- Η υδρόλυση είναι το αρχικό στάδιο της αναερόβιας χώνευσης όπου πολύπλοκα οργανικά πολυμερή όπως οι υδατάνθρακες, οι πρωτεΐνες και τα λίπη διασπώνται σε απλούστερα διαλυτά μόρια. Αυτό το στάδιο είναι κρίσιμο γιατί τα περισσότερα οργανικά απόβλητα περιέχουν μεγάλα μόρια που οι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να καταναλώσουν άμεσα.
- Οι υδατάνθρακες διασπώνται σε απλά σάκχαρα.
- Οι πρωτεΐνες αποικοδομούνται σε αμινοξέα.
- Τα λίπη μετατρέπονται σε λιπαρά οξέα και γλυκερίνη.
- Τα ένζυμα που παράγονται από υδρολυτικά βακτήρια διευκολύνουν αυτές τις αντιδράσεις. Ο ρυθμός υδρόλυσης εξαρτάται από τη σύνθεση των αποβλήτων και τις περιβαλλοντικές συνθήκες όπως το pH και η θερμοκρασία. Η υδρόλυση θεωρείται συχνά το περιοριστικό βήμα στην αναερόβια χώνευση, ειδικά για τα λιγνοκυτταρινικά υλικά.

### **2. Οξεογένεση**

- Τα προϊόντα που σχηματίζονται μέσω της διεργασίας υδρόλυσης αποικοδομούνται περαιτέρω στο στάδιο της οξεογένεσης από ζυμωτικά βακτήρια οξεογένεσης σε πτητικά λιπαρά οξέα βραχείας αλυσίδας, αλκοόλες, υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα και άλλα προϊόντα.
- Ζύμωση: Μερικά από τα κύρια τελικά προϊόντα της ζύμωσης της μεγάλης κοιλίας περιλαμβάνουν οξικό οξύ, προπιονικό οξύ, βουτυρικό οξύ και άλλα πτητικά λιπαρά οξέα, αιθανόλη, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα, τα οποία προέρχονται από απλά σάκχαρα, αμινοξέα και λιπαρά οξέα.
- Παραγωγή αερίου: Το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα είναι δύο από τα κύρια αέρια προϊόντα σε αυτή τη διαδικασία.
- Σε αυτό το στάδιο παράγεται το υδρογόνο και το διοξείδιο του άνθρακα είναι τα κύρια αέρια
- Η μεθανογένεση είναι απαραίτητη για την μεταφορά διαλυτών προϊόντων σε ενδιάμεσες ενώσεις

### **3. Ακετογένεση**

- Αποτελεί την διεργασία όπου τα πτητικά λιπαρά οξέα και οι αλκοόλες μετατρέπονται σε ακετογόνα βακτήρια και οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Τα πτητικά λιπαρά οξέα μετατρέπονται σε οξικό, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα.
- Για την πραγματοποίηση της ακετογένεσης απαιτούνται συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες όπου η συγκέντρωση του υδρογόνου είναι χαμηλή. Υψηλές συγκεντρώσεις υδρογόνου μπορούν να καταστείλουν την δραστηριότητα των ακετογόνων βακτηρίων.

#### **4. Μεθανογένεση**

- Η μεθανογένεση αποτελεί το τελευταίο βήμα στην διεργασία της αναερόβιας χώνευσης, όπου τα μεθανογόνα βακτήρια μετατρέπουν το οξικό οξύ, υδρογόνο και CO<sub>2</sub> σε μεθάνιο και νερό
- Όταν πρόκειται για ακετοκλαστική μεθανογένεση, αυτοί οι μικροοργανισμοί διασπούν το οξικό άλας σε μεθάνιο και διοξείδιο του άνθρακα. Από την άλλη πλευρά, η υδρογονοτροφική μεθανογένεση περιλαμβάνει το συνδυασμό υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή μεθανίου.
- Η διεργασία μπορεί να επηρεαστεί από περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως το pH, η θερμοκρασία και η παρουσία αναστολέων. Για καλύτερα αποτελέσματα όσον αφορά την παραγωγή μεθανίου και τη διατήρηση της σταθερότητας των πραγμάτων, είναι σημαντικό να δημιουργηθούν οι βέλτιστες συνθήκες.
- Έτσι συνοπτικά, η μεθανογένεση είναι η διεργασία όπου αυτά τα μεθανογενή αρχαία παίρνουν οξικό οξύ, υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα και τα μετατρέπουν σε μεθάνιο και νερό. Το παν είναι η εύρεση των κατάλληλων συνθηκών για μέγιστη απόδοση μεθανίου και σταθερότητα της διαδικασίας.



**Πίνακας 3. Η αναερόβια χώνευση σε διάφορα αμπελοοινικά υπολείμματα**

Πηγή : Arenas Sevillano et al., 2020

Συστατικό	Συνθήκες	Εμβόλιο	Υπόστρωμα/εμβόλιο	Απόδοση
Οινολάσπες	55°C	Μεσόφιλα βακτήρια	Οινολάσπες 100%	0,370 $\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ πτητικά στερεά(Volatile Solids, VS)
Στέμφυλα	55°C	Μεσόφιλα βακτήρια	Στέμφυλα 100%	0,340 $\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ VS
Μίσχοι	55°C	Μεσόφιλα βακτήρια	Μίσχοι 100%	0,130 $\text{m}^3\text{CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ VS
Οινολάσπες	Όγκος 0,7L 37°C	Μεσόφιλα βακτήρια	10%, 15%, 20% των οινολασπών	CH <sub>4</sub> content: 55–60% Βιοαέριο : 0,254– 0,856 $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ VS
Οινολάσπες + ενεργός ίλος	Όγκος : 230 L HRT: 21 d OLR: 2,8 kg COD $\text{m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ 37°C	-	-	Περιεκτικότητα CH <sub>4</sub> : 65% Παραγωγή βιοαερίου : 0,38 $\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}$ COD <sub>fed</sub>
Οινολάσπες + ενεργή ίλος αποβλήτων οινοποιείων	Όγκος : 230 L Διάρκεια : 23 ημέρες	Μεσόφιλα βακτήρια	-	Παραγόμενο βιοαέριο : 0,386 $\text{m}^3 \text{ kg COD}$ Ρυθμός παραγωγής βιοαερίου : 1,2 $\text{m}^3$ $\text{m}^{-3}$
Γίγαρτα	Όγκος 0,5 L 37°C	Χωνευμένο υπόλειμμα 1:3 (COD)	Γίγαρτα 100%	CH <sub>4</sub> παραγωγή : 0,104 – 0,242 $\text{m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ VS
Γίγαρτα	Όγκος 0,5 L 37°C	Χωνευμένο υπόλειμμα 1:3 (COD)	Γίγαρτα 100%	CH <sub>4</sub> παραγωγή : 0,131 $\text{m}^3 \text{ CH}_4 \text{ kg}^{-1}$ COD

Η αναερόβια επεξεργασία αξιοποιεί πλήρως τα υποπροϊόντα προς ανάκτηση των ωφέλιμων πόρων, είναι οικονομικά αποδοτική κι εξοικονομεί ενέργεια για την επεξεργασία των αμπελοοινικών αποβλήτων. Για κάθε αφαιρούμενους 20 τόνους COD, η αναερόβια χώνευση μπορεί να εξοικονομήσει έως και 20 MWh την ημέρα, καθιστώντας τις δημοφιλείς επιλογές για διαδικασίες αναερόβιας επεξεργασίας (Pluggeet al., 2010). Επιπλέον, η αναερόβια επεξεργασία απαιτεί μικρότερες ποσότητες νερού και λιπάσματος προς την παραγωγή βιοαερίου και άλλων υγρών βιοκαυσίμων. Τα οινοποιεία μπορούν να χρησιμοποιήσουν το βιοαέριο για να δημιουργήσουν καθαρό βιοκαύσιμο το οποίο έχει υψηλότερη ενεργειακή αξία για βιομηχανικές χρήσεις, όπως η τροφοδοσία συστημάτων επεξεργασίας καθώς και για τη κάλυψη των αναγκών γενικότερα στην σταθεροποίηση των οίνων. Συγκεκριμένα, 1 kg COD που αφαιρείται μπορεί να παράγει περίπου 4 kWh (υποθέτοντας ότι δεν υπάρχουν απώλειες ενέργειας κατά τη μετατροπή), ενώ οι αερόβιες βιοτεχνολογίες απαιτούν 1 kWh τροφοδοσίας ανά kg COD που αφαιρείται (Kemausouor et al., 2018). Επιπλέον, το χαμηλό κόστος συντήρησης του συστήματος αναερόβιας επεξεργασίας και η ελάχιστη συσσώρευση περίσσειας λάσπης στον χωνευτήρα μετριάζουν τα οικονομικά και οικολογικά ζητήματα που σχετίζονται με την επεξεργασία ενώ ενθαρρύνουν την ανάκτηση ενός οικονομικού χωνεμένου λιπάσματος (βιολιπάσματος) για επαναχρησιμοποίηση στην αγροτικό τομέα, μειώνοντας την ανάγκη χρήσης ανόργανων λιπασμάτων. Επιπλέον, οι διαδικασίες αναερόβιας επεξεργασίας δεν επηρεάζονται από την αναστολή της βιομάζας που προκαλείται από τις εγγενείς πολυφαινολικές ενώσεις στο αλλά οι αερόβιες συνθήκες μπορεί να έχουν ανασταλτικά αποτελέσματα (Bolzonella et al., 2019).

Όμως το μειονέκτημα της αναερόβιας επεξεργασίας δεν έχει αρκετά καλές δυνατότητες διαχείρισης για οργανικά φορτία υψηλής αντοχής και χρειάζονται υδραυλικούς χρόνους παραμονής 15-20 ημερών που δεν είναι αρκετά ισχυρός προσαρμοστικός ή αποτελεσματικός για να ικανοποιήσει τις αυστηρές απαιτήσεις για την βιωσιμότητα των συστημάτων (Dutta et al., 2018).

Η απόδοση της διεργασίας εξαρτάται από το χρησιμοποιούμενο υπόστρωμα και τις συνθήκες επεξεργασίας. Αρχικά, υποστρώματα με χαμηλό λόγο C/N και υψηλή περιεκτικότητα σε οργανική ύλη είναι ιδανικά προς χρήση για αναερόβια χώνευση ενώ η βέλτιστη θερμοκρασία πραγματοποίησής της κυμαίνεται στους 35-42°C (Bolzonella et al., 2019).

Βέβαια εντοπίζονται και ορισμένες δυσκολίες στην επεξεργασία των υπολειμμάτων με τις συγκεκριμένες μεθόδους. Αρχικά, η διαχείριση του pH είναι αρκετά δύσκολη. Η αφθονία των οργανικών ενώσεων οδηγεί στον σχηματισμό πτητικών λιπαρών οξέων τα οποία οδηγούν σε μείωση του pH και για τον λόγο αυτό μία εναλλακτική λύση είναι η χρήση αλκαλικών μέσων για διαμόρφωσή του (Bolzonella et al., 2019).

Η επεξεργασία των λυμάτων του οινοποιείου μπορεί να είναι πιο προσιτή με τη χρήση αναερόβιας

βιολογικής επεξεργασίας, όπως η αναερόβια χώνευση, η οποία μπορεί να χειριστεί υψηλούς ρυθμούς οργανικής φόρτωσης. Επειδή δεν υπάρχει αερισμός και παράγεται λιγότερη λάσπη σε σχέση με την αερόβια επεξεργασία, η αναερόβια επεξεργασία προσφέρει το μειονέκτημα του χαμηλού κόστους. Επιπλέον, η αναερόβια χώνευση παράγει βιοαέριο και διευρύνει τις δυνατότητες ανάκτησης ενέργειας. Επειδή οι ρυθμοί ροής και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λυμάτων των αμπελώνων κυμαίνονται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, η ευκολία διακοπής και επανεκκίνησης των αναερόβιων αντιδραστήρων είναι ζωτικής σημασίας (Balzonella et al., 2019).

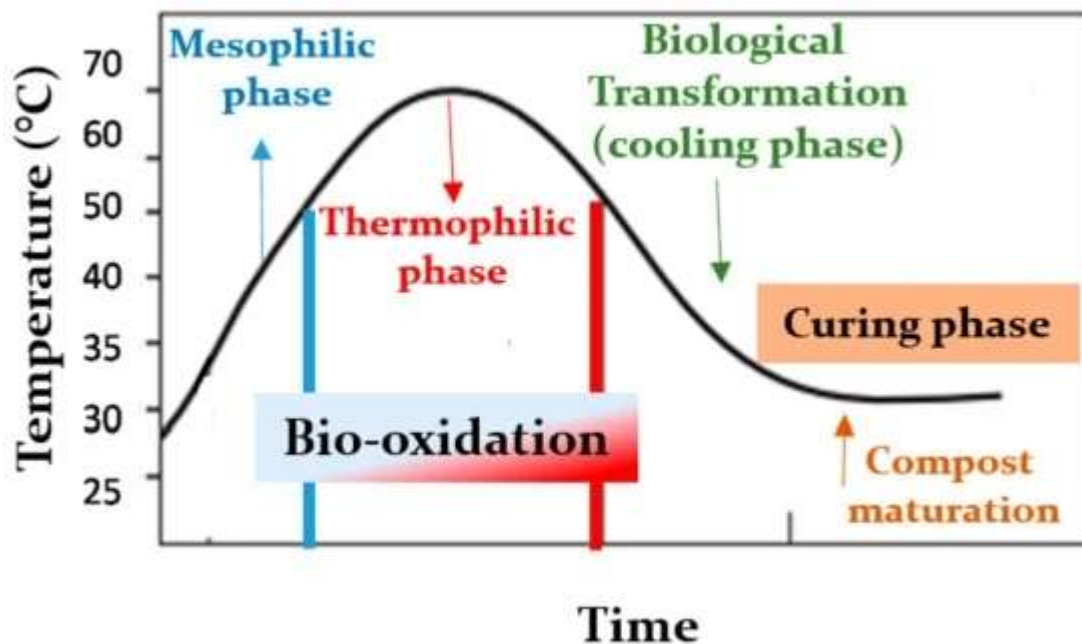
Στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, η πλειονότητα των αποδόσεων μείωσης COD, BOD και TSS είναι μικρότερη από 81%. Για τον λόγο αυτό απαιτείται κάποιος τύπος πρόσθετης επεξεργασίας μετά από τα αναερόβια επεξεργασμένα λύματα οινοποιείου (Latessa et al., 2023).

Το βιοαέριο αποτελεί ένα υψηλής σημασίας υποπροϊόν που παράγεται κατά την αναερόβια χώνευση με το μεθάνιο ( $\text{CH}_4$ ) και το διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ) είναι τα κύρια συστατικά του. Μεταξύ των υποστρωμάτων, η βινάσσα, τα στελέχη και οι οινολάσπες αξιοποιούνται με αναερόβια χώνευση προς παραγωγή βιοαερίου, με την χρήση ενεργοποιημένης ιλύος να οδηγεί σε υψηλές αποδόσεις 0,40  $\text{Nm}^3/\text{kg COD}$  - με 65% μεθάνιο (El Achkar et al., 2016).

Η αναερόβια επεξεργασία λευκών στεμφύλων με οινολάσπες σχετίζεται με αύξηση σε παραγωγή βιοαερίου κατά 15% συγκριτικά με την χρήση απλά στεμφύλων. Η αναερόβια επεξεργασία στεμφύλων και γιγάρτων οδηγεί σε καθαρή παραγωγή μεθανίου 116 και 175 L  $\text{CH}_4/\text{kg VS}$  (πτητικά στερεά), αντίστοιχα (El Achkar et al., 2016).

## 4.4 Κομποστοποίηση

Η κομποστοποίηση αποτελεί μία βιολογική διεργασία που μετατρέπει τα οργανικά απόβλητα σε κομπόστ, ένα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά υλικό που χρησιμοποιείται κυρίως σαν εδαφοβελτιωτικό. Η συγκεκριμένη διαδικασία αξιοποιεί την φυσική αποσύνθεση των οργανικών υλικών από μικροοργανισμούς σε ελεγχόμενες αερόβιες συνθήκες. Η κομποστοποίηση όχι μόνο δίνει την δυνατότητα να μειωθεί η ποσότητα των αποβλήτων που απορρίπτεται στο περιβάλλον και στους χώρους υγειονομικής ταφής αλλά ταυτόχρονα οδηγεί σε υποβάθμιση της υγείας του εδάφους, μειώνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και ανακυκλώνοντας τα ωφέλιμα θρεπτικά συστατικά στα οικοσυστήματα.



Εικόνα 7. Φάσεις κομποστοποίησης

Πηγή : <https://ngorisefoundation.com/wp-content/uploads/2022/03/microorganisms-09-00218-g001-550.webp?w=550>

Τα στάδια της κομποστοποίησης είναι τα εξής :

**Κατανομή υλικών :** Σε αυτό το στάδιο, μικροοργανισμοί όπως τα βακτήρια και οι μύκητες αρχίζουν να αποσυντίθενται οι οργανικές ενώσεις , όπως τα σάκχαρα και οι πρωτεΐνες.

**Αύξηση θερμοκρασίας :** Η μεταβολική δραστηριότητα αυτών των μικροοργανισμών παράγει θερμότητα, αυξάνοντας γρήγορα τη θερμοκρασία του σωρού κομποστοποίησης

#### ➤ Μεσόφιλη φάση

Σε θερμοκρασίες μεταξύ 20 και 40°C, η μεσόφιλη φάση είναι το πρώτο στάδιο της κομποστοποίησης. Οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, όπως τα βακτήρια και οι μύκητες, αποικοδομούν γρήγορα οργανικές ενώσεις όπως τα σάκχαρα και οι πρωτεΐνες σε αυτή τη φάση. Η θερμοκρασία του σωρού κομποστοποίησης αυξάνεται ως αποτέλεσμα της θερμότητας που παράγεται από αυτή τη μικροβιακή δραστηριότητα.

#### ➤ Θερμοφιλική φάση

Οι μικροοργανισμοί που αγαπούν τη θερμότητα, ή θερμοφιλοι, παίρνουν τον έλεγχο όταν η θερμοκρασία αυξάνεται. Θερμοκρασίες πάνω από 60°C μπορούν να συμβούν κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης, η οποία είναι απαραίτητη για την αποικοδόμηση πιο πολύπλοκων οργανικών ενώσεων όπως η λιγνίνη και η κυτταρίνη. Εκτός από τη θανάτωση ιών και σπόρων ζιζανίων, οι υψηλές θερμοκρασίες καθιστούν το κομπόστ κατάλληλο για χρήση στη γεωργία. Αυτό το στάδιο συνήθως διαρκεί μερικές ημέρες έως μερικές εβδομάδες, ανάλογα με τα υλικά και τις περιστάσεις.

**Αερισμός :** Η επαρκής παροχή οξυγόνου είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση των αερόβιων

συνθηκών. Η τακτική περιστροφή του σωρού κομποστοποίησης διασφαλίζει ότι οι μικροοργανισμοί έχουν επαρκές οξυγόνο, το οποίο εμποδίζει το σωρό να γίνει αναερόβιο και να παράγει δυσάρεστες οσμές.

**Ψύξη και Ωρίμανση :** Καθώς τα εύκολα αποικοδομήσιμα υλικά εξαντλούνται, ο σωρός του κομποστοποίησης σταδιακά ψύχεται και οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί κυριαρχούν.

Η ψύξη εμφανίζεται στο σωρό κομποστοποίησης μετά τη θερμόφιλη φάση. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, τα μεσόφιλα βακτήρια επανενεργοποιούνται και συνεχίζουν να διασπούν τα υπολειμματικά οργανικά υλικά.

Αυτό το στάδιο επιτρέπει στο κομπόστ να ωριμάσει, σταθεροποιώντας την οργανική ύλη και ολοκληρώνοντας τη διαδικασία αποσύνθεσης. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, πολύπλοκα οργανικά μόρια διασπώνται περαιτέρω και μετασηματίζονται σε χούμο, μια σταθερή μορφή οργανικής ύλης ευεργετική για την υγεία του εδάφους.

Το κομπόστ συνεχίζει να σταθεροποιείται κατά το στάδιο της ωρίμανσης. Κατά τη διάρκεια πολλών μηνών, το οργανικό υλικό αποσυντίθεται πλήρως και παίρνει τα χαρακτηριστικά του χούμου. Σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, το κομπόστ γίνεται λιγότερο πτητικό και η μικροβιακή δραστηριότητα μειώνεται, καθιστώντας το κατάλληλο για χρήση στο έδαφος.

## 4.5 Εκχύλιση με καινοτόμες μεθόδους

Τα απόβλητα οινοποιείων προσφέρουν μία πολύ καλή ευκαιρία για ανάκτηση ουσιών μέσω πολλαπλών διεργασιών εκχύλισης. Για την αποτελεσματικότερη ανάκτηση των βιοδραστικών ενώσεων από τα απόβλητα διάφορες μέθοδοι εκχύλισης έχουν μελετηθεί ανάλογα τα χαρακτηριστικά της προς εκχύλιση ένωσης, τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων όπως και τις ανάγκες. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους επεξεργασίας αποβλήτων προς πλήρη αξιοποίησή τους και για επίτευξη καλύτερων αποτελεσμάτων.

### 1. Κλασσική εκχύλιση

Η κλασσική μέθοδος εκχύλισης είναι η εκχύλιση με διαλύτες. Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται προς εξαγωγή βιοδραστικών ενώσεων με την χρήση οργανικών διαλυτών όπως η ακετόνη, μεθανόλη ή και αιθανόλη. Ανάλογα τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων και την φύση της εκχυλιζόμενης ουσίας, επιλέγεται και ο κατάλληλος διαλύτης. Η συγκεκριμένη μέθοδος είναι αποτελεσματική όμως επειδή σε αρκετές περιπτώσεις οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται είναι εύφλεκτοι και τοξικοί για το περιβάλλον τείνει να αντικατασταθεί από άλλες πιο φιλικές μεθόδους.

**Πίνακας 4. Βιοδραστικές ενώσεις που μπορούν να εκχυλιστούν και οι αντίστοιχοι διαλύτες τους**

Πηγή : Azmir et al., (2013)

Διαλύτης εκχύλισης	Νερό	Αιθανόλη	Μεθανόλη	Χλωροφόρμιο
Βιοδραστικές ενώσεις που εκχυλίζονται	Ανθοκυάνες	Ταννίνες	Ανθοκυάνες	Τερπενοειδή
	Ταννίνες	Πολυφαινόλες	Τερπενοειδή	Φλαβονοειδή
	Σαπωνίνες	Φλαβονόλες	Σαπωνίνες	
	Τερπενοειδή	Τερπενοειδή	Ταννίνες	
		Αλκαλοειδή	Φλαβόνες	
			Πολυφαινόλες	

**2. Εκχύλιση με υδραπόσταξη (απόσταξη μεθ' υδρατμών)**

Η εκχύλιση με υδραπόσταξη χρησιμοποιείται αρκετά συχνά προς παραλαβή διαφόρων πτητικών ενώσεων όπως τερπένια, θειόλες κ.α. Η συγκεκριμένη μέθοδος περιλαμβάνει την θέρμανση των αποβλήτων με νερό έως βρασμού και στη συνέχεια την συλλογή και συμπύκνωση των ατμών. Οι ατμοί που συλλέγονται είναι γεμάτοι με πτητικές ενώσεις.

**3. Εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> (Supercritical Fluid Extraction, SFE)**

Η συγκεκριμένη μέθοδος εκχύλισης περιλαμβάνει την χρήση υπερκρίσιμου CO<sub>2</sub> προς εκχύλιση διαφόρων ενώσεων από πρώτες ύλες. Επειδή το υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> είναι μη τοξικό και ασφαλές για το περιβάλλον, μπορεί να εκχυλίσει ενώσεις όπως λιπίδια και πολυφαινόλες πιο αποτελεσματικά από το φυτικό υλικό από ότι οι υγροί διαλύτες. Η βιοδραστικότητα των εκχυλισμένων ενώσεων διατηρείται από τη μέτρια θερμοκρασία λειτουργίας αυτής της μεθόδου.

Με θερμοκρασία και πίεση πάνω από τις κρίσιμες τιμές τους, η τεχνολογία SFE χρησιμοποιεί μεταφορά μάζας με βάση τα υγρά. Η υψηλότερη θερμοκρασία στην οποία ένα αέριο μπορεί να υποστεί αυξημένη μετατροπή πίεσης σε υγρό είναι γνωστή ως κρίσιμη θερμοκρασία. Συγκρίσιμα η υψηλότερη πίεση στην οποία ένα υγρό μπορεί να μετατραπεί σε αέριο όταν αυξάνεται η θερμοκρασία του είναι γνωστή ως κρίσιμη πίεση.

Τα υπερκρίσιμα υγρά είναι ουσίες με καλές ιδιότητες διαλυτοποίησης που είναι πάνω από την κρίσιμη θερμοκρασία και πίεση τους. Επειδή δεν χρησιμοποιούνται διαλύτες στη διαδικασία ή στο

τελικό προϊόν, αυτή η τεχνολογία θεωρείται ότι είναι βιώσιμη. Η αποστείρωση μετά την επεξεργασία δεν είναι απαραίτητη για τα τελικά προϊόντα, επειδή η κλίση πίεσης που δημιουργείται στο άκρο του εξαγωγέα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε μικροβιακή απολύμανση.

Η διαδικασία εκχύλισης συνήθως χρησιμοποιεί υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα. Η χρήση του CO<sub>2</sub> την καθιστά ελάχιστα τοξική και φιλική προς το περιβάλλον ενώ προσφέρει επιπλέον το πλεονέκτημα πως ο διαλύτης είναι μη τοξικός, φθηνός και πτητικός. Βέβαια επειδή το CO<sub>2</sub> είναι μη πολική ένωση δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εξαγωγή πολικών ενώσεων κι έτσι περιορίζει την εφαρμογή της μεθόδου. Όμως για να ξεπεραστεί το παραπάνω μειονέκτημα μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολικοί συνδιαλύτες που αυξάνουν την απόδοση της εκχύλισης (Fontana et al., 2013).

Ένα άλλο πλεονέκτημα της μεθόδου, συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους εκχύλισης, είναι η βελτιωμένη επιλεκτικότητα, αυτοματοποίηση, μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης καθώς και ο εύκολος διαχωρισμός από τις διαλυμένες ουσίες. Για τον λόγο αυτό οδηγεί σε υψηλότερες αποδόσεις, όπως έχει βρεθεί και στην περίπτωση των φαινολικών ενώσεων.

Η διεργασία διακρίνεται από δύο κύρια στάδια :

- (1) χρήση ενός υπερκρίσιμου ρευστού διαλύτη για την εκχύλιση διαλυτών ουσιών από μια στερεή μήτρα
- (2) διαχωρισμός μετά τη διαστολή των ενώσεων από τον υπερκρίσιμο διαλύτη

Οι κυτταρικές δομές μεγεθύνονται και διαστέλλονται ως αποτέλεσμα του υπερκρίσιμου υγρού ή διαλύτη που απορροφάται πρώτα από τη στερεή πρώτη ύλη. Λόγω της διαστολής, η αντίσταση στη μεταφορά μάζας των προϊόντων διατροφής μειώνεται καθώς ο διαλύτης περνά μέσα από αυτήν. Παράλληλα, μια διαδικασία διάχυσης διαλύει τα διαλυτά συστατικά του προϊόντος σε διαλύτη και τα μεταφέρει στη στερεή επιφάνεια. Στο τέλος της διαδικασίας ο εξαγωγέας και τα συστατικά τελικά διαχωρίζονται από τον διαλύτη που τα έφερε. Η επιλογή της χρήσης του τροποποιητή προετοιμασίας δειγμάτων υπερκρίσιμου υγρού και οι συνθήκες εκχύλισης είναι κρίσιμα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη διάρκεια μιας διαδικασίας SFE (Fontana et al., 2013).

Η συγκεκριμένη μέθοδος χρησιμοποιείται με επιτυχία για την εκχύλιση φαινολικών ενώσεων από τα αμπελοοινικά απόβλητα με την χρήση αιθανόλης ή μεθανόλης σαν συνδιαλύτη.

Οι ανθοκυάνες μπορούν να εκχυλιστούν με μεγάλη επιτυχία με την συγκεκριμένη μέθοδο από τους φλοιούς των ραγών. Η χρήση διαλύματος αιθανόλης/νερό με 0,2% τριφθοροοξικό οξύ (για οξίνιση του μέσου) οδηγεί στην δημιουργία δύο κλασμάτων καθαρών ανθοκυανών και το άλλο αιθανόλη/άλλα συστατικά φλοιού με αποδόσεις που ανέρχονται στο 85%. Οι βέλτιστες συνθήκες για την επίτευξη των συγκεκριμένων αποδόσεων είναι οι εξής 100–130 bar, 30–40 ° C, pH 2–4, 25–30% αιθανόλη, 25–50 ml / min ροή CO<sub>2</sub> και 3–10% αναλογία ροής εκχυλίσματος (Bleve et al.,

2008).

Για την μεγιστοποίηση της λαμβανόμενης ποσότητας γιγαρτελαίου, η εκχύλιση με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub> μπορεί να αποτελέσει μία αρκετά καλή εναλλακτική. Τα λιπαρά οξέα και άλλες μη πολικές ενώσεις που συχνά παραλείπονται από τις συμβατικές μεθόδους μπορούν να εξαχθούν αποτελεσματικά μέσω υπερκρίσιμης εκχύλισης. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μείωση του ιξώδους της πολικότητας και της επιφανειακής τάσης προκύπτουν από τη διάλυση του δεσμού υδρογόνου σε υποκρίσιμες συνθήκες. Επιπλέον, η υψηλότερη διάχυση και οι διηλεκτρικές σταθερές προκαλούν τις μη πολικές ενώσεις να γίνονται διαλυτές στο νερό με αποτέλεσμα να μπορεί να επιτευχθεί μία εκχύλιση σε ποσοστό 86% (Sirohi et al., 2020).

Η διεργασία εκχύλισης με CO<sub>2</sub> μπορεί να οδηγήσει στην επίτευξη υψηλότερου ποσοστού συν-εκχύλισης των φαινολικών ουσιών με γιγαρτέλαιο, σε ποσοστό ανάκτησης γιγαρτέλαιου 35%. Η διαδικασία εκχύλισης με υπερκρίσιμο CO<sub>2</sub>/αιθανόλη οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών (23 g/kg) από τα εκχυλίσματα που παράγονται με συμβατικές τεχνικές (Farias-Campomanes et al., 2013).

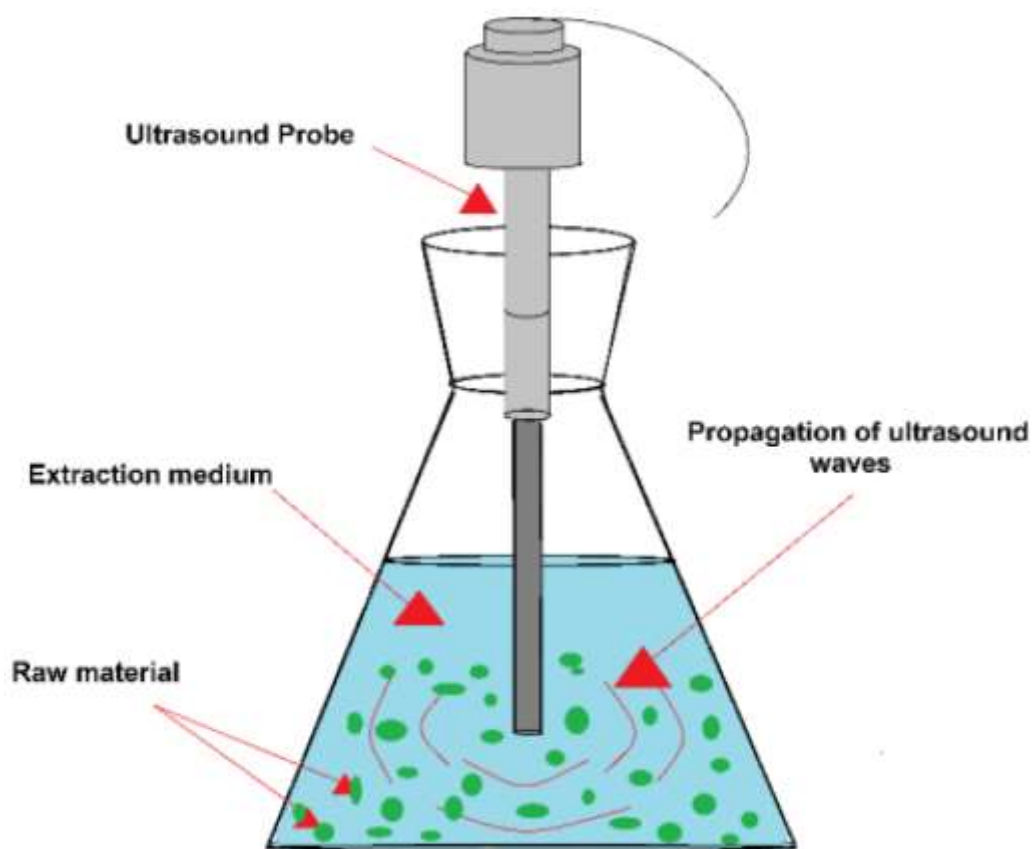
#### **4. Εκχύλιση με την χρήση υπερήχων (Ultrasound-assisted extraction, UAE)**

Οι υπερήχοι χρησιμοποιούνται αρκετά συχνά προς εκχύλιση διαφόρων βιοδραστικών ενώσεων από πρώτες ύλες. Η μέθοδος βασίζεται στην παραγωγή φυσαλίδων σπηλαίωσης στο διαλύτη. Καθώς αυτές οι φυσαλίδες εκρήγνυνται, τα κυτταρικά τοιχώματα διασπώνται και οι ενδοκυτταρικές ουσίες απελευθερώνονται πιο εύκολα.

Η συγκεκριμένη μέθοδος προσφέρει το πλεονέκτημα υψηλότερης διείσδυσης του διαλύτη στο κυτταρικό υλικό, γρηγορότερη επεξεργασία των δειγμάτων, υψηλότερες αποδόσεις προϊόντων και αναπαραγωγιμότητα, χρήση μικρότερης ποσότητας διαλυτών και εξοικονόμηση ενέργειας.

Λαμβάνοντας υπόψιν τα παραπάνω πλεονεκτήματα, οι υπέρηχοι αποτελούν μία φθηνή και φιλική προς το περιβάλλον λύση για εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων από τις πρώτες ύλες, ενώ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους για βελτίωση της αποτελεσματικότητας εκχύλισης.





**Εικόνα 8. Εκχύλιση με υπερήχους**

Πηγή : <https://www.mdpi.com/2073-4395/7/3/47>

Η UAE είναι ένα εύκολο πράσινο και αποτελεσματικό υποκατάστατο των παραδοσιακών μεθόδων εκχύλισης. Τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η ευκολία χρήσης και οι ελάχιστες απαιτήσεις σε όργανα ενώ τα συστήματα υπερηχητικών αισθητήρων χρησιμοποιούνται για βιομηχανικές εκχυλίσεις μεγάλης κλίμακας.

Η συγκεκριμένη μέθοδος έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για την ανάκτηση διαφόρων βιοδραστικών ενώσεων από τα αμπελοοινικά απόβλητα, κυρίως φαινολικές ενώσεις. Η εκχύλιση με υπερήχους μπορεί να οδηγήσει στην ανάκτηση ρεσβερατρόλης σε ποσοστό 24 – 28% και να μειώσει τους χρόνους εκχύλισης συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους εκχύλισης στα 30 λεπτά για θερμοκρασία 60°C. Συγκριτικά με την συμβατική εκχύλιση με διαλύτες, η χρήση υπερήχων οδηγεί στην ανάκτηση ίδιας ποσότητας ενώσεων (14g/100g) σε 30 λεπτά (150 W, 20 kHz) με την εφαρμογή συμβατικής εκχύλισης για 6 ώρες (Da porto et al., 2013).

Επιπλέον, αξιολογήθηκε η χρήση της UAE σαν τεχνική εκχύλισης με τη χρήση υδατόλουτρου υπερήχων για τον ποσοτικό προσδιορισμό του ολικού φαινολικού περιεχομένου και της αντιοξειδωτικής ικανότητας από πυρήνες σταφυλιών. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η εκχύλιση ύδατος υπό συνθήκες χαμηλότερης θερμοκρασίας και για μικρότερο χρονικό διάστημα (οκτώ φορές μικρότερο από ό,τι με τη συμβατική μέθοδο) με τη χρήση της UAE παρήγαγε εκχυλίσματα με

φαινολικές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες συγκρίσιμες με εκείνες που προέκυψαν με τη συμβατική εκχύλιση (Gonzalez-Centeno et al., 2015).

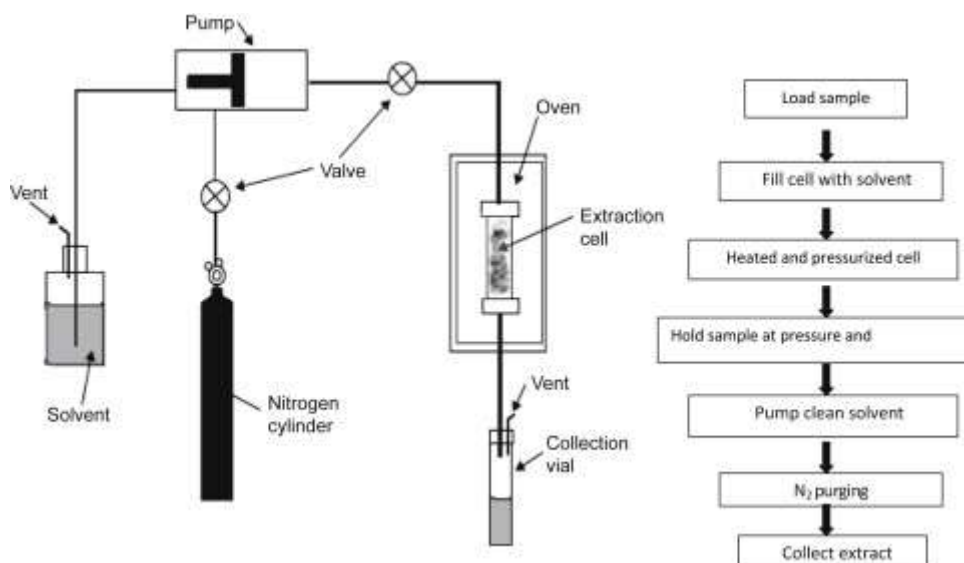
Τα γίγαρτα αποτελούν επίσης μία πολύ αξιόλογη πρώτη ύλη προς εκχύλιση φαινολικών ενώσεων με τη συγκεκριμένη μέθοδο. Η UAE είναι μια βιώσιμη και αποτελεσματική τεχνική για την εκχύλιση αυτών των ειδών βιοδραστικών ενώσεων από αυτή την πηγή. Εκτός από αυτά τα οφέλη, η χρήση ενέργειας υπερήχων για την εκχύλιση επιτρέπει επίσης ταχύτερη μεταφορά ενέργειας αποτελεσματικότερη ανάμιξη μείωση των κλίσεων θερμοκρασίας και των θερμοκρασιών εκχύλισης επιλεκτική εκχύλιση μικρότερες διαστάσεις εξοπλισμού ταχύτεροι χρόνοι αντίδρασης στον έλεγχο της εκχύλισης ταχύτεροι χρόνοι εκκίνησης υψηλότερη απόδοση και εξάλειψη των σταδίων της διαδικασίας. Η μείωση του χρόνου εκχύλισης, της ενέργειας και της χρήσης διαλυτών είναι επομένως τα οφέλη της UAE που έχουν αντίκτυπο τόσο στις περιβαλλοντικές όσο και στις οικονομικές πτυχές της ανάκτησης βιοδραστικών ενώσεων (Chemat et al., 2008).

### **5. Ενζυμική υποβοηθούμενη εκχύλιση (Enzyme-Assisted Extraction, EAE)**

Για τη διευκόλυνση της απελευθέρωσης ενδοκυτταρικών ουσιών ορισμένα ένζυμα χρησιμοποιούνται για την υδρόλυση των κυτταρικών τοιχωμάτων. Οι πηκτινάσες και ημικυτταρινάσες κυτταρινάσων είναι μεταξύ των ενζύμων που χρησιμοποιούνται συχνά για τη διάσπαση των πολύπλοκων πολυσακχαριτών στον πυρήνα του σταφυλιού προκειμένου να διευκολυνθεί η εκχύλιση φλαβονοειδών φαινολικών και άλλων πολύτιμων ενώσεων. Επειδή τα ένζυμα που χρησιμοποιούνται στην EAE είναι βιοαποδομήσιμα, θεωρείται ως φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος.

### **6. Εκχύλιση με υπό πίεση υγρό (Pressurized Liquid Extraction, PLE)**

Η PLE αποτελεί την μέθοδο εκχύλισης με την χρήση διαλυτών όπως το νερό και η αιθανόλη προσφέροντας το πλεονέκτημα του μειωμένου χρόνου εκχύλισης καθώς και της χαμηλότερης δόσης διαλύτη. Χρησιμοποιείται συνήθως για την εκχύλιση φαινολικών ενώσεων από τα απόβλητα οινοποιείων (στέμφυλα) (Gonzalez-Centeno et al., 2013).



**Εικόνα 9. Διεργασία εκχύλισης υπό πίεσης υγρού**

Πηγή : <https://ars.els-cdn.com/content/image/3-s2.0-B9780128023259000069-f06-11-9780128023259.jpg>

Η PLE προσφέρει το πλεονέκτημα συγκριτικά με την SFE λόγω του γεγονότος πως οδηγεί σε αυξημένες αποδόσεις στην παραλαβή φαινολικών με υψηλότερο αντιοξειδωτικό δυναμικό. Αναφορικά με τις αντιβακτηριδιακές ιδιότητες των εκχυλισμάτων, εντοπίστηκε πως η PLE είναι πιο αποτελεσματική σχετικά με την ανάκτηση αντιμικροβιακών εκχυλισμάτων από τα στέμφυλα συγκριτικά με την SFE (Otero-Pareja et al., 2015).

### **7. Εκχύλιση με την βοήθεια μικροκυμάτων (Microwave – Assisted Extraction, MAE)**

Η MAE αποτελεί μία σχετικά σύγχρονη τεχνολογία προς εκχύλιση βιοδραστικών και αντιοξειδωτικών ενώσεων. Η εξαγωγή και η απομόνωση των αντιοξειδωτικών γίνονται ευκολότερα με τη χρήση αυτής της τεχνολογίας.

Η διαδικασία MAE περιλαμβάνει θέρμανση ενός μίγματος στερεού και διαλύτη με ενέργεια μικροκυμάτων προκειμένου να εξαχθεί η ένωση στόχος από τον διαλύτη. Τα μη ιονίζοντα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελούν τη βάση για τη θέρμανση με μικροκύματα. Η υψηλή απόδοση είναι εγγυημένη επειδή η ακτινοβολία μικροκυμάτων αλληλοεπιδρά με πολικές ενώσεις όταν διεισδύει σε ένα υλικό και προκαλεί την περιστροφή του διπόλου για την παραγωγή θερμότητας.

Στη διαδικασία MAE, οι μεταβλητές περιλαμβάνουν τη θερμοκρασία όγκου του διαλύτη, τον χρόνο εκχύλισης του διαλύτη και την ισχύ μικροκυμάτων. Αυτές οι μεταβλητές έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην εξαγωγή προανθοκυανιδινών από σπόρους σταφυλιού και ανθοκυανινών από σταφύλια, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Επιπλέον, αυξάνοντας την επιφανειακή επαφή μεταξύ του διαλύτη και του στερεού πυρήνα σταφυλιού, τα μικρότερα μεγέθη σωματιδίων ενισχύουν την απόδοση (Deo et al., 2015).

Προκειμένου να εξαχθούν βιοδραστικές ενώσεις από τον πυρήνα του σταφυλιού, πολλές μελέτες εξέτασαν τη χρήση MAE ως προκατεργασία πριν από τη χρήση της παραδοσιακής μεθόδου εκχύλισης στερεού-υγρού. Αυτή η προεπεξεργασία φάνηκε να παρακάμπτει τον περιορισμό της βιομηχανικής εφαρμογής. Όταν χρησιμοποιείται ως προεπεξεργασία, το MAE αυξάνει την απόδοση και την εκλεκτικότητα και είναι ευεργετικό για την εμπορευματοποιημένη εκχύλιση πολυφαινόλης καθώς και για βιομηχανικές χρήσεις (Sirohi et al., 2020).

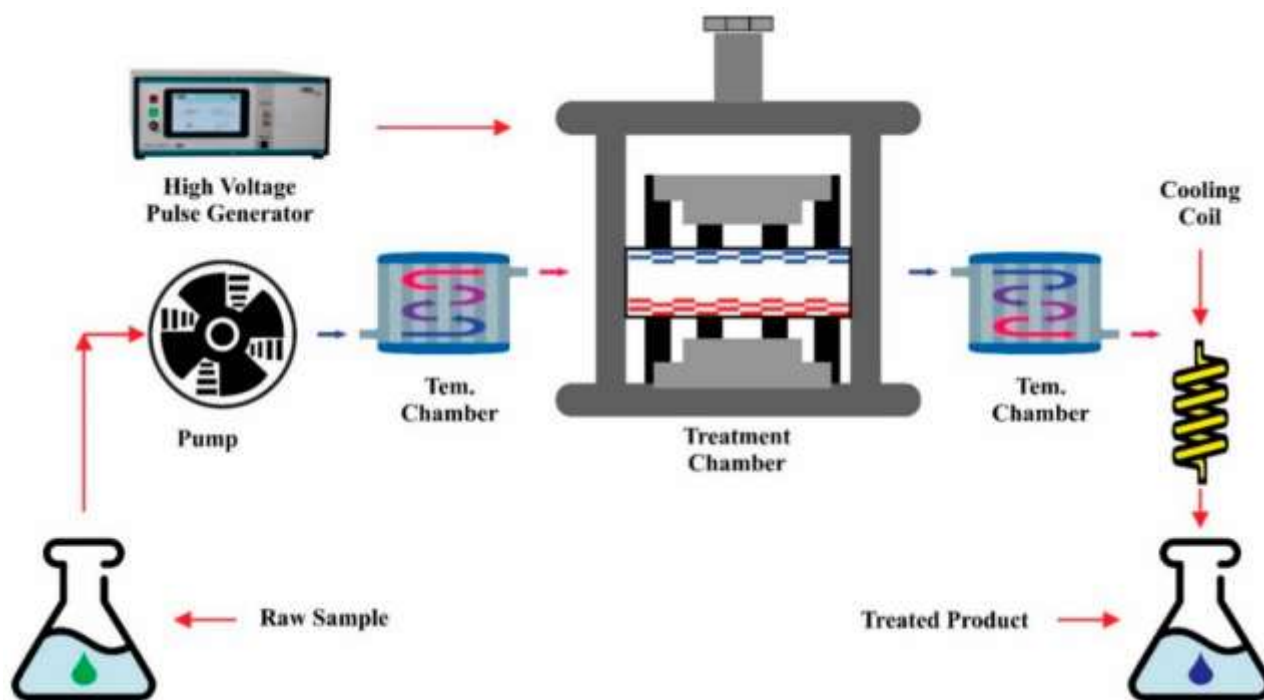
Η εκχύλιση πολυφαινόλων με MAE οδηγεί σε υψηλότερο ποσοστό ανάκτησης από τον φλοιό των σταφυλιών. 40 ml αιθανόλης 50%, 1 g φλοιών σταφυλιού 540 W ισχύος μικροκυμάτων και 3' είναι οι ιδανικές παράμετροι εκχύλισης (Yu et al., 2014).

Συγκριτικά με συμβατικές μεθόδους εκχύλισης, η MAE μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των συμβατικών εκχυλίσεων προς μείωση του χρόνου εφαρμογής από 5 ώρες σε 5 λεπτά. Επιπλέον, τρία ακόμη ακυλοπαράγωγα δεν μπορούσαν να ποσοτικοποιηθούν με τη συμβατική μέθοδο, ωστόσο με τη μέθοδο αυτή μπορούν να εκχυλιστούν και να ποσοτικοποιηθούν. Η πραγματοποίηση της MAE σε συγκέντρωση αιθανόλης 47,2%, λόγο υγρού προς στερεού 45,3% και χρόνο εκχύλισης 4,6% έχει βρεθεί πως μπορεί να οδηγήσει στην ανάκτηση έως και του 92% των ολικών φαινολικών ενώσεων, προσφέροντας το πλεονέκτημα της ταχύτερης εκχύλισης σε συνδυασμό με τα πολύ υψηλά ποσοστά ανάκτησης (Li et al., 2011).

## **4.6 Εφαρμογή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου (Pulsed Electric Field, PEF)**

Η εφαρμογή ηλεκτρικού πεδίου με την μορφή παλμικού ηλεκτρικού πεδίου αποτελεί μία πολλά υποσχόμενη εναλλακτική λύση για την εκχύλιση φαινολικών και αντιοξειδωτικών ενώσεων από στερεά μέρη σταφυλιού.

Η διεργασία περιλαμβάνει την τοποθέτηση ηλεκτροδίων εντός της πρώτης ύλης προς δημιουργία ενός ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου. Ο σχηματισμός πόρων προκύπτει από την πίεση των ηλεκτρικών πεδίων στη μεμβράνη ενώ μπορεί να συμβεί με μη αναστρέψιμο ή αναστρέψιμο τρόπο βελτιώνοντας την κυτταρική διαπερατότητα. Το PEF έχει επομένως μελετηθεί διεξοδικά ως μέθοδος μη θερμικής επεξεργασίας και συντήρησης. Δυστυχώς, δεν έχει γίνει ακόμη πολλή έρευνα σχετικά με τη χρήση του PEF στην εξαγωγή βιοδραστικών ενώσεων από υποπροϊόντα (Wijngaard et al., 2012).



**Εικόνα 10. Διεργασία εφαρμογής παλμικού ηλεκτρικού πεδίου**

Πηγή : <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/13/4031>

Πιο συγκεκριμένα, όταν ένα φυτικό κύτταρο υποβάλλεται σε σύντομες εκρήξεις ηλεκτρικού πεδίου υψηλής έντασης ( $\text{kV/cm}$ ) διάρκειας από  $\mu\text{s}$  έως  $\text{ms}$ , η κυτταρική μεμβράνη υφίσταται τη δημιουργία είτε παροδικών είτε μόνιμων οπών. Αυτή η διαδικασία που ονομάζεται ηλεκτροποτισμός καθιστά την κυτταρική μεμβράνη πιο διαπερατή, ενώ στην περίπτωση που εφαρμοστεί για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα η διαδικασία, η κυτταρική μεμβράνη αποσυντίθενται. Η διάσπαση της μεμβράνης επιτυγχάνεται με την εφαρμογή επαναλαμβανόμενων παλμών υψηλής τάσης σε όλο το σύστημα, ενώ το υλικό βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια για να σχηματίσει θάλαμο επεξεργασίας κατά τη διάρκεια μιας εξαγωγής παλμικού ηλεκτρικού πεδίου.

Η διαδικασία έχει εφαρμοστεί κυρίως στην εξαγωγή πολυφαινολών από τα απόβλητα σταφυλιών. Όταν το PEF χρησιμοποιήθηκε ως προκατεργασία για 1 λεπτό στους  $25^\circ\text{C}$  και σε συνδυασμό με μια παραδοσιακή θερμική εκχύλιση για 1 ώρα στους  $70^\circ\text{C}$ , η ποσότητα των ανθοκυανινών στο υποπροϊόν του κόκκινου σταφυλιού αυξήθηκε κατά 60%. Η επεξεργασία με PEF των φλοιών λευκών σταφυλιών στους  $20^\circ\text{C}$  είχε ως αποτέλεσμα την εκχύλιση 10% περισσότερων πολυφαινολών από τα δείγματα που δεν υποβλήθηκαν σε επεξεργασία. Το PEF φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη μέθοδος για την προεπεξεργασία υποπροϊόντων για την εξαγωγή πολυφαινολών, αλλά η τεχνική δεν λειτουργεί για στερεά προϊόντα και ο εξοπλισμός βιομηχανικής κλίμακας εξακολουθεί να μελετάται (Wijngaard et al., 2012).

Η συγκεκριμένη τεχνολογία PEF έχει μελετηθεί κατά κύριο λόγο στην ανάκτηση πολυφαινολών

φλοιού σταφυλιών και αποβλήτων οινοποιείου. Το είδος των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται συγκεκριμένα η δομή των ιστών των πηγών και οι παράμετροι επεξεργασίας PEF καθορίζουν τις αντιοξειδωτικές ενώσεις που ανακτώνται. Η PEF (0,8-5 kV/cm 1 - 100 ms 42 - 53 kJ/kg) συγκριτικά με μια συμβατική επεξεργασία (50°C για 15 λεπτά) οδηγεί σε υψηλότερες συγκεντρώσεις φαινολικών ουσιών στο εκχύλισμα. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι η εφαρμογή της PEF (51 - 62%) και της θερμικής επεξεργασίας (20%) βελτίωσαν σημαντικά την εκχύλιση των φαινολικών ουσιών των δειγμάτων (περιεκτικότητα σε ανθοκυανίνες και ταννίνες), την ένταση του χρώματος και τη δράση καθαρισμού κατά τη ζύμωση του ερυθρού οίνου. Σε σύγκριση με την κλασική διαδικασία, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η επεξεργασία με παλμικά ηλεκτρικά πεδία έχει το πλεονέκτημα της μη θερμικής-επιλεκτικής εκχύλισης (5°C) χωρίς απώλεια της ποιότητας του προϊόντος (Delsart et al., 2012).

Έχει μελετηθεί επίσης η χρήση της PEF και συμπύκνωσης σε συνδυασμό με την απουσία πρόσθετου αγωγίμου υγρού για την εκχύλιση φαινολικών ενώσεων από πυρήνες σταφυλιών χαμηλής περιεκτικότητας σε υγρασία (Brianceau et al., 2015).

Επιπλέον, μελετήθηκε ο αντίκτυπος μίας πρόσθετης υδροαλκοολικής εκχύλισης σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι υψηλότερη ανάκτηση πολυφαινολικών ενώσεων για αυτή τη μήτρα είναι δυνατή με επεξεργασία PEF (1,2 kV/cm 18 kJ/kg) σε στέμφυλα (1 g/cm<sup>3</sup>). Έχει διαπιστωθεί πως αυτή η τεχνολογία επιτρέπει μια πιο εστιασμένη ανάκτηση των ανθοκυανών μετά την εφαρμογή της επεξεργασίας, αποδίδοντας για τα δείγματα ελέγχου και τα δείγματα που υποβλήθηκαν σε επεξεργασία με PEF ανθοκυανές/ολικές φλαβαν-3-όλες στους 20°C , 7,1°C και 9°C αντίστοιχα (Brianceau et al., 2015).

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Ανάκτηση και αξιοποίηση χρήσιμων υποπροϊόντων**

### **5.1 Τα απόβλητα οινοποίησης σαν πηγή ωφέλιμων υποπροϊόντων και βιοδραστικών ενώσεων**

Η καλλιέργεια σταφυλιών συγκαταλέγεται μεταξύ των πιο διαδεδομένων καλλιεργειών στον κόσμο. Στην Ευρώπη παράγονται περίπου 69 εκατομμύρια τόνοι σταφυλιών ετησίως καθιστώντας την τη μεγαλύτερη παραγωγό οίνου σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα φυσικά εξωδιατροφικά συστατικά που βρίσκονται σε ίχνη στα φυτά και τα τρόφιμα ονομάζονται βιοδραστικές ενώσεις. Οι δευτερογενείς μεταβολίτες, όπως τα αντιβιοτικά, οι μυκοτοξίνες, τα αλκαλοειδή, οι χρωστικές ουσίες τροφίμων, οι αυξητικοί παράγοντες των φυτών και οι φαινολικές ενώσεις είναι από τις πιο διαδεδομένες βιοδραστικές ενώσεις. Οι βιοδραστικές ενώσεις εντοπίζονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στα αμπελοοινικά απόβλητα κι επιπλέον μπορούν να ανακτηθούν και διάφορα προϊόντα υψηλής αξίας.

Η χημική σύσταση των υποπροϊόντων παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα τον τύπο των υποπροϊόντων, την ποικιλία σταφυλιών καθώς και τις μεθόδους απομόνωσής τους από τα απόβλητα. Μεταξύ άλλων, οι ουσίες που ανακτώνται μπορούν να αξιοποιηθούν για μια πληθώρα εφαρμογών όπως η εφαρμογή τους στο έδαφος, η χρήση τους προς παραγωγή ζωοτροφών, η παραγωγή αντιοξειδωτικών ενώσεων, καυσίμων, οργανικών ενώσεων καθώς και διαιτητικών ινών.

Ακόμα, τα υποπροϊόντα περιέχουν σε μικρότερες ποσότητες διαλυτά σάκχαρα καθώς και φαινολικές ενώσεις οι οποίες έχουν την δυνατότητα ευρείας εφαρμογής λόγω των διαφορετικών αντιοξειδωτικών και αντιμικροβιακών τους ιδιοτήτων. Οι παραπάνω ενώσεις μπορούν να αντικαταστήσουν επιπλέον τα χρησιμοποιούμενα οινολογικά πρόσθετα μειώνοντας το κόστος παραγωγής τους.

### **5.2 Φαινολικές ενώσεις**

Τα υπολείμματα της οινοποίησης είναι πλούσια σε φαινολικά συστατικά και για τον λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν προς ανάκτησή τους. Οι φαινολικές ενώσεις είναι μία ομάδα δευτερογενών μεταβολιτών των φυτών που έχουν έναν αρωματικό δακτύλιο υποκατεστημένο με μία ή περισσότερες ομάδες υδροξυλίου ενωμένες στο μόριό τους. Τα υπολείμματα των οινοποιείων μπορούν να αξιοποιηθούν προς ανάκτηση φαινολικών ενώσεων, λόγω των υψηλών συγκεντρώσεών

τους σε αυτές τις ενώσεις.

Μεταξύ των σημαντικών φυσικών φυτικών προϊόντων είναι οι φαινολικές χημικές ουσίες. Τα κύρια υποπροϊόντα της οινοποίησης, οι φαινολικές ενώσεις έχουν συγκεντρώσει σημαντική προσοχή λόγω των πιθανών πλεονεκτημάτων για την υγεία τους, όπως η αντιοξειδωτική δράση, η εξάλειψη των ελεύθερων ριζών και η πρόληψη της οξείδωσης των λιποπρωτεϊνών. Λόγω των τεράστιων δυνατοτήτων του ως φαρμακολογικών παραγόντων και συμπληρωμάτων διατροφής, έχει σημαντική οικονομική σημασία. Πρόσφατες έρευνες έχουν αναφέρει φαινολικές ενώσεις, δηλαδή φλαβανόλες όπως οι προανθοκυανιδίνες και οι κατεχίνες (Martins et al., 2016).

Με ομάδες υδροξυλίου και καρβοξυλικό οξύ στον βενζολικό δακτύλιο, το υδροξυκιναμικό οξύ και το υδροξυβενζοϊκό οξύ είναι οι κύριες πηγές παραγωγής. Η πλειονότητα των φαινολικών βρίσκονται ως γλυκοσίδες που έχουν εστεροποιηθεί. Ουσιαστικά, τα φυτικά απόβλητα και η τεχνολογία που χρησιμοποιείται ελέγχουν τη διαδικασία εξόρυξης (Martins et al., 2016).

Οι οινολάσπες αποτελούν το υπόλειμμα με την υψηλότερη συγκέντρωση σε φαινολικά συστατικά και για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάκτησή τους. Ενώ οι φαινολικές ενώσεις μεταφέρονται από τα σταφύλια στο κρασί κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, μια σημαντική ποσότητα διατηρείται στο οινολάσπη, ένα υποπροϊόν της οινοποίησης. Ο τύπος των τεμαχισμένων σταφυλιών και οι μεταβλητές κατά τη διαδικασία οινοποίησης καθορίζουν το φαινολικό προφίλ στις οινολάσπες. Η περιεκτικότητα σε φαινολικές ενώσεις γενικότερα κυμαίνεται σε 900 – 1300 mg GAE/100g ξηρής ουσίας (Barcia et al., 2014).

Στις οινολάσπες περιλαμβάνεται μία μεγάλη πληθώρα φαινολικών ενώσεων, με την κατηγορία των φλαβονολών να είναι η σημαντικότερη. Η κυριότερη φλαβανόλη είναι η κερκετίνη ενώ άλλες φλαβονόλες είναι η καεμφερόλη η μυρικετίνη η κερκιτρίνη και η καεμφερόλη. Άλλες φλαβονόλες που βρέθηκαν ήταν η κερκετίνη 3-O-γλυκοσίδα η κερκετίνη 3-O-γλυκουρονίδιο η κερκετίνη 3-O-γαλακτοσίδα και η κερκετίνη 3-O-ρουτινοσίδα. Βρέθηκε επίσης η καεμφερόλη 3-(2030-διακετυλοραμνοσίδα)-7-ραμνοσίδα. Στις οινολάσπες έχουν επίσης βρεθεί ανθοκυανίνες, συμπεριλαμβανομένων παραγώγων των ανθοκυανιδινών όπως η δελφινιδίνη η κυανιδίνη η πετουνιδίνη η πεονιδίνη και η μαλβιδίνη.

Τόσο οι ποικιλίες σταφυλιών *V. Vinifera* όσο και οι υπόλοιπες ποικιλίες *non Vinifera* χαρακτηρίζονται από υψηλές συγκεντρώσεις φαινολικών οξέων, όπως το καφεϊκό οξύ και το p-κουμαρικό οξύ. Έχει επίσης παρατηρηθεί ότι οι οινολάσπες περιέχουν υδροξυβενζοϊκά οξέα όπως το γαλλικό και το βανιλικό οξύ. Αν και η ρεσβερατρόλη, ένα στιλβένιο που υπάρχει στη φλούδα του σταφυλιού, έχει εντοπιστεί ευρέως στη φλούδα του σταφυλιού, εντοπίζεται λιγότερο συχνά στις οινολάσπες (Caro et al., 2017).

Δεδομένου ότι η εκχύλιση είναι ένα κρίσιμο βήμα για την ανάκτηση των φαινολικών ενώσεων, είναι



απαραίτητο να ρυθμιστούν οι παράμετροι εκχύλισης προκειμένου να παραχθούν εκχυλίσματα πλούσια σε φαινόλες. Η πιο δημοφιλής μέθοδος για την απομάκρυνση φαινολικών ενώσεων από οινολάσπες είναι η εκχύλιση στερεού-υγρού αν και δεν υπάρχει ένας τέλειος τρόπος για να γίνει. Οι πρωταρχικοί παράγοντες που λαμβάνονται υπόψη κατά τη διαδικασία εκχύλισης είναι η προεπεξεργασία του δείγματος (ζήρανση-λυοφιλοποίηση-άλεση) αναλογία διαλύτη-στερεάς ουσίας τρόπος εκχύλισης (ανάδευση υπερήχων μικροκυμάτων) θερμοκρασία και χρόνος.

Όσον αφορά την προεπεξεργασία, οι οινολάσπες είτε λυοφιλοποιούνται για 24 ή 48 ώρες είτε ζηραίνονται σε φούρνο στους 40 ή 50 βαθμούς (Delgado et al., 2015). Η αιθανόλη είναι ο πιο διαδεδομένος διαλύτης. Μερικές φορές ρυθμίζεται σε όξινο pH με ανάμιξη με νερό σε διάφορες αναλογίες. Οι χρωματικές ιδιότητες και οι χημικές μορφές των ανθοκυανών σε υδατικό διάλυμα εξαρτώνται από το pH για την ισορροπία τους. Η μορφή κατιόντος φλαβυλίου (κόκκινο χρώμα), η οποία είναι σταθερή σε πολύ όξινο μέσο, λαμβάνεται με την εφαρμογή οξίνισης στον διαλύτη. Οι φαινολικές ενώσεις που εμπεριέχονται στις οινολάσπες εκχυλίζονται δύσκολα με καθαρό νερό ακετόνη ή μεθανόλη σε αντίθεση με μίγματα αιθανόλης:νερού. Βάσει της μελέτης που αναφέρθηκε, ο βέλτιστος διαλύτης εντοπίστηκε πως είναι ένα μείγμα αιθανόλης:νερού 75:25 που περιείχε 254 mg GAE/g ξηρής μάζας. Οι χαμηλότερες τιμές φαινολικών λαμβάνονται με την χρήση διαλύτη ακετόνης και νερού με 26 και 38 mg GAE/g ξηρής μάζας αντίστοιχα (Bueno et al., 2012).

Δεδομένου πως το εκχύλισμα των φαινολικών ενώσεων από τις οινολάσπες μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία τροφίμων και φαρμακευτικών προϊόντων, είναι κρίσιμο να χρησιμοποιούνται διαλύτες που είναι ασφαλείς για την ανθρώπινη υγεία. Οι παραδοσιακοί οργανικοί διαλύτες με καλές δυνατότητες εκχύλισης όπως η μεθανόλη και η ακετόνη προκαλούν επίσης χημική ρύπανση και είναι επικίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία. Δεδομένου ότι είναι φιλικά προς το περιβάλλον και επιτρέπουν την άμεση χρήση σε τρόφιμα και φαρμακευτικά προϊόντα, η αιθανόλη το νερό και τα μείγματά τους αποτελούν τους καλύτερους διαλύτες εκχύλισης. Το εύρος από 30:1 έως 50:1 προσδιορίστηκε ως το ιδανικό εύρος για την επίτευξη της καλύτερης απόδοσης εκχύλισης όσον αφορά την παράμετρο του λόγου διαλύτη προς στερεό σε μια μελέτη για τον προσδιορισμό των κατάλληλων ευρών των παραμέτρων εκχύλισης για φαινολικές ενώσεις από οινολάσπες (Tao et al., 2014).

Τα φαινολικά συστατικά που λαμβάνονται από τα υποπροϊόντα αμπελοοινικής παραγωγής βρίσκουν μία πληθώρα εφαρμογών που βασίζονται κυρίως στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες. Στον ανθρώπινο οργανισμό το οξειδωτικό στρες συνδέεται με τον διαβήτη, τον καρκίνο, την αρτηριακή υπέρταση και τη γήρανση. Τα υψηλά επίπεδα αντιδραστικών ειδών οξυγόνου (ROS) που στοχεύουν μακρομόρια όπως πρωτεΐνες DNA και λιπίδια προκαλούν οξειδωτικό στρες και σημαντική κυτταρική βλάβη. Λόγω των ποικίλων αντιοξειδωτικών δραστηριοτήτων τους για διάφορες δοκιμές

οι φαινολικές ενώσεις που βρίσκονται στις οινολάσπες τις καθιστούν εξαιρετική πηγή ενώσεων που μπορούν να αναβάλουν την οξείδωση των μακρομορίων. Για τον λόγο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν σε τρόφιμα, σκευάσματα καθώς και σε άλλα σημεία (Romero-Diez et al., 2018).

Γενικά, η συνολική συγκέντρωση των φαινολικών ενώσεων συσχετίζεται άμεσα με την αντιοξειδωτική δράση των υποπροϊόντων οινοποίησης, με τις μεγαλύτερες τιμές της συνολικής περιεκτικότητας σε φαινόλες να αντιστοιχούν στις υψηλότερες τιμές της αντιοξειδωτικής δράσης (Jara-Palacios et al., 2014). Οι πολυφαινόλες του οίνου που συγκρατούνται σε απόθεμα από τις οινολάσπες συμβάλλουν στην αντιοξειδωτική δράση του οίνου (Gallardo-Chacon et al., 2010). Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι ανάλογα με την τεχνική εκχύλισης και τη δοκιμασία αντιοξειδωτικής δράσης οι τιμές της αντιοξειδωτικής δράσης κυμαίνονται από 200 έως 6000 μmoL ισοδύναμα Trolox ανά γραμμάριο ξηράς ουσίας. Για την λήψη φαινολικών ενώσεων με υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα το μίγμα 75:25 EtOH:H<sub>2</sub>O (v/v) οδηγεί στην λήψη εκχυλίσματος με υψηλότερη αντιοξειδωτική ικανότητα (Jara-Palacios, 2019).

Η βανιλίνη αποτελεί μία φαινολική ένωση που μπορεί να ληφθεί από τα απόβλητα οινοποιητικών μονάδων και βρίσκει μία πληθώρα εφαρμογών στην βιομηχανία τροφίμων. Η ζύμωση των αποβλήτων αμπελοοινικής προέλευσης από *Bacillus subtilis* μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή βανιλίνης (Cabrera et al., 2019).

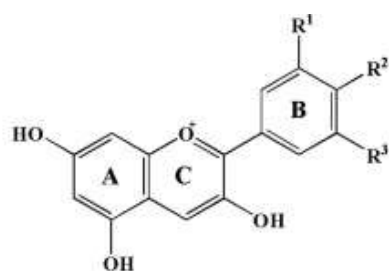
Τα απόβλητα οινοποίησης αποτελούν επίσης εξαιρετική πηγή υδροξυβενζοϊκού οξέος. Τα κύρια παράγωγα του υδροξυβενζοϊκού οξέος που βρίσκονται στα απόβλητα οινοποιείων είναι το συριγγικό οξύ, το π-υδροξυβενζοϊκό οξύ, το βανιλικό οξύ, το πρωτοκατεχουϊκό οξύ, το ταννικό οξύ και τα παράγωγα του γαλλικού οξέος. Το πιο διαδεδομένο παράγωγο υδροξυβενζοϊκού οξέος που βρίσκεται στους μίσχους, το φλοιό και γίγαρτα είναι το γαλλικό οξύ, το οποίο ακολουθείται σε αφθονία από το συριγγικό οξύ στους μίσχους των σταφυλιών. Το πιο διαδεδομένο υδροξυβενζοϊκό οξύ σε σπόρους σταφυλιού και πυρηνόσπορο από ερυθρούς τύπους είναι το πρωτοκατεχουϊκό οξύ (μέσος όρος 98,65 mg·g<sup>-1</sup>·ξηρό βάρος) (Kalli et al., 2018).

Τα φλαβονοειδή εντοπίζονται επίσης σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Τα φλαβονοειδή είναι χημικές ουσίες με δεκαπέντε άτομα άνθρακα και δομή χαμηλού μοριακού βάρους. Κατά την ανάπτυξη και την ωρίμανση του σταφυλιού αρχίζει η παραγωγή φλαβονοειδών. Τρεις έως τέσσερις εβδομάδες μετά το περκασμό παρατηρείται το υψηλότερο επίπεδο συγκέντρωσής τους. Οι φυσιολογικές διεργασίες και η περίοδος συγκομιδής είναι δύο σημαντικές μεταβλητές που επηρεάζουν την ποιότητα της περιεκτικότητας σε βιοενεργά φλαβονοειδή του οινοποιείου. Η σύγκριση της περιεκτικότητας σε φλαβονοειδή των σπόρων και των φλοιών αποκαλύπτει ότι ενώ η συγκέντρωση της ανθοκυανίνης είναι υψηλότερη στο φλοιό από ότι σε άλλα απόβλητα αμπελώνων, η συγκέντρωση των φλαβαν-3-ολών είναι ισοδύναμη και στα δύο. Το βιομηχανικό υπόλειμμα του

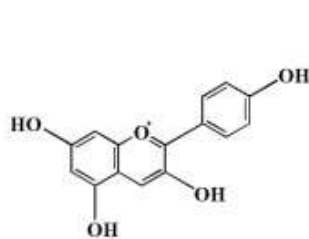
οινοποιείου περιέχει προανθοκυανιδίνες, ανθοκυανίνες, φλαβονόλες, φλαβόνες και φλαβανόλες ή φλαβαν-3-όλες.

Τα στέμφυλα αποτελούν πλούσια πηγή φαινολικών ενώσεων όπως γλυκοζυλιωμένες ανθοκυανίνες, ολιγομερείς προανθοκυανιδίνες, μονομερή φαινολικά οξέα τριμερή κατεχινών και προκυανιδίνες ρεσβερατρώλης, που χαρακτηρίζονται από αντιβακτηριακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες.

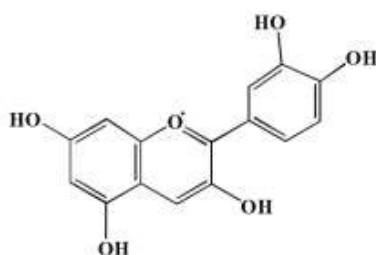
Οι ανθοκυανίνες αποτελούν χρωστικές ενώσεις που εντοπίζονται στα στέμφυλα σε ποσότητες που κυμαίνονται 131 - 1790 mg/100g ανάλογα τον τύπο αποβλήτου. Εντοπίζονται κυρίως στον φλοιό των σταφυλιών όμως και σε μικρότερες ποσότητες στην σάρκα. Στα στέμφυλα ερυθρών σταφυλιών οι συγκεντρώσεις τους κυμαίνονται στα 385 – 934 mg/100 g με τις ποσότητες να επηρεάζονται από παράγοντες όπως το pH και η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η ποικιλία σταφυλιών, καλλιεργητικές τεχνικές κ.λπ. (Andelkovic et al., 2015).



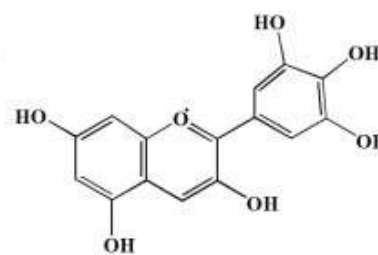
The basic structure of anthocyanins



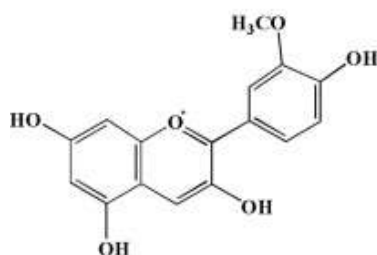
Pelargonidin



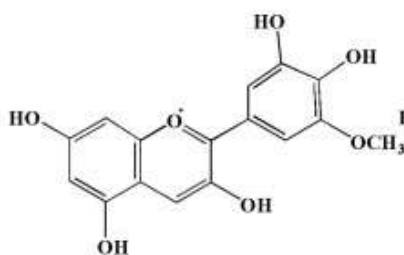
Cyanidin



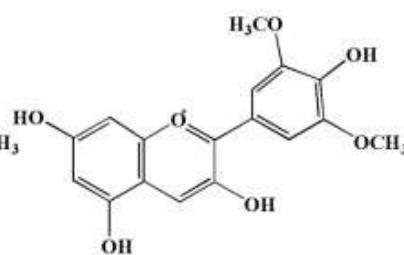
Delphinidin



Peonidin



Petunidin

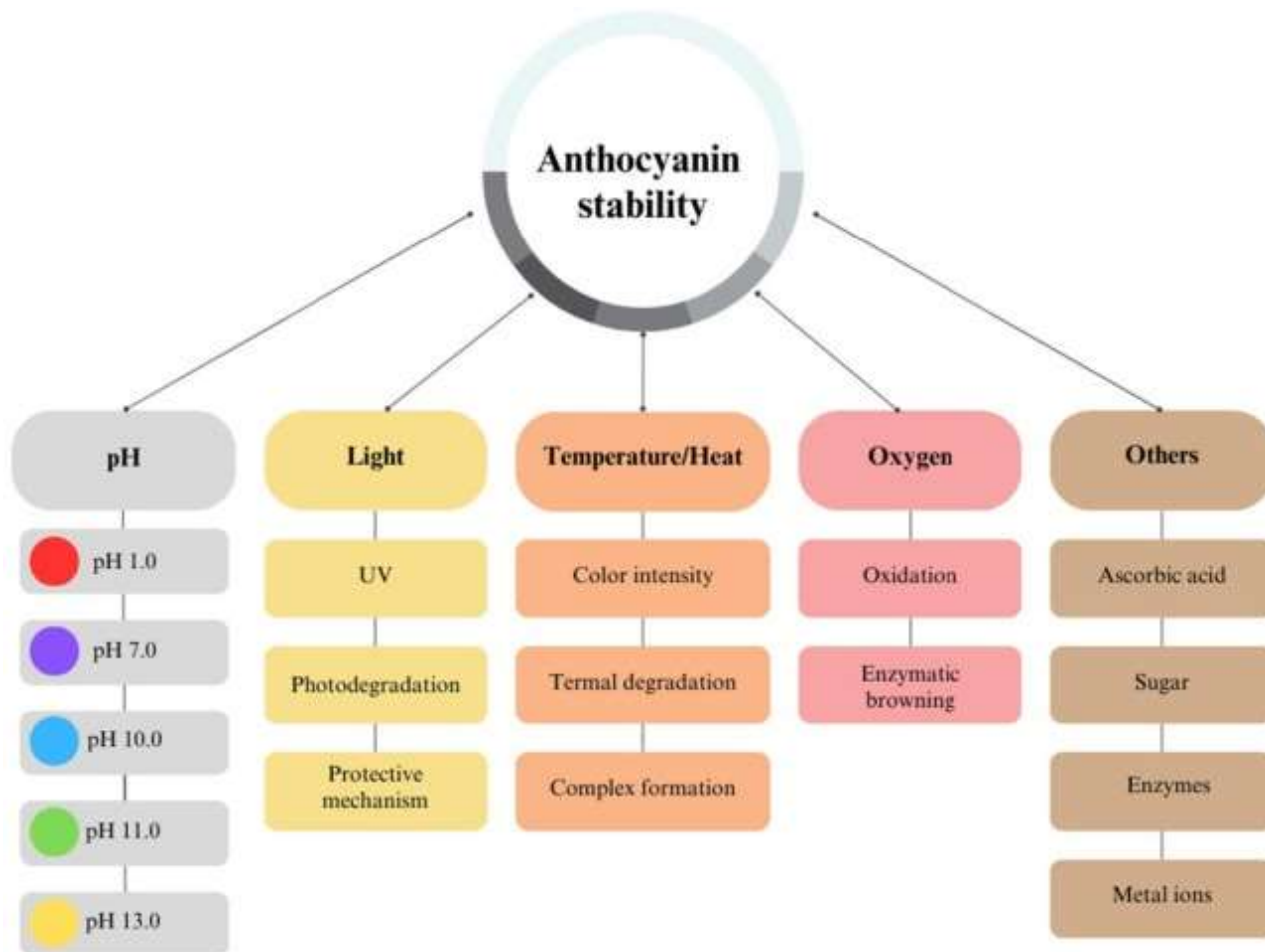


Malvidin

Εικόνα 11. Η βασική δομή των ανθοκυανών

Πηγή : Yucetepe et al., (2024)

Οι ανθοκυάνες είναι υπεύθυνες για το χρώμα των ερυθρών ποικιλιών σταφυλιών και το χρώμα τους επηρεάζεται από την χημική τους δομή, με την μορφή που έχει ερυθρό χρώμα να είναι η μορφή κατιόντων φλαβυλίου σε χαμηλές τιμές pH και να επηρεάζεται επίσης από τον βαθμό υδροξυλίωσης, μεθυλίωσης και γλυκοζυλίωσης (Ajila et al., 2011).



**Εικόνα 12 Παράγοντες που επηρεάζουν την σταθερότητα των ανθοκυανών Πηγή : Yucetepe et al., (2024)**

Οι ανθοκυάνες που εντοπίζονται είναι η κυανιδίνη, δελφινιδίνη, πεονιδίνη, πετουνιδίνη και μαλβιδίνη και δομικά αποτελούνται από έναν αρωματικό δακτύλιο συνδεδεμένο με ένα ετεροκυκλικό δακτύλιο που περιέχει οξυγόνο, ο οποίος συνδέεται με έναν τρίτο αρωματικό δακτύλιο μέσω ενός δεσμού άνθρακα – άνθρακα. Δηλαδή συνολικά το μόριό τους αποτελείται από τρεις δακτυλίους. Το μόριο των ανθοκυανών είναι ασταθές και οξειδώνεται εύκολα, αλλοιώνοντας τα χημικά χαρακτηριστικά τους και υποβαθμίζει την βιολογική τους σημασία.

Οι πολυφαινόλες διακρίνονται από βιολογικές δράσεις και είναι εξαιρετικά υδροδιαλυτές ενώ έχουν μία χαρακτηριστική κόκκινη απόχρωση. Είναι υπεύθυνες για το ερυθροιώδες χρώμα των φυτικών ιστών παρόλο που εντοπίζονται κυρίως με μορφή κατιόντων φλαβυλίου (ερυθρός χρωματισμός) σε χαμηλές τιμές pH. Εκτός από τις τιμές pH, οι ανθοκυάνες είναι ευαίσθητες σε μία ποικιλία συνθηκών

που μπορούν να επηρεάσουν την σταθερότητά και το χρώμα τους όπως για παράδειγμα η θερμοκρασία κι έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία. Εντοπίζονται συχνά σαν γλυκοζίτες στους φλοιούς των σταφυλιών και κατά την διάρκεια της οινοποίησης μετατρέπονται σε μορφή αγλυκονών μέσω διάσπασης του ενωμένου στο μόριο σακχάρου (Ajila et al., 2011).

Συγκεκριμένα, σε τιμές μικρότερες του 2 η χρωστική αποκτά έναν έντονο ερυθρό χρωματισμό, ενώ για υψηλότερες τιμές παρατηρείται μία απώλεια πρωτονίων και εισαγωγή νερού στο C2 που δημιουργεί ένα άχρωμο μόριο. Σε επίπεδα pH υψηλότερα του 7 εμφανίζονται οι κίτρινης μορφής του με μωβ χρωματισμό.

Μεταξύ άλλων ο φλοιός των σταφυλιών παρουσιάζει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις ανθοκυανών καθώς εντοπίζονται τόσο οι αγλυκόνες όσο και οι γλυκοζυλιωμένες μορφές τους. Επιπλέον, στα στέμφυλα εντοπίζονται αποκλειστικά γλυκοζυλιωμένα, ακυλιωμένα καθώς και κουμαρολικά παράγωγα των ανθοκυανών (Barros et al., 2014).

Υψηλές συγκεντρώσεις ανθοκυανών εντοπίζονται και στα στελέχη, περιέχουν όμως μόνο 3 κατηγορίες ανθοκυανών (μαλβιδίνη-3-O-γλυκοσίδη, μαλβιδίνη-3-O-ρουτινοσίδη και μαλβιδίνη-3-O-(-6-O-καφεοϋλ)-γλυκοσίδη). Μεταξύ άλλων, η μαλβιδίνη-3-O-γλυκοσίδη είναι η πιο άφθονη ανθοκυανή, με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται στα 16,50 mg/g ξηράς ουσίας. Η πεονιδίνη-3-O-γλυκοσίδη είναι η δεύτερη σημαντικότερη ανθοκυανή, με συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0,70 – 11,50 mg/g ξηράς ουσίας.

Στη βιομηχανία ποτών οι ανθοκυανίνες χρησιμοποιούνται συνήθως ως φυσικές χρωστικές ουσίες. Επιπλέον, λόγω των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πιο υγιεινών προϊόντων και να αυξήσουν τη διάρκεια ζωής του τελικού προϊόντος.

Επιπλέον, οι ανθοκυανίνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποτά στη φυσική τους μορφή, καθώς και μέσω συν-χρωματισμού και μικροενθυλάκωσης για να εξασφαλιστεί η σταθερότητα. Η προσθήκη ανθοκυανών σε συνδυασμό με άλλες φαινολικές ενώσεις όπως το γαλλικό οξύ μπορεί να οδηγήσει στην εξισορρόπηση του χρώματος (Nguyen et al., 2022).

Στην βιομηχανία τροφίμων οι ανθοκυανίνες μπορούν να προσφέρουν πολλαπλά πλεονεκτήματα και να καταστούν φυσικό υποκατάσταση των τεχνητών χρωστικών. Οι ανθοκυανίνες έχουν βρεθεί στο επίκεντρο έξυπνων υλικών συσκευασίας και μεμβρανών προβολής εκτός από όλα αυτά τα ειδικά πλεονεκτήματα. Με τον τρόπο αυτό παρατείνουν τη διάρκεια ζωής των προϊόντων στο ράφι. Επιπλέον, η αλλοίωση των προϊόντων ως αποτέλεσμα μικροβιακών ή/και χημικών επιδράσεων έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή του χρώματος που υποστηρίζει την ασφαλή αλυσίδα κατανάλωσης τροφίμων τόσο για τους παραγωγούς όσο και για τους καταναλωτές (Yucepe et al., 2024).

## 5.3 Οργανικά οξέα

Τα οργανικά οξέα είναι απαραίτητα σε πολλές διαφορετικές βιομηχανίες. Η βιομηχανία τροφίμων και ποτών χρησιμοποιεί εκτενώς το τρυγικό οξύ ως σταθεροποιητικό και οξινιστικό. Τα τρόφιμα χρησιμοποιούν μηλικό οξύ για να εξισορροπήσουν τα επίπεδα του pH και να τους δώσουν μια ξινή γεύση. Λόγω των αντιοξειδωτικών του χαρακτηριστικών και της ικανότητάς του να λειτουργεί ως συντηρητικό, το κιτρικό οξύ βρίσκει χρήση στη φαρμακευτική βιομηχανία τροφίμων και στη βιομηχανία καλλυντικών. Τα βιοαποδομήσιμα πλαστικά φάρμακα και η επεξεργασία τροφίμων χρησιμοποιούν όλα γαλακτικό οξύ. Με την ανάκτηση αυτών των οξέων από τα απόβλητα οινοποιείων, ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της διάθεσης των απορριμμάτων μειώνεται, ενώ ταυτόχρονα προσφέρει μια βιώσιμη πηγή αυτών των σημαντικών ενώσεων.

### ➤ Τρυγικό οξύ

Το τρυγικό οξύ είναι ένα διπρωτικό οργανικό οξύ που χρησιμοποιείται κυρίως ως παράγοντας οξίνισης, ενισχυτικό γεύσης και αντιοξειδωτικό στην οινοποιία, τη μαγειρική, την αρτοποιία και τη φαρμακευτική βιομηχανία. Η βιομηχανική εφαρμογή του τρυγικού οξέος έχει δημιουργήσει μεγάλη ζήτηση για το προϊόν, το οποίο έχει μεγάλη αγορά. Παρόλο που μπορεί να βρεθεί σε μια ποικιλία φυτών, τα απόβλητα σταφυλιού πιστεύεται ότι είναι μια πιθανή πηγή τρυγικού οξέος.

Το τρυγικό οξύ έχει ένα μεγάλο εύρος πιθανών εφαρμογών στην βιομηχανία τροφίμων σαν φυσικό οξύ, αποτελώντας μία δημοφιλή εναλλακτική λύση κόντρα στα ευρέως χρησιμοποιούμενα κιτρικά και φωσφορικά οξέα στις βιομηχανίες τροφίμων. Συγκεκριμένα, ορισμένα τρόφιμα στα οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι οι επεξεργασμένες καραμέλες, τα είδη αρτοποιίας όπως μπισκότα, τα ποτά, τα αναψυκτικά καθιστώντας τα σταθερά και με λιγότερη ανάγκη για χημική και θερμική επεξεργασία. Πολλοί παράγοντες, όπως η ποικιλία, οι μέθοδοι καλλιέργειας, η ποιότητα του εδάφους και η διαδικασία οινοποίησης, επηρεάζουν τη περιεκτικότητα στο τρυγικό οξύ (Kontogiannopoulos et al., 2017).

Επί του παρόντος, η κύρια χρήση των οινολασπών είναι η ανάκτηση τρυγικού οξέος, το οποίο εφαρμόζεται εκ νέου κατά τη διαδικασία οινοποίησης για τη ρύθμιση του αρχικού pH του γλεύκους πριν από τη ζύμωση. Η παραλαβή τρυγικού οξέος πραγματοποιείται κυρίως με απόσταξη των οινολασπών και στη συνέχεια καταβύθιση περαιτέρω με τρυγικό ασβέστιο που δίνει την δυνατότητα ανάκτησης έως και του 92,4% του τρυγικού οξέος από τις οινολάσπες (Rivas et al., 2006). Η συγκεκριμένη ποσότητα ανέρχεται σε 220kg τρυγικού οξέος από 100 kg (12, 24 kg ξηρού βάρους) απεσταγμένων οινολασπών (Kontogiannopoulos et al., 2017).

Οι κοινές μορφές τρυγικού οξέος περιλαμβάνουν το διαλυτό διτρυγικό κάλιο. Ωστόσο, μπορεί

επίσης περιστασιακά να βρεθεί ως κρύσταλλοι τρυγικού ασβεστίου μαζί με οργανικά υλικά, σωματίδια σωματιδίων και κύτταρα ζυμομυκήτων. Το ποσοστό ανάκτησης είναι αρκετά υψηλό ακόμα και με την χρήση των πιο κοινών μεθόδων ανάκτησης. Ωστόσο, επειδή εντοπίζονται άλλες ενώσεις όπως το θειικό ασβέστιο, η απομάκρυνση τους μέσω επεξεργασίας τους προσφέρει οφέλη (Muhlack et al., 2018).

Η ανάκτηση τρυγικού οξέος μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί και με την νανοδιήθηση με μεμβράνες 1 kDa το οποίο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και για την ανάκτηση πολυφαινολών, και στην συνέχεια συμπύκνωση των συστατικών που ανακτώνται. Το παραγόμενο στερεό υπόλειμμα από την ανάκτηση αιθανόλης και τρυγικού οξέος διακρίνεται από χαμηλότερη ζήτηση χημικού οξυγόνου επειδή περιείχε λιγότερες οργανικές ενώσεις με αποτέλεσμα να μπορεί να διατεθεί στο περιβάλλον είτε να αξιοποιηθεί περαιτέρω για παραλαβή βιομάζας ζυμομυκήτων που θα προσδώσει προστιθέμενη αξία (Muhlack et al., 2018).

### ➤ Γαλακτικό οξύ

Το γαλακτικό οξύ αποτελεί ένα οργανικό οξύ το οποίο μπορεί να ληφθεί από τα υπολείμματα της διαδικασίας οινοποίησης και να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω.

Οι οινολάσπες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν θρεπτικά συστατικά για την παραγωγή γαλακτικού οξέος από γλυκόζη μέσω της ζύμωσης των οινολασπών από τους *L. rhamnosus*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus pentosus*, *L. casei* και *Lactobacillus coryniformis subsp torquens* επιτυγχάνοντας υψηλές συγκεντρώσεις γαλακτικού οξέος. Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο σε λευκές όσο και σε ερυθρές οινολάσπες από διαφορετικά στάδια οινοποίησης, με τον *L. rhamnosus* να οδηγεί στην παραγωγή υψηλότερων συγκεντρώσεων προϊόντος (103,4 g γαλακτικού οξέος/L) που αντιστοιχεί σε απόδοση προϊόντος 0,91 g/g όταν ήταν 20 g/L. Στην περίπτωση των λευκών οινολασπών μπορούν να ληφθούν ποσότητες γαλακτικού οξέος δηλαδή η απόδοση προϊόντος κυμαίνεται στα 103,4 g γαλακτικού οξέος/L.

Για την παραλαβή γαλακτικού οξέος, χρησιμοποιήθηκαν υδρόλυση βλαστών αμπέλου για την παραγωγή φαινυλακτικού οξέος και γαλακτικού οξέος με *Lactobacillus plantarum* και *L. pentosus* αντίστοιχα. Ο *L. plantarum* μεταβολίζει γρήγορα την αραβινόζη και γλυκόζη όμως δεν μπορεί να καταναλώσει την ξυλόζη. Οι *L. plantarum* και *L. pentosus* μπορούν να μεταβολίσουν τις λιγνοκυτταρίνες και κυτταρίνες των αμπελοοινικών αποβλήτων (κυρίως ξυλοποιημένοι βλαστοί, στέμφυλα). Το *L. pentosus* θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη συνεχή παραγωγή γαλακτικού οξέος από υδρολυμένους προεπεξεργασμένους βλαστούς αμπέλου. Βέβαια η προσθήκη οινολασπών στις πρώτες ύλες που προέρχονται από τα πρέμνα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε αύξηση της παραγωγής γαλακτικού οξέος (Kontogainopoulos et al., 2016).

### ➤ **Κιτρικό οξύ**

Το κιτρικό οξύ αποτελεί ένα οργανικό οξύ που περιέχεται σε σημαντικές ποσότητες στα αμπελοοινικά απόβλητα. Η επεξεργασία τους με βακτήρια του γένους *Aspergillus spp.* μπορούν να οδηγήσουν στην παραλαβή κιτρικού οξέος.

Ως πρόσθετο τροφίμων το κιτρικό οξύ χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων και ποτών. Προς το παρόν, η μελάσα πλούσια σε αμυλούχα υλικά είναι το κύριο συστατικό που χρησιμοποιείται στην εμπορική παραγωγή κιτρικού οξέος που παράγεται μέσω μικροβιακής ζύμωσης (Kontogainopoulos et al., 2016).

Τα απόβλητα οινοποιείου μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο υπόστρωμα στην αναζήτηση ενός διαφορετικού λιγότερο ακριβού υποστρώματος για τη σύνθεση κιτρικού οξέος. Τα γίγαρτα όταν χρησιμοποιήθηκαν με υγρά απόβλητα όταν ζυμωθούν με τον *Aspergillus niger* μπορούν να μεταβολιστούν προς παραλαβή κιτρικού οξέος. Το ποσοστό ανάκτησης ανέρχεται στο 75% (Kontogainopoulos et al., 2016).

## **5.4 Εδαφοβελτιωτικά (κομπόστ – βιοεξανθράκωμα)**

Η επιφανειακή τάση και η διεπιφανειακή τάση των διαλυμάτων μπορούν να μειωθούν από αμφίφιλα βιοεπιφανειοδραστικά που παράγονται από μικροοργανισμούς. Ανάλογα με το υπόστρωμα που χρησιμοποιούν οι μικροοργανισμοί, τα βιοεπιφανειοδραστικά που παράγουν μπορεί να έχουν διαφορετικές συνθέσεις και ποσότητες αμπελοοινικών αποβλήτων. Συγκριτικά με τα τεχνητά επιφανειοδραστικά, εκείνα που παράγονται με βιολογικές μεθόδους παρουσιάζουν διαφορές τόσο στην σύνθεσή τους όσο και στην παραγόμενη ποσότητά τους, ενώ είναι λιγότερο τοξικά και γενικά βιοδιασπώμενα.

Οι βλαστοί αμπέλου και τα υπολείμματα κλαδέματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία για την παραγωγή εδαφοβελτιωτικών όμως προηγουμένως η υδρόλυσή τους προάγει την δράση του βακτηριακού είδους *Bacillus tequilensis*. Η ημικυτταρίνη στο υδρόλυμα της πρώτης ύλης είναι η κύρια πηγή άνθρακα των παραπάνω υπολειμμάτων.

### **Κομπόστ**

Το κομπόστ είναι το υποπροϊόν που παράγεται από την διεργασία της κομποστοποίησης. Είναι η οργανική ουσία που παράγεται από αυτή την διεργασία και χρησιμοποιείται σαν εδαφοβελτιωτικό, καθώς βελτιώνει την οργανική ουσία και συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών μέσω της αερόβιας διάσπασης των οργανικών υλικών από μικροοργανισμούς.



Η σταθερότητα και η ωρίμανση του κομπόστ, οι χημικές ιδιότητες που περιλαμβάνουν pH, ηλεκτρική αγωγιμότητα και περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά, έλλειψη φυτοτοξικότητας και χαμηλές συγκεντρώσεις επιβλαβών ουσιών όπως τα βαρέα μέταλλα είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του κομπόστ (Bernal et al., 2009).

Ο βαθμός στον οποίο αποσυντίθεται η οργανική ύλη επηρεάζει τη σταθερότητα του κομπόστ. Καθώς προχωρά η κομποστοποίηση, οι ανθεκτικές οργανικές ενώσεις υφίστανται μερική διάσπαση και ύγραση, με αποτέλεσμα την αποδόμηση των ασταθών οργανικών ενώσεων και τη δημιουργία σταθερών μορίων που συμβάλλουν στην οργανική γονιμότητα του εδάφους (Pinto et al., 2023).

Το τελικό κομπόστ σε αυτή την περίπτωση διακρίνεται από υψηλό βαθμό σταθερότητας 140 ημέρες μετά την έναρξη της διαδικασίας κομποστοποίησης, όπως αποδεικνύεται και από τις περιεκτικότητες σε  $\text{NH}_4^+\text{-N}$ , οι οποίες ήταν σημαντικά χαμηλότερες από τη μέγιστη συνιστώμενη τιμή των  $400 \text{ mg kg}^{-1}$  για σταθεροποιημένα κομπόστ και σταθερές θερμοκρασίες που ήταν κοντά στα επίπεδα περιβάλλοντος στο τέλος της διαδικασίας κομποστοποίησης (Raj & Antil, 2011).

Δεδομένου ότι τα νιτροποιητικά βακτήρια είναι ως επί το πλείστον ενεργά κατά την περίοδο ωρίμανσης, η δραστηριότητα νιτροποίησης είναι ένας σημαντικός προγνωστικός παράγοντας της ωριμότητας του κομπόστ. Συνεπώς, το  $\text{NH}_4^+\text{-N/NO}_3^- \text{-N}$  είναι ένας χρήσιμος δείκτης ωρίμανσης κομπόστ. Τα κομπόστ που έχουν τιμές μικρότερες από 0,5 θεωρούνται ώριμα (Gomez-Brandon et al., 2019).

### **Βιοεξανθράκωμα**

Τα προϊόντα που παράγονται κατά την πυρόλυση μπορούν να είναι στερεά, υγρά ή αέρια και να αξιοποιηθούν περαιτέρω. Ορισμένα από τα παραπάνω προϊόντα έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν άμεσα, να χρησιμοποιηθούν ως πρώτες ύλες για άλλες βιομηχανικές διεργασίες ή να μετατραπούν σε ενέργεια. Μεταξύ άλλων το βιοεξανθράκωμα είναι από τα σημαντικότερα προϊόντα που παράγονται. Οι τομείς της ενέργειας, της βιομηχανίας και της γεωργίας μπορούν να βρουν χρήση για το βιοεξανθράκωμα ως βιοπροϊόν. Ήδη από το 2015 έχει παρατηρηθεί μια διακριτή αύξηση της εφαρμογής του βιοάνθρακα στη γεωργία. Οι εφαρμογές στη γεωργία περιλαμβάνουν πρόσθετα ζωοτροφών, πρόσθετα ζωοτροφών φορείς λιπασμάτων, κομποστοποίηση και βελτίωση του εδάφους (Fahmy et al., 2020).

Λόγω της ικανότητάς του να αυξάνει την παραγωγικότητα του εδάφους και να δεσμεύει άνθρακα, το βιοεξανθράκωμα έχει προσελκύσει μεγάλο ενδιαφέρον ως εδαφοβελτιωτικό (Kavitha et al., 2018).

Το βιοεξανθράκωμα εφαρμόζεται με επιτυχία στο έδαφος. Τα χαρακτηριστικά του έχουν τονιστεί ως βελτιωτικά του εδάφους, συμπεριλαμβανομένων των υψηλών επιπέδων οργανικού C, της υψηλής

περιεκτικότητας σε ανόργανα συστατικά μακροθρεπτικά (Ca, K και P) και μικροθρεπτικά συστατικά (B, Mn, Cu, Zn, Fe, Mo και Mg), της πορώδους δομής, της μεγάλης και ενεργής επιφάνειας και της υψηλής ικανότητας ανταλλαγής κατιόντων (Soja et al., 2016).

Επιπλέον, η επίδραση του βιοεξανθρακώματος στο pH του εδάφους συμβάλλει στη βελτίωση των όξινων εδαφών. Τα κριτήρια για γεωργικές εφαρμογές βρέθηκαν να ικανοποιούνται από τους βιοάνθρακες που παρασκευάστηκε από τα αμπελοοινικά υπολείμματα. Τα υψηλά επίπεδα οργανικού άνθρακα, τα χαμηλά επίπεδα τέφρας και πτητικών ουσιών, η πορώδης δομή, η μεγάλη επιφάνεια και η υψηλή τιμή pH είναι μεταξύ των απαραίτητων ιδιοτήτων. Επιπλέον, το βιοεξανθράκωμα πρέπει να είναι σε θέση να περάσει τις απαιτήσεις για την αξιολόγηση της τοξικότητας του εδάφους (Soja et al., 2016).

Το πυρολυμένο βιοεξανθράκωμα διακρίνεται από υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα (9-10 % κ.β.), χαμηλή περιεκτικότητα σε πτητικές ουσίες (<23 % κ.β.) και υψηλή περιεκτικότητα σε σταθερό άνθρακα (>68 % κ.β.). Ένα αξιόπιστο μέτρο της σταθερότητας και της ικανότητας του βιοεξανθρακώματος να δεσμεύει άνθρακα με αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης άνθρακα στο έδαφος. Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα μόλυνσης του εδάφους και οι σχετικές επιπτώσεις στους μικροβιακούς πληθυσμούς και την ανάπτυξη των φυτών, είναι πάντα απαραίτητο να μειωθεί η συγκέντρωση της πτητικής ουσίας του βιοάνθρακα. Το παραγόμενο βιοεξανθράκωμα έχει πολύ χαμηλές τιμές για τους λόγους O/C και H/C και υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα ( $\geq 77,5$  % κ.β.) όσον αφορά τη χημική σύνθεση. Τα δεδομένα αυτά αποτελούν κρίσιμο παράγοντα πρόβλεψης της ικανότητας των παραγόμενων βιοεξανθρακωμάτων να δεσμεύουν άνθρακα (Rajapaksha et al., 2016).

Το βιοεξανθράκωμα διακρίνεται από υψηλή περιεκτικότητα σε μακροθρεπτικά συστατικά (Ca, K και P) και υψηλή συγκέντρωση μετάλλων. Η μικροπορώδης φάση του βιοεξανθρακώματος βελτιώνει την ικανότητα να απορροφά νερό κι άλλα θρεπτικά και το μικροπορώδεις δημιουργεί ένα ιδανικό περιβάλλον για τον αποικισμό των μικροοργανισμών στο έδαφος. Επιπλέον, η δράση του είναι καλύτερη σε όξινα εδάφη από ότι σε αλκαλικά (Rajapaksha et al., 2016).

Η περίπλοκη δομή των βιοεξανθρακωμάτων και η επίδραση πολλών παραγόντων (όπως η κοκκομετρία, οι ανόργανοι καταλύτες) στη διαδικασία της πυρόλυσης και, με τη σειρά τους, οι ιδιότητες των βιοεξανθράκων καθιστούν αδύνατη την καθιέρωση οριστικής συσχέτισης. Ωστόσο, ορισμένοι παράγοντες έχει εντοπιστεί πως επηρεάζουν τα χαρακτηριστικά του άμεσα και με σαφήνεια (Frikha et al., 2021).

Σχετικά με τη χημική σύνθεση, οι μεγαλύτερες θερμοκρασίες πυρόλυσης οδηγούν σε βιοεξανθράκωμα με χαμηλότερη περιεκτικότητα σε H, O και N και υψηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες πυρόλυσης οδηγούν στην παραγωγή βιοεξανθρακώματος με

μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε σταθερό άνθρακα και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε πτητικές ουσίες. Επιπλέον, υψηλότερη θερμοκρασία οδηγεί σε πιο έντονες μικροπορώδεις δομές όσον αφορά τις ιδιότητες της υφής ενώ αυξάνεται η περιεκτικότητα σε μεταλλικά στοιχεία. Αναλυτικότερα, χαμηλές θερμοκρασίες πυρόλυσης (450 °C) οδηγούν σε λιγότερο συμπυκνωμένη δομή βιοεξανθρακώματος ενώ θερμοκρασίες 550 °C οδηγούν σε βιοεξανθράκωμα με υψηλότερο μικροπορώδες (Frikha et al., 2021).

## 5.5 Μαννοπρωτεΐνες και β-γλυκάνες

Οι μαννοπρωτεΐνες καθώς και οι γλυκάνες επίσης μπορούν να ανακτηθούν από τις οινολάσπες και προέρχονται από την αυτόλυση των ζυμών μετά το τέλος της ζύμωσης. Οι μαννοπρωτεΐνες όπως και οι γλυκάνες αποτελούν ενώσεις οι οποίες μπορουν να εξαχθούν από τους ζυμομύκητες λόγω του γεγονότος πως αποτελούν συστατικό του κυτταρικού του τοιχώματος ενώ βρίσκουν μία πληθώρα εφαρμογών στα τρόφιμα και στην οινοπαραγωγή. Βάση νομοθεσίας οι β-γλυκάνες που προέρχονται από μαγιά μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα λειτουργικά τρόφιμα (Κανονισμός ΕΚ αριθ. 258/97) (De Iseppi et al., 2020).

Οι μαννοπρωτεΐνες αποτελούν ένα ακόμα συστατικό του κυτταρικού τοιχώματος καθώς εντοπίζονται στο εξωτερικό στρώμα των ζυμομυκήτων. Οι μαννοπρωτεΐνες αποτελούν πολυμερή μαννόζης τα οποία συνδέονται ομοιοπολικά με έναν μοριακό πυρήνα πρωτεΐνης. Λόγω της αμφίθυμης συμπεριφοράς τους με υδρόφιλα πολυμερή μαννόζης συνδεδεμένα με πρωτεΐνες, έχουν χρησιμοποιηθεί ως γαλακτωματοποιητές σε πολλά τρόφιμα ή ως πρωτεΐνες και σταθεροποιητές τρυγικού, ενισχυτικό αφρού και βελτιωτικό των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των παραγόμενων οίνων (De Iseppi et al., 2020).

Οι μαννοπρωτεΐνες που λαμβάνονται μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντί για τους συμβατικούς πολυσακχαρίστες και γαλακτωματοποιητές, χωρίς όμως να επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων.

Οι λαμβανόμενες μαννοπρωτεΐνες διαθέτουν έναν προστατευτικό ρόλο στον οίνο τόσο με τις αντιοξειδωτικές του ιδιότητες όσο και με την βελτίωση των οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών όπως η προστασία των ροζέ και λευκών οίνων από εμφάνιση πρωτεϊνικού θολώματος. Γενικά, ο μπετονίτης χρησιμοποιείται για την αφαίρεση των επιπλέον πρωτεϊνών προς προστασία από εμφάνιση πρωτεϊνικού θολώματος, όμως αφαιρεί αρκετά αρωματικά συστατικά των οίνων επηρεάζοντας την ποιότητά τους. Για τον λόγο αυτό, οι μαννοπρωτεΐνες μπορούν να χρησιμοποιηθούν προς προστασία των οίνων από εμφάνιση πρωτεϊνικού θολώματος. Στην περίπτωση παλαίωσης των οίνων στις οινολάσπες η προσθήκη μαννοπρωτεϊνών μειώνει τον κίνδυνο

εμφάνιση πρωτεϊνικού θολώματος λόγω του γεγονότος πως οι μαννοπρωτεΐνες που απελευθερώνονται από τα κυτταρικά τοιχώματα και αλληλοεπιδρούν με τις πρωτεΐνες του οίνου, παρεμποδίζοντάς τες να συσσωματωθούν στον οίνο. Παρόλο που ο ακριβής μηχανισμός πίσω από τον μηχανισμό προστασίας από πρωτεϊνικό θόλωμα δεν είναι ξεκάθαρος, έχει εντοπιστεί πως το ένζυμο ιμπερτάση ενισχύει την σταθερότητα των πρωτεϊνών. Ταυτόχρονα οι μαννοπρωτεΐνες διακρίνονται με υψηλότερη σταθερότητα αφρού των οίνων. Οι μαννοπρωτεΐνες μπορούν να προσροφηθούν στην διεπαφή υγρού/αέρα μειώνοντας την επιφανειακή τάση του οίνου, αυξάνοντας επίσης το ιξώδες του οίνου, καθυστερώντας την απομάκρυνση φυσαλίδων από την επιφάνεια του οίνου, με αποτέλεσμα οίνους υψηλότερης σταθερότητας σε όλα τα επίπεδα (De Iseppi et al., 2020). Επιπλέον, η εφαρμογή σκευασμάτων μαννοπρωτεϊνών επηρεάζει θετικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των οίνων. Οι μαννοπρωτεΐνες μπορούν να αλληλοεπιδράσουν με πολυφαινόλες (κυρίως ταννίνες) μειώνοντας την συσσώρευση και κατακρήμνισή τους που οδηγεί σε μείωση της στυπτικότητας των οίνων και δεσμεύει τις πρωτεΐνες του σάλιου. Επιπλέον, οι μαννοπρωτεΐνες και άλλοι πολυσακχαρίτες μπορούν να συμβάλλουν στον σχηματισμό πολυφαινολών και πρωτεϊνικών τριμερών συμπλόκων τα οποία αντίθετα από τα σύμπλοκα πολυφαινολών/πρωτεϊνών, είναι διαλυτά και επιδρούν θετικά στην παραγωγή σάλιου, μειώνοντας την αίσθηση στυπτικότητας (Gawel et al., 2016). Ωστόσο, ερευνητικά έχει προσδιοριστεί πως η ρύθμιση της στυπτικότητας οφείλεται επίσης και στους πολυσακχαρίτες ως ραμνογαλακτουρονάνες και δευτερεύουσες πρωτεΐνες μαννοπρωτεϊνών και αραβινογαλακτάνη (Ramos et al., 2018).

Η απομόνωση των μαννοπρωτεϊνών οφείλεται στην ενζυμική αποικοδόμηση των κυτταρικών τοιχωμάτων των ζυμομηκήτων. Η συγκεκριμένη μέθοδος βασίζεται στην δράση ενζύμων και περιλαμβάνει την χρήση σκευασμάτων β-γλακανασών για την αποσταθεροποίηση των β-γλυκανών του κυτταρικού τοιχώματος των ζυμομηκήτων, επιτρέποντας την απελευθέρωση των μαννοπρωτεϊνών στην υγρή φάση. Με τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι β-γλυκανασών με διαφορετικές επιδράσεις. Για παράδειγμα, η Zymolyase χρησιμοποιείται σε εργαστηριακό επίπεδο, ενώ το Glucanex σε βιομηχανικό επίπεδο ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σαν προστατευτικός παράγοντας έναντι στην εμφάνιση πρωτεϊνικού θολώματος. Ωστόσο η χρήση β-γλυκανασών δεν επιτρέπει την ταυτόχρονη ανάκτηση β-γλυκανασών καθώς αποικοδομούνται ενζυμικά κατά την εκχύλιση (Gawel et al., 2016).

Τα περισσότερα πρωτόκολλα απομόνωσης μαννοπρωτεϊνών περιλαμβάνουν την θέρμανση των κυττάρων ζυμών για 1 – 4 ώρες την καθίζηση με αιθανόλη και τέλος ξήρανση του εκχυλίσματος. Με αυτό τον τρόπο μπορούν να εξαχθούν τόσο οι μαννοπρωτεΐνες όσο και οι β-γλυκάνες ενώ μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε βιομηχανικό επίπεδο η διαδικασία (De Iseppi et al., 2019).

Η συνολική μάζα του κυτταρικού τοιχώματος *S cerevisiae* είναι περίπου 15-30% της συνολικής

ξηρής μάζας των κυττάρων ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και αποτελείται από διάφορα και πολύπλοκα στρώματα πολυσακχαριτών. Το εξωτερικό στρώμα αποτελείται από μαννοπρωτεΐνες οι οποίες είναι ενσωματωμένες στις β-1,3 γλυκάνες ενώ το εσωτερικό στρώμα αποτελείται από την ινώδη β-1,3 γλυκάνη παρουσία μικρής ποσότητας χιτίνης. Αντιπροσωπεύοντας λίγο περισσότερο από το 90% του κυτταρικού τοιχώματος του ζυμομύκητα, οι μαννοπρωτεΐνες και οι β-γλυκάνες είναι οι δύο κύριες πρωτεΐνες που προσδιορίζονται στη ζύμη. Ως εκ τούτου, η εκχύλιση αυτών των ενώσεων από οινολάσπες θα επέτρεπε την πλήρη χρήση τους.

Οι β-γλυκάνες που απομονώνονται από τις οινολάσπες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως λόγω του λειτουργικού τους χαρακτήρα, ιδιαίτερα στην βιομηχανία τροφίμων. Οι β-γλυκάνες έχει αποδειχθεί πως δρουν σαν ανοσοδιεγέρτες βοηθώντας στην ιική, βακτηριακή και μυκητιακή ανοσία, ανοσία όγκου, ανοσία κατά της επίδρασης της ακτινοβολίας και της ανοσίας έναντι της επαγόμενης από στρες ανοσοκαταστολής. Ταυτόχρονα έχουν την ικανότητα να μειώνουν το επίπεδο της LDL-χοληστερόλης ενώ επίσης διαθέτουν αντιοξειδωτικές ιδιότητες εξαλείφοντας τις ROS (Rozmierska et al., 2019).

Οι β-γλυκάνες παραλαμβάνονται από τις επεξεργασμένες οινολάσπες με την αυτόλυση και επεξεργασία με NaOH σε υψηλές θερμοκρασίες. Το λαμβανόμενο εκχύλισμα παρουσιάζει συγκεντρώσεις σε β-γλυκάνες 20% (w/w) για ερυθρές οινολάσπες και 43% (w/w) για λευκές οινολάσπες μέσω αναστολής της ενδογενούς δράσης της γλυκανάσης από τις πολυφαινόλες του κόκκινου οίνου. Ωστόσο, οι όξινες και αλκαλικές συνθήκες έχουν οδηγήσει στην αποικοδόμηση των β-G αλυσίδων με αποτέλεσμα χαμηλότερη απόδοση εκχύλισης και υψηλότερο κόστος (Bzducha-Wróbel et al., 2014).

Μία άλλη μέθοδος περιλαμβάνει την απομόνωση των κυτταρικών τοιχωμάτων μέσω εμβάπτισης σε ζεστό νερό, της εκχύλισης των λιπιδίων μέσω οργανικών διαλυτών και σαπωνοποίηση για διάλυση της περιεκτικότητας σε υπολειμματική πρωτεΐνη. Χρησιμοποιώντας αυτή τη διαδικασία, το τελικό εκχύλισμα β-γλυκανών λαμβάνεται ως ίζημα που έχει μια φυσική μορφή ινωδών δομών.

Ένα επιπλέον βήμα που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η εφαρμογή υπερήχων για περαιτέρω διάσπαση του κυτταρικού τοιχώματος πριν διαχωριστούν τα λιπίδια από τις πρωτεΐνες. Οι υπερήχοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν ένα εναλλακτικό βήμα για την εκχύλιση των β-γλυκανών χωρίς την ανάγκη χρήσης διαλυτών οι οποίοι σε αρκετές περιπτώσεις επιβαρύνουν το περιβάλλον (Bzducha-Wróbel et al., 2014).

Οι β-γλυκάνες από τις οινολάσπες παρουσιάζουν επίσης ενδιαφέρον καθώς μπορούν να επηρεάσουν τις φυσικοχημικές και ρεολογικές ιδιότητες των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένου του ιξώδους τους, της κατακράτησης νερού, της δέσμευσης ελαίων και της σταθερότητας των γαλακτωμάτων. Ταυτόχρονα, οι β-γλυκάνες μπορούν να εφαρμοστούν σαν υποκατάστατο των λιπαρών για

παρασκευή μαγιονέζας χαμηλών λιπαρών βελτιώνοντας το ιξώδες τους.

Ταυτόχρονα οι β-γλυκάνες παρουσιάζουν το πλεονέκτημα πως δεν επηρεάζουν την θερμιδική πρόσληψη ενώ αυξάνουν την παροχή διαιτητικών ινών. Όλα αυτά δείχνουν πως οι β-γλυκάνες από τις ζύμες παρουσιάζουν δυνατότητες προς χρήση ολόενα και περισσότερο προς την βελτίωση των τεχνολογικών και θρεπτικών χαρακτηριστικών των τροφίμων (Garde Cerdán et al., 2017).

Την τελευταία δεκαετία αρκετές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην εφαρμογή φυτικών διεγερτών για καθυστέρηση ή τη μείωση της πρόσληψης χημικών ενώσεων. Ταυτοχρόνως, οι β-γλυκάνες μπορούν να ενεργοποιήσουν τους μηχανισμούς άμυνας των φυτών ενάντια σε διάφορους μύκητες όπως ο *Plasmopara viticola* (Portu et al., 2016) και *Botrytis cinerea* (Aziz et al., 2003).

Επιπλέον, οι β-γλυκάνες μπορούν να εφαρμοστούν και σαν εδαφοβελτιωτικά. Ένας αυξανόμενος αριθμός σκευασμάτων είναι διαθέσιμα στο εμπόριο τα οποία μπορούν να εφαρμοστούν σε διάφορες καλλιέργειες. Συγκεκριμένα, ένας αυξανόμενος αριθμός σκευασμάτων μπορούν να εφαρμοστούν στις καλλιέργειες αμπελιών, δενδρώδων καλλιεργειών καθώς και κηπευτικών. Επίσης, οι β-γλυκάνες μπορούν να εφαρμοστούν σε σκευάσματα για τον έλεγχο του περονόσπορου στην καλλιέργεια των αμπελώνων αν και οι ειδικές επιδράσεις των β-γλυκανών δεν έχουν αξιολογηθεί περαιτέρω (Garde Cerdán et al., 2017).

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν πως οι β-γλυκάνες από τις οινολάσπες φανερώνουν προοπτικές προς εφαρμογή στην βιομηχανία τροφίμων χάριν στις λειτουργικές, τεχνολογικές και θρεπτικές τους ιδιότητες.

## 5.6 Προοπτικές, περιορισμοί και δυνατότητες βελτίωσης

Η αυξανόμενη έρευνα τα τελευταία χρόνια έχει δείξει την αυξανόμενη τάση στην αξιοποίηση των αποβλήτων καθώς και στην λήψη ωφέλιμων υποπροϊόντων. Μεταξύ άλλων, τα συγκεκριμένα απόβλητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν πηγή βιοδραστικών ενώσεων κι άλλων χρήσιμων ενώσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ευρέως.

Τα αντιοξειδωτικά και οι ενώσεις που μπορούν να μειώσουν τα επίπεδα χοληστερόλης πιστεύεται ότι είναι επαρκώς συγκεντρωμένα στο έλαιο σταφυλιού. Η μόνη τροφή που έχει αποδειχθεί ότι αυξάνει την HDL (καλή χοληστερόλη) και μειώνει την LDL (κακή χοληστερόλη) είναι ένα προϊόν υψηλής περιεκτικότητας σε λινολεϊκό (76%) που προέρχεται από γιγαρτέλαιο.

Λόγω των ιδιοτήτων αναδόμησης και αναγέννησης του, το γιγαρτέλαιο χρησιμοποιείται πιο συχνά στη βιομηχανία καλλυντικών τον τελευταίο καιρό. Επειδή είναι τόσο ελαφρύ, το απορροφά το δέρμα και δεν αφήνονται υπολείμματα λιπαρότητας.

Από την άλλη πλευρά, τα στέμφυλα έχουν κερδίσει την προσοχή των επιστημών λόγω της υψηλής

περιεκτικότητάς του σε θρεπτικά συστατικά και βιοδραστικές ουσίες. Έχουν χρησιμοποιηθεί για την παραλαβή βιοδραστικών ενώσεων όπως τα φαινολικά συστατικά (ανθοκυάνες, τοκοφερόλες, φλαβονόλες κ.α.). Με τη σειρά τους αυτές οι αντιοξειδωτικές ενώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην βιομηχανία τροφίμων σαν συντηρητικά ψαριών και προϊόντων κρέατος καθώς και σε μικρότερο βαθμό προϊόντων δημητριακών, για την διασφάλιση της ασφάλειας των τροφίμων.

Δεδομένου ότι τα βιοενεργά σύνθετα υλικά μπορούν πλέον να εξαχθούν από απόβλητα και υποπροϊόντα οινοποιείων χρησιμοποιώντας δεξιότητες βιώσιμων πράσινων υποκατάστατων, πολυάριθμες φαινολικές ενώσεις έχουν ανακαλυφθεί τα τελευταία χρόνια. Επειδή ακριβώς η αγορά φυσικών και βιολογικών τροφίμων αυξάνεται συνεχώς τα βιοδραστικά συστατικά μπορούν να αντικαταστήσουν τα συμβατικά κι εκείνα χημικής προέλευσης.

Επιπλέον, τα απόβλητα οινοποιείου διαφέρουν από τα άλλα γεωργικά απόβλητα στο ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο με φειδώ ως λίπασμα κομποστοποίησης και ζωοτροφή. Επειδή τα απόβλητα οινοποιείου είναι οργανικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας συνδυάζοντας μεθόδους μηχανικής και μικροβιακής και βιομηχανικής βιοτεχνολογίας. Πολυάριθμες ερευνητικές εργασίες έχουν δείξει ότι αυτού του είδους η παραγωγή ενέργειας μπορεί να οδηγήσει σε περιβαλλοντικά προβλήματα. Ως εκ τούτου, συνιστάται να γίνει περισσότερη έρευνα για να κατανοηθεί καλύτερα πώς τα μικρόβια μπορούν να βιοαποικοδομήσουν τέτοια απόβλητα με βιώσιμο τρόπο.

Η χρήση τους στις ζωοτροφές παρουσιάζει αρκετές προοπτικές. Η έλλειψη διαθεσιμότητας των βοσκότοπων καθώς και το υψηλό κόστος ζωοτροφών αποτελούν προβλήματα που μπορούν να αντιμετωπιστούν με την χρήση των αποβλήτων στις ζωοτροφές. Η χρήση τους στις ζωοτροφές προσφέρει κι άλλα πλεονεκτήματα όπως η μείωση του οξειδωτικού στρες στον οργανισμό των ζώων (με αποτέλεσμα την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων) ενώ εντοπίζονται κι άλλες αλλαγές στην γονιδιακή έκφραση που οδηγούν στην αύξηση της γαλακτοπαραγωγής (Chedea et al., 2019).

Αρκετά ευεργετικά προϊόντα, συμπεριλαμβανομένων των βιοδραστικών ενώσεων, οξέων και των βιοεπιφανειοδραστικών μπορούν να παραχθούν ως εναλλακτική λύση στην απόρριψη των απορριμμάτων οινοποιείου. Προκειμένου να παραχθούν περισσότερα πιθανά προϊόντα από τη βινάση σταφυλιού, μπορεί να είναι επωφελής περισσότερη έρευνα σε αυτόν τον τομέα.

Οι αναφορές για εμπορικά προϊόντα ή διπλώματα ευρεσιτεχνίας σε αυτόν τον τομέα είναι σπάνιες, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολυάριθμες μελέτες που καταδεικνύουν την παραγωγή βιοκαυσίμων από απόβλητα οινοποιείων. Η ανεπαρκής γνώση του μικροβιακού μηχανισμού στον οποίο βασίζεται η παραγωγή μεταβολιτών και οι παγκόσμιες πολιτικές χρηματοδότησης της έρευνας στον ακαδημαϊκό χώρο και τη βιομηχανία πιθανώς ευθύνονται.

Βέβαια, μελλοντικά θα χρειαστεί να γίνει εκτενής ανάλυση της ολοκληρωμένης αξιολόγησης του κύκλου ζωής των βιοδιυλιστηρίων της παραγωγής ενέργειας αποτυπώματος άνθρακα και αξιολόγησης οικονομικού κινδύνου. Επιπλέον, η απουσία μεταβλητών ανάλυσης κινδύνου που σχετίζονται άμεσα με το βιοδιυλιστήριο σταφυλιών μπορεί να είναι η αιτία άγνοιας και συνιστούμε περαιτέρω έρευνα για τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Ο δρόμος για την εμπορική παραγωγή βιοκαυσίμων από απόβλητα οινοποιείων σταφυλιών θα μπορέσει να υποστηριχθεί με την πραγματοποίηση περαιτέρω μελετών.

Λόγω των ισχυρών αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων τους, οι ανθοκυανίνες μπορούν να μειώσουν το οξειδωτικό στρες και να εξουδετερώσουν τις ελεύθερες ρίζες. Δεδομένου ότι το οξειδωτικό στρες συνδέεται με μια σειρά χρόνιων ασθενειών, όπως ο καρκίνος, οι νευρολογικές διαταραχές και οι καρδιαγγειακές παθήσεις, η ιδιότητα αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη φαρμακευτική βιομηχανία (Wallace et al., 2016).

Επιπλέον, οι ανθοκυανίνες μπορούν να μειώσουν τους δείκτες φλεγμονής σε ανθρώπινα κύτταρα λόγω των αντιοξειδωτικών τους ιδιοτήτων. Υπάρχει πληθώρα στοιχείων που υποστηρίζουν τις καρδιοπροστατευτικές ιδιότητες των ανθοκυανινών. Το καρδιαγγειακό σύστημα επωφελείται από την ικανότητα αυτών των ουσιών να μειώνουν την αρτηριακή πίεση να ενισχύουν την ενδοθηλιακή λειτουργία και να αποτρέπουν τη συσσώρευση αιμοπεταλίων (Wallace et al., 2016).

Οι ανθοκυανίνες έχουν αποδεδειγμένες δυνατότητες στη θεραπεία και την πρόληψη του καρκίνου. Η ικανότητά τους να προκαλούν απόπτωση ή προγραμματισμένο κυτταρικό θάνατο και να εμποδίζουν τον πολλαπλασιασμό των καρκινικών κυττάρων είναι αυτή που θεωρείται υπεύθυνη για τις αντικαρκινικές τους επιδράσεις. Φαίνεται πως οι ανθοκυανίνες προλαμβάνουν τον καρκίνο τροποποιώντας μονοπάτια σηματοδότησης που είναι απαραίτητα για τη διαίρεση και την επιβίωση των κυττάρων και για τον λόγο αυτό μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε διάφορα σκευάσματα ενώ ταυτόχρονα διακρίνονται και από νευροπροστατευτικές επιδράσεις (Khoo et al., 2017).



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Λαμβάνοντας υπόψη πόσα απόβλητα παράγει ο αμπελοοινικός τομέας - που είναι γνωστός για την πολιτιστική και οικονομική του σημασία - καθώς και την αυξανόμενη παραγωγή δημιουργείται η ανάγκη για περαιτέρω επεξεργασία του. Εάν δεν γίνει σωστή διαχείριση, τα απόβλητα οινοποιείου - τα οποία αποτελούνται κυρίως από πυρήνες σταφυλιού που περιλαμβάνουν φλούδες σπόρους και μίσχους - επιβαρύνουν το περιβάλλον. Ωστόσο, με την παραγωγή αγαθών με προστιθέμενη αξία, αυτά τα απόβλητα προσφέρουν επίσης μια πολύ καλή ευκαιρία για βιώσιμη ανάπτυξη. Εκτός από τη μείωση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, η προστιθέμενη αξία των αποβλήτων οινοποιείων ενισχύει επίσης την οικονομική βιωσιμότητα, ενθαρρύνει βιώσιμες και καινοτόμες λύσεις και υποστηρίζει τις γεωργικές πρακτικές.

Η περιβαλλοντική προστασία είναι ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της αξιοποίησης των απορριμμάτων οινοποιείου. Η ρύπανση και οι αυξημένες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μπορεί να προκύψουν από την απόρριψη του πυρηνικού σταφυλιού σε χώρους υγειονομικής ταφής ή από την καύση του. Αυτοί οι κίνδυνοι για το περιβάλλον μπορούν να μειωθούν σημαντικά μετατρέποντας αυτά τα απόβλητα σε χρήσιμα προϊόντα.

Η οικονομική βιωσιμότητα βελτιώνεται στην περίπτωση που τα απόβλητα οινοποιείων μετατρέπονται σε προϊόντα με προστιθέμενη αξία. Τα οινοποιεία μπορούν να δημιουργήσουν νέες ροές εσόδων μέσω της εξαγωγής βιοδραστικών ενώσεων. Η εκχύλιση βιοδραστικών ενώσεων από πρώτες ύλες έχουν πολλά οφέλη για την υγεία, όπως αντιφλεγμονώδεις και αντικαρκινικές ιδιότητες, είναι ιδιαίτερα περιζήτητες στη φαρμακευτική βιομηχανία τροφίμων και στην βιομηχανία καλλυντικών λόγω των αντιοξειδωτικών και βιοδραστικών ιδιοτήτων τους. Η διάρκεια ζωής και η θρεπτική αξία των προϊόντων διατροφής μπορούν να αυξηθούν χρησιμοποιώντας τις φαινολικές κ.α. σαν φυσικό συντηρητικό. Τα τρόφιμα αποκτούν σημαντική οικονομική αξία από την χρήση τους σαν συντηρητικό καθώς και σαν αντιοξειδωτικό συστατικό που προάγει την υγεία.

Η προστιθέμενη αξία των αποβλήτων οινοποιείων αποτελεί μια ουσιαστική ευκαιρία για τη γεωργική βιομηχανία. Το κομπόστ και το βιοεξανθράκωμα αποτελούν εδαφοβελτιωτικά τα οποία μπορούν να επεξεργαστούν περαιτέρω προς μείωση του κόστους εφαρμογής λιπασμάτων. Ταυτοχρόνως, τα αντιοξειδωτικά καθώς και τα υποπροϊόντα των οινολασπών μπορούν να χρησιμοποιηθούν περαιτέρω προς βελτίωση της υγείας του πεπτικού συστήματος και της παραγωγικότητας των ζώων βοηθώντας την κτηνοτροφία και παραγωγικότητα.

Η προστιθέμενη αξία των αποβλήτων είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα των αρχών της κυκλικής οικονομίας που απαιτούν την ανακύκλωση, επαναχρησιμοποίηση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων για την παραγωγή νέων αγαθών. Αυτή η στρατηγική ενθαρρύνει τη βιωσιμότητα και

την καινοτομία στον κλάδο του κρασιού εκτός από τη διατήρηση των πόρων και τη μείωση των αποβλήτων.

Τα οινοποιεία μπορούν να ανταποκριθούν στην αυξανόμενη ζήτηση των καταναλωτών για βιώσιμα και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα βελτιώνουν την εικόνα της επωνυμίας τους και μειώνουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπό τους εφαρμόζοντας τέτοιες πρακτικές. Επιπλέον, η διερεύνηση και η δημιουργία νέων τεχνολογιών για την επεξεργασία των απορριμμάτων οινοποιείων μπορεί να οδηγήσει στην παραγωγή νέων αγαθών και σε περαιτέρω χρήσεις.

Η αυξανόμενη ανάγκη των βιομηχανιών τροφίμων για φυσικά συστατικά καλύπτεται, για παράδειγμα, με τη δημιουργία φυσικών χρωστικών από τις ανθοκυανίνες στον πυρήνα του σταφυλιού. Νέα θεραπευτικά προϊόντα μπορεί επίσης να προκύψουν από τη διερεύνηση του πυρήνα σταφυλιού για φαρμακευτικές χρήσεις όπως η εκχύλιση ωφέλιμων βιοδραστικών ενώσεων. επερχόμενες προοπτικές, επομένως η αξία φαίνεται να έχει λαμπρές μελλοντικές προοπτικές. Η περαιτέρω εφευρετικότητα και έρευνα σε αυτόν τον τομέα μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία πιο οικονομικών και επιτυχημένων τεχνικών για την ανάκτηση πολύτιμων και βιοδραστικών ενώσεων. Επιπλέον, η αυξημένη ευαισθητοποίηση των καταναλωτών και η επιθυμία για βιώσιμα προϊόντα μπορεί να προκαλέσει πρόσθετη χρηματοδότηση και ενδιαφέρον για την προστιθέμενη αξία των αποβλήτων οινοποιείων.

Συμπερασματικά, η διαδικασία μετατροπής των απορριμμάτων οινοποιείων σε πολύτιμα προϊόντα παρουσιάζει μια σύνθετη προσέγγιση για την αντιμετώπιση θεμάτων που σχετίζονται με τη γεωργία, την οικονομία και το περιβάλλον. Μέσω της επεξεργασίας των αμπελοοινικών αποβλήτων ο κλάδος της οινοποιίας μπορεί να μειώσει τον περιβαλλοντικό αντίκτυπό της, δημιουργώντας νέες ροές εσόδων που ενισχύουν τις βιώσιμες μεθόδους καλλιέργειας και ενισχύουν την καινοτομία μετατρέποντας τον πυρήνα και άλλα υποπροϊόντα οινοποιίας σε πολύτιμους πόρους. Εκμεταλλευόμενοι αυτές τις ευκαιρίες, η βιομηχανία κρασιού μπορεί να γίνει πιο κερδοφόρα και βιώσιμη, ενώ παράλληλα προωθεί ένα πιο υγιές και βιώσιμο μέλλον για όλους.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Ajila, C. M., Brar, S. K., Verma, M., Tyagi, R. D., Godbout, S., & Valéro, J. R. (2011). Extraction and analysis of polyphenols: recent trends. *Critical reviews in biotechnology*, 31(3), 227-249.
- Anastasiadis, F., & Alebaki, M. (2021). Mapping the Greek Wine Supply Chain: A Proposed Research Framework. *Foods*, 10(11), 2859.
- Anđelković, M., Radovanović, B., Milenković, A. A., Radovanović, V., Zarubica, A., Stojković, N., & Nikolić, V. (2015). The determination of bioactive ingredients of grape pomace (Vranac variety) for potential use in food and pharmaceutical industries. *Advanced Technologies*, 4(2), 32-36.
- Arenas Sevillano, C. B., Chiappero, M., Gomez, X., Fiore, S., & Martínez, E. J. (2020). Improving the anaerobic digestion of wine-industry liquid wastes: Treatment by electro-oxidation and use of biochar as an additive. *Energies*, 13(22), 5971.
- Aziz, A., Poinssot, B., Daire, X., Adrian, M., Bézier, A., Lambert, B., ... & Pugin, A. (2003). Laminarin elicits defense responses in grapevine and induces protection against *Botrytis cinerea* and *Plasmopara viticola*. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, 16(12), 1118-1128.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., & Omar, A. K. M. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of food engineering*, 117(4), 426-436.
- Barcia, M. T., Pertuzatti, P. B., Gómez-Alonso, S., Godoy, H. T., & Hermosín-Gutiérrez, I. (2014). Phenolic composition of grape and winemaking by-products of Brazilian hybrid cultivars BRS Violeta and BRS Lorena. *Food Chemistry*, 159, 95-105.
- Barros, A., Gironés-Vilaplana, A., Teixeira, A., Collado-González, J., Moreno, D. A., Gil-Izquierdo, A., ... & Domínguez-Perles, R. (2014). Evaluation of grape (*Vitis vinifera* L.) stems from Portuguese varieties as a resource of (poly) phenolic compounds: A comparative study. *Food Research International*, 65, 375-384.
- Ben-Othman, S., Jõudu, I., & Bhat, R. (2020). Bioactives from agri-food wastes: Present insights and future challenges. *Molecules*, 25(3), 510.
- Bernal, M. P., Alburquerque, J. A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource technology*, 100(22), 5444-5453.
- Bleve, M., Ciurlia, L., Erroi, E., Lionetto, G., Longo, L., Rescio, L., ... & Vasapollo, G. (2008). An innovative method for the purification of anthocyanins from grape skin extracts by using liquid and sub-critical carbon dioxide. *Separation and Purification Technology*, 64(2), 192-197.
- Bolzonella, D., Papa, M., Da Ros, C., Anga Muthukumar, L., & Rosso, D. (2019). Winery wastewater treatment: a critical overview of advanced biological processes. *Critical reviews in biotechnology*, 39(4), 489-507.
- Borsoi, C., Dahlem Júnior, M. A., Beltrami, L. V. R., Hansen, B., Zattera, A. J., & Catto, A. L. (2020). Effects of alkaline treatment and kinetic analysis of agroindustrial residues from grape stalks and yerba mate fibers. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 139(5), 3275-3286.
- Brianceau, S., Turk, M., Vitrac, X., & Vorobiev, E. (2015). Combined densification and pulsed electric field treatment for selective polyphenols recovery from fermented grape pomace. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 2-8.

- Bueno, J. M., Sáez-Plaza, P., Ramos-Escudero, F., Jiménez, A. M., Fett, R., & Asuero, A. G. (2012). Analysis and antioxidant capacity of anthocyanin pigments. Part II: Chemical structure, color, and intake of anthocyanins. *Critical reviews in analytical chemistry*, 42(2), 126-151.
- Buican, B. C., Colibaba, L. C., Luchian, C. E., Kallithraka, S., & Cotea, V. V. (2023). “Orange” Wine—The Resurgence of an Ancient Winemaking Technique: A Review. *Agriculture*, 13(9), 1750.
- Bustamante, M. A., Moral, R., Paredes, C., Pérez-Espinosa, A., Moreno-Caselles, J., & Pérez-Murcia, M. D. (2008). Agrochemical characterisation of the solid by-products and residues from the winery and distillery industry. *Waste management*, 28(2), 372-380.
- Bzducha-Wróbel, A., Błażej, S., Kawarska, A., Stasiak-Róžańska, L., Gientka, I., & Majewska, E. (2014). Evaluation of the efficiency of different disruption methods on yeast cell wall preparation for  $\beta$ -glucan isolation. *Molecules*, 19(12), 20941-20961.
- Cabrera, F., Serrano, A., Torres, Á., Rodríguez-Gutierrez, G., Jeison, D., & Feroso, F. G. (2019). The accumulation of volatile fatty acids and phenols through a pH-controlled fermentation of olive mill solid waste. *Science of the total environment*, 657, 1501-1507.
- Căilean, D., & Teodosiu, C. (2016). An assessment of the Romanian solid waste management system based on sustainable development indicators. *Sustainable Production and Consumption*, 8, 45-56.
- Caro, M., Sansone, A., Amezaga, J., Navarro, V., Ferreri, C., & Tueros, I. (2017). Wine lees modulate lipid metabolism and induce fatty acid remodelling in Zebrafish. *Food & function*, 8(4), 1652-1659.
- Castellani, P., Ferronato, N., Ragazzi, M., & Torretta, V. (2023). Organic waste valorization in remote islands: Analysis of economic and environmental benefits of onsite treatment options. *Waste Management & Research*, 41(4), 881-893.
- Chedea, V. S., Palade, L. M., Pelmus, R. S., Dragomir, C., & Taranu, I. (2019). Red grape pomace rich in polyphenols diet increases the antioxidant status in key organs—kidneys, liver, and spleen of piglets. *Animals*, 9(4), 149.
- Chemat, F., Tomao, V., & Viot, M. (2008). Ultrasound-assisted extraction in food analysis. *Handbook of food analysis instruments*, 11, 85-103.
- Clodoveo, M. L., Dipalmo, T., Rizzello, C. G., Corbo, F., & Crupi, P. (2016). Emerging technology to develop novel red winemaking practices: An overview. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 38, 41-56.
- Da Porto, C., Porretto, E., & Decorti, D. (2013). Comparison of ultrasound-assisted extraction with conventional extraction methods of oil and polyphenols from grape (*Vitis vinifera* L.) seeds. *Ultrasonics sonochemistry*, 20(4), 1076-1080.
- De Iseppi, A., Lomolino, G., Marangon, M., & Curioni, A. (2020). Current and future strategies for wine yeast lees valorization. *Food Research International*, 137, 109352.
- Del Fresno, J. M., Loira, I., Morata, A., González, C., Suárez-Lepe, J. A., & Cuerda, R. (2018). Application of ultrasound to improve lees ageing processes in red wines. *Food chemistry*, 261, 157-163.
- Delgado De La Torre, M. P., Priego-Capote, F., & Luque de Castro, M. D. (2015). Characterization and comparison of wine lees by liquid chromatography–mass spectrometry in high-resolution mode. *Journal of agricultural and food chemistry*, 63(4), 1116-1125.

- del Mar Contreras, M., Romero-García, J. M., López-Linares, J. C., Romero, I., & Castro, E. (2022). Residues from grapevine and wine production as feedstock for a biorefinery. *Food and Bioprocess Technology*, 134, 56-79.
- Delsart, C., Ghidossi, R., Poupot, C., Cholet, C., Grimi, N., Vorobiev, E., ... & Peuchot, M. M. (2012). Enhanced extraction of phenolic compounds from Merlot grapes by pulsed electric field treatment. *American journal of Enology and Viticulture*, 63(2), 205-211.
- Deo, S., Janghel, A., Raut, P., Bhosle, D., Verma, C., Kumar, S. S., ... & Alexander, A. (2015). Emerging microwave assisted extraction (MAE) techniques as an innovative green technologies for the effective extraction of the active phytopharmaceuticals. *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 8(5), 655-666.
- Devesa-Rey, R., Vecino, X., Varela-Alende, J. L., Barral, M. T., Cruz, J. M., & Moldes, A. B. (2011). Valorization of winery waste vs. the costs of not recycling. *Waste management*, 31(11), 2327-2335.
- Dutta, A., Davies, C., & Ikumi, D. S. (2018). Performance of upflow anaerobic sludge blanket (UASB) reactor and other anaerobic reactor configurations for wastewater treatment: a comparative review and critical updates. *Journal of Water Supply: Research and Technology—AQUA*, 67(8), 858-884.
- El Achkar, J. H., Lendormi, T., Hobaika, Z., Salameh, D., Louka, N., Maroun, R. G., & Lanoisellé, J. L. (2016). Anaerobic digestion of grape pomace: Biochemical characterization of the fractions and methane production in batch and continuous digesters. *Waste Management*, 50, 275-282.
- Fahmy, T. Y., Fahmy, Y., Mobarak, F., El-Sakhawy, M., & Abou-Zeid, R. E. (2020). Biomass pyrolysis: past, present, and future. *Environment, Development and Sustainability*, 22, 17-32.
- Fariás-Campomanes, A. M., Rostagno, M. A., & Meireles, M. A. A. (2013). Production of polyphenol extracts from grape bagasse using supercritical fluids: Yield, extract composition and economic evaluation. *The Journal of Supercritical Fluids*, 77, 70-78.
- Fehér, J., Lengyel, G., & Lugasi, A. (2005). Cultural history of wine, the theoretical background of wine therapy. *Orvosi hetilap*, 146(52), 2635-2639.
- Fontana, A. R., Antonioli, A., & Bottini, R. (2013). Grape pomace as a sustainable source of bioactive compounds: Extraction, characterization, and biotechnological applications of phenolics. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(38), 8987-9003.
- Freire, L., Braga, P. A., Furtado, M. M., Delafiori, J., Dias-Audibert, F. L., Pereira, G. E., ... & Sant'Ana, A. S. (2020). From grape to wine: Fate of ochratoxin A during red, rose, and white winemaking process and the presence of ochratoxin derivatives in the final products. *Food Control*, 113, 107167.
- Frikha, K., Limousy, L., Arif, M. B., Thevenin, N., Ruidavets, L., Zbair, M., & Bennici, S. (2021). Exhausted grape marc derived biochars: Effect of pyrolysis temperature on the yield and quality of biochar for soil amendment. *Sustainability*, 13(20), 11187.
- Gallardo-Chacón, J. J., Vichi, S., Urpí, P., López-Tamames, E., & Buxaderas, S. (2010). Antioxidant activity of lees cell surface during sparkling wine sur lie aging. *International journal of food microbiology*, 143(1-2), 48-53.
- Garde-Cerdán, T., Mancini, V., Carrasco-Quiroz, M., Servili, A., Gutiérrez-Gamboa, G., Foglia, R., ... & Romanazzi, G. (2017). Chitosan and laminarin as alternatives to copper for *Plasmopara viticola* control: Effect on grape amino acid. *Journal of agricultural and food chemistry*, 65(34), 7379-7386.

- Gawel, R., Smith, P. A., & Waters, E. J. (2016). Influence of polysaccharides on the taste and mouthfeel of white wine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 22(3), 3
- Gómez-Brandón, M., Lores, M., Insam, H., & Domínguez, J. (2019). Strategies for recycling and valorization of grape marc. *Critical reviews in biotechnology*, 39(4), 437-450.
- Gonzalez-Centeno, M. R., Jourdes, M., Femenia, A., Simal, S., Rosselló, C., & Teissedre, P. L. (2013). Characterization of polyphenols and antioxidant potential of white grape pomace byproducts (*Vitis vinifera* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(47), 11579-11587.
- González-Centeno, M. R., Comas-Serra, F., Femenia, A., Rosselló, C., & Simal, S. (2015). Effect of power ultrasound application on aqueous extraction of phenolic compounds and antioxidant capacity from grape pomace (*Vitis vinifera* L.): Experimental kinetics and modeling. *Ultrasonics sonochemistry*, 22, 506-514.
- Goulioti, E., Jeffery, D. W., Kanapitsas, A., Lola, D., Papadopoulou, G., Bauer, A., & Kotseridis, Y. (2023). Chemical and Sensory Characterization of Xinomavro Red Wine Using Grapes from Protected Designations of Northern Greece. *Molecules*, 28(13), 5016.
- Hossain, M. S., Santhanam, A., Norulaini, N. N., & Omar, A. M. (2011). Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment—A review. *Waste management*, 31(4), 754-766.
- Jara-Palacios, M. J., Hernanz, D., González-Manzano, S., Santos-Buelga, C., Escudero-Gilete, M. L., & Heredia, F. J. (2014). Detailed phenolic composition of white grape by-products by RRLC/MS and measurement of the antioxidant activity. *Talanta*, 125, 51-57.
- Jara-Palacios, M. J. (2019). Wine lees as a source of antioxidant compounds. *Antioxidants*, 8(2), 45.
- Kalli, E., Lappa, I., Bouchagier, P., Tarantilis, P. A., & Skotti, E. (2018). Novel application and industrial exploitation of winery by-products. *Bioresources and Bioprocessing*, 5(1), 1-21.
- Karvela, E., Makris, D. P., Kalogeropoulos, N., & Karathanos, V. T. (2009). Deployment of response surface methodology to optimise recovery of grape (*Vitis vinifera*) stem polyphenols. *Talanta*, 79(5), 1311-1321.
- Kavitha, B., Reddy, P. V. L., Kim, B., Lee, S. S., Pandey, S. K., & Kim, K. H. (2018). Benefits and limitations of biochar amendment in agricultural soils: A review. *Journal of environmental management*, 227, 146-154.
- Kemausuor, F., Adaramola, M. S., & Morken, J. (2018). A review of commercial biogas systems and lessons for Africa. *Energies*, 11(11), 2984.
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., & Lim, S. M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food & nutrition research*.
- Kontogiannopoulos, K. N., Patsios, S. I., & Karabelas, A. J. (2016). Tartaric acid recovery from winery lees using cation exchange resin: Optimization by Response Surface Methodology. *Separation and Purification Technology*, 165, 32-41.
- Kontogiannopoulos, K. N., Patsios, S. I., Mitrouli, S. T., & Karabelas, A. J. (2017). Tartaric acid and polyphenols recovery from winery waste lees using membrane separation processes. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 92(12), 2934-2943.

- Laca, A., Gancedo, S., Laca, A., & Díaz, M. (2021). Assessment of the environmental impacts associated with vineyards and winemaking. A case study in mountain areas. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 1204-1223.
- Latessa, S. H., Hanley, L., & Tao, W. (2023). Characteristics and practical treatment technologies of winery wastewater: A review for wastewater management at small wineries. *Journal of environmental management*, 342, 118343.
- Li, Y., Skouroumounis, G. K., Elsey, G. M., & Taylor, D. K. (2011). Microwave-assistance provides very rapid and efficient extraction of grape seed polyphenols. *Food Chemistry*, 129(2), 570-576.
- Li, Y. H., & Chen, H. H. (2018). Analysis of syngas production rate in empty fruit bunch steam gasification with varying control factors. *international journal of hydrogen energy*, 43(2), 667-675.
- Liu, J. G., Wang, Q. H., Ma, H. Z., & Wang, S. (2010). Effect of pretreatment methods on L-lactic acid production from vinasse fermentation. *Advanced Materials Research*, 113, 1302-1305.
- López-Fernández-Sobrino, R., Margalef, M., Torres-Fuentes, C., Ávila-Román, J., Aragonès, G., Muguerza, B., & Bravo, F. I. (2021). Enzyme-assisted extraction to obtain phenolic-enriched wine lees with enhanced bioactivity in hypertensive rats. *Antioxidants*, 10(4), 517.
- Martín, J. F. G., Guillemet, L., Feng, C., & Sun, D. W. (2013). Cell viability and proteins release during ultrasound-assisted yeast lysis of light lees in model wine. *Food chemistry*, 141(2), 934-939.
- Martins, I. M., Roberto, B. S., Blumberg, J. B., Chen, C. Y. O., & Macedo, G. A. (2016). Enzymatic biotransformation of polyphenolics increases antioxidant activity of red and white grape pomace. *Food Research International*, 89, 533-539.
- McGovern, P. E., Fleming, S. J., & Katz, S. H. (Eds.). (2003). *The origins and ancient history of wine: food and nutrition in history and antropology*. Routledge.
- Mena, P., Ascacio-Valdés, J. A., Gironés-Vilaplana, A., Del Rio, D., Moreno, D. A., & García-Viguera, C. (2014). Assessment of pomegranate wine lees as a valuable source for the recovery of (poly) phenolic compounds. *Food chemistry*, 145, 327-334.
- Moreira, M. M., Barroso, M. F., Porto, J. V., Ramalhosa, M. J., Švarc-Gajić, J., Estevinho, L., ... & Delerue-Matos, C. (2018). Potential of Portuguese vine shoot wastes as natural resources of bioactive compounds. *Science of the Total Environment*, 634, 831-842.
- Mostafavi, E., Mahinpey, N., Rahman, M., Sedghkerdar, M. H., & Gupta, R. (2016). High-purity hydrogen production from ash-free coal by catalytic steam gasification integrated with dry-sorption CO<sub>2</sub> capture. *Fuel*, 178, 272-282.
- Muhlack, R. A., Potumarthi, R., & Jeffery, D. W. (2018). Sustainable wineries through waste valorisation: A review of grape marc utilisation for value-added products. *Waste management*, 72, 99-118.
- Nanni, A., Parisi, M., & Colonna, M. (2021). Wine by-products as raw materials for the production of biopolymers and of natural reinforcing fillers: A critical review. *Polymers*, 13(3), 381.
- Nguyen, Q. D., Nguyen, T. V. L., Nguyen, T. T. D., & Nguyen, N. N. (2022). Encapsulation of roselle anthocyanins in blank alginate beads by adsorption and control of anthocyanin release in beverage by coatings with different molecular weight chitosan. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(4), e16438.
- Otero-Pareja, M. J., Casas, L., Fernández-Ponce, M. T., Mantell, C., & Ossa, E. J. (2015). Green extraction of antioxidants from different varieties of red grape pomace. *Molecules*, 20(6), 9686-9702.

- Pinto, R., Correia, C., Mourão, I., Moura, L., & Brito, L. M. (2023). Composting waste from the white wine industry. *Sustainability*, *15*(4), 3454.
- Plugge, C. M., van Lier, J. B., & Stams, A. J. (2010). Syntrophic communities in methane formation from high strength wastewaters. *Microbes at Work: From Wastes to Resources*, 59-77.
- Portinho, R., Zanella, O., & Féris, L. A. (2017). Grape stalk application for caffeine removal through adsorption. *Journal of environmental management*, *202*, 178-187.
- Portu, J., López, R., Baroja, E., Santamaría, P., & Garde-Cerdán, T. (2016). Improvement of grape and wine phenolic content by foliar application to grapevine of three different elicitors: Methyl jasmonate, chitosan, and yeast extract. *Food Chemistry*, *201*, 213-221.
- Raj, D., & Antil, R. S. (2011). Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes. *Bioresource technology*, *102*(3), 2868-2873.
- Rajapaksha, A. U., Mohan, D., Igalavithana, A. D., Lee, S. S., & Ok, Y. S. (2016). Definitions and fundamentals of biochar. *Biochar: Production, Characterization, and Applications; Ok, YS, Uchimiya, SM, Chang, SX, Bolan, N., Eds*, 4-16.
- Ramos-Pineda, A. M., García-Estévez, I., Dueñas, M., & Escribano-Bailón, M. T. (2018). Effect of the addition of mannoproteins on the interaction between wine flavonols and salivary proteins. *Food chemistry*, *264*, 226-232.
- Rivas, B., Torrado, A., Moldes, A. B., & Domínguez, J. M. (2006). Tartaric acid recovery from distilled lees and use of the residual solid as an economic nutrient for *Lactobacillus*. *Journal of agricultural and food chemistry*, *54*(20), 7904-7911.
- Rodríguez, N., Torrado, A., Cortés, S., & Domínguez, J. M. (2010). Use of waste materials for *Lactococcus lactis* development. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *90*(10), 1726-1734.
- Romero-Díez, R., Rodríguez-Rojo, S., Cocero, M. J., Duarte, C. M., Matias, A. A., & Bronze, M. R. (2018). Phenolic characterization of aging wine lees: Correlation with antioxidant activities. *Food chemistry*, *259*, 188-195.
- Rozmierska, J., Stecka, K. M., Kotyrba, D., & Piasecka-Józwiak, K. (2019). Preparation of sedimented wine yeast derived products for potential application in food and feed industry. *Waste and biomass valorization*, *10*, 455-463.
- Senila, L., Kovacs, E., Scurtu, D. A., Cadar, O., Becze, A., Senila, M., ... & Roman, C. (2020). Bioethanol production from vineyard waste by autohydrolysis pretreatment and chlorite delignification via simultaneous saccharification and fermentation. *Molecules*, *25*(11), 2606.
- Sirohi, R., Tarafdar, A., Singh, S., Negi, T., Gaur, V. K., Gnansounou, E., & Bharathiraja, B. (2020). Green processing and biotechnological potential of grape pomace: Current trends and opportunities for sustainable biorefinery. *Bioresource Technology*, *314*, 123771.
- Soja, G., Anders, E., Bucker, J., Feichtmair, S., Gunczy, S., Karer, J., ... & Zehetner, F. (2016). Biochar: A Regional Supply Chain Approach in View of Climate Change Mitigation. In *Biochar: A Regional Supply Chain Approach in View of Climate Change Mitigation* (pp. 291-314). Cambridge University Press.



- Tao, Y., Wu, D., Zhang, Q. A., & Sun, D. W. (2014). Ultrasound-assisted extraction of phenolics from wine lees: Modeling, optimization and stability of extracts during storage. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(2), 706-715.
- Tattersall, I., & DeSalle, R. (2015). *A natural history of wine*. Yale University Press.
- Tao, Y., Wu, D., Zhang, Q. A., & Sun, D. W. (2014). Ultrasound-assisted extraction of phenolics from wine lees: Modeling, optimization and stability of extracts during storage. *Ultrasonics sonochemistry*, 21(2), 706-715.
- Troilo, M., Difonzo, G., Paradiso, V. M., Summo, C., & Caponio, F. (2021). Bioactive compounds from vine shoots, grape stalks, and wine lees: Their potential use in agro-food chains. *Foods*, 10(2), 342.
- Tsukada, M., Sheng, H., Kamachi, T., & Niwano, Y. (2016). Microbicidal action of photoirradiated aqueous extracts from wine lees. *Journal of food science and technology*, 53, 3020-3027.
- Vadivel, R., Minhas, P. S., Kumar, S., Singh, Y., Nageshwar, R. D. V. K., & Nirmale, A. (2014). Significance of vinasses waste management in agriculture and environmental quality-Review. *African Journal of Agricultural Research*, 9(38), 2862-2873.
- Vamvuka, D., Afthentopoulos, E., & Sfakiotakis, S. (2022). H<sub>2</sub>-rich gas production from steam gasification of a winery waste and its blends with industrial wastes. Effect of operating parameters on gas quality and efficiency. *Renewable Energy*, 197, 1224-1232.
- Vamvuka, D., Elmazaj, J., & Berkis, M. (2023). Enhanced H<sub>2</sub> gas production from steam gasification of a winery waste through CO<sub>2</sub> capture by waste concrete fines and use of alkali catalysts. *Renewable Energy*, 219, 119428.
- Vincenzi, S., Marangon, M., Tolin, S., & Curioni, A. (2011). Protein evolution during the early stages of white winemaking and its relations with wine stability. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 17(1), 20-27.
- Voss, M., Valle, C., Calcio Gaudino, E., Tabasso, S., Forte, C., & Cravotto, G. (2024). Unlocking the Potential of Agrifood Waste for Sustainable Innovation in Agriculture. *Recycling*, 9(2), 25.
- Wallace, T. C., Slavin, M., & Frankenfeld, C. L. (2016). Systematic review of anthocyanins and markers of cardiovascular disease. *Nutrients*, 8(1), 32.
- Wijngaard, H., Hossain, M. B., Rai, D. K., & Brunton, N. (2012). Techniques to extract bioactive compounds from food by-products of plant origin. *Food Research International*, 46(2), 505-513.
- Xia, E. Q., Deng, G. F., Guo, Y. J., & Li, H. B. (2010). Biological activities of polyphenols from grapes. *International journal of molecular sciences*, 11(2), 622-646.
- Yakovleva, E. A. (2020). Cyclic economy in a globalized world. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 74, p. 06032). EDP Sciences.
- Yu, H. B., Ding, L. F., Wang, Z., & Shi, L. X. (2014). Study on extraction of polyphenol from grape peel microwave-assisted activity. *Advanced Materials Research*, 864, 520-525.
- Yüce-tepe, M., Özaslan, Z. T., Karakuş, M. Ş., Akalan, M., Karaaslan, A., Karaaslan, M., & Başığit, B. (2024). Unveiling the multifaceted world of anthocyanins: Biosynthesis pathway, natural sources, extraction methods, copigmentation, encapsulation techniques, and future food applications. *Food Research International*, 114437.

Zabaniotou, A., Kamaterou, P., Pavlou, A., & Panayiotou, C. (2018). Sustainable bioeconomy transitions: Targeting value capture by integrating pyrolysis in a winery waste biorefinery. *Journal of cleaner production*, 172, 3387-3397.

Zhai, M., Zhang, Y., Dong, P., & Liu, P. (2015). Characteristics of rice husk char gasification with steam. *Fuel*, 158, 42-49.

Zhang, J., Li, J., Mao, Y., Bi, J., Zhu, M., Zhang, Z., ... & Zhang, D. (2017). Effect of CaCO<sub>3</sub> addition on ash sintering behaviour during K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> catalysed steam gasification of a Chinese lignite. *Applied Thermal Engineering*, 111, 503-509.

Zhijing, Y., Shavandi, A., Harrison, R., & Bekhit, A. E. D. A. (2018). Characterization of phenolic compounds in wine lees. *Antioxidants*, 7(4), 48.

Εξαρχουλέα, Ι. και Μπεριάτος, Η. (2011), *Η τοπική ανάπτυξη & η πολιτική για την αειφορία: Η περίπτωση του Ν. Μεσσηνίας*, Διδακτορική διατριβή - Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, <http://hellenicus.lib.aegean.gr/bitstream/handle/11610/11094/file0.pdf?sequence=2> &

Biovino (2021). <https://biovino.es/en/inventory-of-winery-wastes-in-castile-and-leon-spain/> (accessed 12.6.24).

OIV (2021). State of the world vitivinicultural sector in 2020. <https://www.oiv.int/public/medias/7909/oiv-state-of-the-world-vitivinicultural-sector-in-2020.pdf> (accessed 12.6.2024).

United Nations, 2021, Goal 12: Ensure sustainable consumption and production patterns. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-consumption-production> (accessed 12.6.24).