

**Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

## **ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ**

**Ενότητα 4<sup>η</sup>:** Παραγωγή και σύσταση γλεύκους – Προζυμωτικές διεργασίες

**Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC***

*Αναπληρωτής Καθηγητής*



**© 2022 - 2023**

# 1. Αποβοστρύχωση (απορραγισμός)

Η αποβοστρύχωση είναι ο διαχωρισμός των βοστρύχων από τις ράγες, οι οποίες θα προωθηθούν για σύνθλιψη (σπάσιμο). Η αφαίρεση των βοστρύχων πριν την σύνθλιψη γίνεται κυρίως για την αποφυγή χορτώδων οσμών και στυπτικών τανινών.

Περιορισμένη χρήση βοστρύχων μπορεί να γίνει κατά την οινοποίηση ερυθρών ποικιλιών που έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε ολικές πολυφαινόλες, όπως το Pinot noir.

Οι βόστρυχοι περιέχουν περισσότερο στυπτικές τανίνες σε σχέση με τους φλοιούς. Οι πολυφαινόλες που εκχυλίζονται από τους βοστρύχους είναι μονομερείς και ολιγομερείς φλαβανόλες, φλαβονόλες και καφταρικό οξύ.

Η ενίσχυση οίνων φτωχών σε τανίνες, με τανίνες από τους βοστρύχους, συνεισφέρει στο «σώμα» και στην σταθερότητα του χρώματος.

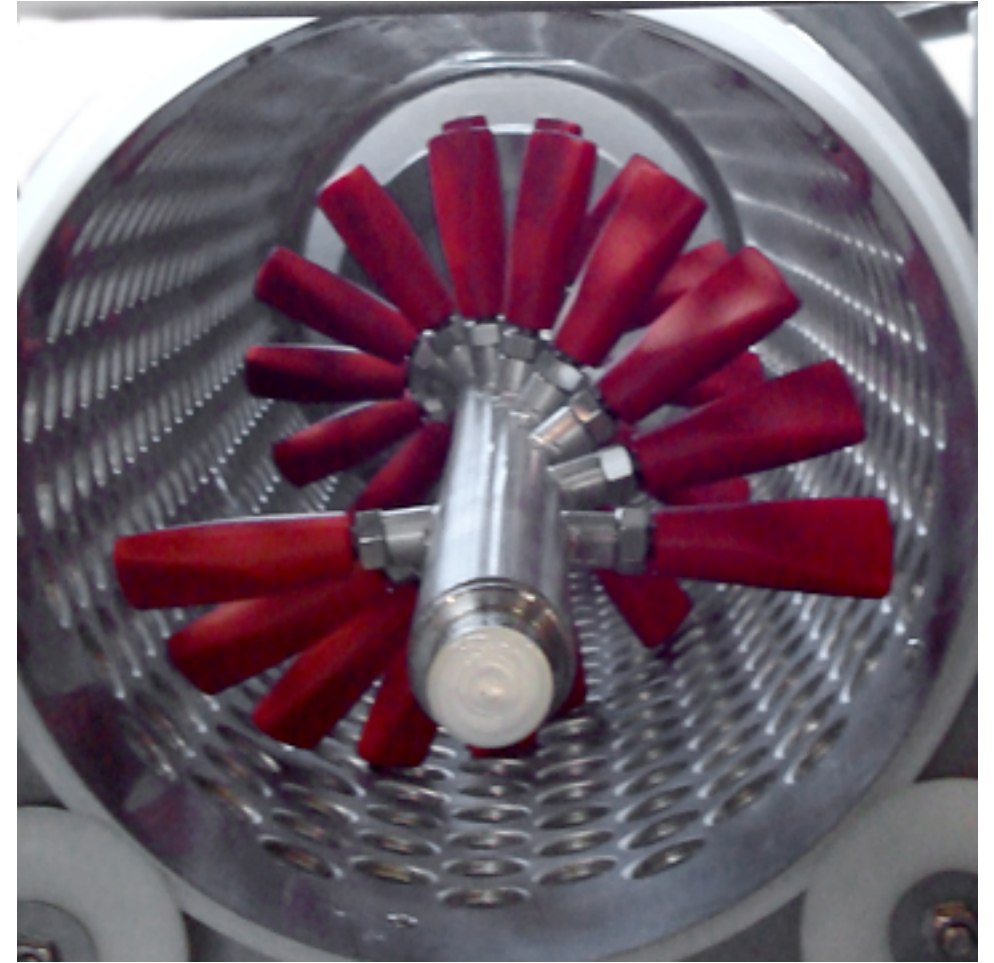
# 1. Αποβοστρύχωση (απορραγισμός)

Για ευκολία και αποδοτικότητα, χρησιμοποιείται ο ίδιος εξοπλισμός για την αποβοστρύχωση και την έκθλιψη (σπάσιμο).

Οι αποβοστρυχωτές φέρουν έναν διάτρητο κύλινδρο που επιτρέπει την έξοδο των ραγών, αλλά αποτρέπει την έξοδο των βοστρύχων.

Τα σταφύλια ωθούνται μέσω του διάτρητου περιβλήματος του εξωτερικού κυλίνδρου και οι βόστρυχοι αποβάλλονται μέσω μιας τερματικής εξόδου.

Όταν υπάρχει προσεκτική χρήση του αποβοστρυχωτή, γίνεται διαχωρισμός των ραγών με ελάχιστο σπάσιμο.



## 2. Σύνθλιψη (σπάσιμο)

Επειδή μερικές ράγες αναπόφευκτα σπάνε κατά την αποβοστρύχωση, με συνέπεια την οξειδωτική αμαύρωση, η έκθλιψη συχνά γίνεται αμέσως μετά ή ταυτόχρονα, μέσα στον αποβοστρυχωτή. Η έκθλιψη πραγματοποιείται συνήθως μέσω πίεσης των ραγών πάνω στο διάτρητο περίβλημα ή μέσω ενός ζεύγους κυλίνδρων.

Στην πρώτη περίπτωση, οι ράγες διαρρηγνύονται και ο χυμός, ο πολτός, τα γίγαρτα και οι φλοιοί συλλέγονται και ωθούνται με αντλία σε μια δεξαμενή. Στην δεύτερη περίπτωση, οι ράγες διαρρηγνύονται ανάμεσα σε δύο κυλίνδρους που περιστρέφονται ο ένας προς τον άλλον. Οι κύλινδροι συνήθως φέρουν σπειροειδείς ραβδώσεις.

Οι ραβδώσεις ωθούν τα σταφύλια ανάμεσα στους κυλίνδρους και γίνεται η σύνθλιψη. Οι κύλινδροι βρίσκονται σε προκαθορισμένη απόσταση, έτσι ώστε ν' αποφεύγεται έντονη σύνθλιψη που οδηγεί σε διάρρηξη των γιγάρτων.

Έτσι, αποφεύγεται η επιμόλυνση του γλεύκους με γιγαρτέλαιο, του οποίου η οξείδωση έχει καταστροφικό αποτέλεσμα στο άρωμα των οίνων.



### 3. Εκχύλιση (επαφή με τα στέμφυλα)

#### Παραγωγή ερυθρωδών (ροζέ) οίνων

Η εκχύλιση (maceration) αναφέρεται στην περίοδο κατά την οποία διάφορα συστατικά διαχέονται από τα στέμφυλα (romace), δηλαδή τους φλοιούς και τα γίγαρτα, μέσα στο γλεύκος. Η επίδραση της εκχύλισης εξαρτάται κυρίως από την διάρκειά της, αλλά και από την χρήση ενζύμων, την θερμοκρασία, την ανάδευση και το ποσοστό αιθανόλης που παράγεται κατά την ζύμωση (αν υπάρξει).

Η πιο κοινή πρακτική είναι η ήπια αποβοστρύχωση και έκθλιψη πριν την πίεση. Μετά μπορεί να πραγματοποιηθεί (ή όχι) μια περίοδος προζυμωτικής εκχύλισης μέχρι 24 h. Αν αυτή γίνει στους 20 °C, η μικροβιακή δράση επιβραδύνεται.

Η περιορισμένη εκχύλιση περιορίζει την διάχυση τανινών και ανθοκυανινών, προσδίδοντας μια ροδίζουσα χροιά. Λόγω της μικρής συγκέντρωσης σε τανίνες, το χρώμα των ερυθρώδων οίνων είναι ασταθές.

Γενικά, μόνο γλεύκη εκροής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ερυθρωδών οίνων, γιατί στα γλεύκη πίεσης η συγκέντρωση των ανθοκυανινών είναι πολύ υψηλή για την παραγωγή ερυθρωδών οίνων. Τα γλεύκη πίεσης περιέχουν και υψηλή συγκέντρωση τανινών, οι οποίες μπορούν να προσδώσουν πικράδα. Η συγκέντρωση των ανθοκυανινών στους ερυθρώδεις οίνους κυμαίνεται περίπου στα 20 - 50 mg/L.

### 3. Εκχύλιση (επαφή με τα στέμφυλα)

#### Παραγωγή ερυθρών οίνων

Στην ερυθρή οινοποίηση, κατά την διάρκεια της εκχύλισης οι ανθοκυανίνες διαλυτοποιούνται πρώτες, γιατί είναι πιο πολικές. Καθώς εξελίσσεται η ζύμωση, η αιθανόλη ενισχύει την διαλυτότητα και μεταβάλλει την διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών, με αποτέλεσμα την μεγαλύτερη διάχυση ανθοκυανινών και άλλων πολυφαινολών.

Οι μικρές ολιγομερείς προανθοκυανιδίνες είναι επίσης αρκετά πολικές, αλλά οι μεγαλύτερες πολυμερείς χρειάζονται αυξημένα επίπεδα αιθανόλης και ανάδευση του γλεύκους για επαρκή εκχύλιση.

Γενικά, η δυναμική της εκχύλισης των διαφόρων πολυφαινολών κυμαίνεται σημαντικά. Η διάρκεια και οι συνθήκες εκχύλισης καθορίζουν και το εύρος της εκχύλισης των ανθοκυανινών και των τανινών.

Συνεπώς, η εκχύλιση είναι ένα βασικό μέσο με το οποίο μπορεί να διαμορφωθεί ο χαρακτήρας των ερυθρών οίνων. Έτσι, για την παραγωγή οίνων που θα ωριμάσουν γρήγορα, η διάρκεια της εκχύλισης συνήθως περιορίζεται στις 3 - 5 μέρες.

Αυτή η διάρκεια είναι επαρκής για την εκχύλιση ανθοκυανινών, αλλά αποτρέπει την εκχύλιση των πολύ στυπτικών τανινών από τα γίγαρτα. Γίνεται όμως ικανοποιητική εκχύλιση τανινών από τους φλοιούς, που συμβάλουν στην σταθεροποίηση του χρώματος.



### 3. Εκχύλιση (επαφή με τα στέμφυλα)

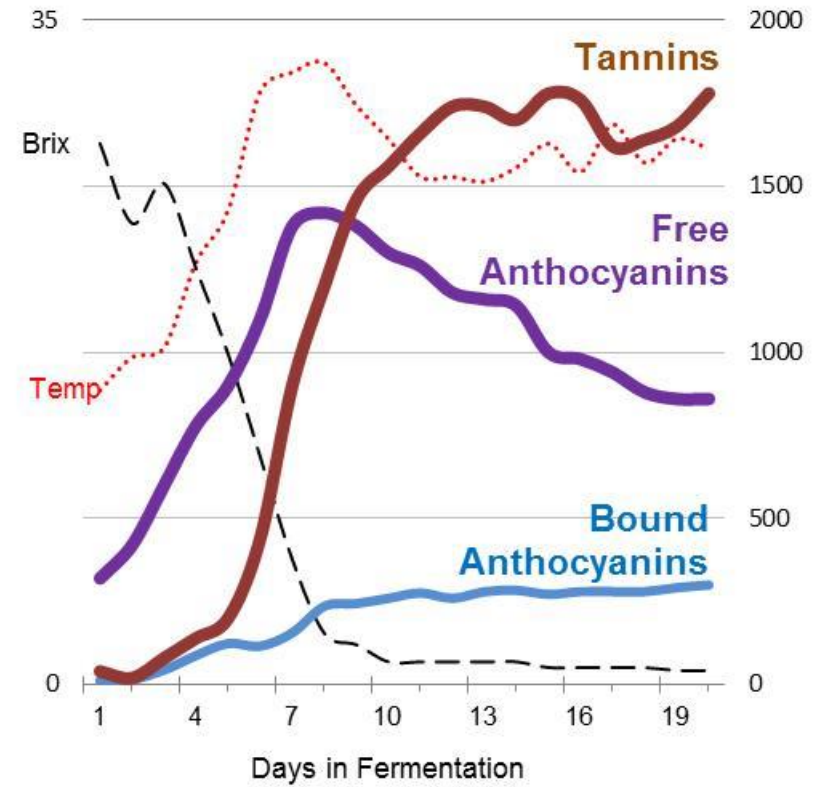
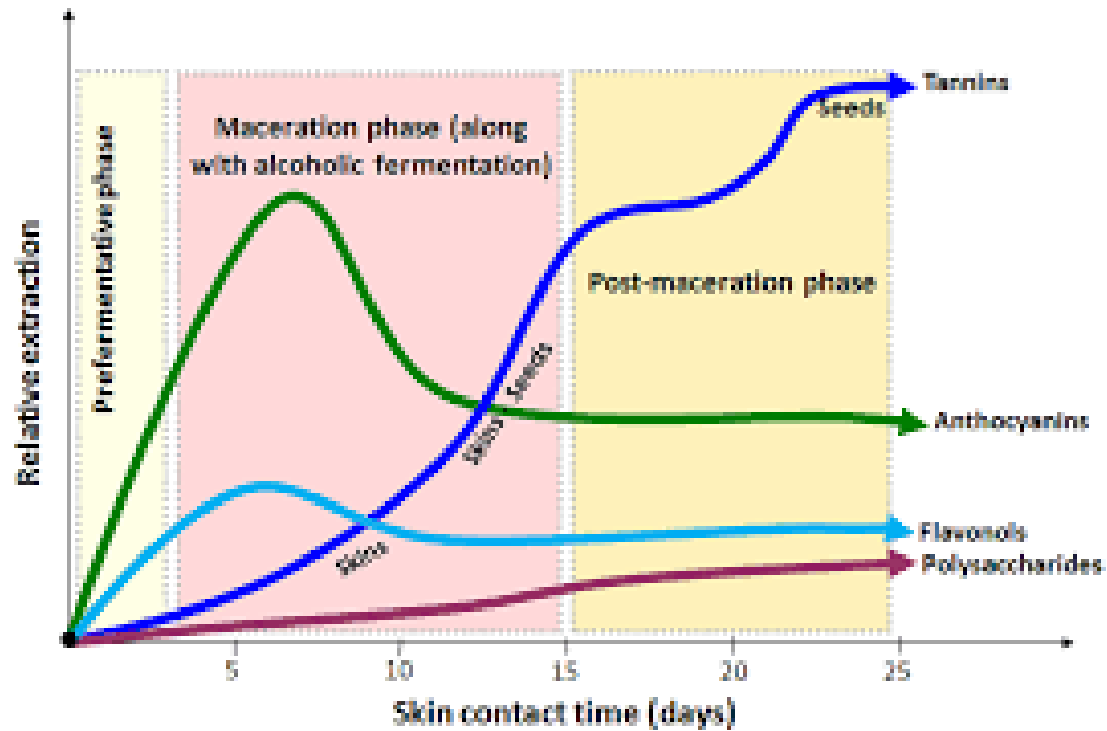
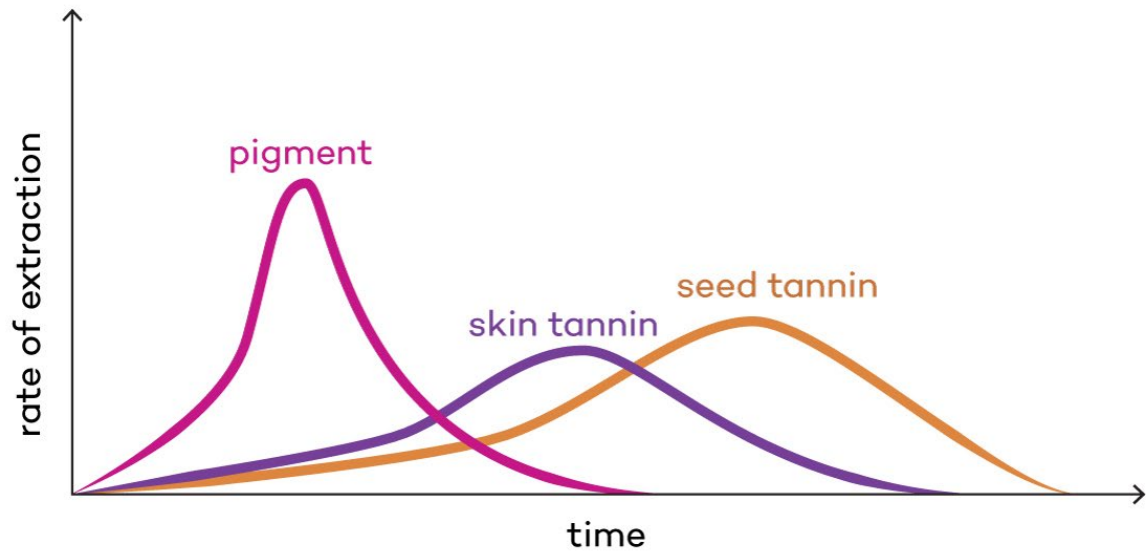
#### Παραγωγή ερυθρών οίνων

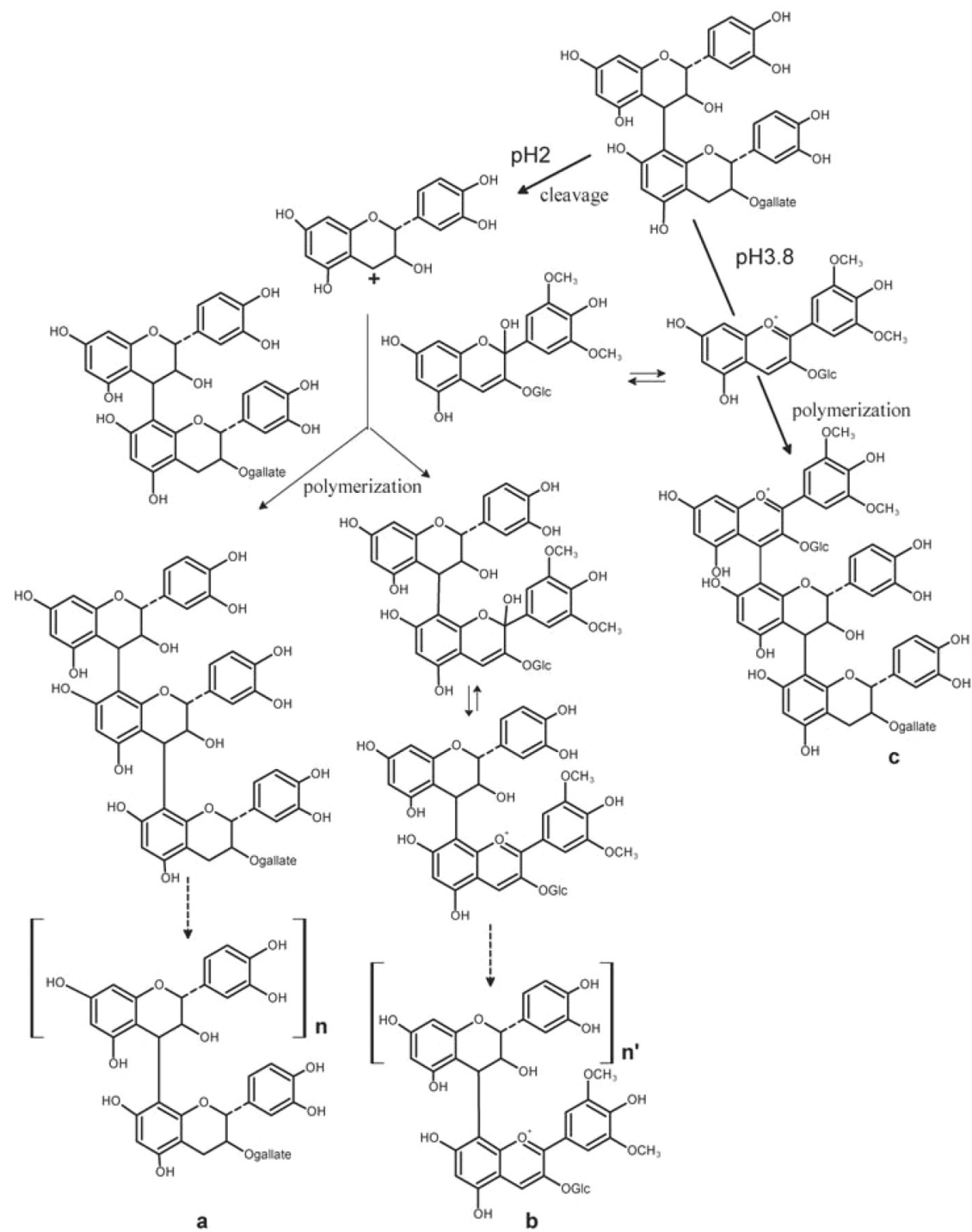
Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την σχετική αναλογία τανινών από φλοιούς/γίγαρτα είναι η ωριμότητα του σταφυλιού, η θερμοκρασία εκχύλισης, η ανακύκλωση του γλεύκους και η μέθοδος πίεσης.

Η εκχύλιση των περισσότερων φλαβονοειδών κορυφώνεται μετά από περίπου 5 ημέρες. Παρατεταμένη εκχύλιση (> 15 ημερών) μπορεί να γίνει για την εκχύλιση τανινών υψηλού μοριακού βάρους.

Για οίνους που προορίζονται για μακρά παλαίωση, η εκχύλιση μπορεί να διαρκεί και 3 εβδομάδες. Αν και υπάρχει μείωση των μονομερών ανθοκυανινών, ενισχύεται η σταθερότητα του χρώματος μέσω δημιουργίας συμπολυμερών με ολιγομερείς προανθοκυανιδίνες.

Η εκχύλιση λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος, και αυτό ευνοεί την διάχυση των ανθοκυανινών και άλλων πολυφαινολών. Η προσθήκη θειώδους υποβοηθά την εκχύλιση ανθοκυανινών, αλλά παρεμποδίζει την δημιουργία συμπολυμερών με προανθοκυανιδίνες.







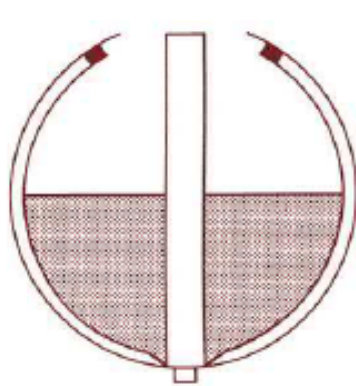
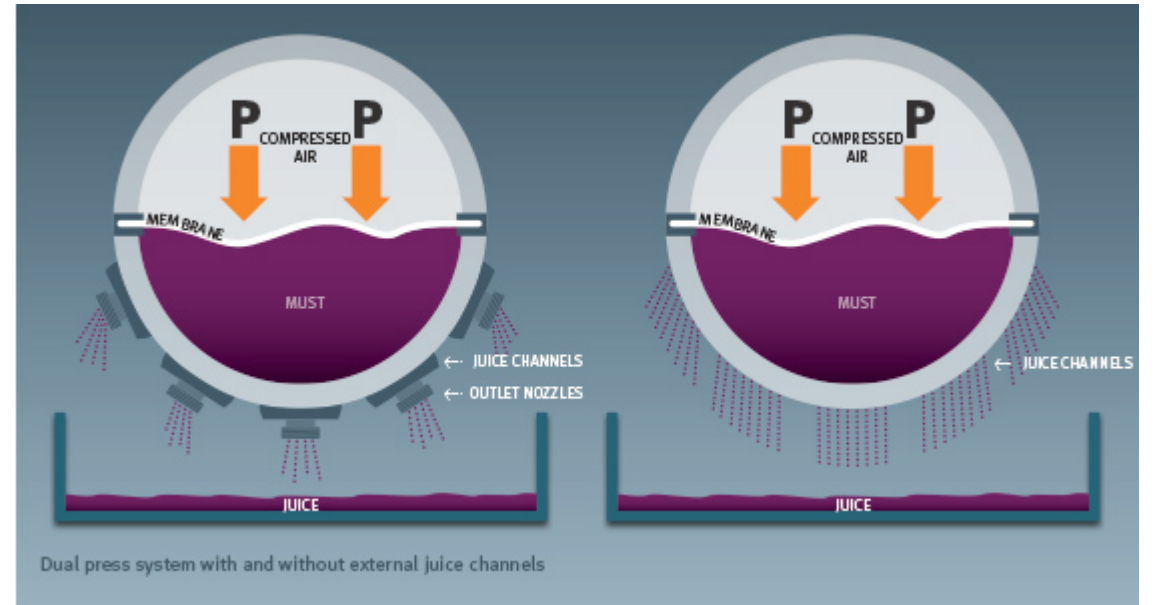
## 4. Πίεση (παραγωγή γλεύκους)

### Πνευματικά πιεστήρια

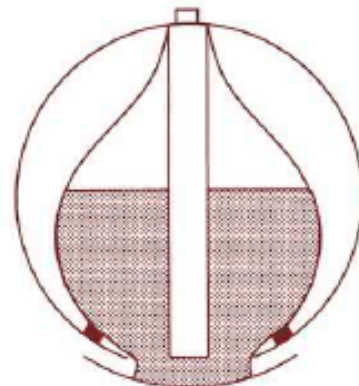
Το πιεστήριο πληρώνεται μέσω ενός επιμήκους ανοίγματος στο πάνω μέρος. Ακολουθώς αναστρέφεται έτσι ώστε να απομακρυνθεί ο οίνος εκροής. Τότε εισέρχεται συμπιεσμένο αέριο μεταξύ της πλαστικής κύστης (σαμπρέλα) και του εξώτερου τοιχώματος του κυλίνδρου, και τα σταφύλια συμπιέζονται πάνω σε διάτρητες πλάκες που βρίσκονται κατά μήκος της κεντρικής κοιλότητας.

Οι χαμηλότερες πιέσεις που ασκούνται σε μια πιο εκτεταμένη επιφάνεια απελευθερώνουν πιο γρήγορα γλεύκος και με μειωμένα ποσοστά αιωρούμενων σωματιδίων και πολυφαινολών. Αυτό είναι χρήσιμο στην παραγωγή λευκών ή ροζέ οίνων. Ο θρυμματισμός των πεπιεσμένων στέμφυλων μεταξύ διαδοχικών πιέσεων επιτυγχάνεται μέσω περιστροφής του κυλίνδρου του πιεστηρίου.

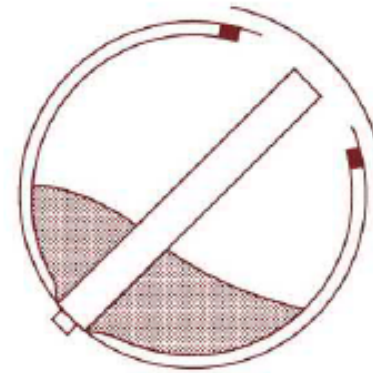
Τα πνευματικά πιεστήρια αποδίδουν γλεύκη υψηλής ποιότητας, με μικρό ποσοστό αιωρούμενων σωματιδίων, χωρίς να διαρρηγνύουν τα γίγαρτα και χωρίς να προκαλούν εκτεταμένη εκχύλιση τανινών.



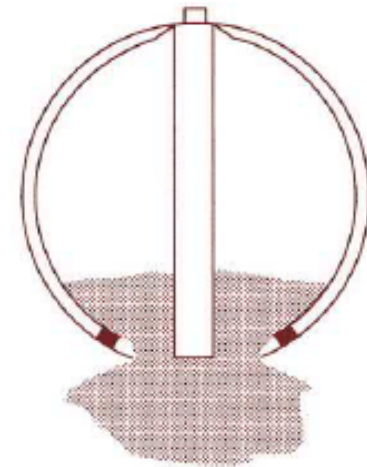
Filling



Pressing



Crumbling



Discharging

## 5. Διαύγαση γλεύκους

Στην λευκή οινοποίηση, το γλεύκος διαυγάζεται πριν την ζύμωση, εν μέρει για να διατηρηθεί ο φρουτώδης χαρακτήρας. Κι αυτό γιατί αν το γλεύκος περιέχει πολλά εν αιωρήσει σωματίδια, τότε παράγονται πολλές ανώτερες αλκοόλες που καλύπτουν τα άλλα αρώματα.

Τα υψηλά επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων έχουν επίσης αναφερθεί να αυξάνουν την παραγωγή υδρόθειου. Επιπρόσθετα, είναι φορείς σημαντικής δραστηριότητας πολυφαινολοξειδάσης (PPO). Έτσι, η έγκαιρη αφαίρεσή τους είναι επιθυμητή για να περιορίσει την ενζυμική οξείδωση. Εντούτοις, η εκτενής διαύγαση είναι επίσης ανεπιθύμητη.

Η διήθηση και η φυγοκέντριση μπορούν ν' αφαιρέσουν περισσότερο από το 90% των λιπαρών οξέων και των στερολών που περιέχονται στα σωματίδια που προέρχονται από τον φλοιό του σταφυλιού.

Αυτή η απώλεια έχει ως συνέπεια την επιβράδυνση της ζύμωσης, την μείωση της βιωσιμότητας των ζυμών και την παραγωγή υψηλών επιπέδων οξικού οξέος κατά την ζύμωση. Αυτό ευνοεί τον σχηματισμό οξικού αιθυλεστέρα, που έχει κατά πολύ χαμηλότερο κατώφλι αντίληψης.

## 5. Διαύγαση γλεύκους

Η διαύγαση μπορεί επίσης να επηρεάσει την ενδογενή μικροχλωρίδα των γλευκών. Σε συνδυασμό με την επίδρασή της στα θρεπτικά συστατικά, αυτό μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην δυναμική της ζύμωσης και στην ανάπτυξη των διαφόρων στελεχών ζυμωμικών, ανεξάρτητα από το αν θα γίνει αυθόρμητη ζύμωση ή εμβολιασμός.

Η μέτρηση των αιωρούμενων συστατικών γίνεται σε μονάδες θολερότητας (turbidity units), για τις οποίες ένα σύνηθες εύρος είναι 50 - 150 και 100 - 250 NTU (nephelometric turbidity units). Μέσα σ' αυτό το εύρος, η ζύμωση του γλεύκους ολοκληρώνεται ομαλά και αναπτύσσονται επιθυμητά φρουτώδη αρώματα (εστέρες ανώτερων αλκοολών).

Οι λόγοι στους οποίους μπορεί να οφείλονται αυτά τα φαινόμενα είναι η προσρόφηση τοξικών οξέων που παράγονται κατά την ζύμωση, η απελευθέρωση λιπιδίων από τον φλοιό των σταφυλιών (χρήσιμα για τις κυτταρικές μεμβράνες των ζυμών), και απαραίτητα μεταλλικά ιχνοστοιχεία που βρίσκονται στα σωματίδια.



## 5. Διαύγαση γλεύκους

Τα λευκά γλεύκη συνήθως αφήνονται να διαυγάσουν μέσω αυθόρμητης καθίζησης για αρκετές ώρες (12 - 24). Η καθίζηση λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (5 – 15 °C).

Μπορεί να γίνει και προσθήκη μπεντονίτη για διευκόλυνση της διαδικασίας. Σ' αυτήν την περίπτωση ο μπεντονίτης προστίθεται μετά την αρχική αυθόρμητη καθίζηση, για να ελαττωθεί η δημιουργία ογκώδους γλευκολάσπης και η απώλεια γλεύκους.

Μια εναλλακτική τεχνική είναι η φυγοκέντρωση. Επειδή τα σωματίδια απομακρύνονται με βάση το μέγεθος (μάζα), η φυγοκέντρωση μπορεί να ρυθμιστεί ανάλογα. Τα πλεονεκτήματα της φυγοκέντρωσης είναι η ελάχιστη απώλεια γλεύκους και η ταχύτητα.

Σε περίπτωση διήθησης, προστίθεται ως βοηθητικό γη διατόμων.

## 6. Ρυθμίσεις σύστασης γλεύκους - Προσθήκες

### Οξύτητα και pH

Τα γλεύκη που δεν έχουν την επιθυμητή οξύτητα (υψηλό pH) υπόκεινται σε ρύθμιση πριν την ζύμωση. Η ρύθμιση της οξύτητας σ' αυτήν την φάση εξασφαλίζει τον περιορισμό μικροβιακής προσβολής και την ανάπτυξη καλύτερων αρωμάτων.

Η διόρθωση της οξύτητας απαιτείται σε γλεύκη που παράγονται σε θερμά κλίματα, γιατί υπάρχει εκτενής αποικοδόμιση του μηλικού οξέος στα σταφύλια κατά την ωριμότητα. Δεν υπάρχει γενικός κανόνας για την ρύθμιση της οξύτητας, αλλά τα συνήθη επιθυμητά επίπεδα είναι μεταξύ 5.5 και 8.5 g/L ισοδύναμα τρυγικού οξέος.

Για τους λευκούς οίνους προτιμάται συνήθως μια σχετικά υψηλή οξύτητα, ενώ για τους ερυθρούς χαμηλότερη. Ένα κατάλληλο εύρος pH για τους λευκούς οίνους είναι το 3.1 - 3.4 και για τους ερυθρούς το 3.3 - 3.6.

Η ρύθμιση της οξύτητας γίνεται με απευθείας προσθήκη τρυγικού οξέος, το οποίο είναι το φυσικό οξύ του γλεύκους και είναι ανθεκτικό σε μικροβιακές προσβολές. Η μείωση του pH επέρχεται και επειδή καταβυθίζεται Κ υπό την μορφή τρυγικών αλάτων.

## 6. Ρυθμίσεις σύστασης γλεύκους - Προσθήκες

### Ένζυμα

Η προσθήκη ενζύμων γίνεται για την διευκόλυνση της παραλαβής γλεύκους, της διαύγασης, την διήθηση, και της παραλαβής χρωστικών. Ένα μειονέκτημα είναι ότι τα εμπορικά παρασκευάσματα περιέχουν ενζυμικές δραστηριότητες που δεν είναι επιθυμητές. Συνήθως, για να διαπιστωθεί η αποτελεσματικότητά τους, γίνονται δοκιμές μικρής κλίμακας.

Σε πολλές περιπτώσεις, η παραλαβή γλεύκους βελτιώνεται σημαντικά με την εφαρμογή πηκτινολυτικών ενζύμων. Τα περισσότερα σκευάσματα προέρχονται από τον μύκητα *Aspergillus niger*.

Η αποικοδόμιση των κολλοειδών πηκτινών μειώνει το ιξώδες των γλευκών και διευκολύνει την διήθηση και την αυθόρμητη διαύγαση.

Επιπρόσθετες δραστηριότητες κυτταρινάσης/ημικυτταρινάσης διευκολύνουν την απελευθέρωση χρωστικών.

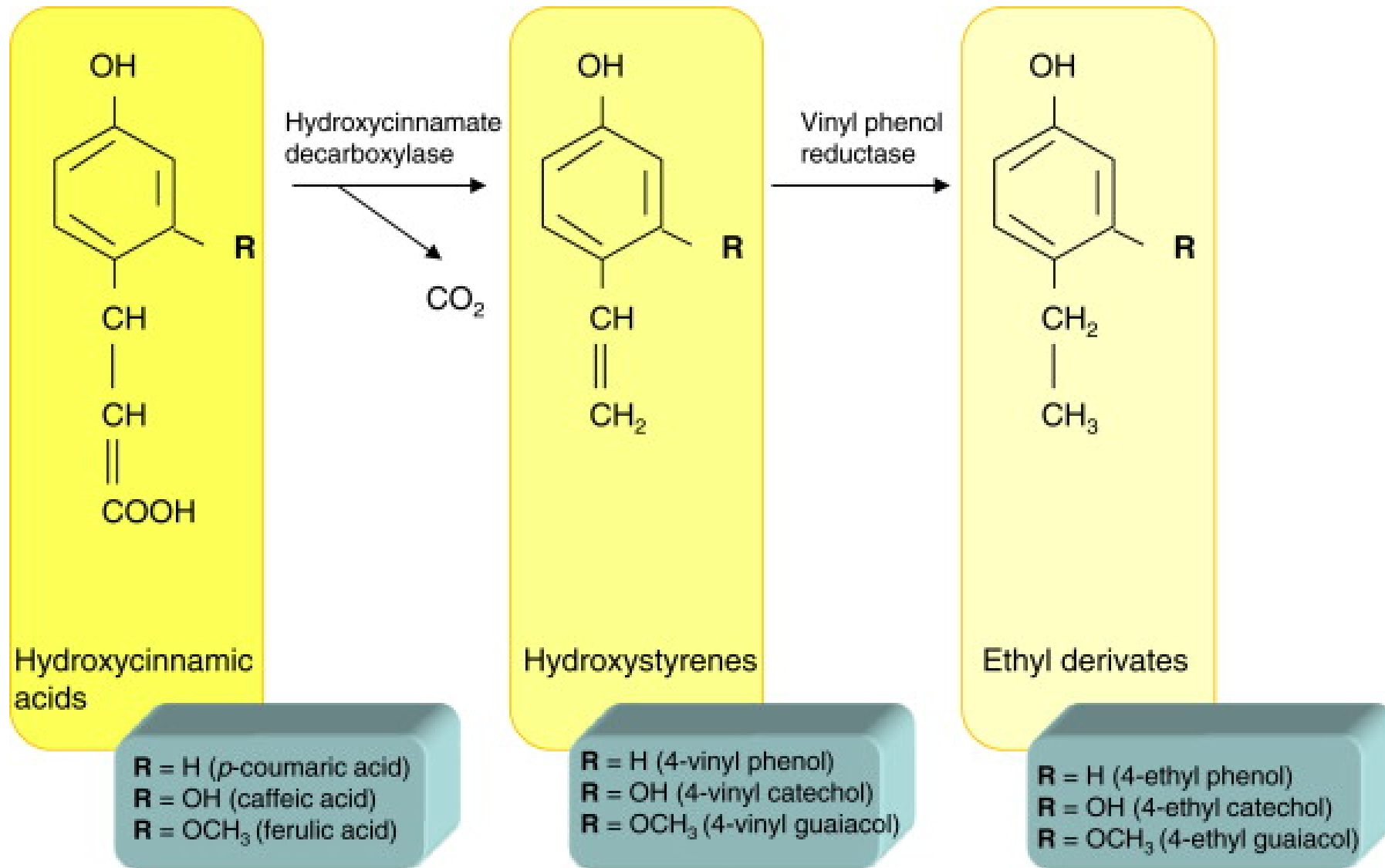
## 6. Ρυθμίσεις σύστασης γλεύκους - Προσθήκες

### Ένζυμα

Τα περισσότερα σκευάσματα ενζύμων έχουν χαμηλή δραστικότητα κινναμωνυλ εστεράσης. Αυτό το ένζυμο διασπά τους εστερικούς δεσμούς μεταξύ του τρυγικού οξέος και των υδροξυκινναμωνικών (κυρίως του καφφέυλ τρυγικού). Αυτό μπορεί να συμβεί κι από ορισμένα στελέχη ζυμομυκήτων.

Τα ελεύθερα υδροξυκινναμωνικά μετατρέπονται σε βινυλ φαινόλες, μέσω αποκαρβοξυλίωσης από ορισμένα στελέχη *Brettanomyces*. Πάνω από το κατώφλι αντίληψης, αυτές οι πτητικές φαινόλες προσδίδουν εξαιρετικά δυσάρεστες οσμές.

Επιπλέον, οι βινυλ φαινόλες μπορούν να μετατραπούν σε αίθυλ φαινόλες, οι οποίες έχουν εξίσου δυσάρεστες οσμές. Αυτό είναι ένα πρόβλημα που αφορά κυρίως στους ερυθρούς οίνους, οι οποίοι παλαιώνονται σε βαρέλια επιμολυσμένα με *Brettanomyces*.



## 6. Ρυθμίσεις σύστασης γλεύκους - Προσθήκες

### Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Τα συνήθη επίπεδα προσθήκης SO<sub>2</sub> είναι περίπου 50 - 100 mg/L γλεύκους, αλλά η ακριβής συγκέντρωση εξαρτάται κυρίως από την υγιεινή κατάσταση των σταφυλιών. Στα λευκά γλεύκη, η προσθήκη SO<sub>2</sub> αναστέλλει σε ορισμένο βαθμό την ενζυμική οξείδωση, και γενικά δρα ανασταλτικά στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών.

Βέβαια, ο εμβολιασμός με επιλεγμένα στελέχη *Saccharomyces cerevisiae* είναι από μόνος του ικανός να δράσει εκλεκτικά και να καταστείλει την ανάπτυξη άγριων ζυμών, αν και το SO<sub>2</sub> περιορίζει την ανάπτυξή τους πριν την επικράτηση του *S. cerevisiae*. Αυτό εξαρτάται εν πολλοίς από τα υπάρχοντα στελέχη.

Όταν γίνεται εμβολιασμός, η ταχεία ανάπτυξη του προστιθέμενου στελέχους επιταχύνει την εγκαθίδρυση αναερόβιων συνθηκών, μειώνει την διαθεσιμότητα περιοριστικών θρεπτικών συστατικών, και παράγει επίπεδα αιθανόλης που δρουν ανασταλτικά ή τοξικά για τις περισσότερες ζύμες και βακτήρια, στο σύνηθες pH των οίνων.

Στις αυθόρμητες ζυμώσεις, το SO<sub>2</sub> τείνει να καθυστερεί την έναρξη της ζύμωσης μέσω καταστολής όχι μόνο των ειδών μη-*Saccharomyces*, αλλά και των περισσότερων ενδημικών στελεχών *Saccharomyces*.

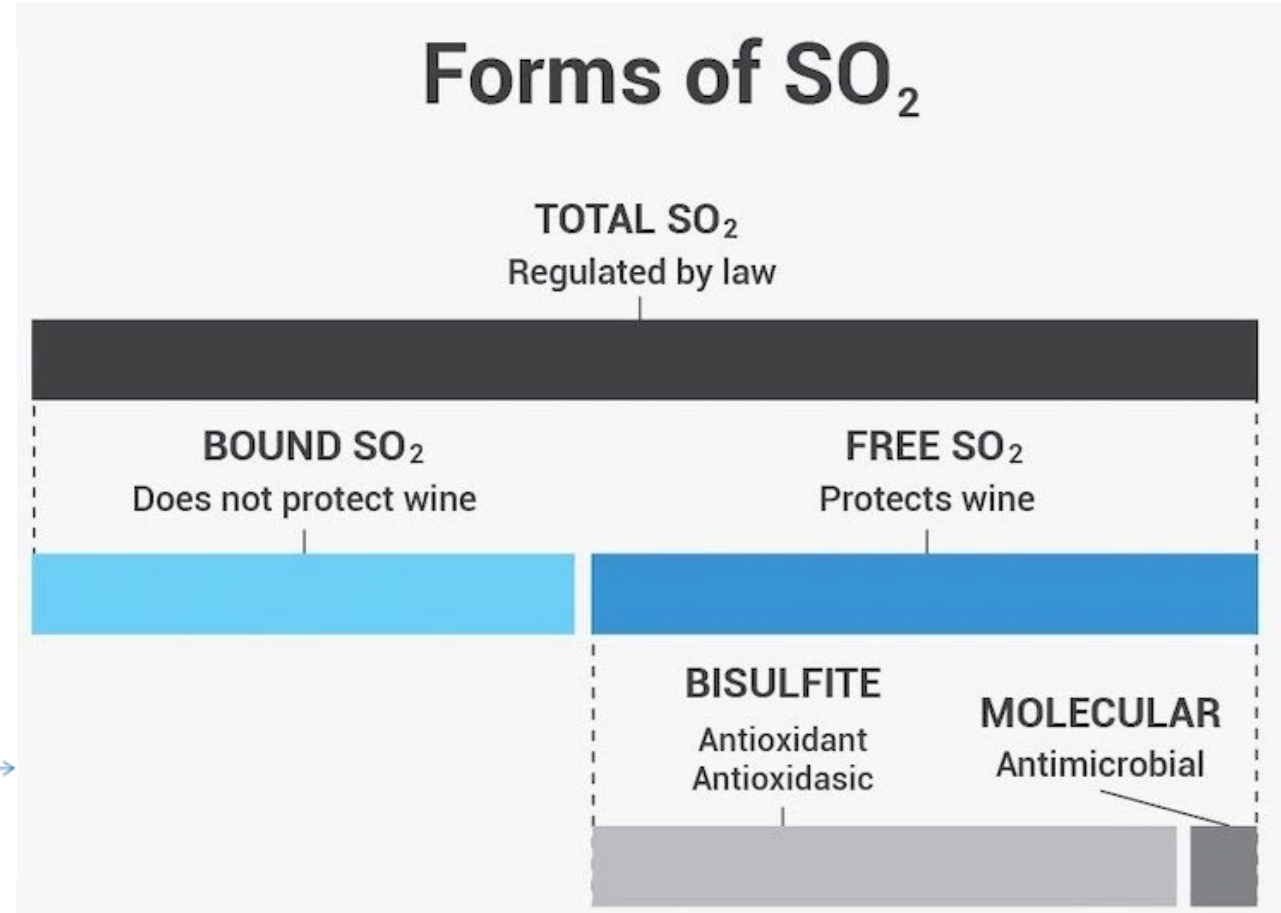
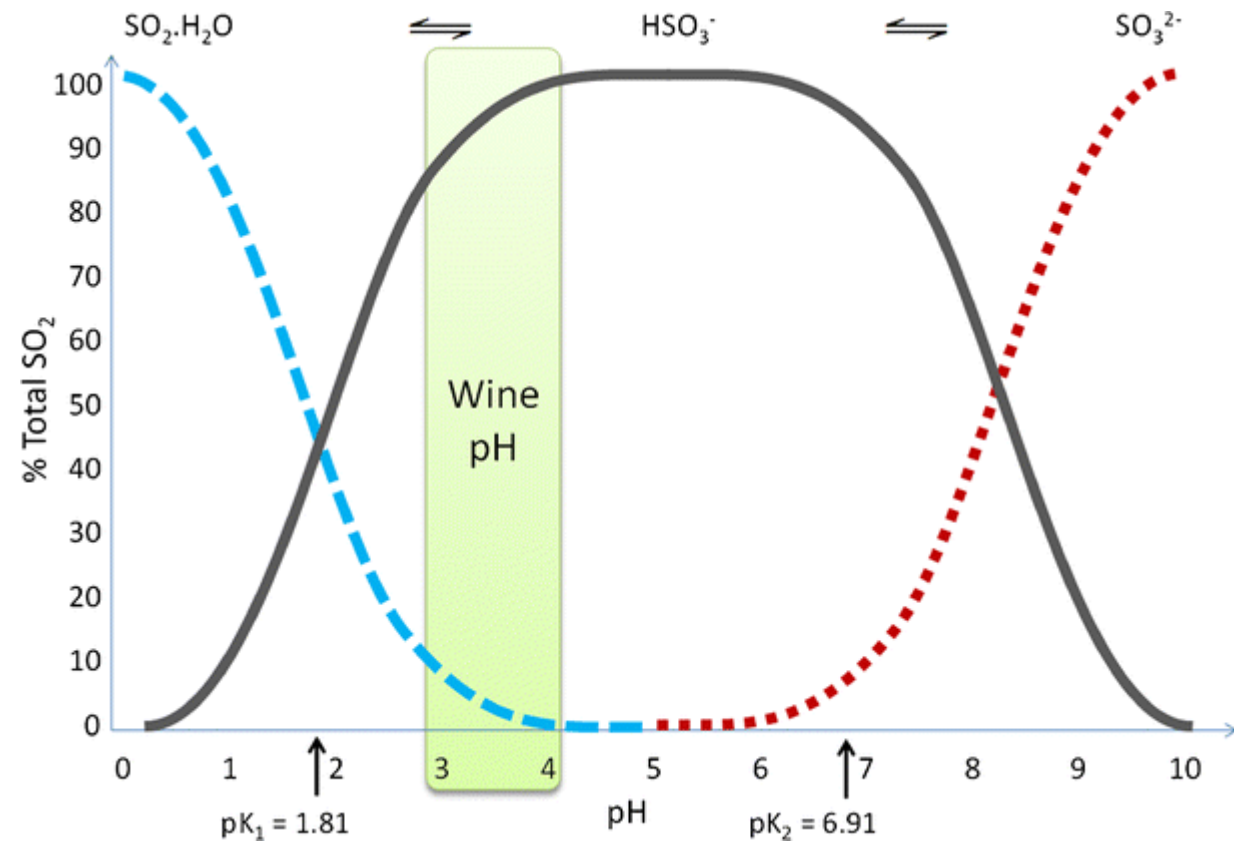
## 6. Ρυθμίσεις σύστασης γλεύκους - Προσθήκες

### Διοξείδιο του θείου (SO<sub>2</sub>)

Το SO<sub>2</sub> είναι εξαιρετικά δραστικό εναντίον των βακτηρίων, και η δράση του ενισχύεται από το χαμηλό pH του γλεύκους, γιατί ευνοείται η ύπαρξη σημαντικού ποσοστού της πιο τοξικής μορφή του θειώδους, που είναι το μοριακό SO<sub>2</sub>.

Η διοχέτευση του SO<sub>2</sub> στο γλεύκος συνήθως πραγματοποιείται αρκετές ώρες πριν τον εμβολιασμό με ζύμες. Κατά την διάρκεια της στατικής διαύγασης, το ελεύθερο SO<sub>2</sub> μειώνεται δραστικά, γιατί συνδυάζεται με σάκχαρα, καρβονυλικές ενώσεις ή καταναλώνεται από μικροοργανισμούς. Δηλαδή, όταν γίνει ο εμβολιασμός, η αντιμικροβιακή δράση του SO<sub>2</sub> είναι σημαντικά εξασθενημένη.

Σε γλεύκη που έχουν προέλθει από προσβεβλημένα σταφύλια, η δόση του SO<sub>2</sub> που προστίθεται είναι αυξημένη. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχει υψηλό μικροβιακό φορτίο και επειδή ορισμένοι μικροβιακοί μεταβολίτες (γλουκουρονικό οξύ, γαλακτουρονικό οξύ) δεσμεύουν SO<sub>2</sub>, μειώνοντας έτσι την αντιμικροβιακή του δράση.





## Βιβλιογραφία

Jackson R.S., 2014. **“Wine Science – Principles & Applications”**, 4<sup>th</sup> Edition, Elsevier.

Moreno J., Peinado R., 2012. **“Enological Chemistry”**, Elsevier.