

# Διαφάνειες Παραδόσεων Οινολογίας 2015-16

## 6. Ο θειώδης ανυδρίτης

### Πρόλογος

Οι διαφάνειες παραδόσεων – σημειώσεις είναι υπό επεξεργασία.

Υπάρχουν οι παρακάτω ενότητες

1. Οίνος και Ελληνικός πολιτισμός
2. Κατηγορίες και τύποι κρασιών. Οίνοι στον κόσμο
3. Το σταφύλι. Σύσταση γλεύκους
4. Επισκόπηση οινοποιήσεων
5. Επισκόπηση κατεργασιών οίνου
6. Ο θειώδης ανυδρίτης
7. Ζυμομύκητες γλεύκους και οίνου. Αλκοολική ζύμωση
8. Βακτήρια γλεύκους και οίνου. Μηλογαλακτική ζύμωση
9. Μικροβιακές αλλοιώσεις οίνου
10. Ένζυμα στην οινοποίηση
11. Σύσταση οίνου
12. Οξείδωση οίνου
13. Ανάλυση οίνου
14. Οργανοληπτική εξέταση οίνου
15. Οίνος και υγεία

**Ιωάννης Ρούσης**

# ΘΕΙΩΔΗΣ ΑΝΥΔΡΙΤΗΣ



Ο θειώδης ανυδρίτης είναι το βασικό αντιοξειδωτικό και αντιμικροβιακό που χρησιμοποιείται στην οινοποίηση.

Η χρήση του διοξειδίου του θείου άρχισε στα τέλη του 18<sup>ου</sup> αιώνα.

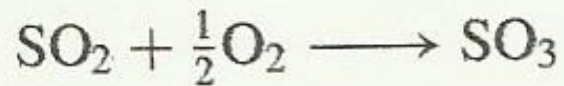
Κατά κανόνα οι οίνοι περιέχουν ΔΘ.

Σημειώνεται ότι οι ζύμες παράγουν ΔΘ κατά την ζύμωση,  
σπάνια πάνω από 10 mg/L,  
αν και σε ορισμένες περιπτώσεις παραπάνω από 30 mg/L.

Οι κύριες ιδιότητες του ΔΘ είναι η αντιμικροβιακή δράση, η αντιοξειδωτική δράση, η αντιοξειδασική δράση και η δέσμευση της ακεταλδεύδης.

**Αντιμικροβιακή.** Έχει μεγαλύτερη δράση στα βακτήρια από ότι στις ζύμες. Η δράση του εξαρτάται από τη συγκέντρωσή του και τους πληθυσμούς των μικροοργανισμών. Σε μικρές συγκεντρώσεις έχει ανασταλτική δράση, ενώ σε μεγαλύτερες καταστρέφει ποσοστό των μικροοργανισμών. Με μείωση του πληθυσμού των μικροοργανισμών, παράδειγμα με φιλτράρισμα, αυξάνεται η αποτελεσματικότητά του. Κατά τη διατήρηση του οίνου αναστέλλει την ανάπτυξη όλων των τύπων των μικροοργανισμών, ζύμες, γαλακτικά βακτήρια και σε επίσης οξικά βακτήρια.

**Αντιοξειδωτική :** αντιδρά αργά με το οξυγόνο με σχηματισμό  $\text{SO}_3$ .



Έτσι, προστατεύει τον οίνο από χημική οξείδωση. Το  $\Delta\Theta$  παρέχει προστασία σε φαινολικές ενώσεις και κάποιες ενώσεις αρώματος από την οξείδωση. Επίσης, συνεισφέρει στη δημιουργία χαμηλού δυναμικού οξειδο-αναγωγής, που ευνοεί την ανάπτυξη αρώματος και γεύσης κατά την παλαίωση και διατήρηση του οίνου.

**Αντιοξειδωτική :** αναστέλλει άμεσα τη δράση των οξειδωτικών ενζύμων (τυροσινάση, λακκάση), και με την πάροδο του χρόνου τα καταστρέφει.

Έτσι, προστατεύει το γλεύκος από την οξείδωση πριν τη ζύμωση.

Επίσης, βοηθάει στην αποφυγή θολώματος οξείδωσης σε λευκούς και ερυθρούς οίνους που παρασκευάζονται από σάπια σταφύλια.

**Δέσμευση ακεταλδεύδης** και άλλων συναφών ενώσεων.

Στον οίνο το ΔΘ βρίσκεται ελεύθερος ως  $\text{SO}_2$  και κυρίως ως  $\text{HSO}_3^-$ , είτε δεσμευμένος κυρίως με καρβονυλικές ενώσεις.

Μπορεί να υπάρχει φυσιολογικά στον οίνο μέχρι περίπου 10 mg/L.

Τα θειώδη προκαλούν αλλεργικές αντιδράσεις, κυρίως σε άτομα με άσθμα. Επίσης, έχουν αρνητική επίδραση στο άρωμα και τη γεύση του οίνου. Έτσι, υπάρχει διεθνώς η τάση για μείωση των επιπέδων που χρησιμοποιείται.

Μέγιστο πρόσληψης θειωδών 0,7 mg ανά Kg βάρους σώματος.

Ένα ποτήρι οίνου περιέχει περίπου 10 mg θειώδη.

Το θειώδες έχει επίδραση στο άρωμα. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις εξουδετερώνει το άρωμα και σε ακόμη μεγαλύτερες προσδίδει χαρακτηριστικά ελαττώματα, όπως η αίσθηση καψίματος στην επίγευση.

Οι δοκιμαστές αντιλαμβάνονται τον θειώδη ανυδρίτη στα 20-30 mg/L.

Από την άλλη πλευρά, σε ανεπαρκείς συγκεντρώσεις ΔΘ μπορεί με οξείδωση ή μικροβιακή ανάπτυξη να υπάρξει υποβάθμιση του οίνου.

Δεν είναι εύκολο να καθοριστεί η ακριβής ποσότητα που χρειάζεται, λόγω του σύνθετου της χημικής ισορροπίας του  $\Delta\Theta$  στον οίνο. Η συγκέντρωσή του στον οίνο εκφράζεται σε mg/L  $\text{SO}_2$ , αν και υπάρχει σε διάφορες μορφές στον οίνο.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία τα μέγιστα όρια στους οίνους με ζάχαρα < 5 g/L είναι για τους ερυθρούς 160 και τους λευκοί 210 mg/L.

Στους οίνους με ζάχαρα > 5 mg/L, για τους ερυθρούς οίνους είναι 210 και για τους λευκούς 260 mg/L.

Στην ετικέτα της φιάλης αναγράφεται υποχρεωτικά Περιέχει θειώδη, εάν η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη από 10 mg/L.

Κατά κανόνα, η νομοθεσία αναφέρεται αποκλειστικά στη συγκέντρωση του ολικού  $\Delta\Theta$ .

Πάντως, τα επίπεδα  $\Delta\Theta$  που χρησιμοποιούνται είναι χαμηλότερα, όπως ως μέσος όρος 75 mg/L για τους ερυθρούς οίνους και 105 mg/L για τους λευκούς.

**Το ΔΘ χρησιμοποιείται με διάφορες μορφές :**  
**Ως αέριο SO<sub>2</sub>, ως υγροποιημένο αέριο SO<sub>2</sub>,**  
**ως διάλυμα όξινου θειώδους καλίου KHSO<sub>3</sub>,**  
**και ως στερεό πυροθειώδες κάλιο (K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) (μεταμπισουλφίτ).**

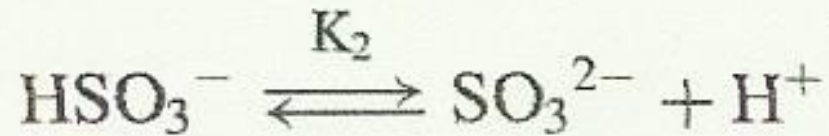
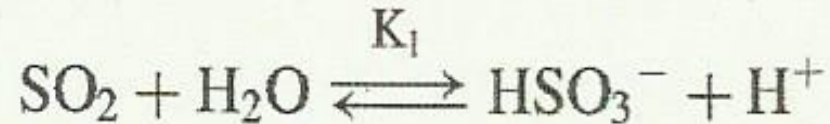
**Η επίδραση της προσθήκης στον οίνο είναι η ίδια**  
**ανεξάρτητα από τη μορφή χρήσης του ΔΘ.**

**Η ισορροπία που αποκαθίσταται μεταξύ των διαφόρων μορφών είναι η ίδια.**  
**Εξαρτάται από το pH και από την παρουσία μορίων που δεσμεύονται με το**  
**διοξείδιο του θείου.**

## Χημεία ΔΘ

### Ελεύθερο θειώδες

Κατά τη διάλυση του ΔΘ αποκαθίστανται οι ισορροπίες



Στο pH του οίνου δεν υπάρχουν  $\text{SO}_3^{-2}$ , αλλά συμβαίνει η πρώτη ισορροπία.

Είναι σημαντικό να είναι γνωστές οι συγκεντρώσεις του μοριακού  $\text{SO}_2$  (ή θειώδες οξύ στη μορφή του ελεύθερου οξέος) και του  $\text{HSO}_3^-$ , καθόσον οι κύριες οινολογικές ιδιότητες αποδίδονται στο  $\text{SO}_2$ .



Η αντιμικροβιακή δράση μιας συγκέντρωσης ελεύθερου  $\Delta\Theta$  έναντι ζυμών και βακτηρίων εξαρτάται από το pH, παρά το ότι το  $\text{HSO}_3^-$  έχει κάποια αντιμικροβιακή δράση.

Παρόμοια η γεύση και οσμή  $\Delta\Theta$  είναι μεγαλύτερη σε πιο όξινο pH.

Η % αναλογία του μοριακού  $\text{SO}_2$ , που κατά προσέγγιση αντιστοιχεί στο δραστικό  $\text{SO}_2$ , κυμαίνεται από 1-10 και το υπόλοιπο είναι το  $\text{HSO}_3^-$ .

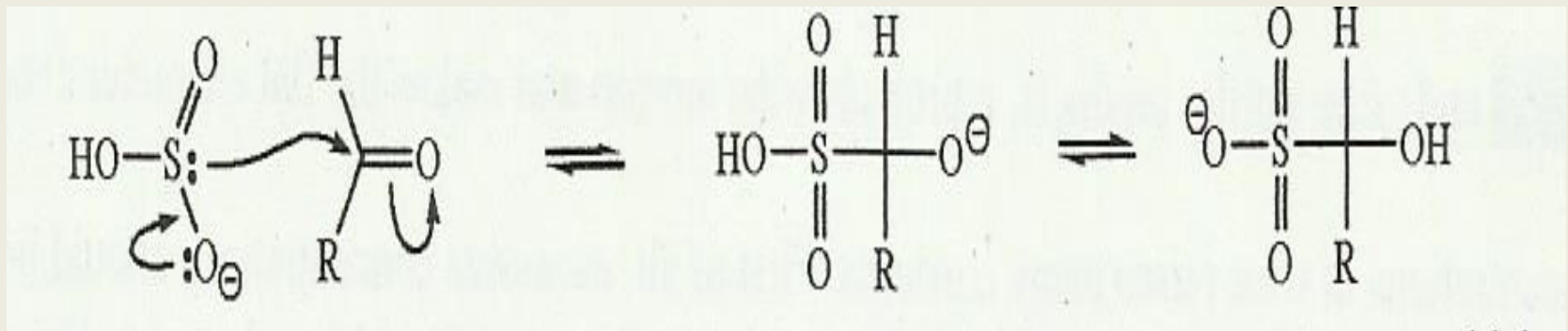
Παράδειγμα σε pH 3,8 το μοριακό  $\text{SO}_2$  είναι περίπου 1 % και σε pH 3,0 είναι περίπου 6 %.

Αυτό εξηγεί την ανάγκη για χρήση μεγαλύτερων δόσεων θείωσης όταν το pH του γλεύκους ή του οίνου είναι υψηλό.

Το ποσοστό του μοριακού  $\text{SO}_2$  αυξάνει ανάλογα με τα επίπεδα της αλκοόλης και τη θερμοκρασία, καθόσον οι παράγοντες αυτοί επηρεάζουν την ισορροπία της αντίδρασης.

### Δεσμευμένο ΔΘ

Τα όξινα θειώδη έχει την ιδιότητα να δεσμεύουν μόρια που έχουν καρβονυλικές ομάδες.



Οι μορφές αυτές είναι το δεσμευμένο ΔΘ . Το άθροισμα του ελεύθερου ΔΘ και του δεσμευμένου ΔΘ είναι ίσο με το ολικό θειώδες.

## Ενώσεις που δεσμεύουν ΔΘ

**Η ακεταλδεύδη δεσμεύει το ΔΘ. Συγκεντρώσεις ακεταλδεύδης 30-130 mg/L αντιστοιχούν σε πιθανό δεσμευμένο SO<sub>2</sub> 44-190 mg/L.**

**Σε οίνο που δεν έχει ελεύθερο SO<sub>2</sub> μπορεί να υπάρχει απελευθέρωση ιχνών ακεταλδεύδης.**

**Η ελεύθερη αυτή ακεταλδεύδη είναι υπεύθυνη για τον επίπεδο χαρακτήρα του οίνου.**

**Όμως, σε οίνο που περιέχει ελεύθερο SO<sub>2</sub> θεωρείται ότι δεν μπορεί να υπάρχει ελεύθερη ακεταλδεύδη.**

**Η ακεταλδεύδη είναι ενδιάμεσο της αλκοολικής ζύμωσης, και η παραγωγή της σχετίζεται με τη γλυκεροπυροσταφυλική ζύμωση. Κυρίως, εξαρτάται από τα επίπεδα του αερισμού.**

**Η προσθήκη ΔΘ σε ζυμούμενο γλεύκος πρέπει να αποφεύγεται καθόσον το ΔΘ δεσμεύεται από την ακεταλδεύδη και δεν είναι δραστικό.**

**Κετονικά οξέα.** Πυροσταφυλλικό οξύ και α-κετογλουταρικό οξύ είναι δευτερογενή προϊόντα της αλκοολικής ζύμωσης. Οι ενώσεις αυτές μπορούν να δεσμεύουν διαφορετικές συγκεντρώσεις θειώδη ανυδρίτη.

**Ζάχαρα και παράγωγα ζαχάρων.** Λόγω της αλδευδικής/κετονικής ομάδας μπορούν να δεσμεύουν το  $\text{SO}_2$ .

Όμως, η φρουκτόζη και η ζαχαρόζη δεν αντιδρούν.

Η γλυκόζη και η αραβινόζη (βρίσκεται σε χαμηλές συγκεντρώσεις) δεσμεύουν το  $\text{SO}_2$ .

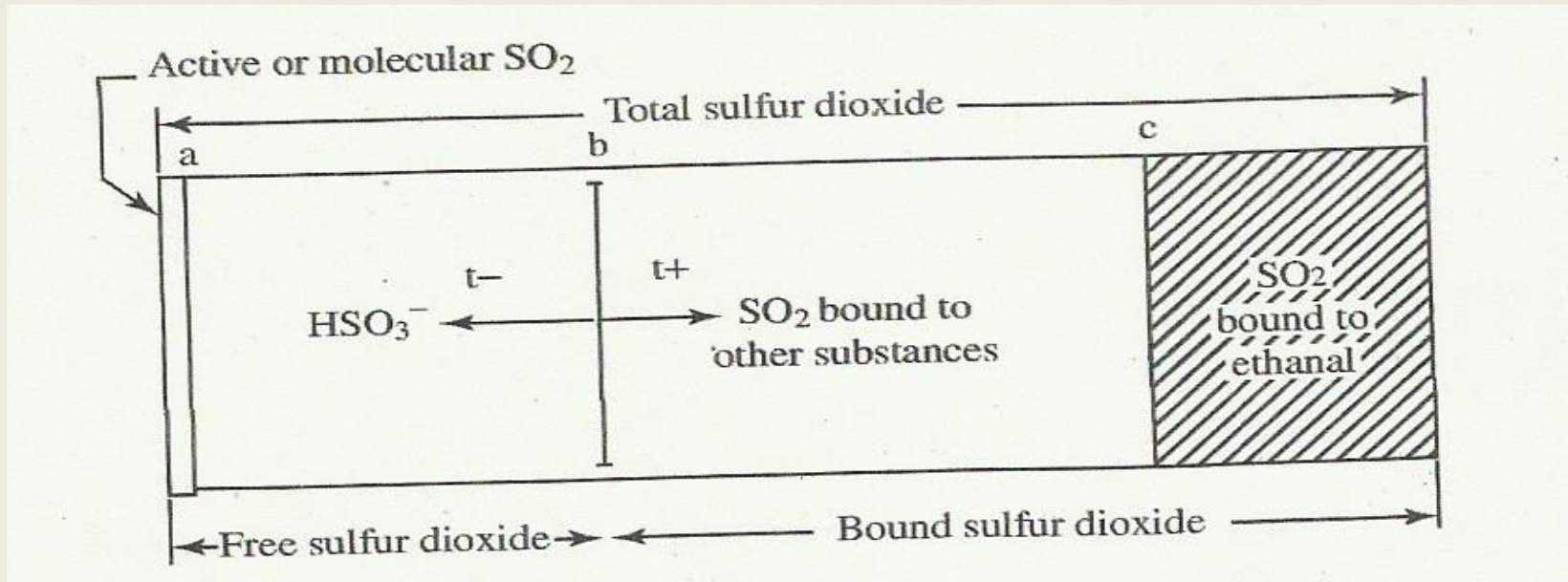
Επίσης, διάφορα παράγωγα ζαχάρων όπως ουρονικά οξέα (γαλακτουρονικό οξύ, γλυκουρονικό οξύ,) και προϊόντα οξείδωσης ζαχάρων (όπως κετο-2-γλυκουρονικό οξύ, δικετο-2,5-γλυκονικό οξύ).

**Δικαρβονυλικές ενώσεις** (υπάρχουν σε υψηλά επίπεδα στα βοτρυδιασμένα σταφύλια) όπως η γλυοξάλη και η μεθυλογλυοξάλη δεσμεύουν το  $\text{SO}_2$ .

Ακόμη, διάφορες άλλες ενώσεις όπως γλυοξυλικό οξύ, οξαλοξικό οξύ, ακετοΐνη, διακετύλιο, διυδροξυακετόνη δεσμεύουν  $\text{SO}_2$  αλλά σε πολύ χαμηλά επίπεδα.

Το δεσμευμένο ΔΘ έχει πολύ λιγότερο σημαντική (ή ασήμαντη) αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δραστηριότητα.

Οι μορφές του ΔΘ που υπάρχουν στον οίνο παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Το δραστικό SO<sub>2</sub> είναι στα αριστερά. Η διαφοροποίησή του από το HSO<sub>3</sub><sup>-</sup> εξαρτάται από το pH. Στα δεξιά είναι το SO<sub>2</sub> που είναι δεσμευμένο με την ακεταλδεύδη. Η δέσμευση αυτή είναι πολύ σταθερή και εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ακεταλδεύδης.

Από την άλλη πλευρά, ο διαχωρισμός μεταξύ ελεύθερου ΔΘ και δεσμευμένου με άλλες ενώσεις δεν είναι σταθερός (προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση) και εξαρτάται από τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση του ελεύθερου SO<sub>2</sub>.

Η μυκητοκτόνα, η βακτηριοκτόνος, η αντιοξειδωτική, η αντιοξειδασική, και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των μορφών του ΔΘ παρουσιάζονται στον πίνακα.

Το SO<sub>2</sub> που είναι δεσμευμένο με ακεταλδεύδη ή πυροσταφυλλικό οξύ φαίνεται να έχει αντιβακτηριακή δράση 5-10 φορές μικρότερη από το ελεύθερο SO<sub>2</sub>, ακόμη και σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες κατά 5-10 φορές.

### Πίνακας. Ιδιότητες μορφών ΔΘ

Ιδιότητα	SO <sub>2</sub>	HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	R-SO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Μυκητοκτόνα	+	μικρή	0
Βακτηριοκτόνα	+	μικρή	μικρή
Αντιοξειδωτική	+	+	0
Αντιοξειδασική	+	+	0
Δυναμικό O/A	+	+	0
Εξουδετέρωση ακεταλδεύδης	+	+	+
Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	δριμεία οσμή γεύση SO <sub>2</sub>	άοσμο πικρή γεύση	άοσμο, άγευστο (σε τυπικές συγκεντρώσεις)

## Χρήση ΔΘ

Στη χρήση του ΔΘ πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αντιδράσεις ισορροπίας. Επίσης, η θερμοκρασία. Αυξανόμενης της θερμοκρασίας αυξάνεται το ελεύθερο  $\text{SO}_2$  και μειώνεται το  $\text{SO}_2$  που δεσμεύεται με άλλες ενώσεις εκτός ακεταλδεύδης (το  $\text{SO}_2$  που δεσμεύεται με την ακεταλδεύδη παραμένει σταθερό).

Στη χρήση του ΔΘ η εμπειρική προσέγγιση είναι σημαντική. Προστίθενται αυξανόμενες συγκεντρώσεις  $\text{SO}_2$  σε δείγματα του ίδιου οίνου.

Πάντως, λίγες ημέρες μετά την προσθήκη του  $\text{SO}_2$  στον οίνο, πρέπει να προσδιορίζεται για να διαπιστωθεί εάν έχει επιτευχθεί η επιθυμητή συγκέντρωση, και εάν έχουν επιτευχθεί οι συνθήκες σταθεροποίησης.

Οι δόσεις ΔΘ στην οινοποίηση είναι :

Ερυθρή οινοποίηση : με υψηλή οξύτητα 5 g/hl οίνου, και με χαμηλή οξύτητα 5-8 g/hl οίνου.

Λευκή οινοποίηση : με υψηλή οξύτητα 5 g/hl οίνου, και χαμηλή οξύτητα 6-8 g/hl οίνου.

Κατά τη διατήρηση η θείωση καταρχήν αφορά την προστασία από την οξείδωση. Το ρίσκο της οξείδωσης σε μεγάλου χρόνου διατήρηση των οίνων υπάρχει στους ερυθρούς όταν έχουν λιγότερο από 5-10 mg/L, και στους λευκούς λιγότερο από 20 mg/L.

Από μικροβιολογική άποψη, με θείωση ξηρών λευκών οίνων πρέπει να αποφεύγεται η ανάπτυξη ζυμών και βακτηρίων.

Οι συνιστώμενες συγκεντρώσεις ελεύθερου ΔΘ είναι οι παρακάτω.

**Πίνακας. Συνιστώμενες συγκεντρώσεις ελεύθερου ΔΘ στους οίνους, mg/L.**

	Ερυθροί οίνοι	Ξηροί λευκοί οίνοι	Γλυκοί λευκοί οίνοι
Διατήρηση	20-30	30-40	40-80
Εμφιάλωση	10-20	20-30	30-50



## **Μορφές χρήσης SO<sub>2</sub>**

**Το ΔΘ είναι διαθέσιμο σε διάφορες μορφές.**

**Ως αέριο, ως υγροποιημένο αέριο, ως διάλυμα, και ως σκόνη.**

**Το αέριο SO<sub>2</sub> σε ατμοσφαιρική πίεση υγροποιείται στους -15 °C ή υπό πίεση 3 bars σε θερμοκρασία δωματίου. Είναι άχρωμο υγρό και υπάρχει σε μεταλλικές μπουτίλιες. Γίνεται άμεση προσθήκη.**

**Για προσθήκη ΔΘ σε μικρότερους όγκους οίνου ή για καλύτερη ενσωμάτωση χρησιμοποιείται διάλυμα 5-8 % σε νερό ή γλεύκος υγροποιημένου αερίου.**

**Συμπυκνωμένο διάλυμα 10 % ή 18-20 % KHSO<sub>3</sub>, επίσης χρησιμοποιούνται. Ακόμη, χρησιμοποιούνται διαλύματα περίπου 10 % σε νερό πυροθειώδους καλίου, που αποδίδει περίπου 50 % SO<sub>2</sub>.**

**Η θείωση βαρελιών γίνεται με καύση ποσότητας θείου μέσα στα βαρέλια, που αποδίδει σχεδόν το διπλάσιο του βάρους του σε SO<sub>2</sub>. Είναι μάλλον η παλαιότερη μορφή χρήσης ΔΘ στην οινολογία. Χρησιμοποιείται για ρύθμιση της συγκέντρωσης του ελεύθερου ΔΘ κατά τη μετάγγιση, και για αποφυγή μικροβιακής μόλυνσης κατά την αποθήκευση άδειων βαρελιών.**

## Υποκατάστατα θειώδη ανυδρίτη / Μείωση θειώδη ανυδρίτη

### Σορβικό οξύ, σορβικό κάλι



Έχει αντιμικροβιακή δράση (μυκητοκτόνα).

Δρα στους μύκητες, ενώ έχει πολύ μικρή δράση στα βακτήρια.  
Πρακτικά δεν έχει δράση στα γαλακτικά και στα οξικά βακτήρια.

Χρησιμοποιείται το σορβικό κάλι που είναι διαλυτό.

Μέγιστο όριο 200 mg/L.

Χρησιμοποιείται σε γλυκά κρασιά για αποφυγή επαναζύμωσης.

Χρησιμοποιείται μαζί με 30-40 mg/L SO<sub>2</sub>  
για προστασία από την οξείδωση και αναστολή βακτηρίων.

## Οκτανοϊκό και δεκανοϊκό οξύ

Έχουν σημαντική μυκητοκτόνα δράση.

Η συνολική τους συγκέντρωση στους οίνους πρέπει να είναι μέχρι 10 mg/L.  
Παράδειγμα 3 mg οκτανοϊκού οξέος και 6 mg δεκανοϊκού οξέος.

Χρησιμοποιούνται στα γλυκά κρασιά μαζί με τον θειώδη ανυδρίτη, και με το συνδυασμό τους χρησιμοποιείται μικρότερη συγκέντρωση θειώδη ανυδρίτη.

Σε γλυκό κρασί 150 mg/L SO<sub>2</sub> + 9 mg/L λιπαρά οξέα φαίνεται να είναι το ίδιο αποτελεσματικά με 250 mg/L SO<sub>2</sub>

## Λυσοζύμη

Έχει αντιμικροβιακή δράση έναντι Gram θετικών βακτηρίων, όπως τα γαλακτικά βακτήρια. Δεν έχει δράση έναντι ζυμών και οξικών βακτηρίων. Μπορεί να έχει εφαρμογή στην αναστολή ή επιβράδυνση της μηλογαλακτικής ζύμωσης, όπως και για μικροβιακή σταθεροποίηση μετά τη μηλογαλακτική ζύμωση.

Πάντως, μαζί με τη χρήση λυσοζύμης (200 mg/L) χρειάζεται και σημαντική συγκέντρωση SO<sub>2</sub> (50 mg/L) για προστασία από την οξείδωση και αναστολή ζυμών και οξικών βακτηρίων.

Έτσι, φαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητη η χρήση της. Όμως, η λυσοζύμη έχει δοκιμαστεί με επιτυχία μαζί με ταννίνη για μείωση του χρησιμοποιούμενου θειώδη ανυδρίτη.

Στην οινοποίηση χρησιμοποιούνται οινολογικές ταννίνες. Έχουν αντιοξειδωτική και αντιμικροβιακή δράση.

## Ασκορβικό οξύ

Τα σταφύλια περιέχουν ασκορβικό οξύ, περίπου 50 mg/L, αλλά γρήγορα εξαφανίζεται κατά τη ζύμωση και τους αρχικούς αερισμούς. Ο οίνος δεν περιέχει ασκορβικό οξύ.

Το ασκορβικό οξύ χρησιμοποιείται στην οινολογία ως αναγωγικό μέσο. Επίσης, έχει προταθεί η αντικατάστασή του με το ισομερές ερυθροβικό οξύ.

Μέγιστη συγκέντρωση προσθήκης του είναι τα 150 mg/L. Η συνιστώμενη προσθήκη του είναι 50-100 mg/L, καθόσον σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις έχει επίδραση στη γεύση του οίνου. Είναι πλήρως υδατοδιαλυτό. Δεν υπάρχουν ενστάσεις όσον αφορά τη χρήση του για λόγους υγείας.

Το ασκορβικό οξύ δρα ως ένα σύστημα οξειδωσης-αναγωγής. Οξειδώνεται με σχηματισμό δευδροασκορβικού οξέος, όπως και δύο ηλεκτρονίων. Αυτά ανάγουν συστατικά του οίνου, ιδιαίτερα τον τρισθενή σίδηρο σε δισθενή. Με τα παραπάνω εξηγείται η παρεμπόδιση του θολώματος σιδήρου, καθόσον οφείλεται στον τρισθενή σίδηρο.

Παρουσία οξυγόνου, η οξείδωση του ασκορβικού οξέος οδηγεί στο σχηματισμό υπεροξειδίου του υδρογόνου, που είναι ισχυρό οξειδωτικό. Η παρουσία επαρκούς ποσότητας ελεύθερου θειώδη ανυδρίτη προστατεύει την οξείδωση συστατικών του οίνου, καθόσον οξειδώνεται το ίδιο από το υπεροξείδιο του υδρογόνου.

Η οξείδωση του ασκορβικού οξέος καταλύεται από σίδηρο και χαλκό. Η αντίδραση είναι γρήγορη και καταναλώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, όταν αυτό δεν είναι σε μεγάλη συγκέντρωση. Γενικά, λόγω της μεγάλης ευαισθησίας του στην οξείδωση είναι αποτελεσματικό σε χαμηλά επίπεδα αερισμού. Παράδειγμα στη φιάλη, ενώ δεν είναι κατάλληλο για διατήρηση μεγάλου χρόνου σε δεξαμενές ή βαρέλια.

Από την άλλη πλευρά, ο θειώδης ανυδρίτης οξειδώνεται άμεσα από το μοριακό οξυγόνο. Έχει επιβραδυντική δράση, που είναι σταθερή που συνεχίζεται στο χρόνο ακόμη και με επακόλουθη οξυγόνωση. Δεν παρεμποδίζει το σχηματισμό θολώματος σιδήρου.

Η χρήση του ασκορβικού οξέος πρέπει να είναι προσεκτική. Ο οίνος πρέπει να περιέχει επαρκείς συγκεντρώσεις θειώδη ανυδρίτη. Εάν δεν υπάρχει, το υπεροξείδιο του υδρογόνου που παράγεται με την οξείδωσή του μπορεί να οξειδώσει συστατικά του οίνου που δεν οξειδώνονται από το μοριακό οξυγόνο.

## Γλουταθειόνη

Η γλουταθειόνη είναι τριπεπτίδιο (γλυκίνη-κυστεΐνη-γλουταμινικό οξύ) που υπάρχει φυσιολογικά στον οίνο.  
Έχει αντιοξειδωτική δράση.

Χρησιμοποιούνται παρασκευάσματα ξηρών αδρανών ζυμών πλούσια σε γλουταθειόνη για προστασία του αρώματος οίνου από την οξείδωση.

Η γλουταθειόνη έχει δοκιμαστεί με επιτυχία μαζί με φαινολικά οξέα (καφεϊκό οξύ, γαλλικό οξύ) για μείωση του χρησιμοποιούμενου θειώδη ανυδρίτη.

## Τεχνολογικές παρεμβάσεις

**Χρήση αερίων :** κλασικά για προστασία από χημική ή μικροβιακή οξείδωση συνιστάται η αποφυγή / περιορισμός επαφής με το οξυγόνο. Έτσι, εφαρμόζεται το απογέμισμα. Επίσης, σε συνδυασμό με απογέμισμα χρησιμοποιούνται εσωτερικά αέρια, τα άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα και αργό. Το άζωτο είναι αυτό που χρησιμοποιείται, ορισμένες φορές μαζί με CO<sub>2</sub> (παράδειγμα 15 % CO<sub>2</sub> + 85 % N<sub>2</sub>). Το αργό χρησιμοποιείται σπάνια.

**Παστερίωση :** χρησιμοποιείται για καταστροφή μικροοργανισμών, στους 45 ή 48 οC. Ο χρησιμοποιούμενος θειώδης ανυδρίτης προστατεύει από την οξείδωση. Εφαρμόζεται σε μέσης ποιότητας οίνους.

**Υπεροξοξείδωση του γλεύκους :** με υπεροξείδωση του γλεύκους, κυρίως με υπεροξυγόνωση αλλά και προσθήκη ενζύμου, και επακόλουθη καταβύθιση και απομάκρυνση των προϊόντων της οξείδωσης μπορεί να παραχθεί οίνος σταθερός στην οξείδωση. Μάλιστα έχει δοκιμαστεί με επιτυχία με μείωση του χρησιμοποιούμενου θειώδη ανυδρίτη. Πάντως, η εφαρμογή περιορίζεται σε επιτραπέζια μέσης ποιότητας κρασιά.