

**Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

---

## **ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ**

**Ενότητα 3<sup>η</sup>: Σύσταση και Χημεία Γλευκών και Οίνων II**

**Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC***

*Αναπληρωτής Καθηγητής*



Τμήμα Επιστήμης  
Τροφίμων & Διατροφής  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



© 2022 - 2023

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Τερπένια

Τα τερπένια συνήθως ανευρίσκονται σε συγκεντρώσεις χαμηλότερες του 1 mg/L, και αφθονούν περισσότερο στις αρωματικές μοσχάτες ποικιλίες. Αυτές οι ουσίες αποτελούν το πρωτογενές άρωμα των οίνων και είναι εν πολλοίς υπεύθυνες για τον ποικιλιακό χαρακτήρα.

Τα τερπένια υπάρχουν ως ελεύθερες ουσίες ή γλυκοζιλιωμένα παράγωγα. Η ελεύθερες μορφές είναι πτητικές και υπεύθυνες για το άρωμα που επιδεικνύουν τα σταφύλια και τα γλεύκη, ενώ αντιθέτως οι τερπενικοί γλυκοζίτες είναι μη-πτητικοί και αποτελούν το «κρυμμένο άρωμα» (hidden aroma) των σταφυλιών.

Τα τερπένια κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με τον αριθμό των μονάδων ισοπρενίου που περιέχουν. Έτσι, τα τερπένια ταξινομούνται ως μονοτερπένια (2 μονάδες ισοπρενίου) σεσκιτερπένια (3 μονάδες), διτερπένια (4 μονάδες), τριτερπένια (6 μονάδες), και πολυτερπένια ( $n$  μονάδες ισοπρενίου).

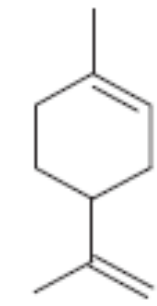
Περίπου 70 τερπένια έχουν ταυτοποιηθεί στα σταφύλια και τους οίνους. Αν και τα περισσότερα είναι μονοτερπένια, έχουν βρεθεί και μερικά σεσκιτερπένια, μαζί με τις ανάλογες αλκοόλες και αλδεΐδες, οι οποίες έχουν αρωματικό ενδιαφέρον.

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

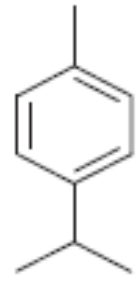
### Τερπένια

Μπορούν να διακριθούν οι παρακάτω ομάδες τερπενίων:

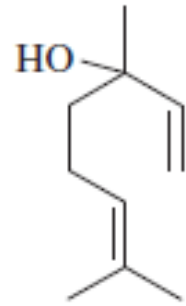
- Μονοτερπενικοί υδρογονάνθρακες, οι οποίοι δεν είναι ιδιαίτερα αρωματικοί και περιλαμβάνουν το λιμονένιο και το π-κιμένιο.
- Μονοτερπενικές αλκοόλες, οι οποίες είναι γενικά πιο αρωματικές και έχουν χαρακτηριστικά αρώματα άνθεων που ομοιάζουν τριαντάφυλλο, χαμομήλι, λεβάντα, αλλά και μέλι. Αυτές περιλαμβάνουν την α-τερπινεόλη, την λιναλοόλη, την νερόλη την γερανιόλη, κ.α. Οι πιο αρωματικές είναι η κιτρονελόλη και η λιναλοόλη.
- Σεσκιτερπενικές αλκοόλες, όπως η φαρνεσόλη, που συνεισφέρουν σε τόνους τριαντάφυλλου και ελαίου.
- Αλδεΐδες, όπως η γερανιάλη και η κιτρονελάλη, που είναι πολύ αρωματικές αλλά πιο «επιθετικές» από τις αντίστοιχες αλκοόλες. Τα αρώματά τους ομοιάζουν αυτά του λεμονιού και των εσπεριδοειδών.



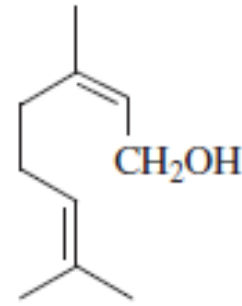
Limonene



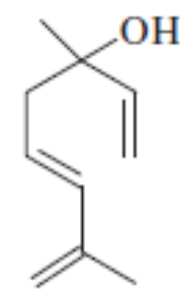
*p*-Cymene



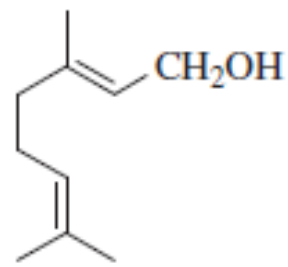
Linalool



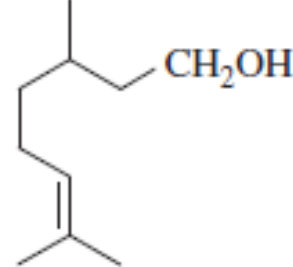
Nerol



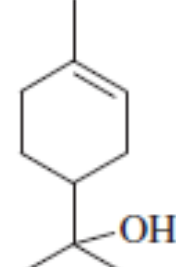
Hotrienol



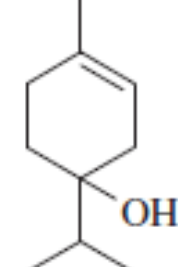
Geraniol



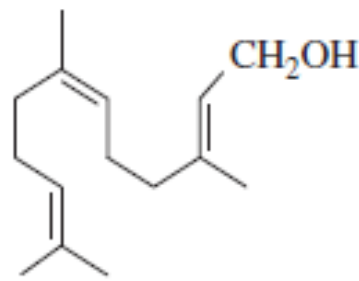
$\beta$ -Citronellol



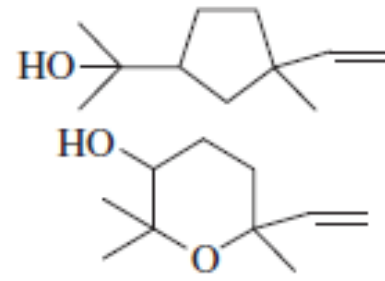
$\alpha$ -Terpineol



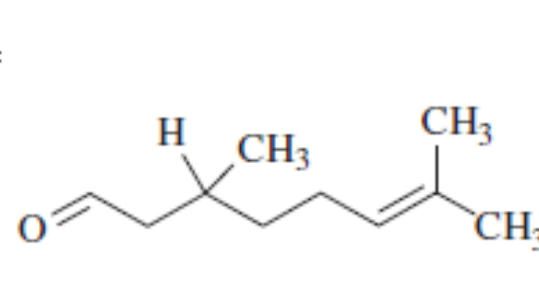
Terpinen-4-ol



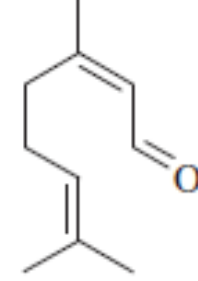
Farnesol



Linalool oxides



Citronellal



Geranial

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Τερπένια

Η συσχέτιση της συγκέντρωσης των μονοτερπενίων με τα αρωματικά χαρακτηριστικά των σταφυλιών δίνεται στην παρακάτω κατηγοριοποίηση:

1. Ποικιλίες με έντονο αρωματικό χαρακτήρα, όπως οι μοσχάτες, έχουν συγκέντρωση ολικών ελεύθερων και γλυκοζυλιωμένων τερπενίων μεταξύ 4 και 6 mg/L. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει το Μοσχάτο Αλεξανδρίας, το Μοσχάτο Σάμου, το Μοσχάτο Λήμνου κτλ.
2. Εξαιρετικά αρωματικές, μη-μοσχάτες ποικιλίες έχουν συγκέντρωση ολικών μονοτερπενίων μεταξύ 1 και 4 mg/L. Παραδείγματα αποτελούν η Riesling, η Sylvaner, και η Gewürztraminer.
3. Αρωματικές ποικιλίες με συγκέντρωση ολικών τερπενίων  $< 1$  mg/L. Αυτές περιλαμβάνουν το Cabernet Sauvignon, το Chardonnay, το Merlot κτλ.
4. Ουδέτερες ποικιλίες, που έχουν συγκέντρωση ολικών τερπενίων  $\ll 1$  mg/L και τα αρωματικά χαρακτηριστικά τους δεν εξαρτώνται από τα μονοτερπένια που περιέχουν.

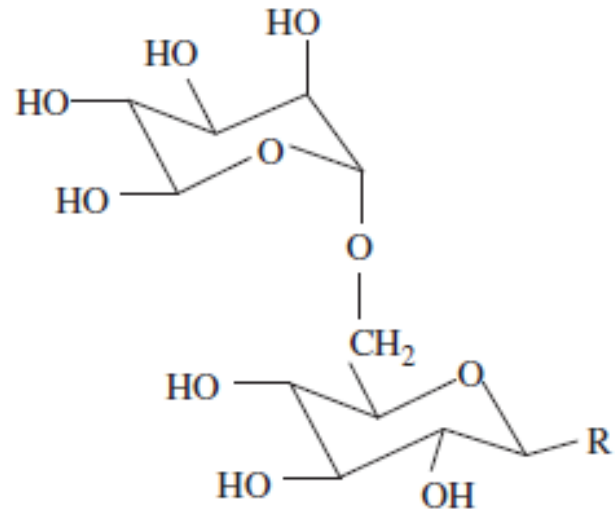
## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Τερπένια

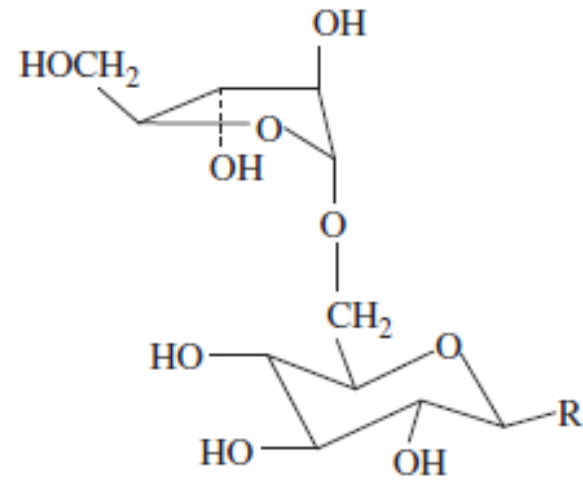
Η περιεκτικότητα των τερπενίων αυξάνει κατά την διάρκεια της ωρίμανσης, και τα ώριμα σταφύλια μπορεί να περιέχουν 5 - 6 φορές υψηλότερη περιεκτικότητα. Τα ελεύθερα τερπένια, και περισσότερο οι γλυκοζίτες, αυξάνουν σημαντικά μετά τον περκασμό.

Υπάρχει άνιση κατανομή των ελεύθερων τερπενίων στον φλοιό και την σάρκα των μοσχάτων ποικιλιών. Περίπου το 46% της συγκέντρωσης των ολικών τερπενίων βρίσκεται στον φλοιό του σταφυλιού. Συνεπώς, η ελεγχόμενη επαφή με τα στέμφυλα ευνοεί τον εμπλουτισμό του γλεύκους σε γλυκοζίτες τερπενίων.

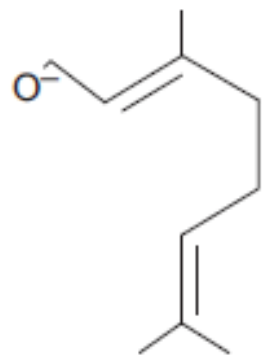
Τα γλυκοζυλιωμένα τερπένια αποτελούν το λεγόμενο «κρυμμένο άρωμα» των σταφυλιών. Το αρωματικό τους δυναμικό εκφράζεται κατόπιν ενζυμικής υδρόλυσης. Οι πλέον κοινοί γλυκοζίτες είναι με γλυκόζη, αλλά και δισακχαρίτες, όπως ρουτινόζη.



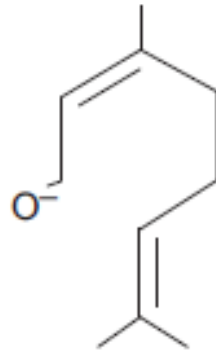
6-*o*- $\alpha$ -L-Rhamnopyranoside- $\beta$ -D-glucopyranoside



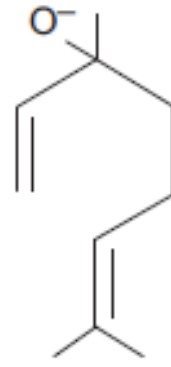
6-*o*- $\alpha$ -L-Arabinofuranosyl- $\beta$ -D-glucopyranoside



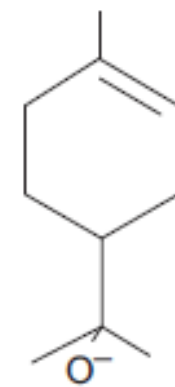
Geranyl



Neryl



Linalyl

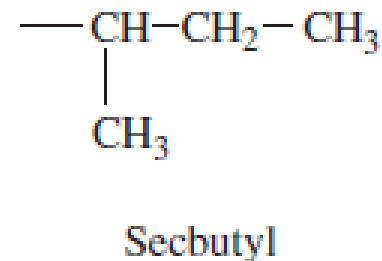
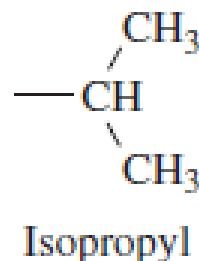
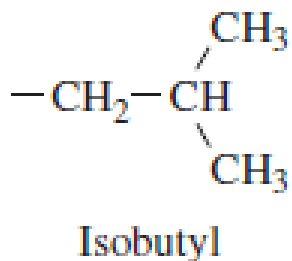
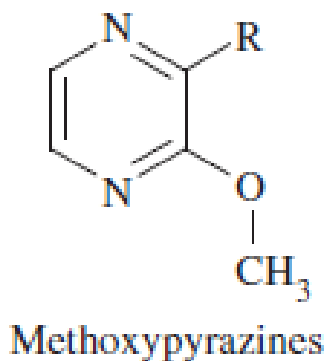


$\alpha$ -Terpenyl

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Πυραζίνες

Οίνοι από ποικιλίες όπως το Cabernet Sauvignon, το Sauvignon Blanc, και το Merlot, εμφανίζουν συχνά αρώματα που χαρακτηρίζονται ως “χορτώδη” ή “πράσινα”. Αυτό αποδίδεται στις μεθοξυπυραζίνες. Οι μεθοξυπυραζίνες είναι αζωτούχες ουσίες με τις παρακάτω δομές:



Ουσιαστικά, 3 μεθοξυπυραζίνες έχουν αναγνωρισθεί: Η 2-methoxy-3-isobutylpyrazine, η 2-methoxy-3-isopropylpyrazine, και η 2-methoxy-3-secbutylpyrazine.

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Πυραζίνες

Η πλέον άφθονη μεθοξυπυραζίνη είναι η *isobutylmethoxy*pyrazine, η οποία έχει πολύ χαμηλό κατώφλι αντίληψης (2 ng/L). Η *sec butyl*pyrazine έχει ακόμη χαμηλότερο (1 ng/L). Επειδή η συγκέντρωσή τους στους οίνους είναι εξαιρετικά χαμηλή (μερικά ng/L), είναι πολύ δύσκολος ο προσδιορισμός τους.

Η συγκέντρωση των πυραζινών στα σταφύλια γενικά μειώνεται μεταξύ του περκασμού και ωριμότητας, και υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρούνται όταν κατά την ωρίμανση επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες και περιορισμένη ηλιοφάνεια.

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

### Μερκαπτάνες

Θειούχες ουσίες που φέρουν ομάδα θειόλης (-SH, μερκαπτάνες) συνήθως συνδέονται με αρωματικά ελαττώματα, αλλά έχουν συνεισφορά στην εμφάνιση φρουτώδων αρωμάτων, όπως grapefruit, ακτινίδιο, και guava.

Η σημαντικότερη μερκαπτάνη είναι η 4-mercapto-4-methylpentan-2-one, η συγκέντρωση της οποίας ανέρχεται περίπου σε 40 ng/L, και έχει κατώφλι αντίληψης 0.8 ng/L. Αυτή η ουσία θεωρείται ότι έχει σημαντική συνεισφορά στο άρωμα ορισμένων οίνων.

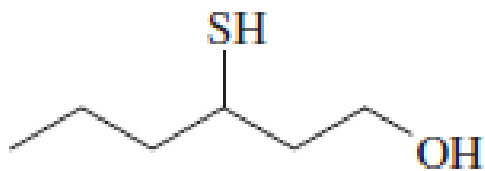
Άλλες θειόλες είναι η 3-mercaptohexan-1-ol και ο οξικός εστέρας της, η 4-mercapto-4-methylpentan-1-ol και η 3-mercapto-3-methylbutan-1-ol. Λόγω του κατωφλίου αντίληψης και των συγκεντρώσεων που έχουν προσδιοριστεί, μόνο οι δύο πρώτες θεωρούνται σημαντικές στην διαμόρφωση του αρωματικού προφίλ.

## 7. Αρωματικές ενώσεις γλευκών και οίνων

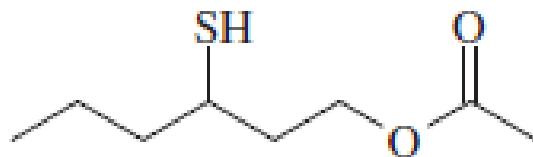
### Μερκαπτάνες

Αν και διάφορες μερκαπτάνες έχουν βρεθεί σε οίνους που παράγονται από Gewürztraminer, Merlot, Chenin Blanc, και Sauvignon, δεν ενιχνεύονται στα γλεύκη. Αυτό συμβαίνει επειδή βρίσκονται υπό την μορφή πρόδρομων ενώσεων (μη-πτητικών), ενωμένες με το αμινοξύ κυστεΐνη (S-conjugates).

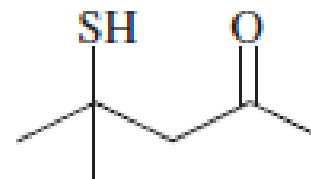
Οι αντίστοιχες πτητικές (και επομένων αρωματικές) ενώσεις απελευθερώνονται κατά την διάρκεια της ζύμωσης. Το στέλεχος του ζυμομύκητα παίζει σημαντικό ρόλο σ' αυτήν την διαδικασία, αλλά δεν έχει διαλευκανθεί πλήρως ο μηχανισμός.



3-Mercaptohexan-1-ol



3-Mercaptohexan-1-ol acetate



4-Mercapto-4-methyl-pentan-2-one

## Βιβλιογραφία

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