

Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΟΙΝΟΛΟΓΙΑ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΑΛΚΟΟΛΟΥΧΩΝ ΠΟΤΩΝ

Ενότητα 1^η: Ωρίμανση σταφυλιών – Τεχνολογική ωριμότητα

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής



© 2022 - 2023

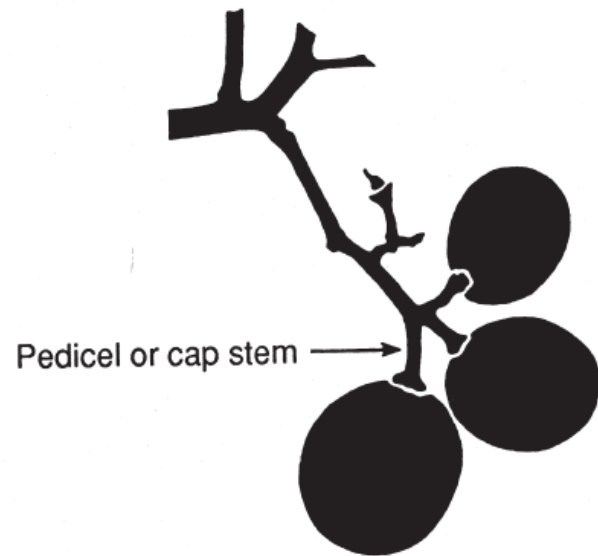
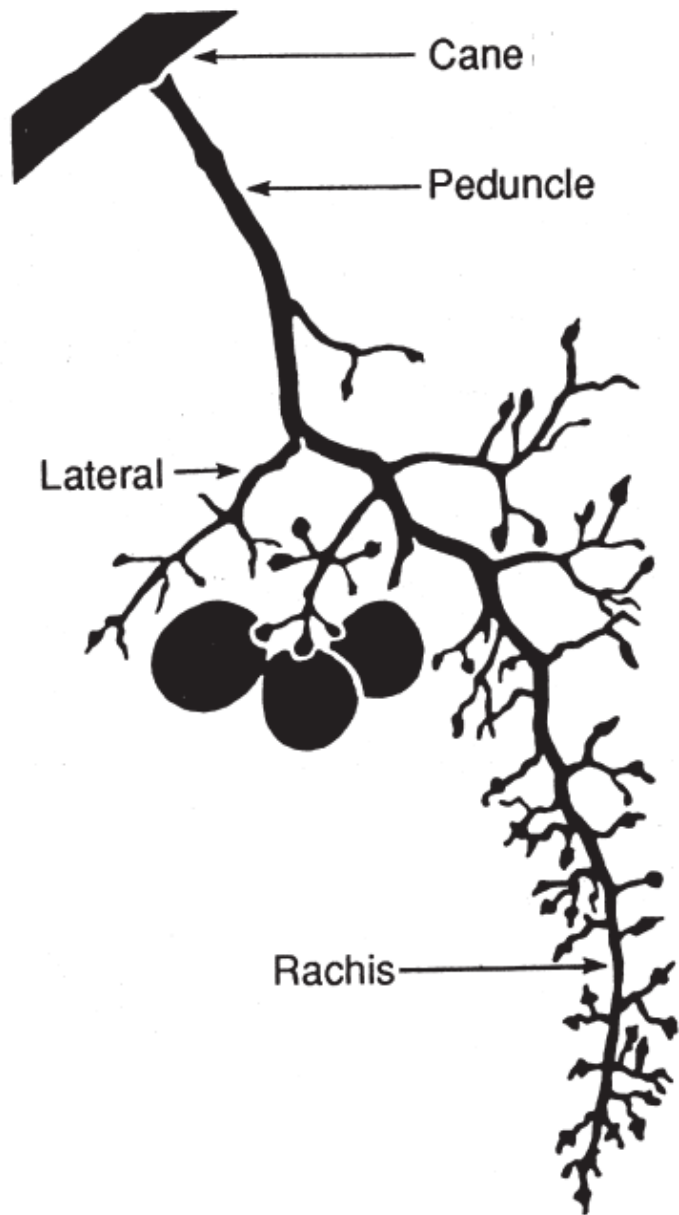
1. Δομή & ανατομία ράγας – Χημική σύσταση

Οι σχετικές αναλογίες του φλοιού, της σάρκας και των γιγάρτων στον καρπό του σταφυλιού μπορεί να κυμαίνονται σημαντικά, όχι μόνο ανάμεσα σε διαφορετικές ποικιλίες ή σε διαφορετικά στάδια ωρίμανσης, αλλά ακόμα και σε σχέση με την θέση μιας ράγας στον ίδιο βότρυ.

Για παράδειγμα, στο Cabernet Sauvignon, οι μέσες τιμές σ' έναν ώριμο καρπό είναι περίπου 15, 80, και 5% για τον φλοιό, την σάρκα και τα γίγαρτα, αντίστοιχα.

Ο φλοιός του σταφυλιού αποτελείται από δύο ανατομικώς διακριτές περιοχές, την εξώτερη επιδερμίδα και την εσωτερη υποδερμίδα. Η τελευταία αποτελείται από αρκετά στρώματα. Οι εσωτερικοί σαρκώδεις ιστοί (μεσόφυλλο) της ράγας μπορεί επίσης να υποδιαιρούνται σε περιοχές (εσωτερική – εξωτερική).

Μετά τον περκασμό (véraison), παρατηρείται στα πλαστίδια απώλεια χλωροφύλλης και αμύλου, και συσσώρευση ελαιοσταγονιδίων. Εκεί είναι και η κύρια περιοχή σύνθεσης και αποθήκευσης τερπενοειδών και νορϊσοπρενοειδών, η δημιουργία των οποίων σχετίζεται με τον μεταβολισμό των καροτενοειδών.



Common grape cluster shapes



short conical



conical, shouldered



long conical



cylindrical



cylindrical, winged



winged,
double cluster

Grape berry shapes



spherical (round)



oblate



ellipsoidal



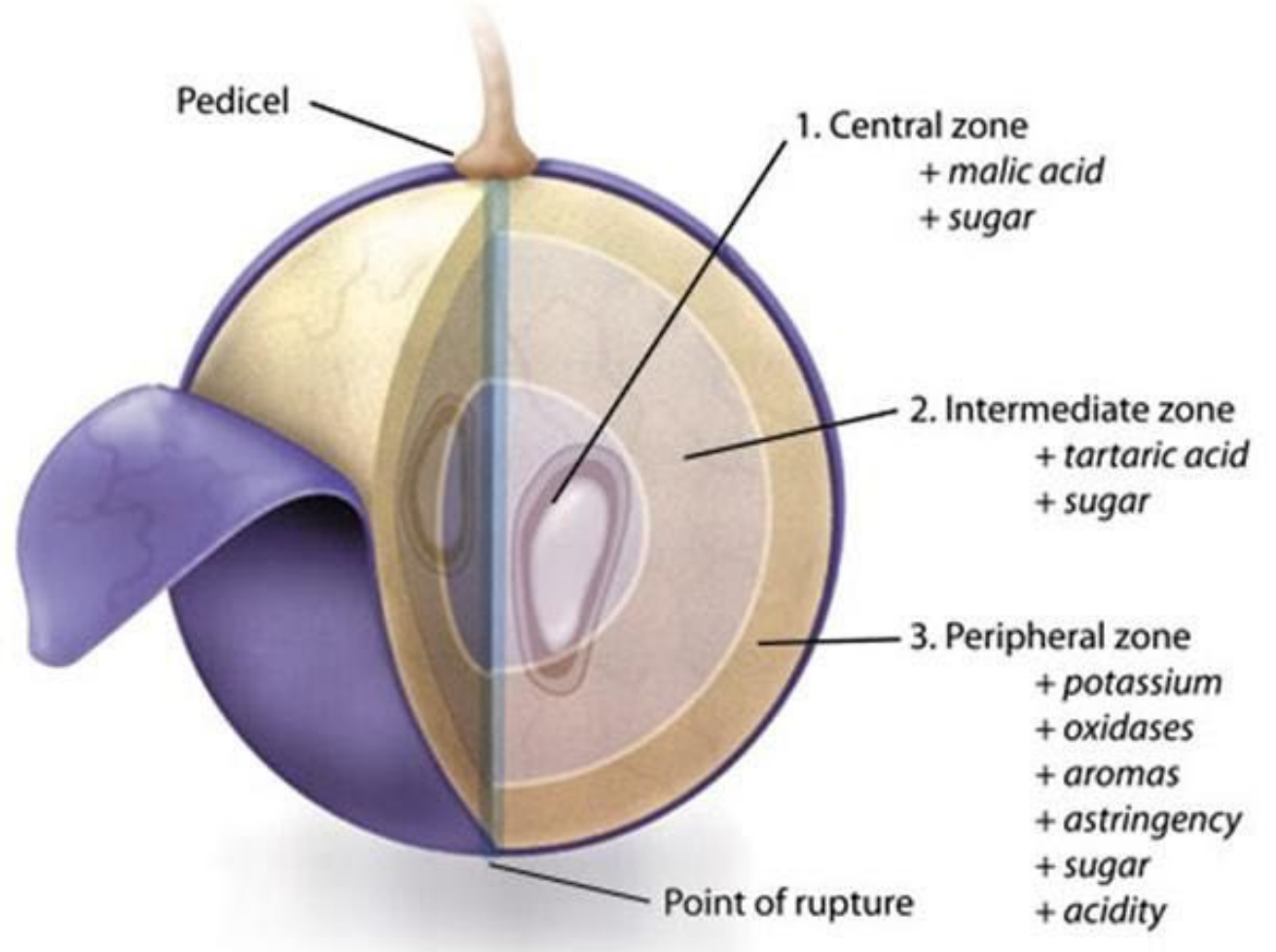
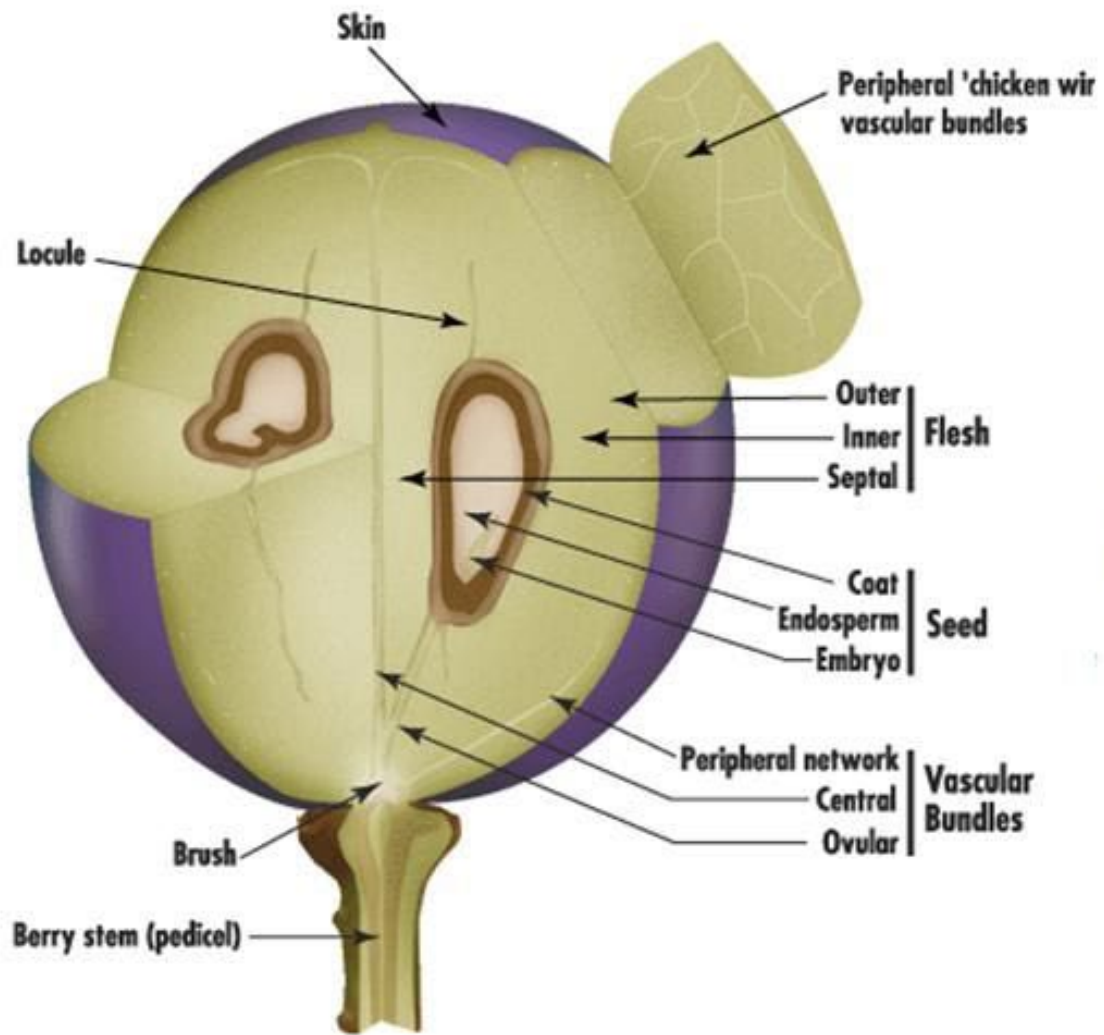
obovoid



ellipsoidal elongated



ovoid (oval)



2. Ανάπτυξη και εξέλιξη σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

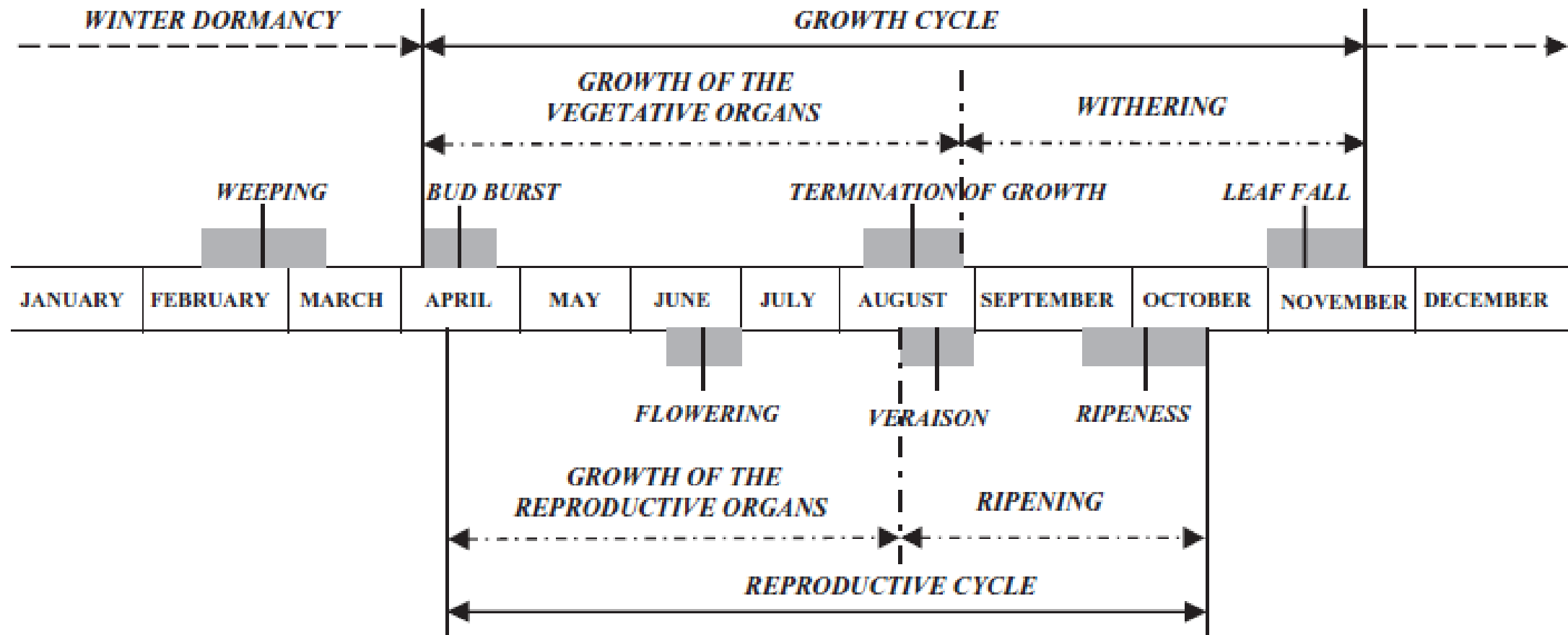
Η ανάπτυξη του σταφυλιού επιδεικνύει μια διπλή σιγμοειδή καμπύλη ανάπτυξης, αλλά υπάρχουν διακυμάνσεις ανάμεσα σε διάφορες ποικιλίες.

Στο στάδιο I, η ράγα επιδεικνύει ταχεία κυτταρική διαίρεση, που συνδέεται με κυτταρική μεγέθυνση και την ανάπτυξη του ενδοσπερμίου. Αυτή η φάση διαρκεί συνήθως από 6 εβδομάδες έως 2 μήνες.

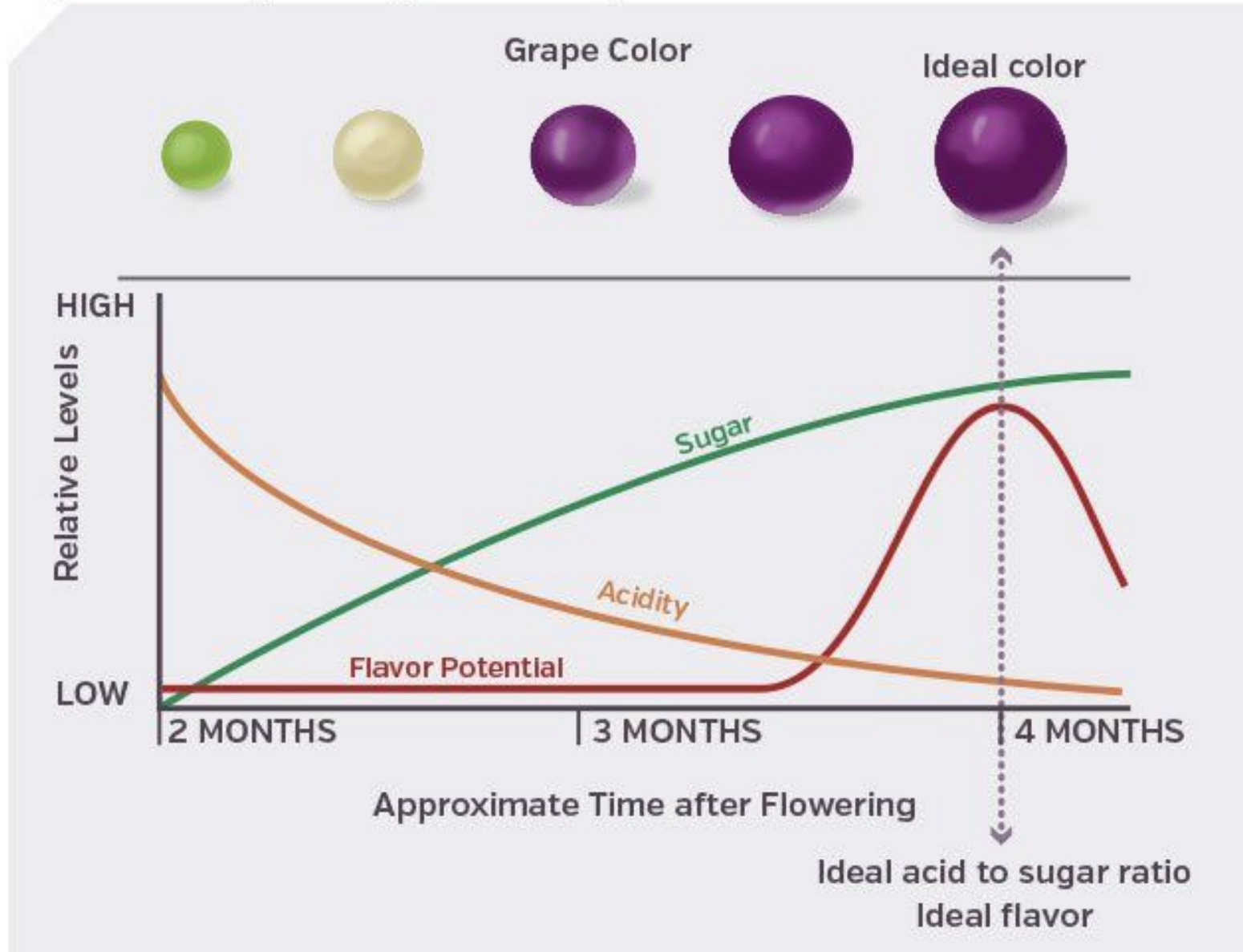
Το στάδιο II είναι μια μεταβατική περίοδος κατά την οποία επιβραδύνεται η ανάπτυξη, αναπτύσσεται το έμβρυο και σκληραίνει το περίβλημα των γιγάρτων. Το στάδιο II παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση στην διάρκεια (1–6 εβδομάδες), και καθορίζει τον πρώιμο ή όψιμο χαρακτήρα μιας ποικιλίας.

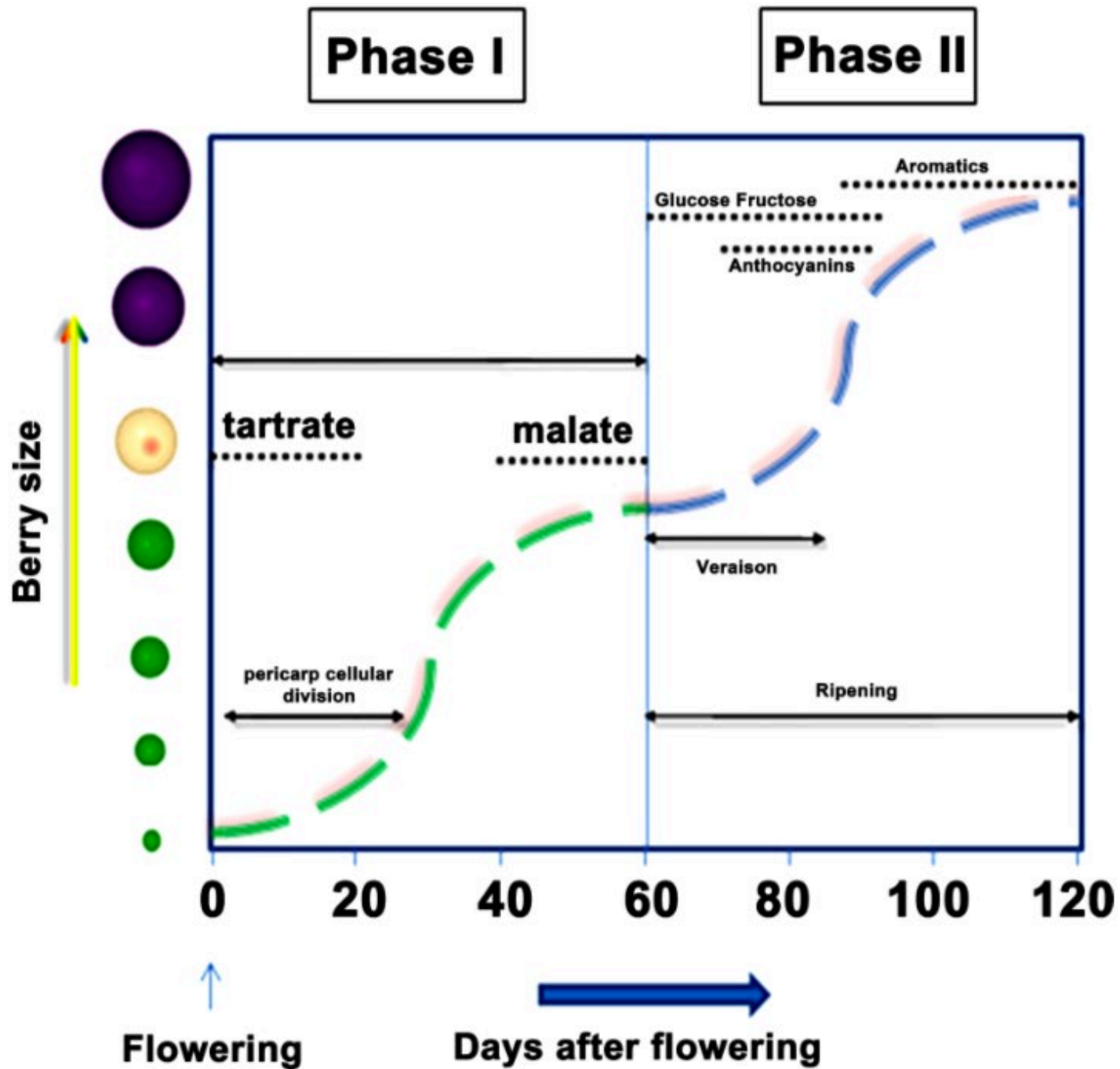
Οι διαφορές μεταξύ μιας πρώιμης και μιας όψιμης ποικιλίας μπορεί να είναι 1.5 μήνας, στην ίδια περιοχή. Στο τέλος του σταδίου II, η ράγα αρχίζει να χάνει το πράσινο χρώμα. Αυτό το σημείο καμπής, που ονομάζεται περκασμός (véraison), σηματοδοτεί την έναρξη μιας θεμελιώδους φυσιολογικής μεταβολής που ολοκληρώνεται με την ωριμότητα της ράγας (στάδιο III).

Το στάδιο III σχετίζεται με την ωρίμανση των γιγάρτων, και την τελική μεγέθυνση της ράγας. Η ωρίμανση συνδέεται με το μαλάκωμα των ιστών, μείωση της οξύτητας, συσσώρευση σακχάρων, σύνθεση ανθοκυανινών (στις ερυθρές ποικιλίες), και το βασικό στάδιο απόκτησης αρώματος.



Optimal Ripening of a Grape





2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Τα σταφύλια είναι σαρκώδεις μικροί καρποί. Το σχήμα τους μπορεί να κυμαίνεται σημαντικά μεταξύ ποικιλιών, αλλά παρουσιάζει συνέπεια για μια δεδομένη ποικιλία. Οι ράγες μπορεί να είναι σφαιρικές, επιμήκεις, ελλειψοειδείς, ωοειδείς κτλ.

Πριν τον περκασμό είναι πράσινες, περιέχουν χλωροφύλλη και μπορούν να πραγματοποιήσουν φωτοσύνθεση. Μετά τον περκασμό, οι ράγες των λευκών ποικιλιών λαμβάνουν ένα κιτρινωπό χρώμα, ενώ αυτές των ερυθρών ποικιλιών ένα κοκκινωπό-ιώδες χρώμα.

Τα σταφύλια είναι πάντα πολύ σκληρά μέχρι τον περκασμό. Το μέγεθος των ραγών εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως, κυρίως, το έδαφος, τις καλλιεργητικές τεχνικές, την ανάπτυξη των γιγάρτων, και τον αριθμό των ραγών ανά βότρυ.

Η εξωτερική επιφάνεια του φλοιού στις ποικιλίες *V. vinifera* είναι λεπτή και καλύπτεται από κηρώδεις ουσίες. Αυτό το στρώμα είναι πολύ σημαντικό, μιας και συμβάλλει στον εγκλωβισμό μικροοργανισμών από την ατμόσφαιρα. Οι κυριότεροι από αυτούς είναι οι ζυμομήκυτες, στους οποίους οφείλεται η αυθόρμητη ζύμωση του γλεύκους.

Οι κηρώδεις ουσίες δημιουργούν επίσης ένα αδιαπέραστο στρώμα που παρεμποδίζει την εξάτμιση και απώλεια υγρασίας από το εσωτερικό των ραγών.

2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Σύσταση βοστρύχων

Η χημική σύσταση των βοστρύχων είναι παρόμοια μ' αυτή των φύλλων και των ελίκων, αν και είναι ιδιαίτερα πλούσιοι σε πολυφαινόλες. Οι βόστρυχοι έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα, μέτρια περιεκτικότητα σε οργανικά άλατα, λόγω της αφθονίας μετάλλων, και $\text{pH} > 4$. Γι' αυτό, η προσθήκη βοστρύχων κατά το στάδιο της εκχύλισης σε μια ερυθρή οινοποίηση οδηγεί στην μείωση της οξύτητας και στην ήπια αύξηση pH .

Το κύριο μεταλλικό στοιχείο των βοστρύχων είναι το κάλιο, συνοδευόμενο από ασβέστιο και μαγνήσιο, και ακολουθούν το νάτριο, ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος σε σημαντικά χαμηλότερες αναλογίες.

Οι βόστρυχοι είναι πλούσιοι σε πολυφαινολικές ενώσεις (κυρίως στις ερυθρές ποικιλίες), και συμβάλλουν στην αύξηση της συγκέντρωσης των πολυφαινολών στους οίνους, αν χρησιμοποιηθούν κατά την διάρκεια της οινοποίησης. Εντούτοις, οι πολυφαινόλες των βοστρύχων προσδίδουν πικρή γεύση, και γι' αυτό η εκτεταμένη χρήση τους δεν ενδείκνυται.

Αν και οι βόστρυχοι αποτελούν περίπου μόνο το 4.5% του βάρους ενός βότρου, συνεισφέρουν περίπου το 20% των ολικών πολυφαινολών, το μεγαλύτερο μέρος των οποίων αποτελείται από φλαβανόλες και παράγωγα αυτών (συμπυκνωμένες ταννινές).

Chemical Composition of the Stalk
(Milliequivalents per kg of Stalk)

Sugars (g/kg)	< 10
pH	4.1 – 4.5
Free acids	60 – 90
Acid salts	102 – 140
Tartaric acid	30 – 90
Malic acid	80 – 150
Citric acid	4 – 10
Total anions	170 – 183
Total cations	160 – 205
Soluble polyphenols (g/kg)	5.4 – 15.2



2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Σύσταση γιγάρτων

Τα εξώτερα στρώματα (ξυλώδη τμήματα) των γιγάρτων είναι πλούσια σε τανίνες, και περιέχουν μεταξύ 22% και 56% των ολικών πολυφαινόλων του σταφυλιού (67% έως 86% προανθοκυανιδίνες).

Το ενδοσπέρμιο περιέχει ένα λιπιδικό κλάσμα που αποτελείται κατά μέσο όρο από 50% λινολεϊκό οξύ, 30% ολεϊκό οξύ, 10% κορεσμένα λιπαρά οξέα και 1% μη-σαπωνοποιήσιμο υπόλειμμα.

Οι ουσίες που περιέχονται στο περίβλημα των γιγάρτων είναι επωφελείς για την οινοποίηση (πολυφαινόλες, αζωτούχες ενώσεις, φωσφορικά), αλλά το έλαιο στο εσωτερικό των γιγάρτων έχει αρνητική επίδραση στην ποιότητα των παραγόμενων οίνων.

Συνεπώς, η διάρρηξη των γιγάρτων κατά την σύνθλιψη των ραγών πρέπει ν' αποφεύγεται.

Chemical Composition of the Seeds (Percentage of the Total Mass)

Water	25 – 45
Sugars	34 – 36
Oils	13 – 20
Tannins	4 – 6
Nitrogenous compounds	4 – 6.5
Minerals	2 – 4
Free fatty acids	1



2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Σύσταση φλοιού

Ο φλοιός (skin) των σταφυλιών διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην οινοποίηση, μιας και καθορίζει τον τύπο (λευκός, ερυθρός) του οίνου που θα παραχθεί. Οι φλοιοί περιέχουν τις περισσότερες ουσίες που διαμορφώνουν το χρώμα και το άρωμα των σταφυλιών, και κατ' επέκταση και των παραγόμενων γλευκών και οίνων.

Η κηρώδης επίστρωση (bloom) πάνω στον φλοιό αποτελείται κατά τα 2/3 από ολεανοϊκό οξύ και το υπόλοιπο αποτελείται από διάφορες ουσίες, όπως αλκοόλες, εστέρες, λιπαρά οξέα κτλ. Οι φλοιοί περιέχουν αξιοσημείωτες ποσότητες μηλικού οξέος, του οποίου η περιεκτικότητα μειώνεται κατά την ωρίμανση. Έτσι, οι φλοιοί των ώριμων σταφυλιών περιέχουν κυρίως τρυγικό οξύ, ακολουθούμενο από μηλικό και κιτρικό.

Οι πλέον χαρακτηριστικές ενώσεις των φλοιών των ώριμων σταφυλιών είναι οι κίτρινες και ερυθρές χρωστικές, καθώς και οι αρωματικές ουσίες. Το τυπικό χρώμα της κάθε ποικιλίας αρχίζει να εμφανίζεται κατά τον περκασμό και κορυφώνεται όταν τα σταφύλια ωριμάζουν.

Οι περιεκτικότητες των πολυφαινολικών ουσιών στους φλοιούς παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις και εξαρτώνται κυρίως από την ποικιλία.

2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Σύσταση φλοιού

Οι φλοιοί περιέχουν 12 - 61% των ολικών πολυφαινολών του καρπού, 14 - 50% τανίνες, και σχεδόν το σύνολο των ανθοκυανινών στις ερυθρές ποικιλίες.

Είναι επίσης πλούσιοι σε κυτταρίνη, αδιάλυτες πηκτίνες και πρωτεΐνες. Η χλωροφύλλη, οι ξανθοφύλλες και τα καροτενοειδή υπάρχουν σε σημαντικές ποσότητες όταν η ράγα είναι πράσινη, αλλά η περιεκτικότητά τους μειώνεται καθώς τα σταφύλια ωριμάζουν.

Η σύσταση σε μεταλλικά στοιχεία είναι ίδια με αυτή των βοστρύχων, με το κάλιο να αποτελεί περισσότερο από το 30% της συνολικής περιεκτικότητας σε μέταλλα.

Chemical Composition of the Skin
(Milliequivalents per 100 g of Skin)

Sugars (g/ 1000 berries)	0.7 – 3
pH	3.8 – 4.3
Free acids	55 – 94
Acid salts	65 – 148
Tartaric acid	64 – 99
Malic acid	40 – 132
Citric acid	3 – 9
Total anions	123 – 240
Total cations	120 – 242
Soluble polyphenols (g/kg)	26 – 68



2. Ανάπτυξη και εξέλιξη των σταφυλιών – Μεταβολές σύστασης

Σύσταση σάρκας

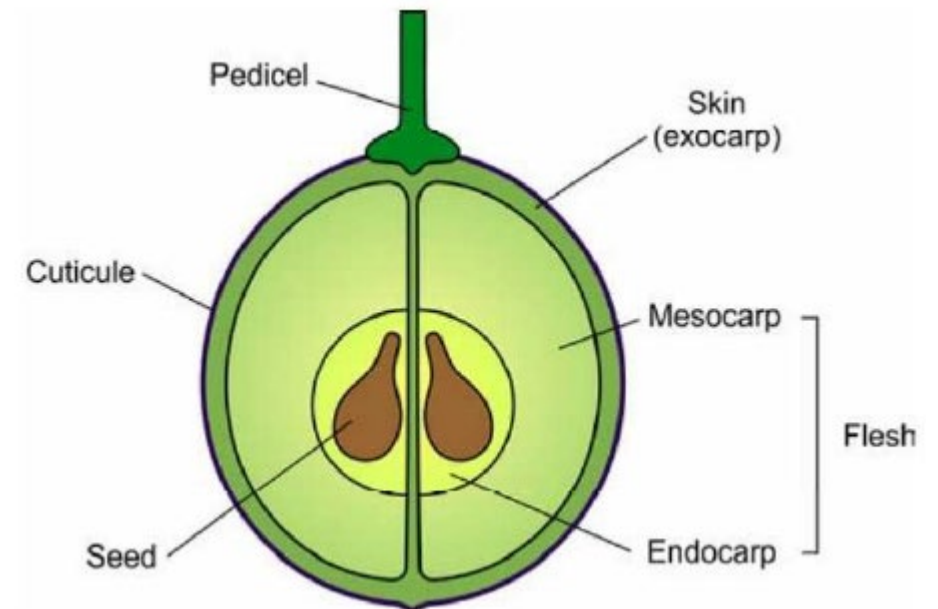
Η σάρκα (pulp) περιέχει τις ουσίες που δεσπόζουν στο γλεύκος. Τα σάκχαρα στην σάρκα είναι κυρίως γλυκόζη και φρουκτόζη. Κατά τον περκασμό, η περιεκτικότητα της γλυκόζης είναι διπλάσια της φρουκτόζης, ενώ στα ώριμα σταφύλια τα δύο σάκχαρα περιέχονται σε ίση αναλογία.

Η σακχαρόζη περιέχεται στα σταφύλια μόνο σε ίχνη, γιατί, αν και είναι ο κύριος υδατάνθρακας που συνθέτουν τα φύλλα, υδρολύεται κατά την μεταφορά της στην ράγα.

Τα σάκχαρα δεν κατανέμονται ομοιόμορφα στην ράγα. Η μεγαλύτερη περιεκτικότητα βρίσκεται στο μέρος απέναντι από τον ποδίσκο και στα στρώματα μεταξύ του φλοιού και των γιγάρτων. Αυτό συνεπάγεται ότι, κατά την πίεση, το γλεύκος εκροής είναι πλουσιότερο σε σάκχαρα απ' ό τι το γλεύκος πίεσης.

Chemical Composition of the Pulp
(Milliequivalents per kg of Pulp)

Sugars (g/kg)	180 – 240
pH	3.2 – 4.0
Free acids	98 – 125
Acid salts	43 – 58
Tartaric acid	45 – 90
Malic acid	70 – 90
Citric acid	1.5 – 2.9
Total anions	130 – 170
Total cations	150 – 170



Physical and Chemical Composition of Different Fractions of Grape Berries
(Percentage Fresh Weight)

Components	Fractions of the Grape Cluster			
	Stalk	Berry		
	3–6	Skin	Seeds	Pulp
Cluster % Weight		7–12	0–6	83–91
pH	4–4.5	3.8–4.3		3–4.5
Water	78–80	78–80	25–45	70–85
Sugars	0.5–1.5		34–36	14–26
Organic acids	0.5–1.6	0.8–1.6		0.6–2.7
Lipids			13–20	
Free fatty acids			1	
Polysaccharides				0.3–0.5
Polyphenols				0.05
Anthocyanins		0–0.5		
Tannins	2–7	0.4–3	4–10	
Aromatic substances		<< 1		< 0.01
Waxes		< 1		
Minerals	2–2.5	1.5–2	2–4	0.08–0.28
Nitrogenous compounds	1–1.5	1.5–2	4–6.5	0.4–0.7
Vitamins				0.02–0.08

Βιβλιογραφία

Jackson R.S., **2014**. 3 - Grapevine structure and function. In “**Wine Science – Principles & Applications**”, 4th Edition, Elsevier.

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