

FISIOLOGIA DELLA MATURAZIONE

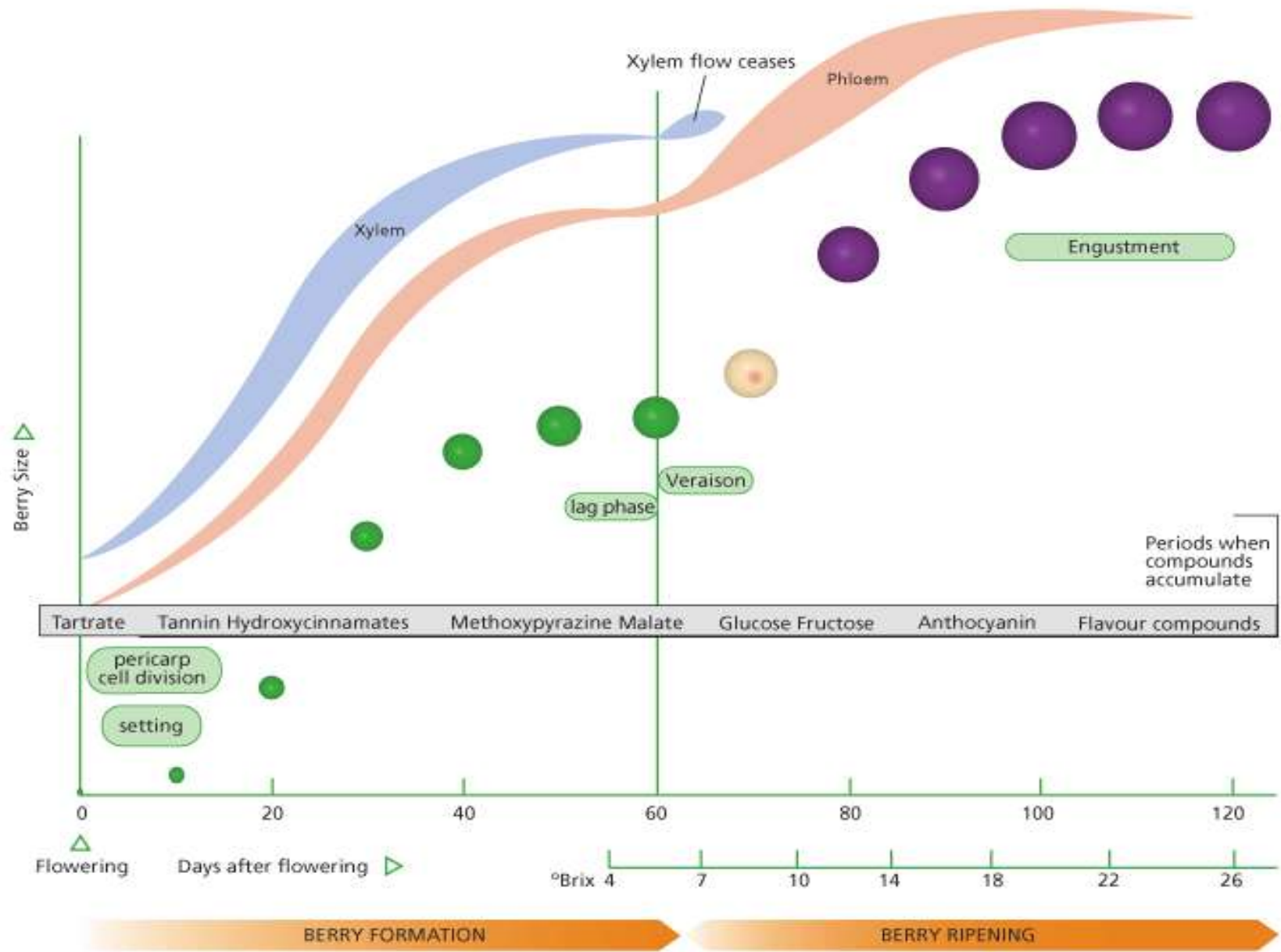


Figure 2: Diagram showing relative size and color of berries at 10-day intervals after flowering, passing through major developmental events (rounded boxes). Also shown are the periods when compounds accumulate, the levels of juice 'brix, and an indication of the rate of inflow of xylem and phloem vascular saps into the berry. Illustration by Jordan Koutroumanidis, Winetitles.

1. CONTROLLO ORMONALE
2. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
3. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
4. PRUINA
5. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO

- Il controllo ormonale sullo sviluppo degli acini:
 - *auxine*: sintetizzate a livello della nocella e dell'endosperma, raggiungono la massima concentrazione proprio nella prima fase dello sviluppo e maturazione della bacca
 - *gibberelline*: verificano anche loro la massima attività nella bacca immatura. Le gibberelline sono importanti per il processo di *divisione cellulare ed anche come fattori di protezione nei confronti delle auxine*



ABA fa registrare un aumento notevole e repentino in corrispondenza dell'invasatura mentre le auxine, presenti in concentrazioni elevate fino al raggiungimento di questa fase, tendono a scomparire.

Gibberelline	Acido gibberellico (GA3)	Diretta	3-10 giorni dopo la fioritura	Aumento della lunghezza del rachide, del peso e della dimensione della bacca (cv Kyoho e altre)	Han e Lee, 2004
			Piena fioritura fino a 2 settimane dopo	Aumento consistenza della bacca (14 genotipi diversi)	Sato <i>et al.</i> , 2004
			Piena fioritura	Ritardo della maturazione (studio multivarietale)	Teszlak <i>et al.</i> , 2005
			Pre-fioritura	Partenocarpia (studi multivarietale)	Halbrooks e Mortensen, 1988
				diradamento e aumento delle dimensioni della bacca (cv Thompson seedless)	Lynn e Jansen , 1966
	Doppia applicazione (3gg prima e 15gg dopo la fioritura)	Partenocarpia, aumento dei fenoli in foglia, fusto e viticci, diminuzione dei fenoli in buccia a polpa; anticipo di 15gg di invaiatura e 30gg di maturazione (cv Moscato)	Tian <i>et al.</i> , 2011		
Proexadione-calcio	Inibitore della biosintesi	1-2 settimane dopo la fioritura	Riduzione dell'allegagione e del peso della bacca, aumentata resistenza a patogeni (cvs Cabernet franc, C. Sauvignon, Chardonnay, Seyval)	Lo Giudice <i>et al.</i> , 2004	

Sostanze ormonali/ regolatori di crescita	Principio attivo	Modalità di azione	Epoca/epoche di applicazione	Effetti	Riferimenti bibliografici
Auxine	Acido benzotiazolo-2-ossiacetico	Diretta (composto auxino-simile)	Pre-invaiatura	Ritardo della maturazione (cv Shiraz)	Davies <i>et al.</i> , 1997
	Acido α -naftalenacetico	Diretta (composto auxino-simile)	Invaiatura	Iriduzione dell'accumulo di antociani (cv Kyoho e Cabernet Sauvignon)	Kataoka <i>et al.</i> , 1984; Jeong <i>et al.</i> , 2004
			Pre-invaiatura	Ritardo della maturazione, sincronizzazione dell'accumulo degli zuccheri tra bacche (cv Shiraz)	Böttcher <i>et al.</i> , 2011
			Dormienza	Ritardo nella schiusura delle gemme (cv Edelweiss)	
	Acido 2,4-diclorofenossiacetico	Diretta (composto auxino-simile)	Invaiatura	Riduzione dell'accumulo di antociani (cv Kyoho)	Ban <i>et al.</i> , 2003
	Acido 3,5,6-tricloro-2-piridilossiacetico		50% fioritura e allegagione	Diradamento delle bacche (cv Pinot grigio)	Bonghi <i>et al.</i> , 2010
	Acido indolacetico	Diretta	Invaiatura	Riduzione della degradazione delle clorofille nella buccia	Deytieux-Belleau <i>et al.</i> , 2007
Citochinine	N-(2-cloro-4-piridinil)-N'-fenilurea	Diretta (citochinina sintetica)	Post-fioritura	Aumento della dimensione e della consistenza della bacca, ritardo della maturazione, ridotta suscettibilità a patogeni	Nickell, 1986
			Pre-invaiatura	Aumento del peso, riduzione degli zuccheri e della colorazione, aumento dell'acidità della bacca	Han e Lee, 2004; Peppi e Fidelibus, 2008
Acido salicilico	Acido salicilico	Diretta	2-3 settimane prima dell'invaiatura	Ritardo della maturazione (cv Shiraz)	Kraeva <i>et al.</i> , 1998
Poliammine	Putrescina	Diretta	Post-fioritura	Partenocarpia (cv Delaware)	Shiozaki <i>et al.</i> , 1998
Giasmonati	Metilgiasmonato	Diretta	Maturazione	Abscissione facilitata delle bacche (cvs Cabernet Sauvignon, Merlot, Thompson seedless)	González-Herranz <i>et al.</i> , 2009

Sostanze ormonali/ regolatori di crescita	Principio attivo	Modalità di azione	Epoca/epoche di applicazione	Effetti	Riferimenti bibliografici
Etilene	Acido 2-cloroetilfosfo- nico (CEPA)	Rilascio di etilene (pH>4,5)	Stadio erbaceo (4-7 settimane dopo la fioritura)	Ritardo della maturazione (cv Shiraz)	Hale <i>et al.</i> , 1970
			Pre-invaiatura (8-9 settimane dopo la fioritura)	Anticipo della maturazione (cv Shiraz)	
			Invaiatura	Aumento degli zuccheri e della colorazione della buccia (cv Cabernet Sauvignon)	Szyjewicz <i>et al.</i> , 1984; El-Kereamy <i>et al.</i> , 2003
	Etilene	Diretta	Post-raccolta	Aumento della concentrazione di antociani e polifenoli (cv Aleatico)	Botondi <i>et al.</i> , 2011
	1-metilciclopropene	Inibizione della per- cezione ormonale	Pre-invaiatura (6-8 settimane dopo la fioritura)	Ritardo della maturazione (cv Cabernet Sauvignon)	Chervin <i>et al.</i> , 2004

Acido abscissico		Diretta	1-2 settimane prima dell'invasatura	Accelerazione maturazione (cv Cabernet Sauvignon)	Hale e Coombe, 1974
				Aumento degli zuccheri e della colorazione della bacca (cv Olympia)	Mastushima <i>et al.</i> , 1989
			Invasatura	Aumento della colorazione (cv Cabernet Sauvignon)	Jeong <i>et al.</i> , 2004
			Inizio del rammollimento	Aumento della colorazione (cv Kyoho)	Ban <i>et al.</i> , 2003
Brassinosteroidi	Epi-brassinolide	Diretta	Invasatura	Accelerazione maturazione (cv Cabernet Sauvignon)	Symons <i>et al.</i> , 2006
	Brassinazolo	Inibitore della biosintesi		Ritardo della maturazione (cv Cabernet Sauvignon)	

• Fase erbacea:

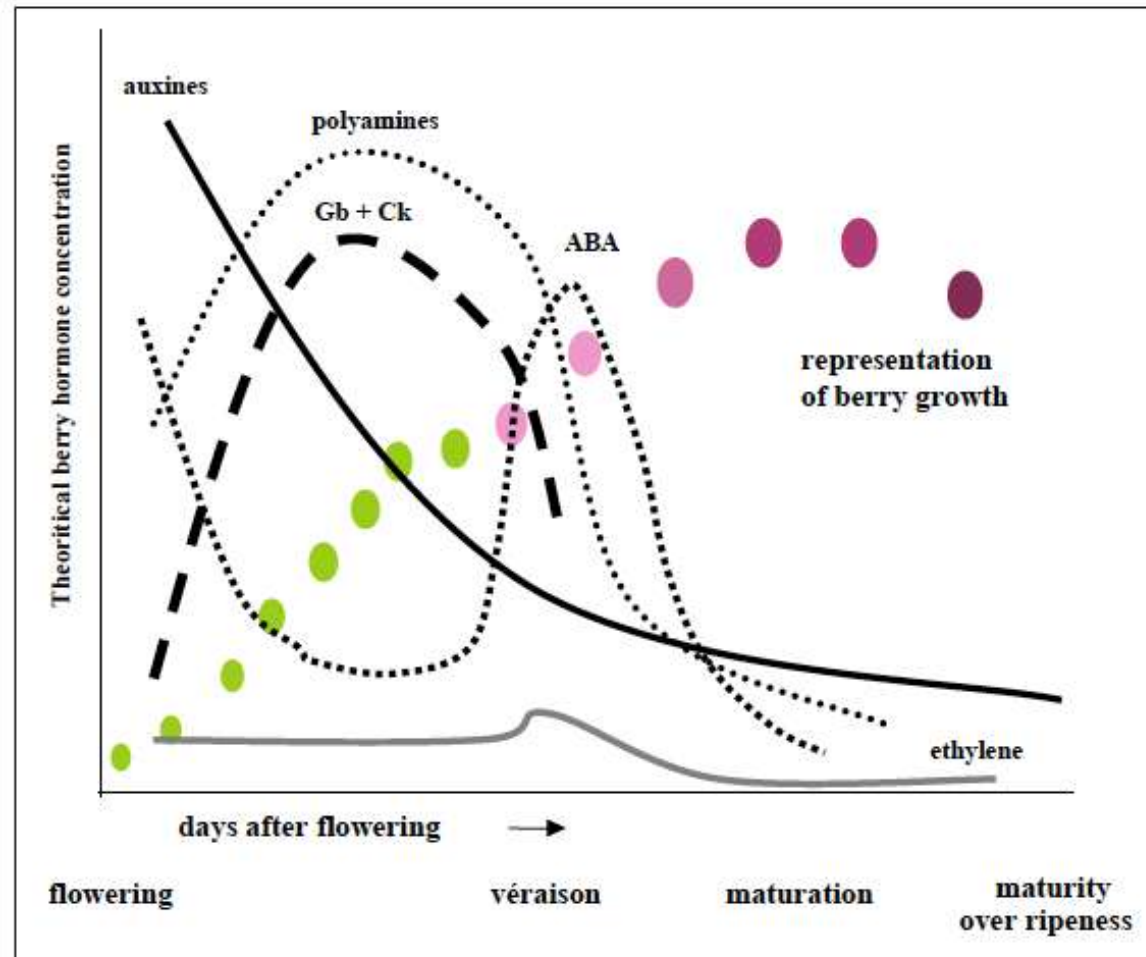
si caratterizza per la presenza degli *ormoni promotori della crescita*

Auxine

Gibberelline

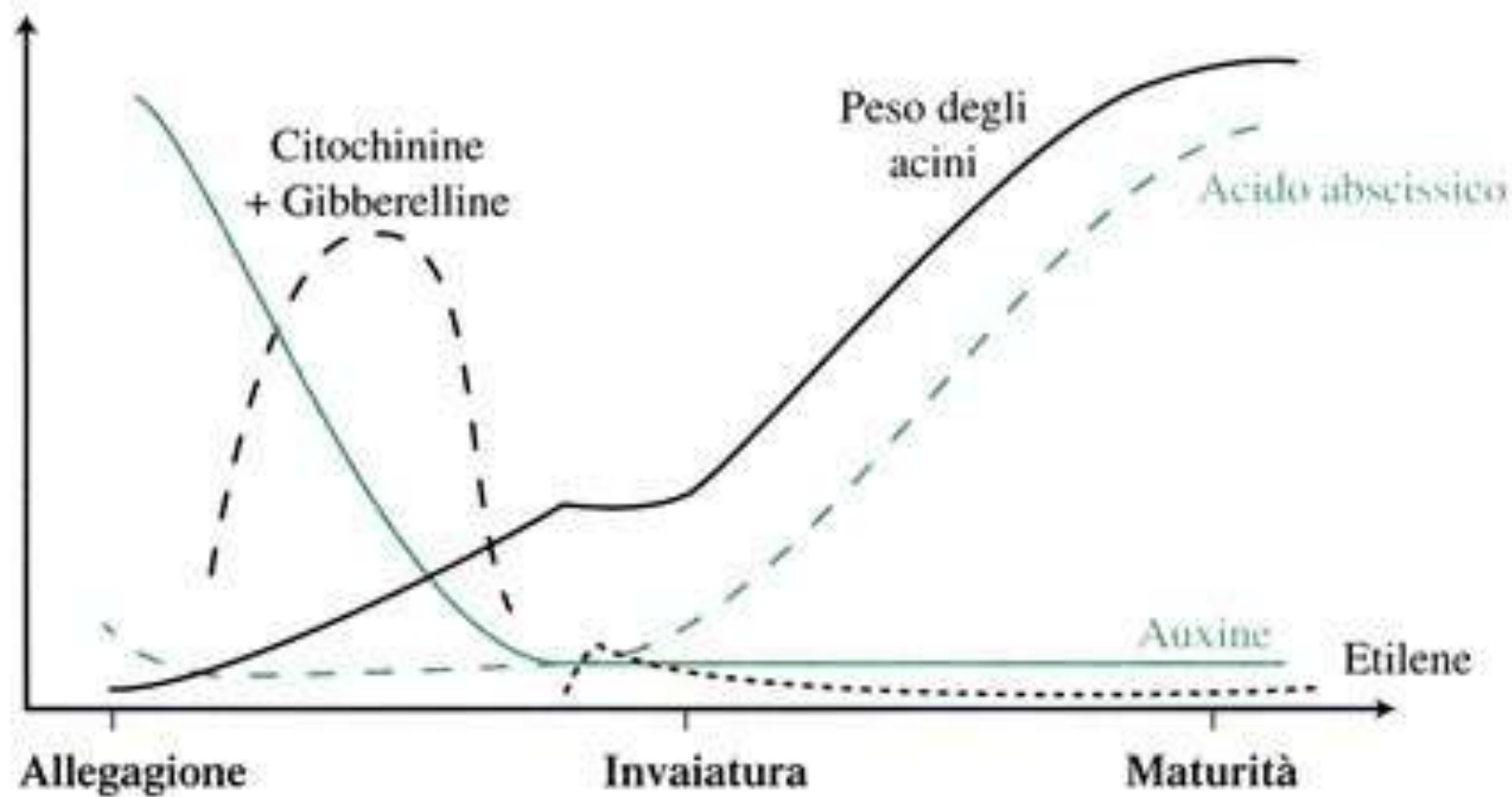
Citochinine

Sintetizzate a livello dei semi contenuti all'interno della bacca



Evoluzione del peso degli acini (secondo CHAMPAGNOL, 1984)

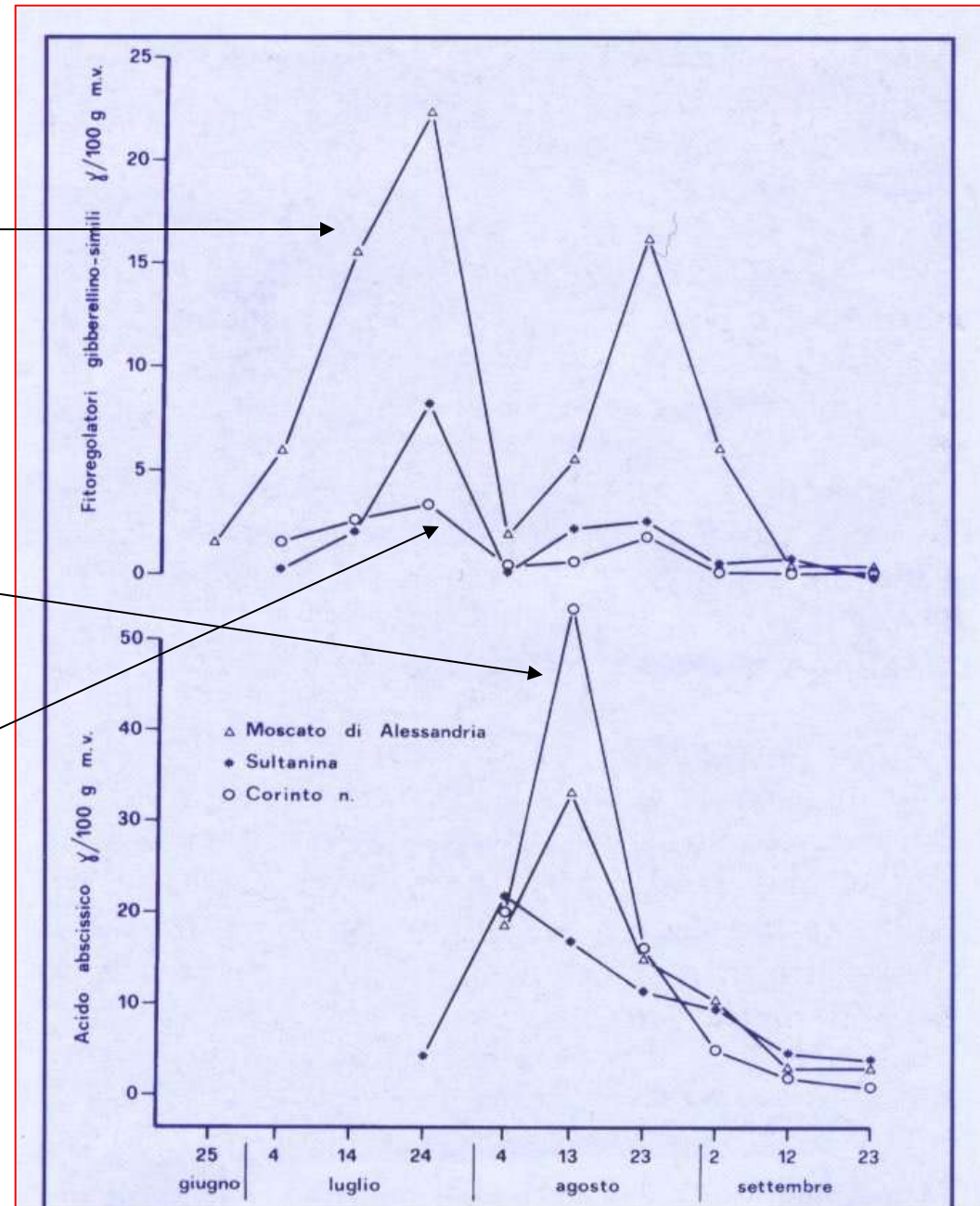
Tenore in ormoni
peso degli acini



• Gli *ormoni gibberellino-simili* (promotori dello sviluppo) sono presenti nelle bacche soprattutto nella prima fase (erbacea) ed all'inizio della terza (maturazione)

• L'*ABA* è presente solo nella fase di maturazione

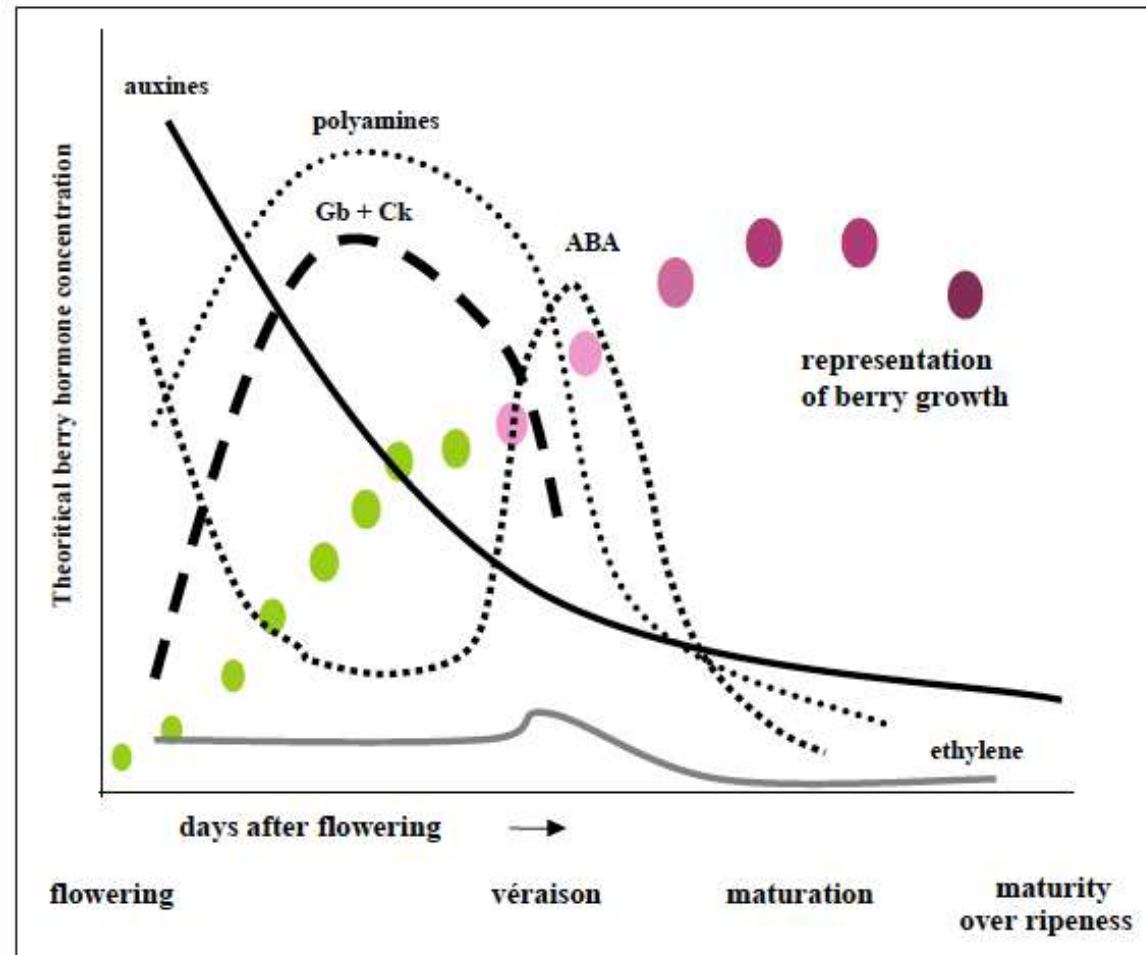
• Le *uve apirene* presentano una sintesi di ormoni più ridotta



• *Dopo l'invasatura* il quadro ormonale cambia radicalmente:

- *acido abscissico (ABA)*: è un inibitore mitotico, che segna il passaggio della bacca nella fase senescente e che consente le trasformazioni proprie della maturazione

• L'ABA è trasportato attivamente a partire dagli altri organi (foglie) verso l'acino

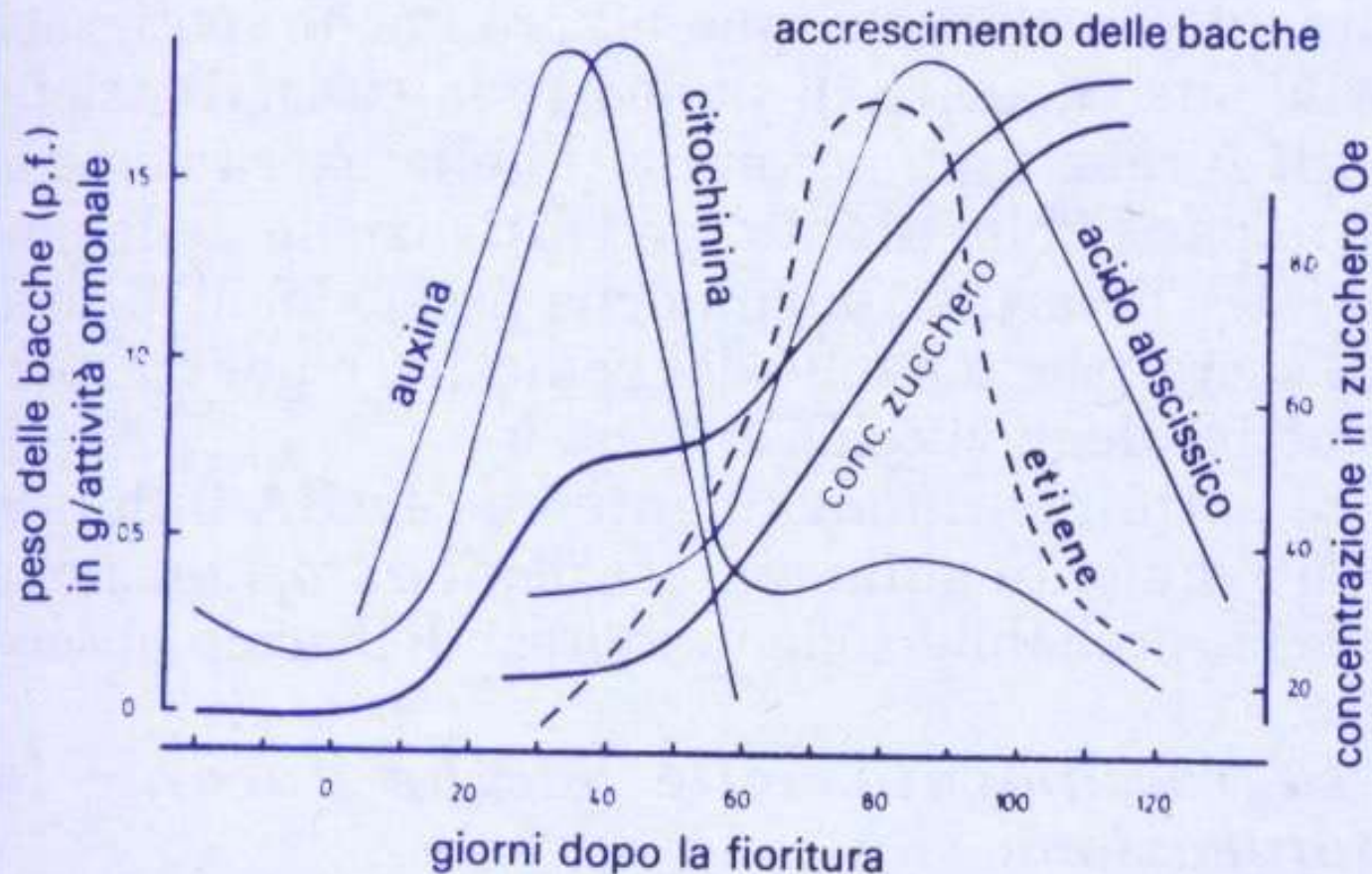


ACIDO ABSCISSICO:

- *si accumula nella buccia*, tessuto che assume quindi un ruolo di controllo endogeno dalla maturazione dell'acino stesso
- nella buccia, oltre all'ABA si verifica un *incremento di antociani*, come dimostrato da esperimenti con somministrazione esogena di ABA (e CEPA)
- l'ABA sembra abbia la capacità di impedire la ridistribuzione ad altri organi degli zuccheri accumulati nella bacca, ciò attraverso:
 - l'attivazione della sintesi dell'invertasi a livello del pedicello con conseguente idrolisi del saccarosio
 - presiedendo, in generale, alla regolazione del meccanismo di trasporto attivo degli zuccheri alla bacca

FATTORI:

- AUX
- CITOCHININE
- ABA
- ETILENE
- ZUCCHERI
- PESO



Rappresentazione schematica del cambiamento della concentrazione dei fitormoni auxina, citochinina e acido abscissico in relazione al peso e all'accumulo di zucchero nelle bacche in via di maturazione (da: Waitz, 1975).

1. CONTROLLO ORMONALE
2. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE
3. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
4. PRUINA
5. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO

L'INGROSSAMENTO DELLA BACCA è provocato dalla

- distensione cellulare per incremento di acqua nei tessuti della bacca
- l'acqua è richiamata nella bacca in seguito alla riduzione del potenziale idrico delle cellule per effetto dell'accumulo di zuccheri nell'acino

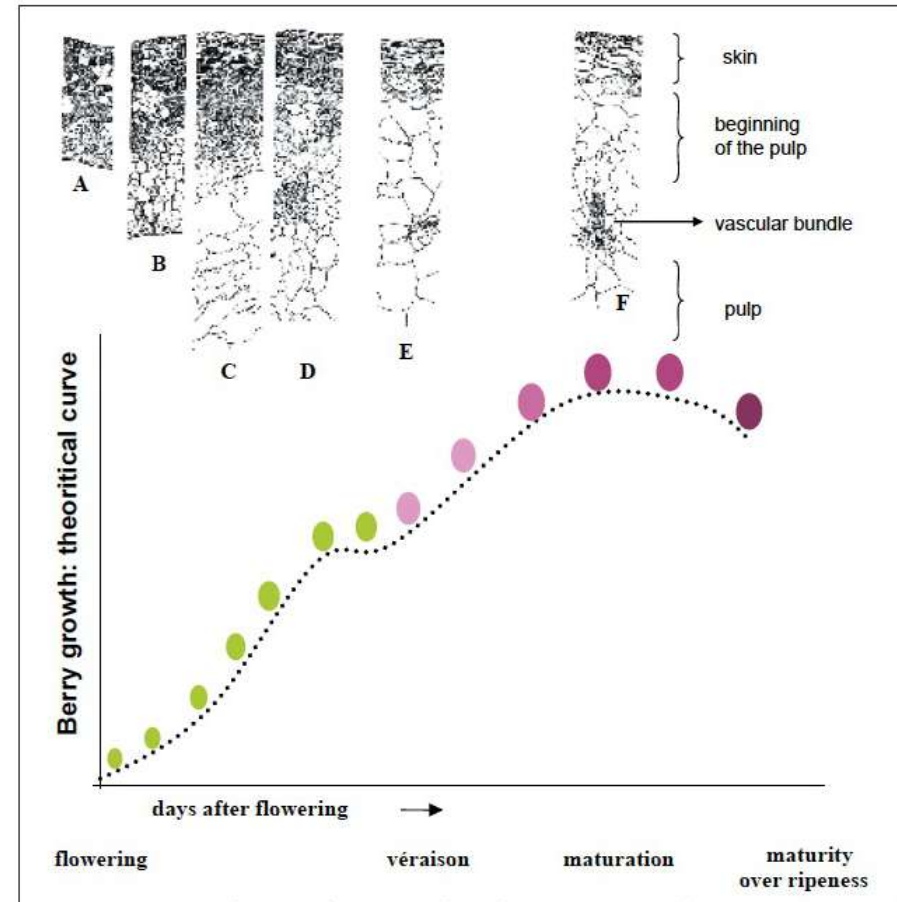


FIGURE 3a. Growth and anatomical evolution of the berry. Berry growth occurs in two stages: herbaceous growth and maturation. Véraison marks the onset of maturation, following a period of growth arrest of which the duration is variable.

A) Onset of the swelling of the ovary after fertilisation.

Effetto di uno stress idrico precoce sulla sviluppo delle bacche

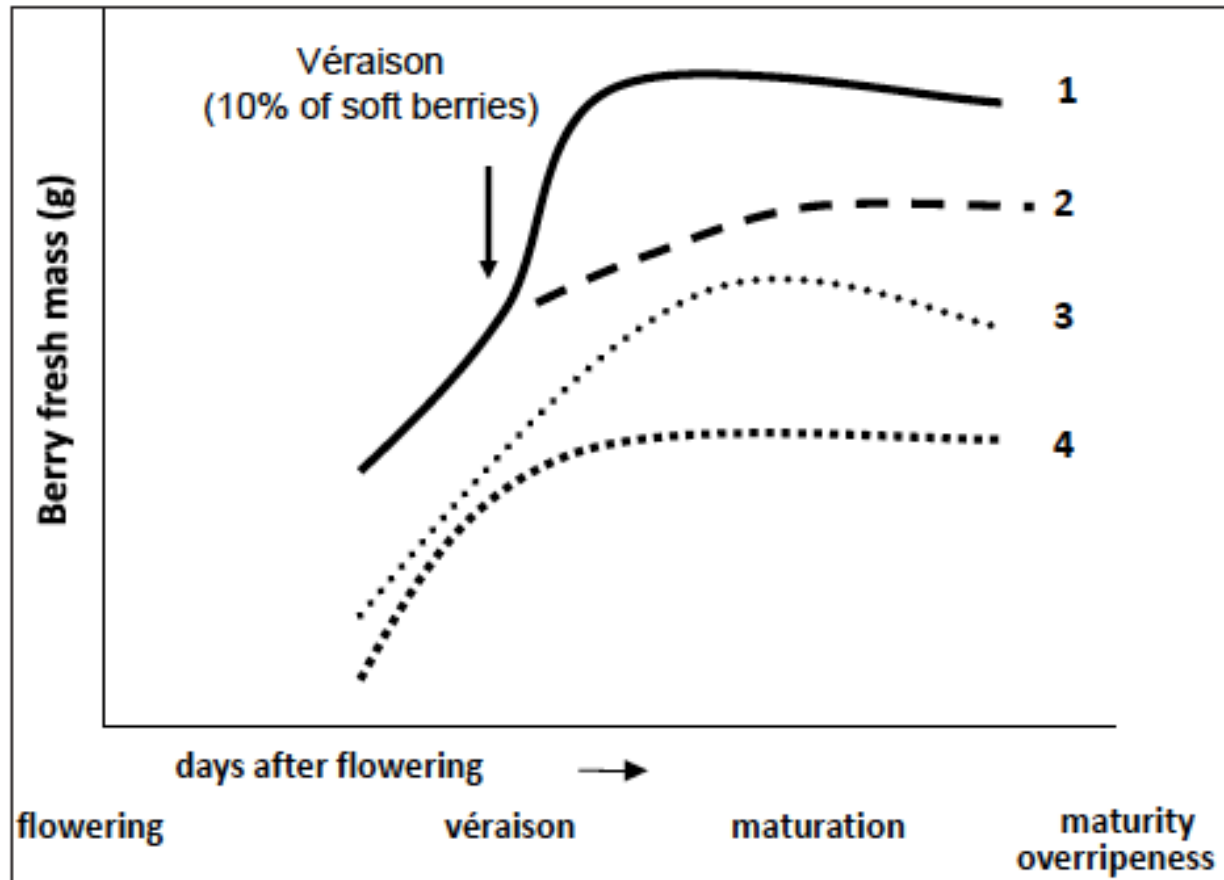


FIGURE 5. Example of the evolution of the average fresh mass of the berry of the grapevine that has been submitted to different levels of water restriction before and after véraison.

1) Example without water restriction. 2) Moderate water restriction at the beginning of véraison (arrow = 10% of softened berries) until maturity. 3) Moderate water restriction from flowering until véraison (suppression of restriction at véraison). 4) Severe water restriction from flowering to véraison (suppression of restriction at véraison). Water restriction (2) modifies the volume of the berry, although this is reversible. Premature water restrictions occurring before véraison (3 & 4) generally modify the volume of the berry in an irreversible manner (according to Ojeda et al., 2001).

1. CONTROLLO ORMONALE
2. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
3. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
4. PRUINA
5. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO

RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI

Consiste nel disfacimento progressivo delle cellule, in particolare di:

- *parete cellulare*
- *membrana cellulare*

• la perdita di consistenza della polpa avviene ad opera di alcune classi enzimatiche, quali:

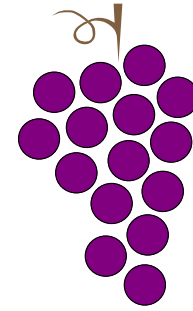
- *cellulasi* agiscono sulla cellulosa
- *pectinasi* agiscono sulle materie pectiche
- *fosfolipasi* agiscono sui fosfolipidi delle membrane vacuolari

ENZIMI DI DEGRADAZIONE DELLE MEMBRANE (PECTOLITICI)

- La perdita di consistenza complessiva della bacca è imputabile in maggior misura alle *pectinasi*
- Agiscono sulle *pectine e pectati* (elementi costitutivi della lamella mediana e della parete cellulare) determinando la liberazione dell'unità costitutiva delle pectine: *l'acido galatturonico*
- Esistono due forme enzimatiche pectinolitiche principali:
 - ENZIMA POLIGALATTURONASI
 - ENZIMA PECTINMETILESTERASI

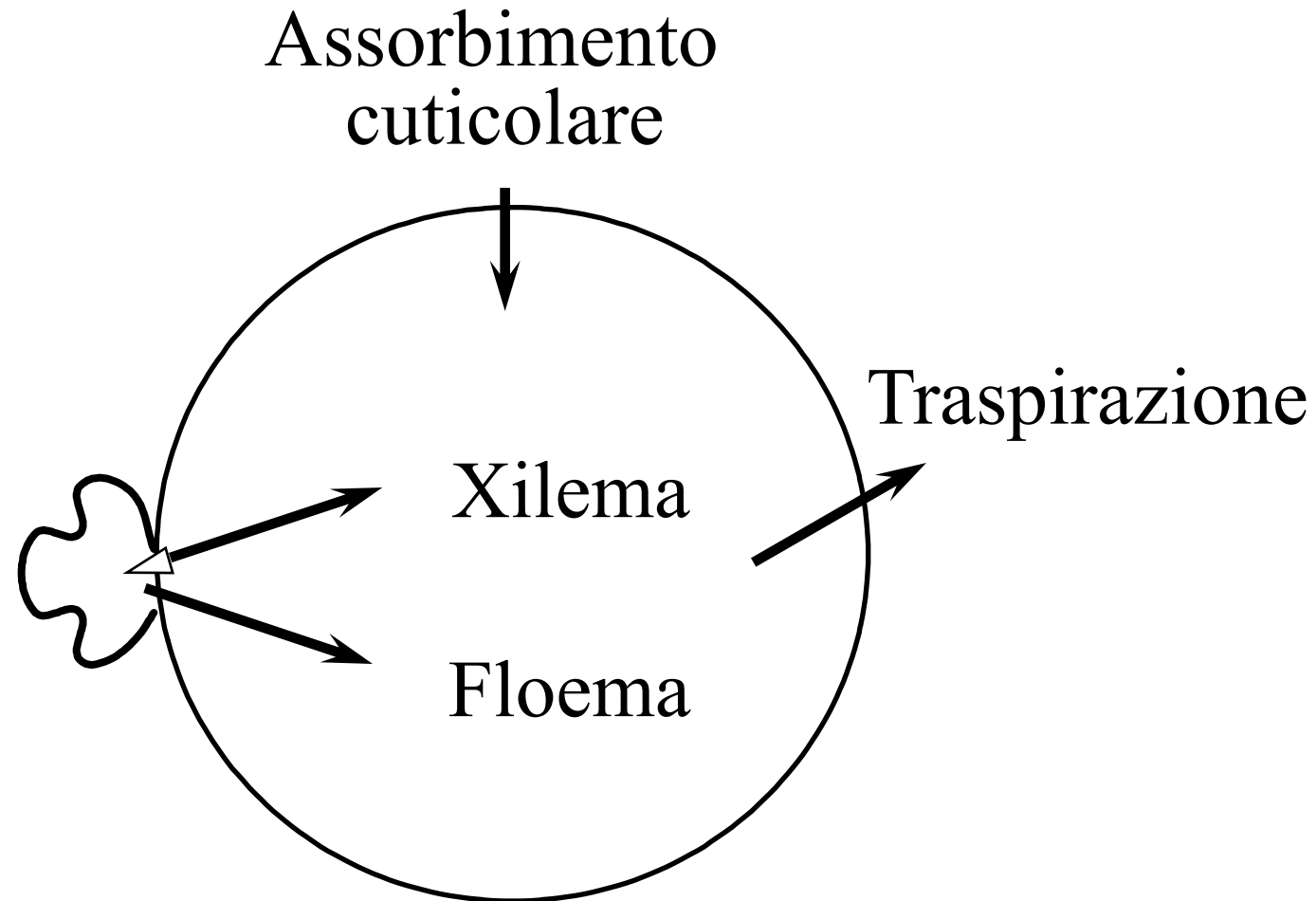
L'ENZIMA POLIGALATTURONASI :

- agisce sulle cellule del mesocarpo (polpa) ed epicarpo (buccia) della bacca
 - le membrane cellulari sono degradate
 - liberazione di acido galatturonico a partire da pectine e pectati
-
- *Aumenta quindi l'elasticità complessiva della bacca e la sua permeabilità all'ossigeno*
 - La permeabilità all'ossigeno è funzionale a tutta una serie di reazioni enzimatiche di ossidazione caratterizzanti le fasi conclusive del processo di maturazione della bacca



- Alterazione dei collegamenti xilematici della bacca

Bilancio idrico dell'acino:
flussi in entrata ed in uscita



In condizioni di elevata umidità o piogge prolungate l'assorbimento di acqua attraverso l'epidermide può aumentare

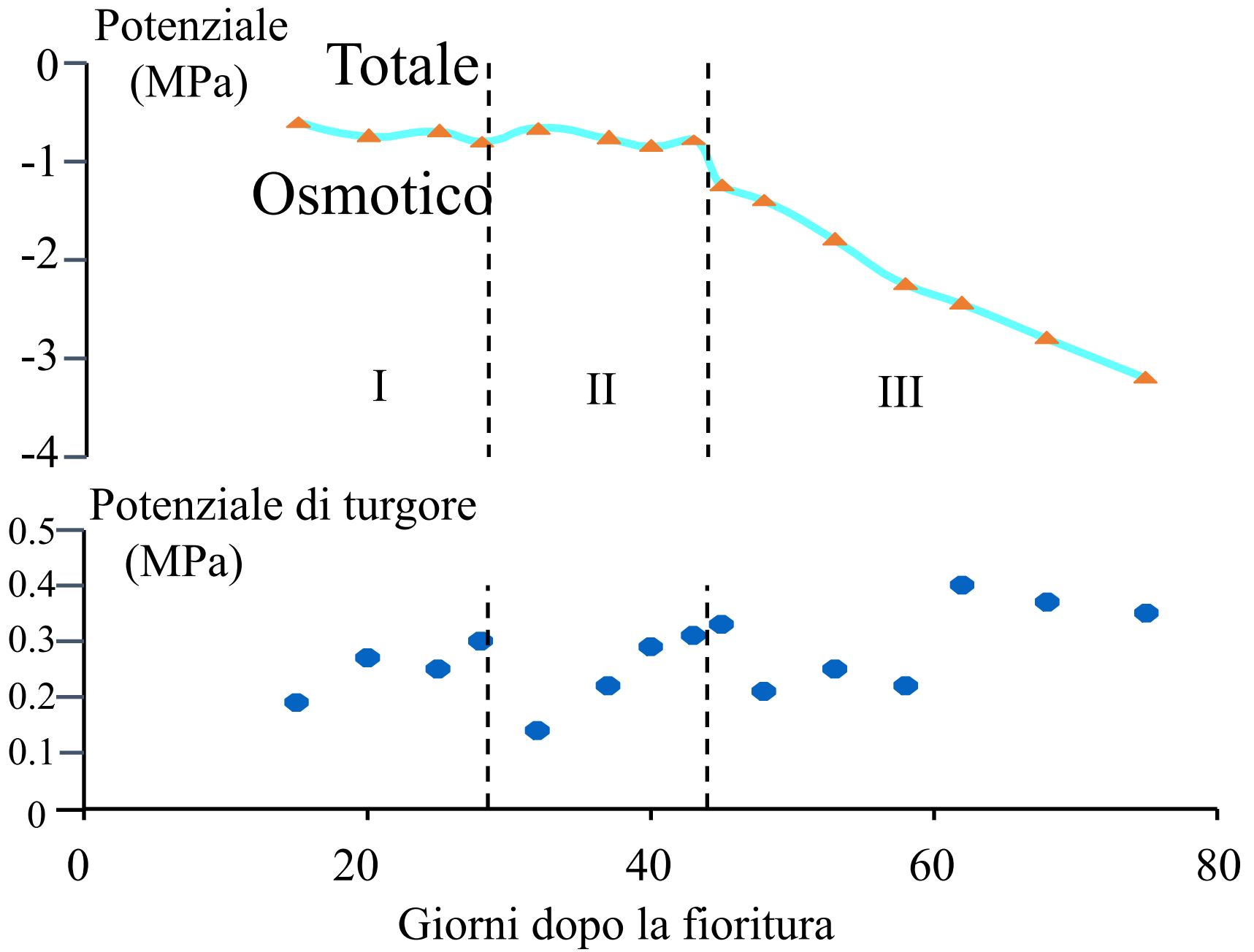
La permeabilità della cuticola verso l'assorbimento di acqua sembra essere molto più accentuata che verso la perdita di acqua per traspirazione

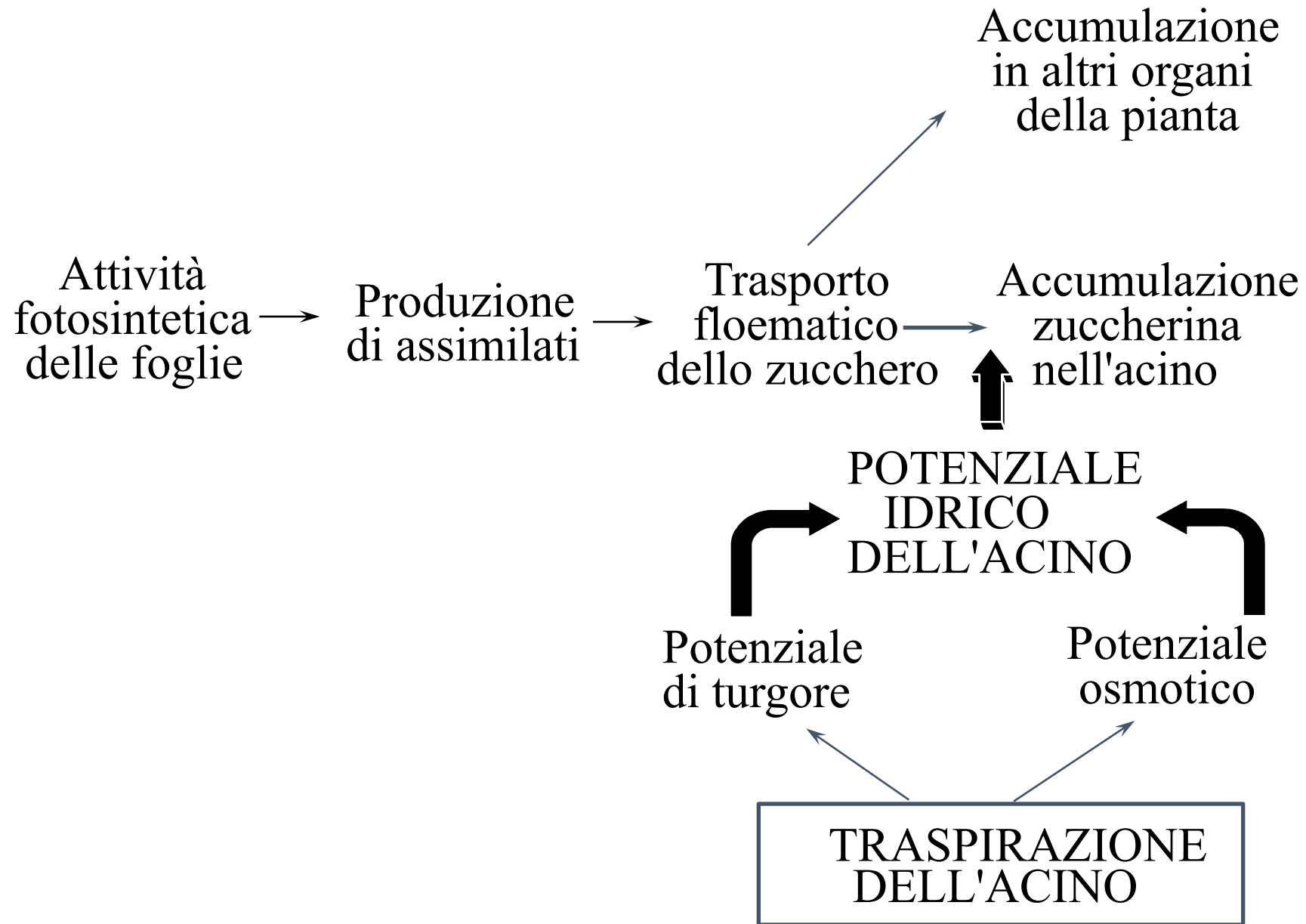
La permeabilità della cuticola aumenta all'aumentare della temperatura

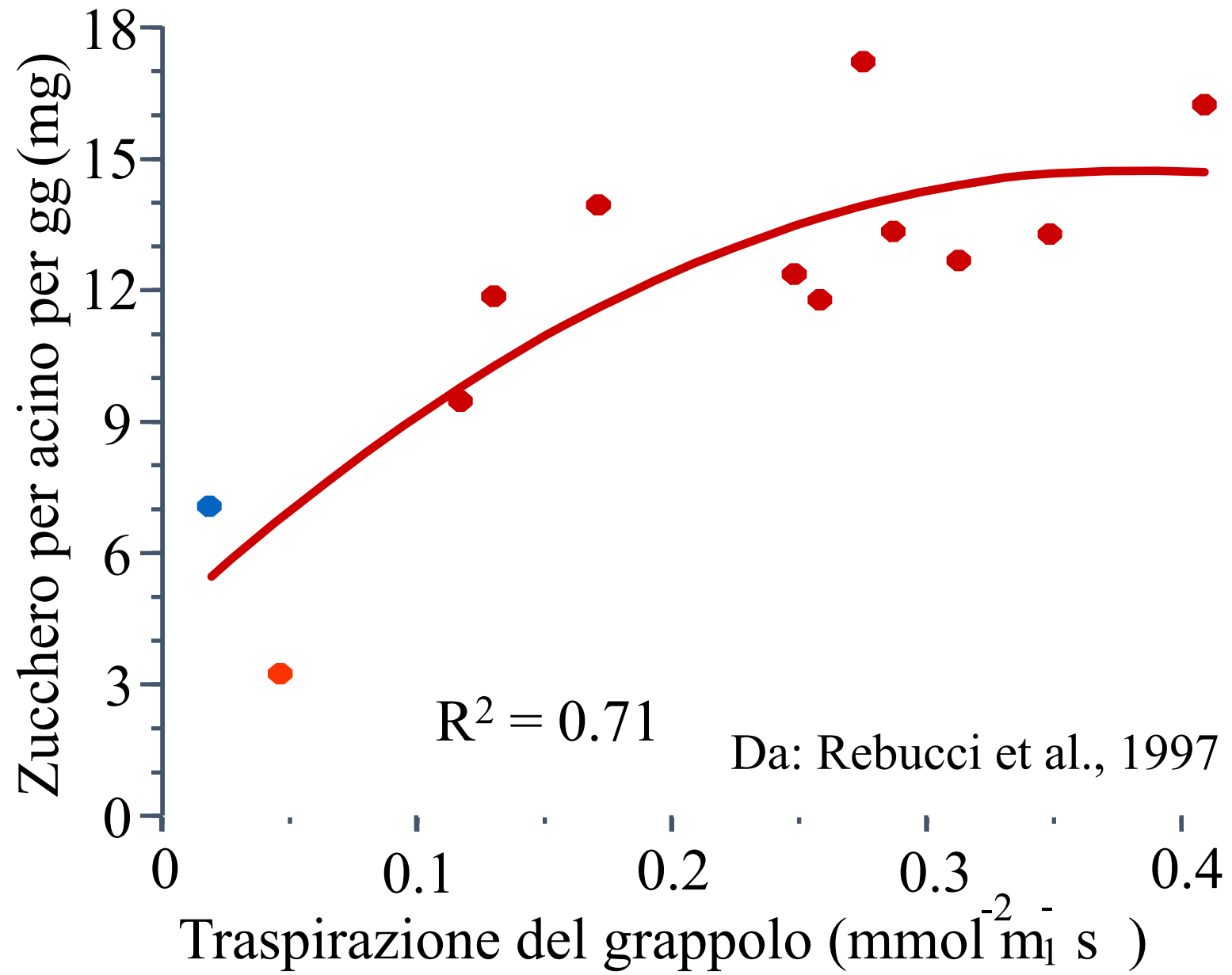
RISCHIO di spaccatura della bacca (cracking)

Physiological mechanisms that have been studied to explain fruit cracking:

- water uptake by the fruit
- fruit osmotic potential
- anatomical aspects of fruit cells (number and size)
- cuticle physical properties
- dynamics of fruit growth

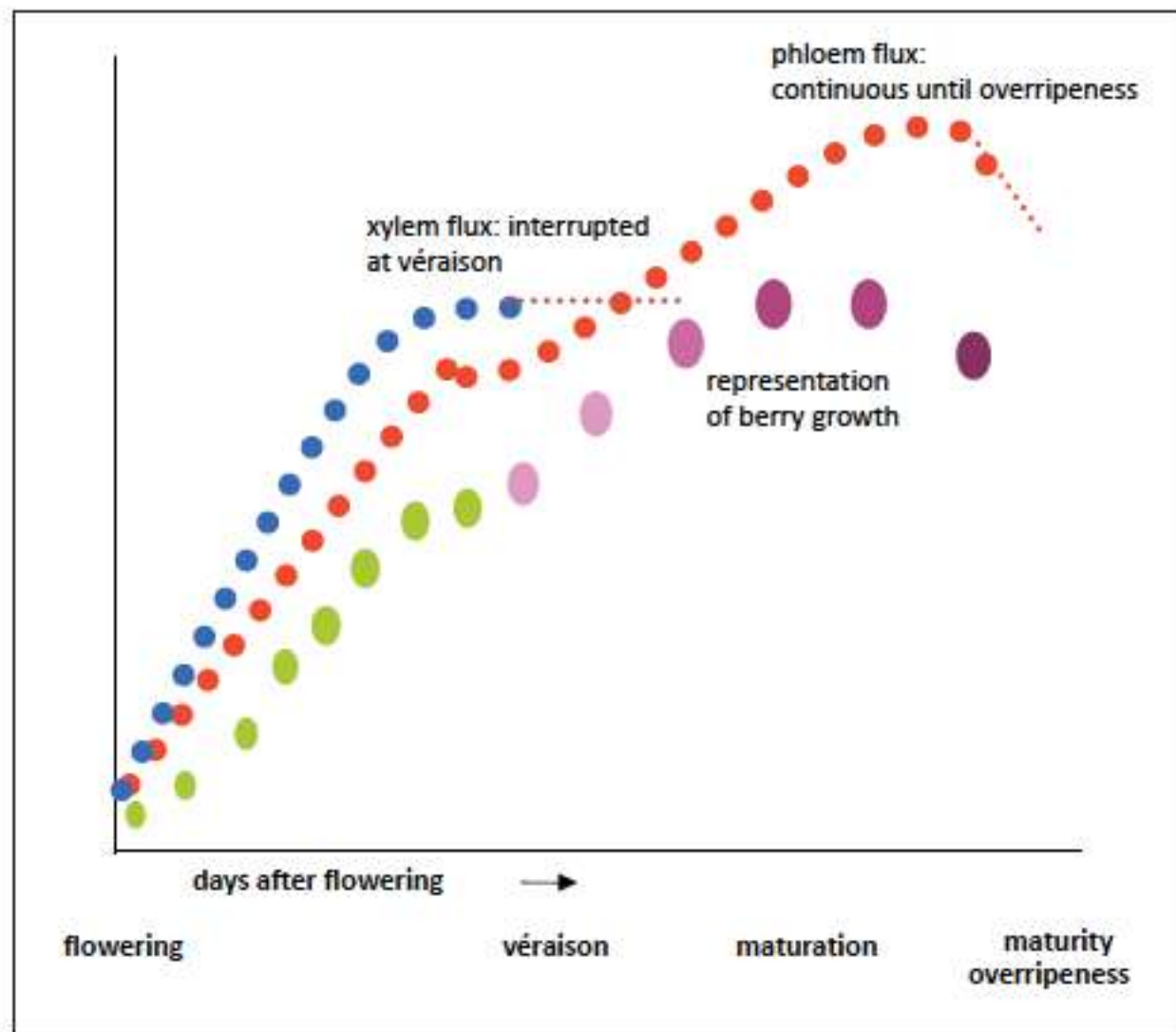


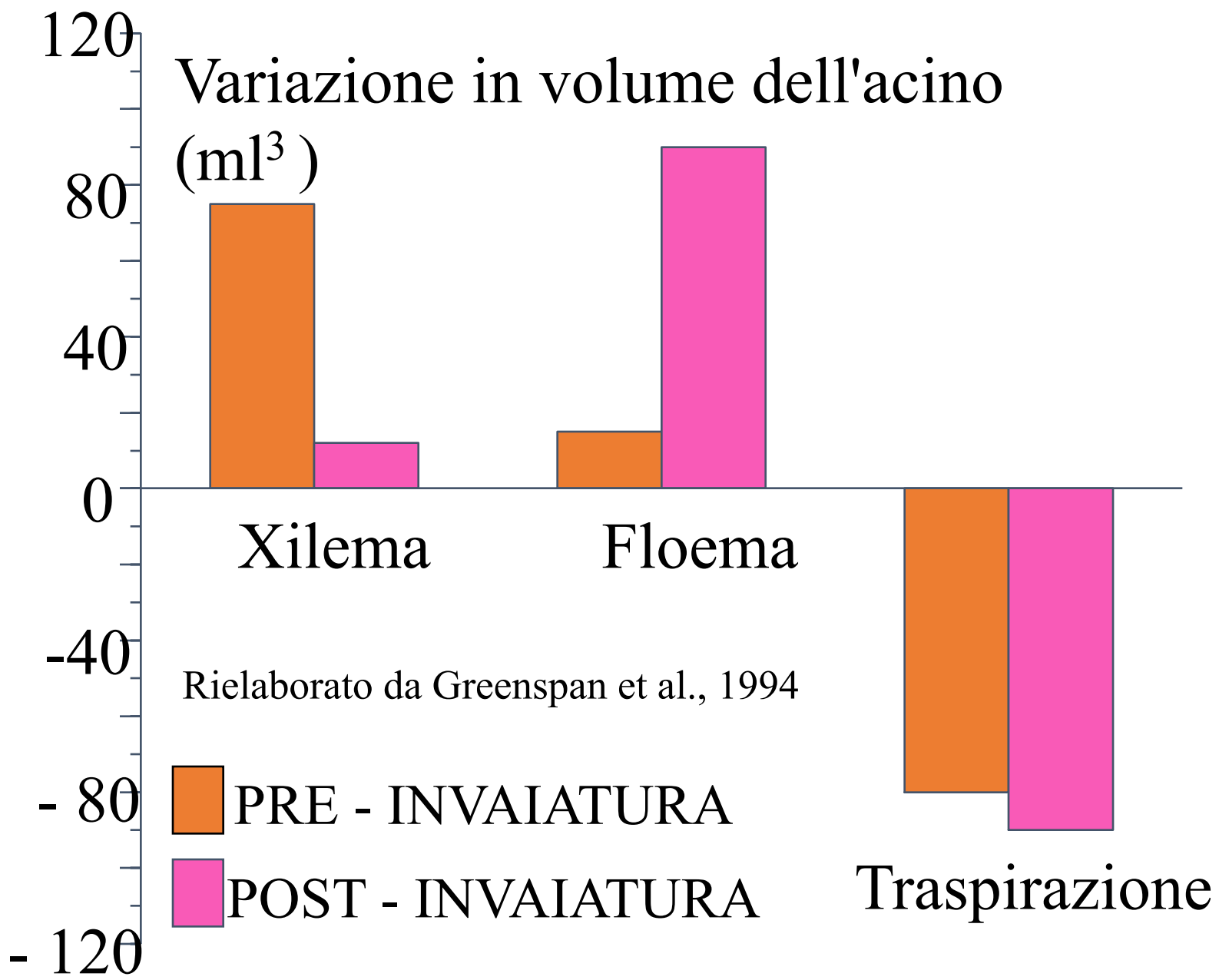




Concentrazione dei soluti nei tessuti

		+++ ↑	↓ --
• Trasporto	→	entrata	uscita
• Metabolismo	→	sintesi	consumo
• Volume di solvente	→	calo	aumento





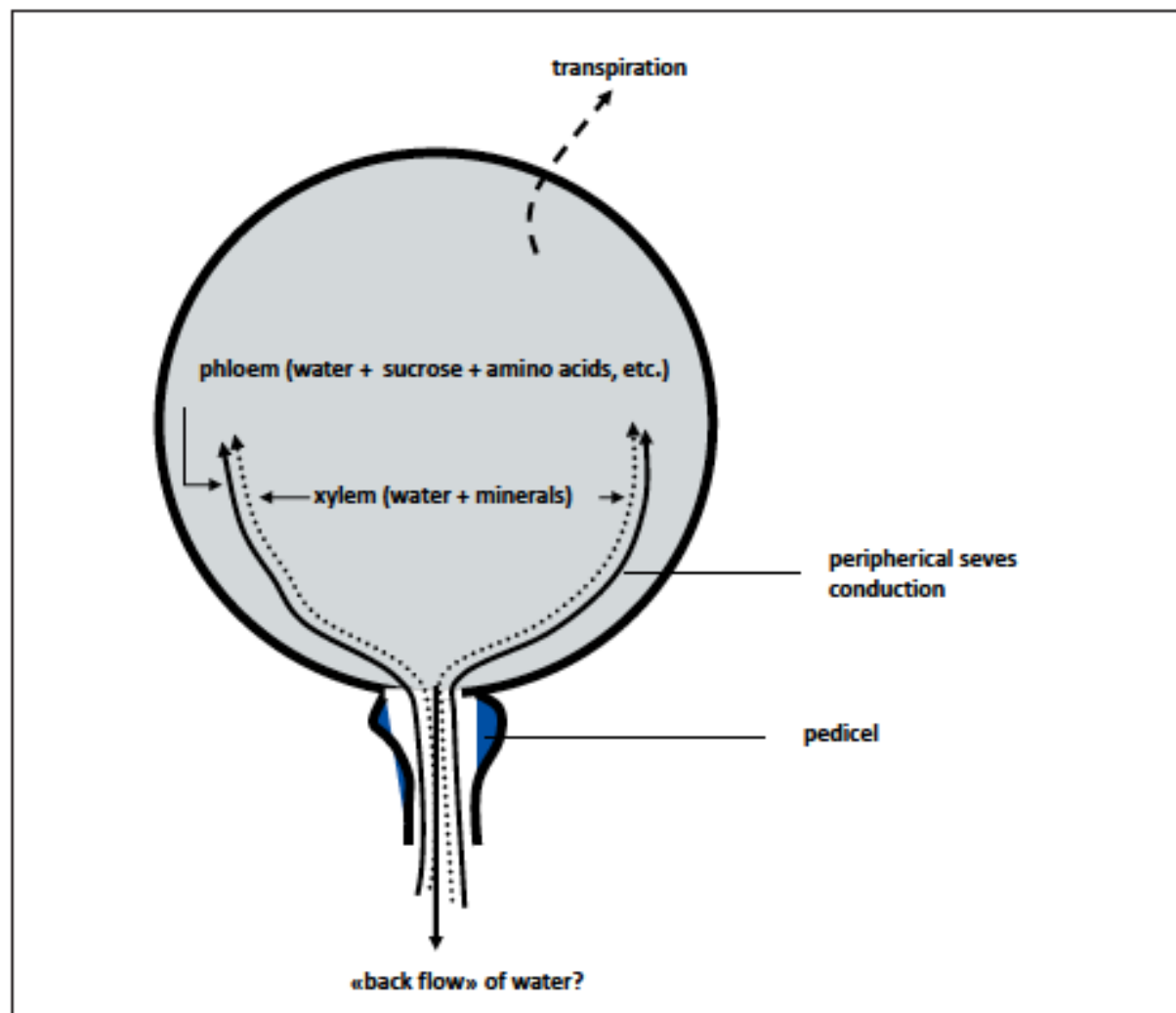


FIGURE 4a. Representation of the flow from the plant to the berry. The berry receives the water through the xylem until véraison and through the phloem during maturation. Water loss occurs: a) through transpiration; b) when water no longer flows into the berry; c) and/or by a possible return of water to the plant, called “back flow” (according to Coombe, 1992; Rogiers et al., 2004).



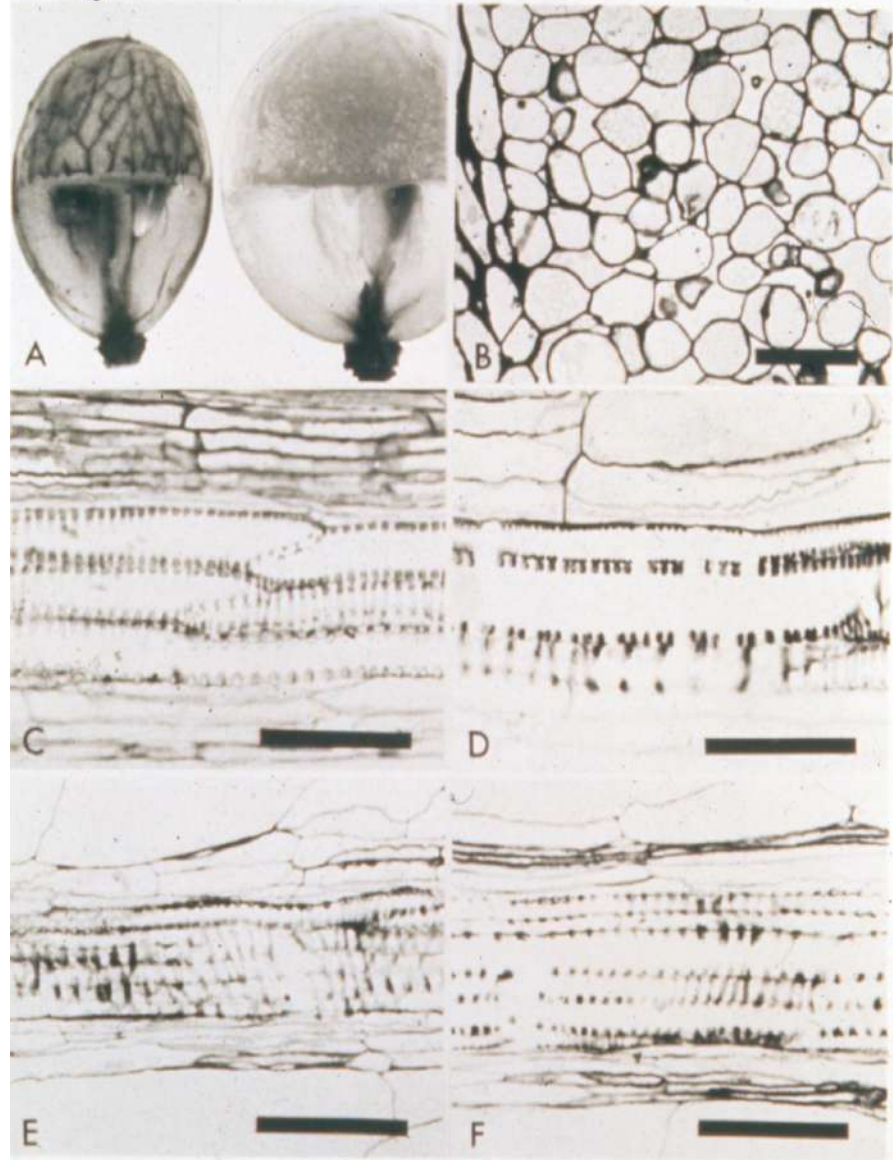
Eosina Y o azosulfamide

Per stimare i cambiamenti nel flusso xilematico, il pedicello reciso dell'acino è stato messo a contatto con una soluzione contenente un colorante apoplastico . L'assorbimento di colorante in bacche colorate di Pinot noir è stato significativamente inferiore di quello nelle bacche non ancora invaiate.

La distribuzione del colorante in bacche ancora verdi ma già intenerite è stata disuniforme rispetto a quella in bacche verdi ancora dure, suggerendo un meccanismo di alternazione dell'integrità xilematica in corrispondenza dell'intenerimento delle bacche.

PRE

POST



1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO

- La **pruina** *si accumula sulla cuticola* della bacca durante la maturazione

- è una sostanza cerosa con molteplici *funzioni*:

- protezione da fattori esogeni
- limita la traspirazione e respirazione dell'acino
- barriera di protezione alla penetrazione dei patogeni
- trattiene lieviti e batteri importanti per il processo di vinificazione
- funzioni estetiche per le uve da tavola



1. CONTROLLO ORMONALE
2. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
3. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
4. PRUINA
5. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO

Composizione del GRAPPOLO maturo

Raspo:3-5%

Vinaccioli: 5-10 %

Olio 10-20 %

Buccia: 7-15 %

Polpa e mosto : 81-87 %

acqua 70-80 %

zuccheri 18-24 %;

acidi organici 4‰ - 10‰ (gr/litro)

antociani e flavoni

tannini, sostanze azotate, sostanze minerali

Concentrazione dei principali componenti del succo di uva a maturazione raggiunta

	Valori medi (g/L)	Valori medi (g/L)	Valori medi (g/L)
Acqua	750	Acidi organici	Fenoli totali 0.5
Carboidrati		<ul style="list-style-type: none">● Tartrato 6● Malato 5● Citrato 0.3	Minerali (ceneri) 3
<ul style="list-style-type: none">● Glucosio 105● Fruttosio 95● Saccarosio 1● Pectina 0.5		Azoto (N)	<ul style="list-style-type: none">● Potassio 2 g/L● Fosfati 0.35 g/L● Solfati 0.2 g/L● Magnesio 0.2 g/L● Calcio 0.14 g/L● Boro 0.03 g/L● Manganese 0.02 g/L● Ferro 0.02 g/L● Rame 0.002 g/L
		<ul style="list-style-type: none">● Totale 0.8● Forma AA 0.4● Ammonio 0.06	

Composizione (%) chimica orientativa del raspo, della buccia, della polpa e dei vinaccioli.

Composti	Raspo	Buccia	Polpa	Vinaccioli
Acqua	30-45	60-70	70-80	30-45
Zuccheri	1	1	10-35	34-36
Acidi organici liberi	0,2-0,9	0,3-0,5	0,5-0,7	0,8-1,2
Acidi organici salificati	1	---	0,3-1	---
Elementi minerali	5-6	1-3	0,1-1	2-4
Polifenoli (tannini, antociani)	1-3	1-5	tracce*	4-6
Sostanze azotate (aminoacidi, ecc.)	1-1,5	10-15	0,1	4-6
Aromi	---	1,5-2	scarsa*	tracce
Acidi grassi (olii)	---	---	---	13-20
Cellulosa	45-55	28-32	0,4-0,6	35-45
Pectina	elevata	discreta	0,05-1	discreta

* dipende dalle varietà

RAPPORTO BUCCIA : POLPA

- importante da un punto di vista qualitativo
- *Nella buccia sono depositati alcuni fattori importanti della qualità:*
 - elementi minerali: K, Mg, Ca
 - polifenoli
 - aromi
 - enzimi
- nelle bacche piccole *il rapporto buccia/polpa più elevato* determina una conseguente maggiore concentrazione dei fattori di qualità propri della buccia

1. CONTROLLO ORMONALE
2. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
3. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
4. PRUINA
5. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - b. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - c. COMPOSTI FENOLICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

L'accumulo di zuccheri durante la maturazione delle bacche è fondamentale per:

- lo sviluppo del *grado alcolico*
- per la formazione di una serie di *composti secondari* (fenoli, aromi, antociani) determinanti per la qualità complessiva della bacca e del mosto

Gli zuccheri presenti nell'uva sono:

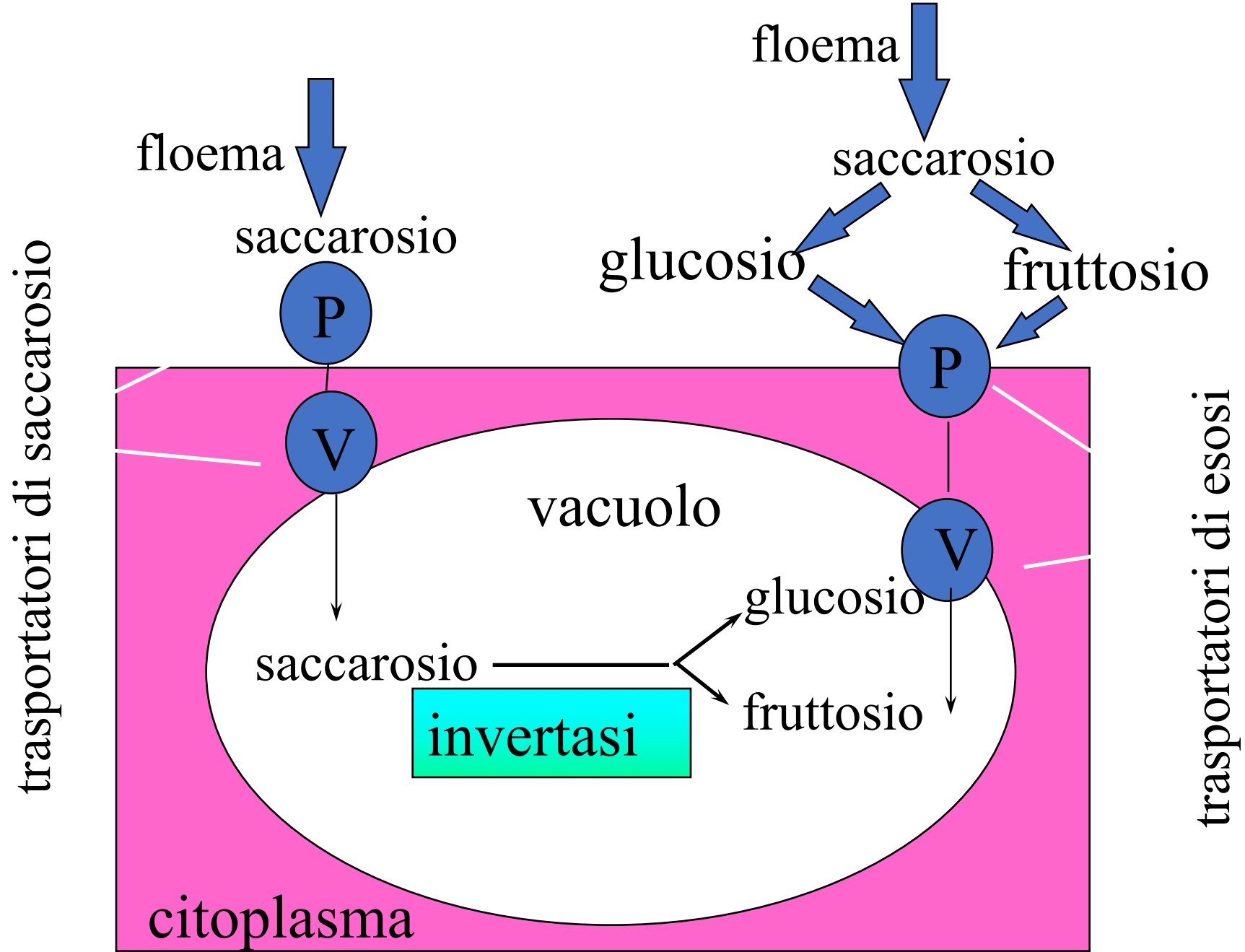
- Glucosio e fruttosio (i principali nella bacca alla raccolta)
- Saccarosio (forma principale di trasporto, in quanto si tratta di una molecola voluminosa, in cui i gruppi aldeidici e chetonici non sono liberi e quindi meno reattiva)
- Arabinosio
- Ramnosio
- Xilosio
- zuccheri complessi (*pentosani, gomme, cellulose ed emicellulose*)

• *Il rapporto glucosio : fruttosio* è piuttosto variabile durante la maturazione:

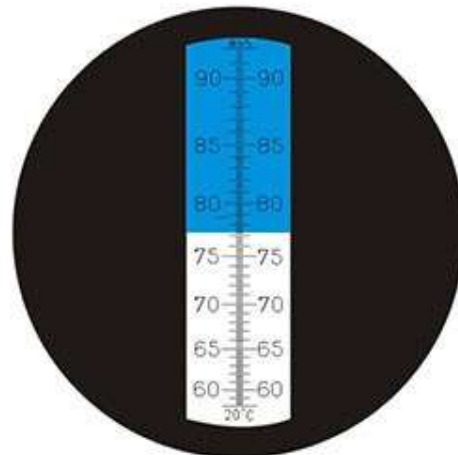
➤ *All'invaiatura* prevale leggermente il glucosio

➤ *Alla piena maturazione* il rapporto è pari a circa 1

➤ *Successivamente* la tendenza è quella di una prevalenza limitata di fruttosio (rapporto 0.95), in quanto *il glucosio viene consumato maggiormente con la respirazione a temperature inferiori a 20°C*



La concentrazione zuccherina delle bacche viene misurata per via rifrattometrica ed è espressa in gradi Brix, Baumè, Oechsle, g/L



PROVENIENZA DEGLI ZUCCHERI ACCUMULATI NELLA BACCA

Stadio di sviluppo:

- bacche verdi: *fotosintetizzano* e gli zuccheri organici presiedono in parte alle necessità dello sviluppo degli acini stessi
- bacche all'invasatura e fasi successive: la *sintesi avviene perlopiù a livello fogliare* e gli zuccheri sono distribuiti in parte agli apici vegetativi ed in parte alle bacche *mobilitazione di riserve presenti negli organi perenni della vite* (fusto, branche, cordoni permanenti)

Incidono sull'accumulo di zuccheri nelle bacche diversi fattori:

FATTORI ESOGENI:

- temperatura
- sbalzi termici
- piovosità
- insolazione
- forma di allevamento

FATTORI ENDOGENI

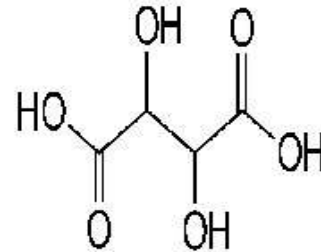
- Vigoria
- Portainnesto
- Cultivar
- Produzione per ceppo

1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - b. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - c. COMPOSTI FENOLICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

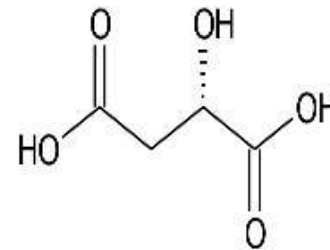
DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI

L'acidità delle bacche è dovuta a 3 acidi organici:

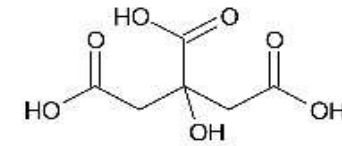
1. Acido malico
2. Acido tartarico
3. Acido citrico



Acido tartarico



Acido malico



Acido citrico

Questi 3 acidi da soli rappresentano circa il 90% dell'acidità totale delle bacche ma esistono anche altri acidi minoritari quali:

- A. succinico
- A. maleico
- A. isocitrico
- A. fumarico
- A. gluconico
- A. glucuronico

Durante la maturazione dell'uva, una larga parte del malato accumulato è utilizzata nella respirazione cellulare, dove tale composto è completamente ossidato a CO₂ attraverso il ciclo di Krebs (Ruffner, 1982).

- *Nelle bacche*, il livello maggiore di acidità è raggiunto prima dell'invasatura (bacche verdi), dopodiché l'acidità diminuisce progressivamente durante il procedere della maturazione, in maniera dipendente da diversi fattori quali il vitigno, il clima, l'altezza da terra e l'esposizione

- *Nel mosto* l'acido tartarico varia da 7 a 10 g/L, l'acido malico da 3 a 7 g/L e l'acido citrico da 0.2 a 1.5 g/L

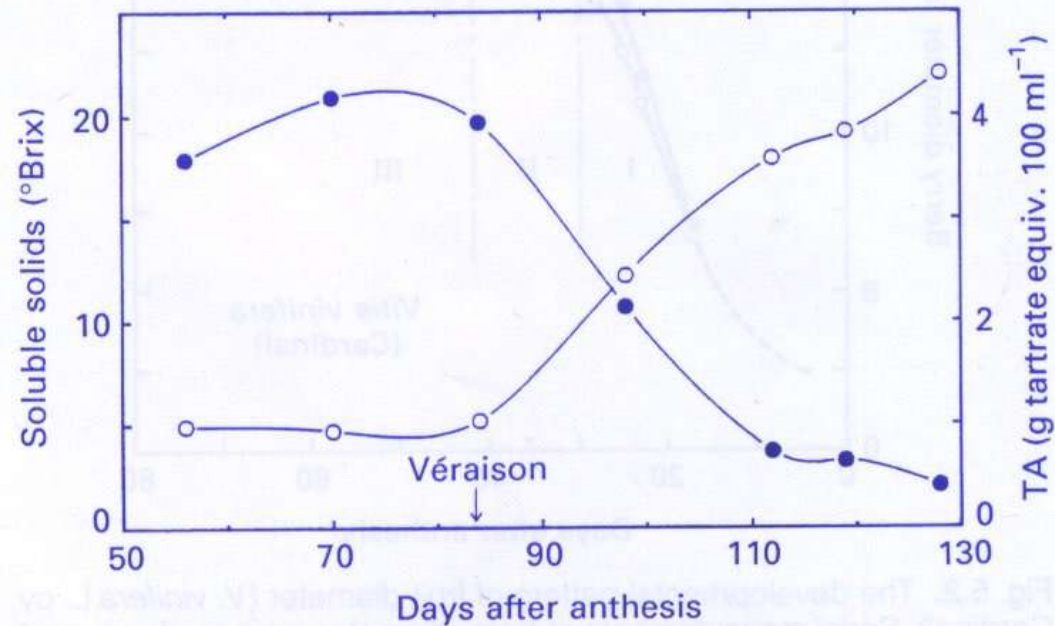


Fig. 5.3. Soluble solids (open circles) and titratable acidity (filled circles) of juice from berries of Cabernet franc. From Matthews and Anderson (1988). Reproduced with permission

Variazioni degli acidi e del pH durante la maturazione (da Champagnol, 1986)

Parametri	Fase erbacea (massimo)	Invaiatura	Vendemmia
Acido malico	500 meq/l	200-400 meq/l	10-40 meq/l
Acido tartarico	250 meq/l	100-200 meq/l	80-120 meq/l
pH	2,2-2,5	2,3-2,9	3,2-4

1. ACIDO MALICO

L'acido malico può derivare da *2 tipi di reazioni*:

- a) *fotosintesi*: fissazione della CO₂ che viene organicata nelle foglie a acido 3 fosfoglicerico e quindi trasformata in acido 3 fosfenol piruvico il quale, mediante un'altra molecola di CO₂, forma l'acido ossalacetico che, nell'ambito del ciclo di Krebs, può essere ridotto ad acido malico
- b) degradazione degli zuccheri (*ossidazione degli zuccheri*)

Studi effettuati con il C marcato hanno evidenziato come la via di formazione tramite *fissazione della CO₂ sia predominante*

- Luogo di sintesi sono *le foglie adulte* ricche di cloroplasti
- Le *bacche* al contrario, soprattutto in prossimità della maturazione, non rappresentano siti di sintesi dell'acido malico

- L'acido malico è considerato *più instabile* rispetto all'acido tartarico, ed anche più sensibile a fattori esterni

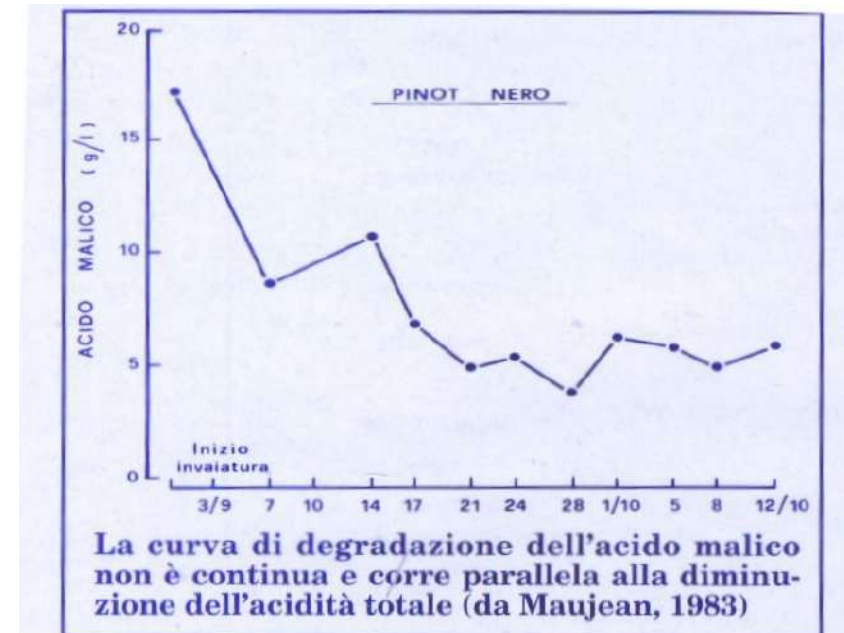
- La sua *riduzione negli acini alla maturazione* è dovuta a diversi fenomeni:

1. *respirazione* dell'acido malico accumulato nei vacuoli che aumenta con l'aumentare della permeabilità all'ossigeno delle membrane cellulari

2. formazione di *malato di K* che viene, assieme ad altri sali (Ca e Mg) via via accumulato nelle bacche mature

3. *gluconeogenesi*, ossia trasformazione dell'acido malico in zuccheri

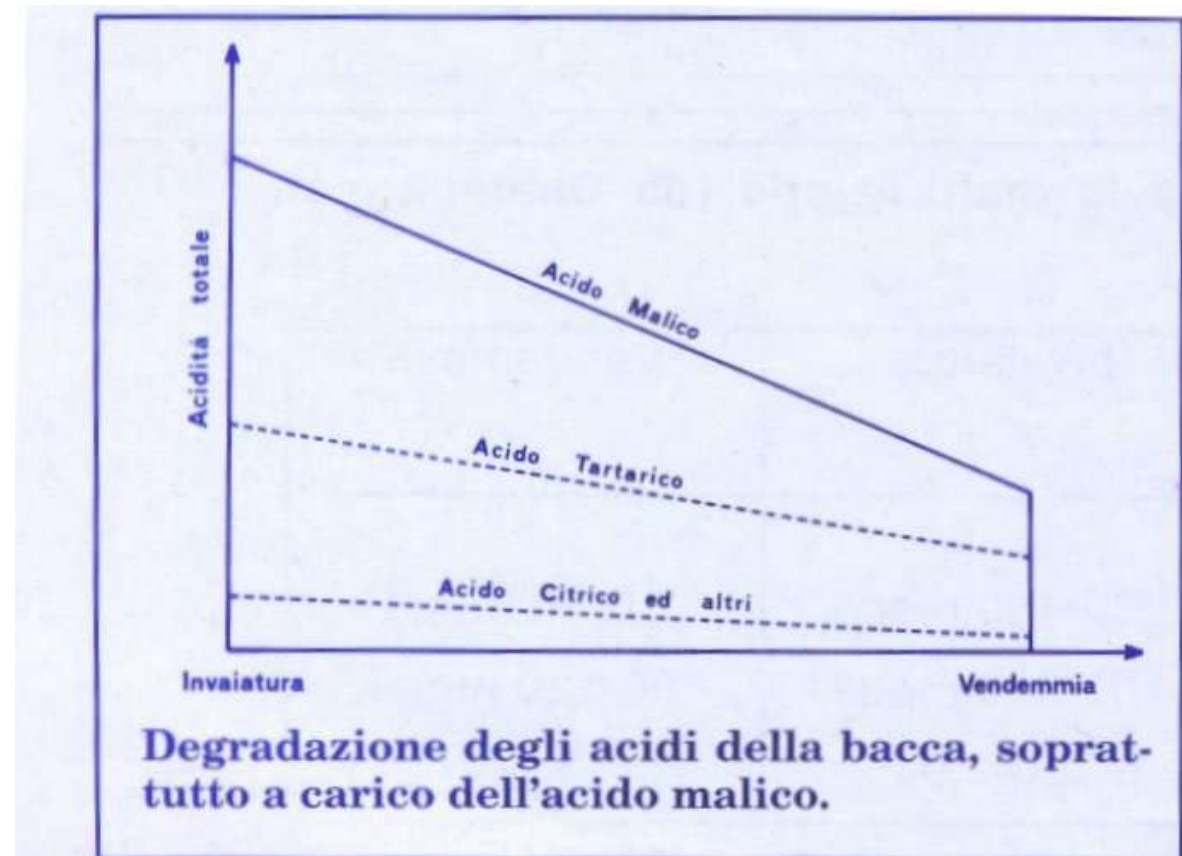
4. *diluizione* dell'acido malico per effetto di un aumento del tenore idrico della bacca



2. ACIDO TARTARICO

- L'acido tartarico è caratteristico del frutto di vite
- È sintetizzato a livello degli organi giovani, foglie ed in particolare nelle bacche
- A differenza dell'acido malico, il tartarico è in forma piuttosto stabile

•Si accumula senza subire particolari trasformazioni e, nelle fasi conclusive della maturazione, la sua concentrazione nelle bacche *cala in maniera graduale e lenta*



Si forma *a partire dal glucosio* che a livello dei C 4 e 5 subisce una carbossilazione e rottura con formazione di un composto intermedio (acido 5-chetagluconico) dal quale si origina un'aldeide dell'acido tartarico e quindi l'acido tartarico stesso in seguito ad ossidazione

RIEPILOGO ACIDO TARTARICO E CONFRONTO CON ACIDO MALICO

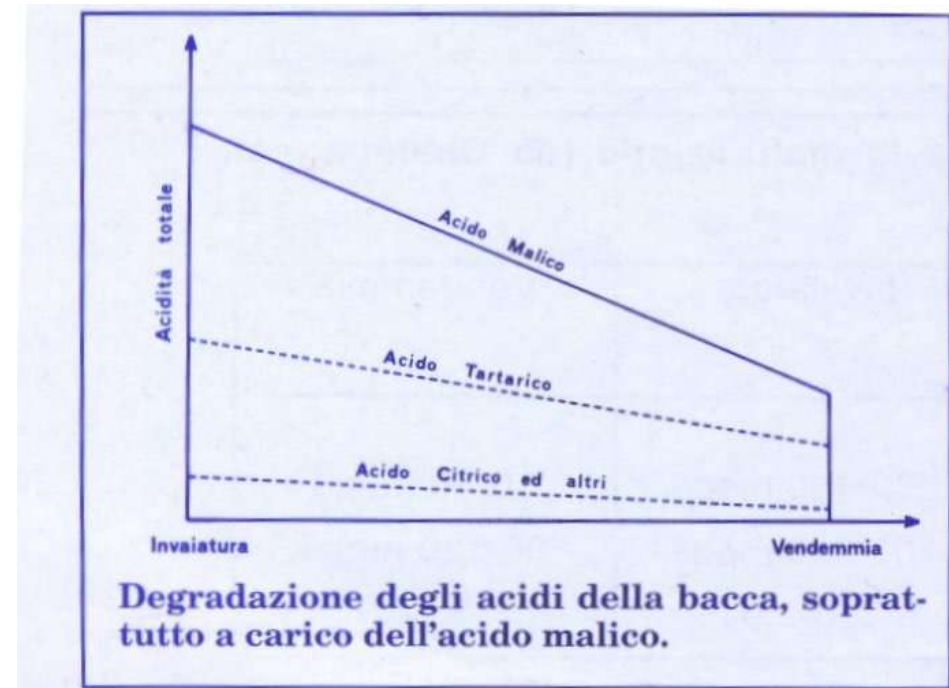
	Ac. Malico	Ac. Tartarico
	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{CHOH} \\ \\ \text{COO}^- \end{array}$
Sintesi	rapida diretta ossidazione dagli zuccheri più carbossilazione e riduzione	lenta molto indiretta
Luogo di sintesi	organi adulti	organi giovani
Cinetica metabolica	molto rapida	molto lenta
Accumulazione:		
- influenza della temperatura	molto alta	debole o nulla
- influenza del vigore	abbastanza alta	nulla
- influenza dei cationi	molto netta	debole o nulla
Ruolo ionico	grande	grande
- pK ₁	3,40	2,98
- pK ₂	5,11	4,34
Ruolo metabolico	vettore e riserva energetica	?

3. ACIDO CITRICO

- E' presente in *modeste quantità nelle bacche*, mentre è importante a livello radicale perché partecipa al processo di assorbimento radicale del ferro

- Si forma secondo 2 vie:

-attraverso una *fissazione della CO₂ proveniente dal terreno* sull'acido fosfoenolpiruvico e poi, seguendo una via simile a quella già descritta per l'acido malico, si ottiene appunto acido malico, il quale è a sua volta ossidato ad acido citrico secondo il ciclo di Krebs



- oppure tramite *migrazione di glucidi dalle foglie alle radici* e successiva ossidazione ad acido citrico secondo le reazioni di *glicolisi*. A questo punto può essere traslocato di nuovo alle foglie ed ai grappoli e qui impiegato come precursore dell'acido malico

- Il decremento dell'acidità nelle bacche in maturazione è *pressoché totalmente dovuto all'ossidazione dell'acido malico libero* che avviene sui 30°, mentre la degradazione dell'acido tartarico avviene solamente a temperature più elevate (attorno ai 35-37°C)

- L'acido malico è degradato soprattutto nel primo periodo seguente l'invasatura, quando le temperature diurne sono spesso elevate

- Generalizzando si può dire che esistono annate da acido malico (con andamento stagionale sfavorevole alla maturazione) ed annate da acido tartarico (caratterizzate da clima favorevole durante la maturazione)

Contenuti medi in acidi tartarico e malico di 12 vigneti negli anni 1982 e 1983 a Colmar (Francia) (da Huglin, 1986)

Anno	Somma T° att. Apr./Set.	Resa Kg/m ²	Ac. tartarico g/l	Ac. malico g/l
1982	1062	1.99	3.6	5.2
1983	1127	1.62	4.0	3.2

- L'acidità delle bacche regola il pH , parametro molto importante nel mosto in quanto in grado di influire su:
 - Selezione dei microrganismi fermentanti
 - Attività antisettica della SO_2

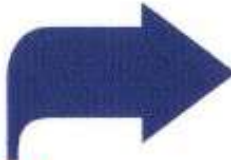
Il pH è legato alla natura ed al grado di dissociazione degli acidi presenti e alle loro combinazioni con le basi. Costituisce un indice di acidità reale a differenza dell'acidità totale che rappresenta l'acidità titolabile

Si misura la differenza di potenziale tra due elettrodi immersi nel liquido in esame .
Un elettrodo (elettrodo a vetro) ha un potenziale che è una funzione definita del pH del liquido, mentre l'elettrodo a calomelano costituisce l'elettrodo di riferimento a potenziale noto e fisso

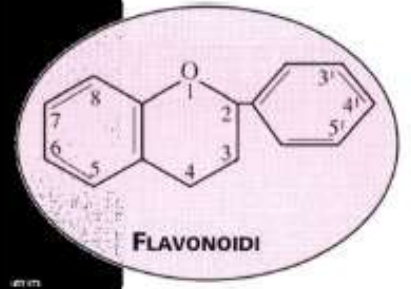
Organi	Fenomeni
Foglie adulte	La fotosintesi è superiore alla respirazione, per cui possono depositare zuccheri nelle bacche e nei tralci (agostamento), fenomeni fra loro in competizione. Gli zuccheri possono essere prodotti a partire anche dall'acido malico precedentemente depositato. Una parte degli zuccheri viene trasportata nelle radici e immagazzinata come amido.
Bacche	Gli zuccheri dopo l'invasatura aumentano: provengono dal legno vecchio, dalle foglie adulte e dalla trasformazione dell'acido malico depositato negli acini verdi. L'acidità diminuisce a causa dell'aumento di volume, della diluizione idrica, della trasformazione dell'acido malico in zuccheri e per la sua combustione respiratoria. La diminuzione dell'acido tartarico è limitata: il decremento può essere intensificato da periodi caldo-aridi, mentre può essere attenuato dalle piogge (o dall'irrigazione).
Radici	Assorbono acqua ed elementi minerali (in particolare K). Accumulano una parte di zuccheri come amido ed una parte la respirano. Trasportano, tal quale, l'acido tartarico. Continua il trasporto di acido citrico e la sua ossidazione, nel corso della migrazione, in acido malico.

1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - b. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - c. COMPOSTI FENOLICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

CIANIDINA
 DELFINIDINA
 PEONIDINA
 PETUNIDINA
 MALVIDINA



FLAVONOIDI
 C6-C3-C6



ANTOCIANI: 5 antocianine
 glicosilate in posizione 3 ed esterificate da

- ac. acetico
- ac. p-cumarico
- ac. caffeico

FLAVONOLI: campferolo - quercetina - miricetina

FLAVANOLI: tannini
 oligomeri e polimeri
 (Proantocianidine)

nell'acino

- PRODELFINIDINE (gallo catechine)*
- PROCIANIDINE (catechine)**

nei vinaccioli

- PROCIANIDINE
 (maggiore quantità
 di catechina, epicatechina)

NON FLAVONOIDI
AC. FENOLICI

Ac. benzoici C6-C1

Ac. idrossicinnamiltartarici C6-C3

- ac. gallico
- ac. caffeiltartarico
- ac. paracumariltartarico
- ac. feruliltartarico

 } prevalenti
 nella forma
trans

IDROSSISTILBENI

- Resveratrolo (buccia)

I composti fenolici

ACIDI FENOLICI

Polifenoli non flavonoidi

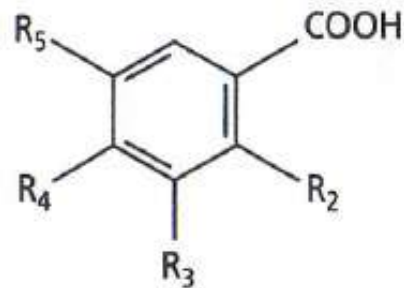
Sono i derivati del:

➤ AC.BENZOICO

➤ AC. CINNAMICO

- Nelle polpe sono i composti fenolici quantitativamente più importanti (fino a 430 mg/L)
- Sono coinvolti nelle reazioni di imbrunimento dei mosti e dei vini
- Gli ac. Idrossicinnamil-tartarici possono essere precursori di alcuni fenoli volatili con note aromatiche sgradite (stalla, farmaceutico ecc.)
- Potenti antimicrobici
- Conoscenze ancora limitate

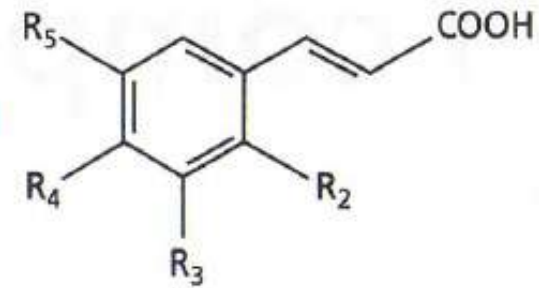
Acidi fenolici



C6-C1

Acidi benzoici

	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅
Acido p-idrossibenzoico	H	H	OH	H
Acido protocatechico	H	OH	OH	H
Acido vanillico	H	OCH ₃	OH	H
Acido gallico	H	OH	OH	OH
Acido siringico	H	OCH ₃	OH	OCH ₃
Acido salicilico	OH	H	H	H
Acido gentisico	OH	H	H	OH



C6-C3

Acidi cinnamici

Acido p-cumarico
Acido caffeico
Acido ferulico
Acido sinapico

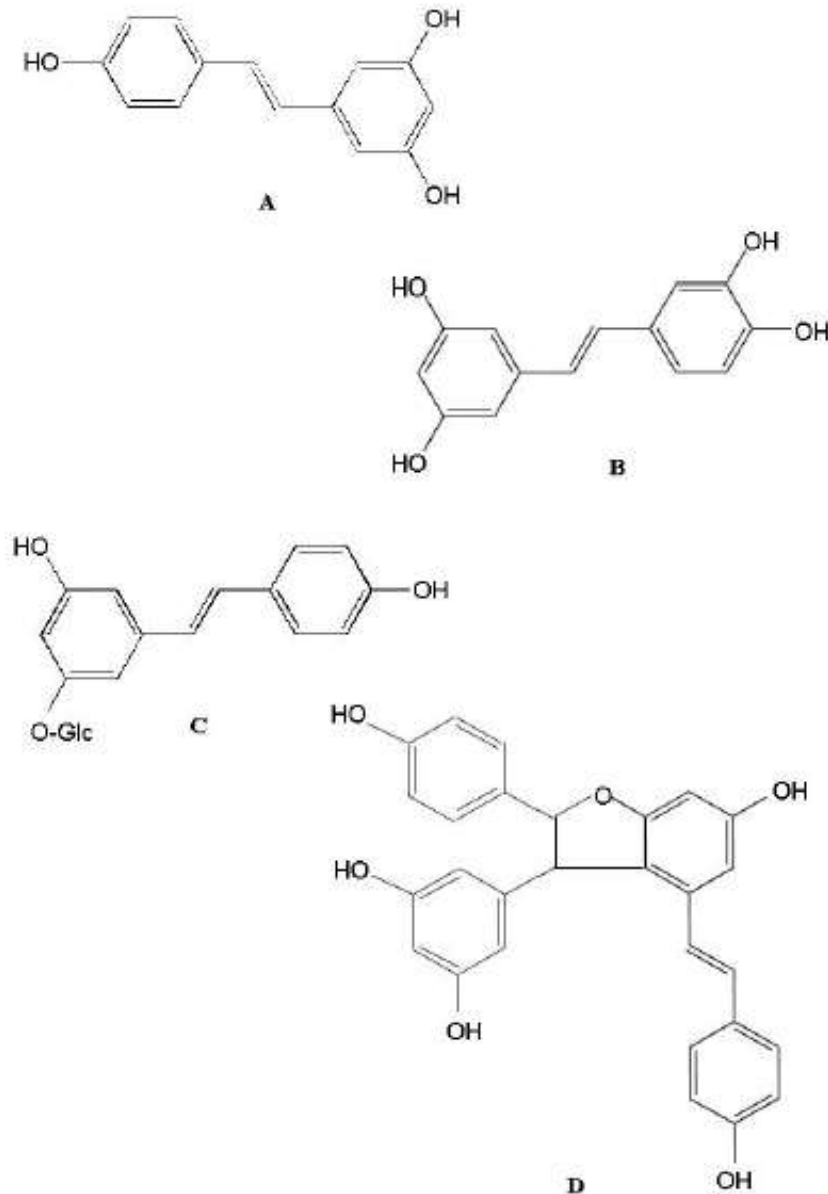
Maggior presenza di forme libere

Esterificati con l'acido tartarico o glucosio
Unici composti fenolici anche nella polpa
Molecole incolori

Stilbeni

- Costitutivi o Indotti
- Prodotti in risposta a stress biotici e abiotici
- Localizzato in particolare nelle bucce
- Il *trans*-resveratrolo è il più importante
- Proprietà farmacologiche

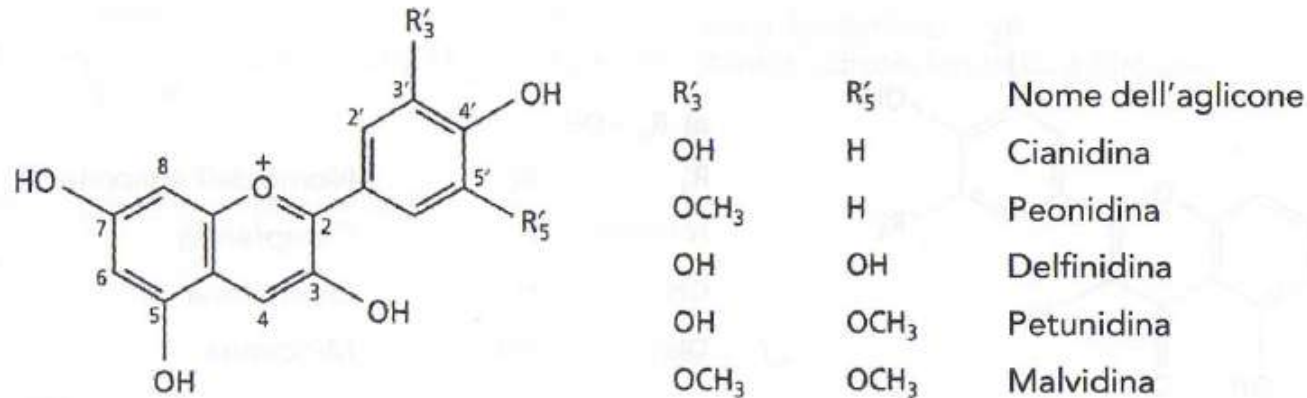
Figura 1. Structure of *trans*-resveratrol (A), piceatannol (B), *trans*-piceid (C), *o*-viniferin (D).



FLAVONOIDI

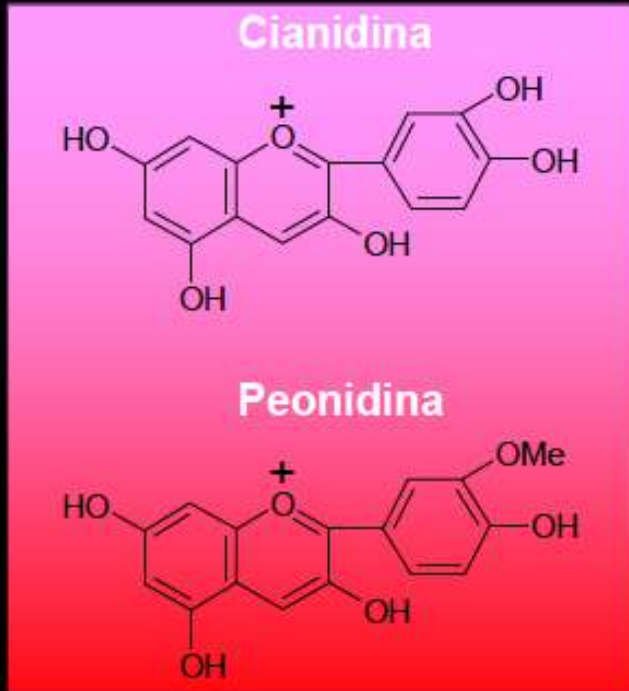
- Sono i veri e propri polifenoli (scheletro C6-C3-C6)

a) Antociani

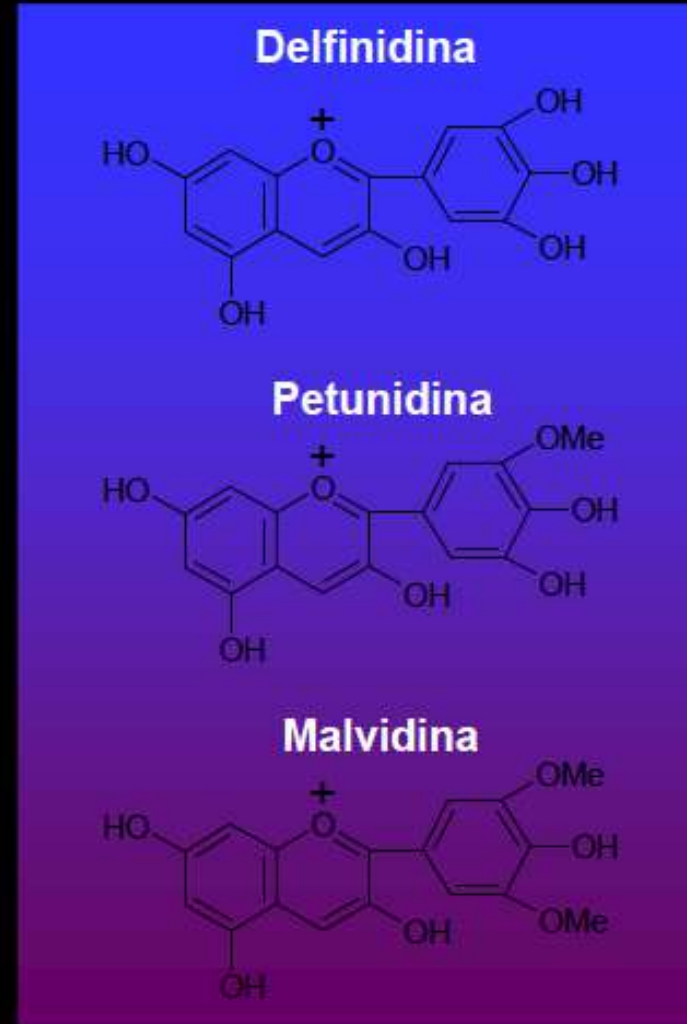


- Nella *V. vinifera* il C3 è legato al β -D-Glucosio (Antocianine)
- Lo zucchero può essere esterificato con
 - Ac. Acetico
 - Ac. Caffeico
 - Ac. Paracumarico
- Pigmenti rossi contenuti nelle bucce (succo vacuolare cellule ipodermiche) fino a 3 g/Kg di uva, raramente nella polpa (varietà tintorie)
- Rapporti fissi tra le antocianine (controllo genetico)
- L'annata e il terroir possono influenzare la quantità assoluta, non il profilo antocianico

Struttura delle antocianidine



Metilazione



L' idrossilazione e la metilazione dell' anello B influenzano il colore

Profilo antocianico di alcuni vitigni

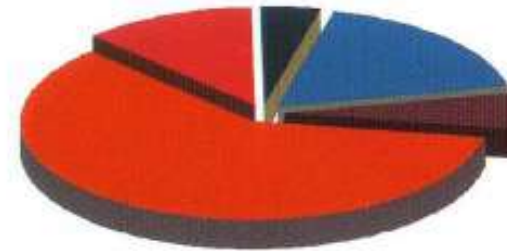
GAGLIOPPO



BARBERA



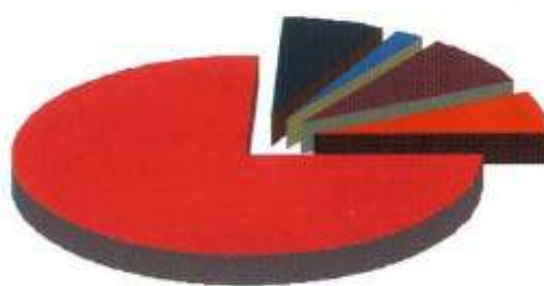
NEBBIOLO



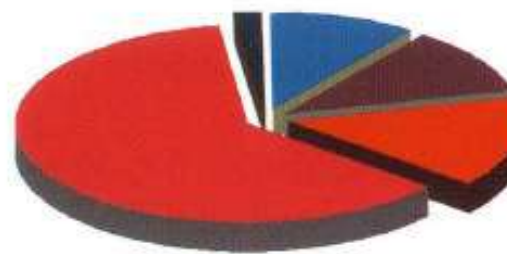
MAGLIOCCO



CABERNET SAUVIGNON



SANGIOVESE



malvidina %

delphinidina %

petunidina %

peonidina %

cianidina %

Microclima del grappolo e sintesi degli antociani

- L'aumento della temperatura della bacca è legata alla sua esposizione alla radiazione solare diretta
- ΔT Bacca-Ambiente aumenta secondo una curva sigmoideale
- Uve in posizioni esposte sono meno ricche in antociani rispetto a quelle meno esposte
- Effetti molto evidenti in varietà geneticamente poco colorate
- Riduzione antociani con alti regimi termici
- Modificazione antociani con alti regimi termici (Malvidina la più stabile)
- Temperature elevate permettono la sintesi di antociani, ma ne inducono la degradazione per stress ossidativo alle bacche

- *forma glicosilata*, cioè legati ad *una* (*V. vinifera*) o *due* (*V. labrusca*, *V. riparia*, *V. rupestris*) molecole di zucchero

- forme agliconiche: *antocianidine*

- Le antocianidine del genere *Vitis*:

cianidina

delfinidina

In totale, concentrazioni da 500 a 3000 mg/Kg di bacche

peonidina

malvidina

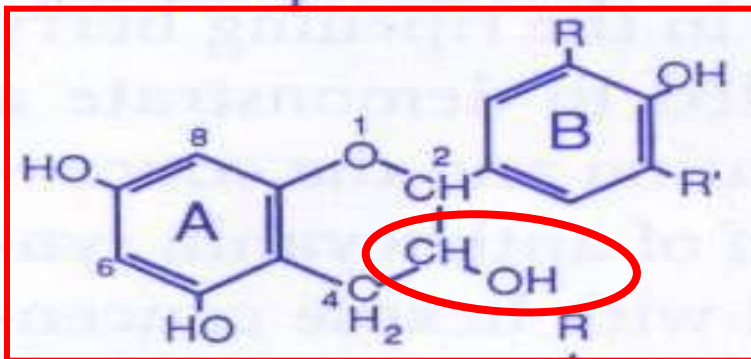
petunidina

Antociani (20-50 mg/l. mosto)	rossi	malvidina delfinidina petunidina cianidina peonidina	buccia (polpa delle tintorie)	antociani monoglucosidi, con prevalenza della malvidina; si trovano nei vacuoli - antociani diglucosidi nelle uve americane
-------------------------------------	-------	--	---	--

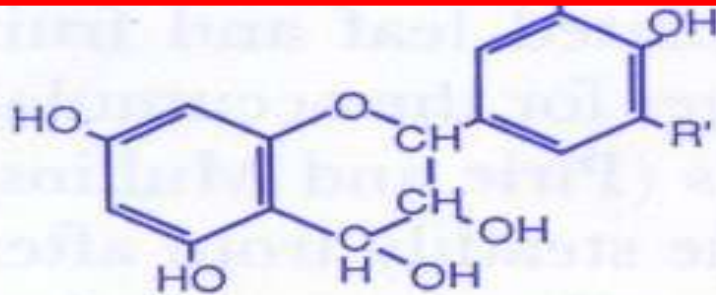
b) Flavan-3-oli

- in forme oligomere o polimere sono indicati come tannini
- Composti più importanti:
 - catechina ed il suo isomero epicatechina
 - in forme oligomeriche originano le procianidine

Tannin 'precursors'



$R = \text{OH}, R' = \text{H}$ gives catechin
 $R = R' = \text{OH}$ gives gallo catechin



$R = \text{OH}, R' = \text{H}$ gives leucocyanidin
 $R = R' = \text{OH}$ gives leucodelphinidin

- *vinaccioli* (1000-6000 mg/kg di bacche)

- *bucce* (100-500 mg/Kg)

Catechine e proantocianidoli: presenza negli organi e nelle varietà.

UVE	- Vinaccioli	>50%
	- graspi	<25%
	- bucce	<25%
	- polpa	tracce

Variabilità varietale

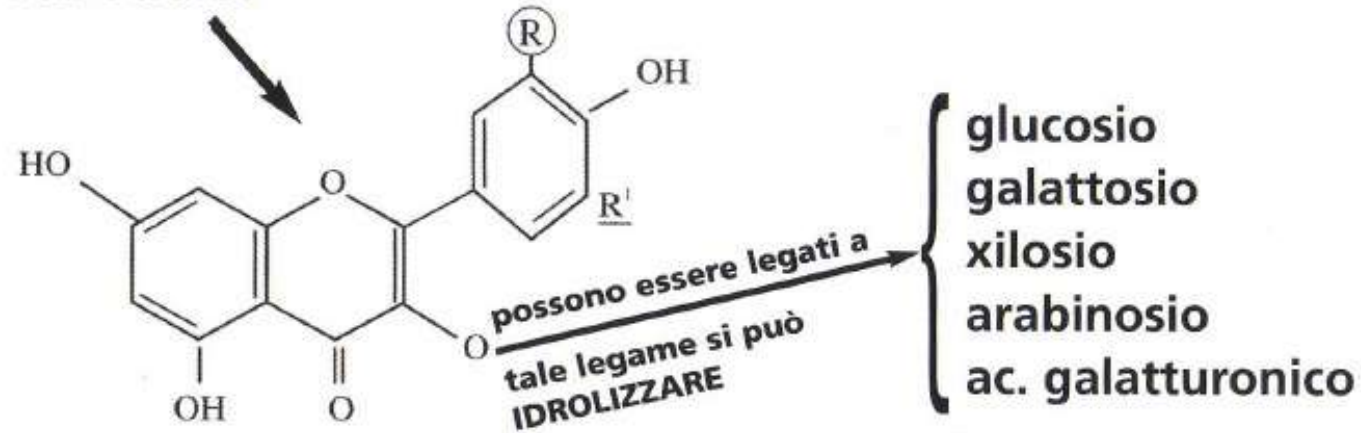
- rosse	:	a) ricche da 1 a 2 g/Kg di grappolo (Pinot n., Cabernet S., ecc.)
	:	b) povere da 0,3 a 0,4 g/Kg di grappolo (Carignan, Grenache, ecc.)
- bianche o grigie	:	a) ricche sino a 2,5 g/Kg di grappolo (Pinot g., ecc.)
	:	b) povere da 0,4 a 0,5 g/Kg di grappolo (Riesling r., Sauvignon, ecc.)

VINI	- rossi	da 400 a 1.300 mg/l
	- bianchi: vinificazione in bianco:	< 10-30 mg/l
		: con macerazione e sovrappressione delle vinacce: 25-100 volte di più

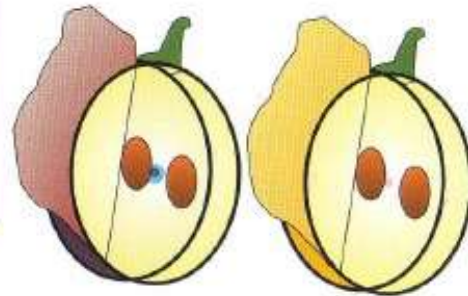
- Hanno molteplici proprietà nutraceutiche
- Condizionano i parametri organolettici del mosto e del vino
- La loro concentrazione è influenzata da fattori endogeni ed ambientali

Flavonoli

Si distinguono dagli antociani per il grado di ossidazione dell'anello eterociclico






	R	R'
Quercetina	OH	H
Campferolo	H	H
Miricetina	OH	OH



Si trovano nelle bucce nell'ordine di 10-50 mg/kg, sono caratterizzati dal colore giallo e sono in proporzioni diverse fra loro nelle uve bianche e nere. Per esempio nelle uve bianche la miricetina è assente

da Lanati e Marchi, 2007

- ✓ La loro presenza è fortemente legata all'esposizione luminosa (anche locale) dell'organo in cui si accumulano. Più luce, contenuti più elevati. Quello che prevale è la quercetina.
- ✓ Sono composti protettivi per radiazioni UV e "spazzini" per radicali liberi

Parts of grape bunch	Major phytochemicals
<p>Peel</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Anthocyanins • Quercetin derivatives (e.g. rutin) • Kaempferol derivatives • Catechins • Resveratrol • Chlorogenic
<p>Seed</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Catechins • Chlorogenic acid • Quercetin derivatives • Resveratrol
<p>Stem</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Caftaric acid, coumaric acid • Quercetin derivatives • Kaempferol derivatives • Myricetin derivatives • Catechins • Astilbin, engeletin

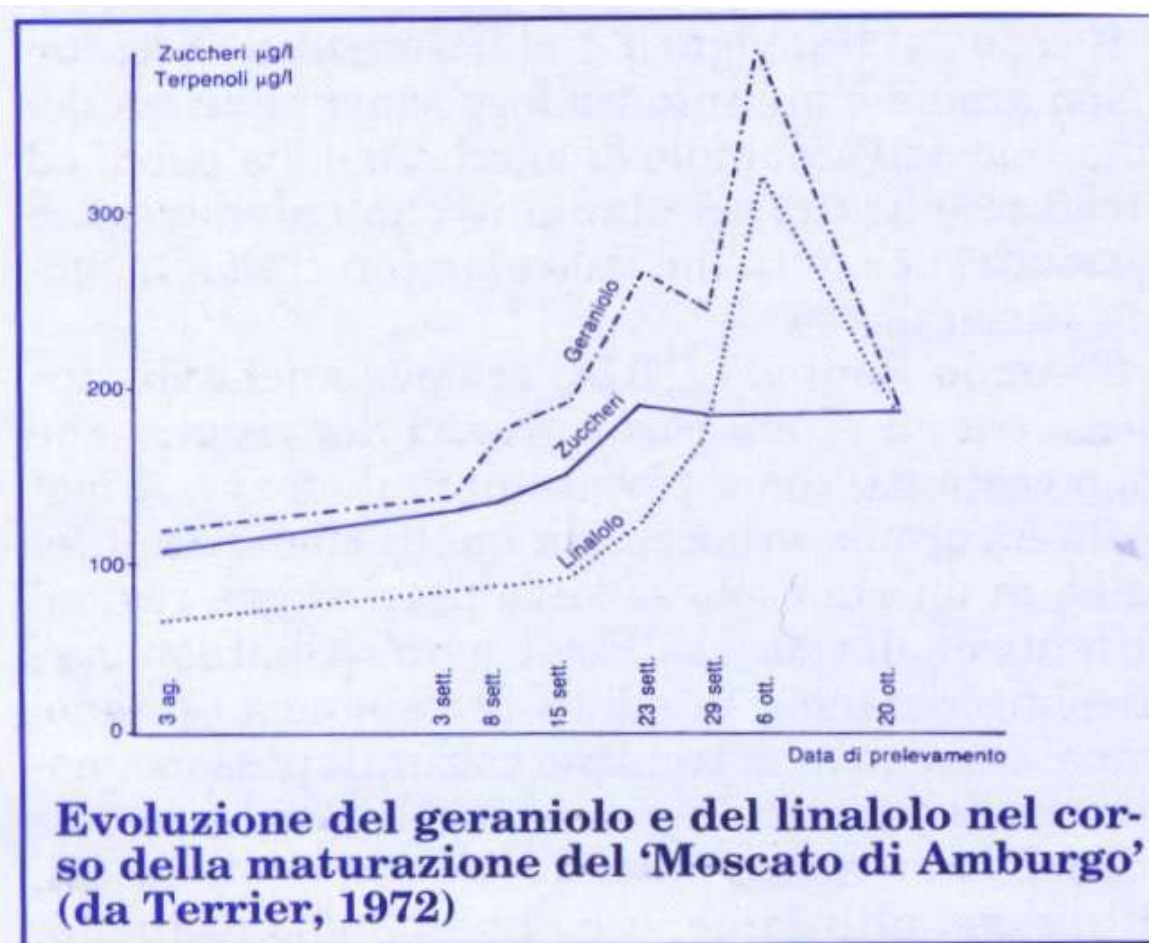
(Rockenbach et al., 2011; Souquet et al., 2000)

1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. COMPOSTI FENOLICI
 - b. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - c. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

SINTESI SOSTANZE AROMATICHE

• I composti aromatici dell' uva sono *localizzati nella buccia*, nella quale vanno concentrandosi durante l' evolversi della maturazione

• In questo senso esiste una correlazione chiaramente positiva tra l' *accumulo di zuccheri nella bacca e lo sviluppo del profilo aromatico*



Gli Aromi

- Molecole (volatili) in concentrazioni variabili tra mg/L e ng/L
- L'aroma dipende dalla natura e dal contenuto dei singoli composti
 - Profilo qualitativo sotto controllo genetico (vitigno)
 - La concentrazione è strettamente legata a
 - Clima (Temperature, Escursione termica, Luce)
 - Terreno (Tessitura, Calcare)
 - Tecniche colturali
- Avvertiti oltre la soglia di percezione



Gli aromi hanno innanzitutto un *origine varietale*, ed in base al profilo aromatico distinguiamo:

- vitigni aromatici
- vitigni mediamente aromatici
- vitigni poco aromatici

Potenziale aromatico

- Varietali (varietà aromatiche e a sapore neutro)
 - Liberi : si avvertono masticando la polpa (Moscato)
 - Precursori : in forma glucosilata, importanti per l'evoluzione del vino
 - Molecole volatili non odorose : acidi fenolici e acidi grassi possono originare fenoli con odori di farmacia, cuoio, pepe

METOSSIPIRAZINE

AROMI

1) **Metossipirazine** (Cabernets, Merlot, Sauvignon)

2) **Terpeni** (liberi, volatili)

linalolo	(Moscati)	= rosa
geraniolo	(Malvasia)	= rosa
α -terpineolo		= canfora
nerolo		= rosa
citronello		= limone
hotrienolo		= tiglio

3) **Derivati C13 nor-isoprenoidi** (dai carotenoidi) (precursori)

β -damascenone (frutti esotici)-Riesling r., Chardonnay, ecc.
 β -ionone (viola)

4) **Composti solforati** (tioli) ribes, pompelmo, ginestra, in Concord=Labrusca, Sauvignon, Chenin

5) **Aroma di specie americane**

-antranilato di metile: sapore "foxy" di Concord (labrusca) e Rotundifolia
-furanoni: odore di fragola (uve americane)

6) **Composti non volatili** (precursori aromatici)

precursori non specifici

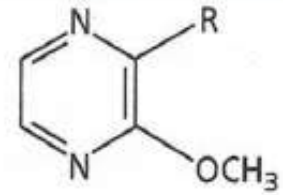
aminoacidi
acidi grassi insaturi
acidi fenolici
acido cinnamico

forme "legate"

terpeno-glucosidi o terpeno-
-glicosidi C13 nor-isoprenoidi
precursori della cisteina

Metossipirazine

- Composti eterociclici azotati provenienti dal metabolismo degli amminoacidi
- Odore vegetale (peperone verde, asparago, pisello) e note terrose
- Bassa soglia di percezione olfattiva (pochi ng/L)
- Percepite in Cabernet Sauvignon, Sauvignon, Cabernet franc, Carmenère e Merlot
- Ritrovate anche in Pinot grigio, Gewürztraminer, Chardonnay, Riesling
- Aroma vegetale non sempre apprezzato (scarsa maturità)
- Contenute nella buccia



- | | |
|---|-------------------------------|
| R: $\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ | 2-metossi-3-isobutilpirazina |
| R: $\text{CH}(\text{CH}_3)$ | 2-metossi-3-isopropilpirazina |
| R: $\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$ | 2-metossi-3-secbutipirazina |

TERPENI

Sono oltre 4.000, ma quelli in grado di partecipare all'aroma sono i monoterpeni, come:

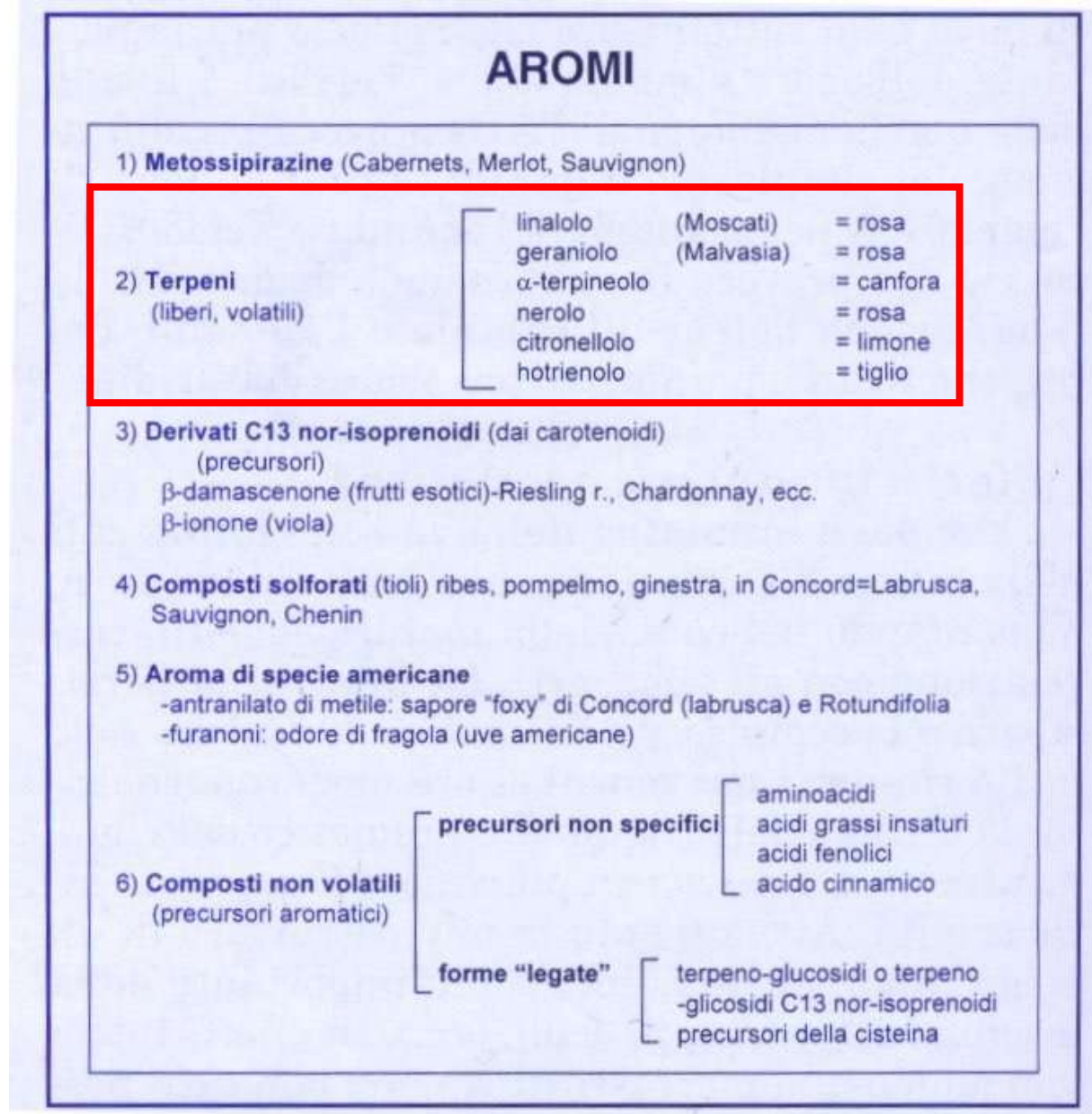
-*idrocarburi semplici*

-*aldeidi* come il linalale ed il geraniale

-*alcoli* come il linalolo ed il geraniolo

-*acidi* come l'ac. linalico e l'ac. Geranico

-*esteri* come l'acetato di linalile) ed i sesquiterpeni



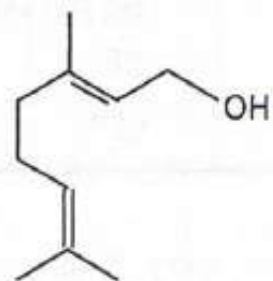
Composti terpenici

- Monoterpeni (C10) e sesquiterpeni (C15)
- Alcoli monoterpenici sono i più odorosi (basse soglie di percezione olfattiva)
- Forme glucosilate inodori (Glucosio, Arabinosio, Ramnosio, Apiosio) più abbondanti
- Caratterizzanti la famiglia dei Moscati (I), aroma “Moscato” (II), varietà a sapore neutro < Soglia di percezione (III)

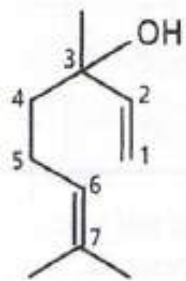


da
Ribéreau-Gayon,
2003

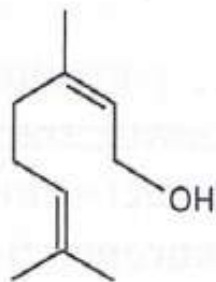
Monoterpeni	Descrittori olfattivi	Soglia di percezione olfattiva* (µg/L)	Tenori (µg/L) nei mosti						
			Moscato di Alessandria ^c	Moscato di Frontignan ^c	Gewürztraminer ^d	Albarigno ^e	Riesling ^d	Muscadelle ^f	Sauvignon ^f
Linalolo	Rosa	50 ^a	455	473	6	80	40	50	17
α-terpineolo	Mughetto	400 ^a	78	87	3	37	25	12	9
Citronellolo	Citronella	18 ^a	nd	nd	12	nd	4	3	2
Nerolo	Rosa	400 ^a	94	135	43	97	23	4	5
Geraniolo	Rosa	130 ^a	506	327	218	58	35	16	5
Ho-trienolo	Tiglio	110 ^b	nd	nd	nd	127	25	nd	nd



Geraniolo

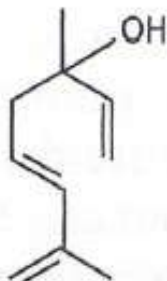


Linalolo

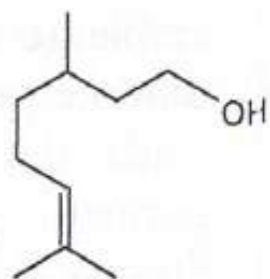


Nerolo

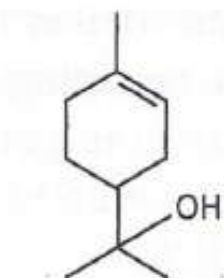
Principali
monoterpenoli



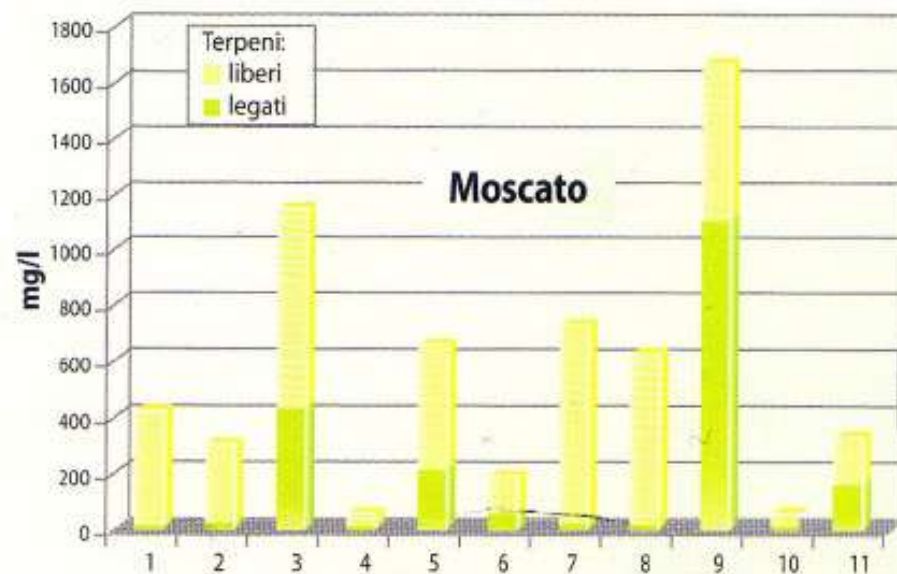
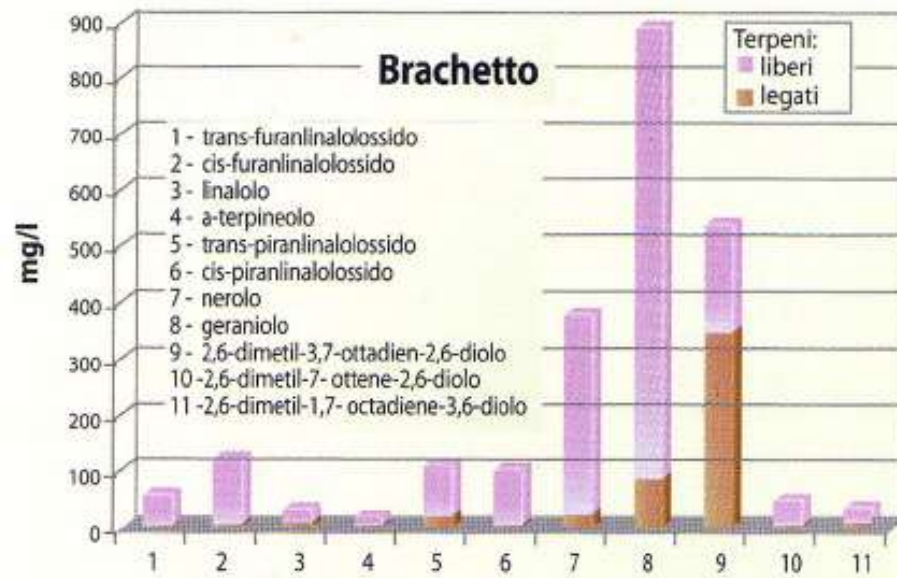
Ho-trienolo



Citronellolo



Alfa-terpineolo



AROMI

1) **Metossipirazine** (Cabernets, Merlot, Sauvignon)

2) **Terpeni**
(liberi, volatili)

linalolo	(Moscati)	= rosa
geraniolo	(Malvasia)	= rosa
α -terpineolo		= canfora
nerolo		= rosa
citronellolo		= limone
hotrienolo		= tiglio

3) **Derivati C13 nor-isoprenoidi** (dai carotenoidi)
(precursori)

β -damascenone (frutti esotici)-Riesling r., Chardonnay, ecc.
 β -ionone (viola)

4) **Composti solforati** (tioli) ribes, pompelmo, ginestra, in Concord=Labrusca, Sauvignon, Chenin

5) **Aroma di specie americane**

-antranilato di metile: sapore "foxy" di Concord (labrusca) e Rotundifolia
-furanoni: odore di fragola (uve americane)

6) **Composti non volatili**
(precursori aromatici)

precursori non specifici

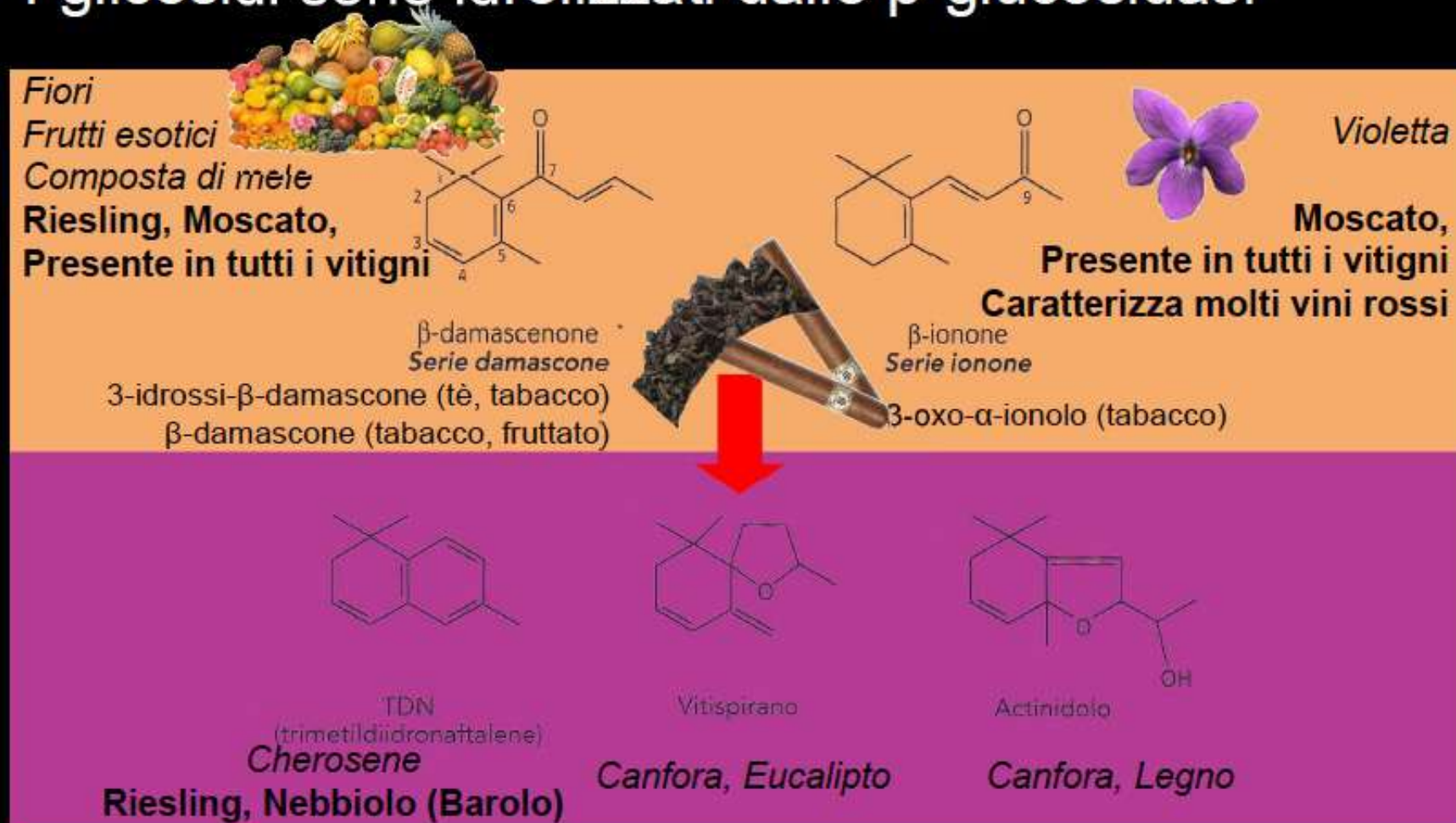
aminoacidi
acidi grassi insaturi
acidi fenolici
acido cinnamico

forme "legate"

terpeno-glucosidi o terpeno
-glicosidi C13 nor-isoprenoidi
precursori della cisteina

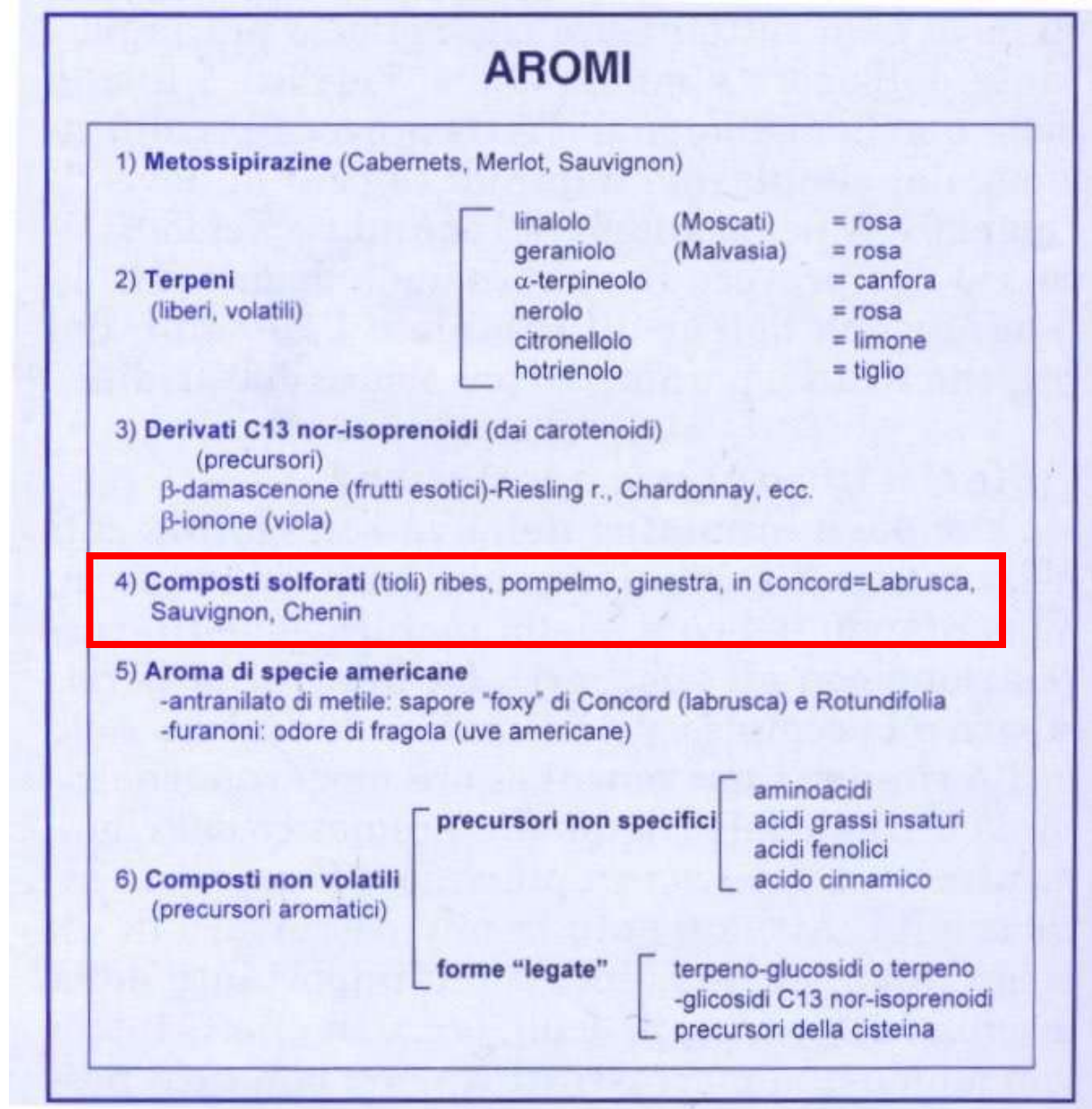
Norisoprenoidi C13

- Derivati dalla degradazione ossidativa dei carotenoidi
- Nell'uva sono principalmente glicosilati
- I glicosidi sono idrolizzati dalle β -glucosidasi



COMPOSTI SOLFORATI

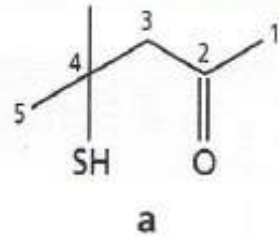
- Di solito conferiscono la puzza di mercaptani
- Sono però presenti con aromi di ribes guaranà ginestra etc.
- cv Concord (V.labrusca), Sauvignon e nello Chenin



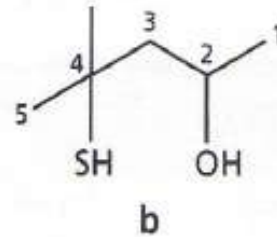
Composti solforati

- Tioli o mercaptani (spesso sgradevoli, pipì di gatto)
- Nell'uva sono S-coniugati della cisteina, si liberano in FA
- Identificati nelle uve di Sauvignon e anche in Gewürztraminer, Riesling, Sylvaner...

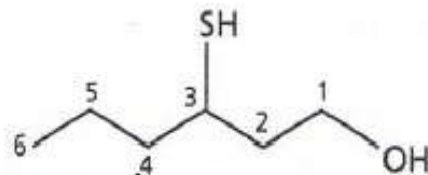
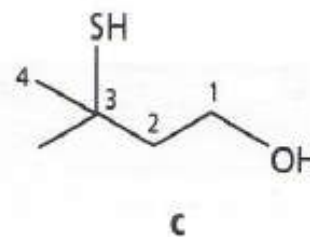
Bosso, Ginestra, Foglia di pomodoro, Fiore di sambuco



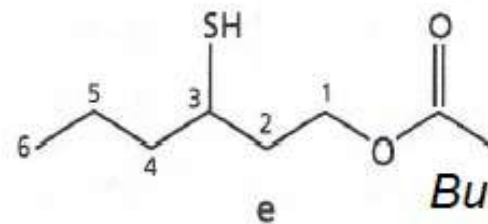
Bosso, Ginestra



Pere cotte



Bosso, Buccia di pompelmo, Frutto della passione

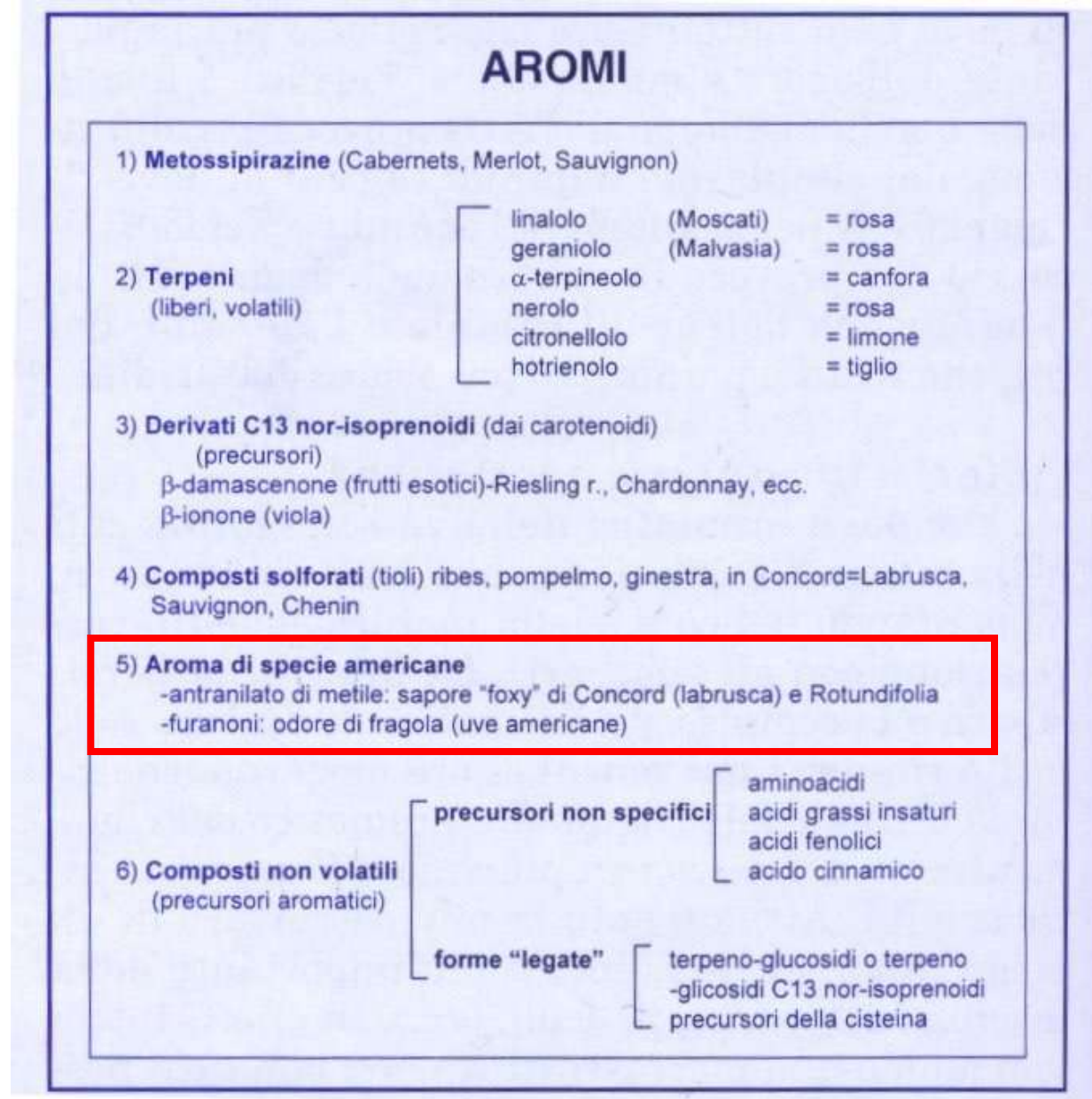


Buccia di pompelmo, Frutto della passione

a: 4-mercapto-4-metilpentan-2-one (4 MMP); b: 4-mercapto-4-metilpentan-2-olo (4 MMPOH); c: 3-mercapto-3-metilbutan-1-olo (3 MMB); d: 3-mercaptoesano-1-olo (3 MH); e: acetato del 3-mercaptoesano-1-olo (A 3MH).

AROMA DELLE SPECIE AMERICANE

- Il più noto è l'*antranilato di metile*, che conferisce l'odore foxy alla V. labrusca (concord) ed alla V. rotundifolia
- I *furanoni* danno invece l'odore di fragola delle uve americane (Uva fragola, Isabella). Presenti in tracce anche in Pinot



AROMI

1) Metossipirazine (Cabernets, Merlot, Sauvignon)

2) Terpeni (liberi, volatili)

linalolo	(Moscati)	= rosa
geraniolo	(Malvasia)	= rosa
α -terpineolo		= canfora
nerolo		= rosa
citronello		= limone
hotrienolo		= tiglio

3) Derivati C13 nor-isoprenoidi (dai carotenoidi) (precursori)

β -damascenone (frutti esotici)-Riesling r., Chardonnay, ecc.

β -ionone (viola)

4) Composti solforati (tioli) ribes, pompelmo, ginestra, in Concord=Labrusca, Sauvignon, Chenin

5) Aroma di specie americane

-antranilato di metile: sapore "foxy" di Concord (labrusca) e Rotundifolia

-furanoni: odore di fragola (uve americane)

6) Composti non volatili (precursori aromatici)

precursori non specifici

aminoacidi
acidi grassi insaturi
acidi fenolici
acido cinnamico

forme "legate"

terpeno-glucosidi o terpeno-
-glicosidi C13 nor-isoprenoidi
precursori della cisteina

COMPOSTI NON VOLATILI DELLE UVE

Si tratta di composti non volatili e quindi inodore. Possono essere di 2 tipi:

1.1) precursori non specifici, quali:

- aminoacidi (es metionina) dai quali possono originarsi per azione dei lieviti, alcoli superiori del vino (es metionolo)

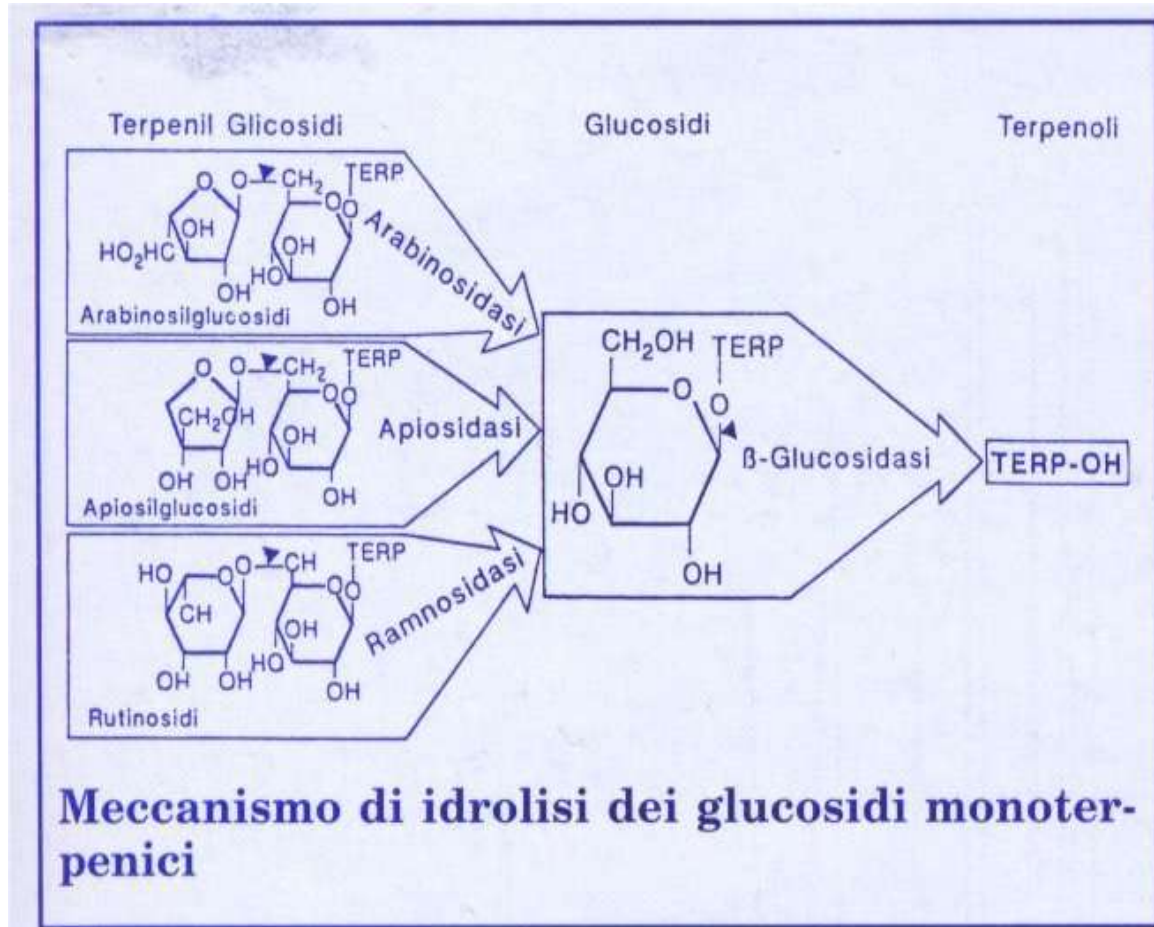
- acidi grassi insaturi C18 (ac linoleico ed ac. linolenico) dai quali possono originarsi aldeidi ed alcoli aventi odori erbacei e di erba tagliata

- acidi fenolici (come a p-cumarico e ferulico) dai quali si possono originare fenoli volatili aventi odori speziati

2.2) forme legate dell'aroma delle uve

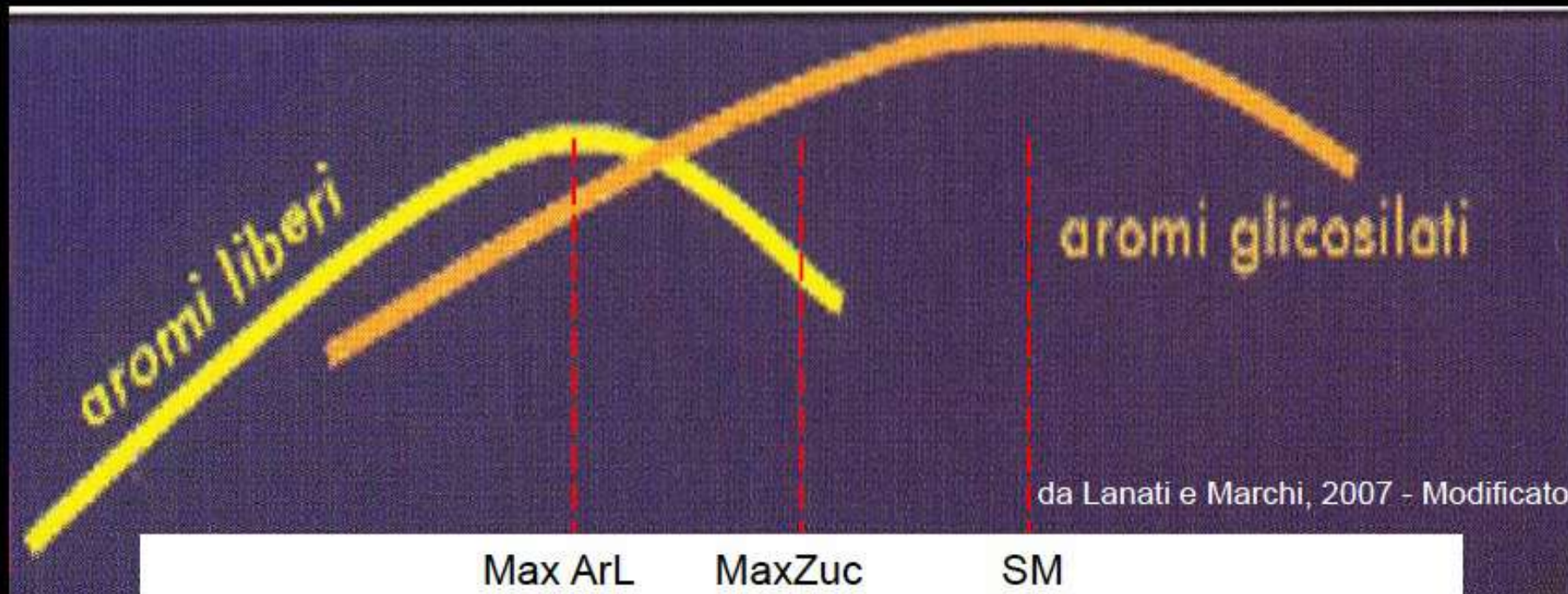
• Si tratta di **monoterpeni legati a molecole di zucchero (glicosilate)**. Le molecole di zucchero a cui i terpeni sono legati possono essere: glucosio, arabinosio, ramnosio ed anche oligosaccaridi

• La liberazione dei terpeni (e degli aromi) può avvenire attraverso l'attività della **beta glucosidasi del mosto**, oppure dall'attività dello stesso enzima ricavato dall'*Aspergillus niger* (l'aggiunta dell'enzima è diffusa nel mosto di varietà aromatiche), attraverso enzimi costitutivi dei lieviti o per idrolisi acida

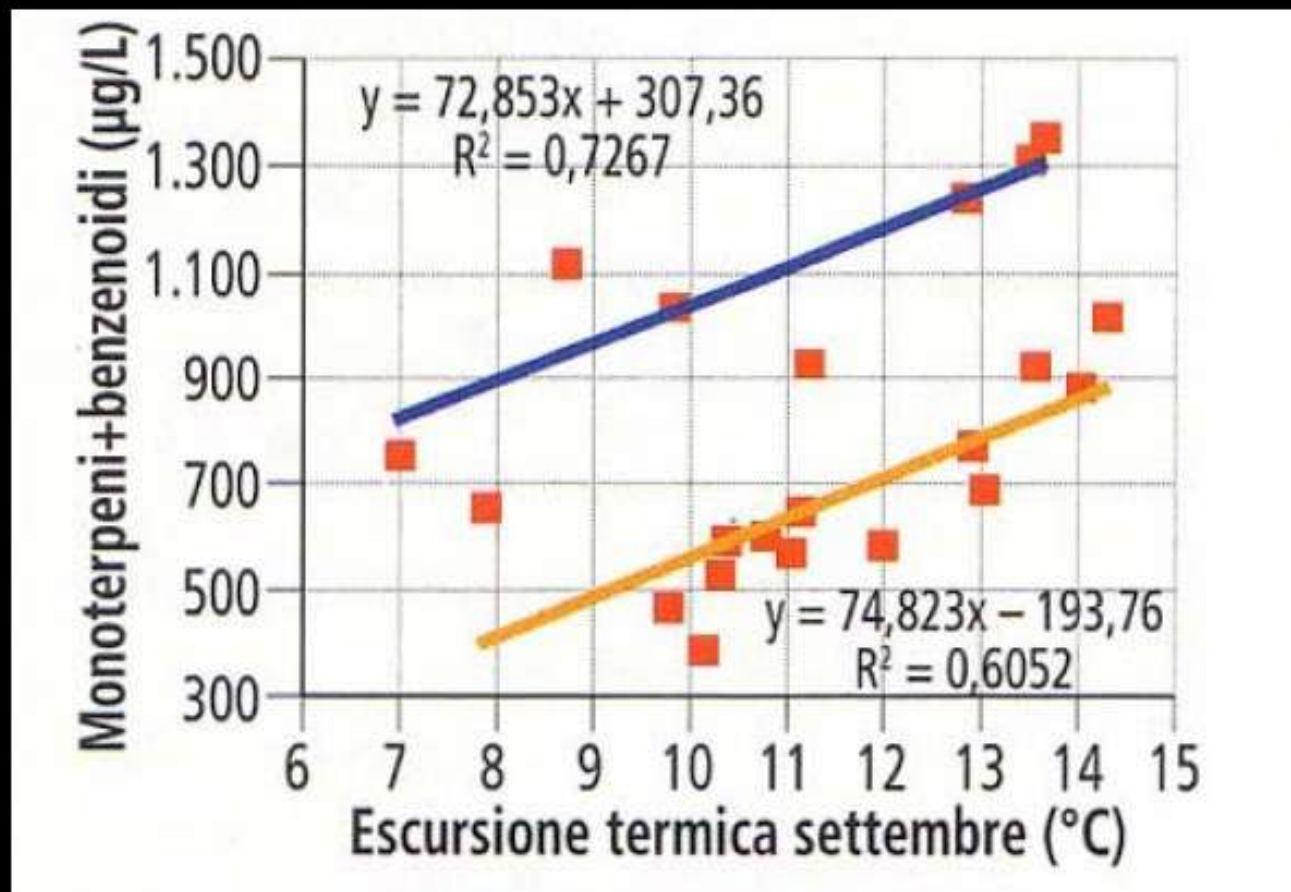


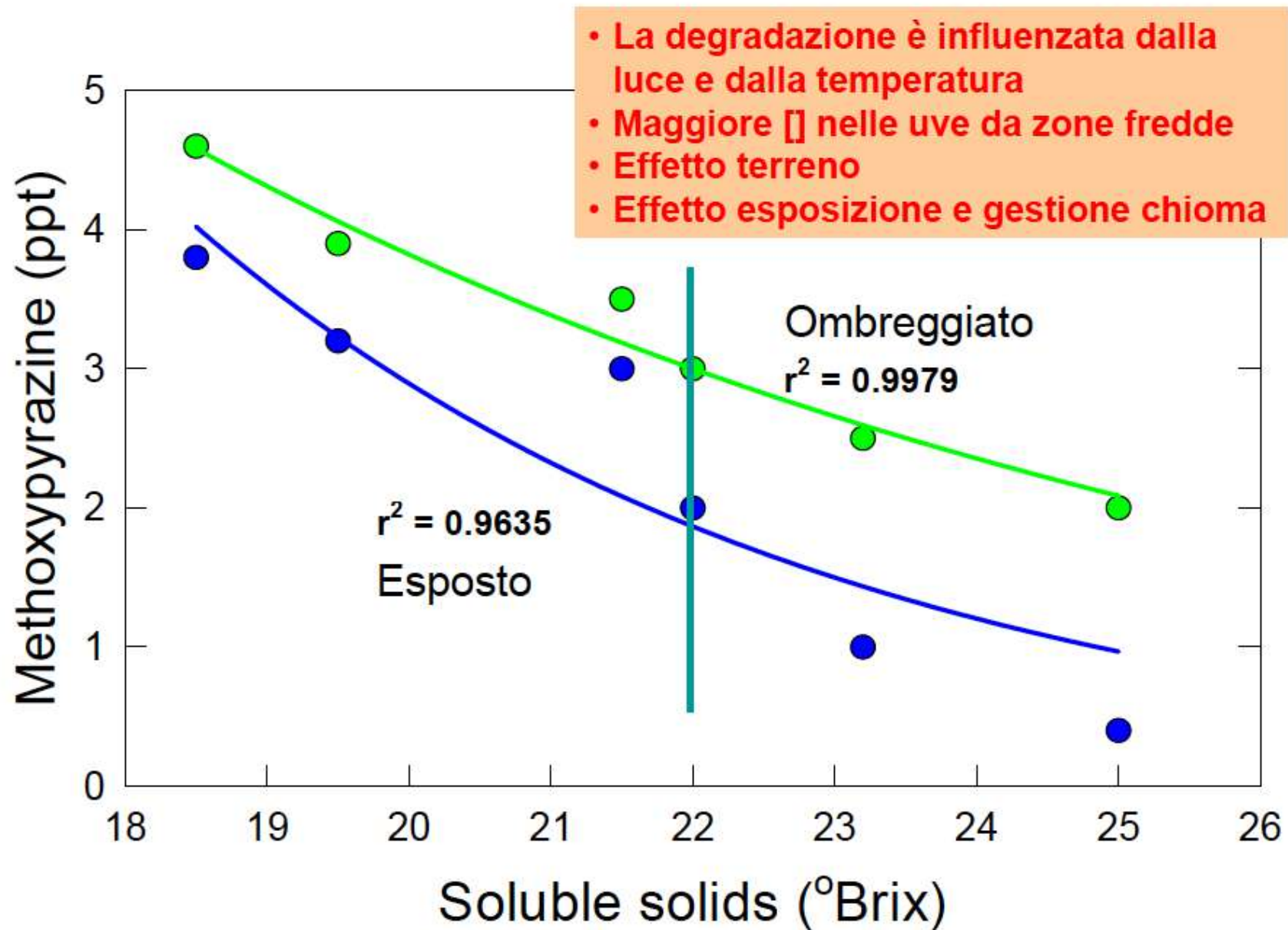
Evoluzione dell'aroma dell'uva

- Composti terpenici
 - Accumulo nell'acino a partire dall'invasiatura
 - Max. forme libere prima del max accumulo zuccheri
 - Glicosidi > Forme libere



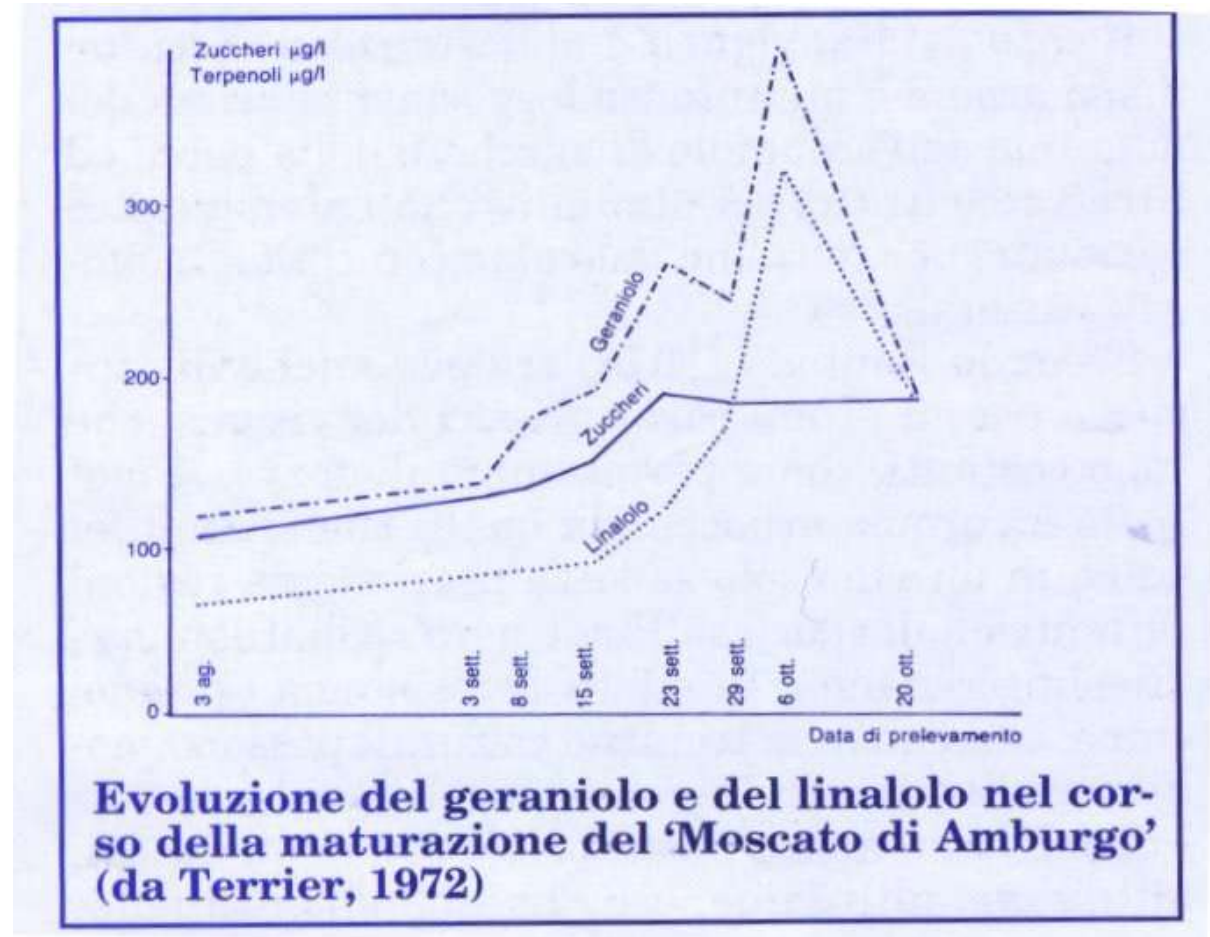
La concentrazione di monoterpeni e benzenoidi aumenta con escursioni notte/giorno più ampie.
A temperature notturne più fresche dovute alle brezze corrispondono aromi più fini e intensi





Ripartizione ed evoluzione degli aromi nelle bacche

Le forme libere sono soggette a variazioni notevoli durante la maturazione



1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. COMPOSTI FENOLICI
 - b. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - c. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

SOSTANZE AZOTATE

- Il tenore di sostanze azotate *aumenta durante la maturazione*; il mosto presenta concentrazioni variabili dallo 0.2 allo 0.5 g/l.
- Le sostanze azotate organiche sono:
 - *aminoacidi liberi*
 - *Proteine, enzimi*
 - *Polipeptidi*

Gli aminoacidi più rappresentati sono:

arginina

prolina

treonina

acido glutammico

Le sostanze in cui entra azoto sono anche:
sali, clorofilla, acidi nucleici, composti aromatici

Nella bacca l'N si accumula nella polpa soprattutto durante la fase erbacea e prevalentemente di sali di ammonio (nitrato di ammonio)

La concentrazione di N minerale diminuisce durante la maturazione per processi di transaminazione e aumentano le forme più elaborate di N organico.

L'N ammoniacale è maggiormente presente a maturazione ed è la forma di N più assimilabile dai lieviti (almeno 140mg/L per fermentazioni regolari)

Organi privilegiati di sintesi o di accumulo dei principali composti depositati nelle bacche

Composto	Organi (in ordine decrescente di importanza)
Zuccheri	Foglie, legno vecchio, bacche verdi
Acidi	Foglie, bacche, radici (ac. citrico)
Aminoacidi	Foglie, acini, radici
Aromi	Acini (buccia), polpa (scarsa)
Antociani	Acini (buccia), polpa (raro)
Tannini	Raspi, vinaccioli, acini
Sali minerali	Radici (assorbimento), altri organi

ATTIVITA' ENZIMATICA

- Si caratterizza per variazioni notevoli durante la fase di maturazione, soprattutto per quanto riguarda quegli enzimi implicati nel metabolismo glucidico. Distinguiamo le seguenti tipologie enzimatiche:

Invertasi: l'attività di questo enzima può aumentare di 14 volte durante la maturazione. È il principale enzima di degradazione del saccarosio, e presiede a tutte le fasi di carico e scarico del floema

Saccarasi (sintasi, fosfatasi): anche questi 2 enzimi verificano un aumento nelle fasi di maturazione

Malato deidrogenasi: aumenta l'attività in maturazione

Esochinasi: aumenta l'attività in maturazione. Determina la fosforilazione del glucosio in glucosio 6P

Pectolitici (poligalatturonasi e pectinmetilesterasi): aumentano la propria attività per consentire la degradazione (idrolisi) delle pectine ed il conseguente rammollimento della polpa

Ossidasi (perossidasi, tirosinasi, laccasi): sono enzimi molto attivi nei cosiddetti vitigni ossidanti (Pinot grigio, Tocai) in contrapposizione con i vitigni a carattere riducente (Riesling, Trebbiano toscano, Cabernet Sauvignon). Delle caratteristiche ossidanti si deve tener conto visto che le ossidazioni iniziano subito dopo la vendemmia e possono essere molto incentivate quando realizzate meccanicamente. La laccasi è l'enzima ossidante connesso alla presenza della Botrytis

Idrolasi (esterasi, glucosidasi, lipasi, proteasi)

- Gli enzimi sono concentrati *soprattutto nella buccia* e influiscono sulla qualità del vino. In particolare sono collegati con i microelementi, i quali possono entrare a far parte del gruppo prostetico oppure agire da catalizzatori di specifiche reazioni

Ripartizione prevalente di alcuni composti della bacca

Buccia	Polpa
- polifenoli (antociani, flavoni, tannini)	- zuccheri
- aromi	- acidi malico, tartarico e citrico
- enzimi	- anioni e cationi
- metaboliti dei lieviti	- composti azotati
	- pectati delle pareti cellulari

1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. COMPOSTI FENOLICI
 - b. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - c. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

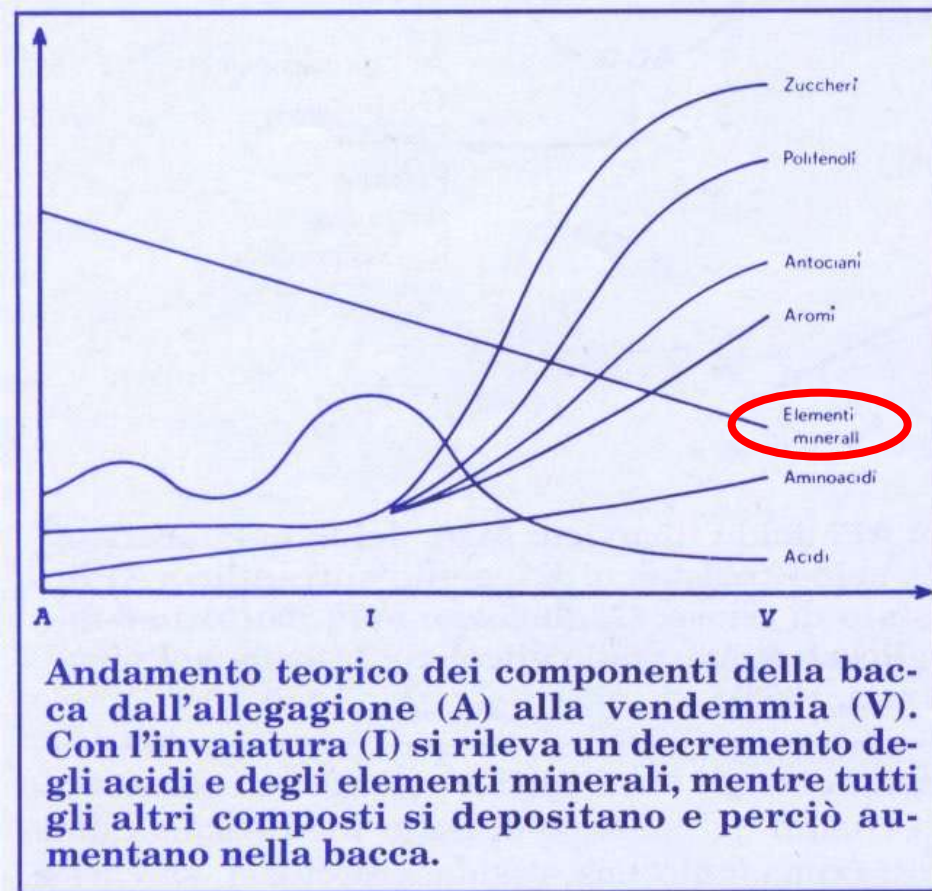
ELEMENTI MINERALI

- Il contenuto di elementi minerali totali nella bacca *decreisce* uniformemente durante la maturazione

- L'andamento delle singole forme ioniche cambia invece notevolmente:

CALCIO: dall'allegagione alla maturazione si riduce di 7 volte

POTASSIO: dimezza la sua concentrazione nel corso dello stesso periodo



- La richiesta di POTASSIO dal terreno da parte della vite è quindi notevole, ed in buona parte connessa *trasformazione degli acidi in sali di K nella bacca in maturazione*

NEL MOSTO:

Su di un contenuto totale di cationi di 0.5 – 2.5 g/l (anioni, 0.5-1.5 g/l), il K ne rappresenta circa il 50% indicandoci quindi la vite come una pianta potassofila

- Accumulo di *micro elementi nella bacca*:

- i massimi livelli di concentrazione di *MICROELEMENTI* si raggiungono subito dopo l'invasatura (B, Mn, Fe)

- la funzione dei microelementi nel processo di maturazione è superiore rispetto a quello dei macroelementi: squilibri e carenze di B, K, Mn e Zn provocano gravi *fisiopatie* quale il disseccamento del rachide

1. FASI DELL'ACCRESIMENTO
2. CONTROLLO ORMONALE
3. INGROSSAMENTO DELLE BACCHE DURANTE LA MATURAZIONE
4. RAMMOLLIMENTO DEI TESSUTI
5. PRUINA
6. COMPOSIZIONE DEL GRAPPOLO
 - a. COMPOSTI FENOLICI
 - b. ACCUMULO DEGLI ZUCCHERI
 - c. DECREMENTO DEI CONTENUTI IN ACIDI ORGANICI
 - d. SINTESI SOSTANZE AROMATICHE
 - e. SOSTANZE AZOTATE ED ATTIVITA' ENZIMATICA
 - f. ELEMENTI MINERALI
 - g. VITAMINE

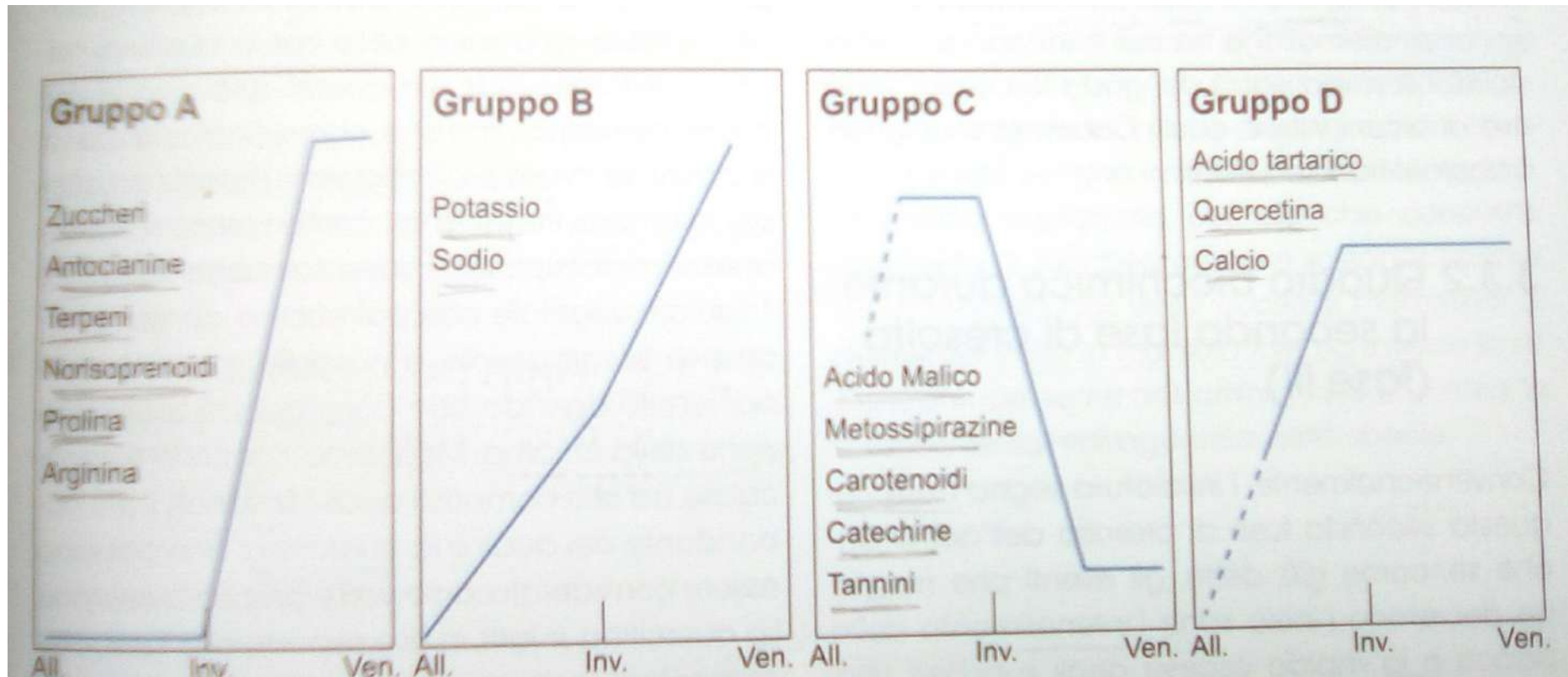
VITAMINE

Si *accumulano nella bacche in maturazione (soprattutto nella buccia)* e fanno sì che le uve da tavola siano un alimento molto valido proprio per l'apporto di vitamine. Le più diffuse:

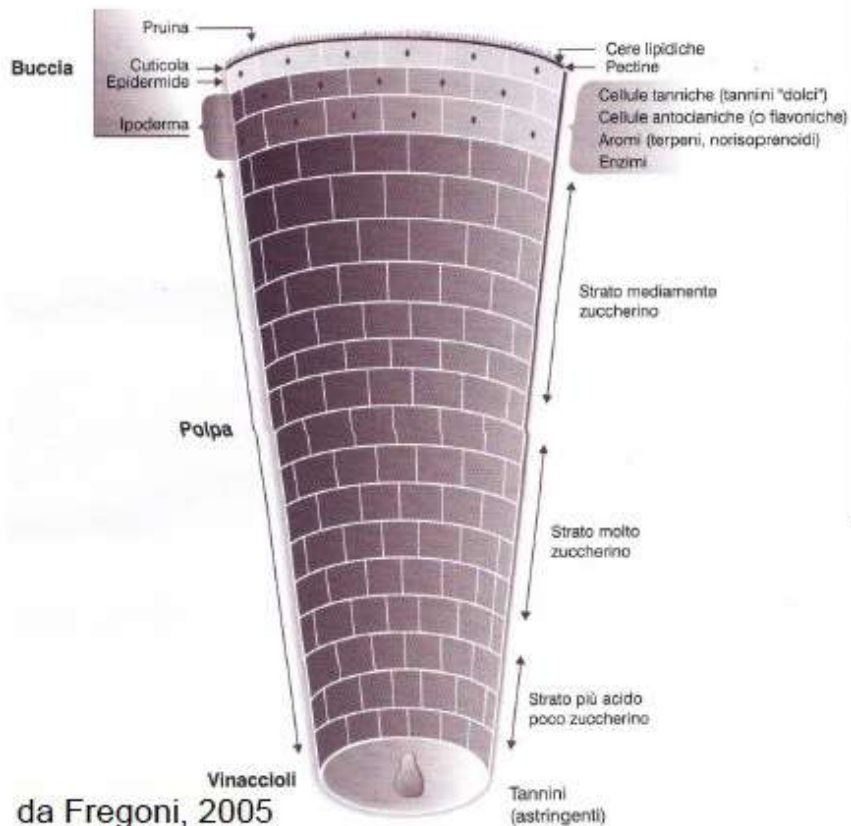
- vit PP (nicotinammide)
- B1 (tiamina)
- B6 (piridoxina)
- Riboflavina
- H (biotina) vit C
- B12

Nel mosto il contenuto è scarso (pochi mg/l). Sono assenti le vitamine liposolubili ad eccezione della provitamina A che si trova nelle bucce delle uve gialle

Ricapitolando...



Variazione stagionale dei principali componenti dell'acino tra allegagione (All.), invaiatura (Inv.) e vendemmia (Ven.)



La pruina è una difesa dagli agenti esterni, è costituita da cere, importanti per la crescita dei lieviti;

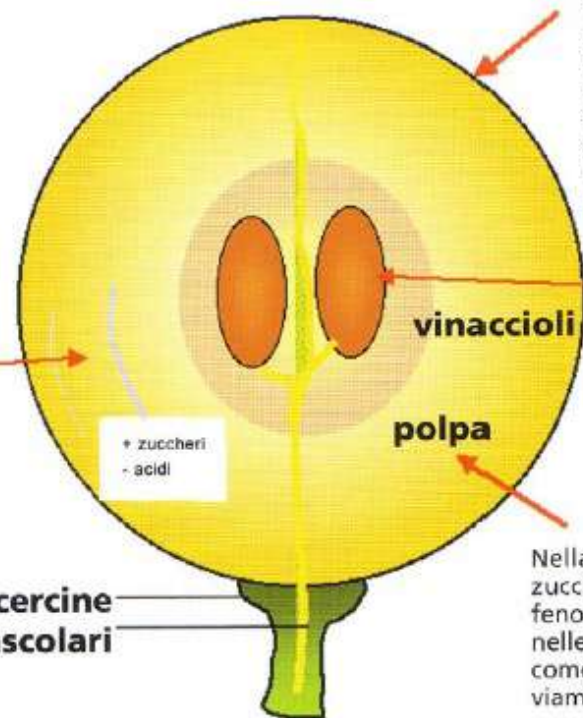
L'epidermide è costituita da 1-2 strati di cellule schiacciate; (Tannini liberi o legati ai polisaccaridi)

L'ipoderma è costituita da 4-16 strati di cellule (Tannini, Antociani, Terpeni, Precursori aromatici)

L'acino

La polpa della fascia mediana è quella che contiene più zuccheri e meno acidi. Le zone più esterne sotto l'epidermide o più interne presso i vinaccioli, sono meno zuccherine e più acide.

da Lanati e Marchi, 2007



Buccia: è la sede del colore, dei precursori degli aromi e anche dei flavanoli che andranno a costituire gran parte della struttura tannica. In levato grado di polimerizzazione

Sono i semi dell'uva, in alcune varietà cedono un quantitativo notevole di oligomeri e polimeri dei flavanoli (Pinot nero). Basso grado di polimerizzazione

Nella polpa ci sono zuccheri, acidi, polifenoli (acidi fenolici); nelle uve aromatiche come il moscato troviamo aromi liberi.

Allegagione-invaiatura	Invaiatura-maturazione
Crescita per moltiplicazione (prima) e per distensione (poi) cellulare	Crescita distensione cellulare
Sviluppo del seme	Accumulo di: glucosio e fruttosio potassio
Sintesi e accumulo di: acidi organici (tartarico e malico) tannini flavanoli carotenoidi (metossipirazine)	Sintesi e accumulo di: aminoacidi (arginina e prolina) e proteine antociani (vitigni a bacca colorata) flavanoli aromi primari e precursori (terpeni, norisoprenoidi)
Accumulo di: ammonio calcio potassio	Degradazione di: acido malico clorofilla carotenoidi (metossipirazine)
Xilema e floema attivi	«Inattivazione» dei tannini Riduzione acidità titolabile, aumento pH Rammollimento delle pareti cellulari Xilema interrotto, floema funzionante

SITI

<http://www.innovine.eu/publications-ressources/videos.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=HLbvtKq2GDg>