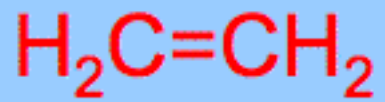


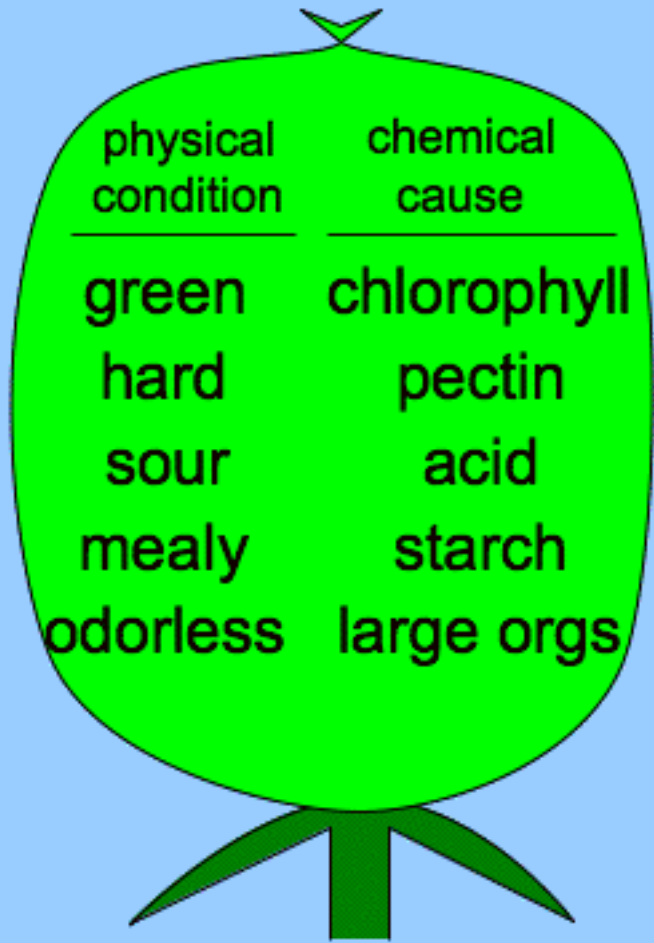
رسیدن میوه

- رسیدن : فرآیند هماهنگ ، برگشت ناپذیر و از قبل برنامه ریزی شده همراه با یکسری تغییرات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و ارگانولپتیکی منتج به نرمی بافت و کیفیت مطلوب میوه
(Prasanna,2007)
- تغییرات رسیدن میوه: نرم شدن بافت، تجزیه کلروفیل و نشاسته، کاهش اسید، افزایش قند کل، بیوسنتز مواد معطر، کاروتنوئیدها یا آنتوسیانینها و دیگر آنتی اکسیدانت ها و افزایش فعالیت آنزیمهای درگیر در رسیدن

The hormone ethylene initiates the ripening response:



Unripe Fruit



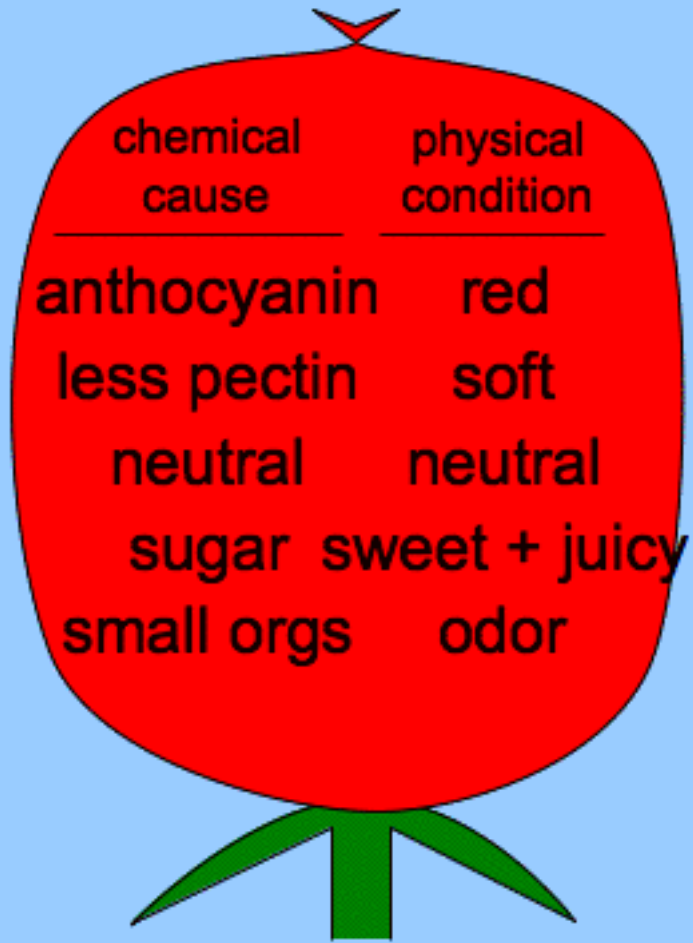
DNA

RNA

Enzyme
Produced

hydrolase
pectinase
kinase
amylase
hydrolases

Ripe Fruit



نرم شدن بافت میوه ها ناشی از:

– کاهش فشار تورژسانس

– تجزیه نشاسته

Solubilization

Destrification

Depolymerization

– تخریب دیواره سلول و تیغه میانی

در اثر شکستن کربوهیدرات های ساختمانی

مانند: پکتین، سلولز و همی سلولز

نرم شدن بافت میوه

- عامل اصلی نرم شدن در بیشتر میوه ها:
تغییر بافت که نتیجه
تجزیه آنزیمی کربوهیدراتهای ساختمانی و ذخیره ای
- نرم شدن بافت بستگی به نوع میوه
بدلیل:
۱- میزان فعالیت PG ۲- میزان تولید اتیلن ۳- میزان حساسیت به اتیلن
- نرم شدن بافت در انبه، موز و آووکادو بسیار زیاد
از مرحله سخت تا بسیار نرم
درحالیکه در سیب و گوجه فرنگی و مرکبات کمتر است

کربوهیدراتهای ساختمانی دیواره سلول میوه

پکتین: عمده ترین ترکیبات رایج در تیغه میانی و دیواره سلولی میوه (Prasanaa, 2007)

- پکتینهای میوه طی رسیدن دپلیمریزه شده و حلالیت  و زوائد گالاکتوز  (Yashoda, 2005)
- همی سلولز: در انبه از نوع زایلوگلوکان با زوائد آرابینوز و زایلوز (Yashoda, 2005)
- کاهش اندازه همی سلولز در انبه همانند فلفل ، گوجه فرنگی و توت فرنگی (Prasanaa, 2007)
- سلولز: فعالیت آنزیم سلولاز در اواخر دوره رسیدن افزایش (Yashoda, 2005)

✓ با پیشرفت مراحل رسیدن میوه ← سفتی بافت میوه ↓

موثرترین نقش در نرم شدن انبه

- PME ← در زمان رسیدن فیزیولوژیکی و ابتدای رسیدن
سبب دی استری و افزایش حلالیت پکتین
- PG ← در مرحله تغییر رنگ (اوج تنفس فرازگرایی)
باعث شکستن پکتات و افزایش حلالیت آن
- PL ← بعد از مرحله تغییر رنگ و گسترش رنگ زرد
باعث شکستن پکتات و افزایش حلالیت آن

Classification of pectin-degrading enzymes

Enzymes	Substrate	Products	Mechanism
PME	Pectin	Pectic acid + Methanol	Hydrolysis
Endo-PG	Pectic acid	Oligogalacturonides	Hydrolysis
Exo-PG	Pectic acid	Monogalacturonides	Hydrolysis
Endo-PL	Pectic acid	Unsaturated oligogalacturonides	Trans β -elimination
Exo-PL	Pectic acid	Unsaturated digalacturonides	Trans β -elimination
Endopectin lyases	Pectin	Unsaturated oligogalacturonides	Trans β -elimination

تغییرات پلی ساکاریدهای ذخیره ای

- حاوی نشاسته که در رسیدن تبدیل به قندهای آزاد و کمک به نرم شدن (Lizada, 1993)
- در میوه نارس در طول رشد سریع نشاسته ↑
- در این دوره فعالیت آمیلاز ↑ اما وجود بازدارنده مانع
- در طول رسیدن فعالیت آمیلاز بیشتر و بازدارنده غیرفعال ← نشاسته ↓
- در طی رسیدن دانه های نشاسته بویژه در کلروپلاست کوچکتر تا ناپدید
- هیدرولیز نشاسته در میوه توسط هر دو آمیلاز α و β

تغییرات قند میوه

• با هیدرولیز نشاسته → گلوکز و ساکارز → میزان قند کل ↑

• قندهای غیر احیاء (عمدتاً ساکاروز) در مراحل نهایی رسیدن افزایش

تغییرات پلی ساکاریدهای ساختمانی

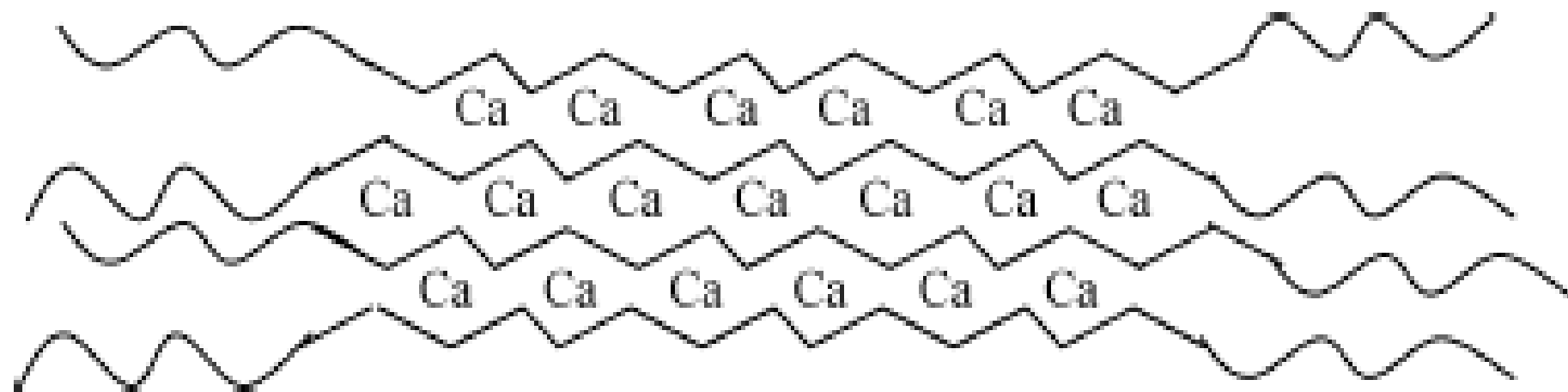


Figure 4 Egg-Box model depicting association of pectins with Ca^{++} ions.

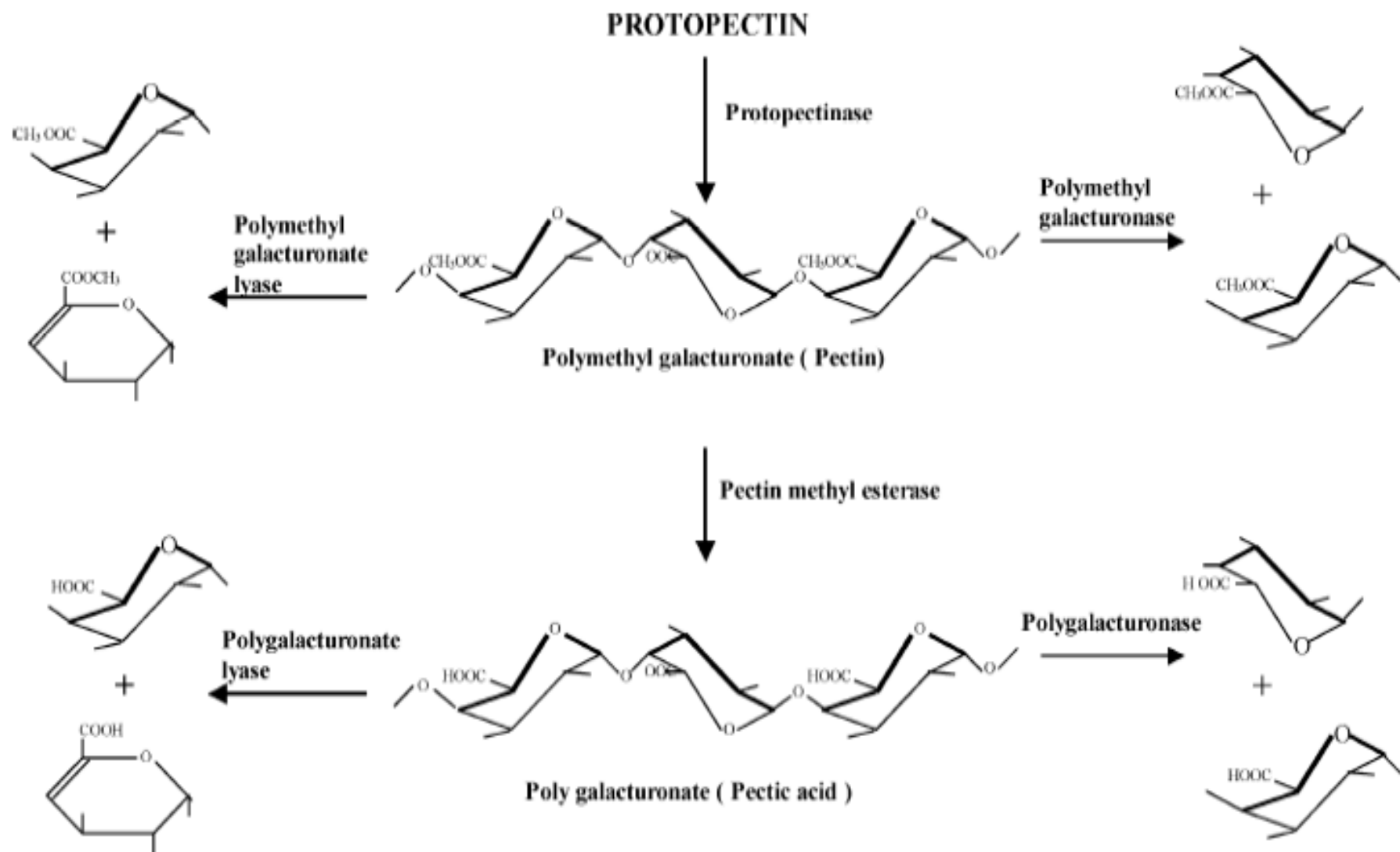


Figure 8 Mode of action of pectin degrading enzymes.

FRUIT RIPENING PHENOMENON

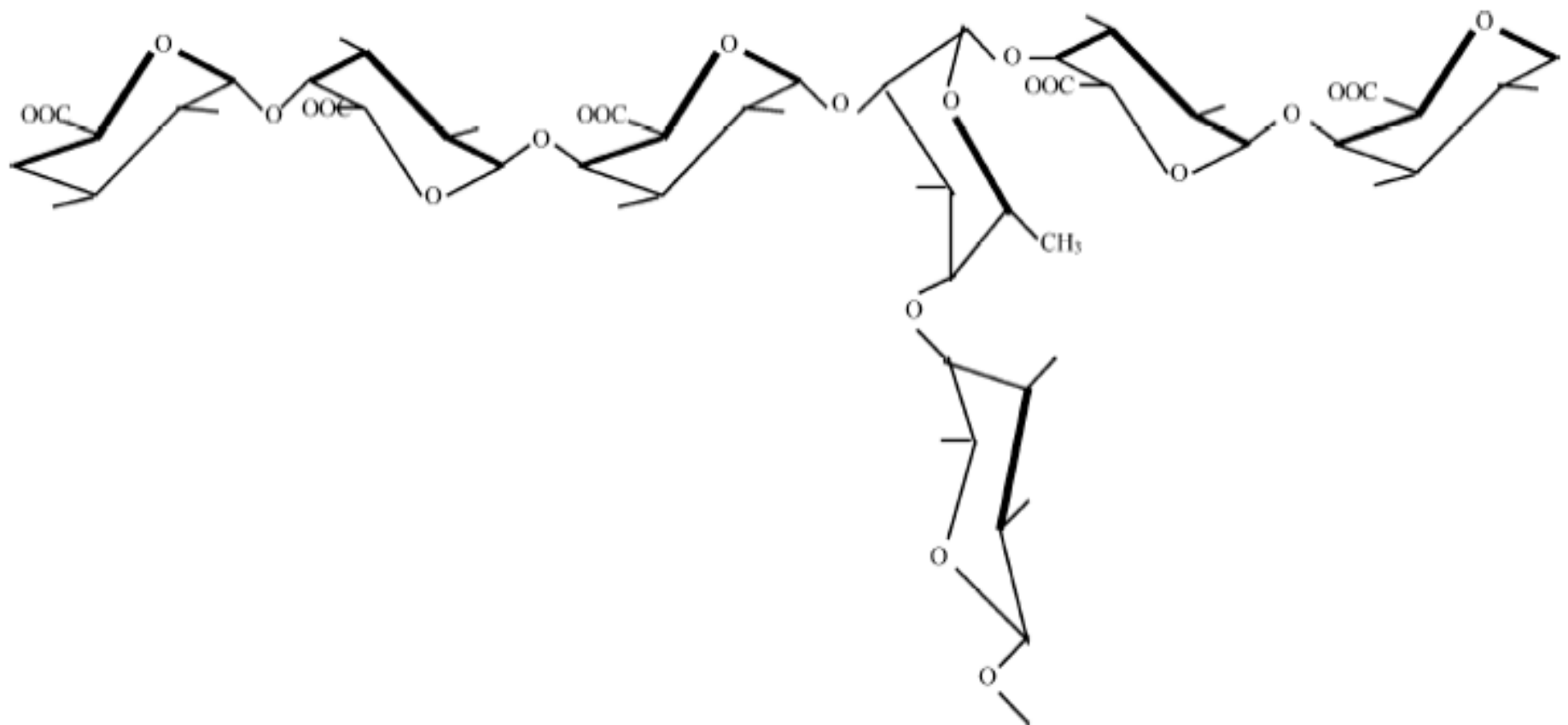
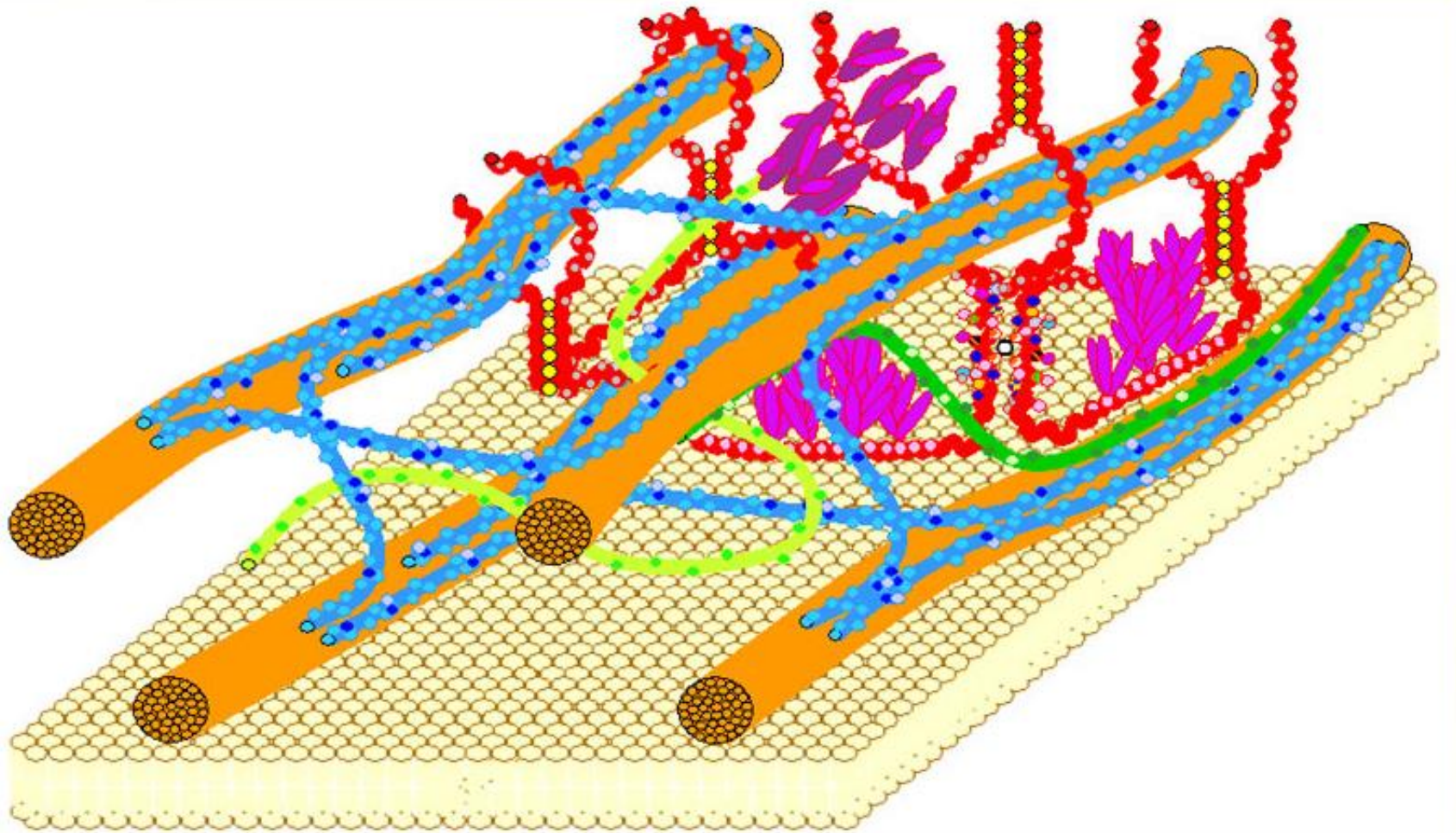


Figure 7 T-shaped kinking of the pectin molecule.

The Plant Cell Wall



Cellulose



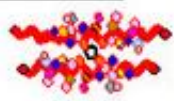
Hemicellulose

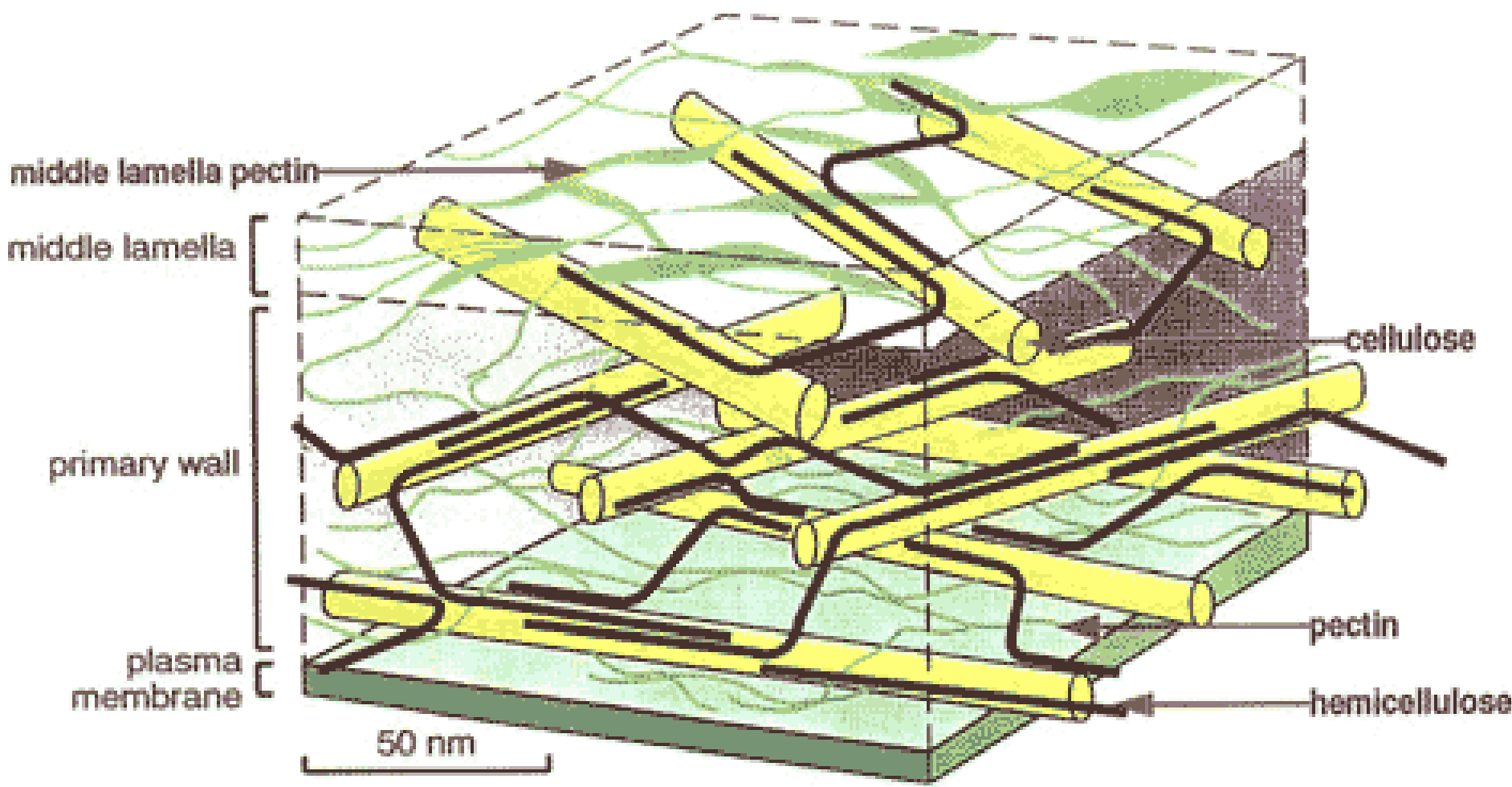
-  xyloglucan
-  galactomannan
-  arabinoxylan

Homogalacturonan

-  Ca^{2+} -crosslinked
-  non-methylesterified
-  methylesterified

Pectin

-  RG I (galactan)
-  RG II (arabinan)
-  RG II (boron-diester)



Plant Cell Wall Structure

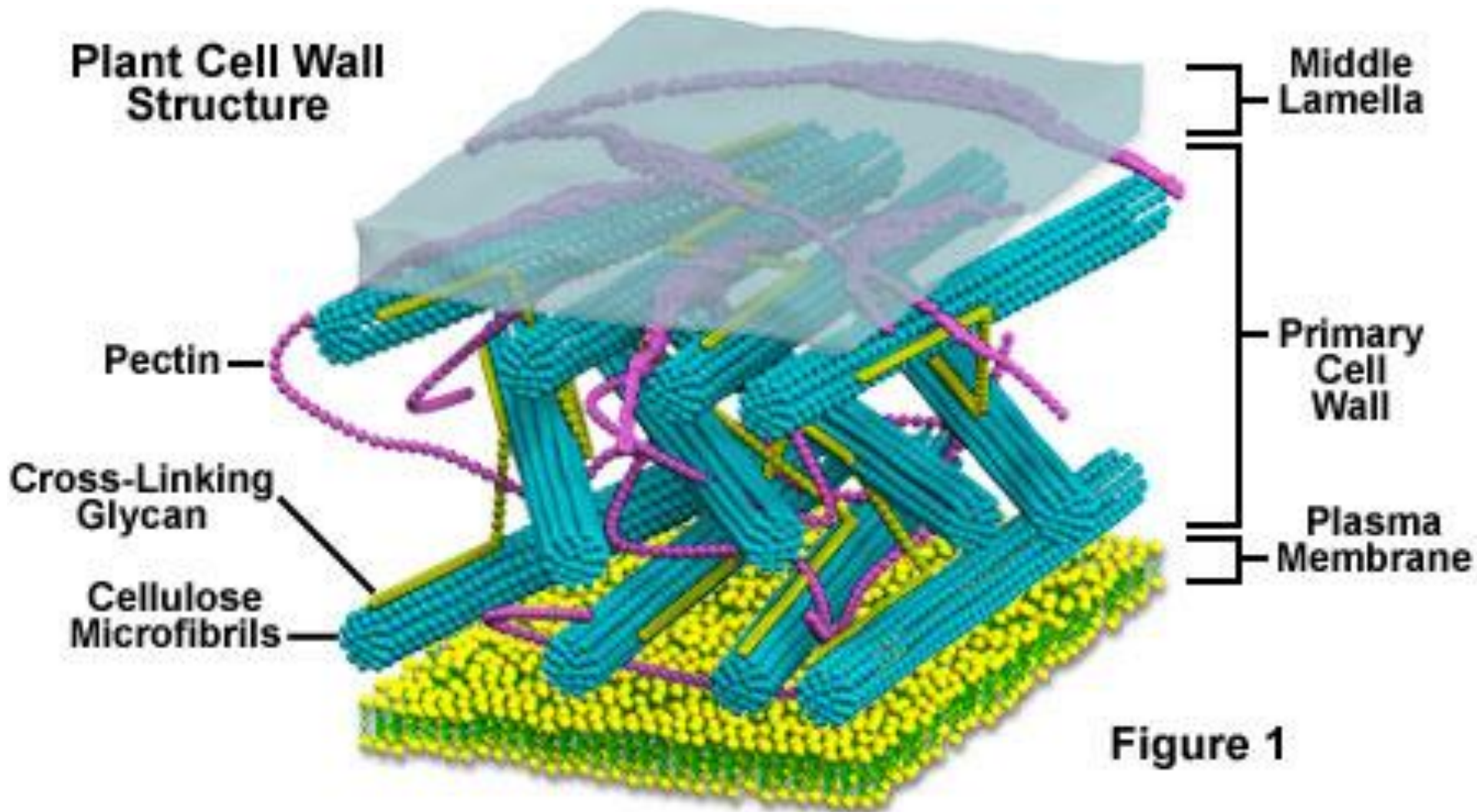
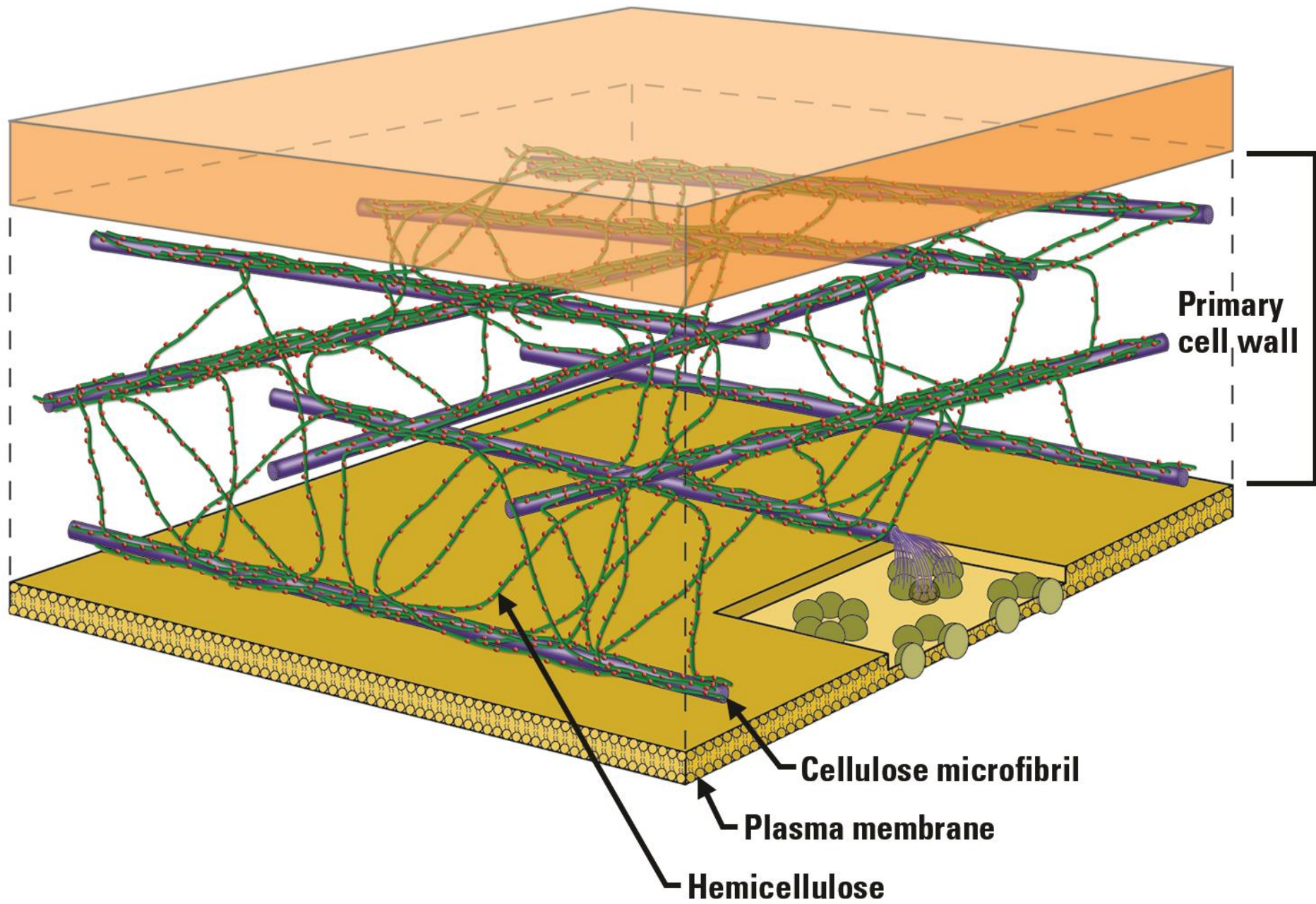


Figure 1

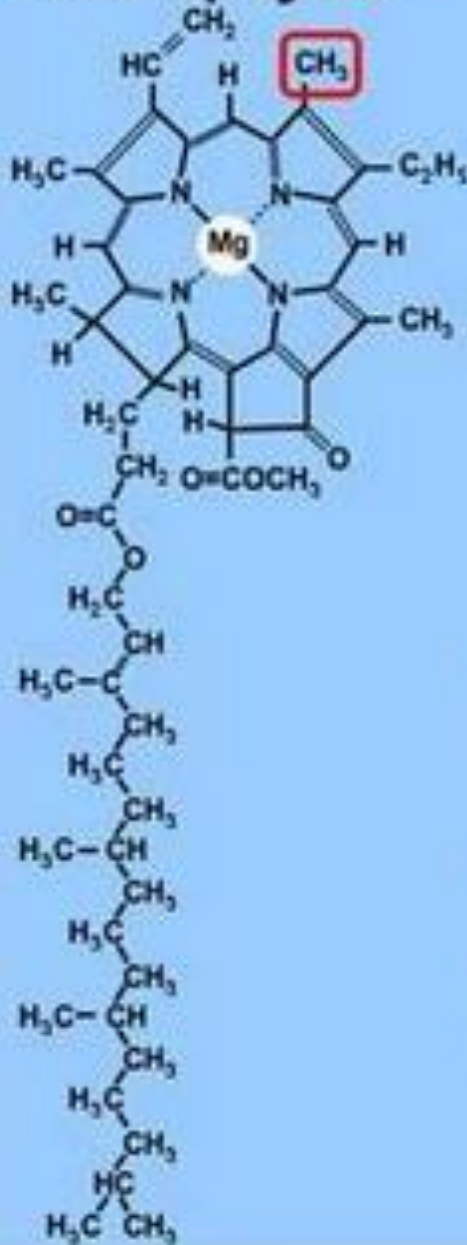


رنگیزه‌های عامل رنگ در میوه‌ها

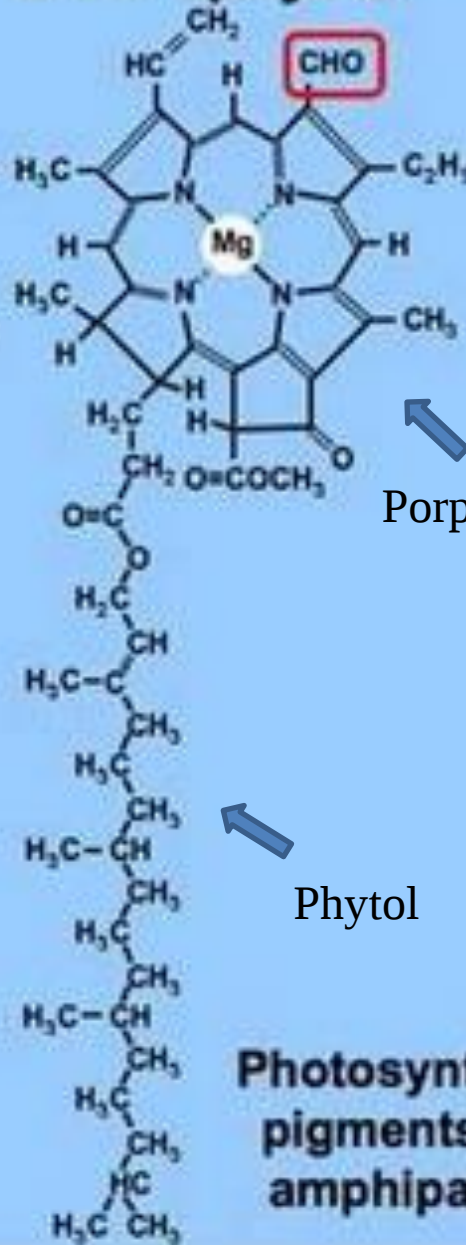
کلروفیل‌ها (کلروپلاست)

- این رنگیزه‌ها به دو نوع اصلی تقسیم می‌شود: کلروفیل a و b ساختار کلروفیل شامل یک حلقه پورفیرین است که با یک اتم منیزیم در مرکز آن مشخص می‌شود. این ساختار به کلروفیل اجازه می‌دهد تا نور خورشید را جذب کند.
- نقش اصلی آن جذب نور آبی و قرمز برای فرآیند فتوسنتز است و به گیاهان کمک می‌کند تا انرژی نور را به انرژی شیمیایی تبدیل کنند.

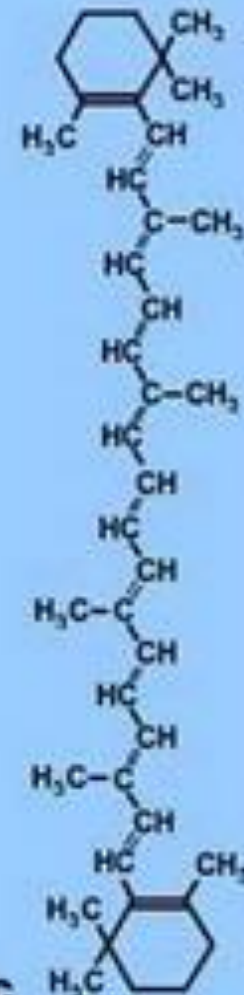
Chlorophyll a



Chlorophyll b



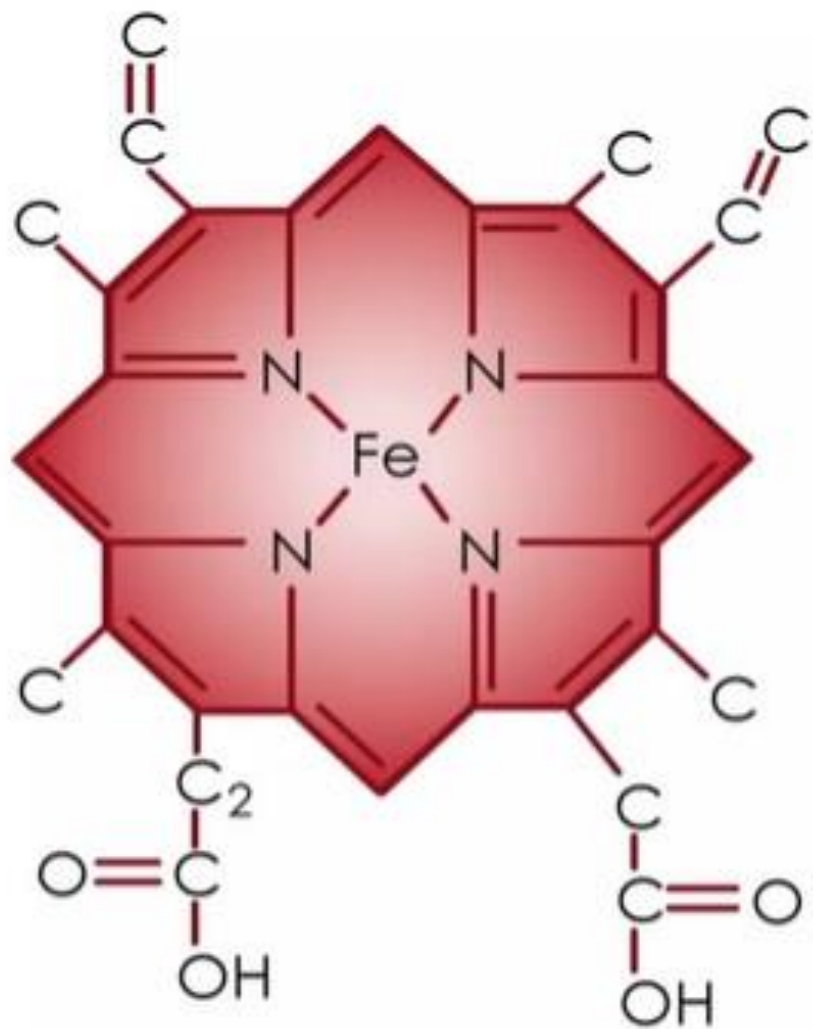
β -Carotene



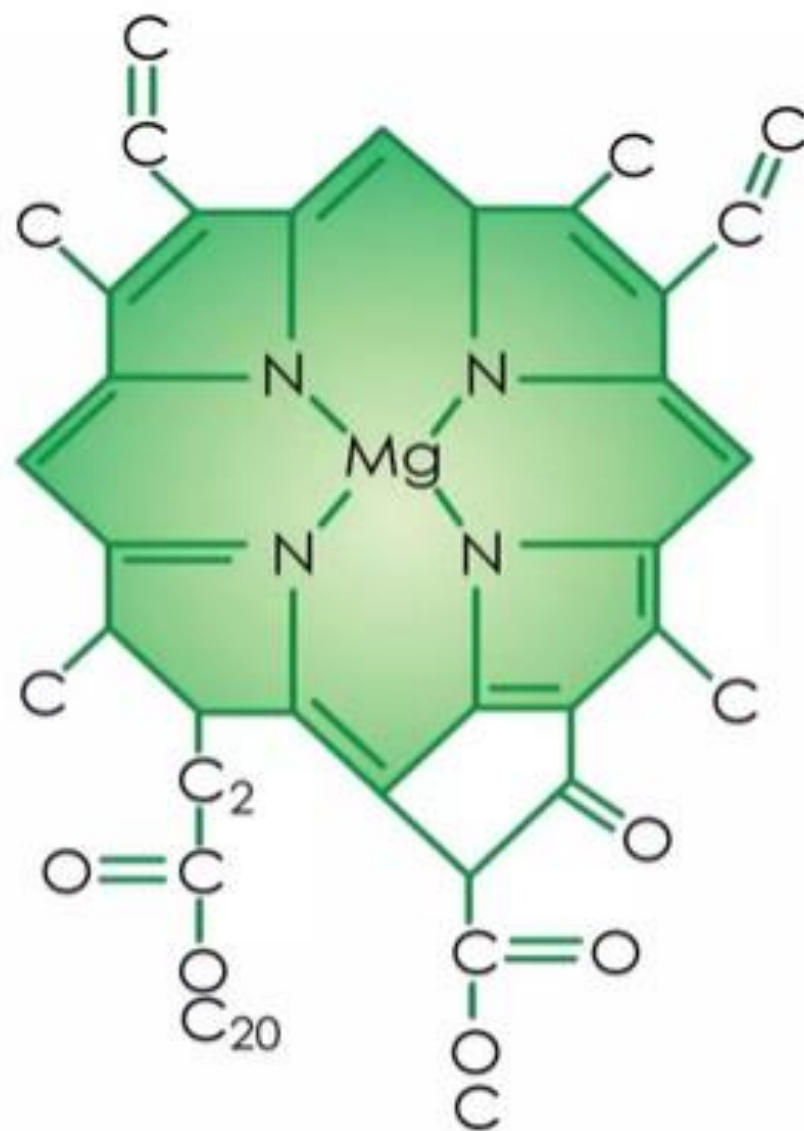
Porphyrin

Phytol

Photosynthetic
pigments are
amphipathic



Human Blood
Hemoglobin

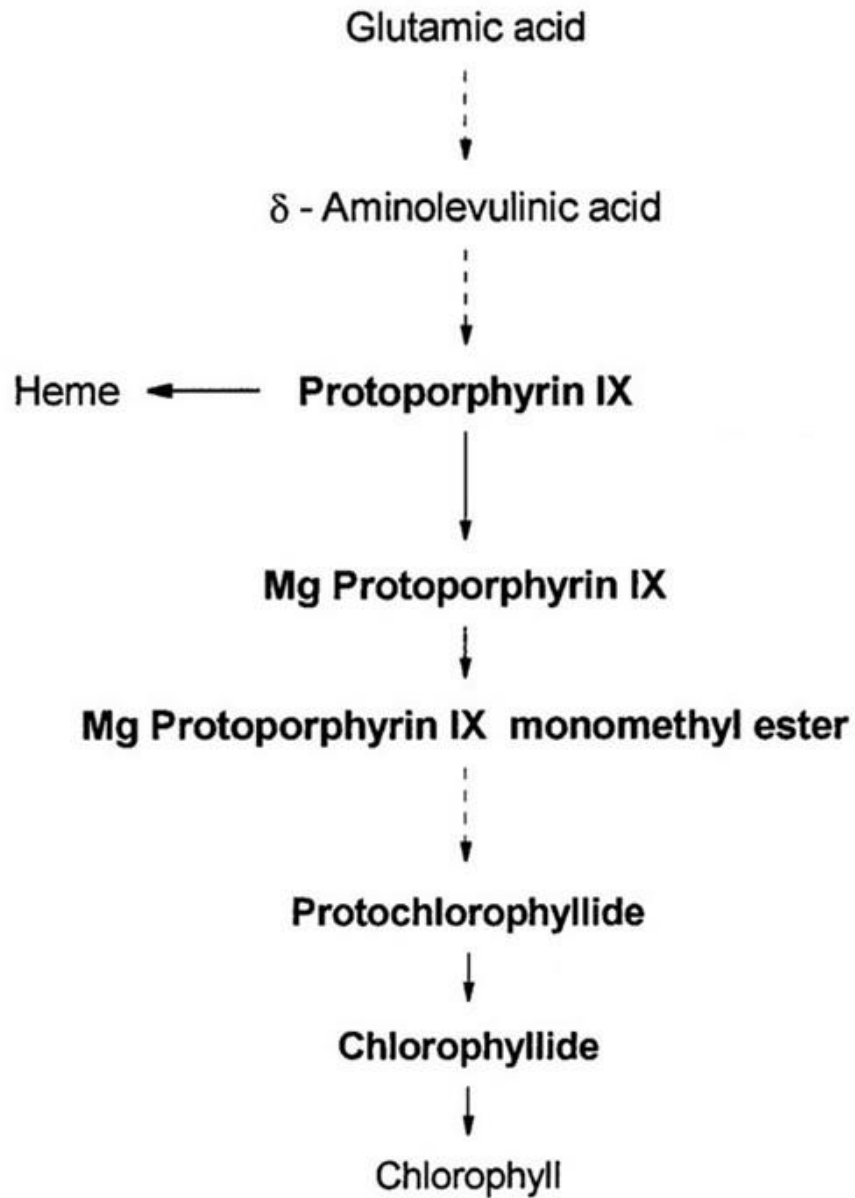


Plant Chlorophyll

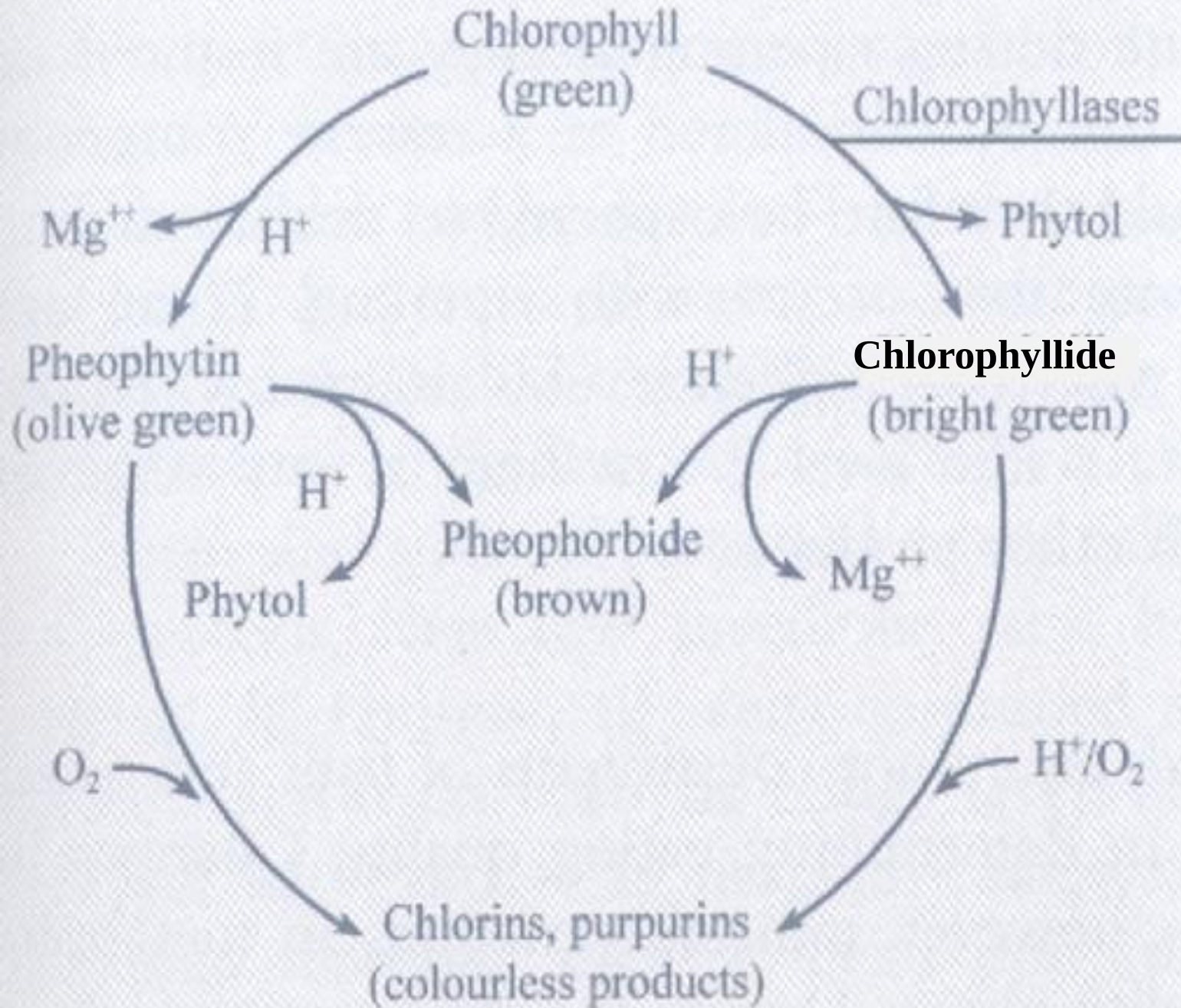
بیوسنتز کلروفیل

آفاکتوگلو تارات (چرخه کربس) ← گلو تانات ← دلتا آمینو لولولینات ← پروتوپورفیرین

Mg- پروتوپورفیرین ← پروتوکلروفیلید ← کلروفیلید ← کلروفیل



تجزیه کلروفیل



کلروفیل

از دست دادن Mg

فنوفیتین

کلروفیل از
(از دست
دادن فنول
)

از
دست
دادن
فنول

کلروفیلید

از دست دادن Mg

فنوفوربید

کاروتنوئیدها (کروموپلاست)

همانند کلروفیل از دسته رنگیزه‌های فتوسنتزی محسوب می‌شوند. این ترکیبات از گروه ترین‌ها هستند و عموماً دارای رنگ‌های زرد، نارنجی و قرمز هستند. کاروتنوئیدها حاوی تعداد زیادی واحد ایزپرن هستند و به دو دسته اصلی تقسیم می‌شوند: کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها.

- **کاروتن‌ها** ← هیدروکربن‌های غیراشباع محلول در چربی بدون اکسیژن
- لیکوپن
- آلفاکاروتن
- بتاکاروتن

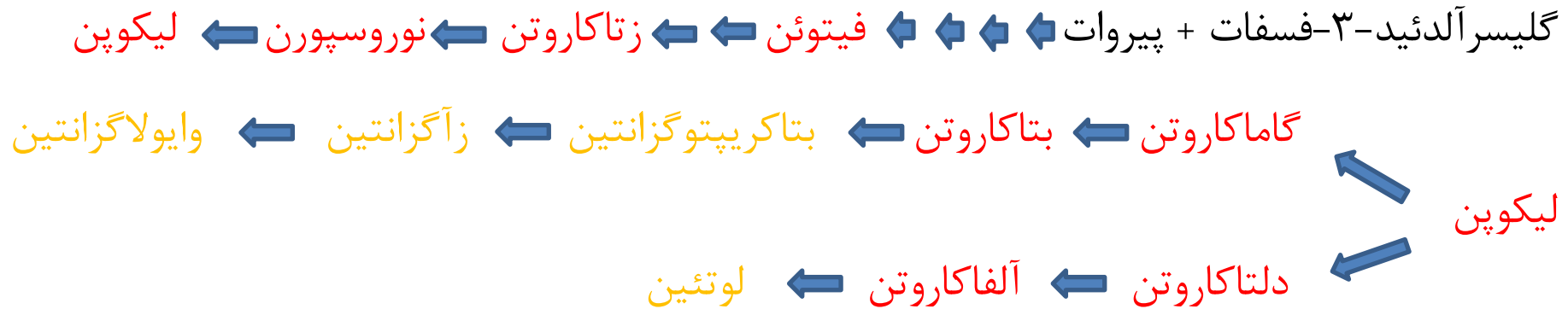
- **گزانتوفیل‌ها** ← هیدروکربن‌های غیراشباع محلول در چربی اکسیژن‌دار
- لوتئین
- بتاکریپتوگزانتین
- زآگزانتین

کاروتنوئید اصلی فلفل دلمه‌ای زرد، زرده تخم مرغ، ذرت، کاهو، اسفناج و کلم بروکلی

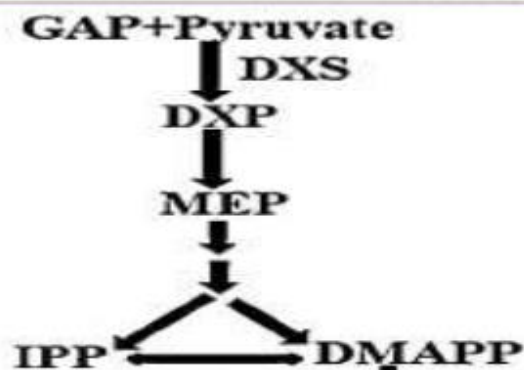
کاروتنوئید اصلی پرتقال

کاروتنوئید اصلی فلفل دلمه‌ای نارنجی و زردالو

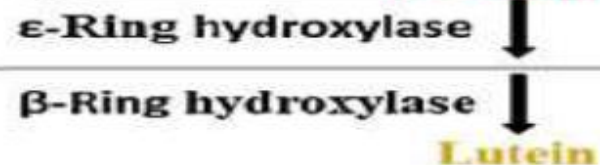
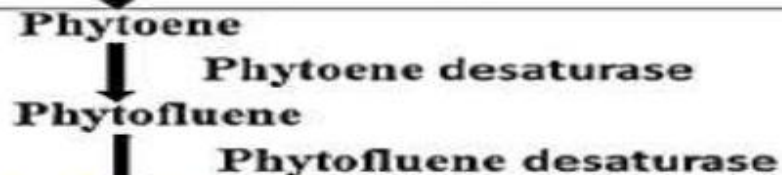
بیوسنتز کاروتنوئیدها



کاروتنوئیدها برخلاف کلروفیلها جهت سنتز آنها به نور نیاز ندارند.

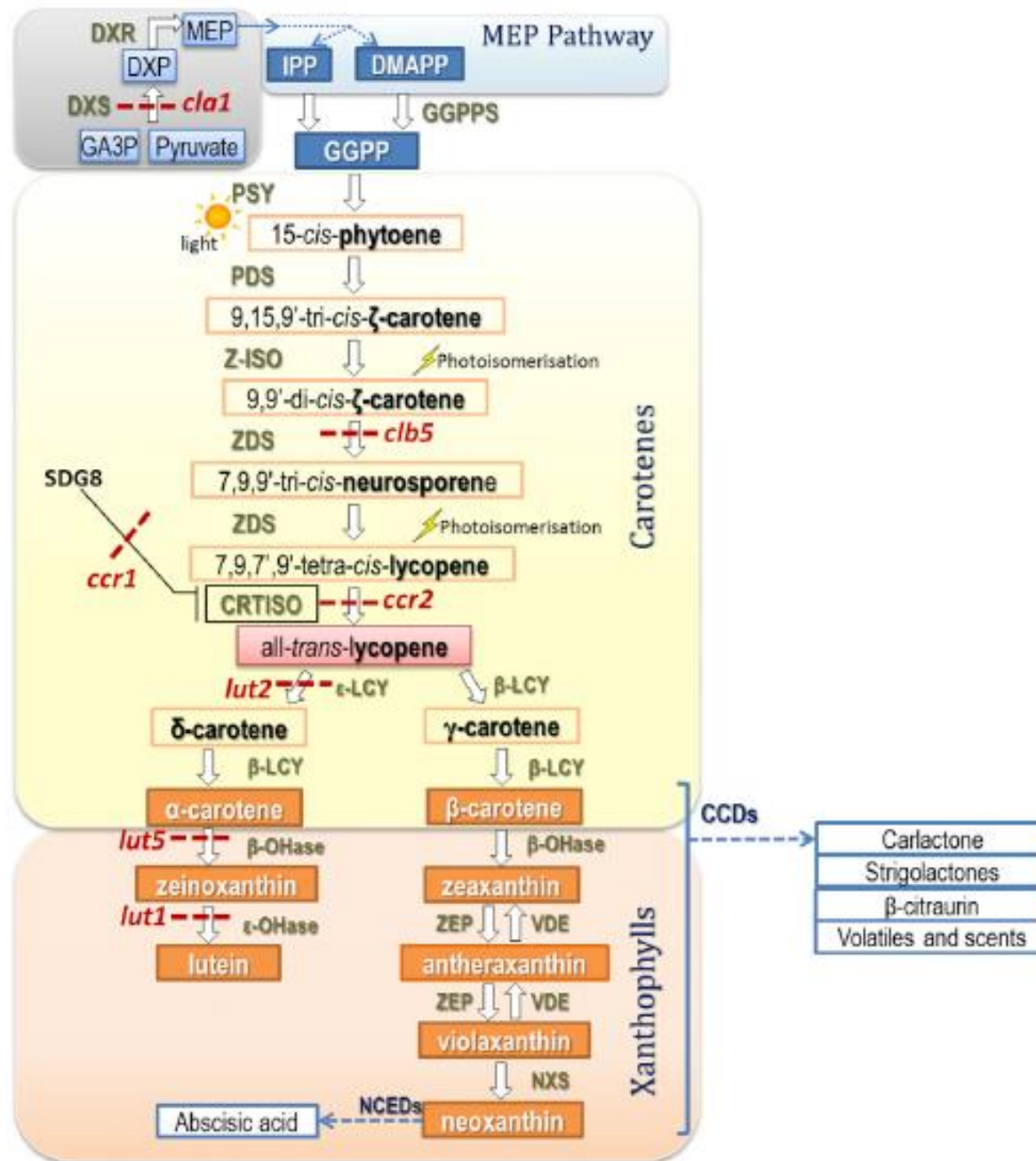


MEP PATHWAY



XANTHOPHYLLS

Carotenoid Metabolism and Regulation



آنتوسیانین‌ها (واکوئل)

آنتوسیانین‌ها جزء رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی محسوب شده و از ترکیبات فنلی و از گروه فلاونوئیدها هستند و دارای یک یا چند واحد قند به نام گلیکوزیدها می‌باشند. آن‌ها معمولاً رنگ‌های قرمز، بنفش و آبی در میوه‌ها و سبزی‌ها ایجاد می‌کنند.

آنتوسیانین‌ها برخلاف کلروفیل و کاروتنوئیدها، معمولاً حلال در آب هستند. تولید آنتوسیانین‌ها وابسته به نور است و نور بر ساختار آنها موثر است.

نکته جالب اینکه آنتوسیانین‌ها و بتالائین‌ها با هم در یک گیاه وجود ندارند.

انواع آنتوسیانین‌ها

- مهم‌ترین آنتوسیانین‌ها عبارتند از:
- سیانیدین (Cyanidin)
این نوع آنتوسیانین در میوه‌هایی مانند سیب قرمز، انگور، آلو، هلو، انجیر، گیلان، بری‌ها، تمشک، توت‌فرنگی، انار، کلم قرمز، پیاز قرمز یافت می‌شود.
- دلفینیدین (Delphinidin)
در توت‌ها، پوست بادمجان، انار، انگور و برخی گل‌ها مثل بگونیا یافت می‌شود.
- پلارگونیدین (Pelargonidin)
در تمشک، توت‌فرنگی، انار، آلو، بری‌ها، تربچه نقلی، گل‌های نیلوفر، شمعدانی قرمز و فیلودندرون‌ها یافت می‌شود.
- مالویدین (Malvidin)
در انگور قرمز، زغال‌اخته‌آبی، پامچال آبی یافت می‌شود.
- پیئونیدین (Peonidin)
در گیلان قرمز، انگور قرمز-بنفش، سیب‌زمینی شیرین و گل‌های نیلوفر یافت می‌شود.
- پتونیدین (Petunidin)
این ترکیب بیشتر در انگورها، گل‌های اطلسی و بنفشه یافت می‌شود.

بیوسنتز آنتوسیانین‌ها

فسفوانول پیروات (گلیکولیز) + اریتروز-۴-فسفات (پنتوز فسفات) → شیکیمات → کوریزمات → فنیل آلانین →
→ سینامات → کومارات → ۴-کوماریل کوآنزیم آ → چالکون → فلاوونون →
→ دی‌هیدرو فلاونول → لئوکوآنتوسیانیدین → آنتوسیانیدین → آنتوسیانین

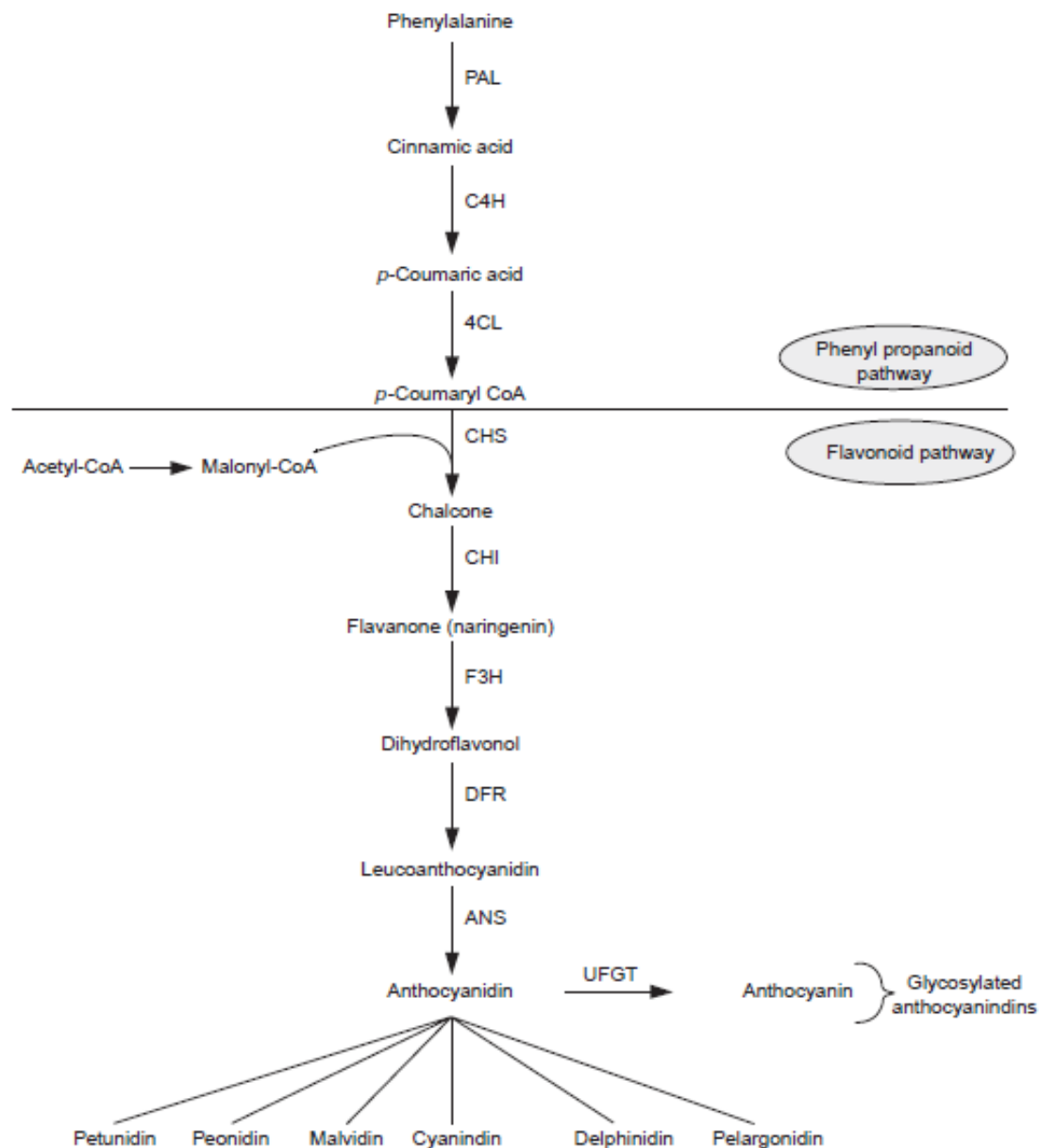


Fig. 21.2 A simplified presentation of anthocyanin biosynthesis in plants. PAL, phenylalanine ammonia lyase; C4H, cinnamate-4-hydroxylase; 4CL, 4-coumaroyl CoA ligase; CHS, chalcone synthase; CHI, chalcone isomerase; F3H, flavanone-3-hydroxylase; DFR, dihydroflavonol-4-reductase; ANS, anthocyanin synthase; UFGT, UDP-glucose flavonoid 3-oxy-glucosyltransferase. (Adapted from Jaakola et al., 2002.)

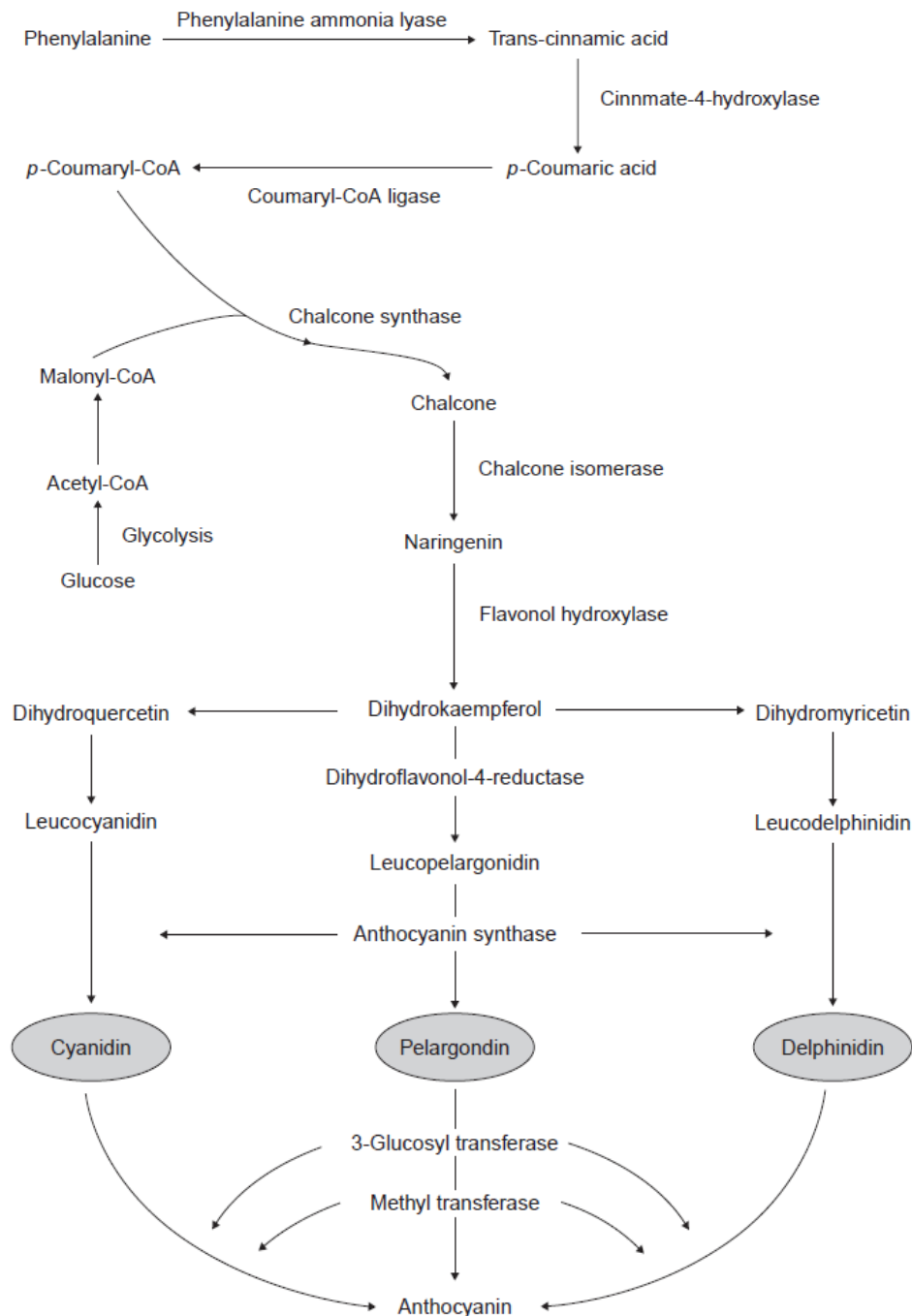


Fig. 3.8 Anthocyanin biosynthetic pathway in plants.

بتالائین‌ها (واکوئل)

بتالائین‌ها (Betalains) در راسته‌ی میخک‌سانان (Caryophyllales) که نه‌تنها در گل و میوه بلکه در برگ و ریشه انواع مختلفی از گیاهان مانند چغندر، ریواس و برخی میوه‌های کاکتوس *Opuntia* است، یافت می‌شوند. این رنگیزه‌های غیرفتوسنتزی محلول در آب و برخلاف آنتوسیانین‌ها ساختار ایندولی و حاوی نیتروژن هستند و ظهور رنگشان وابسته به pH نبوده و از اسید آمینه تیروزین مشتق می‌شوند. بتالائین‌ها به دو نوع اصلی تقسیم می‌شوند، نوع اول: بتاسیانین‌ها (betacyanins) که رنگ‌های صورتی، قرمز تا بنفش را ایجاد می‌کنند مانند رنگیزه موجود در گل‌های کاغذی نوع گل صورتی یا قرمز و نوع دوم: بتاگزانتین‌ها (betaxanthins) که رنگ‌های زرد تا نارنجی را تشکیل می‌دهند. مانند رنگیزه موجود در گلبرگ‌های گل ناز (*Portulaca*)

- مهم‌ترین خانواده‌های راسته **Caryophyllales** عبارتند از:

- **Caryophyllaceae** خانواده میخکیان

- **Amaranthaceae (Chenopodiaceae)** خانواده

تاج‌خروسیان یا چغندریان یا تیره اسفناج

- **Portulacaceae** خانواده خرفه‌ایان

- **Nyctaginaceae** خانواده گل‌کاغذیان

- **Cactaceae** خانواده کاکتوسیان

- **Polygonaceae** خانواده هفت‌بندیان یا تیره ریواس

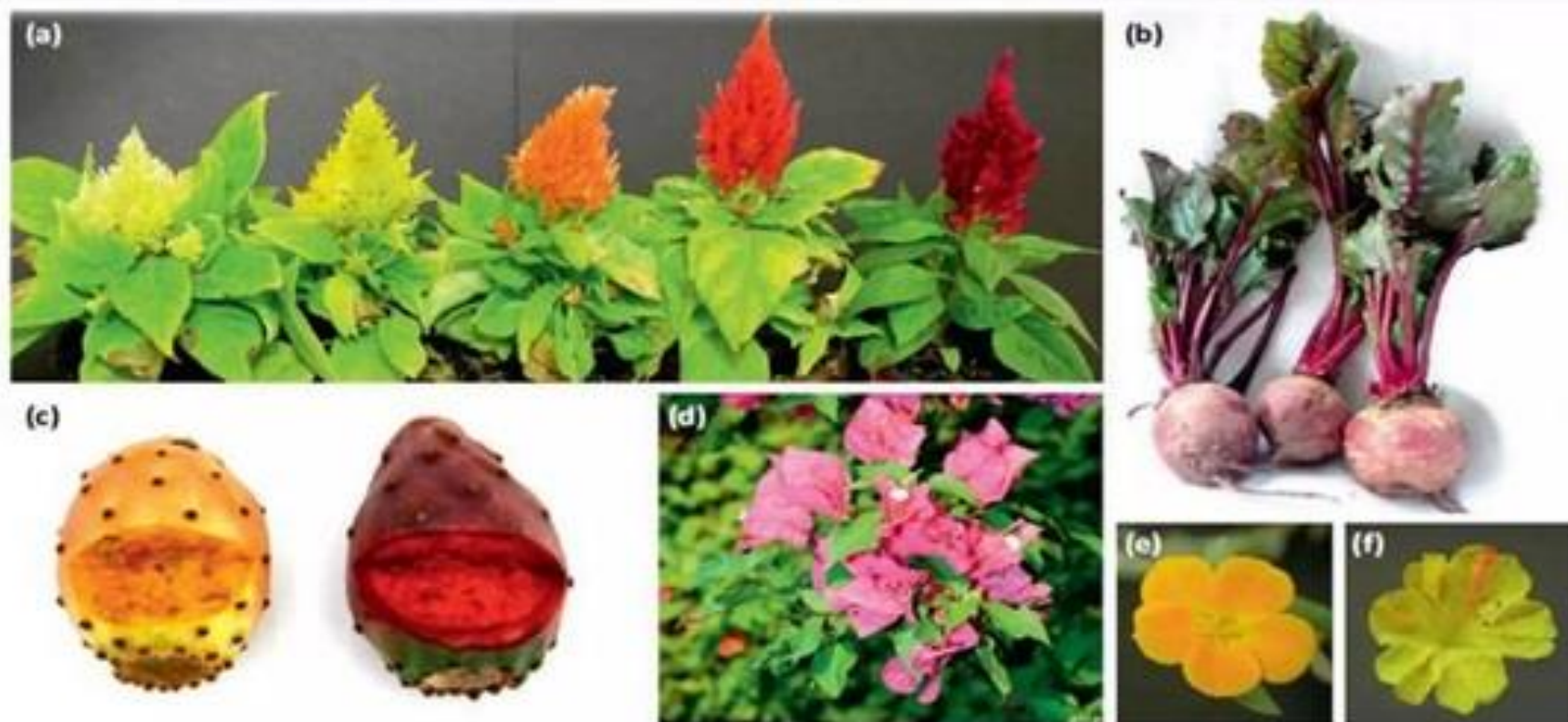
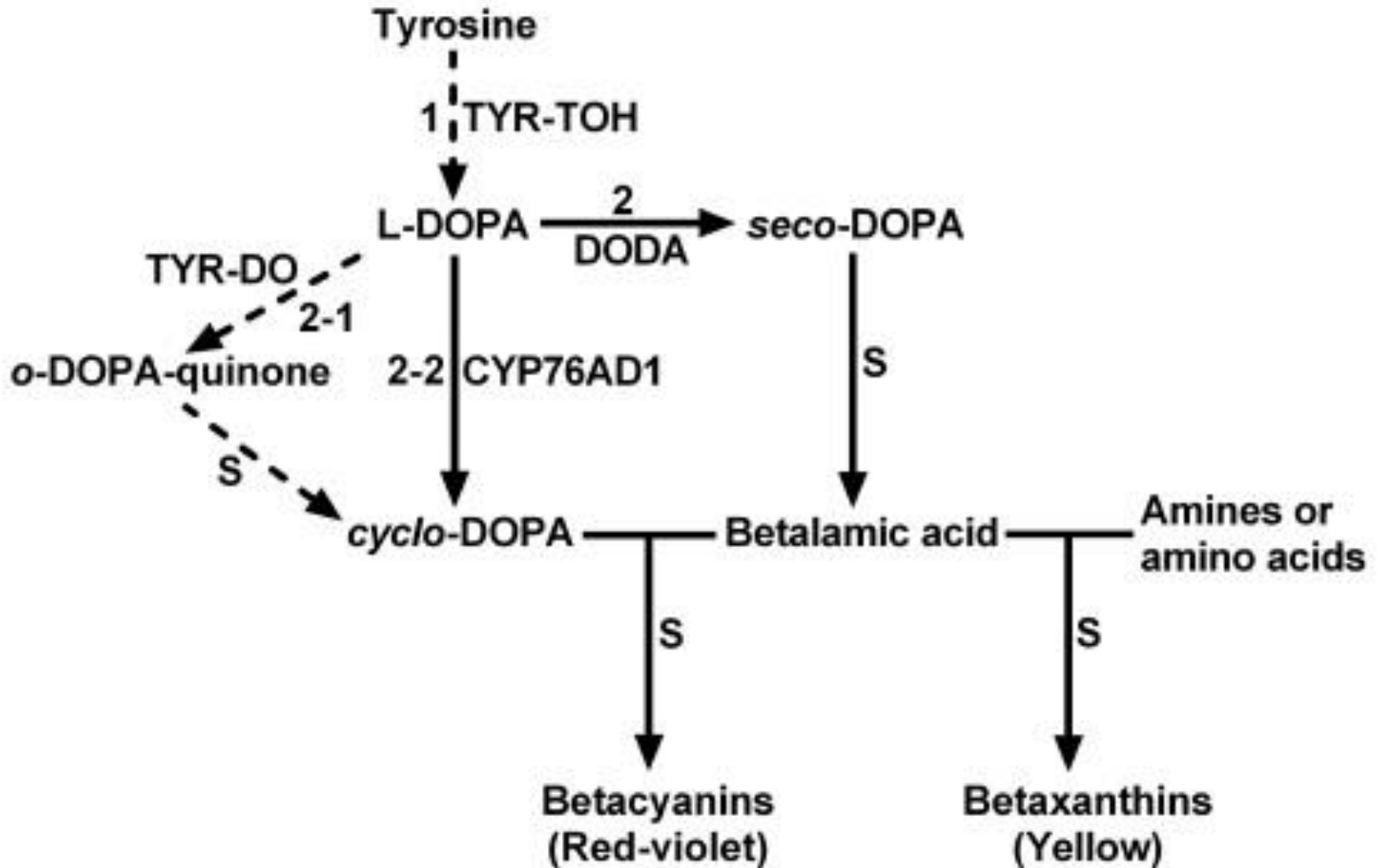
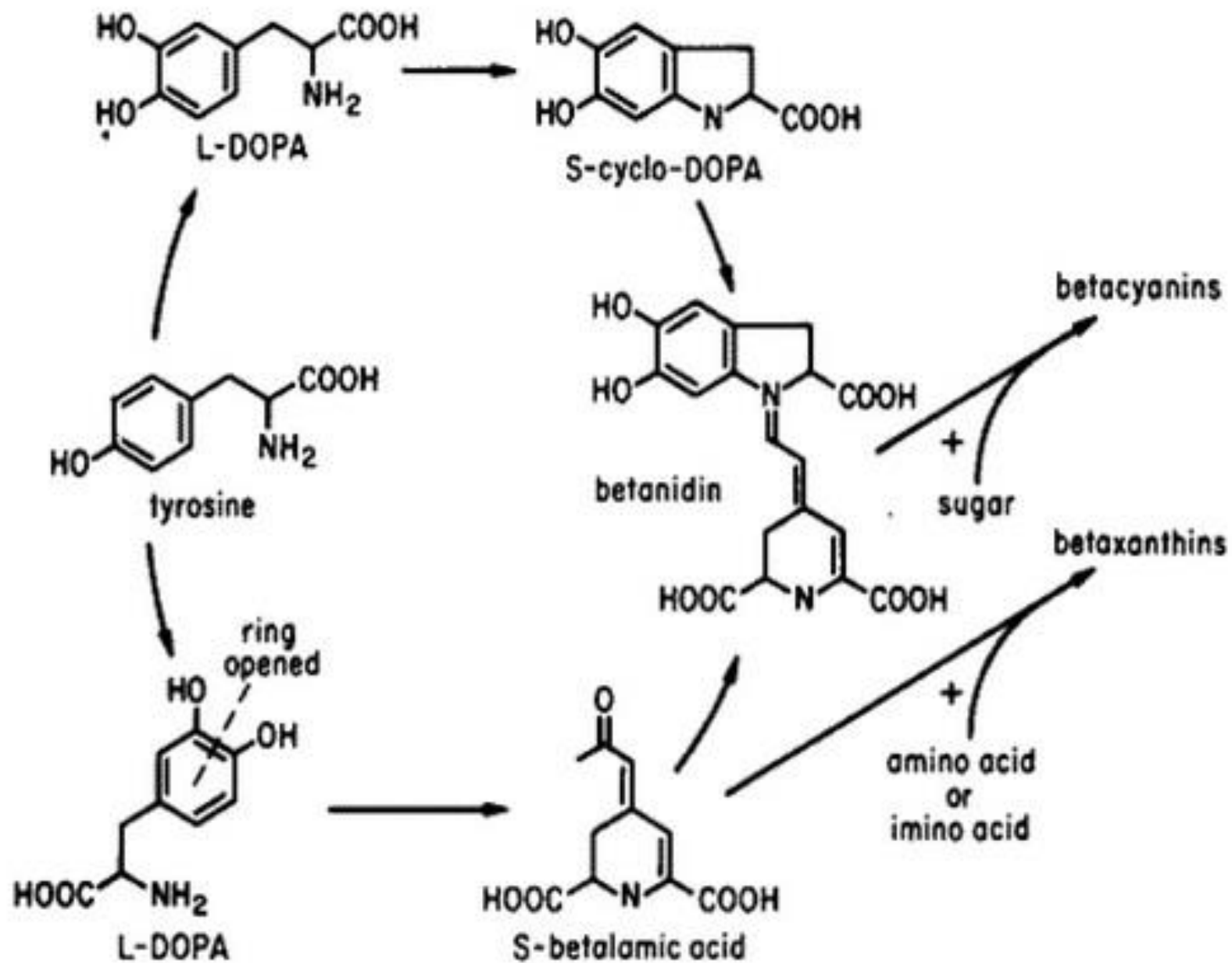


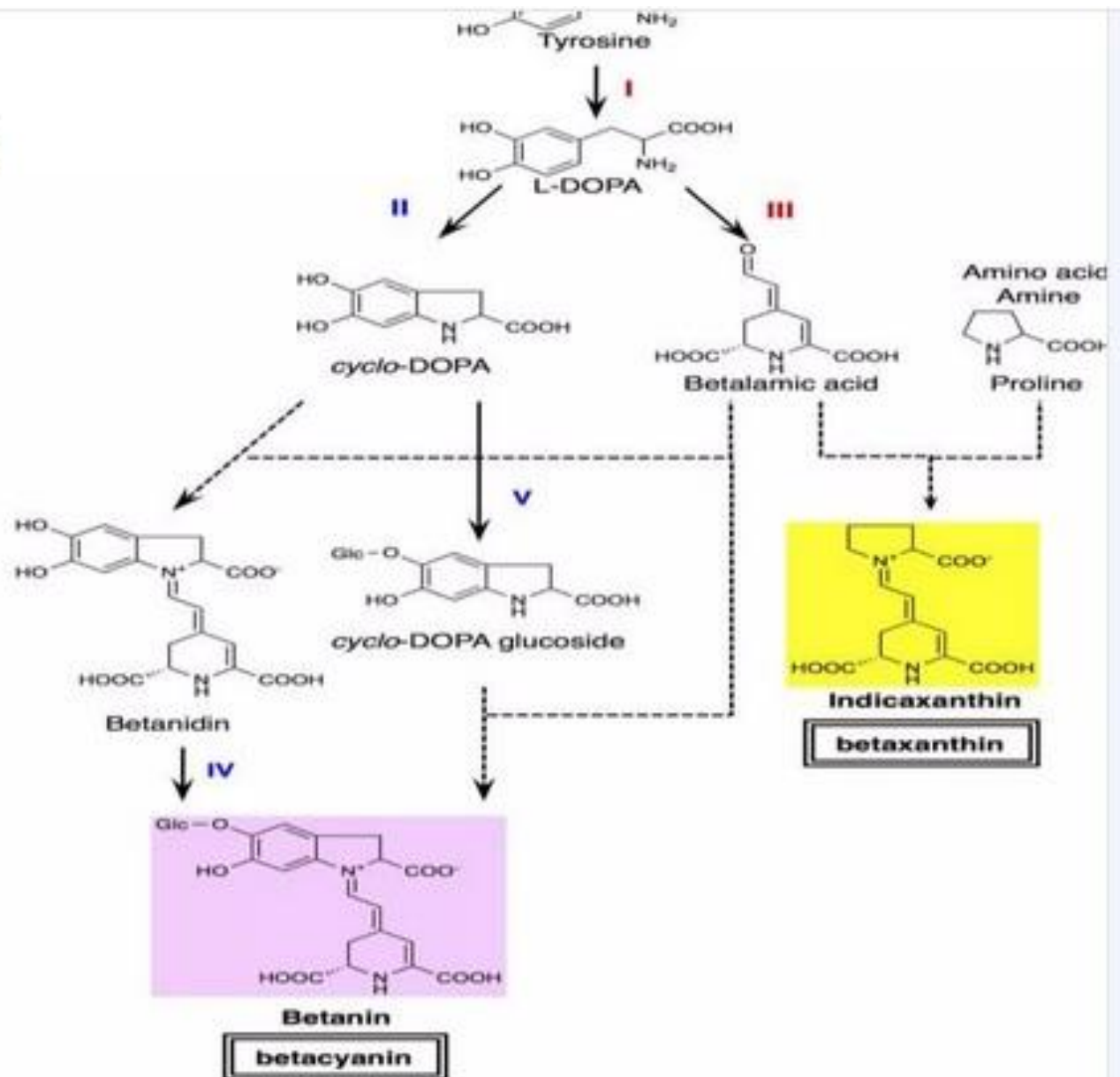
Figure 1. Betalain-containing plants: (a) *Celosia argentea* inflorescences; (b) *Beta vulgaris* whole plants; (c) *Opuntia ficus-indica* fruits; (d) *Bougainvillea glabra* bracts; and (e) *Rostkya schimperii* fruit (f) *Mimulus lewisii* flowers.

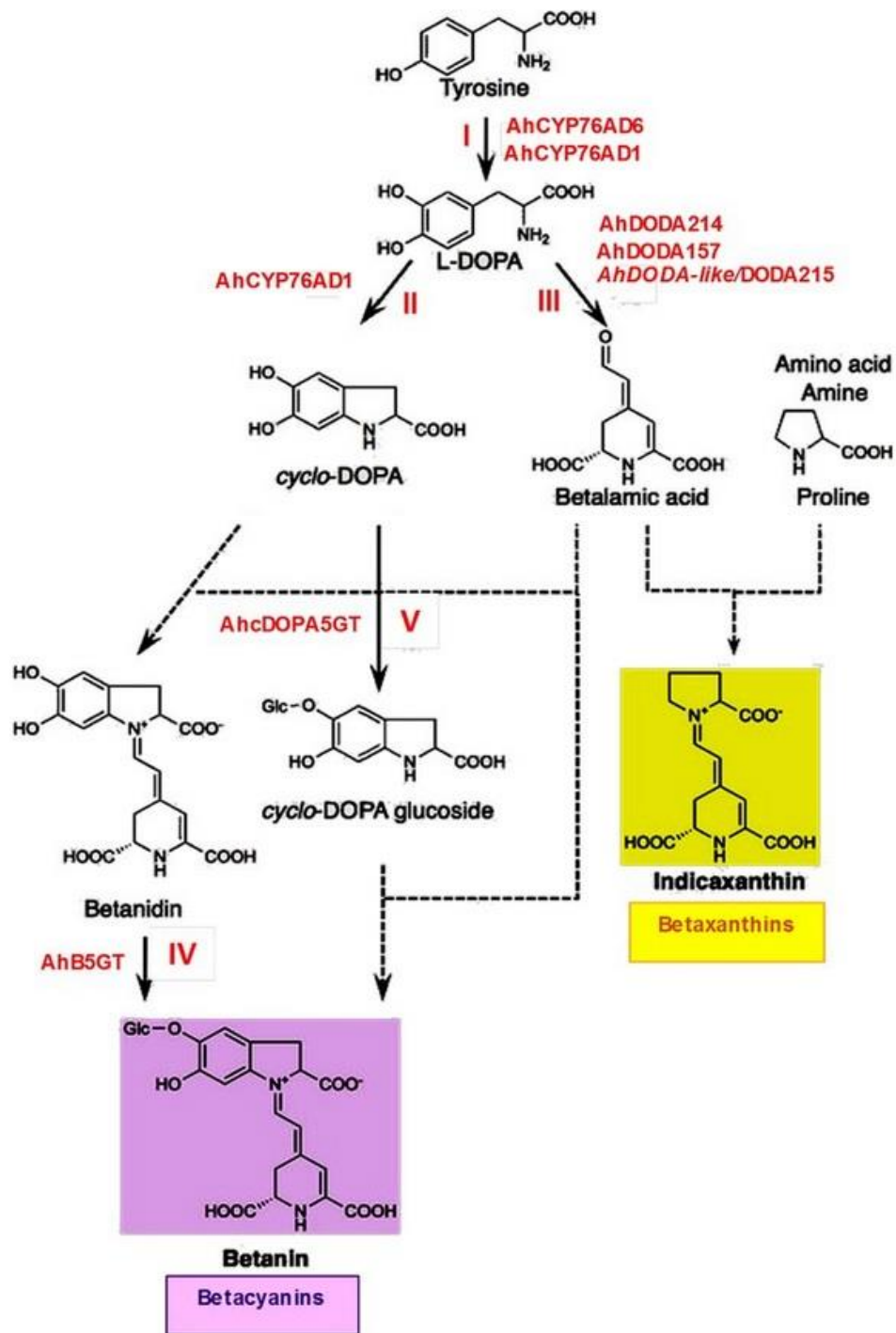
بیوسنتر بتالائینا





Thick arrows show enzymatic reactions, dotted arrows show spontaneous reactions. I, enzyme with tyrosine-hydroxylating activity (LeTYR in this study); II, L-DOPA oxidase; III, DOPA 4,5-dioxygenase (MjDOD in this study); IV, betanidin 5-O-glucosyltransferase; V, *cyclo*-DOPA 5-O-glucosyltransferase. Enzymes used for betaxanthin engineering in this study are shown in red font





رنگ سنجی

Color Measurement

- **Visual assessment**
- **Matching of colors**
 - **Color charts or models**
- **Optical instrumentation**
 - **Light reflected or transmitted by commodity**
- **Chemical analysis for pigment content**

COLOR

Hue: red, purple, blue, green, yellow

Chroma: intensity of color

Value (L): Light to dark

Fig. 13: Munsell color wheel

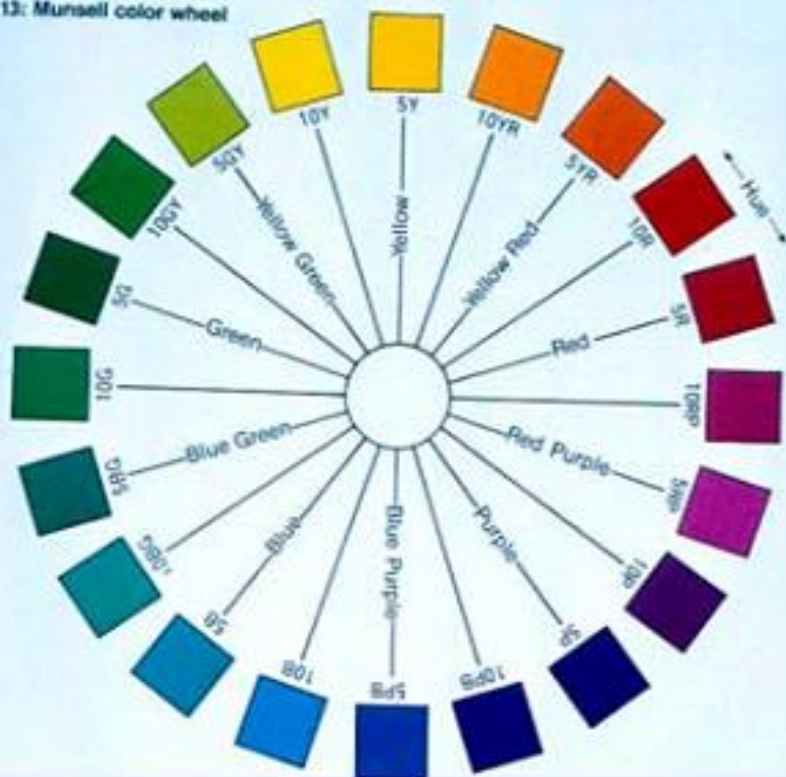
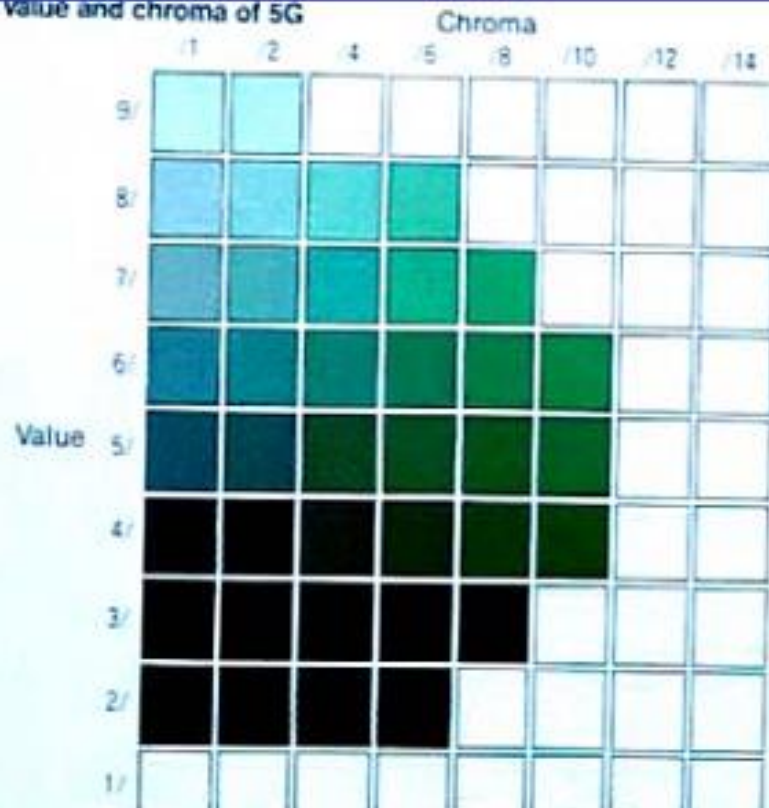


Fig. 14: Value and chroma of 5G



**Minolta Colorimeter
for measuring color
hue, chroma, and
value**



- رنگ زمینه پوست و گوشت میوه با استفاده از دستگاه رنگ سنج بر اساس خصوصیات رنگی L^* ، C^* و H° در سه نقطه از هر میوه اندازه‌گیری می‌شود.
- مقادیر L^* بیانگر روشنی یا تیرگی رنگ است (۰ = سیاه و ۱۰۰ = سفید)،
- مقادیر C^* معرف کروما یا شاخص اشباع رنگ است
- H° بیانگر میزان زاویه هیو رنگ (۰° = قرمز ارغوانی، ۹۰° = زرد، ۱۸۰° = سبز-آبی، ۲۷۰° = آبی).
- در میوه‌هایی نظیر موز و انبه که تغییر رنگ از رنگ سبز به زرد است بهتر است از روش LCH استفاده گردد و روش LAB شاخص مطلوبی برای این تغییر رنگ نیست (وس، ۱۹۹۲؛ مک‌گویر، ۱۹۹۲).
- اعداد به دست آمده از محورهای H° و C^* توسط روابط زیر، قابل تبدیل به شاخص‌های a^* و b^* می‌باشند.
- a^* بیانگر محوری است که از رنگ سبز ($-a$) به رنگ قرمز ($+a$)
- b^* بیانگر محوری است که از رنگ آبی ($-b$) به زرد ($+b$) طی می‌کند.

C. Colorimetry

Colorimetry is an instrumental technique that attempts to describe color mathematically in terms of human perception (Hunter and Harold, 1987; Hutchings, 1994; Shewfelt, 1993). Many color scales have been developed, but the most widely used scale is based on the CIE color solid ($L^*a^*b^*$). The color solid, in turn, is based on the color opponent theory, which assumes that color of objects can be expressed in terms of red-green character and blue-yellow character. Thus, an object with a color that is more red than green is represented by “ $+a^*$,” while one more green than red is represented by “ $-a^*$.” Likewise, an object more yellow than blue is represented by “ $+b^*$,” and one more blue than yellow is “ $-b^*$.” The L^* represents lightness where a 0 corresponds to black and 100 corresponds to white. These numbers can then be plotted in a three-dimensional space, such that each color has a distinct point in the CIE color solid. Total color difference (ΔE) between any two points in the space can be determined by measurement of individual points and calculation by the formula:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

where ΔL^* , Δa^* , and Δb^* represent specific differences from a reference standard. Although colorimetry does provide a mathematical representation of color, the $L^*a^*b^*$ readings are not directly related to human perception (McGuire, 1992; Voss, 1992) despite frequent reports on vegetable color that attempt to artificially force this relationship. Originally, “a” and “b” measurements (the forerunners of “ a^* ” and “ b^* ”) were obtained

$$\text{hue angle} = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

$$\text{chroma} = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$$

$$\begin{aligned} \text{°Hue} &= \text{arctg } b^*/a^* \\ C &= [(a^*)^2 + (b^*)^2]^{1/2} \end{aligned}$$

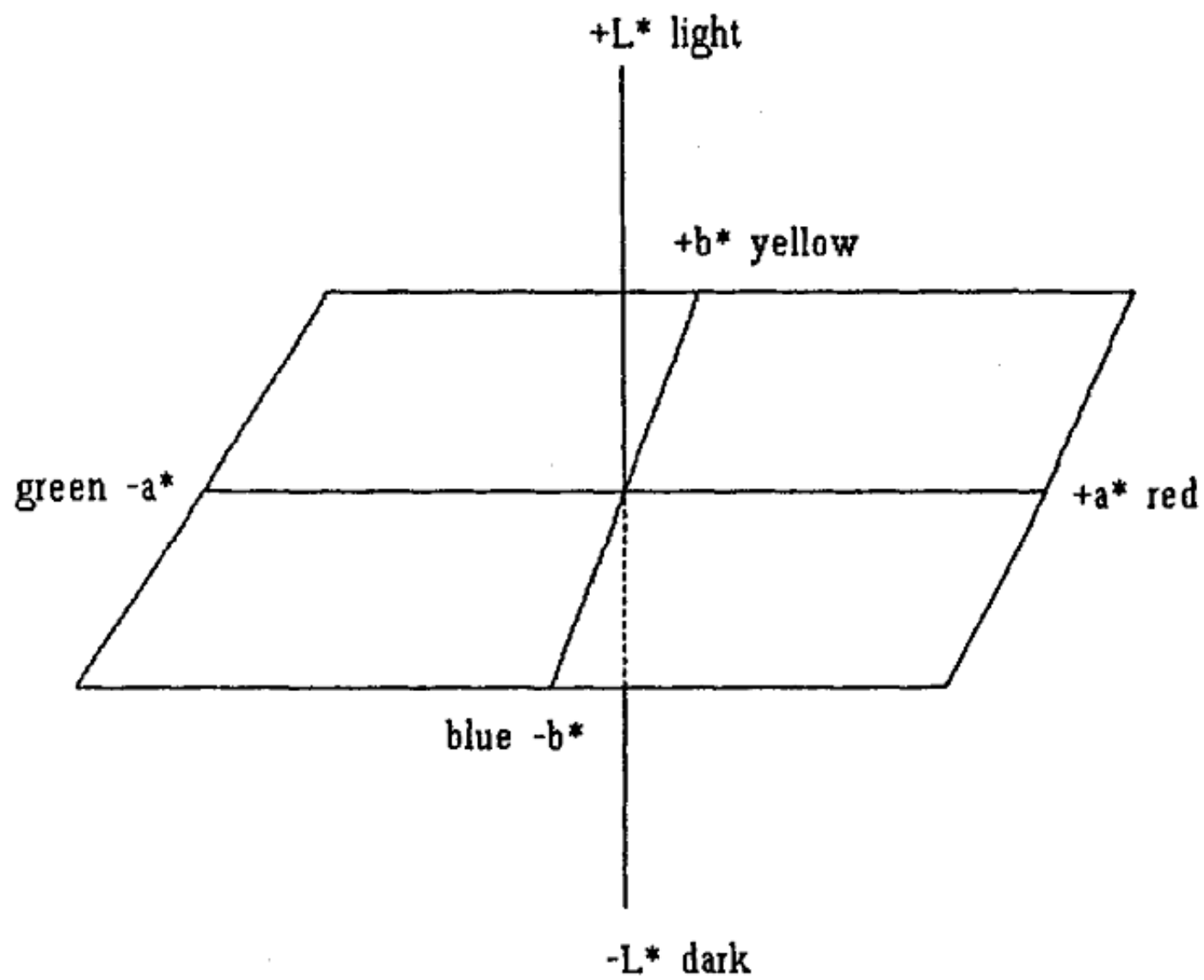
Where:

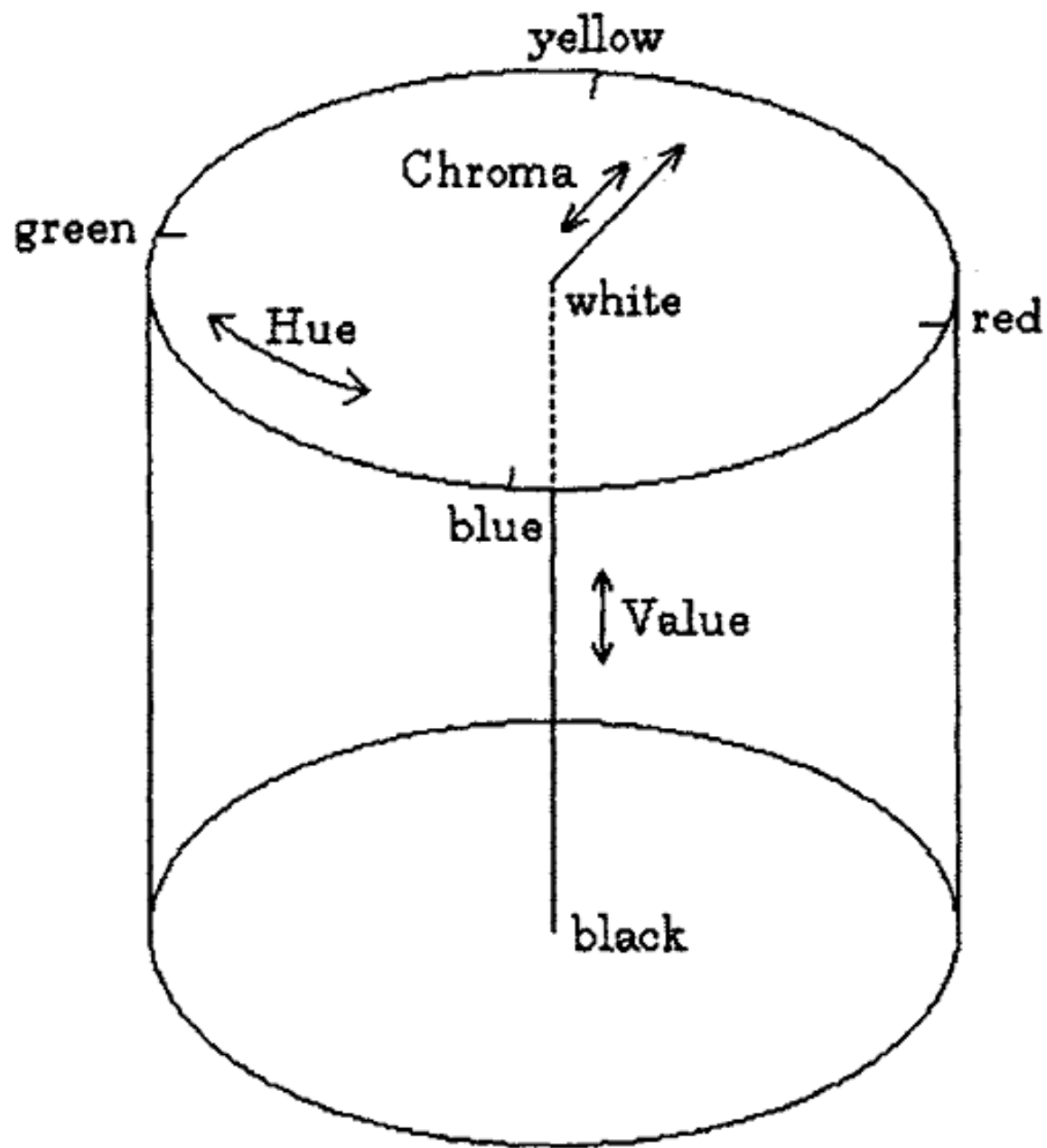
°Hue = 0 represents a purple red

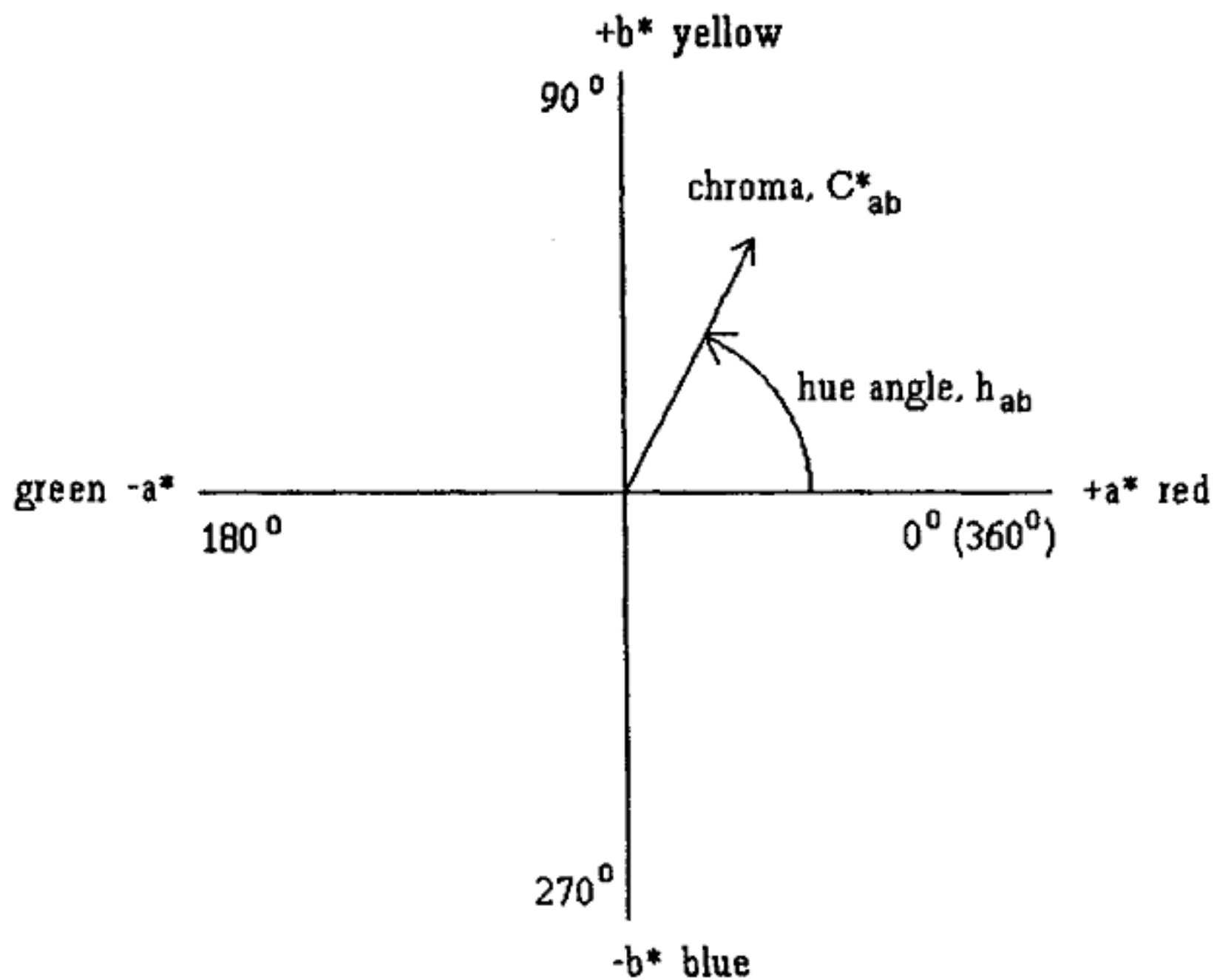
90° = Yellow

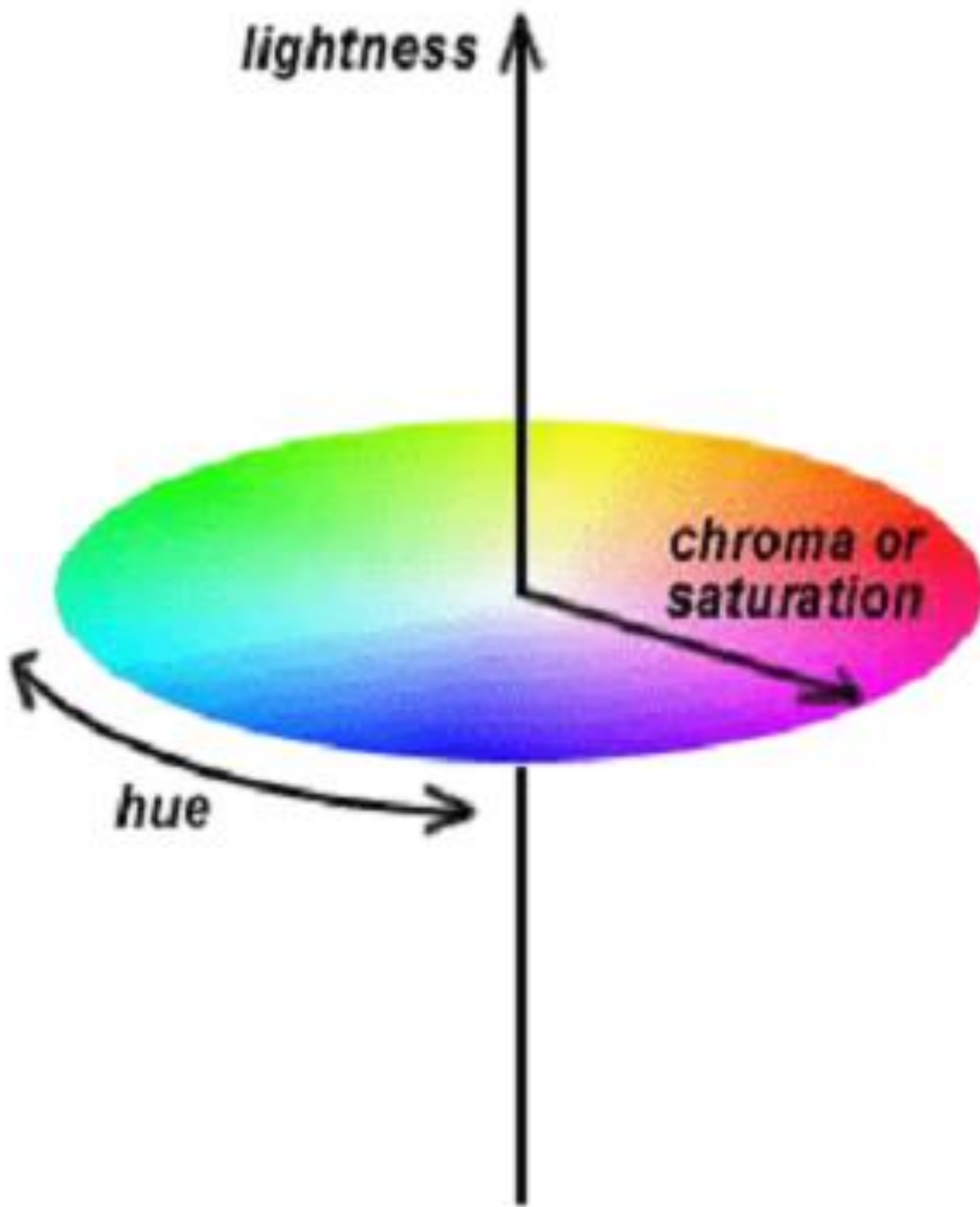
180° = Green-blue

270° = Blue









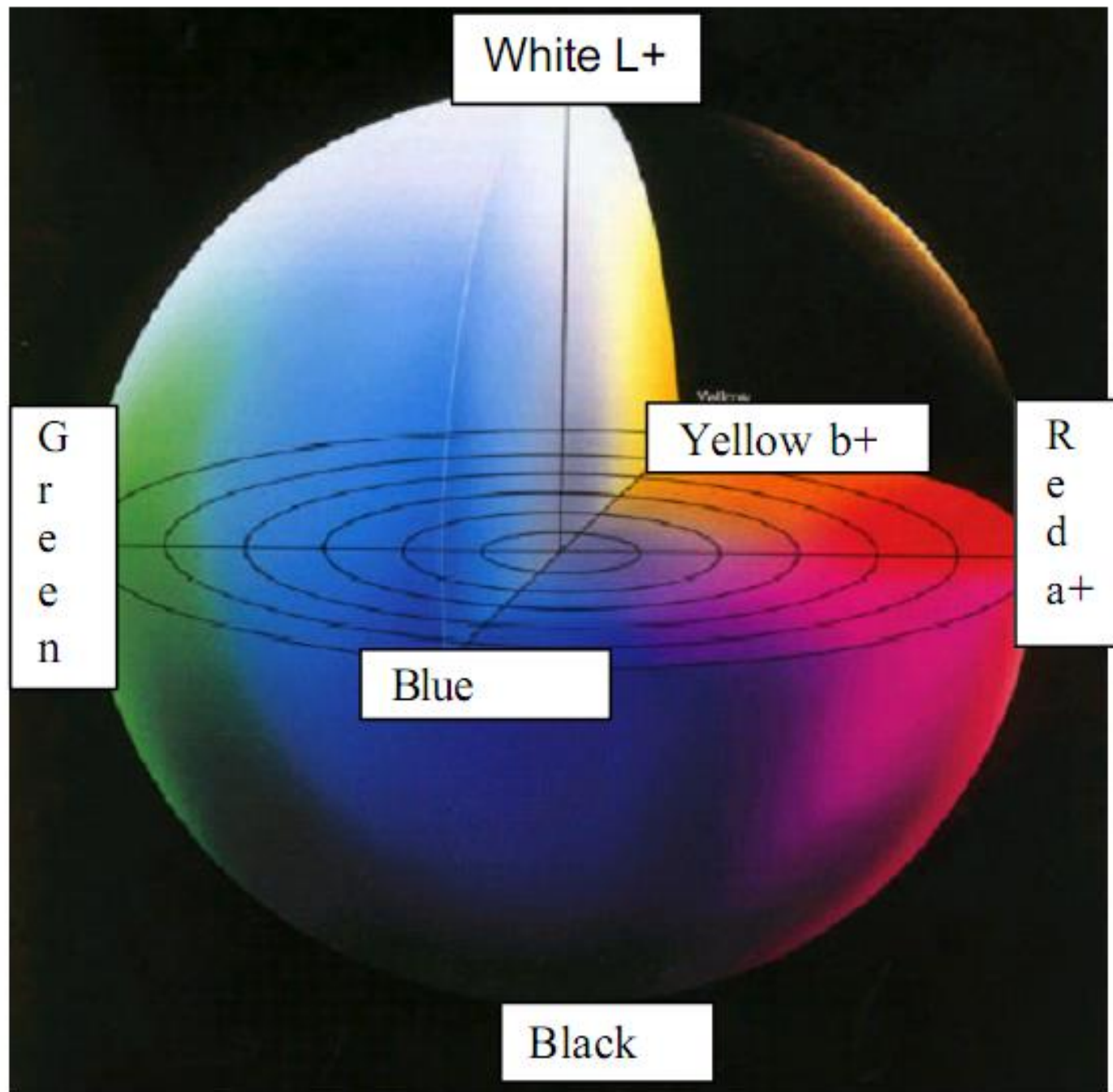
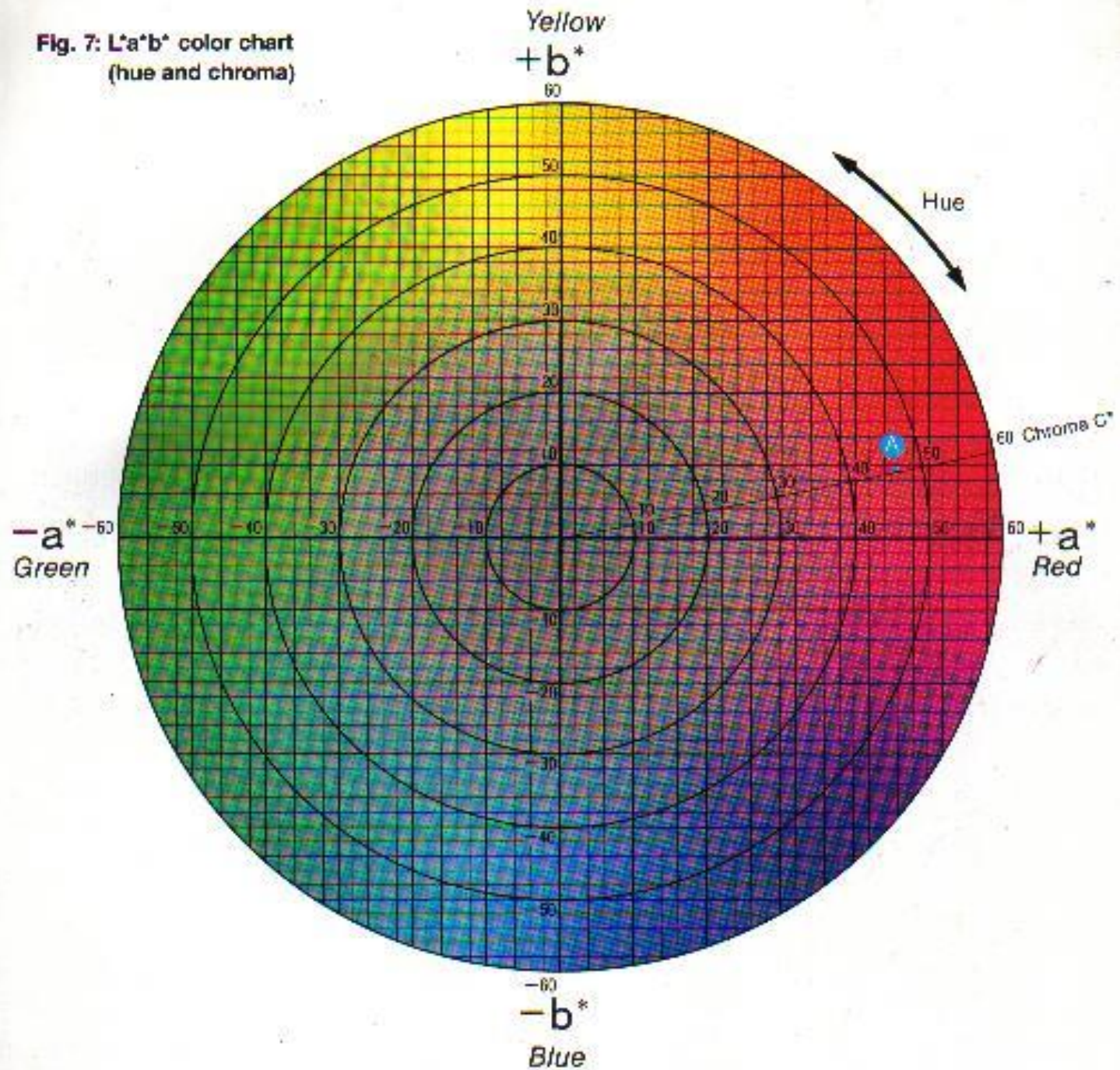


Fig. 7: L*a*b* color chart
(hue and chroma)



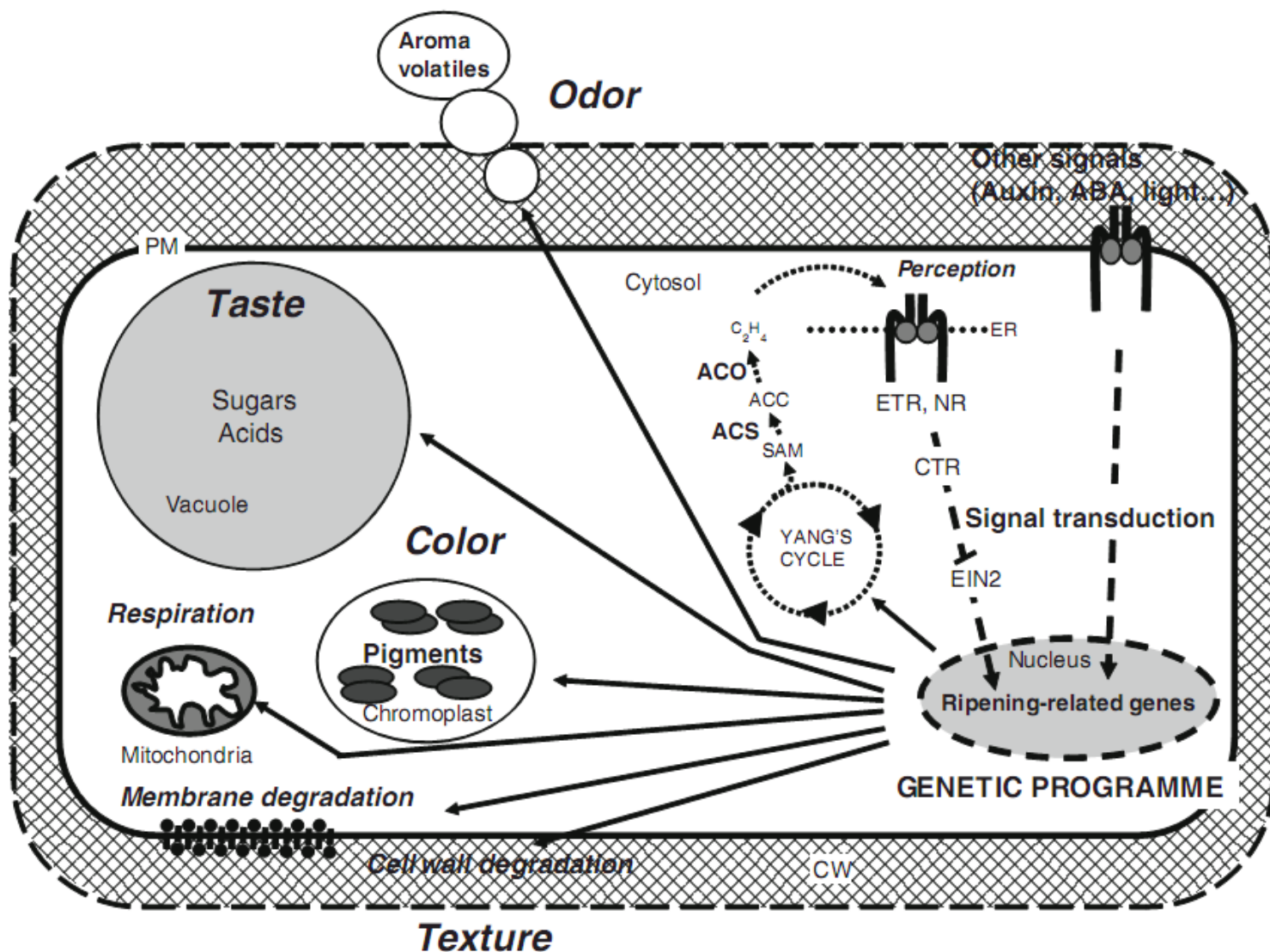


Fig. 16.1 Schematic representation depicting the molecular mechanisms controlling the ripening of climacteric fruit. The fruit ripening process is a genetically regulated developmental process involving the activation of a high number of primary and secondary metabolic pathways that all contribute to the overall sensory and nutritional quality of the fruit. This process involves the expression of ripening-related genes that encode enzymes (proteins) involved in the various ripening pathways (e.g., softening, color development). The whole process is under the control of hormonal and environmental signals, amongst which ethylene plays a major role