

FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA

1.1. Produção de Etileno e Respiração

1.2. Alterações nos ácidos, açúcares, textura, cor, aroma, vitaminas e transpiração

**Ler: Biología y Tecnología Postcosecha: un Panorama Adel A. Kader
Maduración e Índices de Madurez Michael S. Reid**

**Cell
division**



**Cell
expansion**



Maturation



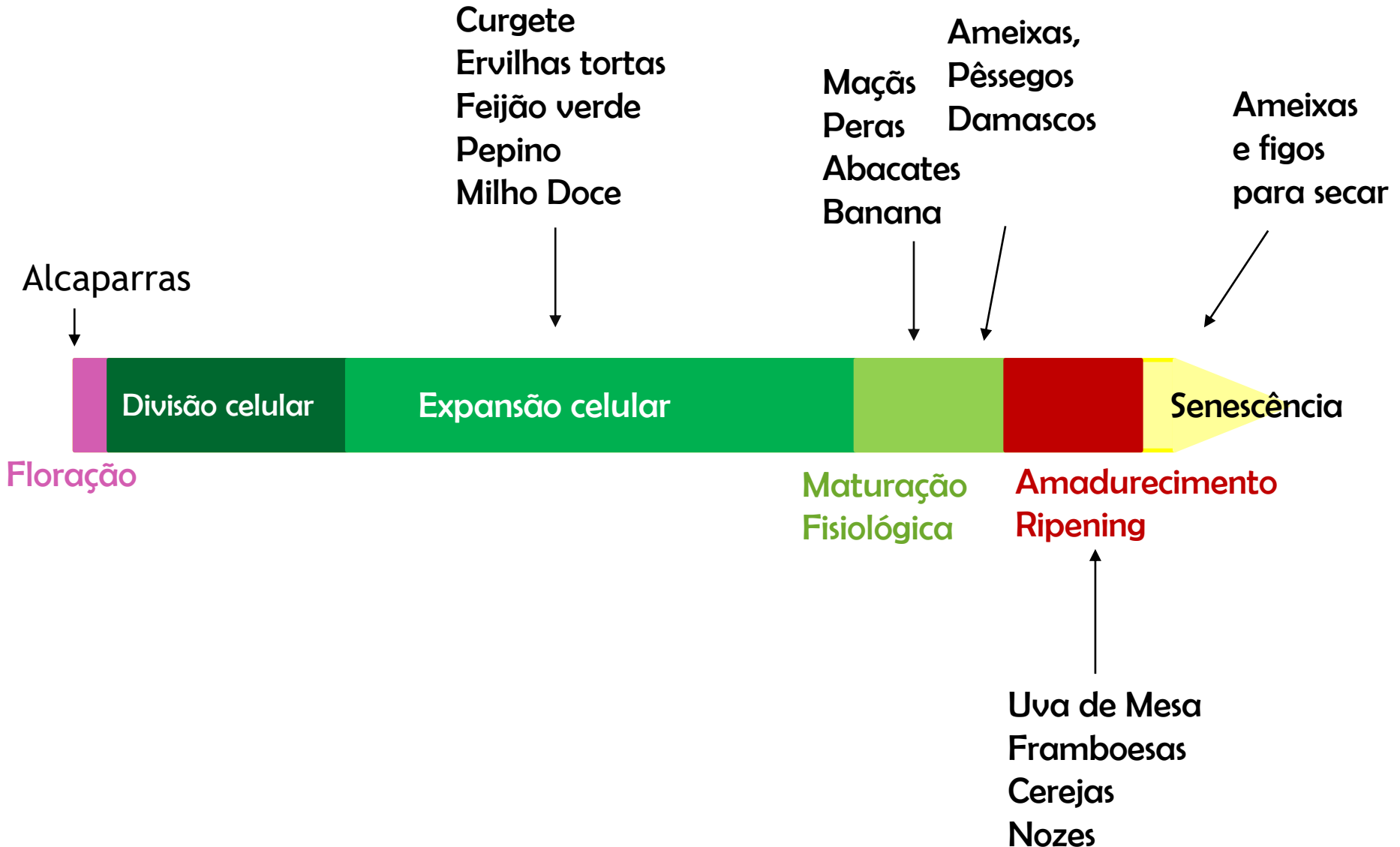
Ripening



Senescence



Desenvolvimento Fisiológico e Maturação Hortícola



Botões florais



A alcaparra é um arbusto rasteiro

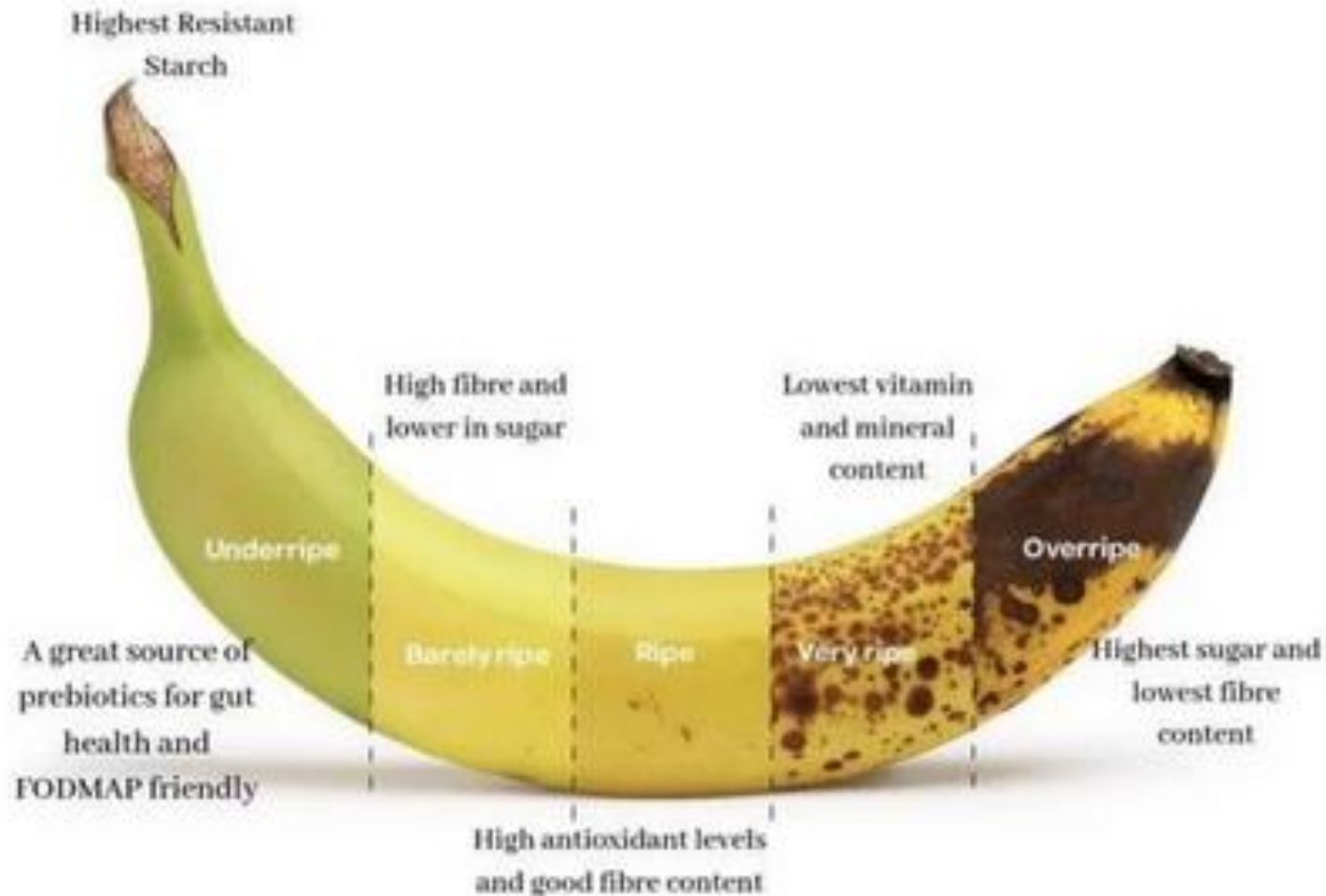




Figos para secar são

<https://figs.com.gr/organic-cultivation-of-fig-tree/?lang=en>





<https://www.highperformancenutrition.com.au/>

Prebiotics são um grupo de nutrientes que são degradados pela microbiota intestinal (flora intestinal)

As frutas e hortaliças são órgãos vivos sujeitos a condições adversas

Ambiente envolvente

Estado de maturação

**Respira e
liberta calor**

**Liberta Etileno e
Aromas**

Temperatura

Humidade relativa

Composição da atmosfera

Luz

Danos mecânicos - manuseio

Ataques de fungos
e microrganismos

Cálcio, potássio, azoto...
Acidentes fisiológicos

Transpira

Composição química

Um ser vivo

Crescimento pós-colheita (e.g abrolhamento)

Factores envolvidos nas perdas pós-colheita

Fatores biológicos

Alterações fisiológicas (respiração e etileno)
Crescimento e Desenvolvimento (hormonas)
Danos mecânicos
Perda de água ou transpiração
Alterações microbiológicas (fungos e bactérias)



Deterioração

Fatores ambientais

Temperatura
Humidade relativa
Composição da atmosfera
Etileno
Luz e outros



Alterações fisiológicas

Fatores socioeconômicos

Sistemas e estruturas de marketing inadequadas

Métodos de transporte ineficientes

Ausência de classificação

Regulamentação imposta pelos governos

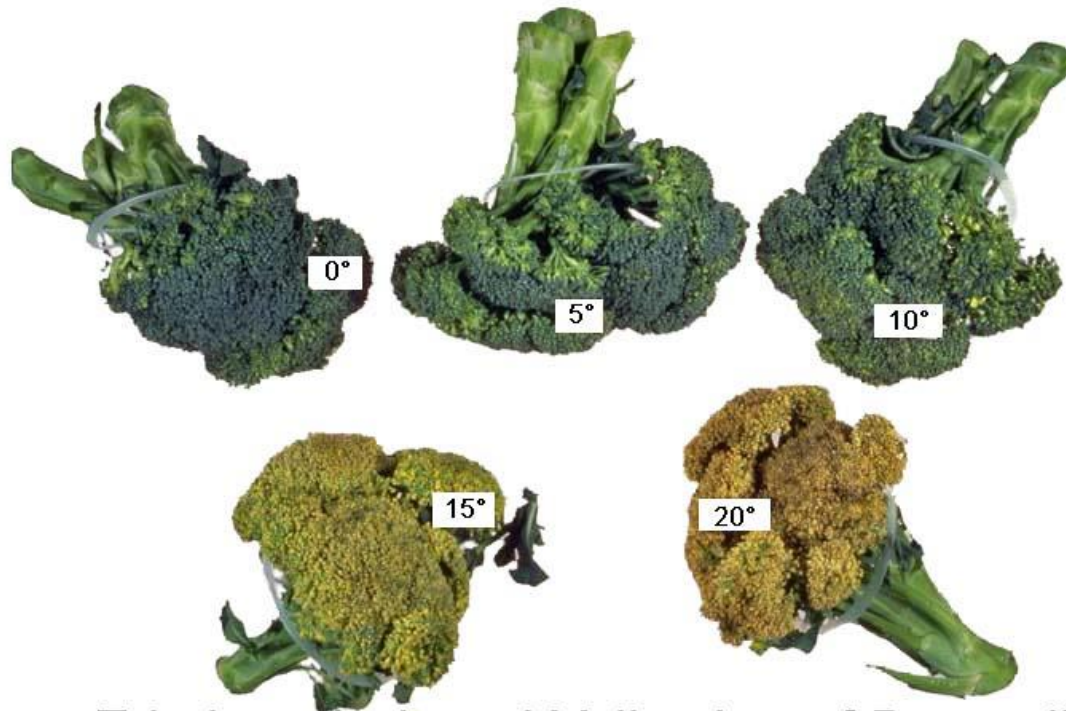
Preferências dos consumidores

Indisponibilidade de equipamento

Falhas de manutenção

Falta de informação

Fatores ambientais: temperatura, humidade relativa, composição da atmosfera, etileno

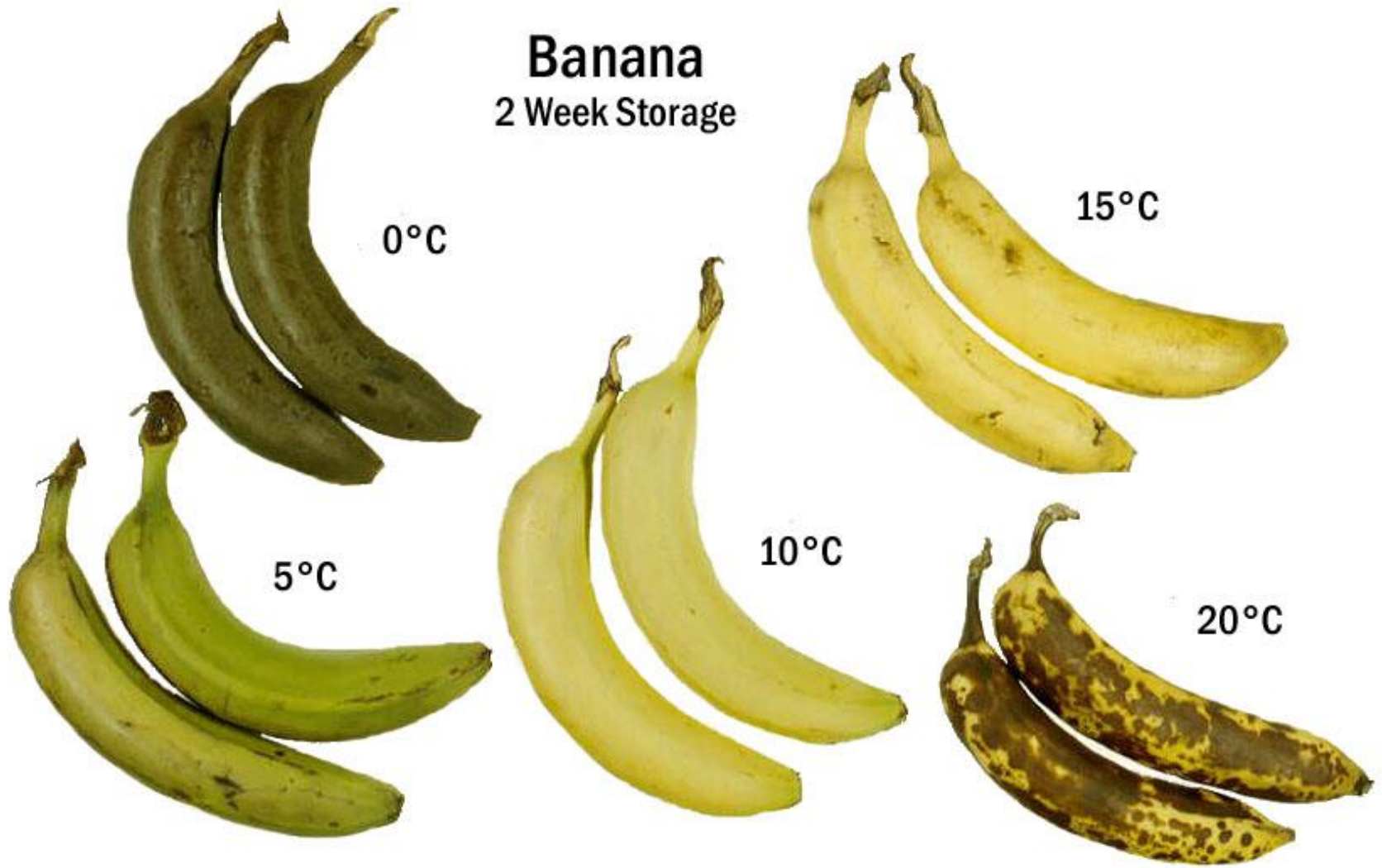


Ethylene Induced Yellowing of Broccoli

Edwards, Don: University of California, Davis

Banana

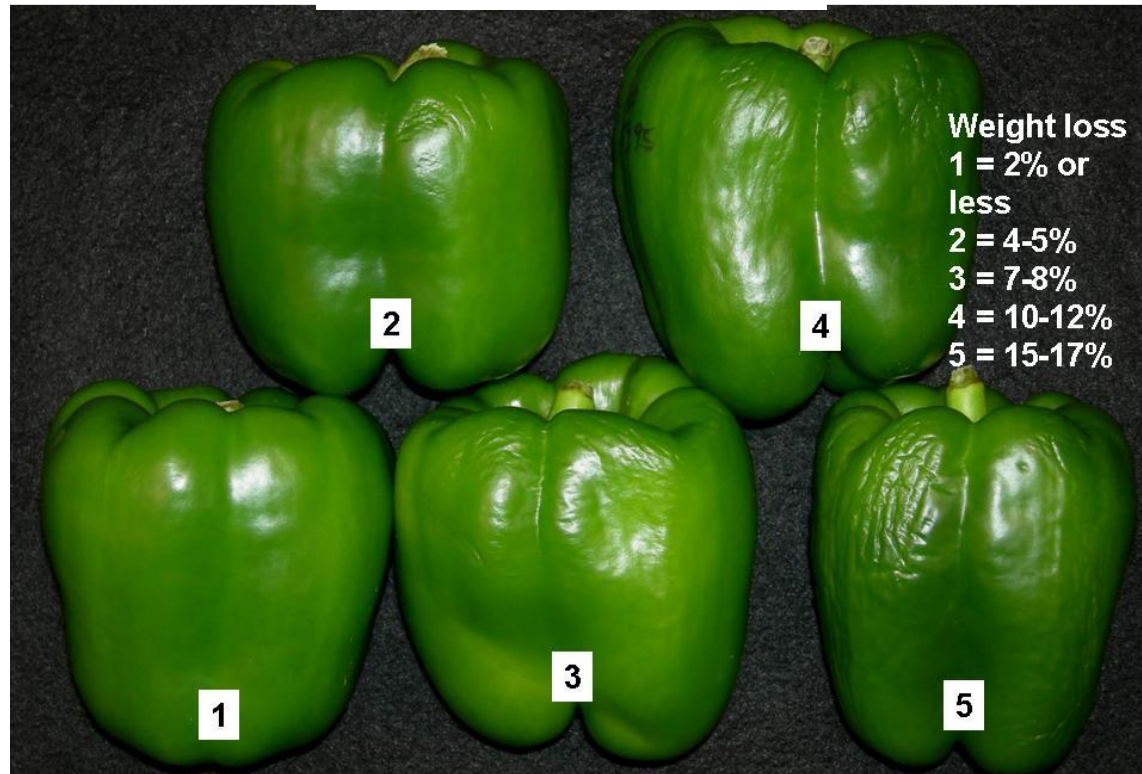
2 Week Storage



Edwards, Don: University of California, Davis

Banana; chilling injury at $<10^{\circ}\text{C}$

Engelhamento do pimento

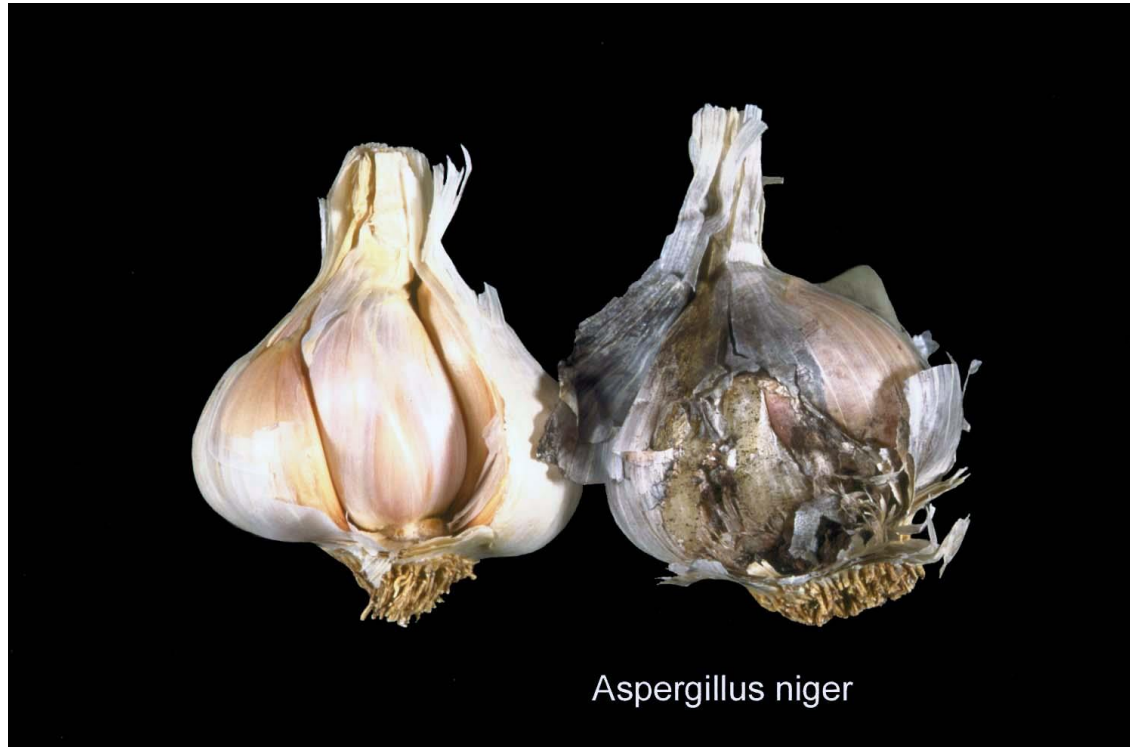


Cantwell, Marita: University of California, Davis

O aumento da podridões é também devido a uma temperatura não suficientemente baixa para reduzir o desenvolvimento dos fungos e bactérias



Podridões causadas por fungos e bactérias



Cantwell, Marita: University of California, Davis



Cantwell, Marita: University of California, Davis

Desenvolvimento dos órgãos: **espargos, cebolas, alhos**
Desenvolvimento de sementes em frutos, abrolhamento da batata

Composição da atmosfera



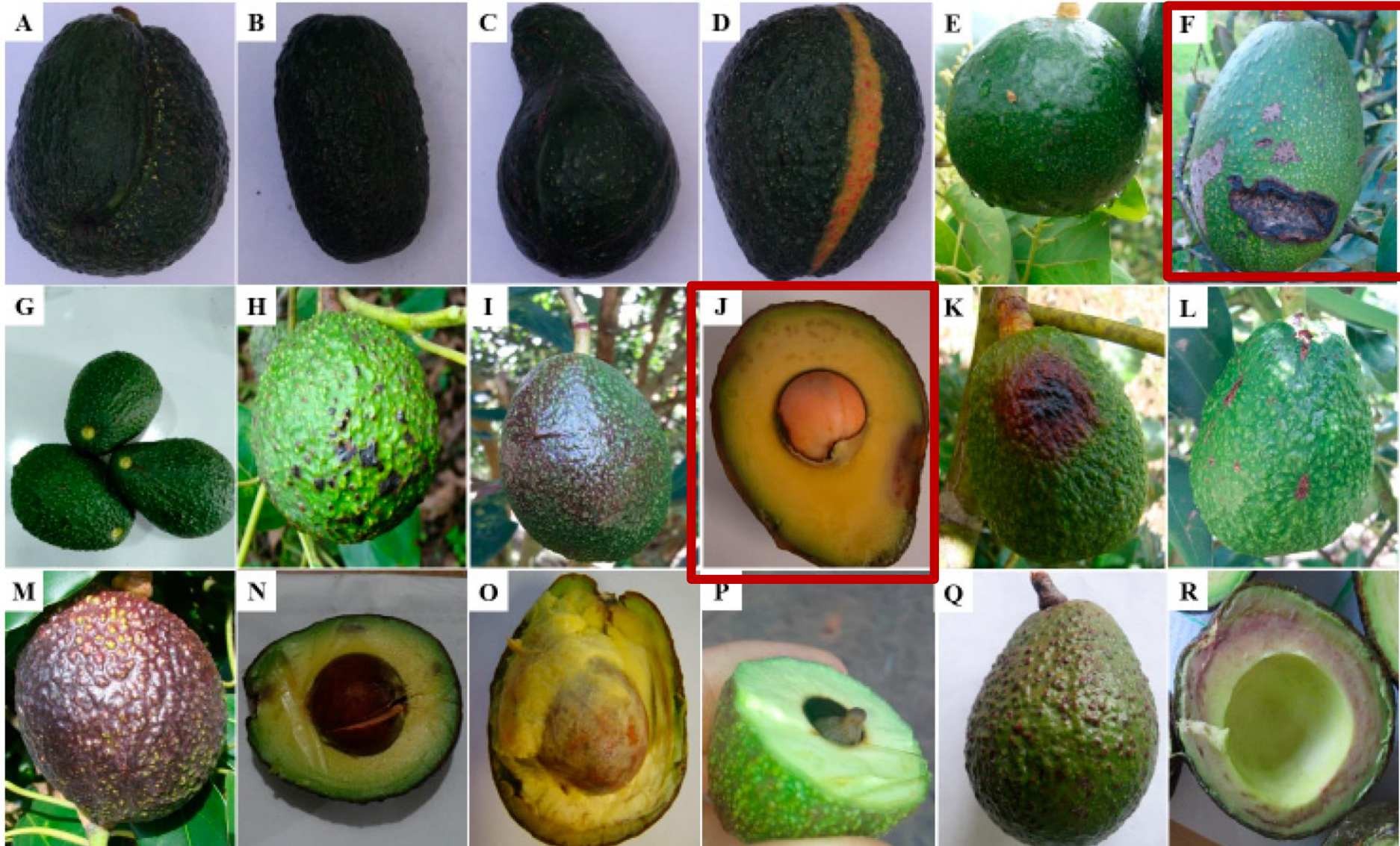
CO₂ elevado e baixo O₂ , Golden Delicious



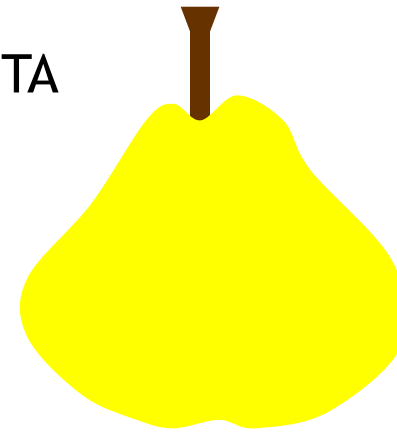
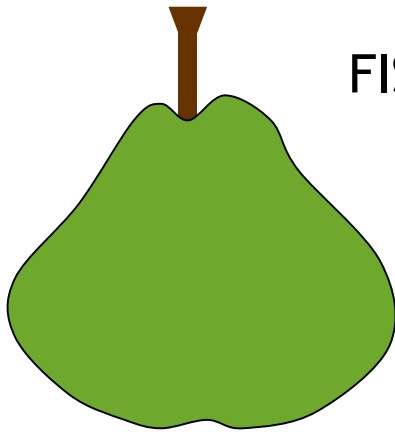
CO₂ elevado, Golden Delicious

<http://postharvest.tfrec.wsu.edu/marketdiseases>

Hass avocado: (A) malformation of unknown origin; (B) boron deficiency; (C) zinc deficiency; (D) natural variegation; (E) fruit shape; (F) mechanical damage; (G) fruit without pedicel; (H) herbicide damage; (I) ring-neck; (J) impact damage; (K) sunburn damage; (L) hailstone damage; (M-O) overripe fruit; (P) necrotic seed; (Q) lenticel damage; (R) chilling injury (Joaquin Ramírez-Gil et al., 2019)

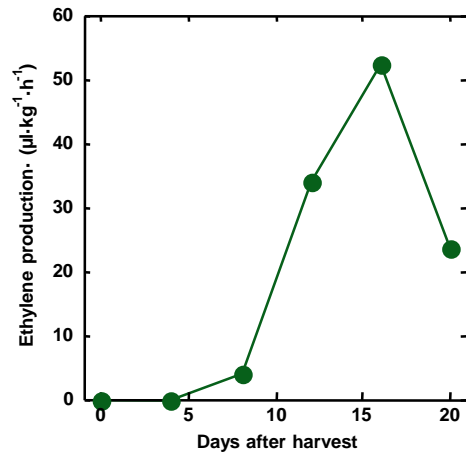


FISIOLOGIA PÓS-COLHEITA

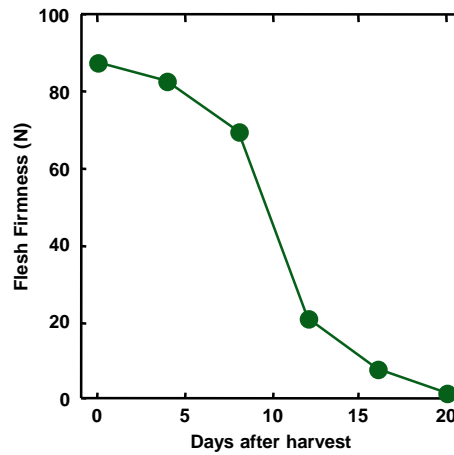


Aumento na produção de etileno

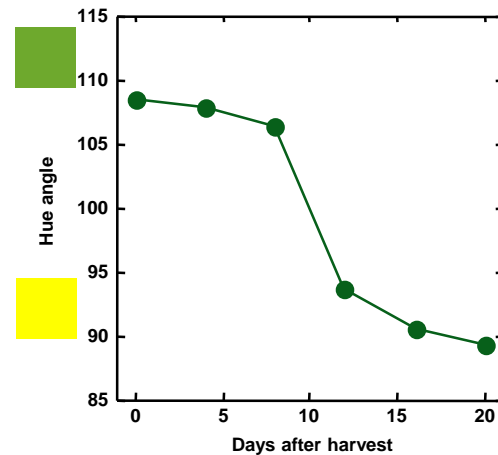
- amolecimento do fruto,
- degradação do amido,
- degradação da clorofila,
- biosíntese de compostos voláteis



Ethylene production

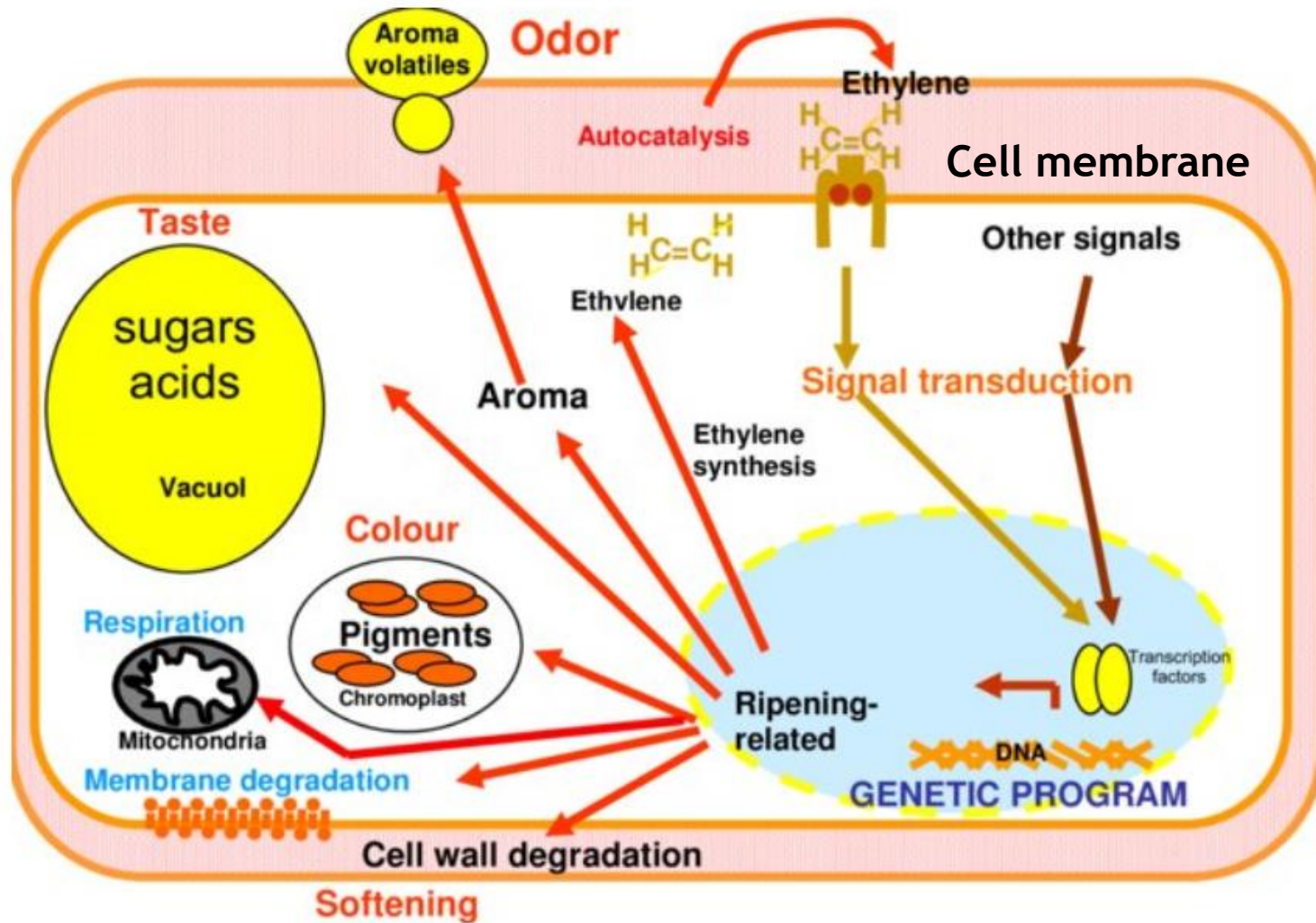


Flesh firmness

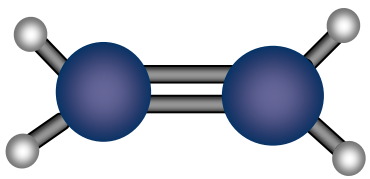


Hue angle

1. Produção de etileno e respiração

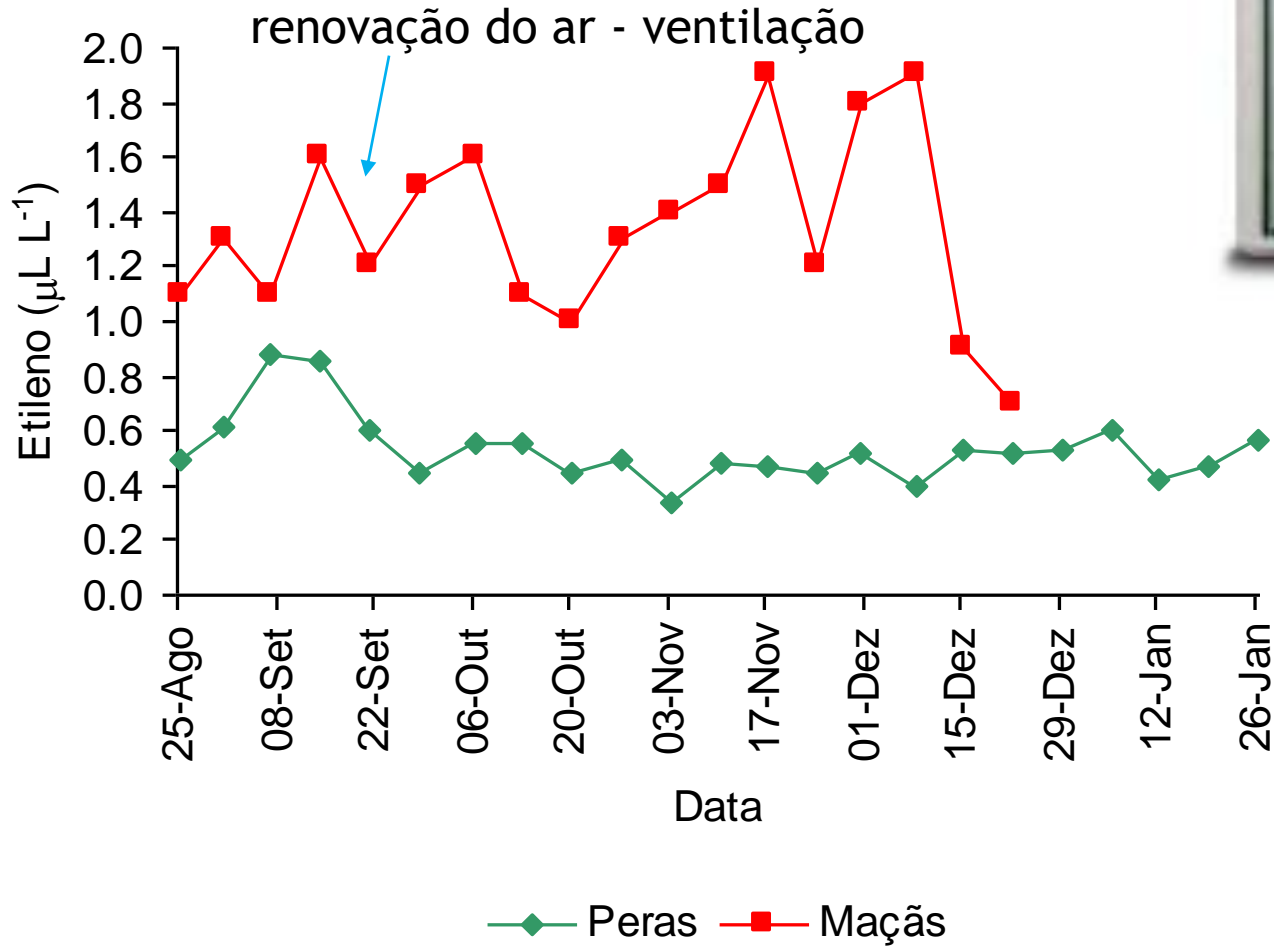


Tomato fruit ripening process at the cell level. Ethylene is involved in the colour, the aroma and the softening. Climacteric fruits are characterized by an autocatalytic production of ethylene and by a respiratory crisis. Other signal molecules are also involved fruit this process. Julien Pirrello 2008

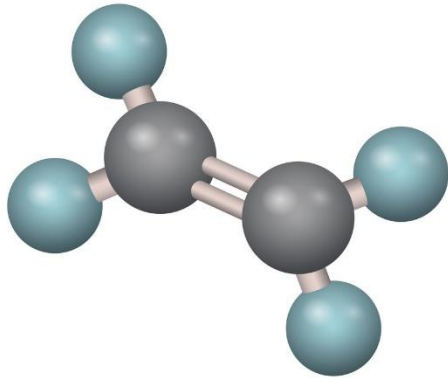


A molécula do etileno (C_2H_4)

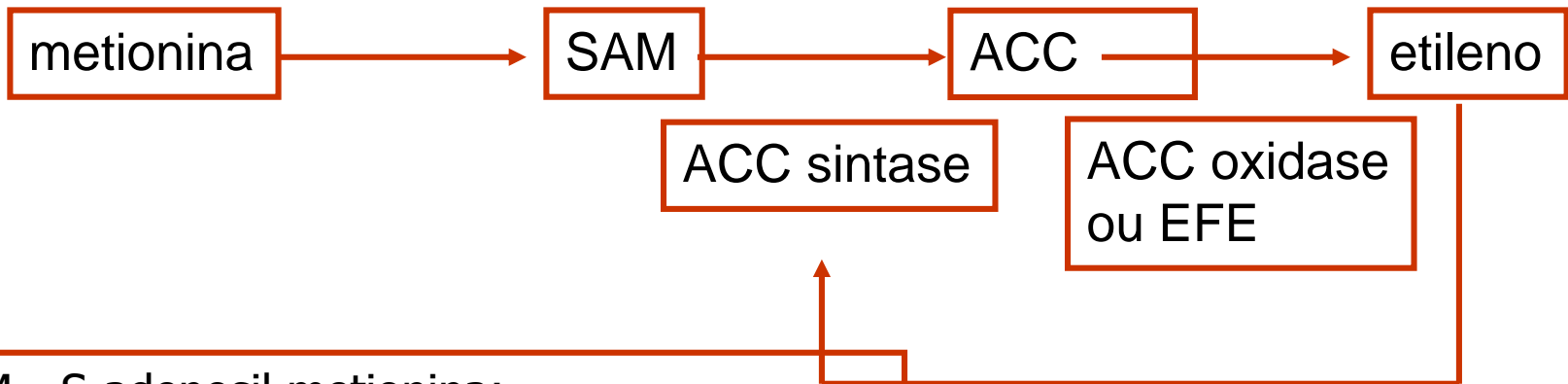
Câmaras de armazenamento frigorífico da CFP



A molécula do Etileno (C₂H₄)



Síntese do etileno



SAM= S-adenosil metionina;
ACC= ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico

EFE - enzima formadora do etileno

SAM - É formada a partir de adenosina tri-fosfato (ATP) e metionina pela enzima metionina adenosiltransferase

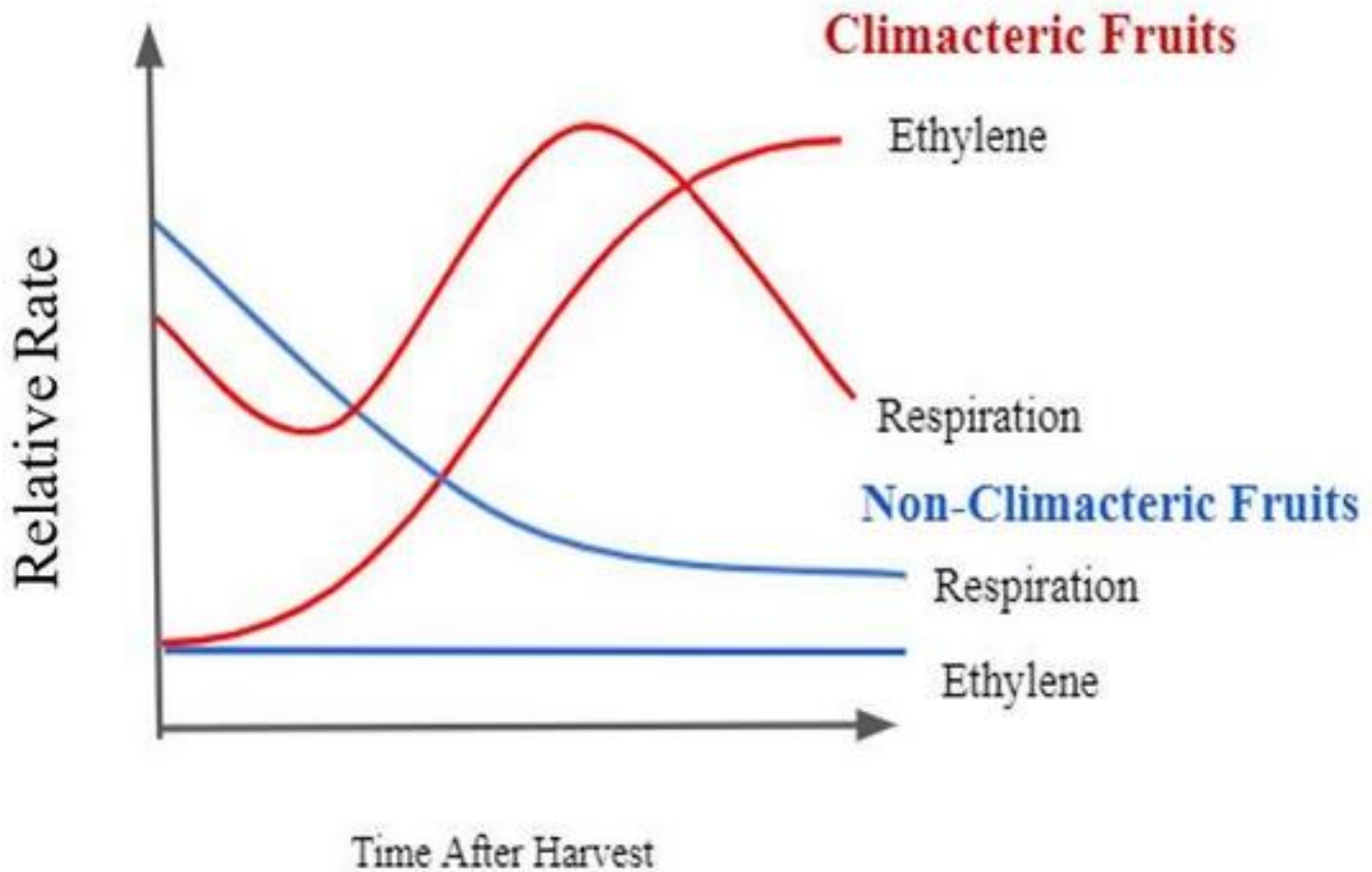


Figure 1. Fruit ripening patterns of climacteric versus nonclimacteric fruits. (Source: UC Davis).

COMPORTAMENTO DA RESPIRAÇÃO

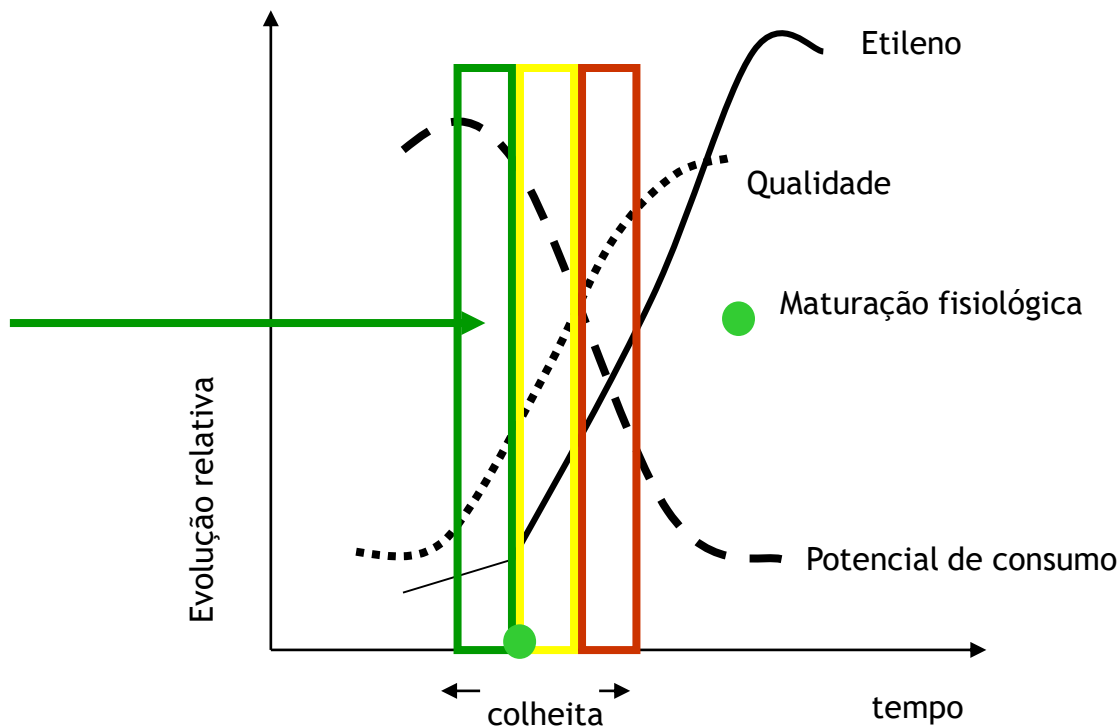
| | Climatéricos | Não climatéricos |
|--------------------------|--|--|
| Respiração | Aumenta | Não tem aumento climatérico |
| Etileno | Alto | Baixo |
| Amadurecimento destacado | Ocorre destacado | Na árvore |
| Exemplos | maçã, pera, damasco, banana, kiwi, tomate, manga. abacate, figo papaia, maracujá, pêsego | cereja, uva, limão, laranja, tangerina pepino, framboesa, melancia, romã |
| | | |

É UMA SIMPLIFICAÇÃO

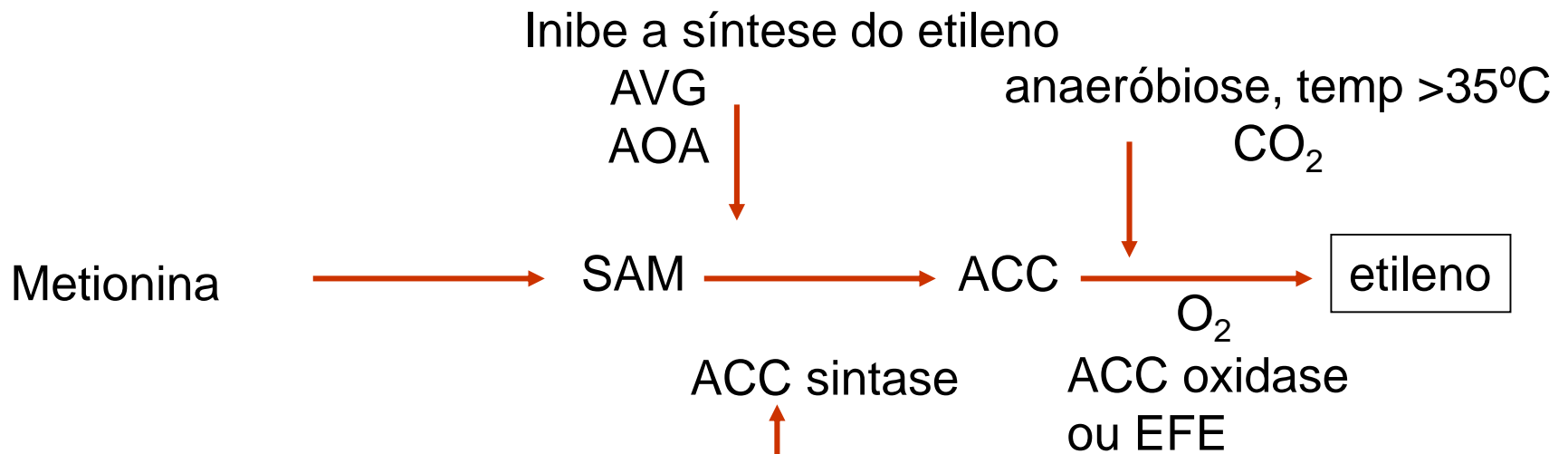
O QUE SE SABE É QUE O ETILENO TEM UM PAPEL UNIVERSAL NA MATURAÇÃO

É fundamental uma data de colheita precoce para uma boa conservação

Janela óptima de maturação maça e pera por exemplo



Adaptado de Chapon & Westercamp, 1996



- Promove a síntese do etileno
- Maturação dos frutos
- Senescência das flores
- IAA
- Danos, feridas
- Danos causados pelo frio
- Stress hídrico
- Encharcamento

AVG - aminoetoxivinilglicina
AOA - ácido aminoxiacético

1 metilciclopropeno - MCP

FACTORES QUE INFLUENCIAM A PRODUÇÃO DE ETILENO

- Cultivar
- Estado de maturação
- Temperatura
- Nível do oxigénio
- Nível de dióxido de carbono
- Tratamentos de etileno
- Outros hidrocarbonetos
- Stresses

A produção de etileno **umenta** com

- Maturação
- Danos físicos (quedas, feridas)
- Podridões
- Temperatura até 30 °C,
- Stresses (frio...)

A produção de etileno **diminui** com

- Temperaturas baixas
- O₂ reduzido (abaixo de 8%)
- Elevado CO₂ (acima de 2%)

Taxa de produção de etileno (microlitros C₂H₄ /kg) a 20°C

| | | |
|-------------|--------------|--|
| Muito baixa | < 1 | Batata, morango, hortícolas de raiz, romã, alcachofra, flores, uva |
| Baixa | 0.1 - 1.0 | mandioca, ananás, framboesa, kiwi, pepino |
| Moderada | 1.0 - 10.0 | banana, manga, figo, melão, tomate, alface, ameixa, |
| Elevada | 10.0 - 100.0 | abacate, papaia, maçã, damasco, pêsego, pêra |
| Muito alta | > 100 | anona, maracujá |

Sensibilidade ao etileno

Produtos mais sensíveis:

kiwis, pêras, tomate, alface
e todos os hortícolas de flor ou de inflorescência

POR ISSO NÃO SE PODEM MISTURAR PRODUTOS NAS CÂMARAS
POR EXEMPLO PERAS E MAÇÃS

A acção do etileno é mais reduzida a baixas temperaturas
A partir de 8°C a sensibilidade dos produtos aumenta

Principais efeitos do etileno em produtos hortofrutícolas

| Benéficos | Indesejáveis |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">• <u>Aceleração e uniformização do amadurecimento de frutos climactéricos.</u>• <u>Degradação da clorofila e uniformização da cor em citrinos (desverdeamento).</u>• Facilitação da colheita mecânica (abscisão).• Indução da síntese de compostos voláteis responsáveis pelo aroma dos frutos.• Inibição do abrolhamento em batata. | <ul style="list-style-type: none">• Aceleração do amadurecimento e da senescência.• Aumento da velocidade de degradação da clorofila.• Aumento da susceptibilidade dos frutos a fungos.• Indução ou agravamento de acidentes fisiológicos: e.g. russet spotting em alface, acumulação de isocumarinas amargas em cenoura, susceptibilidade ao bitter pit em maçã.• Abscisão de folhas, flores, frutos.• Aumento da dureza e a fibrosidade do espargo. |

- **Aplicações comerciais do uso do etileno**

Promove a maturação uniforme das bananas, abacates, mangas

Promove a alteração da cor em citrinos - desverdecimento (*degreening*)

Time zero



5 days degreening at 20°C



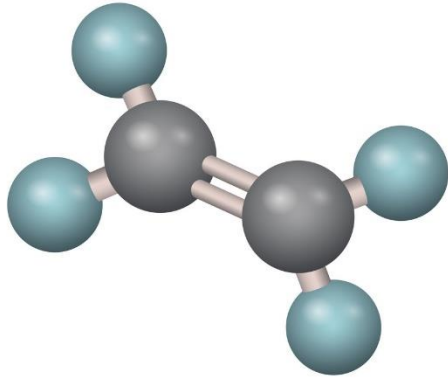
5 days degreening at 20°C +
10 days transport at 5°C



... etileno 1.5 ppm, 20°C ... Porat, 2008

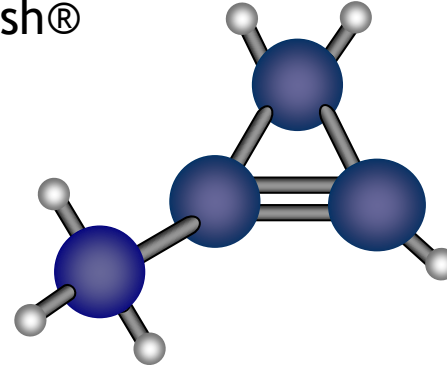


A molécula do Etileno (C_2H_4)

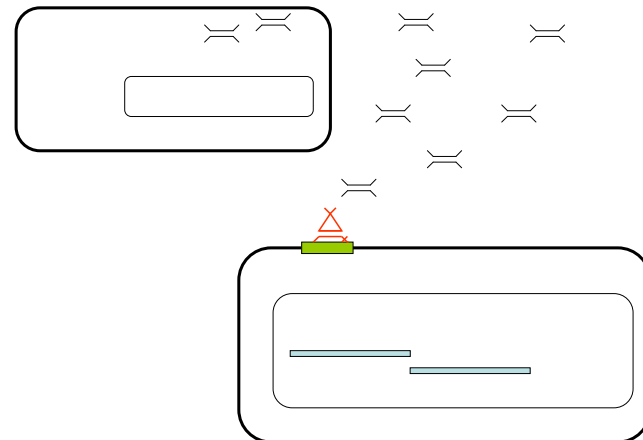


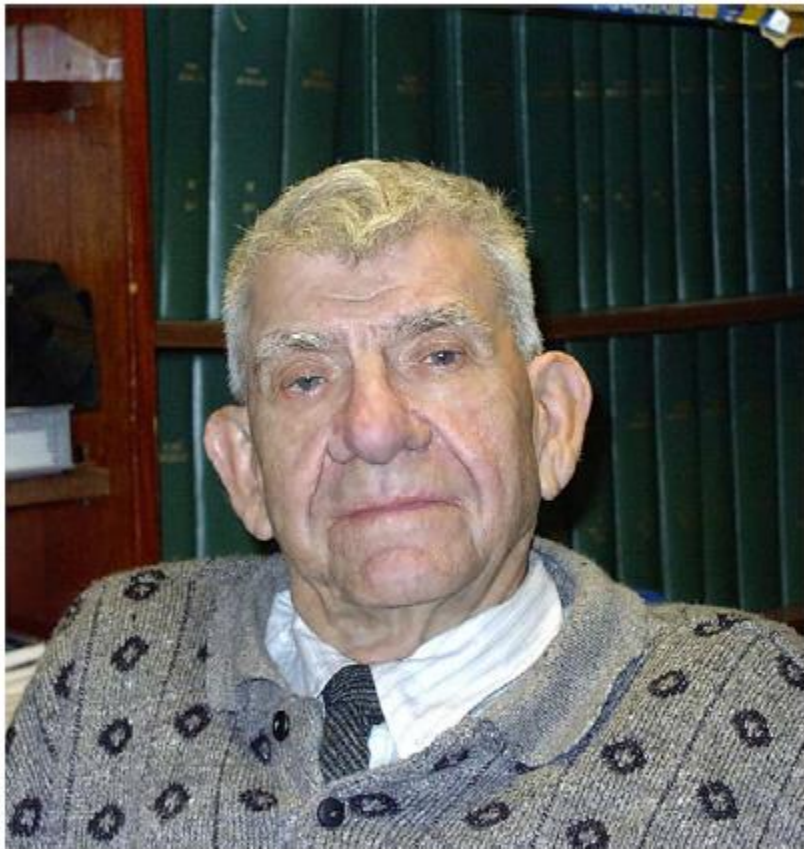
A molécula do 1-MCP (C_4H_6)

SmartFresh®



Modo de acção do 1-MCP





Prof. Edward C. Sisler was born on January 25, 1930

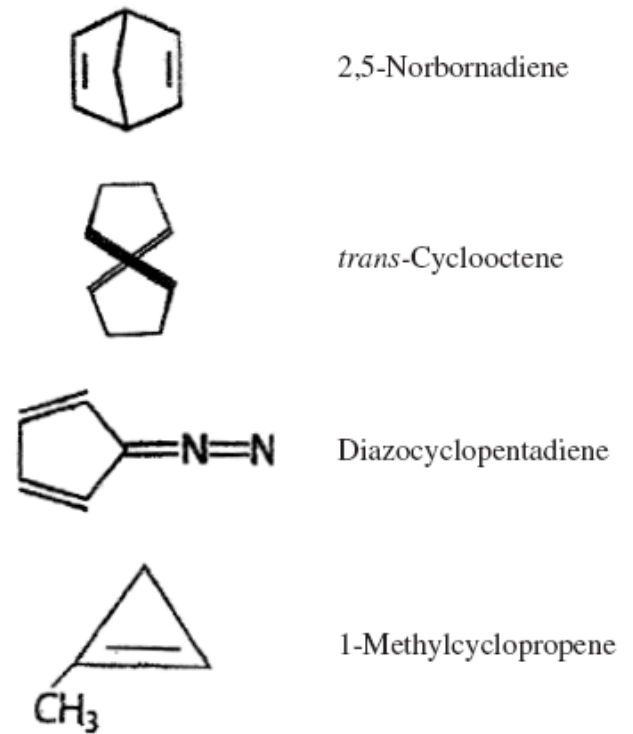


Fig. 1. Structures of some compounds blocking the ethylene receptor.

Figure 1. Binding of ethylene molecule with the receptor “unlocks” the receptor and leads to a chemical reaction in the plant tissue (diagram by Jenny Bower, Dept. of Pomology, UC Davis).

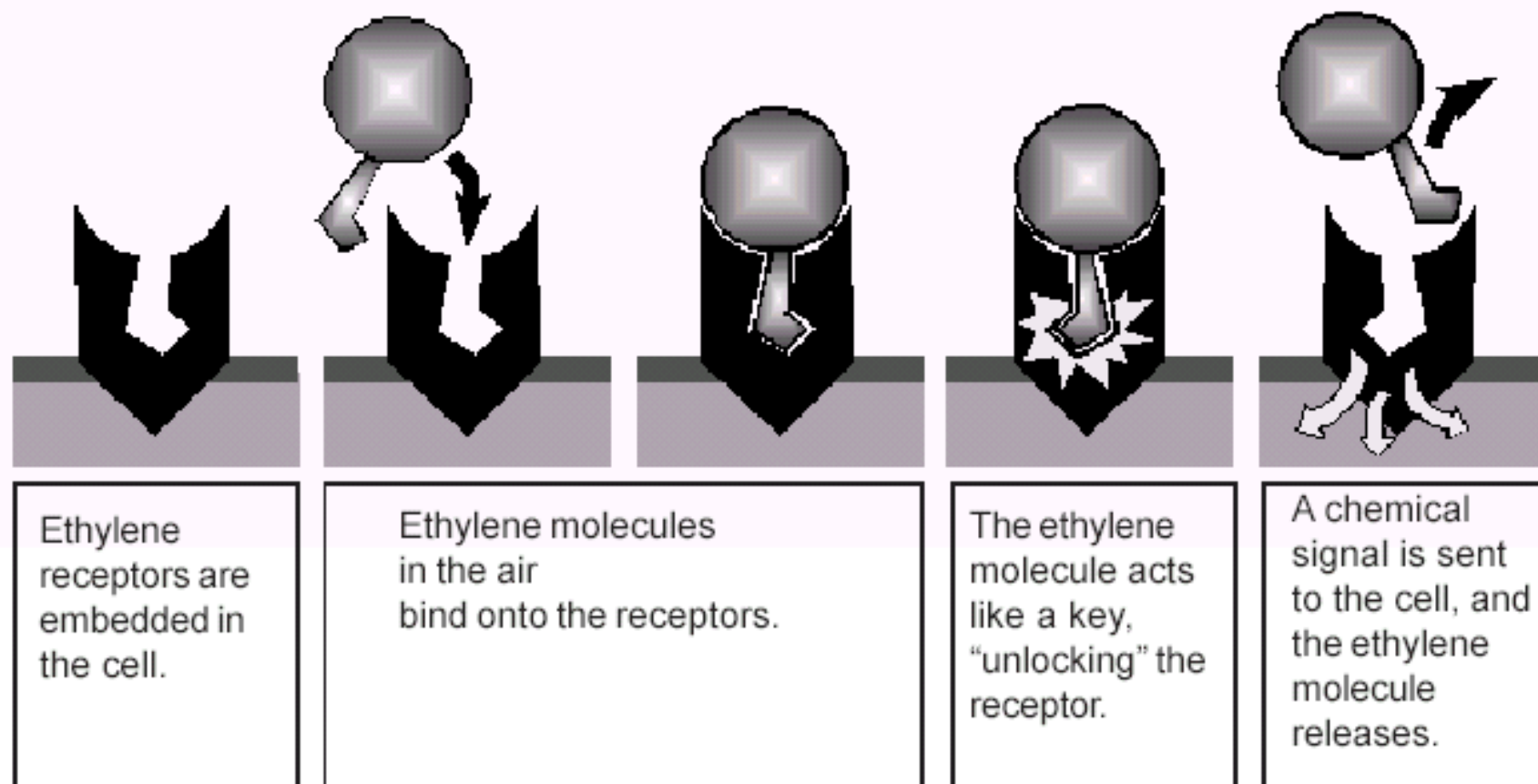
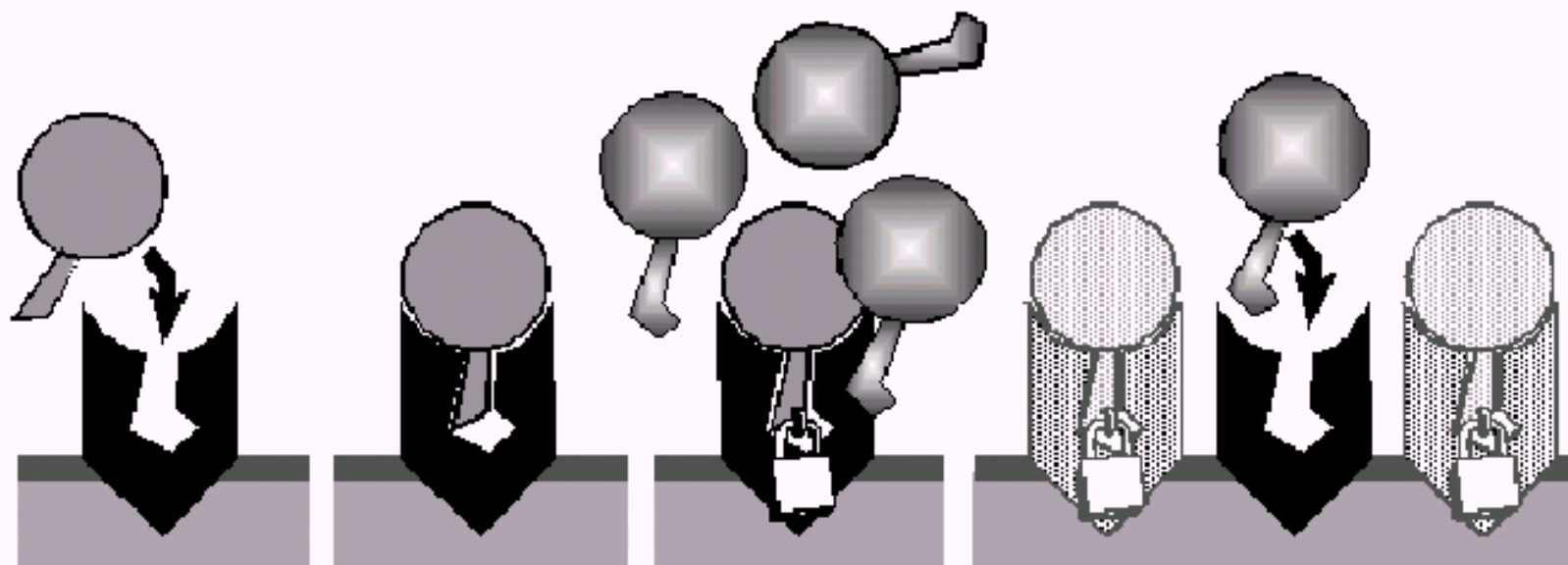


Figure 2. When 1-methylcyclopropene (1-MCP) binds to the ethylene receptor, it does not “unlock” the receptor and remains locked to the receptor preventing the binding of ethylene and the chemical reaction does not occur (diagram by Jenny Bower, Dept. of Pomology, UC Davis).

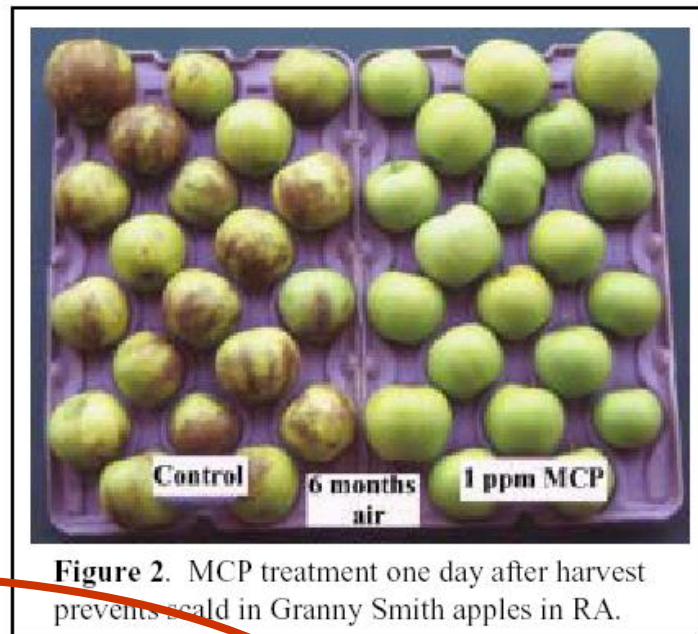
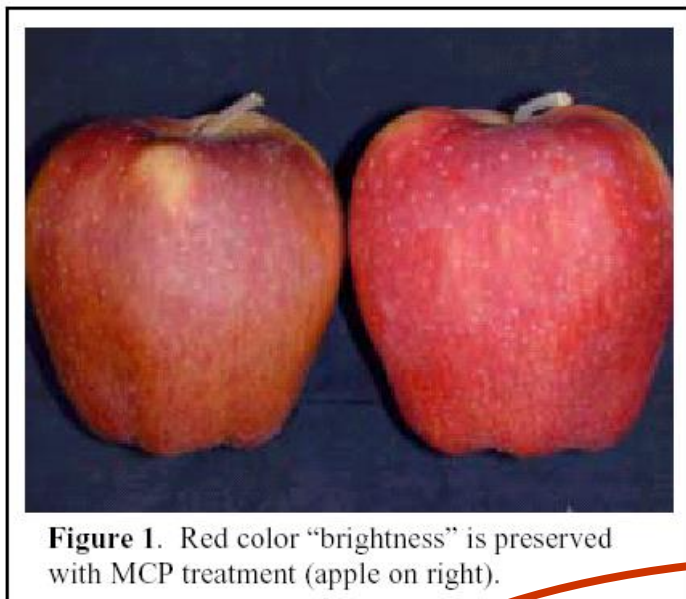


Molecules of 1-MCP also bind to the ethylene receptors.

However, 1-MCP does not “unlock” the ethylene receptor so no message is sent.

The 1-MCP is not released, so molecules of ethylene are unable to bind to the receptor.

Eventually, new ethylene receptors may be formed, and the cells regain sensitivity to ethylene.



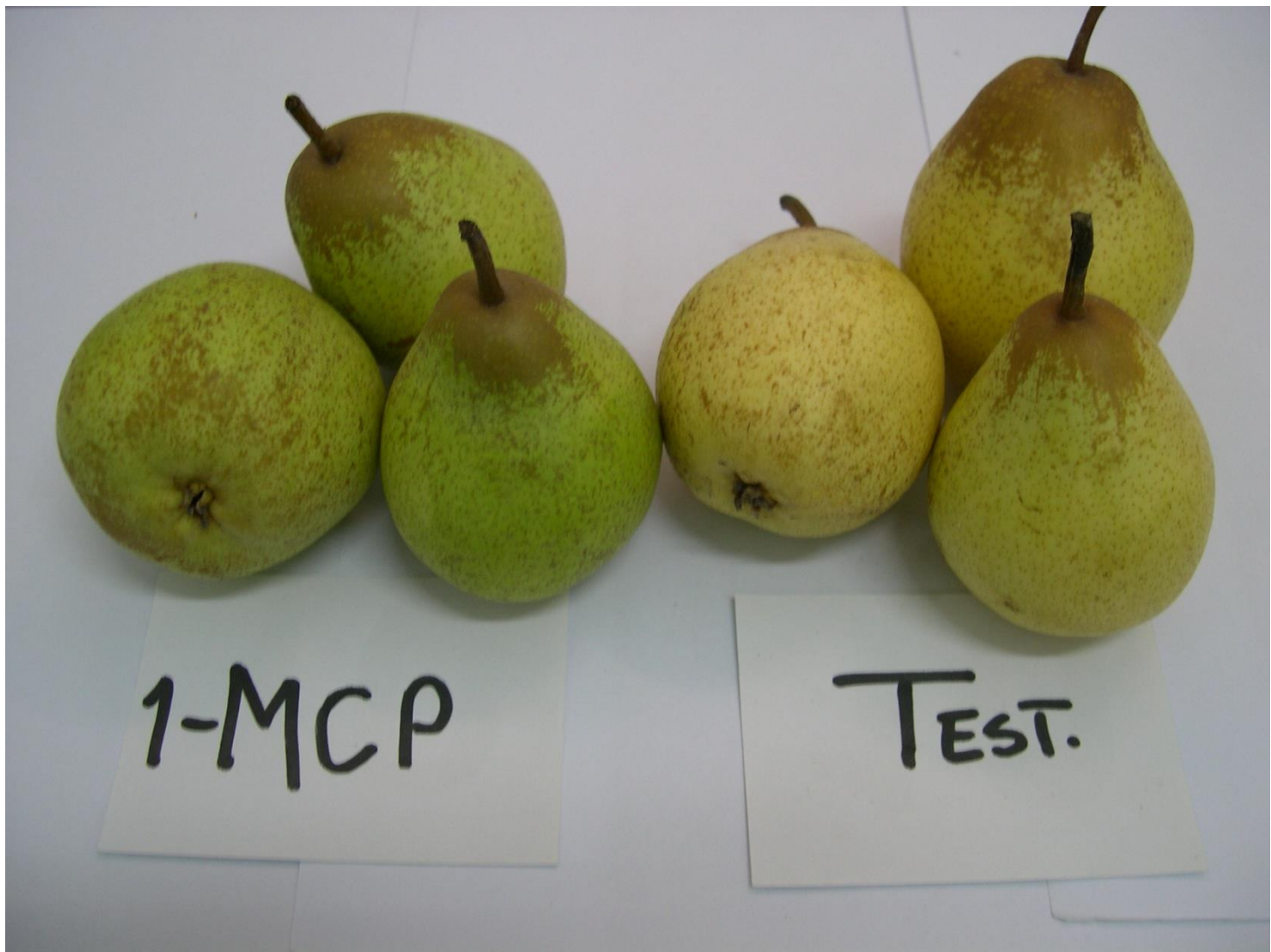
1 metilciclopropeno - MCP

Esta tecnologia desenvolvida pela AgroFresh está homologada para a pêra Rocha e diversas variedades de maçã, e controla «em frio normal e atmosfera controlada, o escaldão superficial, mantém a firmeza, permite uma conservação mais longa, mantém a coloração e diminui os danos por manipulação».

Aplicação do 1-MCP na câmara 24 h - depois é ventilada



<https://www.youtube.com/watch?v=9ABTcCHaBvQ>



Diferenças na cor da epiderme de pêras tratadas com 300 ppb de 1-MCP e sem tratamento (Test) após 5 meses de conservação em frio

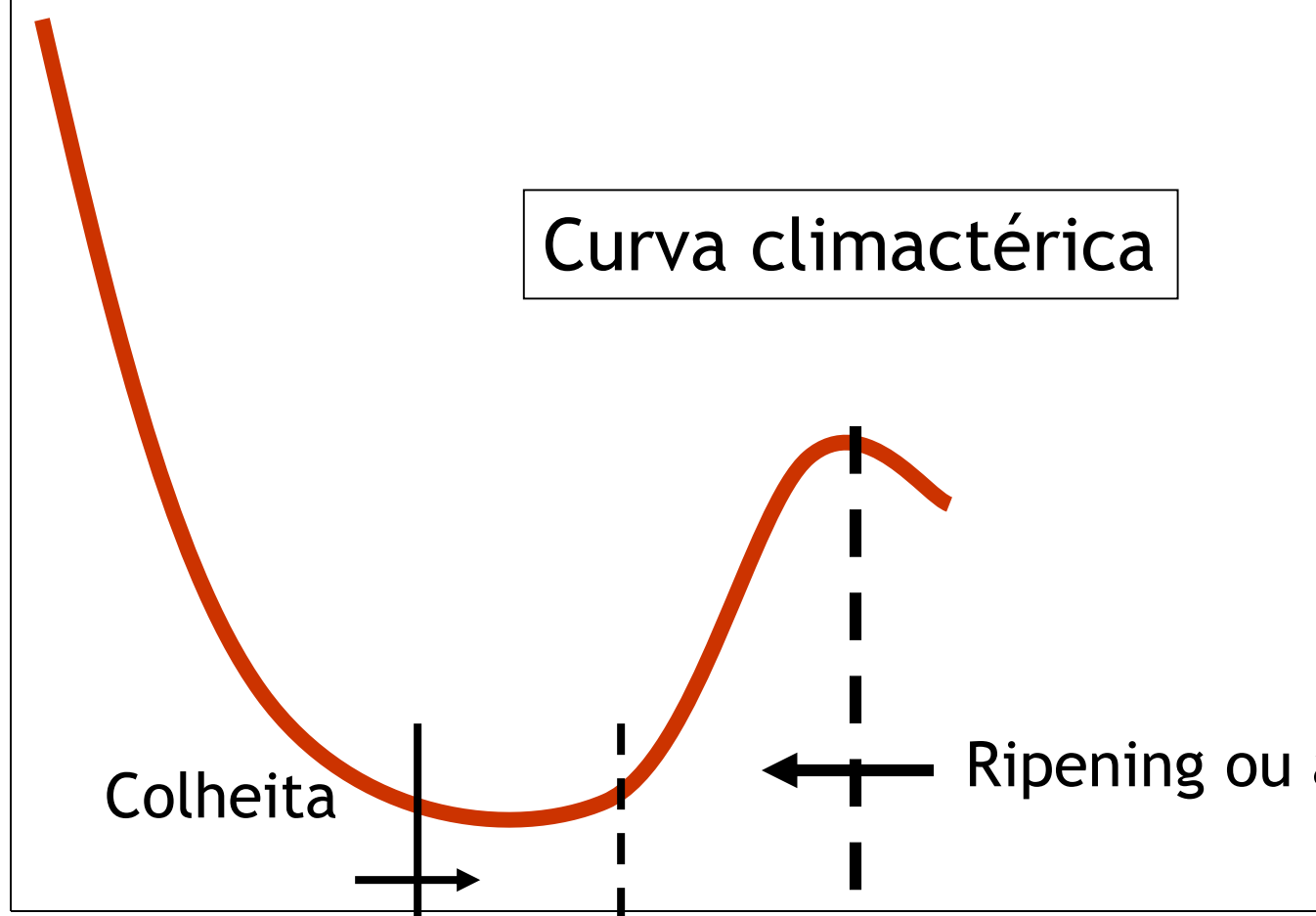
Principais estratégias e técnicas para prevenir os efeitos do etileno na pós-colheita de produtos hortofrutícolas (adaptado de Almeida, 2008).

| Estratégias | Técnicas |
|------------------------|--|
| <u>Remoção</u> | <ul style="list-style-type: none">• Remoção de fontes de etileno• Ventilação• Permanganato de potássio• Geradores de ozono e radiação ultravioleta• Oxidação catalítica• Adsorção• Carvão activado• Zeolites |
| Silenciamento químico | <ul style="list-style-type: none">• Inibição da síntese do etileno• Inibidores da ACC sintase• Aminoetoxivinilglicina (AVG)• Inibidores da ACC oxidase• Baixo nível de O₂• Vapores de etanol e acetaldeído• Inibição da acção do etileno• Ião prata (Ag²⁺)• 1-Metilciclopropeno• Dióxido de carbono (CO₂) |
| Silenciamento genético | <ul style="list-style-type: none">• Diferenças entre cultivares (selecção)• Mutações naturais• Plantas transgénicas |

Respiração

ml de O₂
ou CO₂
por kg e hr

Curva climactérica



Colheita

Ripening ou amadurecimento

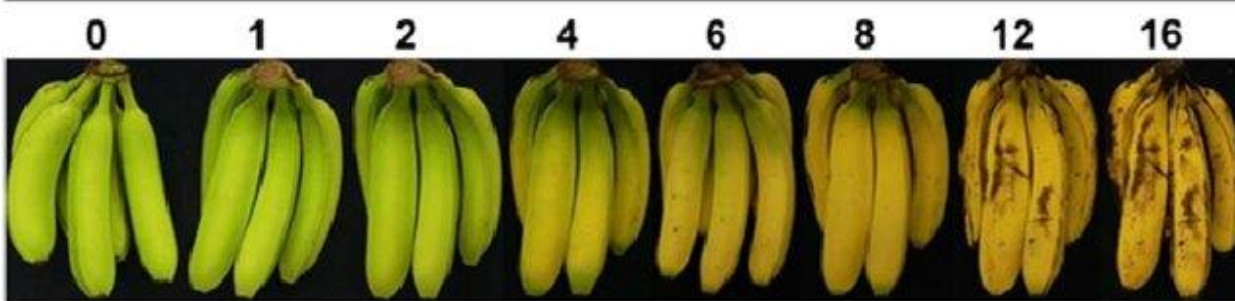
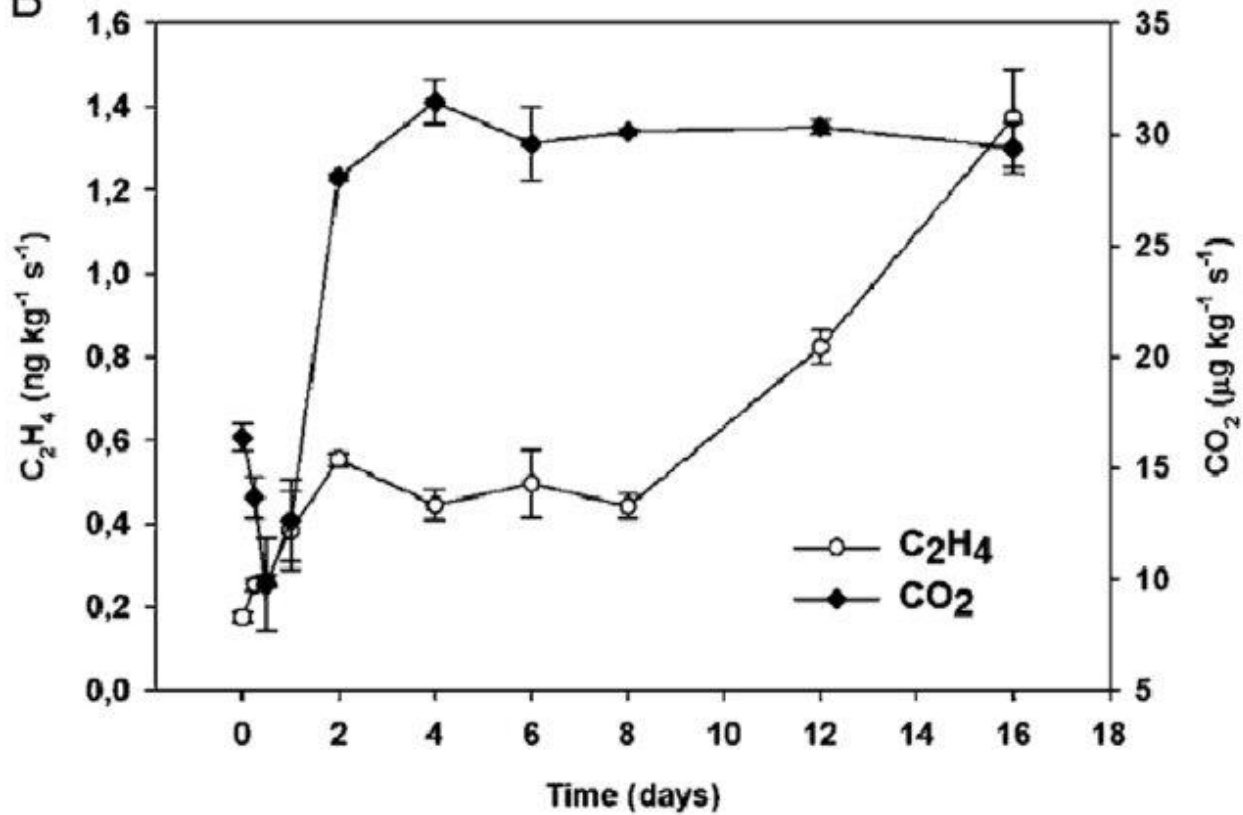
Maturação fisiológica

Tempo

Maturation

A

Storage time at 20 °C (days)

**B**

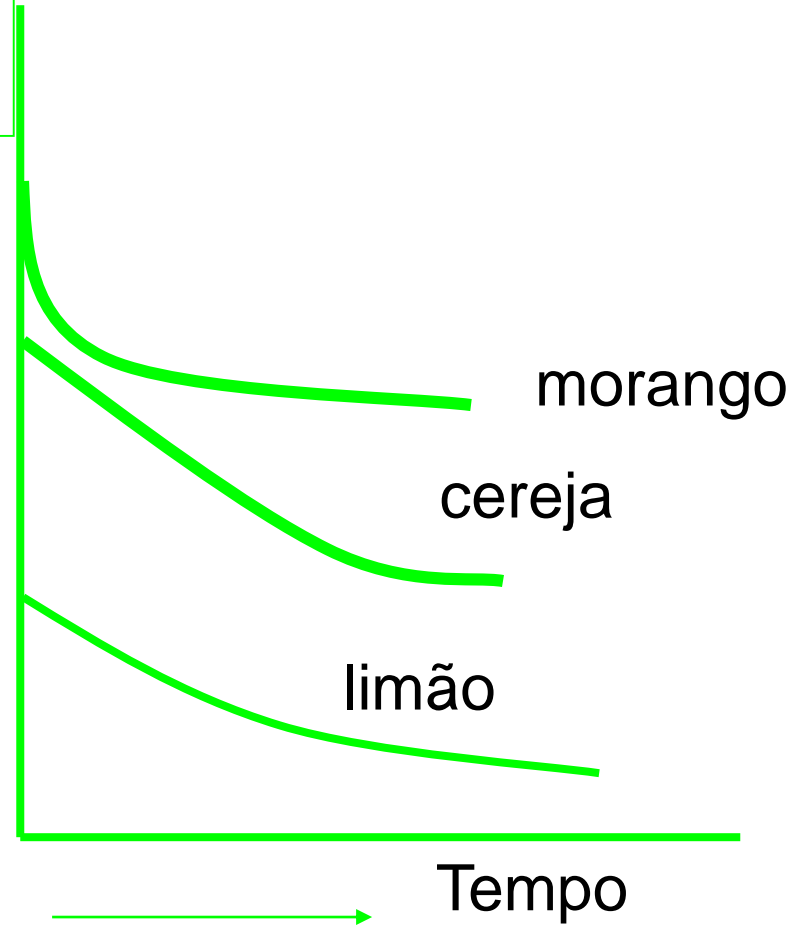
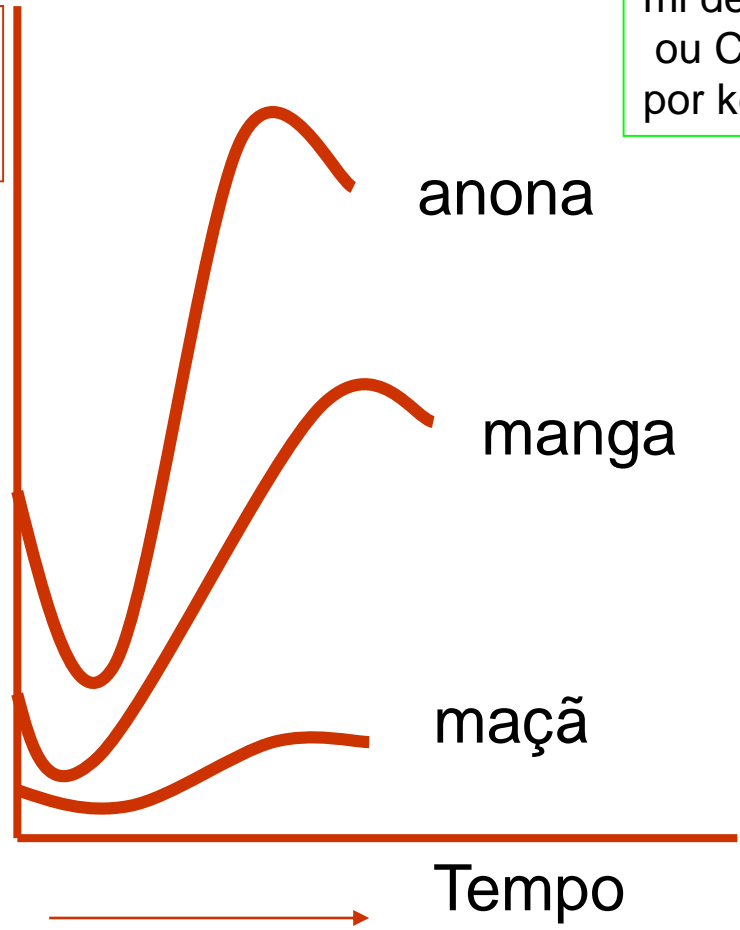
Respiração

Frutos climactéricos

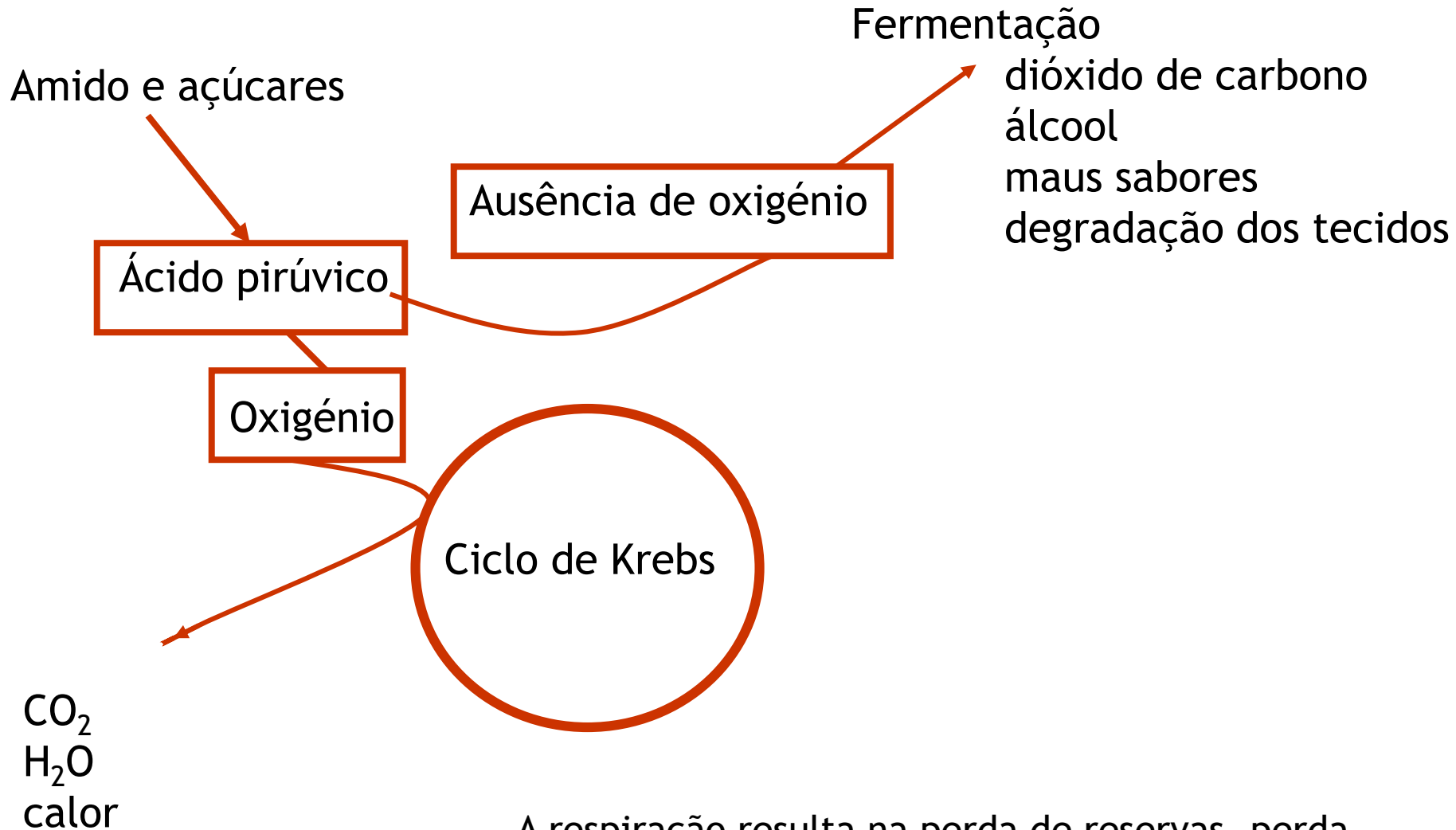
Frutos não climactéricos

ml de O₂
ou CO₂
por kg e hr

ml de O₂
ou CO₂
por kg e hr

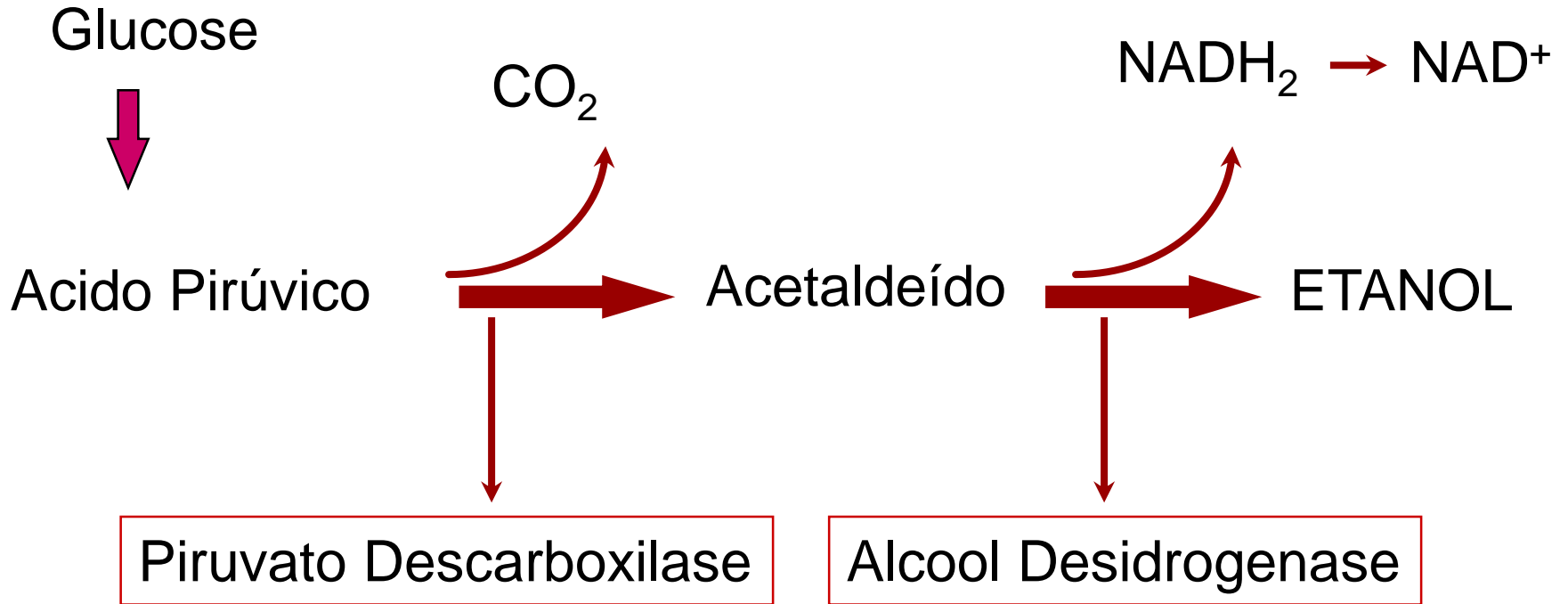


Esquema simplificado da respiração



Condições anaeróbias

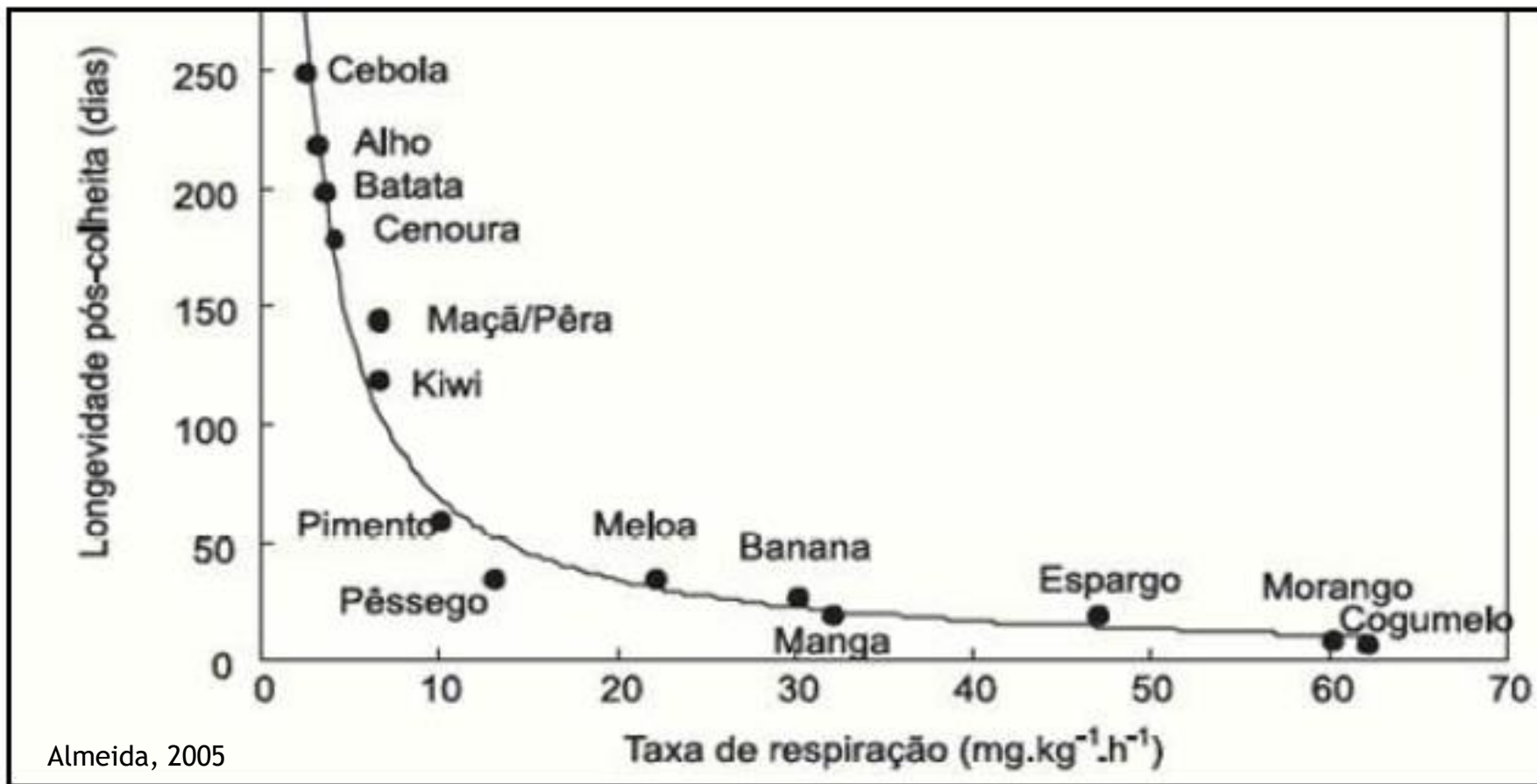
$O_2 < 2\%$



Classificação de produtos de acordo com a sua taxa respiratória

(Kader, 2001)

| Classe | Produto |
|-----------------------------|---|
| Muito baixa | Frutos secos, nozes, tâmaras |
| Baixa | Maçãs, alho, beterraba, cebola, aipo, citrinos, uva, melão, kiwi Papaia, ananás, melão, dióspiro, romã, batata, abóbora, batata doce, melancia |
| Moderada | Damascos, banana, groselhas, couves, cenoura, cereja, pepino, figo, alface, manga, pêsegos, azeitona, pêra, ameixa, tomate, pimentos |
| Elevada | Abacate, couve-flor, alho francês, alface de folhas, framboesa, morango |
| Muito Elevada | Alcachofras, bróculos, couves de bruxelas, anona, flores de corte, endívia, maracujá, agrião |
| Extremamente Elevada | Espargos, cogumelos, salsa, ervilhas, espinafre, milho doce |



Taxa de respiração a 5 °C

B.t.u. por tonelada e dia

| Produto | 0°C | 41°F – 5°C | 70°F - 21°C |
|----------------|----------------|-------------------|--------------------|
| Mirtilos | 500 - 2,300 | 2,000 - 2,700 | 11,400 - 19,200 |
| Bróculos | 4,000 - 4,700 | 7,600 - 35,200 | 61,200 - 75,000 |
| Couves | 1,000 - 1,400 | 1,700 - 2,700 | 6,100 - 10,800 |
| Cogumelos | - - - | 1,900 - 2,200 | 9,800 - 14,200 |
| Morangos | 2,700 - 3,900 | 3,600 - 7,300 | 37,200 - 46,400 |
| Milho doce | 6,600 - 11,300 | 9,400 - 18,300 | 59,000 - 68,400 |

1 BTU – 1054 – 1056 Joules

1 BTU – 252-253 cal

$$\text{°C} = (\text{°F}-32)/1,8$$

Relação entre temperatura e a taxa respiratória dos frutos

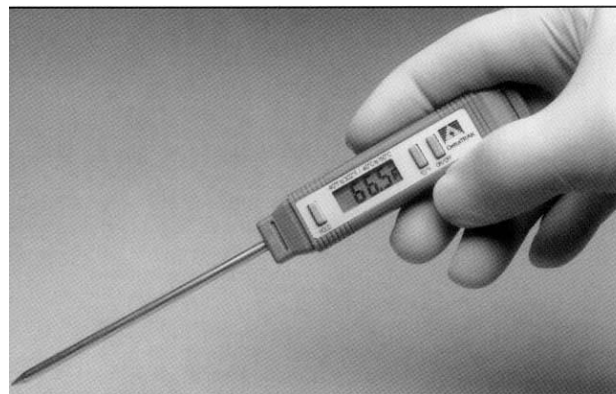
$$\text{LOG } Y = \text{LOG } Y_0 + a \times t$$

Y_0 = taxa respiratória a 0°C

Y = taxa respiratória à temperatura t

a = constante = 0.0376

t = temperatura



A taxa respiratória aumenta exponencialmente com o aumento de t

Exemplo
pêssegos

Dias de sobrevivência

Temperatura

| | | |
|----|---|-------|
| 1 | → | 25 °C |
| 2 | → | 15 |
| 4 | → | 10 |
| 8 | → | 4 |
| 16 | → | 0 |

Sabor e aroma

- **Degradação dos ácidos orgânicos**
- Degradação de alcaloides
- Degradação de compostos fenólicos
 - **Acumulação de açúcares**
 - Produção de voláteis

Composição dos frutos e percepção sensorial

Doçura - açúcares

Acidez – ácidos

Adstringência - taninos

Amargor – isocumarinas, alcalóides

Aroma – voláteis

Irritação - capsaína, ácido sulfénico

Maus odores – acetaldeído, etanol, acetato de etilo, compostos sulfurosos

| | Açúcares | |
|-----------------|----------|------------------------|
| Ácidos | Baixo | Elevado |
| Baixo | insípido | doce |
| Moderado a alto | ácido | melhor sabor/combinção |

Kader, 2007

Os TSS são, OS açúcares
ácidos orgânicos, as pectinas solúveis
antocianinas, ácido ascórbico e compostos fenólicos

Alterações na maturação de uma laranja

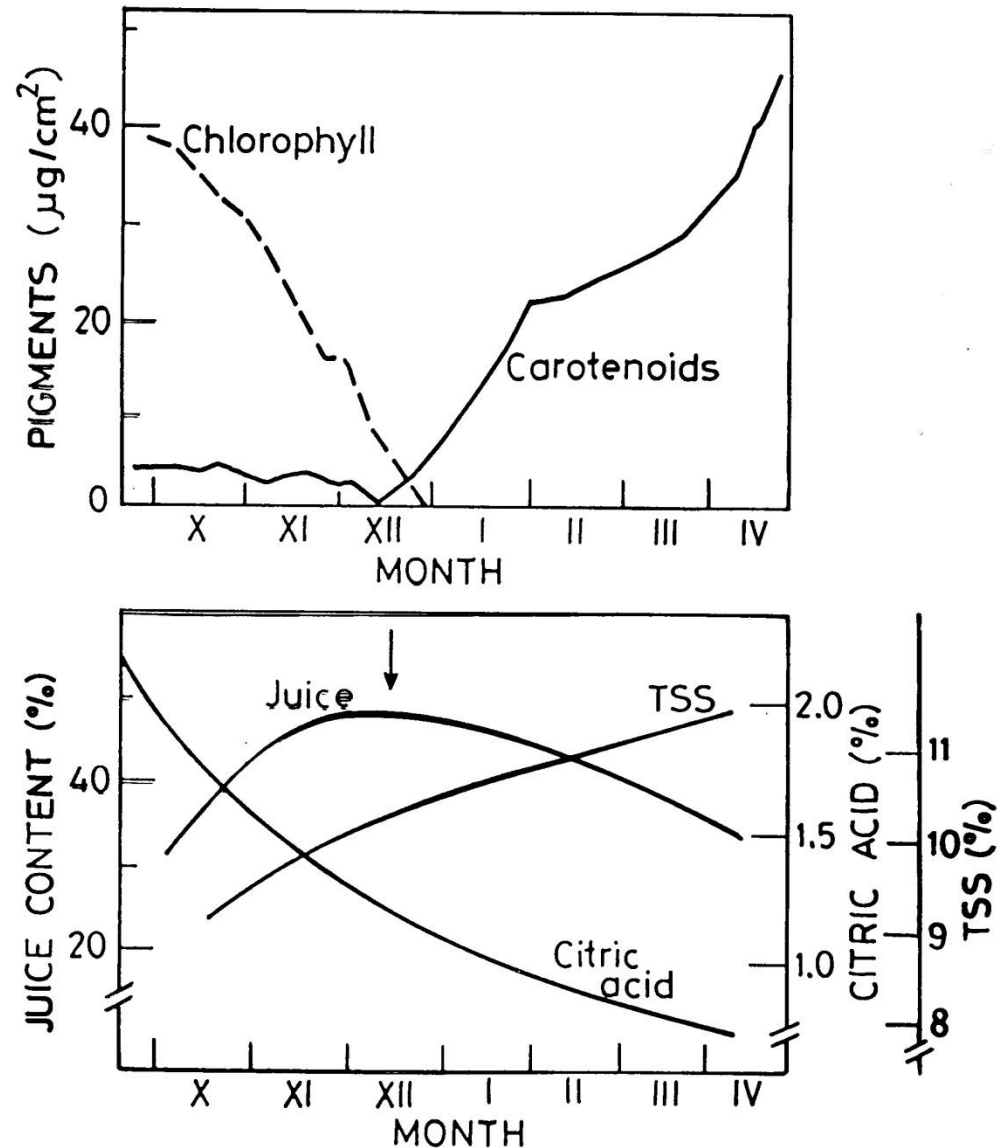


Figure 4.19 Major biochemical changes occurring during maturation of Shamouti orange (*C. sinensis*) (see text)

Degradação dos ácidos orgânicos

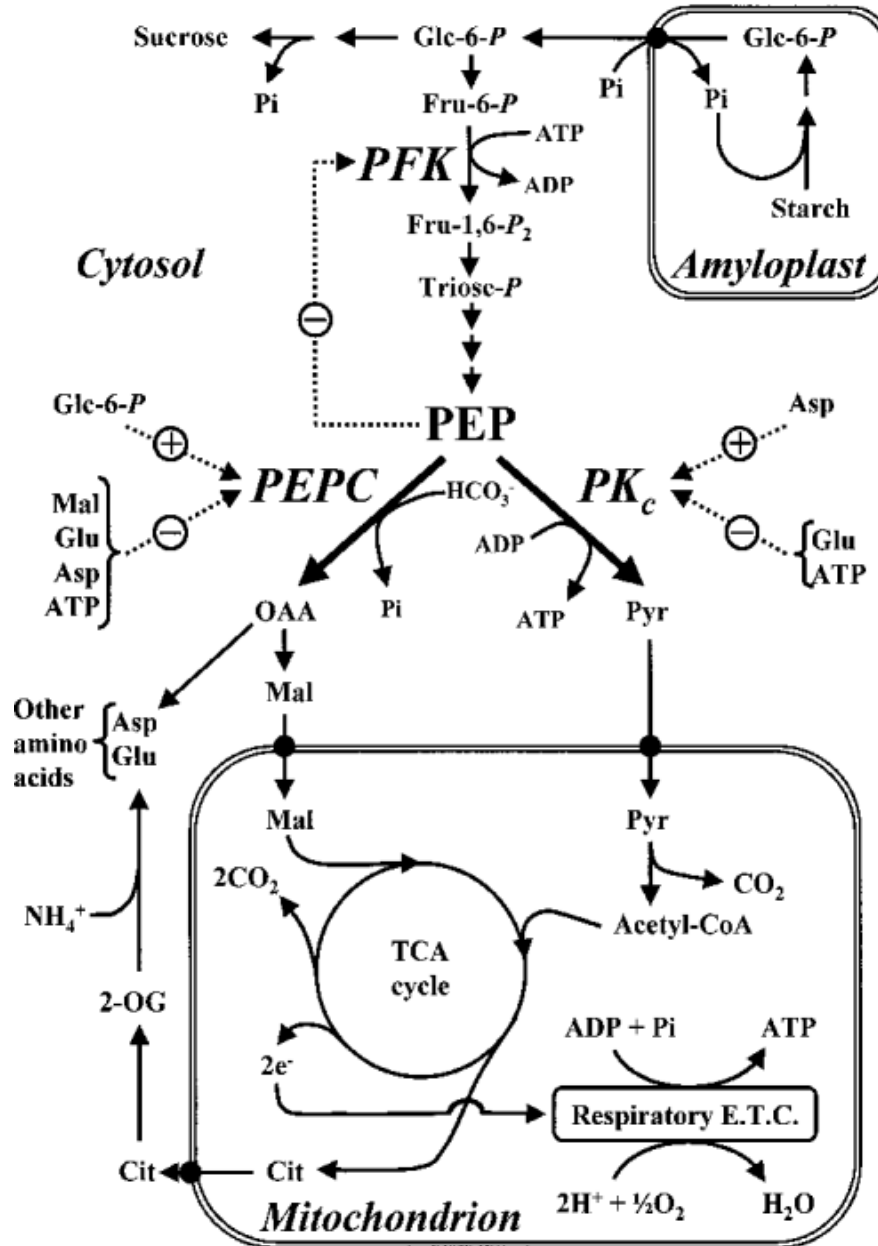
TABLE 1.2. Organic Acids of Selected Fruits.

| Fruit | Organic Acid, mg/100 ml of Juice | | | | |
|------------|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| | Citric | Ascorbic | Malic | Quinic | Tartaric |
| Apple | ND | tr | 518 ± 32 | ND | ND |
| Cherry | ND | tr | 727 ± 20 | ND | ND |
| Grape | tr | tr | 285 ± 58 | ND | 162 ± 24 |
| Kiwifruit | 730 ± 92 | 114 ± 6 | 501 ± 42 | 774 ± 57 | tr |
| Nectarine | 140 ± 39 | tr | 383 ± 67 | 136 ± 28 | ND |
| Peach | 109 ± 16 | tr | 358 ± 72 | 121 ± 11 | tr |
| Pear | ND | tr | 371 ± 16 | 220 ± 2 | ND |
| Plum | ND | tr | 294 ± 24 | 214 ± 68 | ND |
| Strawberry | 207 ± 35 | 56 ± 4 | 199 ± 26 | ND | ND |

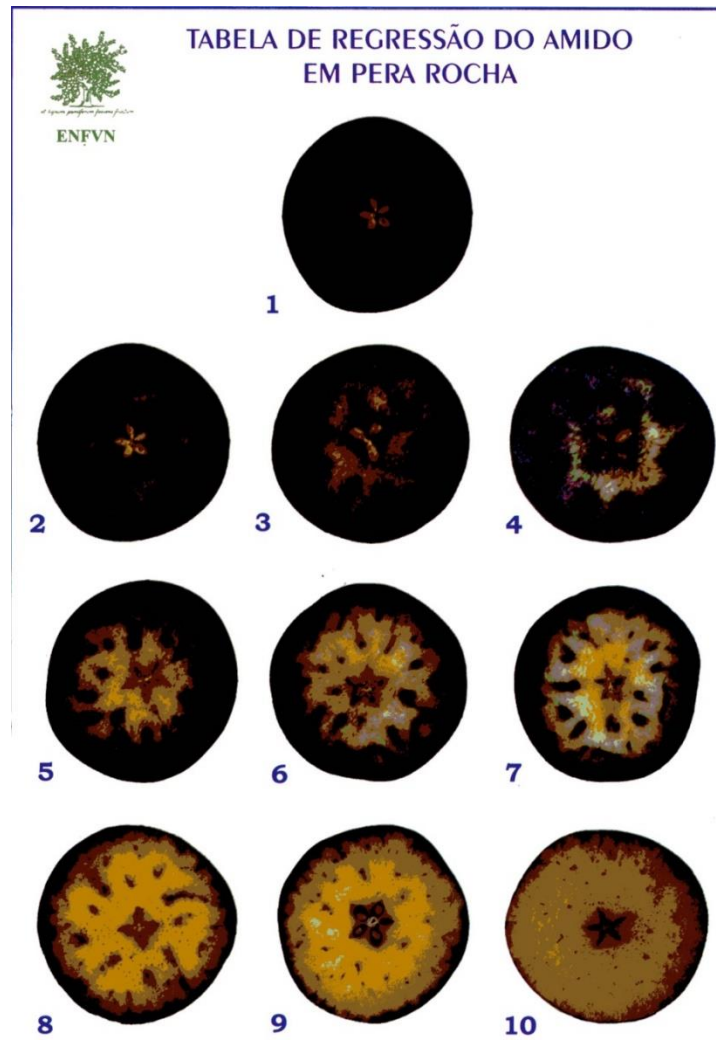
ND = not detected, tr = trace (< 10 mg/100 ml).

Source: van Gorsel et al., 1992

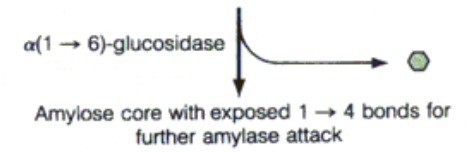
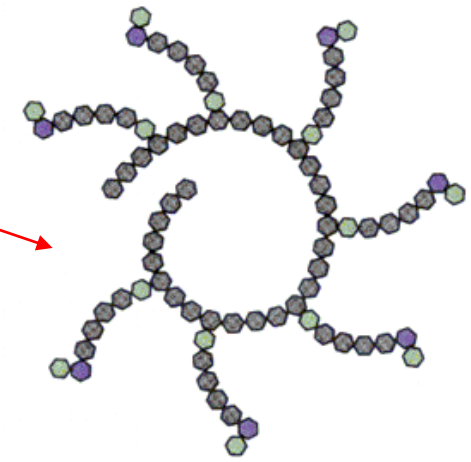
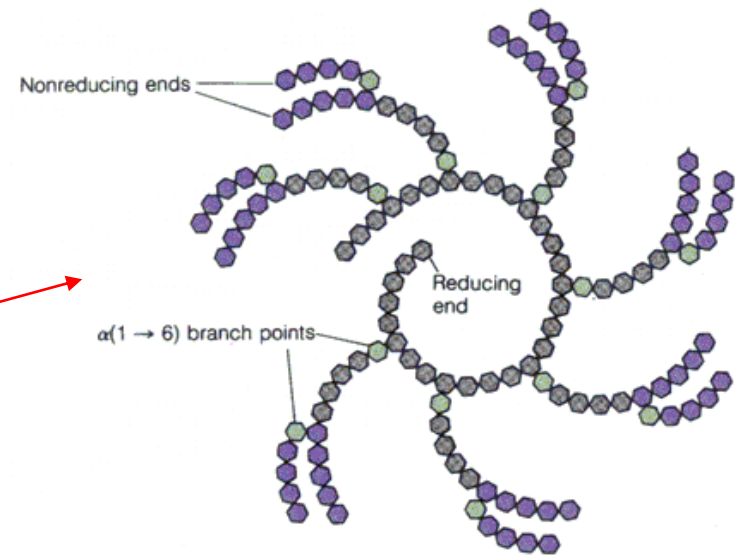
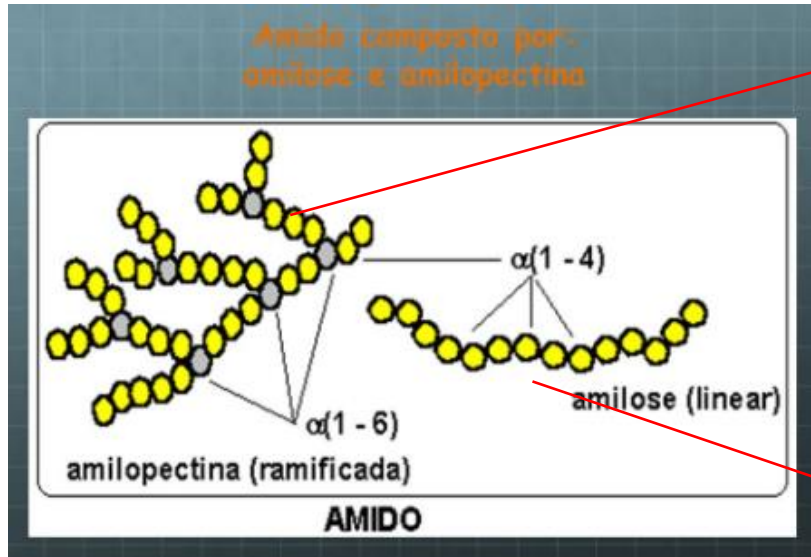
Respiração e metabolismo das bananas em maturação



Degradação do amido



Amido



Muito: maçãs, banana e manga
Pouco: tomate
Nulo: ananás, melão e uvas

Enzimas que degradam o amido em bananas

α amilase - endo, quebra das ligações α 1- 4 da glucose

β amilase - exo, quebra das ligações α 1- 4 da glucose nas extremidades não redutores

α 1,6-glucosidase - ataca as ligações 1- 6 da glucose das ligações da amilopectina

Fosforilase - ataca as extremidade não redutoras produzindo glucose-1-fosfato

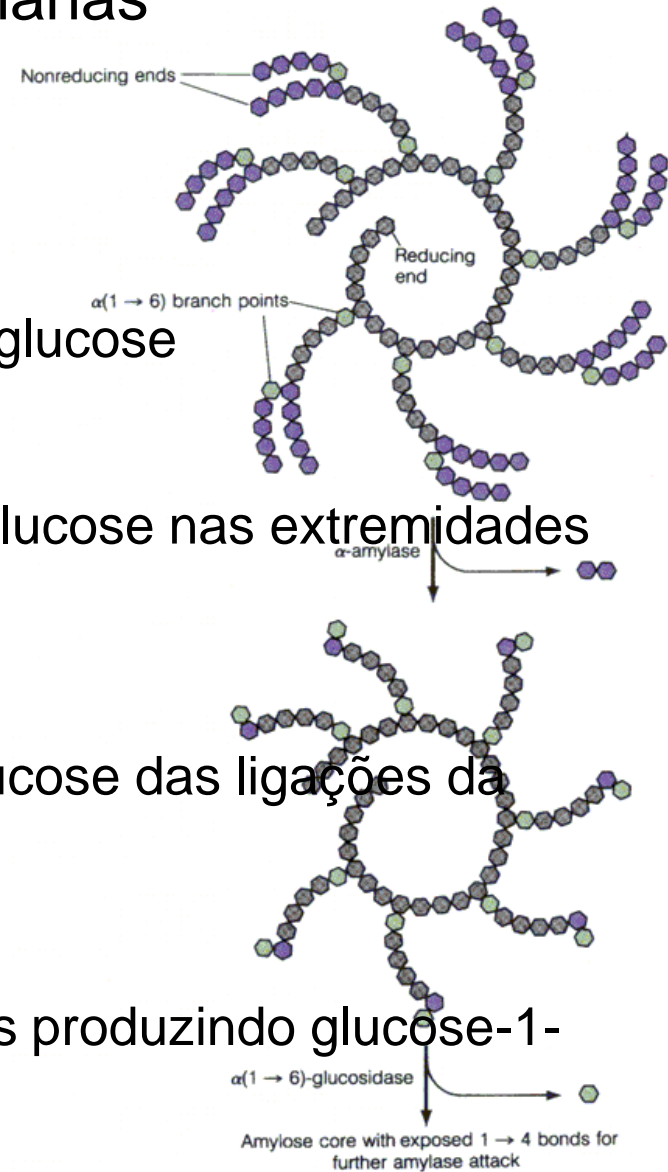


TABLE 1.1. Sugar Composition of Selected Fruits.

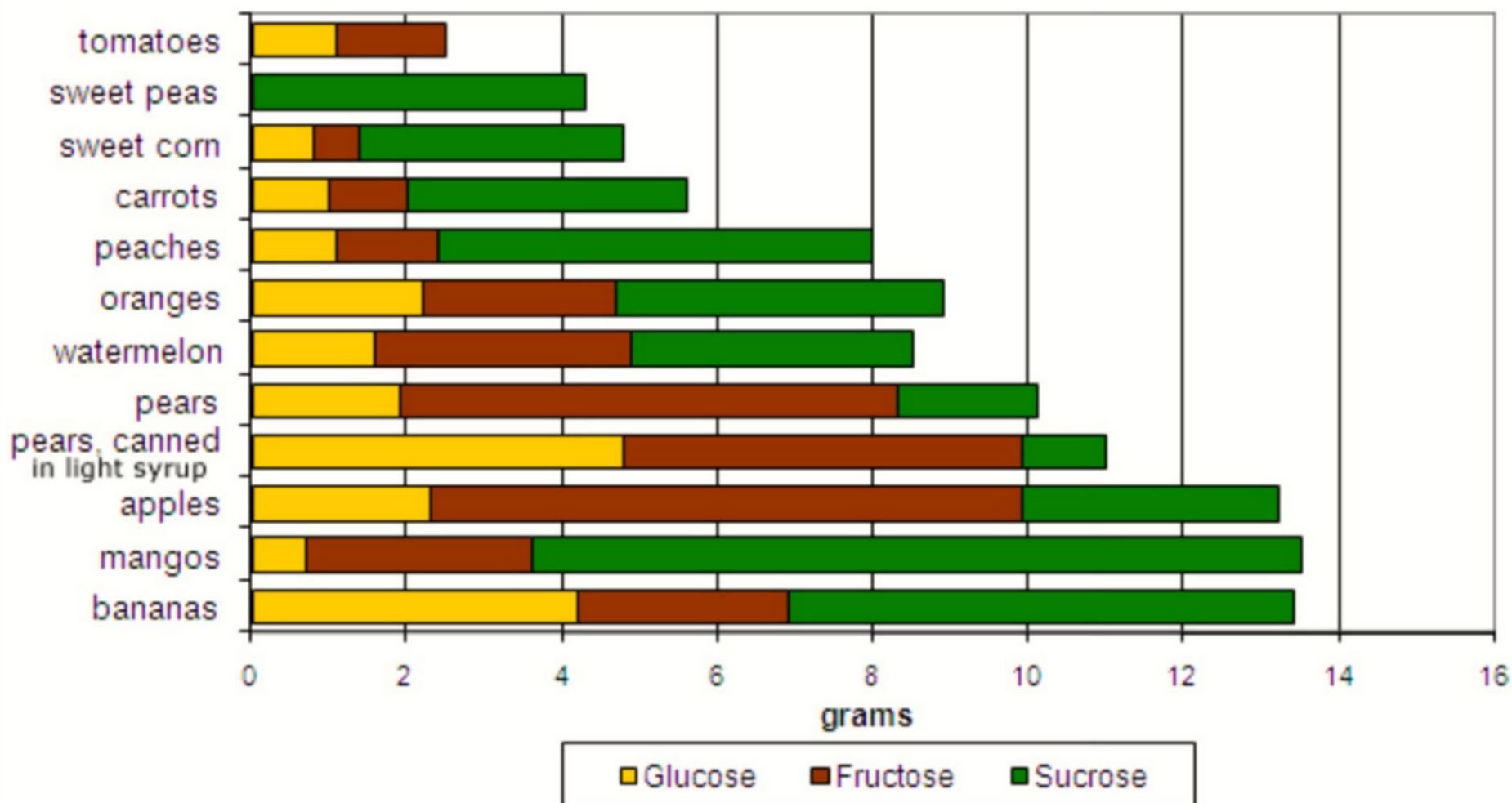
| Fruit | Sugar, g/100 ml of Juice | | | |
|------------|--------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | Sucrose | Glucose | Fructose | Sorbitol |
| Apple | 0.82 ± 0.13 | 2.14 ± 0.43 | 5.31 ± 0.94 | 0.20 ± 0.04 |
| Cherry | 0.08 ± 0.02 | 7.50 ± 0.81 | 6.83 ± 0.74 | 2.95 ± 0.33 |
| Grape | 0.29 ± 0.08 | 9.59 ± 1.03 | 10.53 ± 1.04 | ND |
| Nectarine | 8.38 ± 0.73 | 0.85 ± 0.04 | 0.59 ± 0.02 | 0.27 ± 0.04 |
| Peach | 5.68 ± 0.52 | 0.67 ± 0.06 | 0.49 ± 0.01 | 0.09 ± 0.02 |
| Pear | 0.55 ± 0.12 | 1.68 ± 0.36 | 8.12 ± 1.56 | 4.08 ± 0.79 |
| Plum | 0.51 ± 0.36 | 4.28 ± 1.18 | 4.86 ± 1.30 | 6.29 ± 1.97 |
| Kiwifruit | 1.81 ± 0.72 | 6.94 ± 2.85 | 8.24 ± 3.43 | ND |
| Strawberry | 0.17 ± 0.06 | 1.80 ± 0.16 | 2.18 ± 0.19 | ND |

ND = not detected (less than 0.05 g/100 ml).

Source: van Gorsel et al., 1992.

Sugars Content of Fruits and Vegetables

100 grams, edible portion



Fenóis totais em frutos maduros g/100 g pf

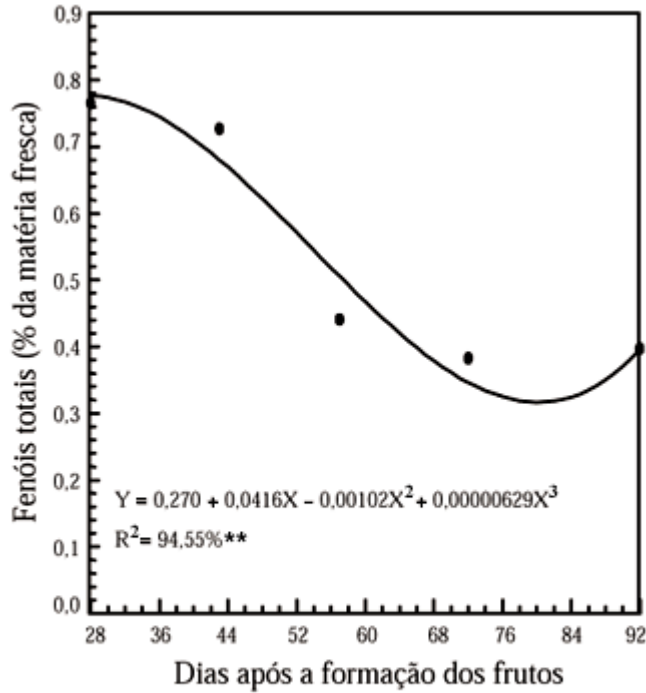
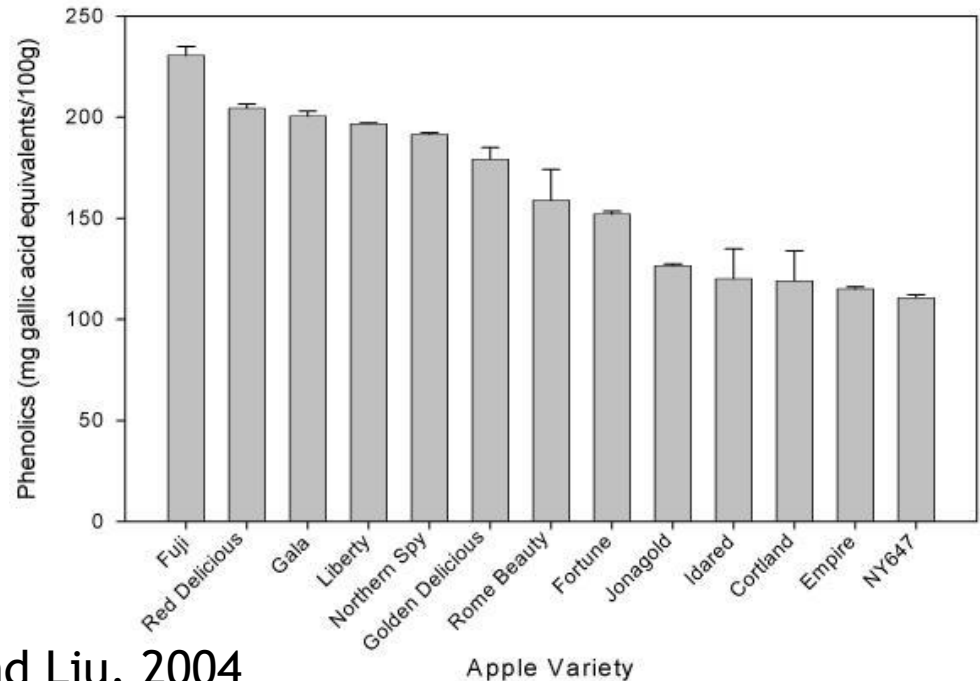


FIG. 4. Teor de fenóis totais de uva 'Itália', durante seu desenvolvimento e amadurecimento.

Lima et al., 2000

| | |
|---------|-----|
| Maçã | 0,5 |
| Cereja | 0,5 |
| Tamara | 0,5 |
| Uvas | 0,3 |
| Pêssego | 0,2 |
| Pêra | 0,4 |



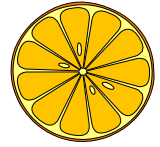
Boyer and Liu, 2004

Aromas ~ 100 microgramas/g de peso fresco

Esteres voláteis associados ao aroma de frutos e hortícolas individuais

| Composto | Fruto/Hortícola |
|-------------------------------|----------------------|
| Etil 2-metilbutirato | Maçã - madura |
| Hexanal, 2-hexenal | Maçã - verde |
| 2-Hexenal | Banana - verde |
| Eugenol | Banana - madura |
| Isopentanol | Banana - sobremadura |
| Valencene | Laranja |
| 1-(p-hidroxifenil)-3-butanona | Framboesa |
| Etil 2-metilbutanoato | Melão |
| Citral | Limão |
| 2,6-Nonadienal | Pepino |
| Ali isotiocianato | Couve crua |
| Dimetil dissulfido | Couve cozida |

Vitaminas



A maturação afecta as vitaminas sobretudo se os produtos são colhidos antes do ácido ascórbico ter atingido o seu máximo.

As hortícolas de folha e de flor perdem 60-80% de vit. C
A batata perde cerca de 60%
mas os frutos perdem menores quantidades

3 pomares de pera 'Rocha'

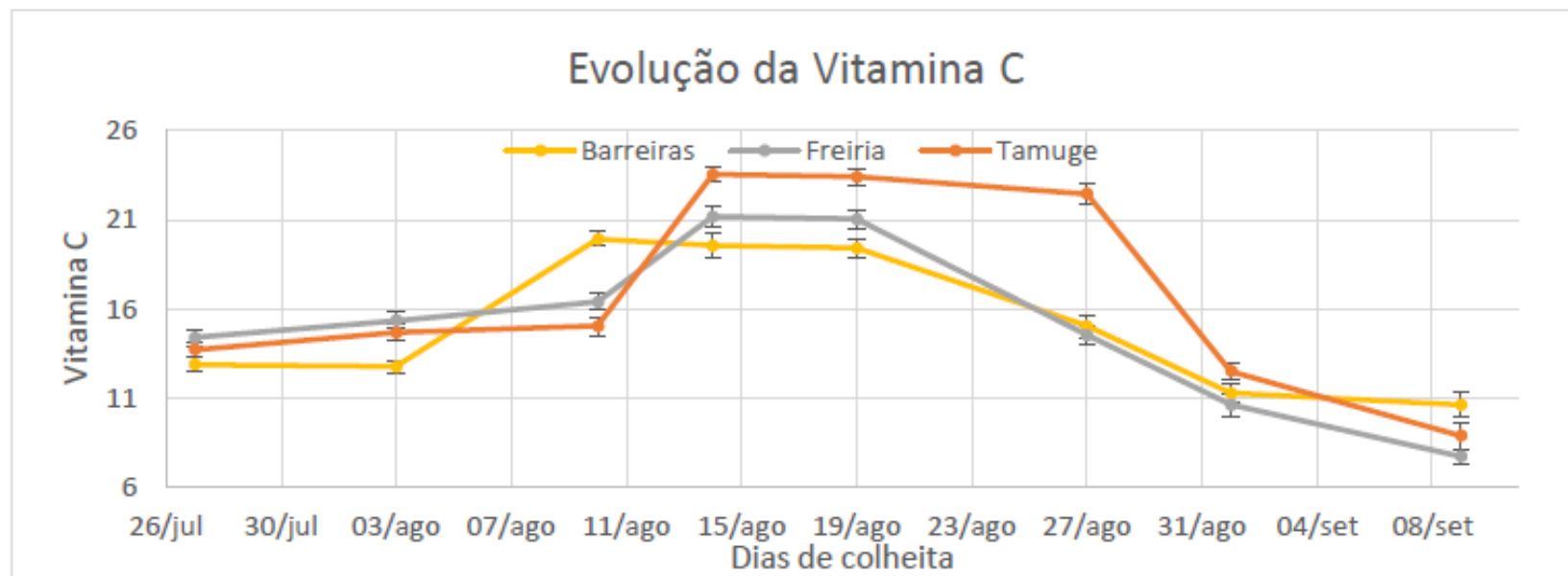


Figura 24 - Evolução da vitamina C, expressa em mg de ácido ascórbico/100 mL de sumo, durante a maturação. Cada ponto representa 40 frutos. As barras correspondem ao desvio padrão.



Rafael Gomes, 2018

DATA de COLHEITA ÓTIMA

Alterações na textura

- Perda de água
- Alterações nas paredes: solubilização das pectinas
- Ativação de enzimas hidrolíticos: PG, celulase
- Degradação do amido
- Fragilidade das membranas (fuga de solutos)

amolecimento
perda de sumo

- > susceptibilidade a danos mecânicos
- > susceptibilidade a podridões

CAUSAS

Perda de turgidez, degradação do amido
degradação das paredes, enfraquecimento da lamela média

3 pomares de pera 'Rocha'

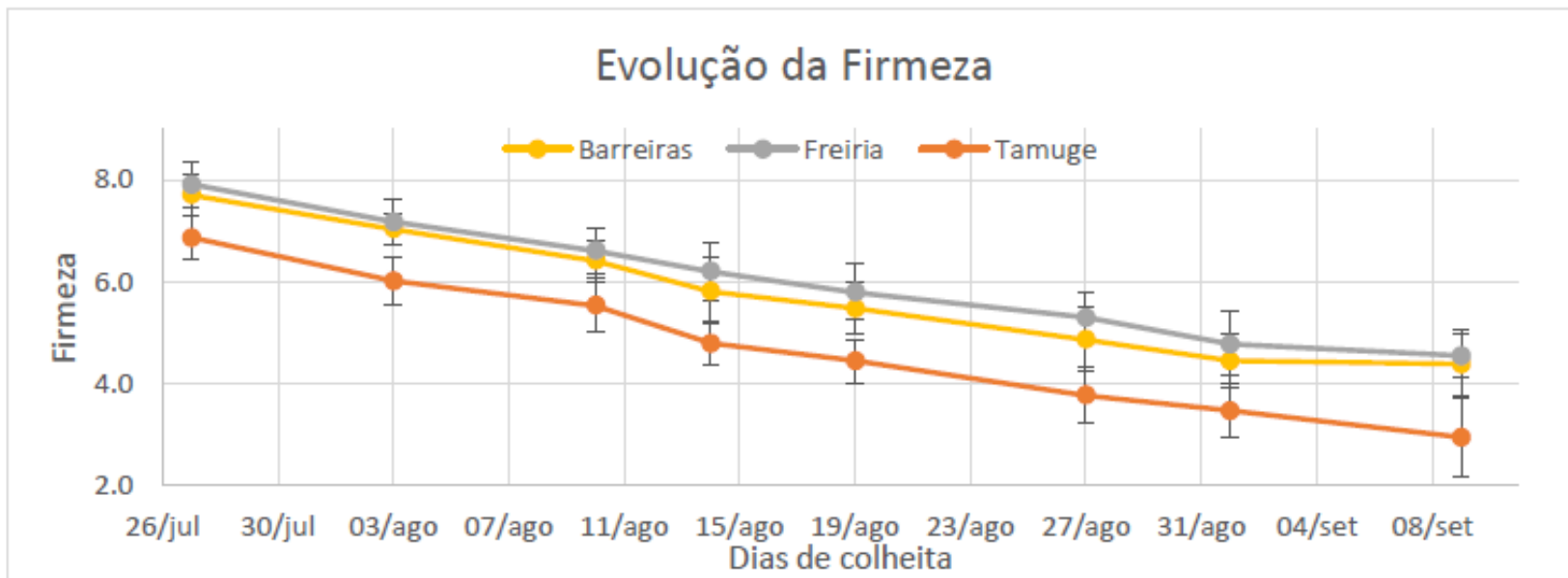
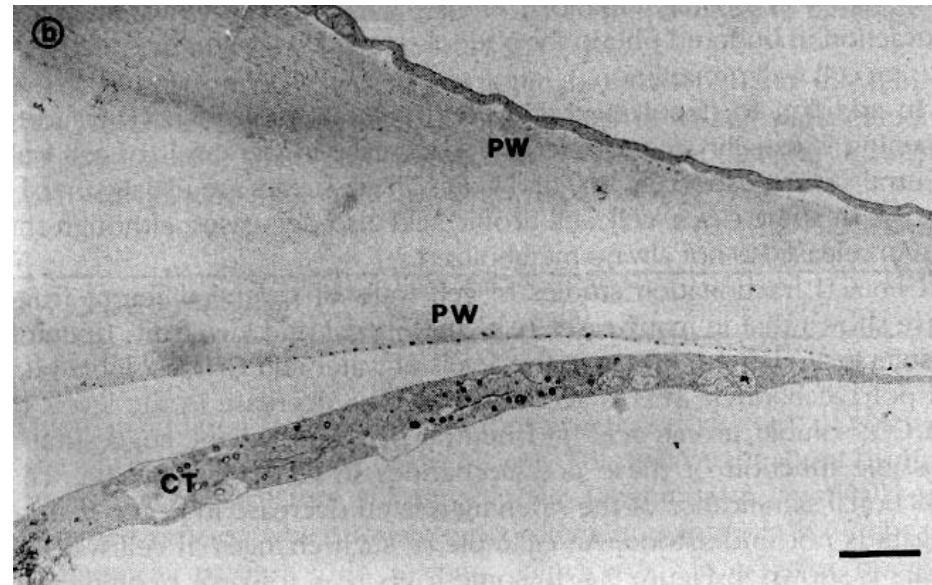
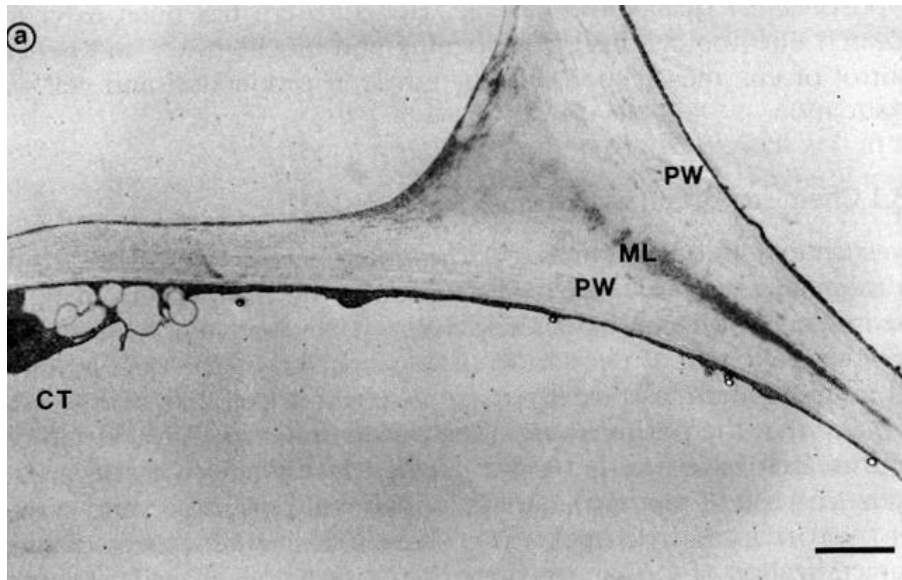


Figura 20 - Evolução da firmeza em kg/0,5cm² durante a maturação. Cada ponto representa 40 frutos. As barras correspondem ao desvio padrão.



Rafael Gomes, 2018

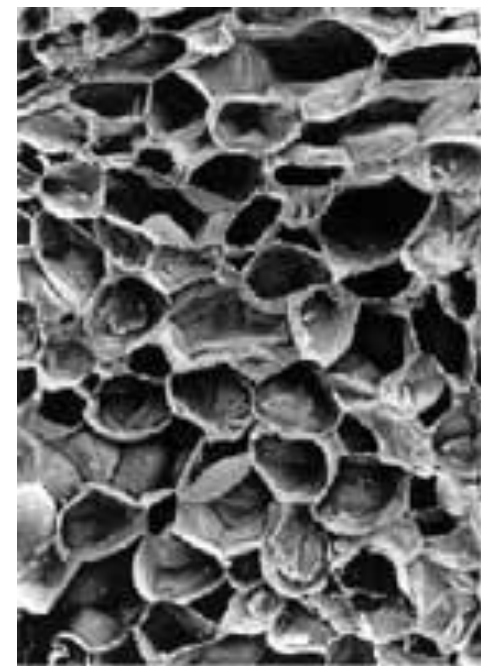
DATA de COLHEITA ÓTIMA



Tomate verde maturo

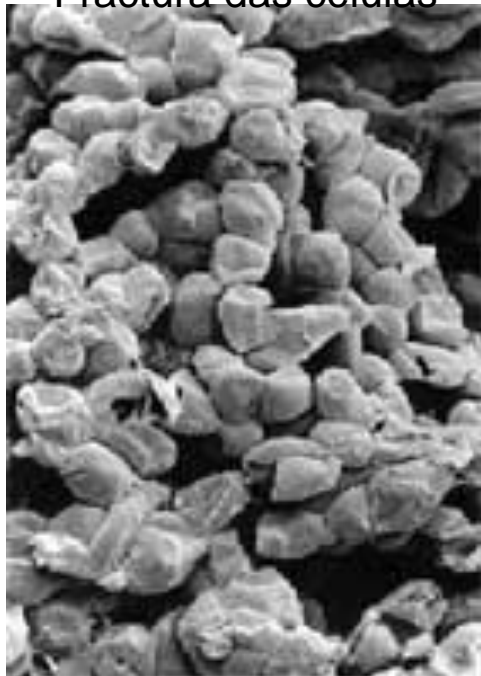
Tomate maduro

crocante



Fractura das células

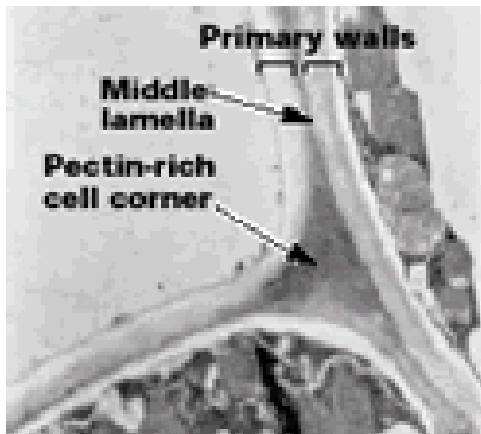
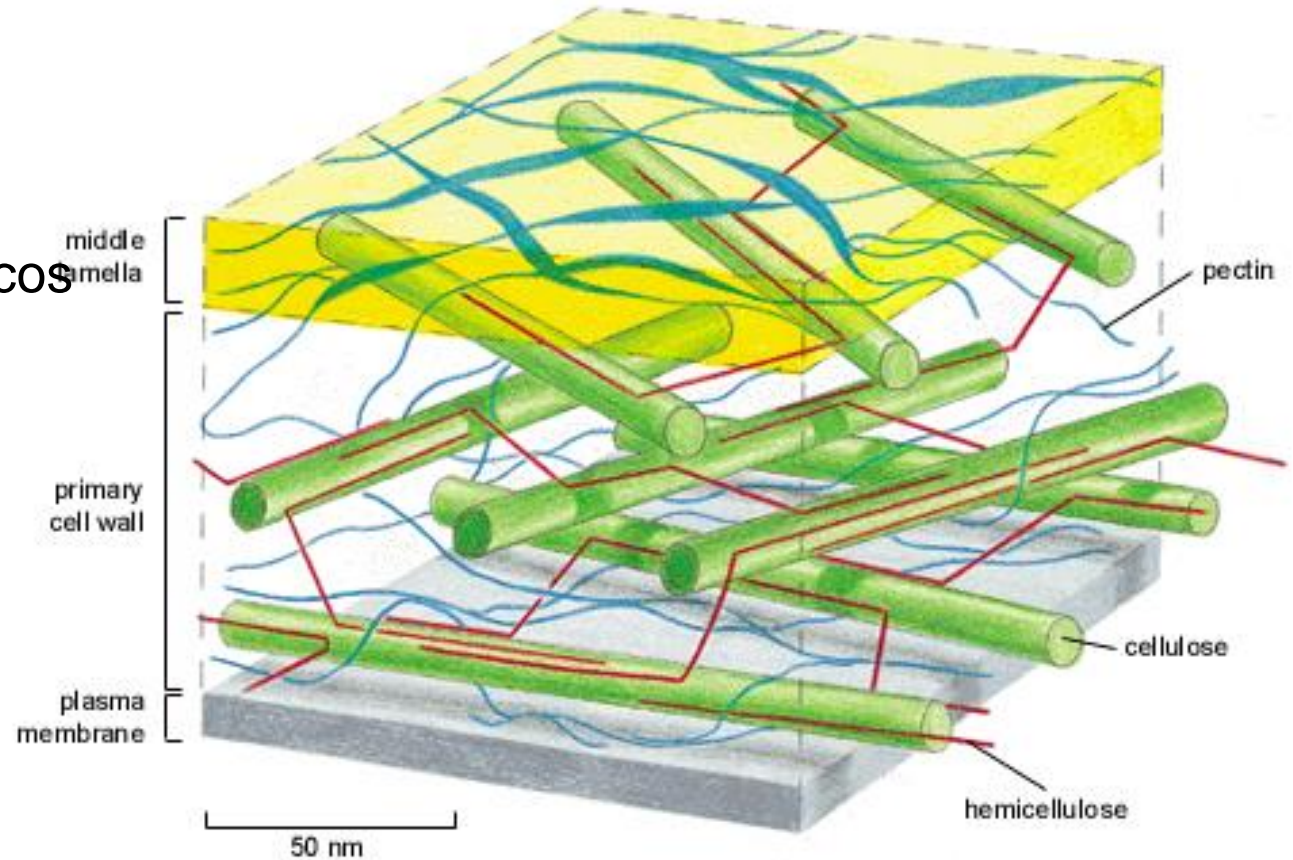
farinhenta



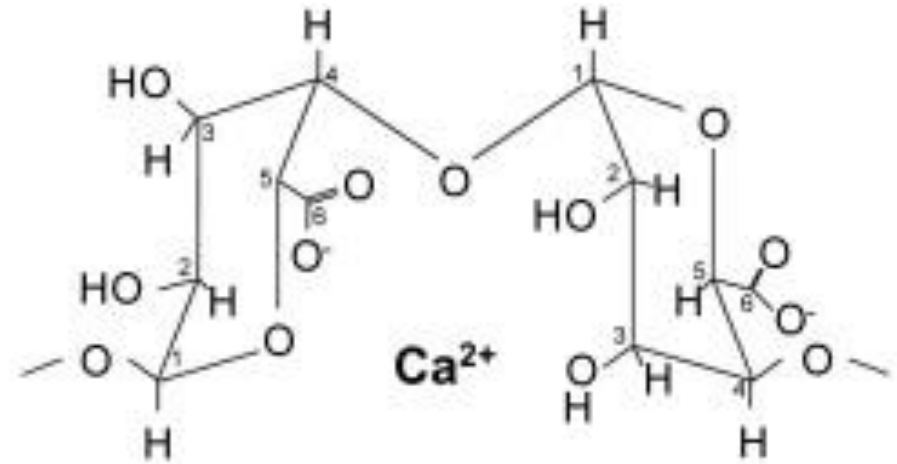
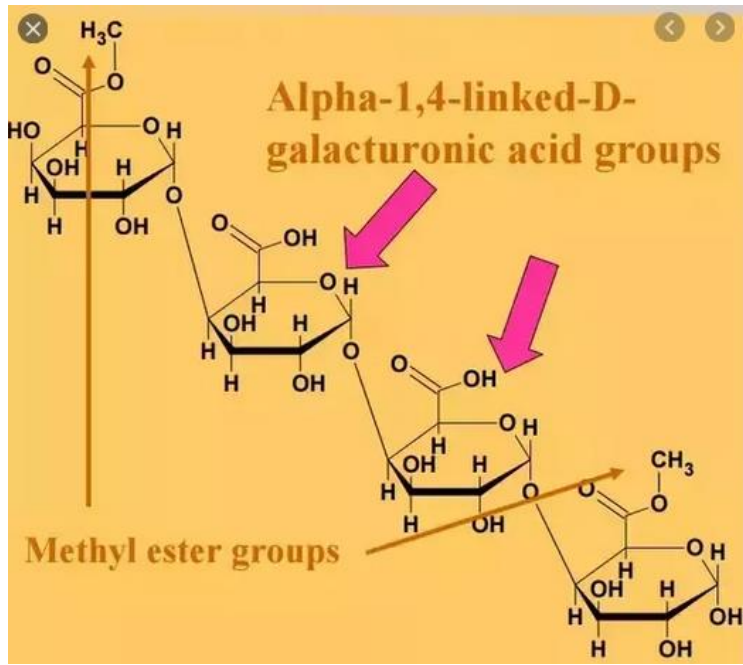
Separação das células

Estrutura esquemática das paredes celulares

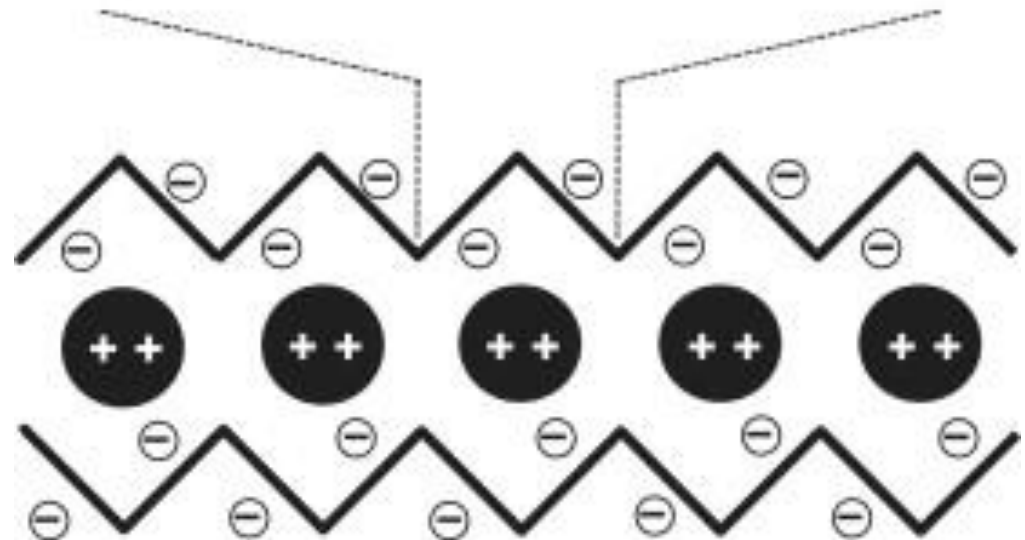
- 40% pectinas
- 35% celulose
- 15% hemiceluloses
- 5% compostos fenólicos
- 5% proteínas



Adaptado de M. McCann e K. R. Roberts, 1991



Pectina - é um polissacarídeo ramificado contido na parede celular primária de plantas



Importância do Cálcio
Na manutenção da estrutura da pectina

Table 1 Summary of cell wall modifying enzymes identified in ripening apple (*Malus domestica*) fruit thus far.

| Cell wall enzyme | Function | Δ Activity during ripening | References |
|--|--|-----------------------------------|--|
| Exo-polygalacturonase EC 3.2.1.67 | Removal of terminal galacturonosyl residues from pectin | Not measured | Bartley (1978) |
| Endo-polygalacturonase EC 3.2.1.15 | Hydrolytic cleavage of α -1,4-galacturonosyl linkages in unesterified pectin | Increased | Wu et al. (1993); Atkinson et al. (1998) |
| Pectin methyl esterase EC 3.1.1.11 | Removal of methyl groups from esterified pectin | Increased | Klein et al. (1995) |
| Glycosidases (i.e., β -galactosidase EC 3.2.1.23) | Terminal removal of galactosyl residues from pectin and xyloglucan* | Increased [†] | Wallner (1978); Dick et al. (1990); Yoshioka et al. (1995) |
| α -L-arabinofuranosidase EC 3.2.1.55 | Removal of arabinosyl and some other residues from pectin | Increased | Yoshioka et al. (1995) |
| Rhamnogalacturonase A | Hydrolyse α -1,2 linkages between galacturonosyl and rhamnosyl residues in pectin | Not measured | Gross et al. (1995) |
| Xyloglucan-endotransglycosylase EC 2.4.1.207 | Hydrolyse and/or transglycosylase xyloglucan | Decreased | Percy et al. (1996) |
| Endo-glucanases (cellulase) EC 3.2.1.4 | Hydrolyse β -1,4 glucan linkages in cellulose and xyloglucan [‡] | Decreased | Abeles & Biles (1991) |

**In vivo* substrates and sites of action are yet to be confirmed, as there is some suggestion that β -galactosidase may also have associated α -L-arabinopyranosidase and β -D-fucosidase activities (Dick et al. 1990).

[†]This is isozyme dependent, as one isozyme increased, while three isozymes decreased, during ripening in apples (Yoshioka et al. 1995).

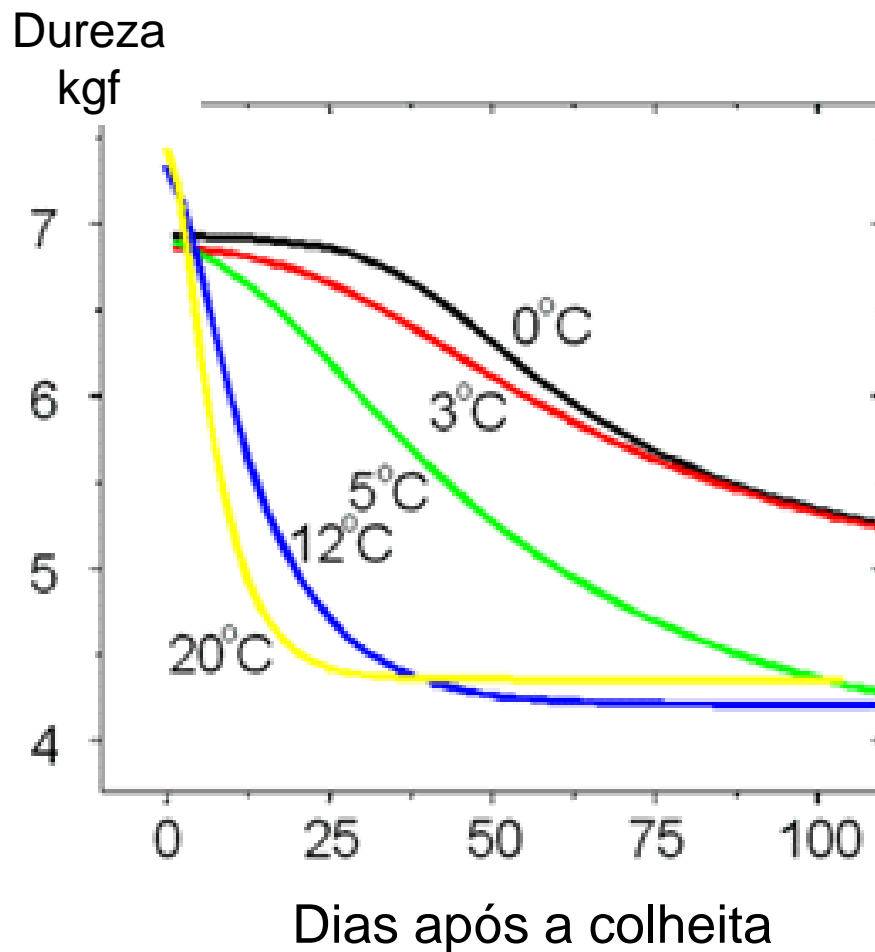
[‡]*In vivo* substrates of endo-glucanases are yet to be confirmed (Rose & Bennett 1999).

Pectolíticas

Não pectolíticas

Temperatura de conservação

Maçã 'Royal Gala'



Hacker, 2000

Consumidores!

Devem por as Galas no frigorífico de modo a ficarem mais crocantes

Porque é que os frutos mudam de cor durante a maturação ?

Cor

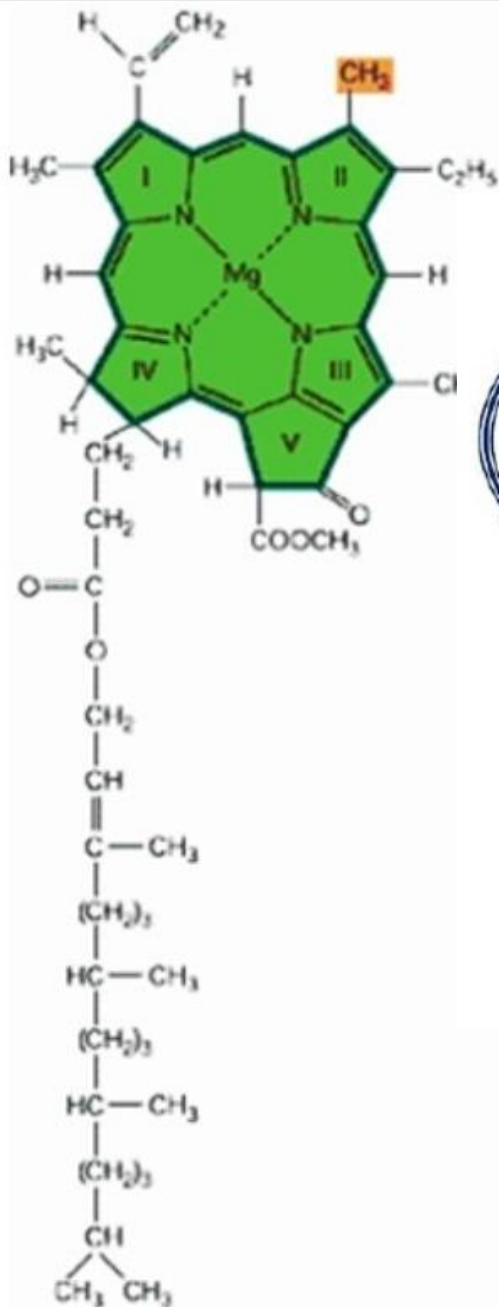
Perda de clorofila e destruição do aparelho fotossintético
Destruição dos cloroplastos

Acumulação de carotenóides 

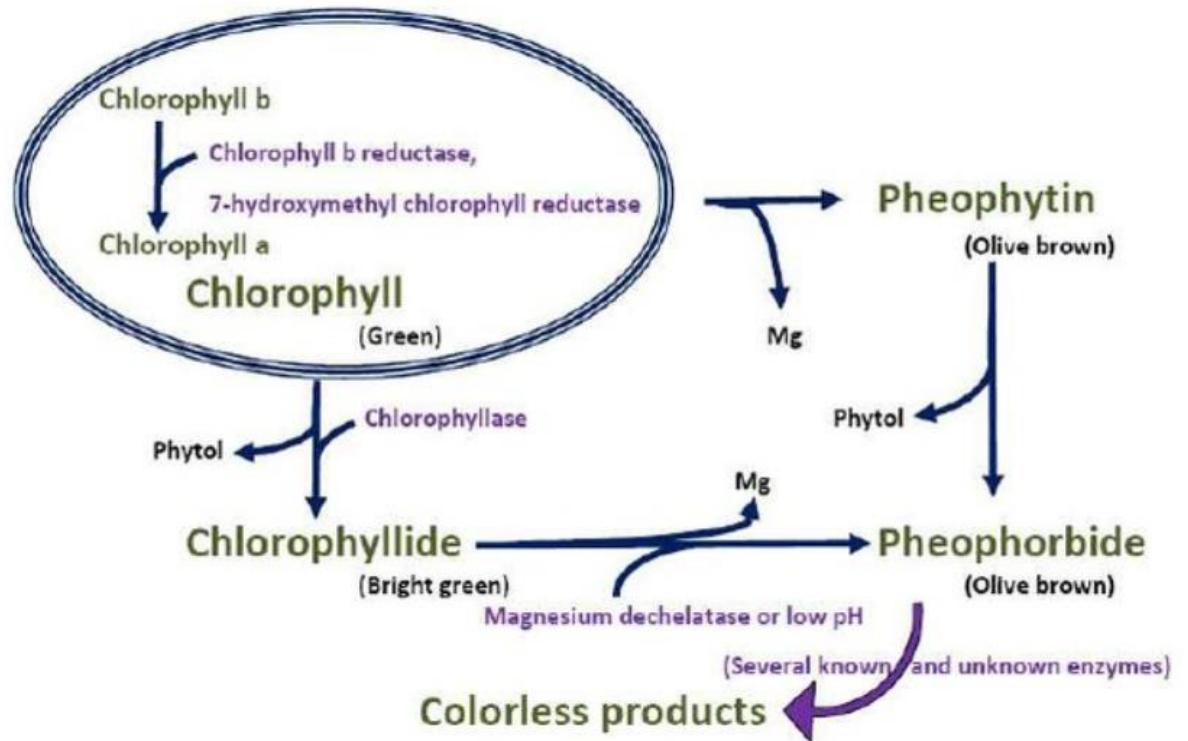
Síntese de antocianidinas 

Ou revelação de pigmentos

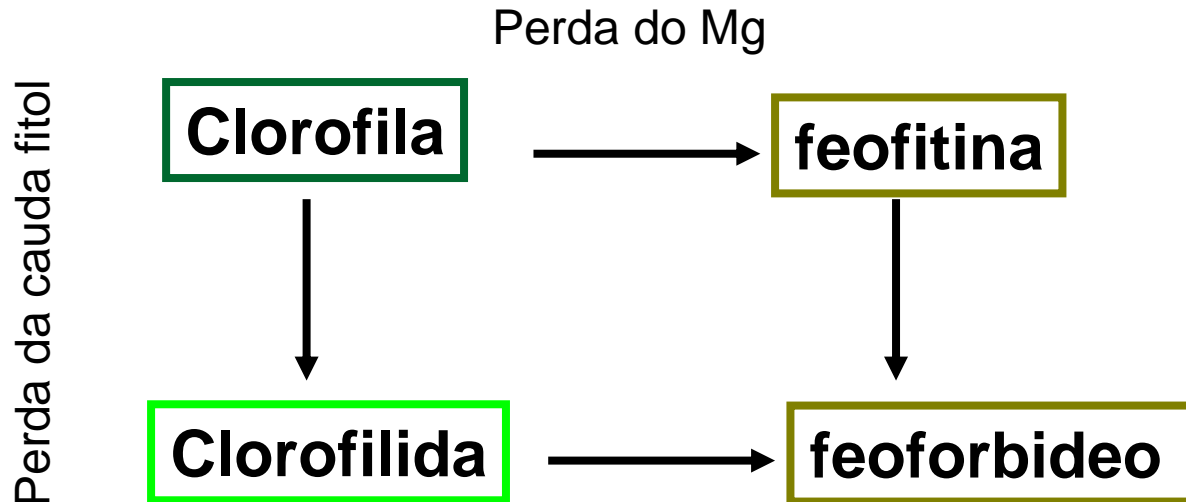
Exemplo: na banana os carotenóides são desmascarados
e no tomate acumula-se licopeno (carotenóide)



Degradação da clorofila



Degradação da clorofila



Agentes degradativos pela degradação das clorofilas

- Variações de pH - “fuga de ácidos orgânicos”
- Sistemas oxidativos
- Clorofilases

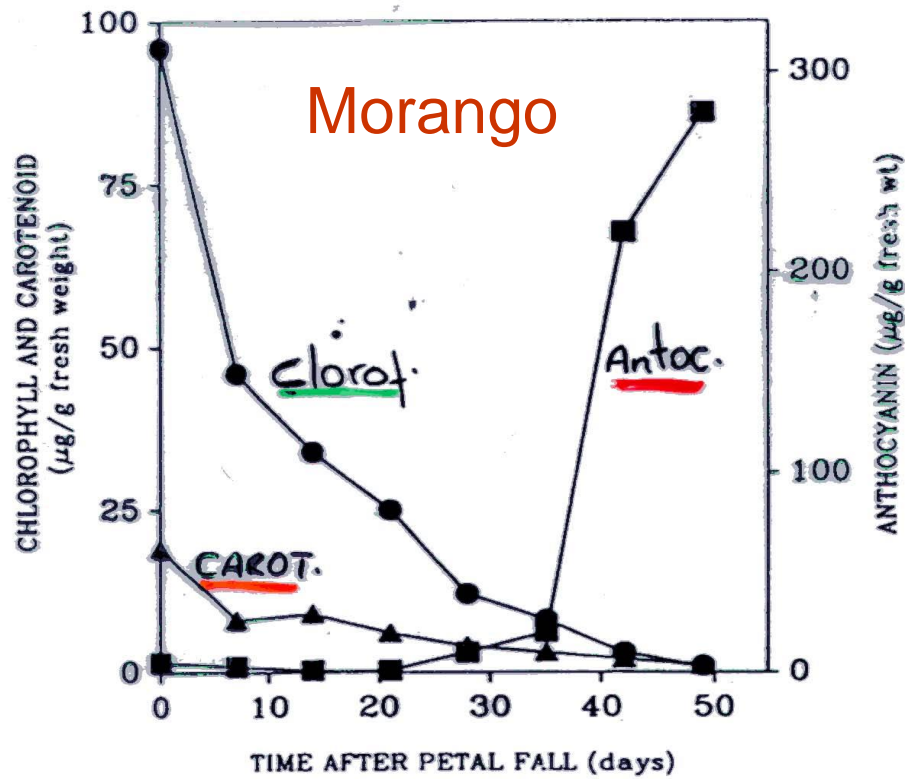
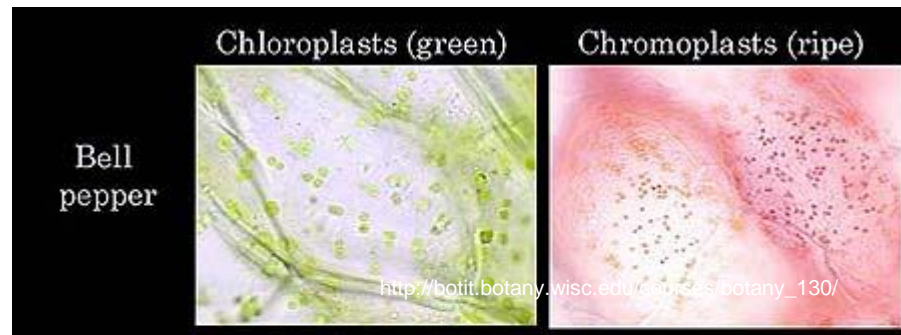


Figure 4-34. Changes in the pigment concentration in developing strawberry fruits (● chlorophyll; ▲ carotenoid; ■ anthocyanin (after Woodward¹⁰⁰)).

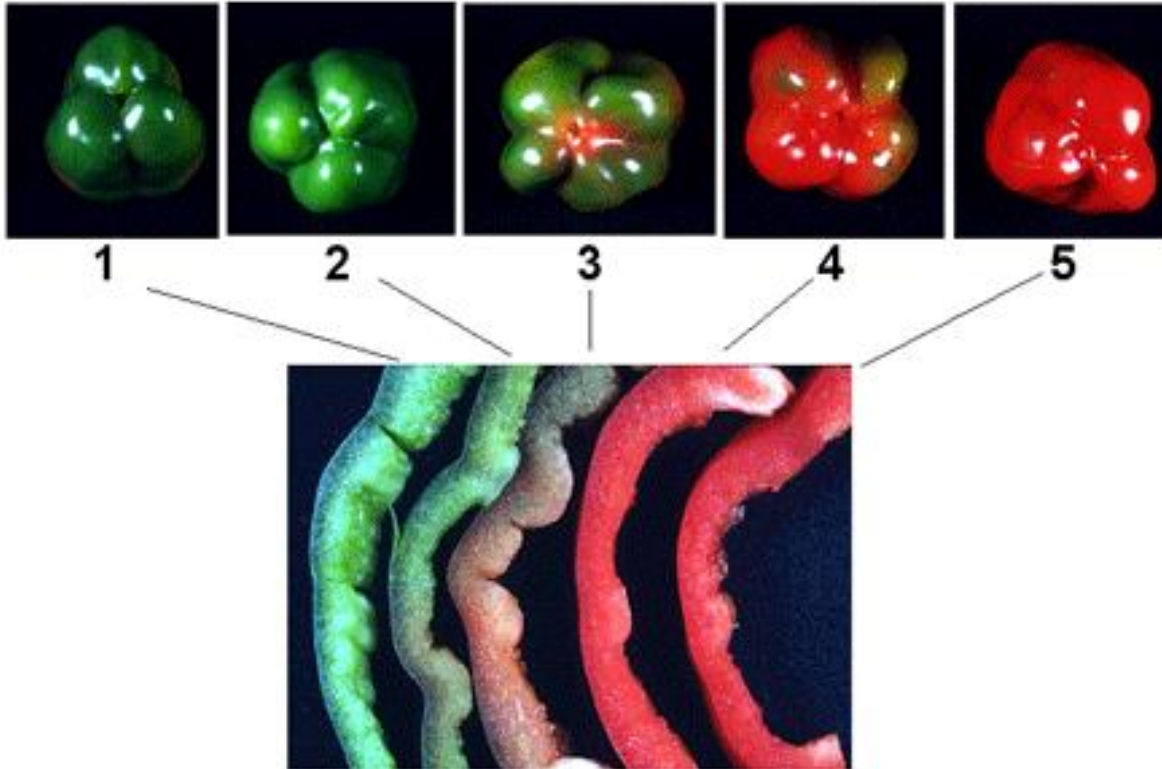


Alterações na cor



Os cloroplastos ----- cromoplastos

Peppers – Maturity and Ripeness Stages



<http://postharvest.ucdavis.edu/Produce/Producefacts/index.shtml>

Carotenóides: - carotenos e xantofilas

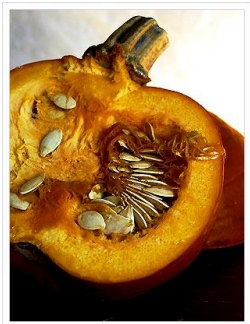
Insolúveis em água
solúveis em acetona, éter e álcool



Tomates - licopeno

Cenouras - α - e β -carotenos

Pimentos vermelhos - capsantina



Abóbora - β -caroteno

Milho - luteína, zeaxantina, criptoxantina

Espinafres, feijão verde e bróculos

Os vegetais de folhas verdes tem carotenóides
quanto mais clorofila mais carotenóides

β -criptoxantina é o carotenóide predominante nas laranjas,
papaia e pêsego

Carotenóides: - carotenos e xantofilas amarelo, laranja, vermelho



O licopeno é o carotenóide mais abundante no tomate
O seu teor depende do grau de maturação e exposição
à luz, tipo de solo e variedade, mais ou menos 40 mg/100g

Flavonóides: antocianidinas vermelho, azul



Suggested Guide for Banana Ripening

Pulp Temperatures °F

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 4 Day Schedule | 64° | 64° | 62° | 60° | | | | |
| 5 Day Schedule | 62° | 62° | 62° | 62° | 60° | | | |
| 6 Day Schedule | 62° | 62° | 60° | 60° | 60° | 58° | | |
| 7 Day Schedule | 60° | 60° | 60° | 60° | 60° | 58° | 58° | |
| 8 Day Schedule | 58° | 58° | 58° | 58° | 58° | 58° | 58° | 58° |

Notes:

- Temperatures are °F
- Temperatures are PULP not AIR
- Proper temperature, humidity, time, air circulation, mature bananas and ethylene are required for ripening.
- Use the Super-Ripening Center® and Ethy-Gen® II to hasten ripening.
- Maintain 100-150 ppm of ethylene until color breaks.
- After 24 hour ripening initiation period, vent room for 15-20 minutes with fan on.
- For delayed shipment hold at 58°F.



Color Index No.
Real Color

1

Green

2

Green - Hint
of yellow

3

More green
than yellow

4

More yellow
than green

5

Green to

6

All yellow

7

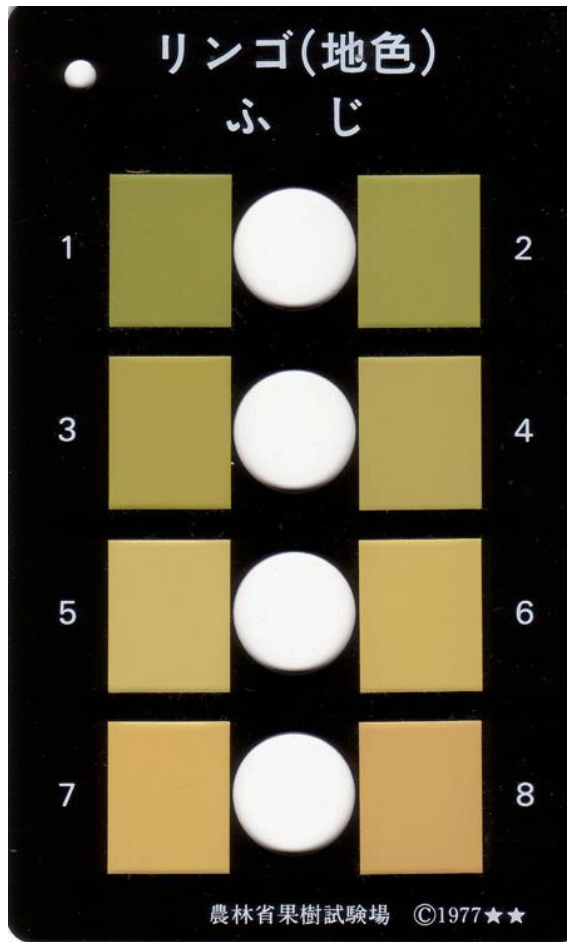
Yellow - Ripened
with brown



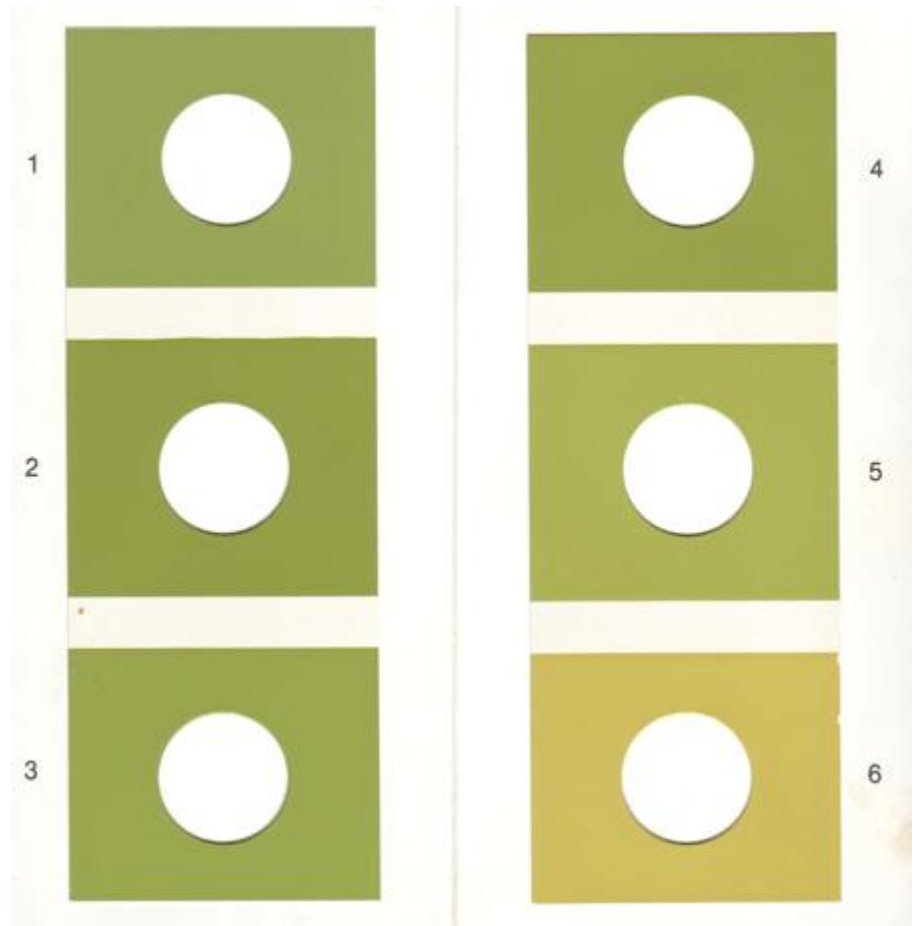
Tabelas de cor

CTIFL

Maçãs – cor de fundo



Fuji



Golden Delicious

Escala de cor tomate USDA, 1975



Verde maturo - “**Green**” - completamente verde



Alteração de cor - “**Breakers**” (rotura) - 10% rosado, vermelho



10 a 30% vermelho ou rosado - “**Turning**” - viragem



30 a 60% vermelho ou rosado - “**Pink**” - rosado



60 a 90% vermelho ou rosado - “**Light red**” - vermelho claro



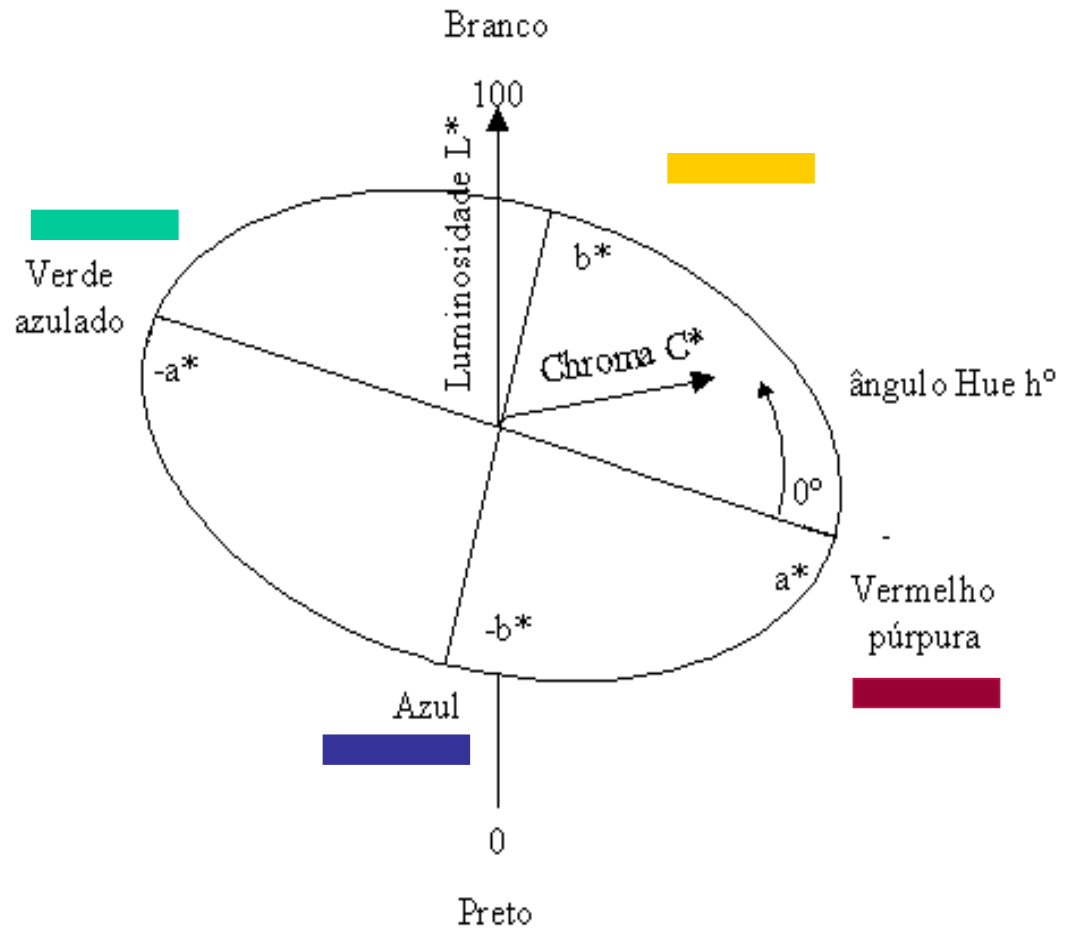
Mais de 90% vermelho - “**Red**” - vermelho

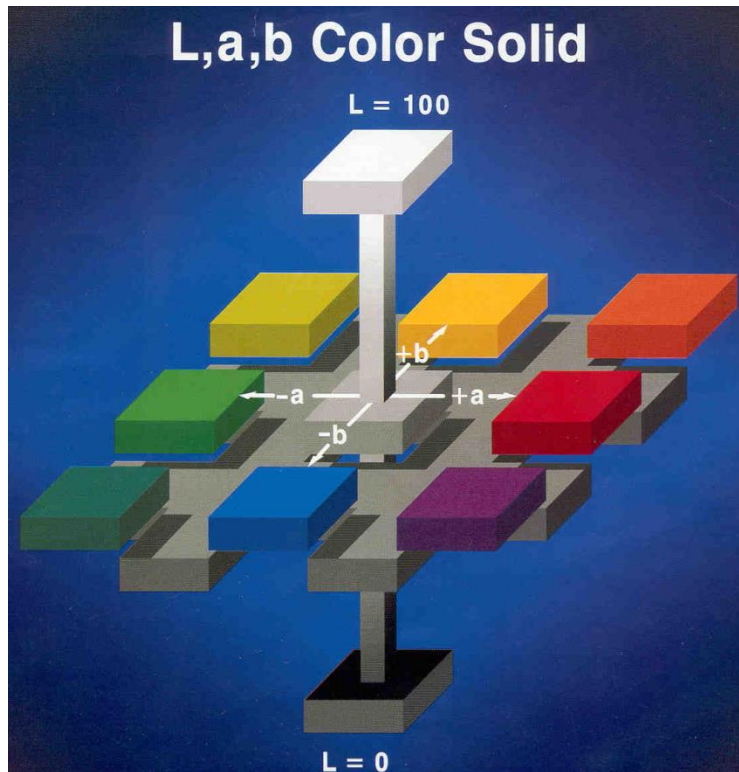


Para determinação de L^* , a^* e b^*

Colorímetro

L , a , b são respostas compostas das reflexões da luz a diferentes comprimentos de onda





Tonalidade - $h^* = \arctangent\ b^*/a^*$

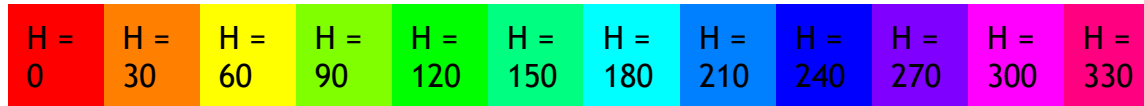
Saturação - $C^* = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$

Iluminação - L^*

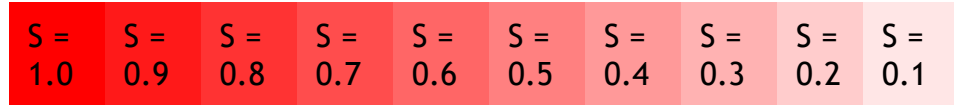
a^* e b^* - coordenadas cromáticas

(Photo: <http://www.cigem.ca/pics/lab.jpg>)

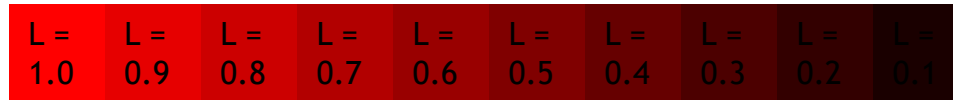
Tonalidade



Saturação - quantidade de cor (de pigmento)



Luminosidade - claridade da luz (0 - sem luz e 1 quantidade máxima de luz)



Tonalidade - $h^* = \arctangent\ b^*/a^*$

Saturação - $C^* = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}]$

Iluminação - L^*

a^* e b^* - coordenadas cromáticas

Transpiração

Afecta a deterioração fisiológica e comercial:
aspecto, textura, sabor, peso, engelamento

Perda de peso que afecta a frescura dos frutos e hortícolas

1- 2 % Uvas

3 - 10 % Outros



Maçãs Braeburn engelhadas - perderam 4% do peso

A transpiração induz stress hídrico → Senescência

É principal causa das perdas pós-colheita e má qualidade nas hortícolas de folhas: alface, espinafre, couves....

É a 2ª causa (1ª sobrematuração): pepinos, beringela, quiabos e pimentos

É a 3ª causa (perto da sobrematuração e danos físicos) do tomate, melão

É a 4ª causa (a seguir a danos mecânicos) nas hortícolas de raiz

No caso dos citrinos era a principal causa de deterioração fisiológica

Classificação dos produtos em função da taxa diária de transpiração

Fraca (0,5%)

maçãs, toranja, laranja, pêra, clementinas, melão, tomate, banana

Moderada (1,5%)

pimento, beringela, pêsego, endívia, courgette

Forte (2,5%)

cereja, alperce, morango

Muito forte (3,5%)

cenoura, feijão verde

Extremamente forte (4,5%)

espargo, alho porro, saladas