



Mudanças bioquímicas em alimentos crus: frutas e vegetais

FRUTAS E VEGETAIS

- **Características das frutas e dos vegetais como sabor, cor, tamanho, formato e a ausência de defeitos externos é o resultado de muitas alterações químicas e bioquímicas que têm lugar na pós-colheita e na estocagem.**
- **O crescimento e a maturação de frutas e vegetais antes de colhidos dependem da fotossíntese e da absorção de água e minerais. Depois da sua separação, porém, tornam-se unidades independentes para as quais os processos respiratórios têm papel preponderante**



- Durante o armazenamento de frutas e vegetais os **efeitos de baixas temperaturas, redução dos níveis de oxigênio (O_2) e aumento da concentração de dióxido de carbono (CO_2)** na atmosfera de armazenamento são utilizados para aumentar a vida de prateleira do produto estocado.
- No entanto, é necessário manter um *status* de energia adequado para evitar o escurecimento ou a senescência das frutas e vegetais armazenados



Frutas

Grande número de frutas tem um importante aumento na atividade respiratória depois da colheita, fato que é denominado como aumento climatérico da respiração

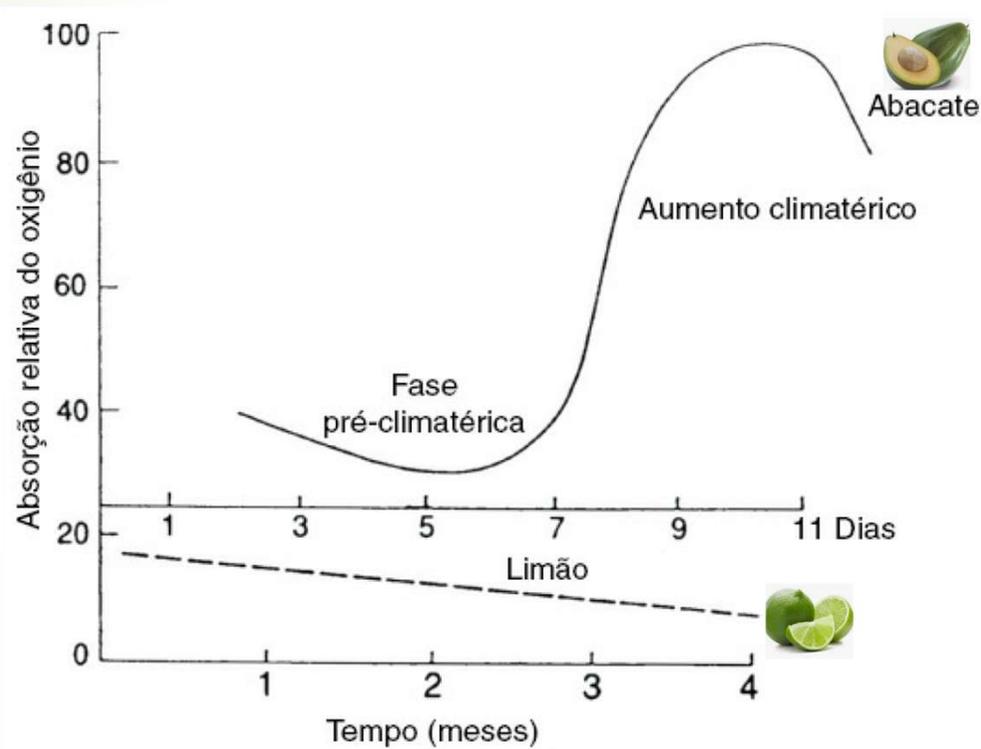


TABELA 2.1 Atividade respiratória de frutas selecionadas

Climatéricas

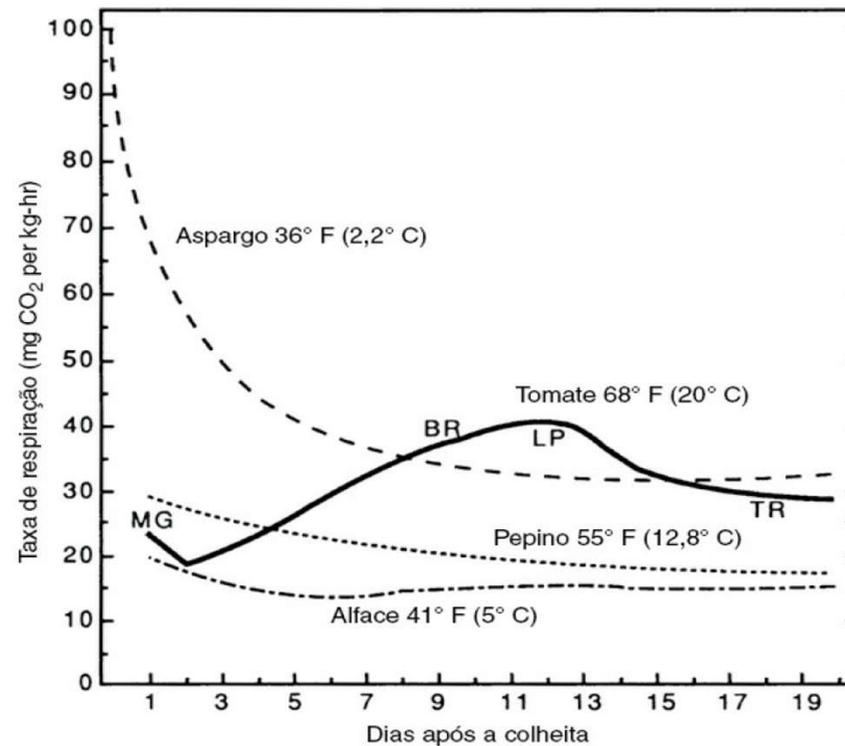
Maçã
Damasco
Abacate
Banana
Fruta-pão
Figo
Goiaba
Abriçó-do-pará
Melão-cantalupo

Não climatéricas

Mirtilo
Uva
Toranja
Jamelão
Limão
Azeitona
Laranja
Abacaxi
Morango
Melão honeydew

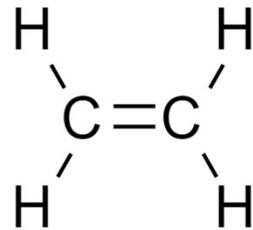
Vegetais

- Quando os vegetais são separados da planta-mãe, seu metabolismo continua a funcionar apesar de as reações catabólicas tornarem-se rapidamente predominantes;
- O aumento climatérico característico em algumas frutas como maçãs e abacates não ocorre em vegetais;
- Uma alta taxa de respiração indica uma vida curta durante a estocagem.



INÍCIO DA MATURAÇÃO

- **O etileno é reconhecido como o hormônio de plantas que dá início à maturação;**



- **A aplicação de quantidades mínimas de etileno, na ordem de 1 ppm, estimula a atividade respiratória, induz a maturação e apressa o aparecimento do estágio climatérico;**
- **A maturação de frutas climatéricas se manifesta por um aumento na respiração e da concentração de etileno;**

A aplicação de etileno exógeno em frutas climatéricas antecipa o aumento climatérico, acompanhada por um aumento da absorção de oxigênio

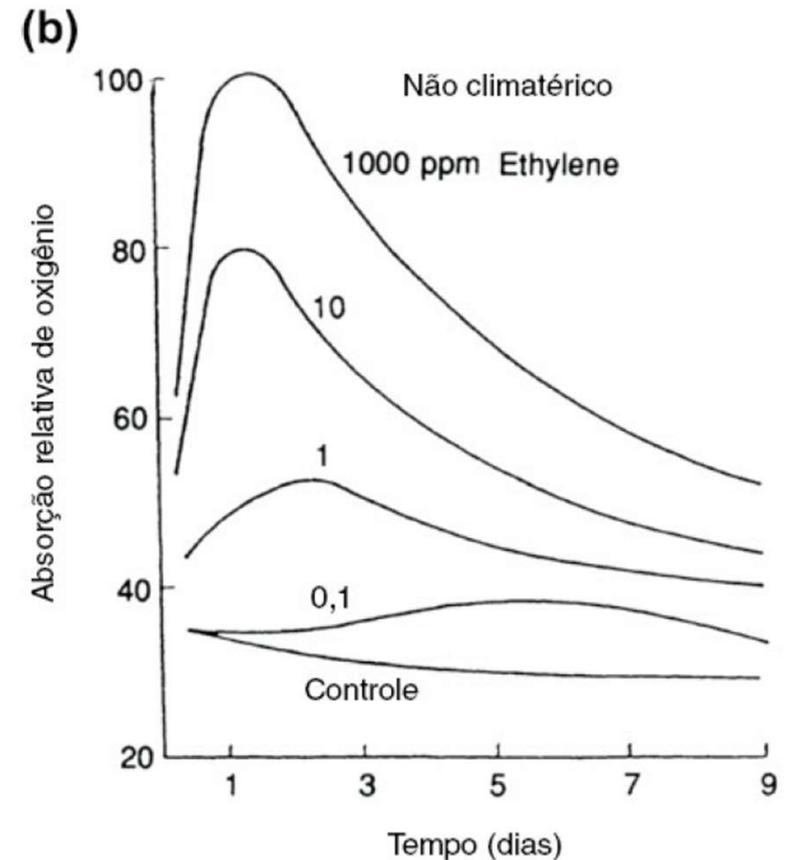
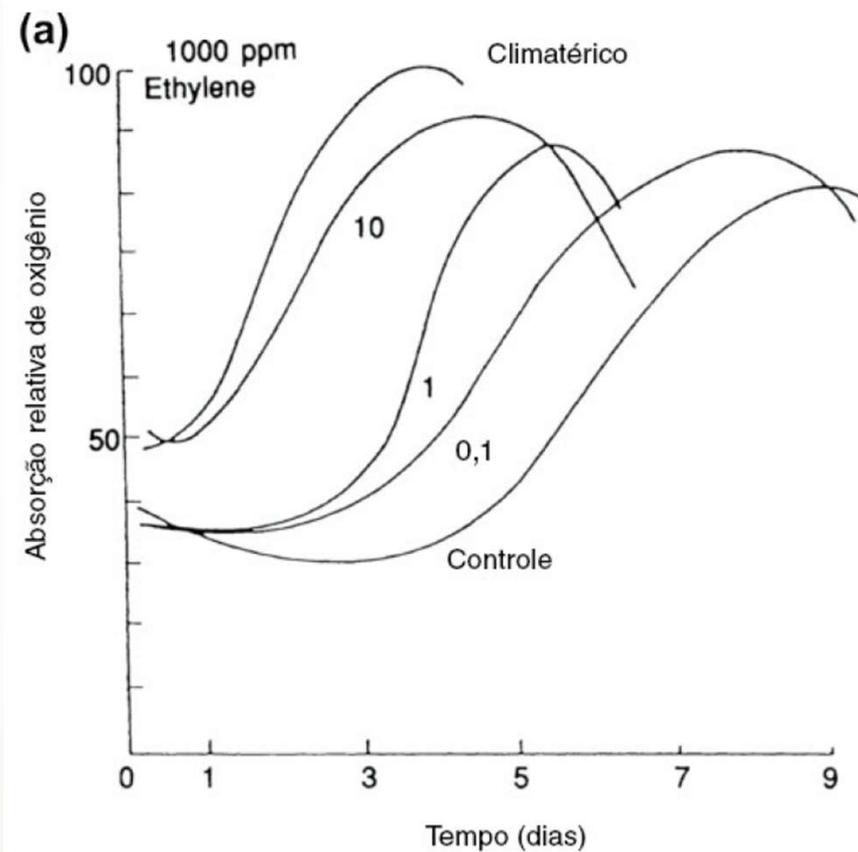
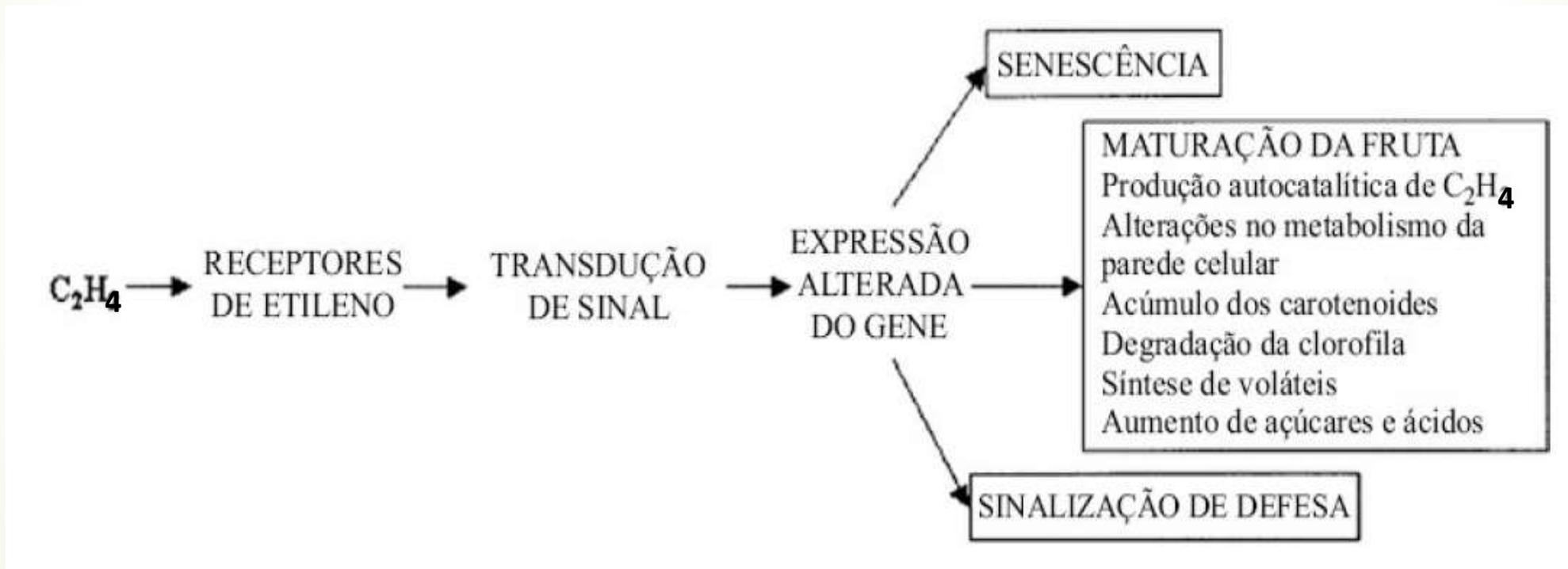


TABELA 2.2 Teor de etileno endógeno (ppm) em algumas frutas climatéricas e não climatéricas

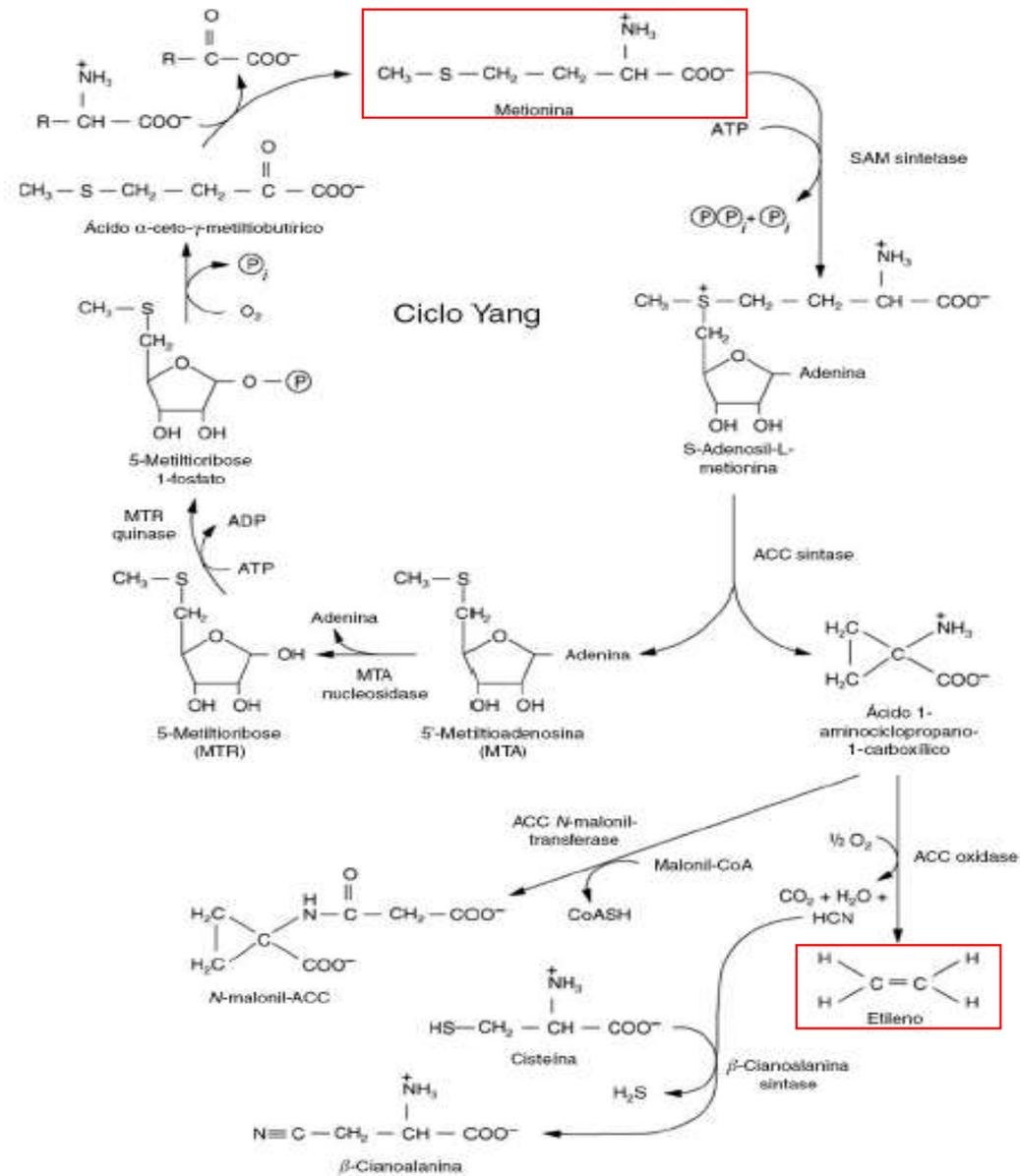
Fruta	Variedade	Pré-climatérica	Início	Pico climatérico
Climatérica				
Abacate ^a	Fuerte	0,03	0,09	25
Banana ^b	Gros Michel	0,1	1,5	40
Manga ^b	Kent Haden	0,01	0,08	3
Pera ^c	Anjou	0,09	0,4	40
Não climatérica			Estado estabilizado	
Limão ^a			0,1–0,2	
Laranja ^a			0,1–0,2	
Lima ^a			0,3–2,0	

^a De Akamina e Goo (1979b)^b De Burg e Burg (1962)^c De Kosiyachinda e Young (1975)

O etileno afeta a expressão de várias enzimas específicas necessárias à maturação



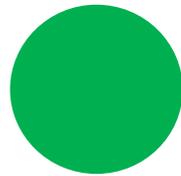
Biossíntese do etileno



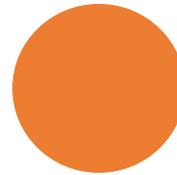
ALTERAÇÕES DA COR

Principais pigmentos de frutas e hortaliças

CLOROFILA



CAROTENOIDES



ANTOCIANINAS

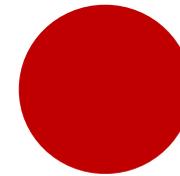
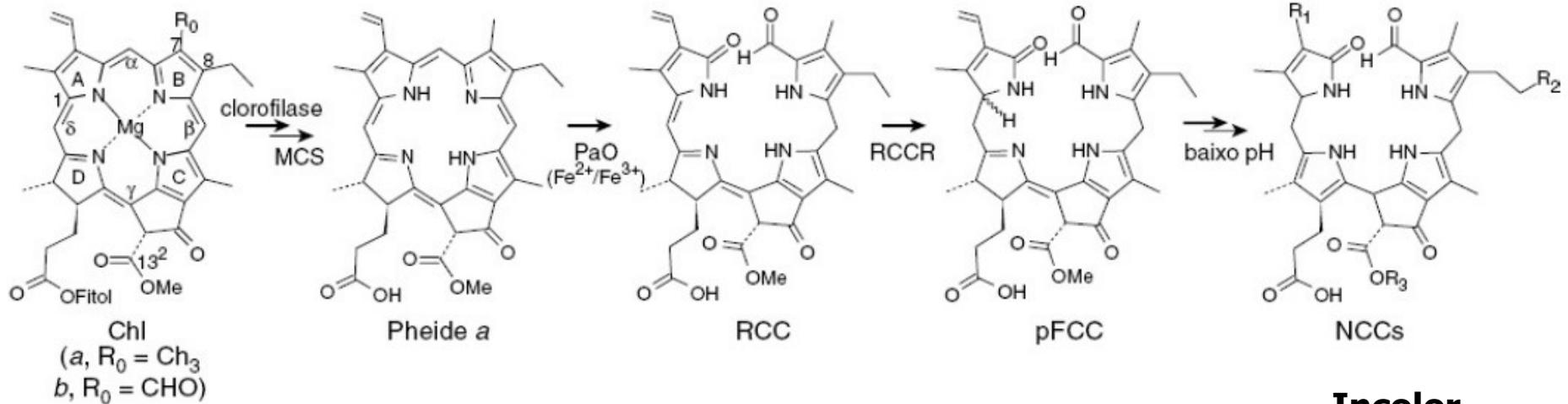


TABELA 2.3 Alterações na cor de algumas frutas durante a maturação

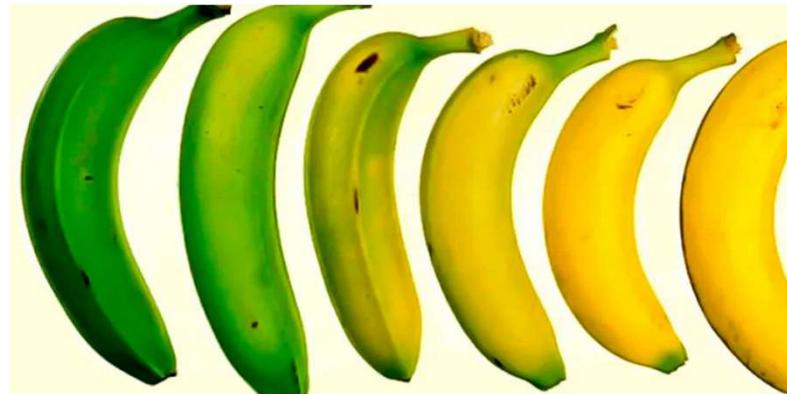
Fruta	Estágio de maturação	
	Imatura	Madura
Maçã	Verde	Amarela/vermelha*
Banana	Verde	Amarela
Pera	Verde	Amarela
Morango	Verde	Vermelha

*Dependendo da variedade

Degradação da clorofila: processamento e estocagem

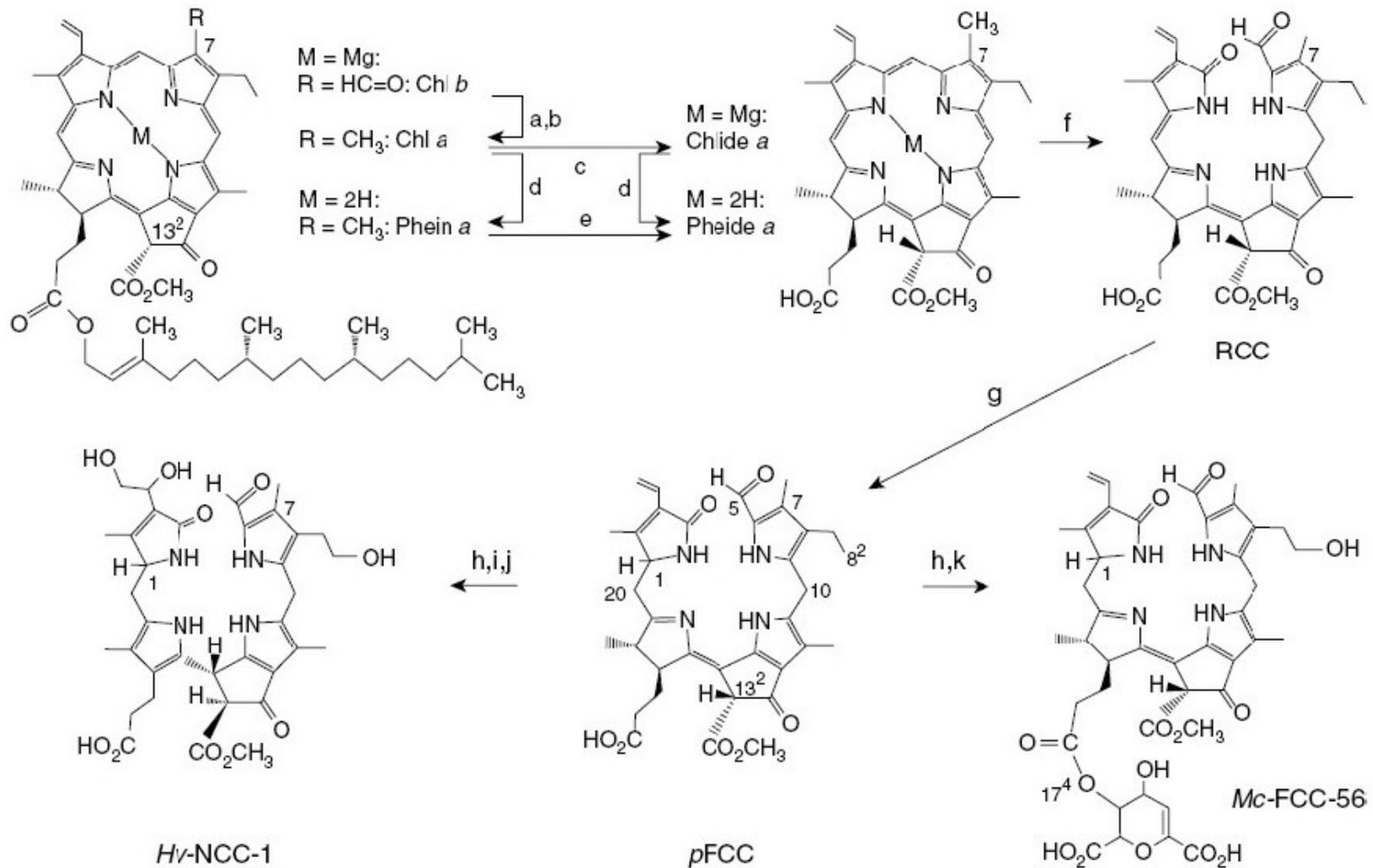


Verde



Incolor

Esboço estrutural representativo de importantes catabólitos que delineiam os principais processos de degradação da clorofila em vegetais superiores



- A retenção da clorofila é usada geralmente como **medida de qualidade em vegetais verdes** uma vez que a degradação da clorofila ocorre em tecidos danificados durante o branqueamento e o processamento;
- A **perda da cor verde** pode ser indesejável e essas mudanças devem ser minimizadas.
- Uma das principais reações é a substituição do átomo **Mg²⁺ da clorofila pelo hidrogênio em condições ácidas** com a formação de feofitina

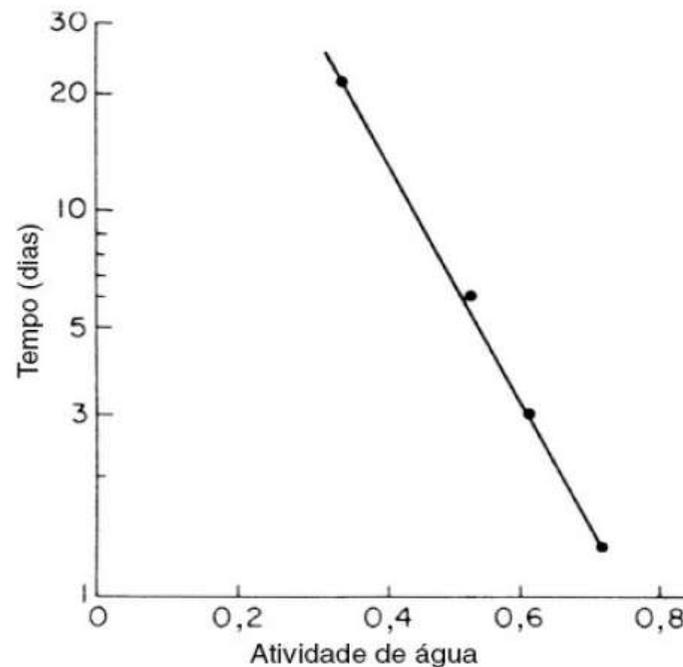
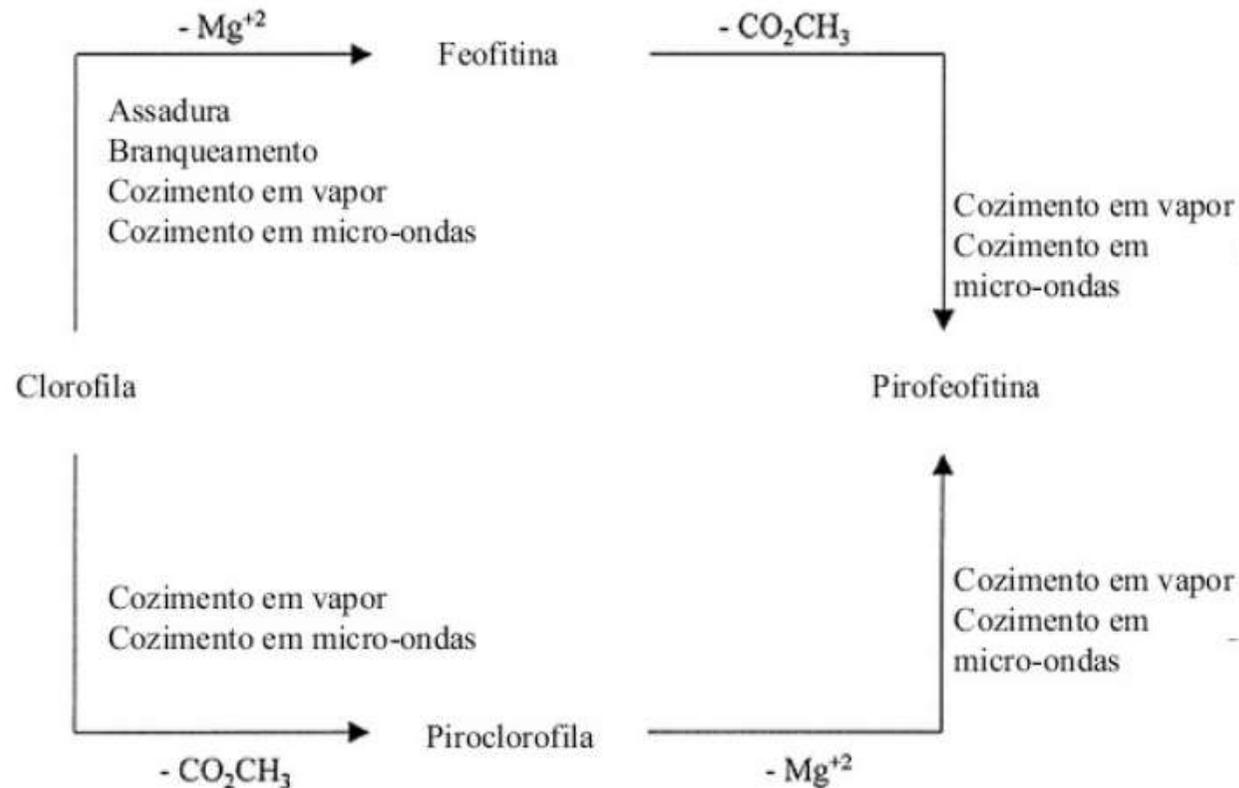


FIGURA 2.8 Tempo necessário para perda de 20% de clorofila no espinafre em diferentes atividades de água (37°C em atmosfera de ar) (La Jollo *et al.*, 1971). Copyright ©: Institute of Food Technologists.

Influência do processamento na perda da clorofila



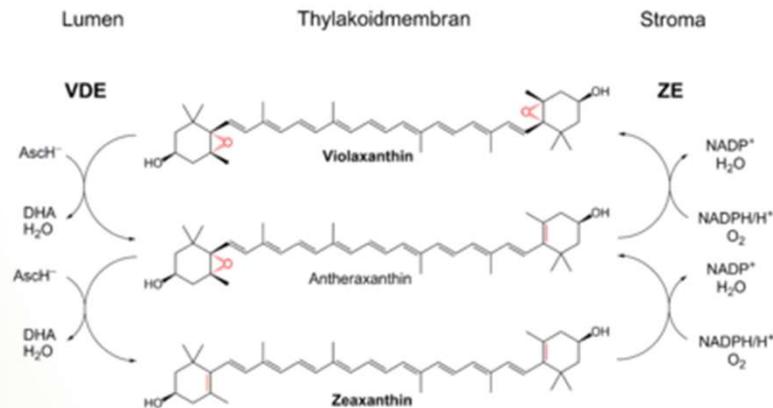
O fenômeno de **reverdecimento** foi observado envolvendo a formação de complexos que resultam da introdução de cobre (Cu) e zinco (Zn) no anel de pirrol da clorofila.

Melhora na cor verde em ervilhas processadas assepticamente frescas e congeladas quando branqueadas em solução de $ZnCl_2$

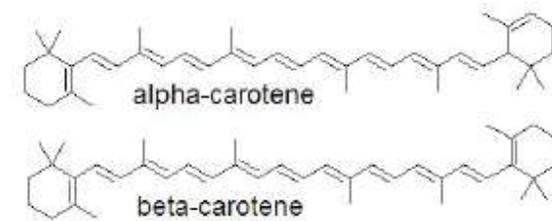
Carotenoides

Amarelos, laranjas e vermelhos

- Durante a maturação de muitas frutas há alterações em sua cor que passa do verde para o **laranja** ou **vermelho**. Isto ocorre em decorrência da perda de clorofila e da biossíntese de carotenoides
- Carotenoides são compostos isoprenoides C40 constituídos por unidades de isoprenos ligados cabeça-cauda, formando um sistema de duplas ligações conjugadas



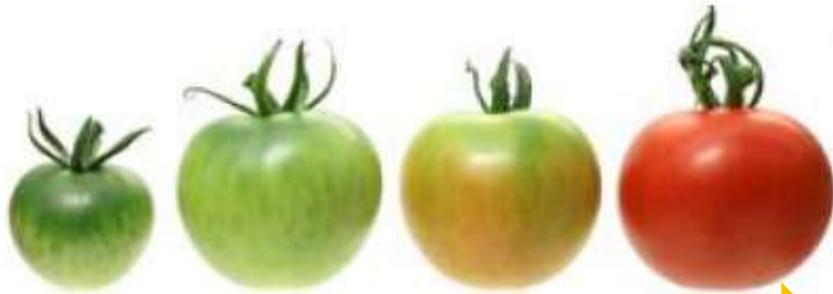
Xantofilas



Carotenos

Carotenoides

Mudanças bioquímicas em alimentos crus: frutas e vegetais



Síntese de carotenoides

TABELA 2.5 Alterações de carotenoide na pele do caqui (*Diospyros kaki* cv. "Triumph") durante a maturação pós-colheita

	Estágio de maturação		
	Colheita	Intermediário	Totalmente maduro
Carotenoides totais ($\mu\text{g/g fr. wt}$)	128,0	366,0	491,0
Padrão de carotenoide (% dos carotenoides totais)			
Fitoflueno	–	–	0,4
α -Caroteno	1,6	1,2	1,0
β -Caroteno	9,4	7,6	6,7
Mutato cromo	–	0,7	–
γ -Caroteno	–	0,4	–
Licopeno	1,1	0,5	8,2
β -Criptoxantina	29,2	50,0	48,2
Criptoxantina 5,6 e poxida	0,9	1,2	1,9
Criptoflavina	0,7	2,1	2,9
Luteína	12,4	5,5	4,1
Zeaxantina	9,3	9,7	5,9
Mutato xantina	0,8	4,7	1,8
Isoluteína	0,5	–	0,3
<i>trans</i> -Anteraxantina	5,4	2,0	4,8
<i>cis</i> -Anteraxantina	6,2	2,2	2,3
Luteoxantina	1,7	1,8	1,9
<i>trans</i> -Violaxantina	6,9	3,7	3,8
<i>cis</i> -Violaxantina	6,7	1,5	2,0
Neoxantina	7,2	5,2	3,8

De Ebert e Gross (1985). Reimpressão autorizada. Copyright ©: Pergamon Press.

Degradação dos carotenoides: processamento e armazenamento

- A natureza insaturada torna os carotenoides extremamente suscetíveis à isomerização e oxidação, resultando em uma perda da cor que é mais pronunciada depois da oxidação;
- Lipoxigenase branqueia carotenoides;
- Os carotenoides são extremamente suscetíveis à oxidação não enzimática em frutas e vegetais desidratados.

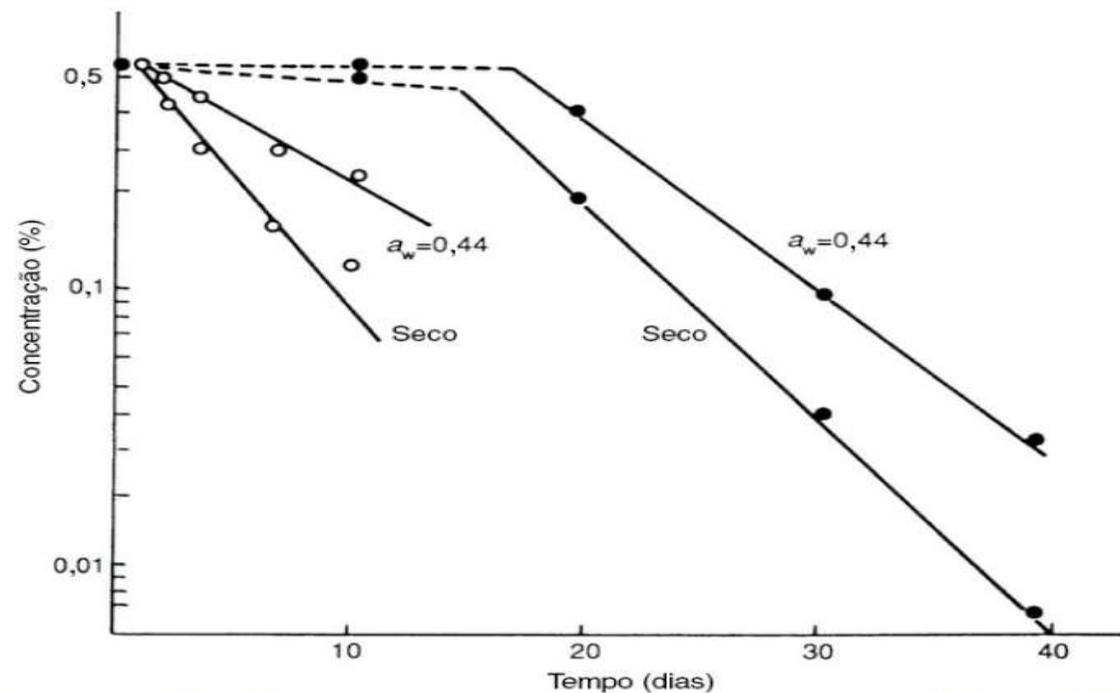
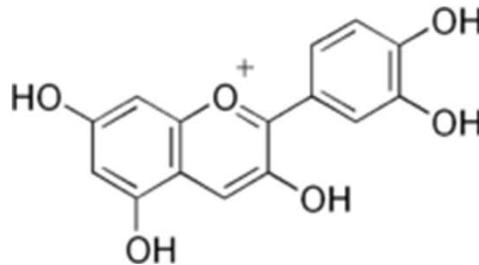


FIGURA 2.9 Descoloração de β -caroteno em sistemas modelo. Seco refere-se a sistemas mantendo CaCl_2 sólido; $a_w = 0,44$ para sistemas contendo K_2CO_3 saturado (o: controle; •: BHT-hidroxitolueno butilado). Chou e Breene (1972). Copyright ©: Institute of Food Technologists.

ANTOCIANINAS

- As antocianinas são responsáveis pelas cores atraentes rosa, vermelha, violeta e azul de flores, folhas, frutas e Vegetais;
- São pigmentos solúveis em água que se acumulam nas células da epiderme de frutas assim como em raízes e folhas;
- São pigmentos flavonoides cuja estrutura é baseada em núcleos de fenilpropanoides;
- Estes pigmentos tendem a se tornar mais estáveis quando submetidos a estas condições ácidas.

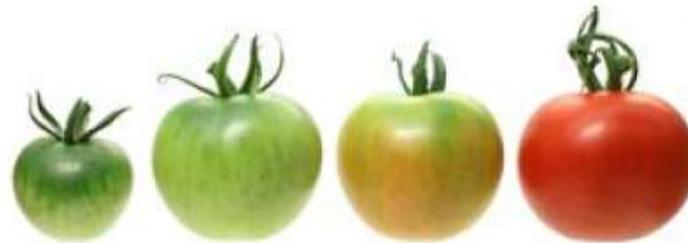


Antocianinas: efeito do processamento

- **As antocianinas são geralmente instáveis durante seu processamento, com uma perda total de cor durante o enlatamento, o engarrafamento e outras operações térmicas de processamento;**
- **Frutas e vegetais contêm muitas enzimas capazes de descolorir antocianinas; no entanto, podem ser inativadas pelo ranqueamento. Estas enzimas incluem polifenoloxidase, antocianase e peroxidase.**

Textura

- **Características físicas perceptíveis pelo tato e que se relacionam com a deformação e desintegração sob a aplicação de uma força;**
- **A textura de frutas e vegetais depende da estrutura e organização da parede celular das plantas e das substâncias de cimentação intercelular.**



PECTINA

- É um dos principais componentes da parede celular das plantas e o principal componente da lamela média;
- A pectina é um polissacarídeo ramificado constituído principalmente de polímeros de gacturoglicanos com grupos carboxilas esterificados com metanol;

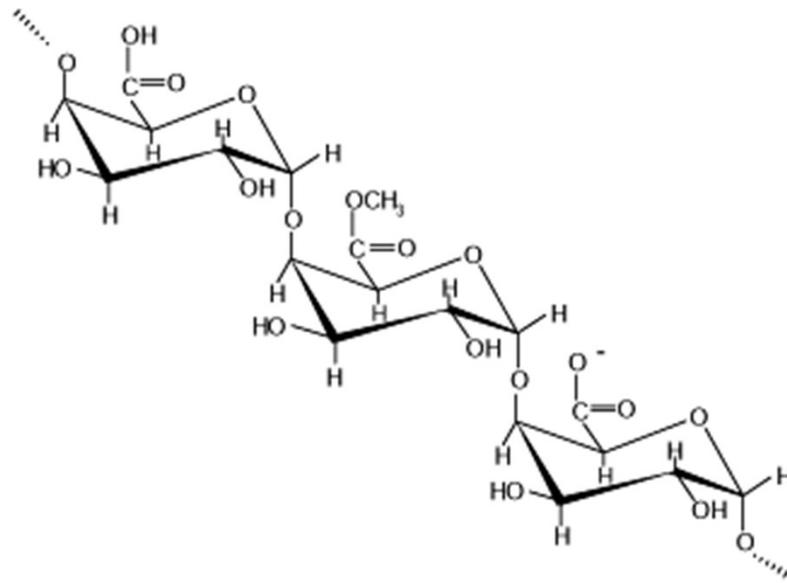
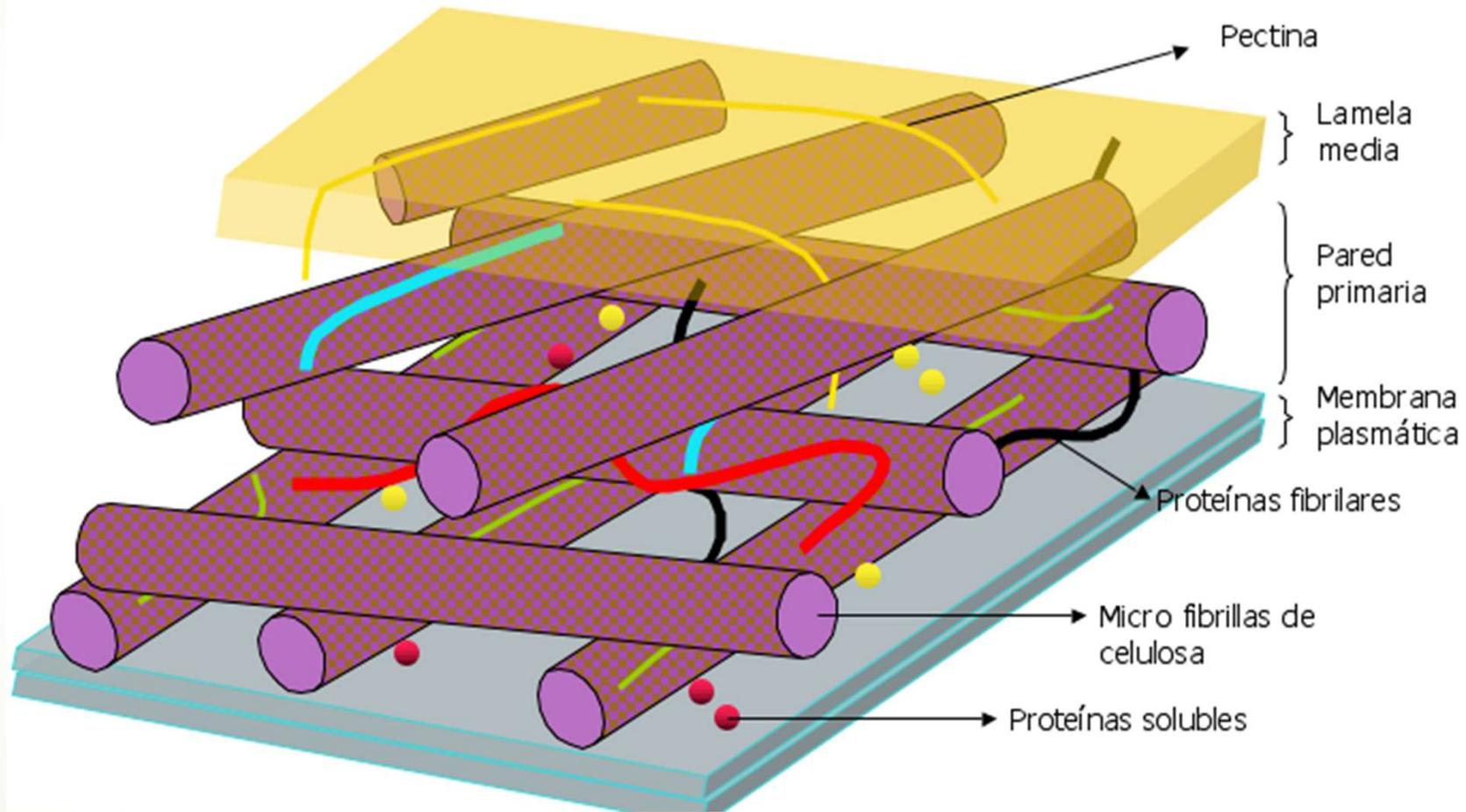


Figura 1. Estrutura química da cadeia de pectina^[29].

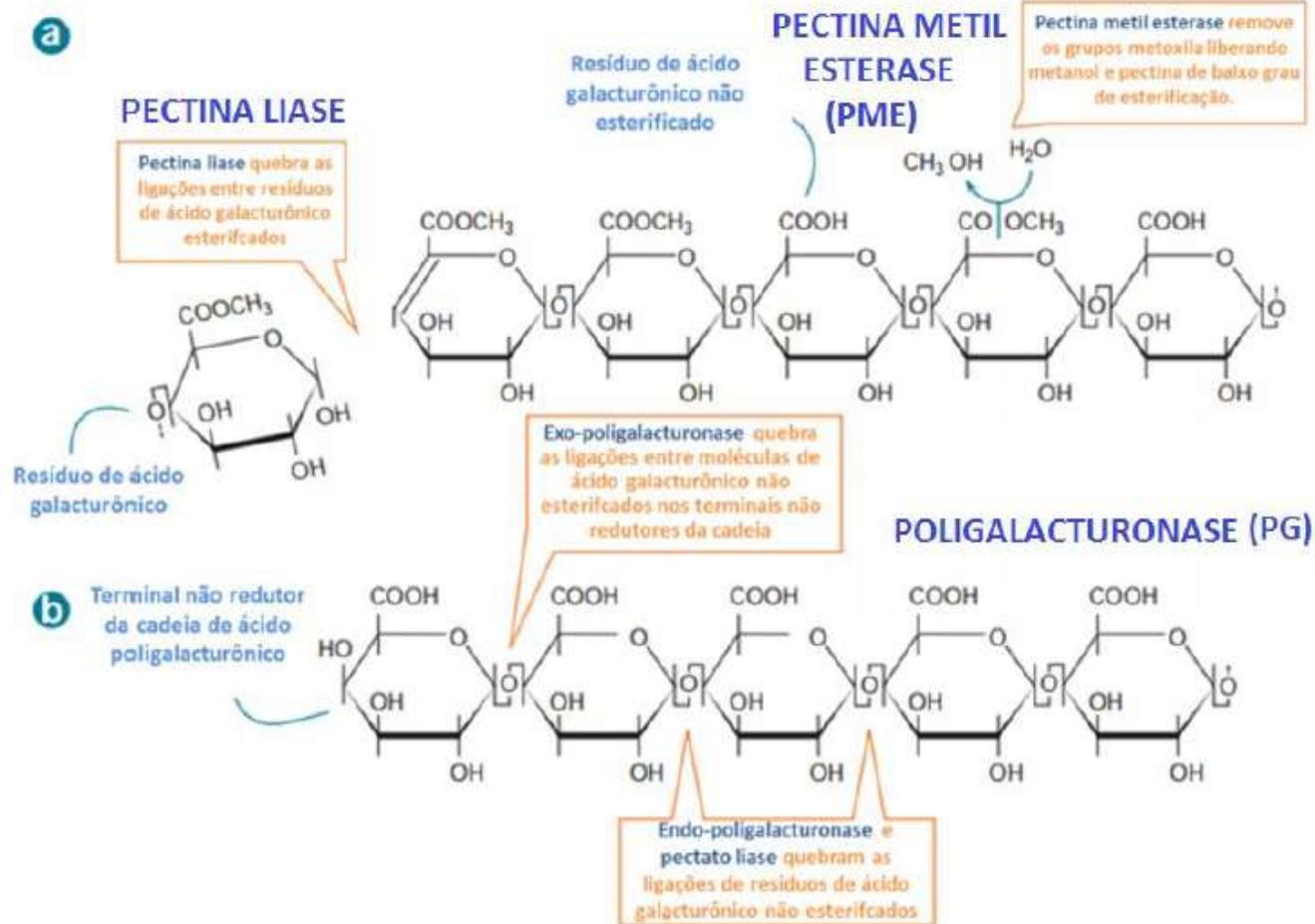
PROTOPECTINA

- **Nos tecidos dos frutos imaturos as pectinas presentes são denominadas de protopectinas;**
- **Nesta condição as protopectinas encontram-se ligadas ao cálcio das paredes celulares formando o pectato de cálcio, o qual é insolúvel em água, e tem a maior parte dos seus grupos carboxílicos esterificados;**
- **A protopectina é abundante em frutas verdes que já tenham atingido o pleno desenvolvimento;**
- **Durante o subsequente amadurecimento, ela é hidrolisada para pectina por ação de enzimas.**

PAREDE CELULAR

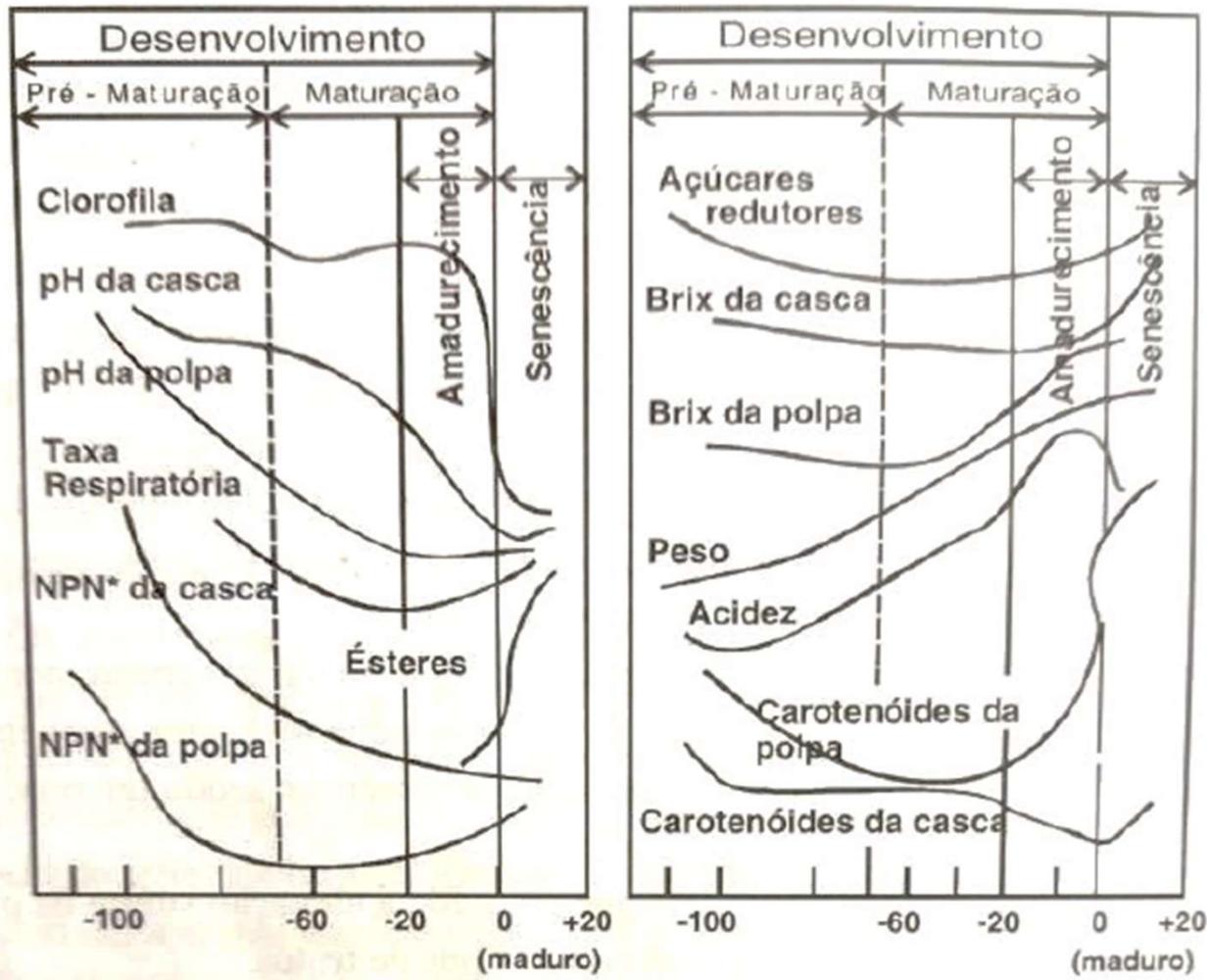


Textura: degradação de pectinas



Mecanismo de ação das enzimas pectinolíticas (NCBE, 2000).

ESTOCAGEM



(Dias a partir do amadurecimento)
 NPN * = nitrogênio não protéico

Transformações das características físico-químicas do abacaxi, desde o florescimento até a senescência (Chitarra, 2005)

ESTOCAGEM

- Estocagem a frio;
- Atmosfera modificada.

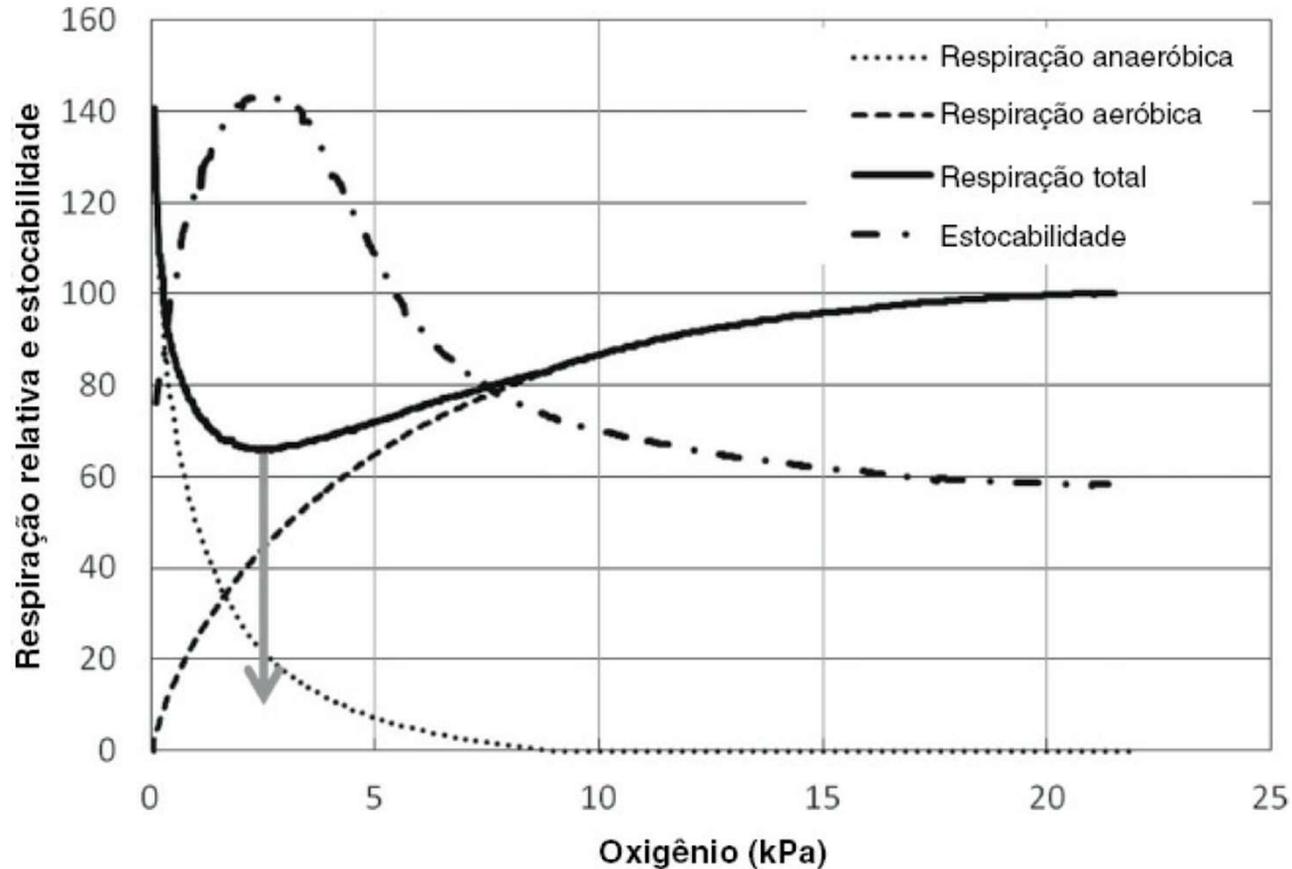
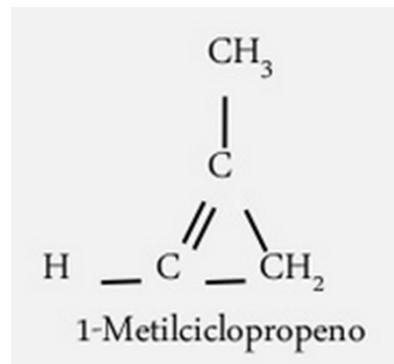


FIGURA 2.15 Efeito da concentração de oxigênio sobre a respiração e ponto de compensação aeróbica (ACP). ACP é a concentração de O_2 na qual a respiração (produção de CO_2) é mínima. De Gasser *et al.* (2008); reproduzido com autorização.

Novos desenvolvimentos no armazenamento pós-colheita

- ♦ presença de etileno na atmosfera do armazenamento.



Aplicação de 1-metilciclopropeno (1-MCP) como tratamento químico pós-colheita

Será disponibilizado material texto na plataforma e-disciplina

Obrigado