



LAN-0415
ALIMENTOS FUNCIONAIS
2019

Brássicas





Dieta x Doenças → há muitos anos na história da medicina” que o alimento seja a tua medicina e que o medicamento seja o teu alimento.”

2500 anos → Hipócrates

Diversos médicos → alimentos aos pacientes: cevada, leite e vegetais

Final séc XX → associação entre dieta e prevenção do câncer



Vegetais Brassicas



- ❖ Gênero: *Brassica*
- ❖ Família: *Brassicaceae* → ex-Cruciferae
- ❖ Acima de 3.700 espécies
- ❖ 340 gêneros
- ❖ As principais são as *Brassica oleracea*
- ❖ Japão – consumo de 20kg/ ano de rabanete
ou 55g / dia

**Brotos, folhas→ brócolis, repolho,
rabanete, couve de bruxelas**



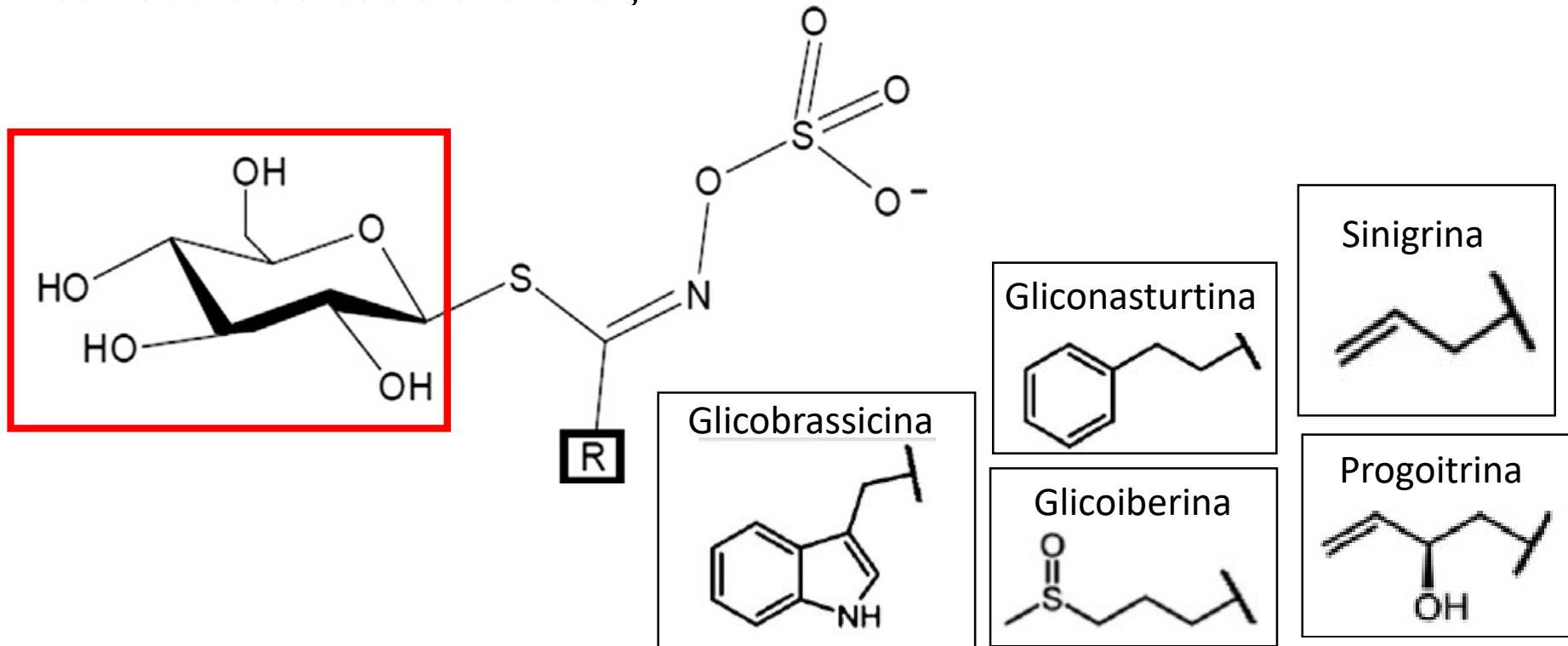
CARACTERÍSTICAS QUÍMICA DAS BRASSICAS:

- 1. Alto teor de glicosinolatos**
- 2. Alimento pouco calórico**
- 3. Fonte de vitaminas, sais e fibras**
- 4. Grande número de fitoquímicos**

As crucíferas são consideradas como um dos únicos alimentos da dieta humana com alto teor de glicosinolatos.

Glicosinolatos ...

- ✓ Metabólitos secundários ricos em enxofre;
- ✓ Variedade de estruturas químicas, devido as modificações na estrutura da cadeia lateral;



81% dos
glicosinolatos



16 tipos diferentes
de glicosinolatos. Como
o brócolis

Glicorafanina
> quantidade

Glicoiberina

Sinigrina

Gliconapina

Glicocalissina

Progoitrina

Glicobrassicina

Gliconasturtina

Neoglicobrassicina

Glucosinolatos

COMPOSTOS QUIMICAMENTE DEFINIDOS:

ESTRUTURA CONTENDO:

β -D-GLICOSE

MOLÉCULA DE ENXOFRE

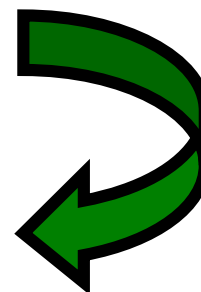
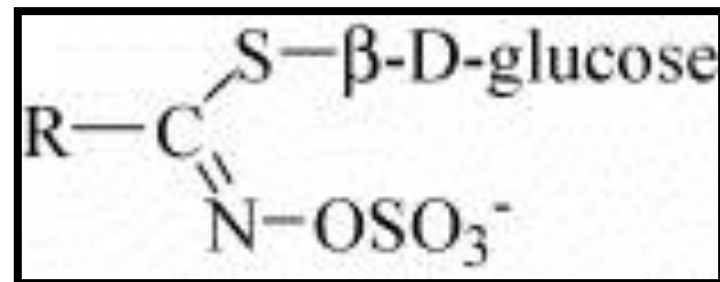
CADEIA LATERAL DERIVADA:

METIONINA

FENILALANINA

TRIPTOFANO

AMINOÁCIDO DE CADEIA RAMIFICADA



Glicosinolatos

GLUCOBRASSICINAS

(brócolis, couve)



**INDOLES
ISOTIOCIANATOS**

GLUCORAFANINAS

(brócolis)



SULFORAFANO

GLUCONASTURTINAS

(agrião)



**FENETIL -
ISOTIOCIANATO**

GLUCOTROPAEOLINAS

(couve)



**BENZIL -
ISOTIOCIANATO**

SINIGRINAS

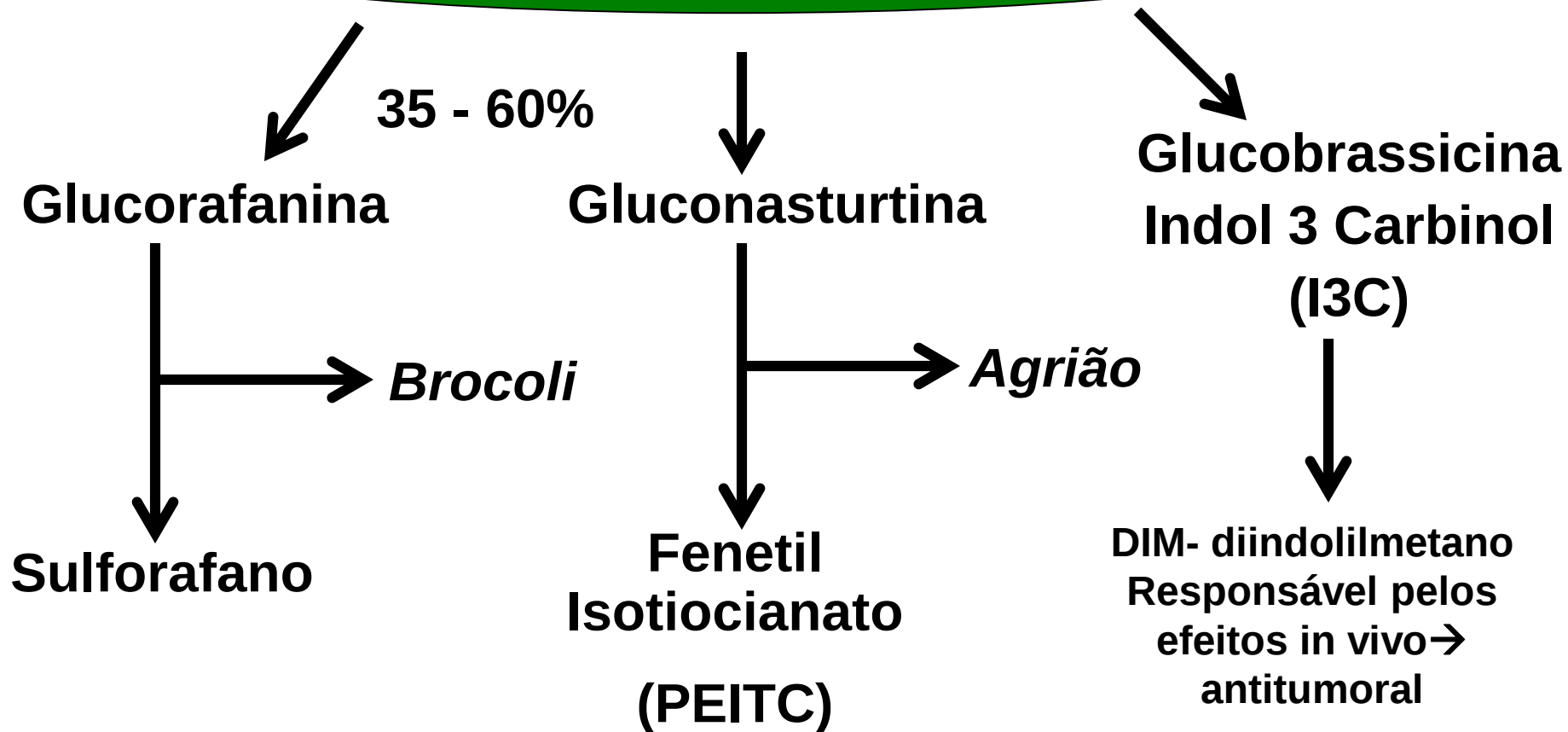
(couve, brócolis, repolho, nabo)



**ALIL -
ISOTIOCIANATO**

Brássicas

Gênero Brássica



Glucosinolatos – Vacúolos Celulares

Mastigação/corte
liberam a enzima
mirosinase



Hidrólise

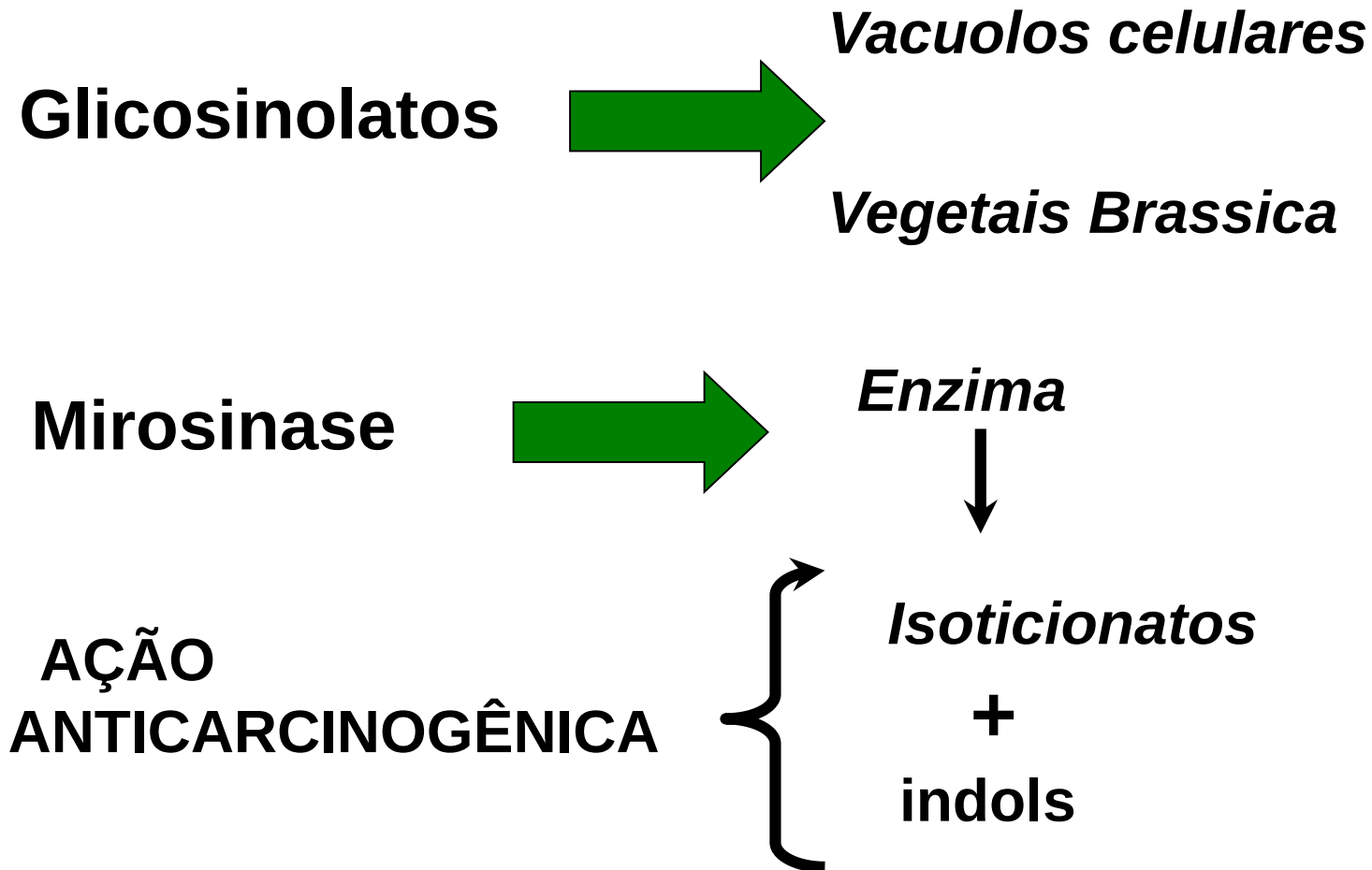
Cozimento



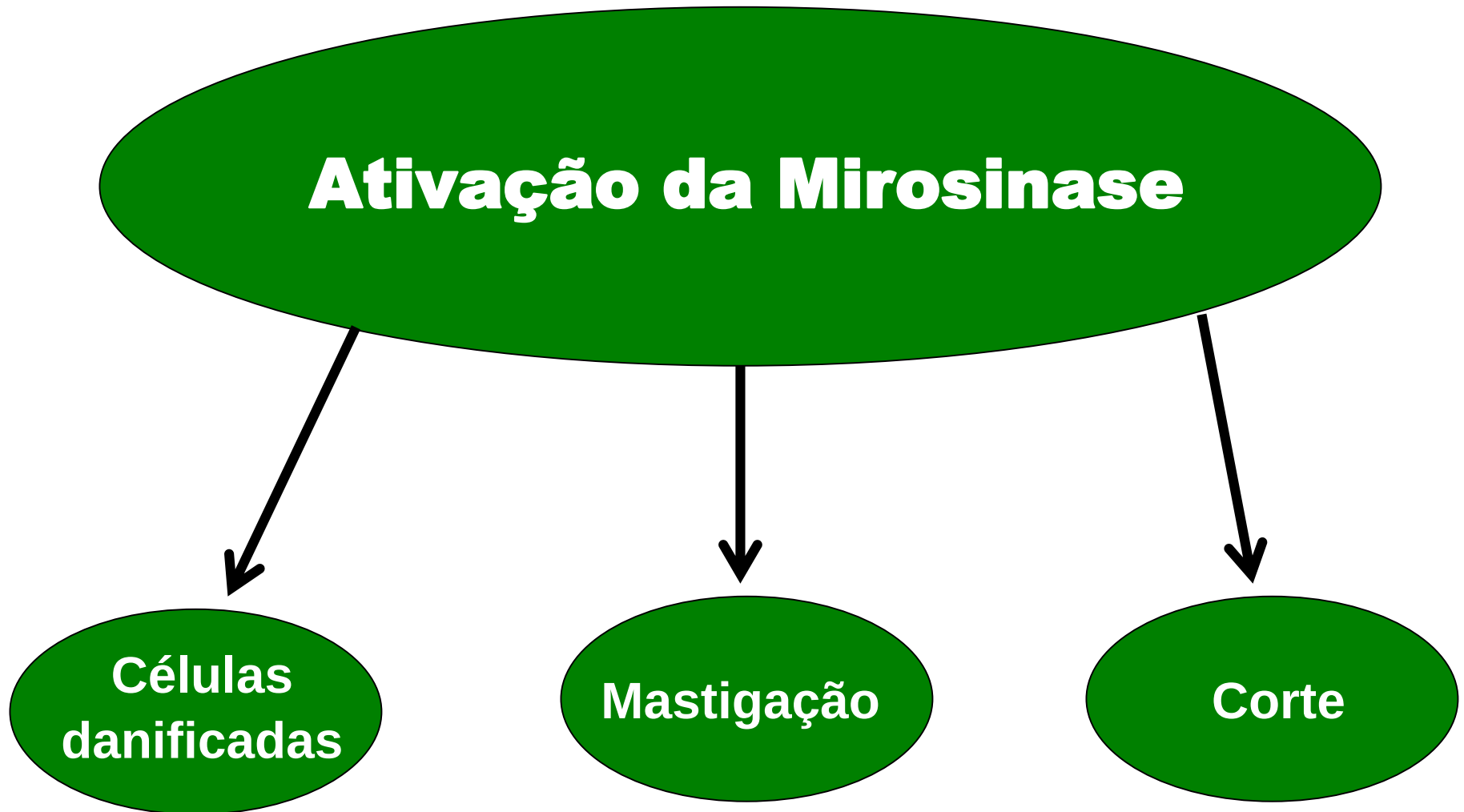
inativa a mirosinase
embora as bactérias
cólicas possam
produzi-la

A biodisponibilidade dos isotiocianatos em brócolis fresco é 3 x maior que no cozido (inativação da mirosinase).

Enzima Mirosinase



Mirosinase



Ativação da Mirosinase

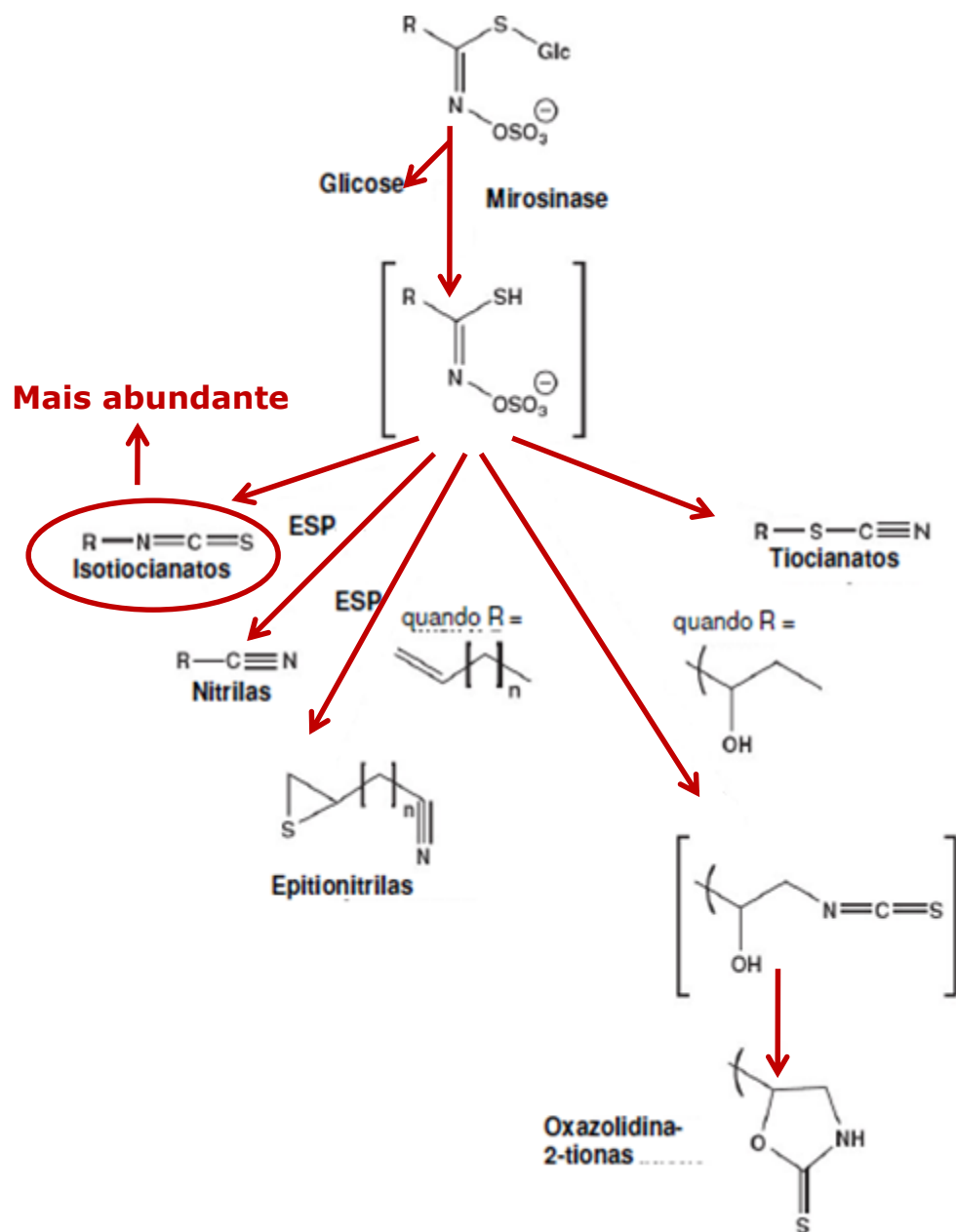
- **Desintegração de glucose**
- **Formação de aglicona instável**
- **Eliminação de sulfatos**

Reações bioquímicas



Formação de compostos

- ☐ Voláteis
- ☐ Reativos
- ☐ Bioativos



(TANIGUSHI, 2007)

Ausência de Mirosinase

Conversão



Ação da microflora



Trato intestinal

Bifidobacterium (*B. pseudocatenulatum*,
B. adolescentis e *B. longum*)

**Cozimento inativa
mirosinase**

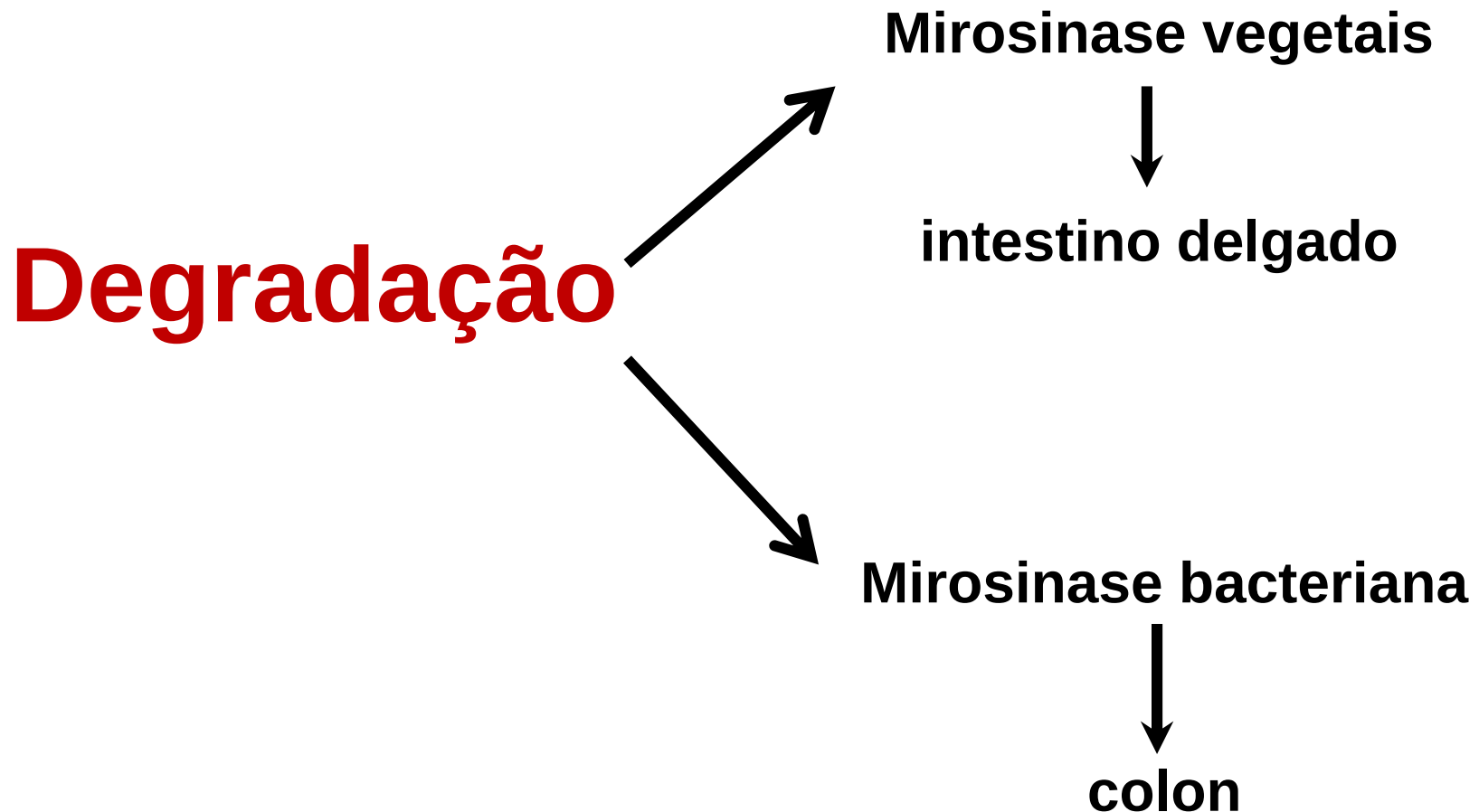


Produção

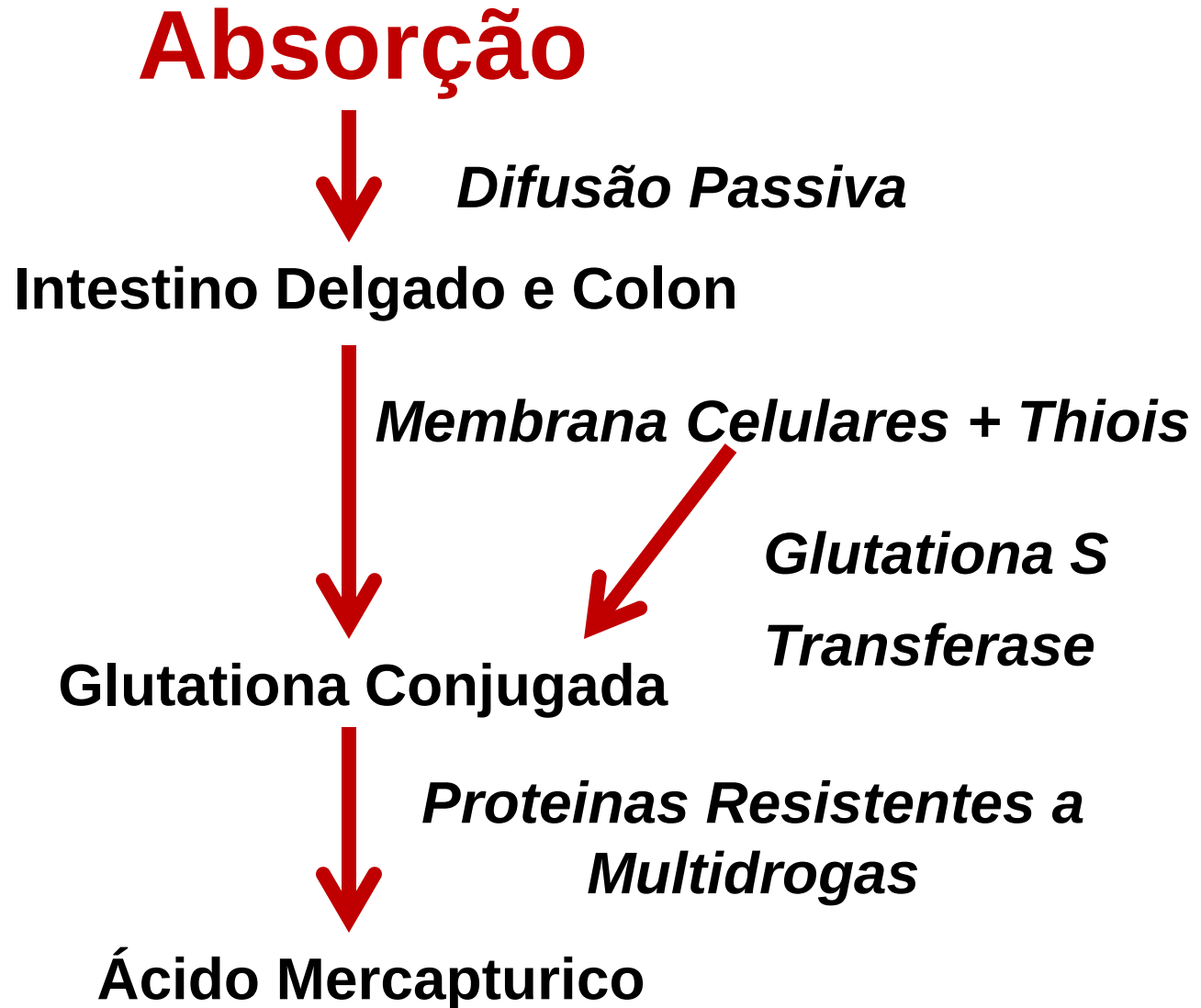


Bactérias cólicas

Metabolismo de Glicosinolatos

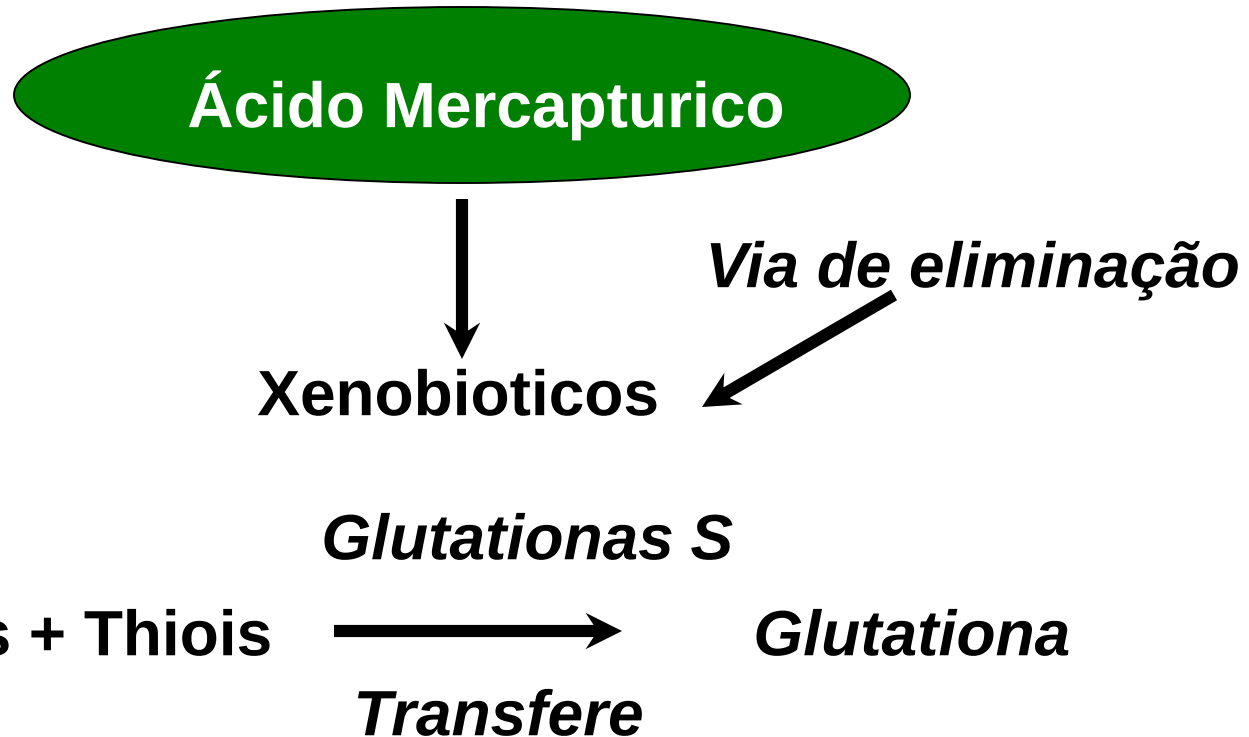


Metabolismo de Glicosinolatos



Excreção dos Isocianatos

- Detectáveis na urina de 2 a 3 horas após consumo
- Rota Primária Metabolismo → Ácido Mercapturico



Excreção dos Isocianatos

Passo seguinte



Quebra

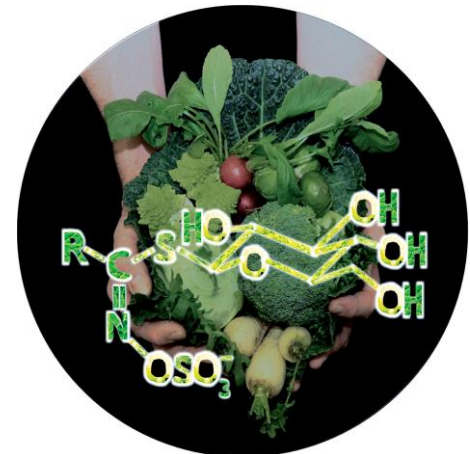
Glutamina + glicina



acetilação

**N acetil - L. cisteina
isocianatos
(Ácido Mercapturico)**

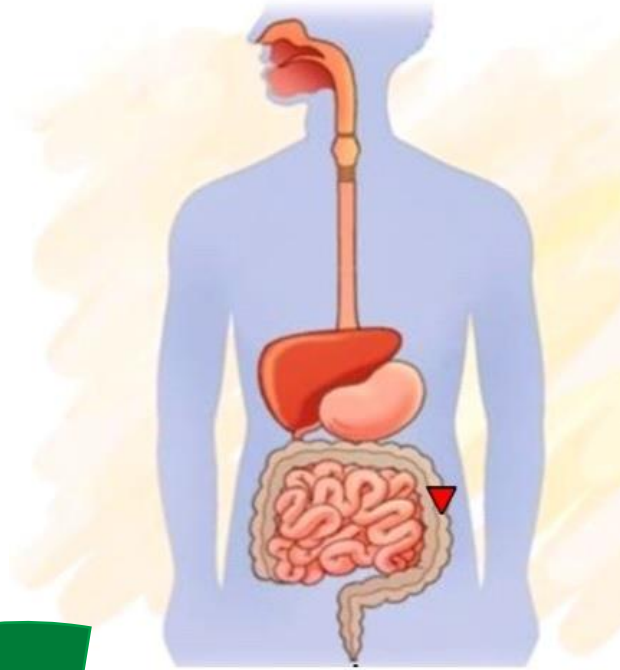
Compostos biologicamente inativos...



Compostos biologicamente inativos...

Glicosinolatos

Inativos



Efeitos benéficos à saúde

Produtos de
hidrólise

Ativos

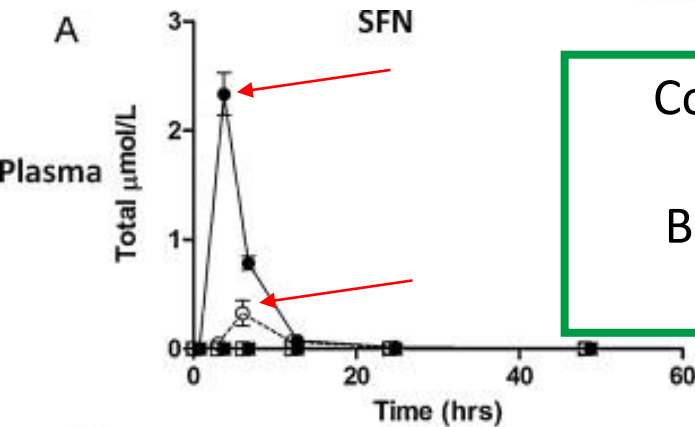
Bifidobacterium
(*B. pseudocatenulatum*, *B. adolescentis* e *B. longum*)
Lactobacillus agilis
Enterococcus casseliflavus
Escherichia coli

Luang-In et al. 2014

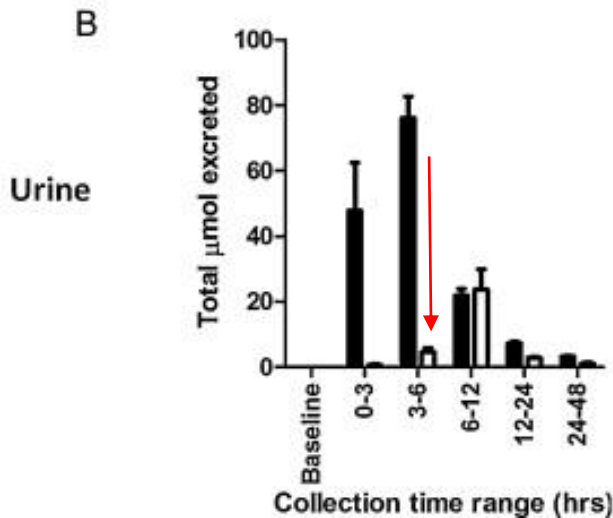
Suplementação ?



Suplementação ?



Consumo de brócolis teve biodisponibilidade mais elevada do que um suplemento
Brotos de brócolis $\rightarrow$ [plasmáticas] 7 vezes maior
Urina $\rightarrow$ 5 vezes maior



Motivo: mirosinase

Importante: Cozimento e processamento!!

Esses processos podem influenciar na produção dos compostos biologicamente ativos → a melhor forma para o cozimento e processamento dos alimentos.

Melhor forma para o cozimento e processamento dos alimentos, uma vez que processamento culinário é a fonte de uma série de alterações bioquímicas e físicas complexas, modificando os componentes fitoquímicos de vegetais, resultando em alterações nutricionais

Métodos de cocção ...



- ✓ Sensibilidade à altas temperaturas;
- ✓ Inativação da mirosinase;
- ✓ Polares → lixiviação; utilizar a água de cozimento para preparar outros alimentos
- ✓ *Modo de preparo destes alimentos é fator determinante no melhor aproveitamento destes compostos

STOP

20
50-76
Tiwar

utos
perda
t al. 2016





- ✓ Calor + cozimento água → modificação de atividade enzimática e degradação
- ✓ Lixiviação significativa de glicosinolatos (80% das perdas);
- ✓ Aproveitamento da água de cozimento → sopas
- ✓ Glicosinolatos alifáticos e indol;
- ✓ Correlação entre perdas em glicosinolatos e tempo de cozimento;
- ✓ Inativação da mirosinase → **> 3 minutos** (Tiwari et al. 2015)





- ✓ Menores perdas dos compostos
- ✓ 2 ou 5 minutos → maior taxa de retenção dos compostos;
- ✓ Casos de aumento no conteúdo desses compostos (à vapor);
- ✓ Não ocorre lixiviação;
- ✓ Calor → desintegração celular;
- ✓ Melhor: cozimento à vapor;
- ✓ Tempo ideal: 2-3 minutos!



Comprar congelado?



Coleta



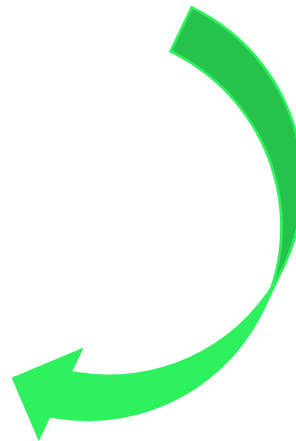
Branqueamento



Congelamento

Perda significativa
Inativação da mirosinase

Fazer o processo utilizando
vapor
Redução da lixiviação



Principalmente
Glicorafanina

Armazenamento ...



Temperatura
ambiente
(12 e 22 °C)

**Não houve
diminuição
significativa
7 dias**



4–8 °C

**Redução
3 dias → pequenas
7 dias → 11-27%**



-85 °C

**Redução
33%**



Elevada produção de resíduos
Folhas + caule → 70% do peso total do brócolis

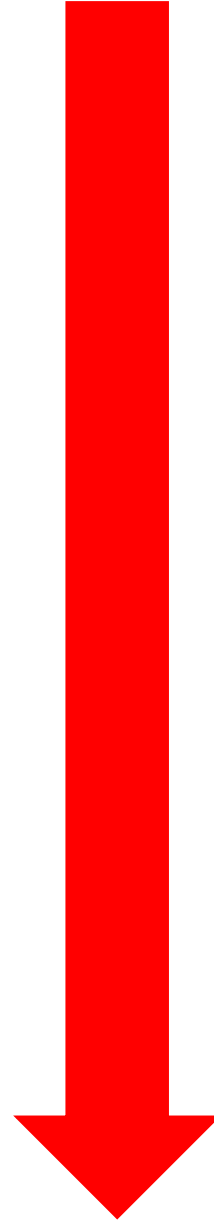
Composição bioativa semelhante

Inflorescências → 585 $\mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca
Folhas → 420 $\mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca
Caules → 229 $\mu\text{g g}^{-1}$ de matéria seca





Redução do risco ...



Doenças
Cardiovasculares

Demência

Degeneração
macular

Diabetes tipo II

Obesidade

Câncer

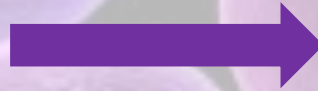


Relatório Mundial do Câncer 2014
22 milhões nos próximos 20 anos



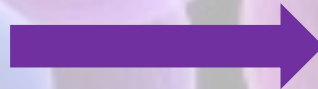
Surgimento ...

**Proliferação e
diferenciação**



Sobrevivência

Transtornos



**Distúrbios no
crescimento e
diferenciação**



**Proliferação
descontrolada**

Câncer ...

Acúmulo de diversas
mutações



→ Crescimento desordenado (maligno) de células
que invadem os tecidos e órgãos

→ Espalhar (metástase) para outras regiões
do corpo através de vasos linfáticos e sanguíneos

Carcinogênese ou oncogênese

- Iniciação
- Promoção
- Progressão

Câncer ...

Fases

Iniciação: processo irreversível onde ocorrem as mutações

Enzima de Fase II podem promover a desintoxicação

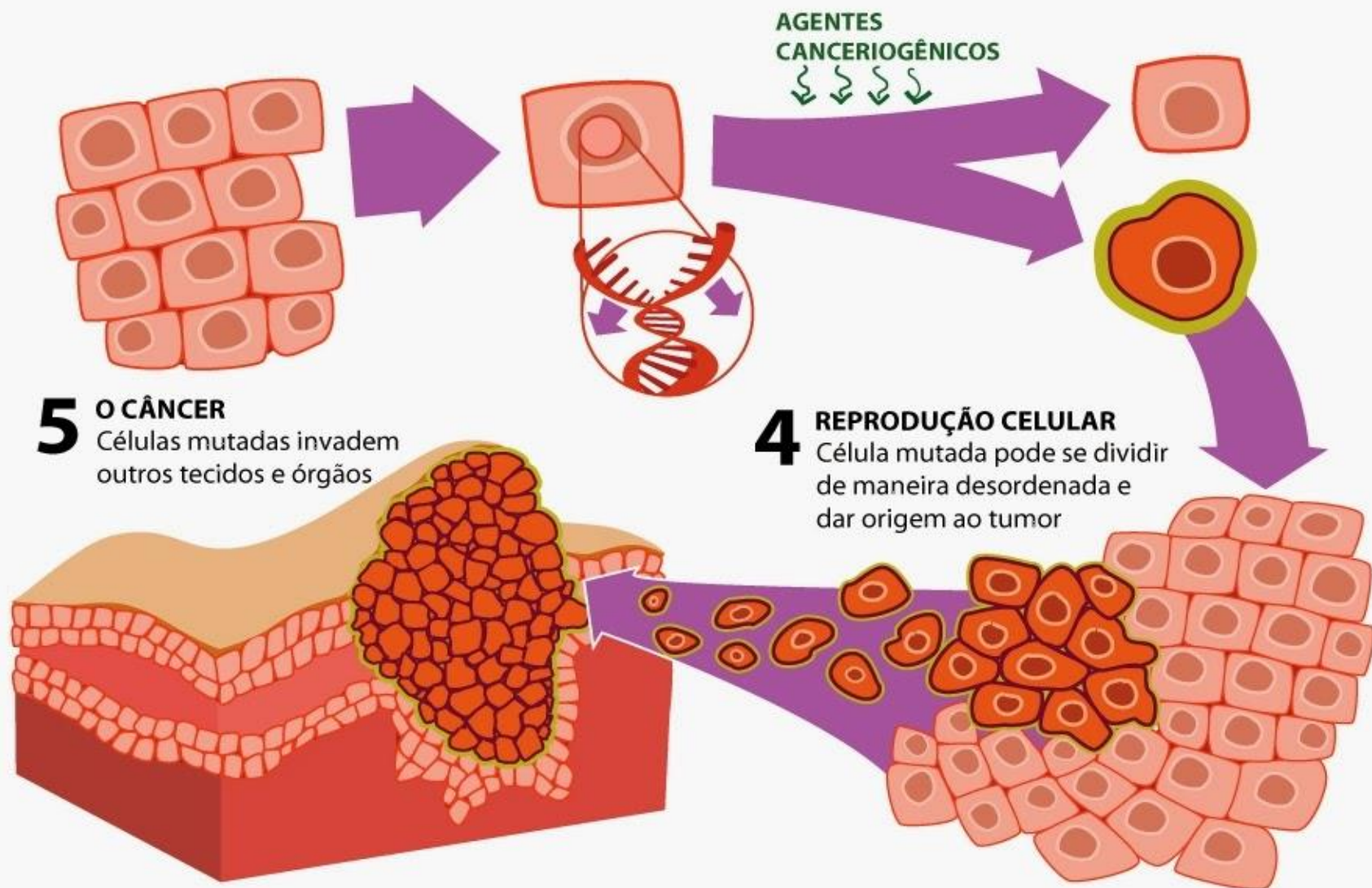
Promoção: células já sofreram modificações → malignas fase reversível e lenta

Progressão: câncer instalado manifestações clínicas

1 CÉLULAS NORMAIS
Formam tecidos e órgãos

2 DIVISÃO CELULAR
Células normais crescem, se reproduzem (duplicação de DNA) e morrem

3 CÉLULA MUTADA
Célula normal pode sofrer alteração no material genético (DNA)



“Hallmarks” do câncer...



Causa?



Ex



ternas

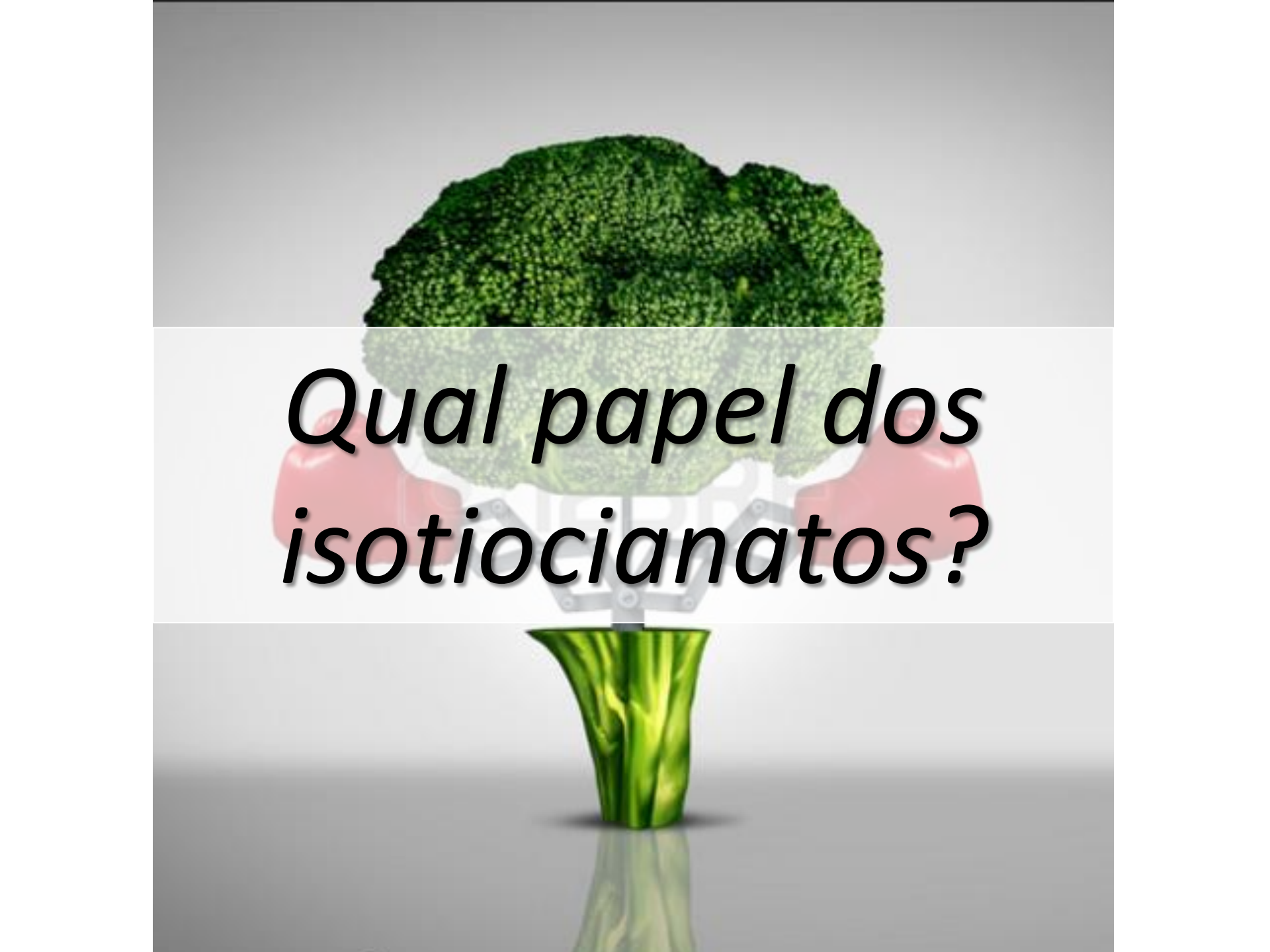


genômicas ou
comótiões



de vida





*Qual papel dos
isotiocianatos?*

Mecanismo de ação ...

- ✓ Primeiros estudos: 1960 e 1970;
- ✓ Atuam em diferentes vias;

Inibição da
proliferação

Paralisação
do ciclo
celular

Apoptose

Enzimas
citoprotetoras

Indução da
autofagia



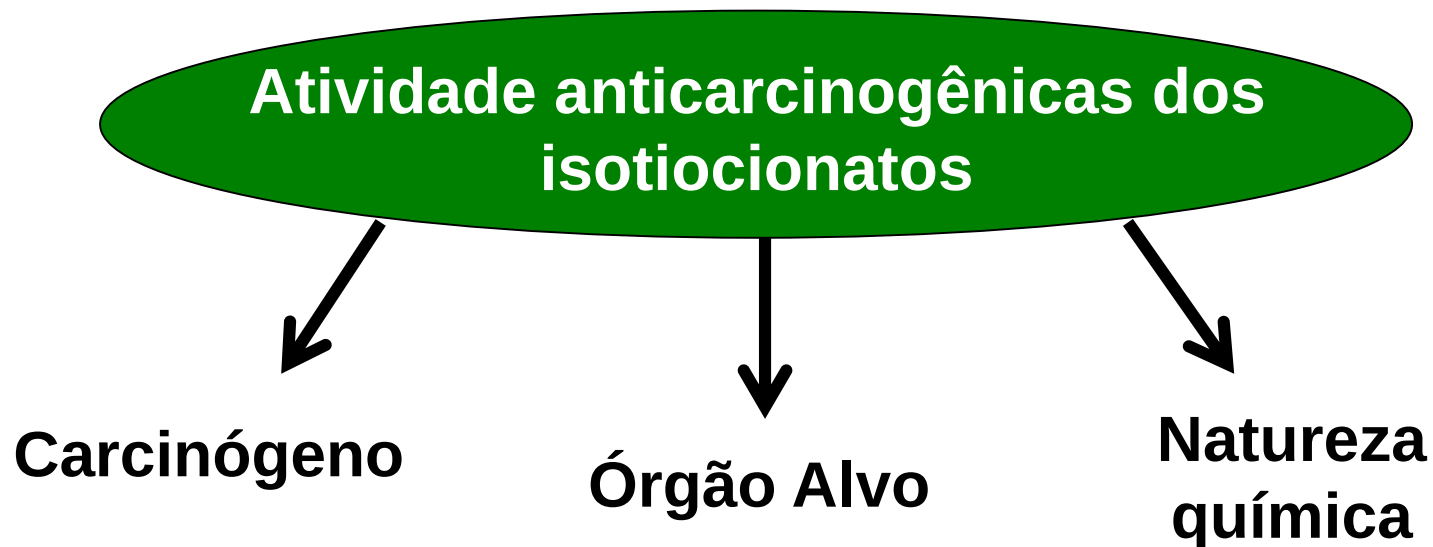
Atividade anti-
inflamatória

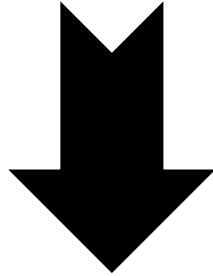
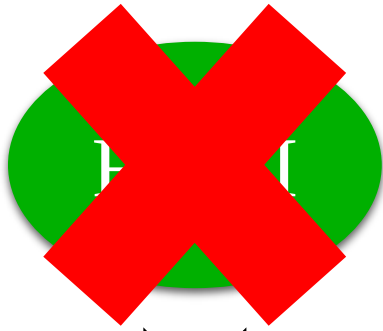
Potencial anti-
angiogênico

Potencial anti-
metástase

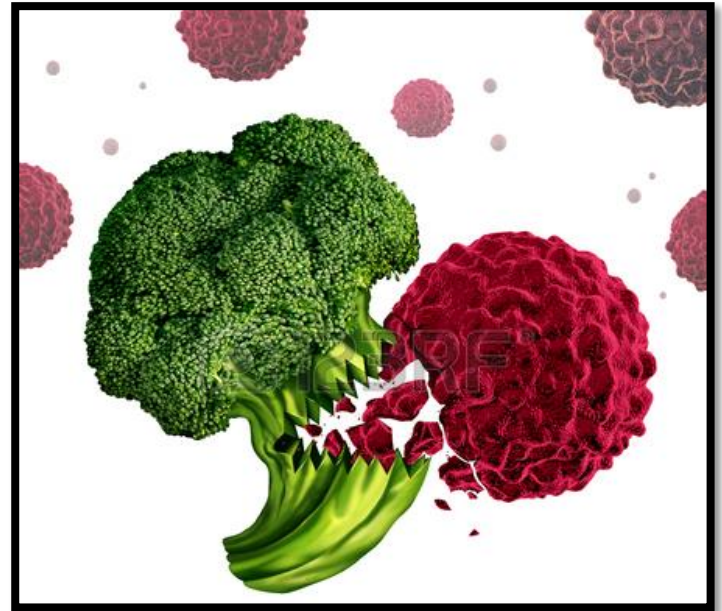
Mecanismo de Inibição da Carcinogênese

- Bloqueio da ativação metabólica → alteração de enzimas envolvidas.
- Indução da enzima de detoxificação
- Indução Apoptose.





Oxidação de compostos
polares → produtos
intermediários reativos →
danos ao DNA



Mecanismo de ação ...



Sulforafano

modulação das
enzimas de
fase I e II

Conversão de espécies
reativas de oxigênio
em metabólitos inativos

expressão de 500 genes
que codificam a metabolização
de drogas e respostas
antioxidantes e anti-inflamatórias

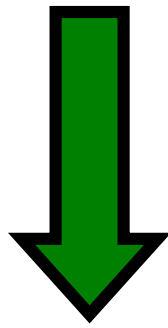
**Via do
Nrf2**

Glutathione-S-transferase

Mecanismo de Ação

MODULAÇÃO DA ATIVIDADE:

ENZIMAS DA FASE I E II



DESTAQUE

**PAPEL NA DETOXIFICAÇÃO DO
AGENTE CARCINOGENÉTICO
INIBIÇÃO DA FASE I**



**ATIVAÇÃO
METABÓLICA**

Principais Linhas de Defesa

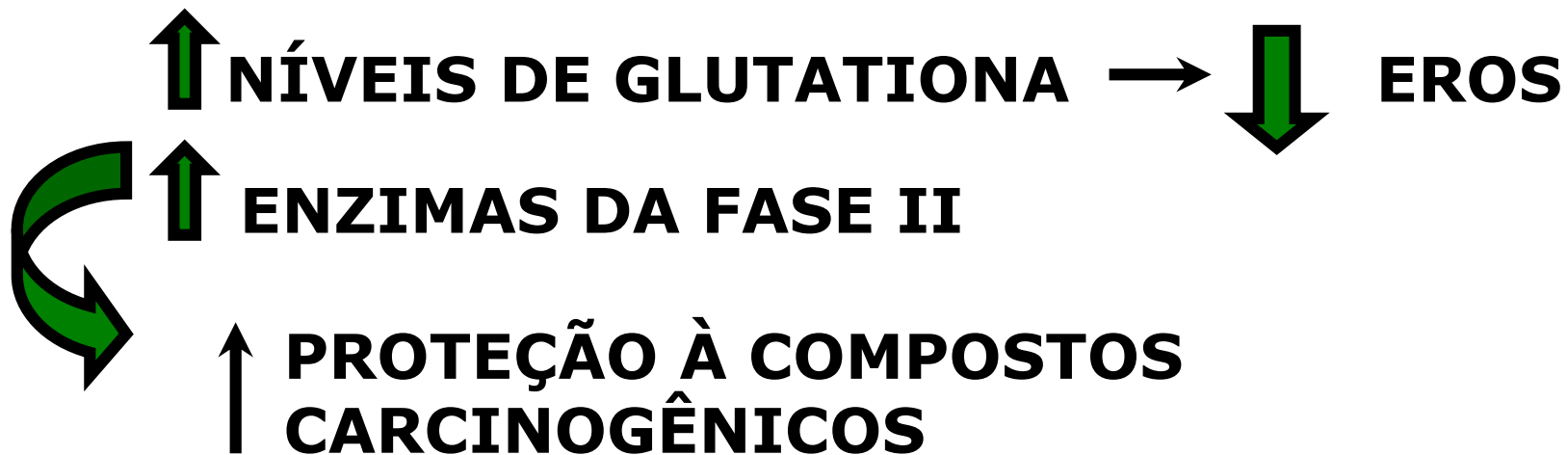
ENZIMAS DA FASE II:

GLUTATIONA TRANSFERASE

EPÓXIDO REDUTASE

GLUCORONOSIL TRANSFERASE

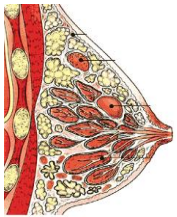
ALDEÍDO TRANSFERASE



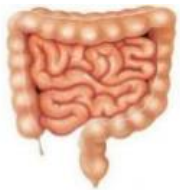
Diferentes tipos de câncer...



Indol-3-carbinol e fenetil isotiocianato



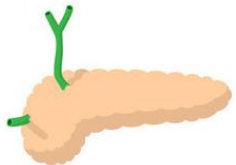
*Fenetil isotiocianatos, benzil isotiocianatos,
indol-3-carbinol e sulforafano*



Brassinina e sulforafano



*Sulforafano, fenetil isotiocianato, benzil isotiocianatos,
erucina e alil isotiocianato*



Sulforafano

Conclusões ...

- 
- ✓ Compostos presentes majoritariamente nas brássicas;
 - ✓ Necessitam ser convertidos em isotiocianatos;
 - ✓ Processos de fermento e mastigação + mirosinase;
 - ✓ Preparação → indispensável;
 - ✓ Prevenção de vários tipos de câncer;