

# VITAMINE

Molti enzimi richiedono per la loro funzione catalitica un cofattore non proteico, costituito o da una molecola organica (coenzima) o da un componente inorganico (ione metallico).

## **COFATTORE**

- partecipa direttamente alla catalisi
- serve come trasportatore di un gruppo funzionale

I coenzimi derivano dalle vitamine. Le vitamine sono richieste nella dieta in mg o  $\mu\text{g}$ . Oggi si conoscono 14 vitamine.

Sono divise in 2 classi:

### ***idrosolubili:***

tiamina (B1), riboflavina (B2), acido nicotinico (B3), acido pantotenico, piridossina (B6), biotina, acido folico, vit. B12, acido ascorbico (C)

### ***liposolubili:***

A, D, E, F, K

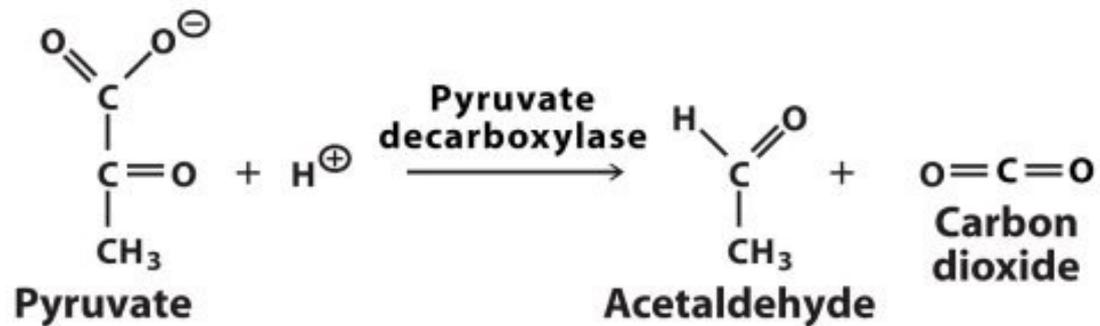
# TIAMINA (B1)

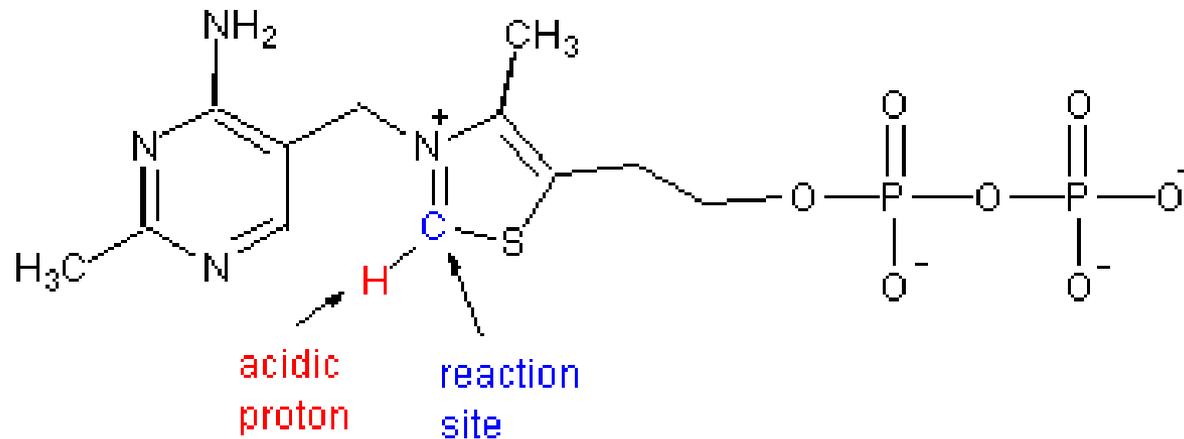
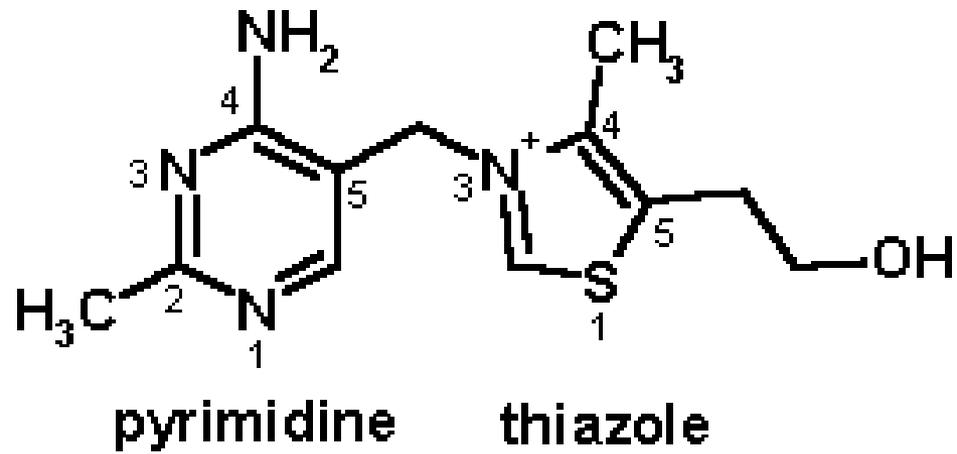
È necessaria nella dieta della maggior parte dei vertebrati.

Fonti: Le più importanti fonti di vitamina B1 sono rappresentate dai cereali integrali e dai prodotti derivati dalle loro farine (pasta, riso, pane e prodotti da forno di vario tipo, ma sempre integrali), dal germe di grano, dal lievito di birra e dalla carne di maiale, seguiti dal pesce di mare e d'acqua dolce (tonno, trota ecc.) e da altri prodotti ittici (cozze ecc.).

# TIAMINA (B1)

Nei tessuti animali è presente come tiamina pirofosfato (TPP), la sua forma coenzimatica. Funziona come coenzima nelle reazioni di decarbossilazione del piruvato e dell' $\alpha$ -chetoglutarato (ciclo di Krebs) e nella reazione transchetolasica (via dei pentoso fosfati). Le reazioni di decarbossilazione ossidativa del piruvato e dell' $\alpha$ -chetoglutarato hanno un ruolo cruciale nel metabolismo energetico e sono molto importanti per i tessuti del sistema nervoso. La transchetolasi, invece, catalizza il trasferimento di un gruppo aldeidico da un donatore ad un accettore.





**Coenzima: Tiamina pirofosfato (TPP)**

## Carenza di tiamina:

La tiamina è poco immagazzinata nell'organismo, per cui la sua mancanza nella dieta dà problemi metabolici, in particolare a livello del metabolismo dei carboidrati. Diminuzione della produzione di ATP e conseguente compromissione delle funzioni cellulari.

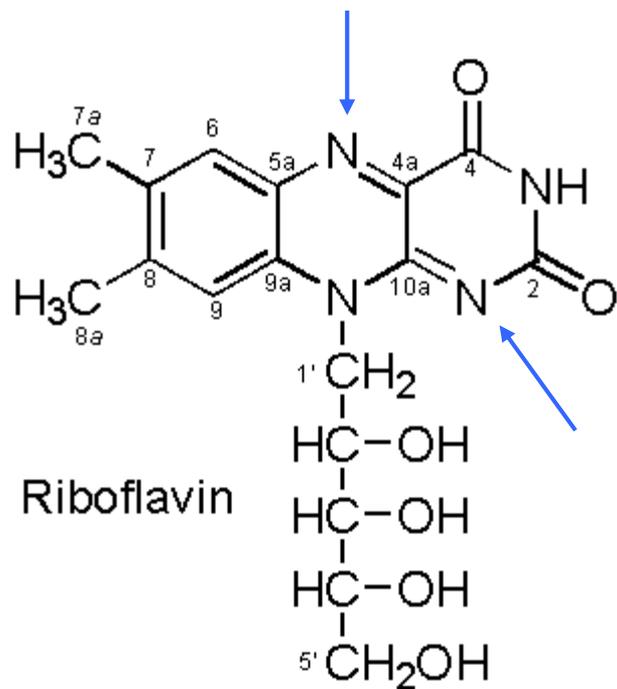
La carenza cronica di tiamina provoca alterazioni del sistema nervoso accompagnate anche da problemi cardiovascolari e gastrointestinali che vanno sotto il nome di **beri-beri** (problema ancora presente in alcune popolazioni dell'Asia Orientale facenti uso di riso brillato). Altre sindromi da carenza di tiamina sono particolarmente diffuse tra gli alcolisti, in quanto l'assunzione di alcool fa diminuire l'assorbimento di questa vitamina.

## RIBOFLAVINA ( B2)

Fonti: latte e i suoi derivati, uova, lievito di birra, vegetali a foglia verde e fegato.

È un componente di 2 coenzimi: flavin mononucleotide (**FMN**) e flavin adenin dinucleotide (**FAD**). Funzionano come gruppi prostetici saldamente legati di una classe di proteine note come flavo-proteine o flavin deidrogenasi. Funziona come trasportatore di una coppia di atomi di idrogeno rimossi dalla molecola di substrato.

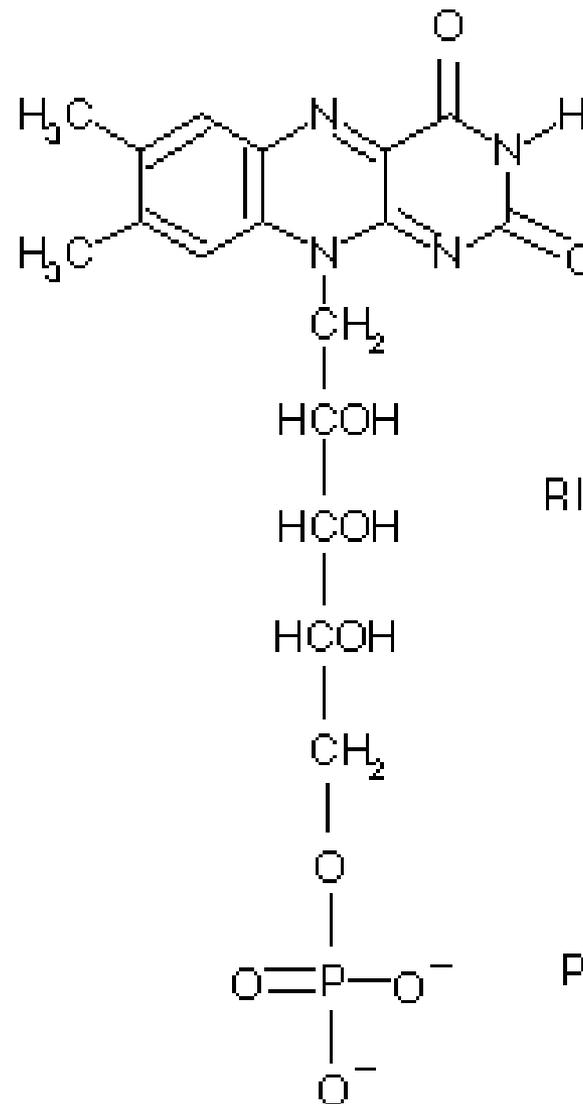
La riboflavina è coinvolta in reazioni metaboliche che possono riguardare anche altre vitamine. Di conseguenza una carenza di riboflavina può portare ad una carenza di altre vitamine.



Riboflavin

## RIBOFLAVINA

Gli atomi di azoto 1 e 5 legano gli idrogeni in  $\text{FMNH}_2$

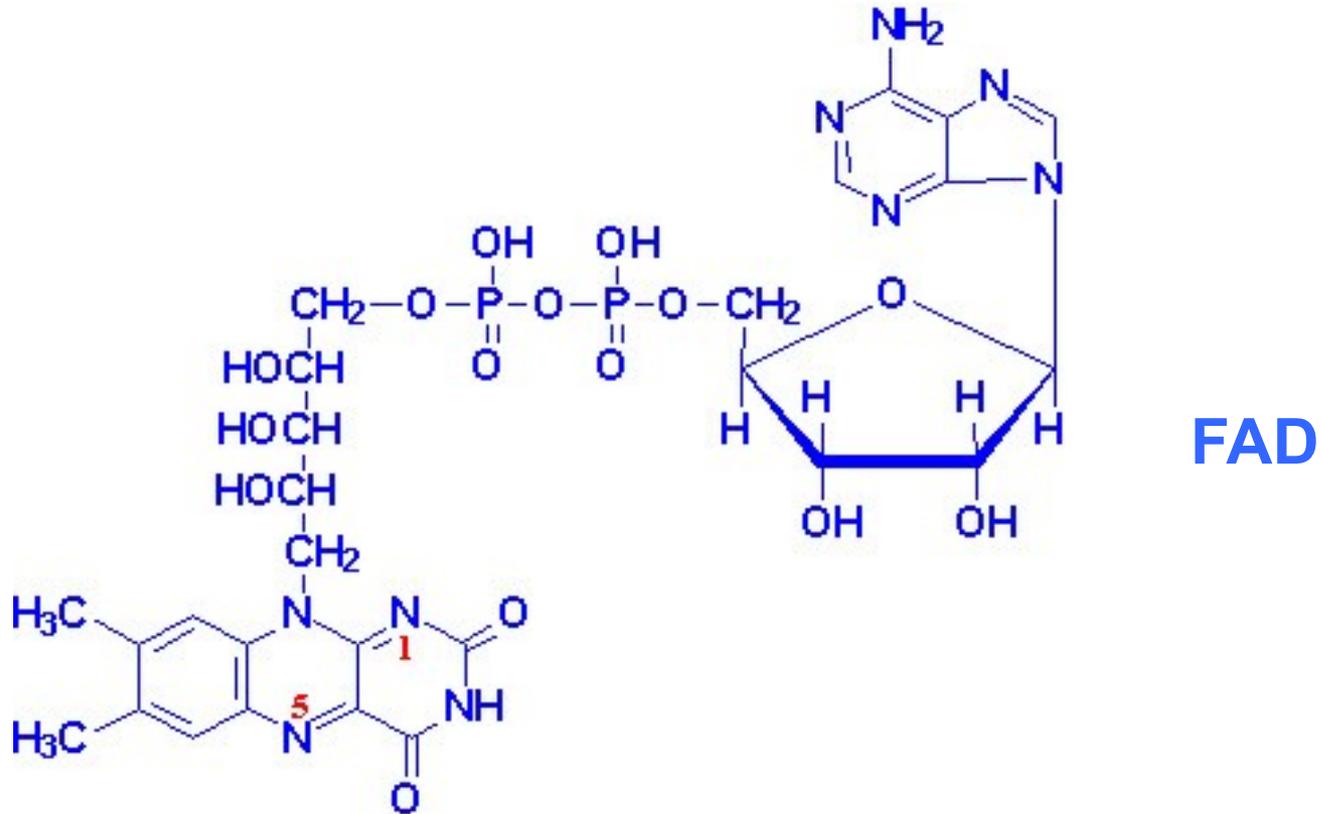


ISOALLOXAZINE

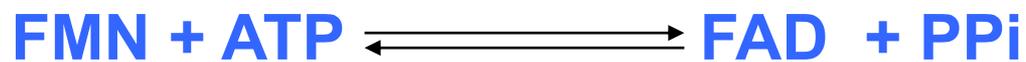
RIBITOL

PHOSPHATE

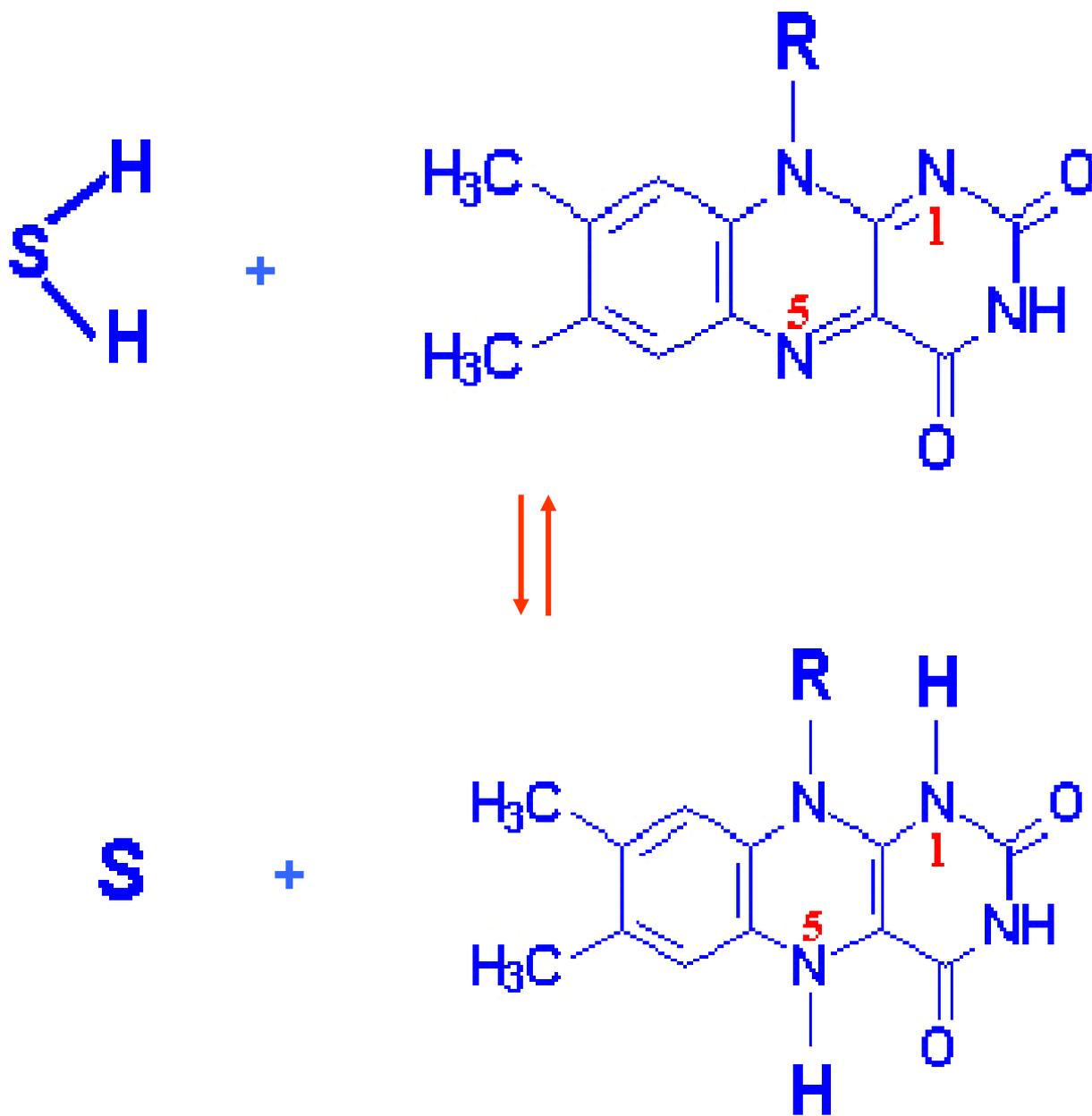
## FMN



Gli atomi di azoto 1 e 5 legano gli idrogeni in  $\text{FADH}_2$



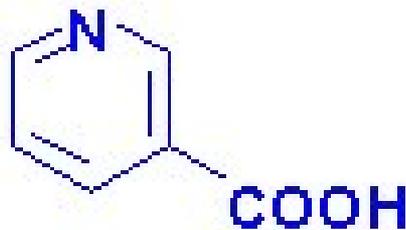
I coenzimi FAD e FMN sono noti come nucleotidi flavinici



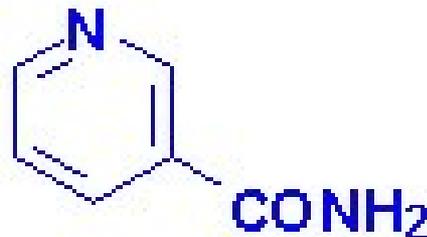
# NIACINA (B3 o PP)

Fonti: carne, pesce, uova, molti vegetali, funghi, noci.

Niacina: acido nicotinico e nicotinammide. La nicotinammide è un componente dei due coenzimi nicotinammide adenin dinucleotide (**NAD**) e nicotinammide adenin dinucleotide fosfato (**NADP**). Questi coenzimi si trovano in forma ossidata (**NAD<sup>+</sup>** e **NADP<sup>+</sup>**) e ridotta (**NADH** e **NADPH**). La nicotinammide serve come trasportatore di uno ione idruro che è rimosso da una molecola di substrato mediante l'azione di deidrogenasi. Si conoscono molte deidrogenasi; alcune richiedono NAD e altre NADP. Questi coenzimi si legano debolmente all'enzima e diffondono facilmente da un enzima ad un altro, funzionando come trasportatori di elettroni da un metabolita ad un altro.



**Ac. nicotinico**

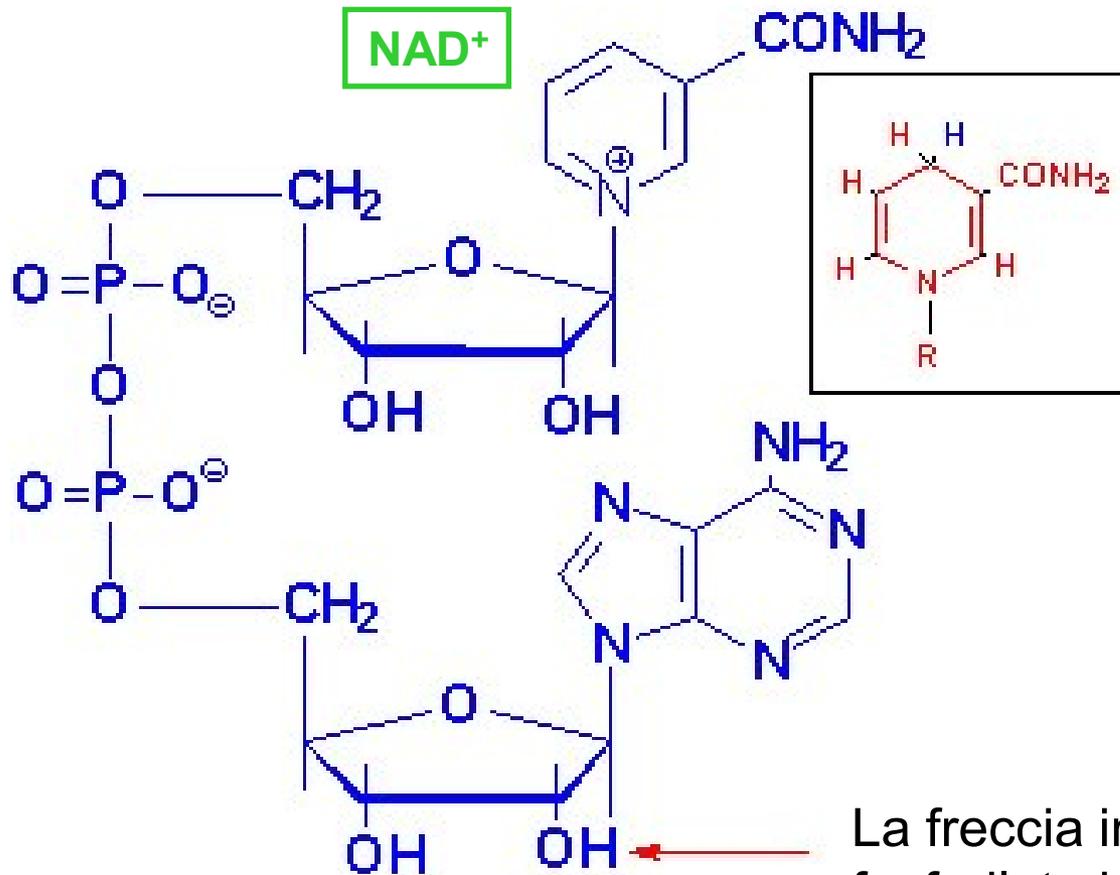


**nicotinammide**

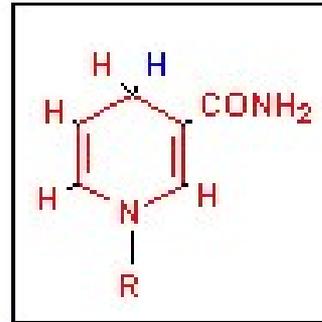
**NIACINA**

La sua deficienza nella dieta causa una malattia nota come **pellagra**, che riguarda la pelle, il tratto gastrointestinale e il SNC. I sintomi della pellagra si succedono in progressione: dermatite, diarrea, demenza. Se non viene curata porta a morte. La malattia è stata praticamente sconfitta nelle popolazioni del mondo sviluppato. Può presentarsi negli alcolisti.

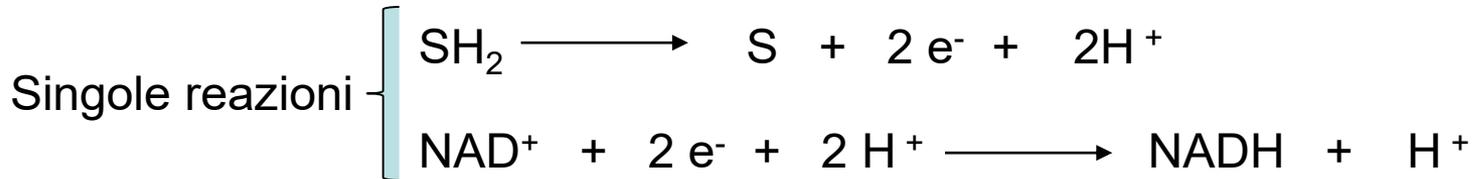
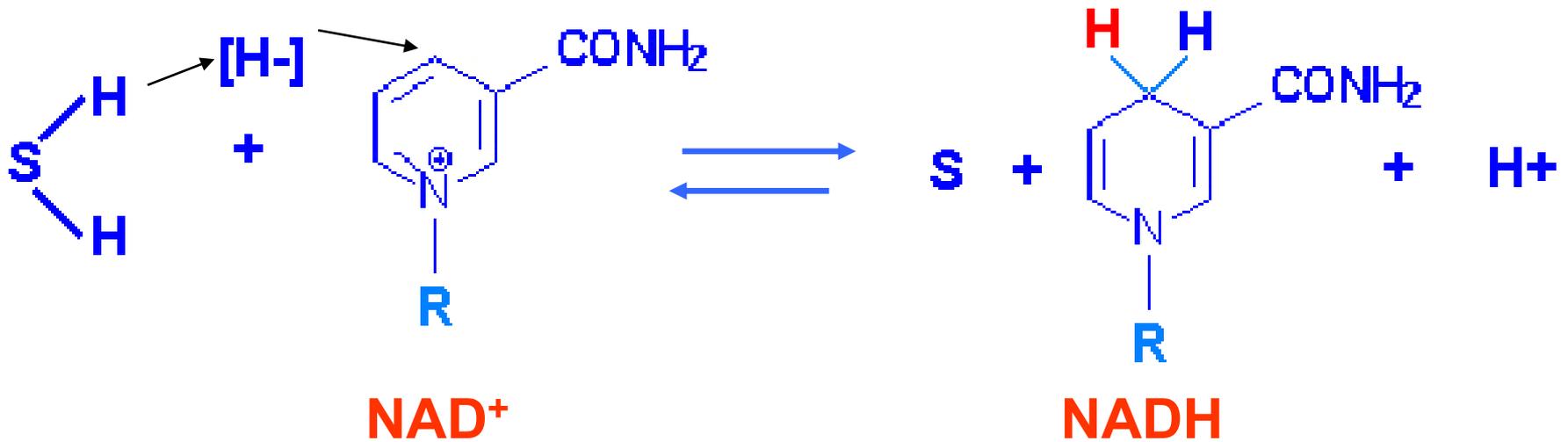
# nicotinamide adenin dinucleotide



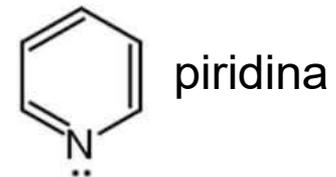
Nel box **NADH**



La freccia indica l'ossidrile che è fosforilato in **NADP<sup>+</sup>**



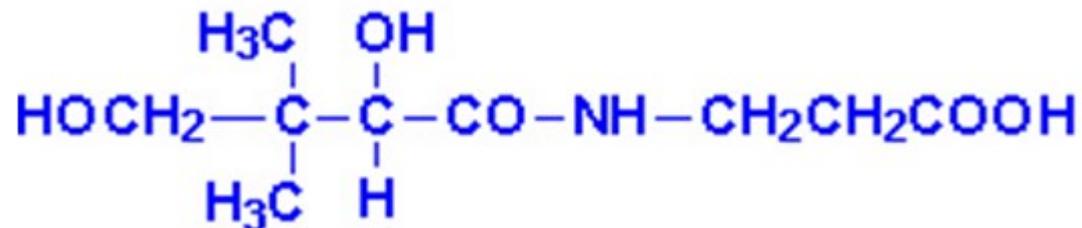
**I coenzimi NAD e NADP sono noti  
come nucleotidi piridinici**



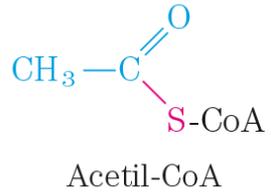
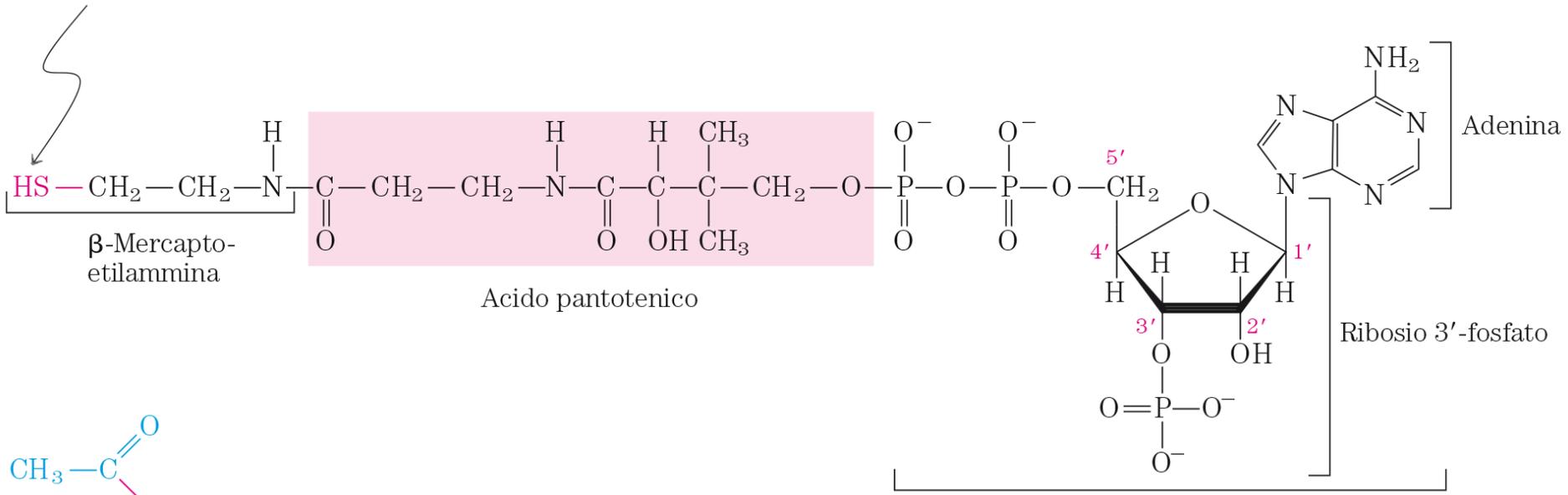
# ACIDO PANTOTENICO (B5)

Fonti: legumi, frattaglie, tuorlo d'uovo, funghi, lievito di birra e fegato.

È stato trovato in tutte le piante e tessuti animali e anche in alcuni microorganismi. E' un componente del coenzima A (CoA o CoA-SH) che è un trasportatore transitorio di gruppi acili. La molecola di CoA ha un gruppo -SH a cui si legano covalentemente i gruppi acili per formare tioesteri durante le reazioni di trasferimento. L'acido pantotenico è molto diffuso in natura. Non è possibile avere un quadro preciso degli effetti della sua carenza perché si accompagnano a stati di denutrizione e di ipovitaminosi.



Gruppo tiolico reattivo



### Coenzima A

3'-Fosfoadenosina difosfato

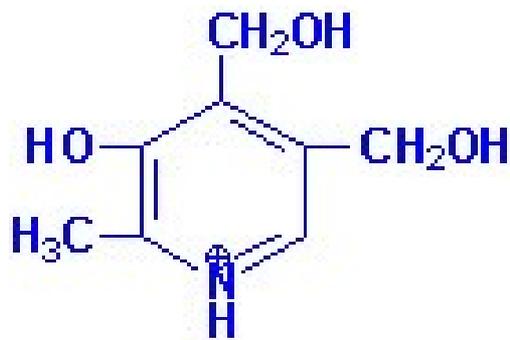
Ribosio 3'-fosfato

Adenina

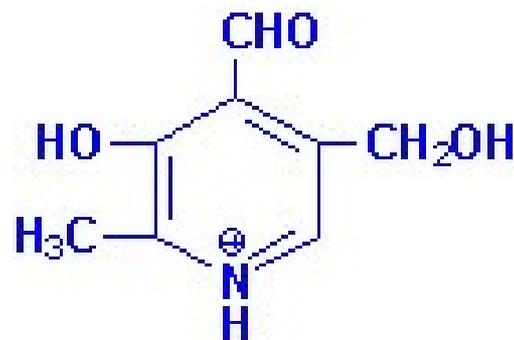
# PIRIDOSSINA (B6)

Fonti: cereali, farine integrali, lenticchie, latte, avocado, frutta secca, peperoni, spinaci, broccoli.

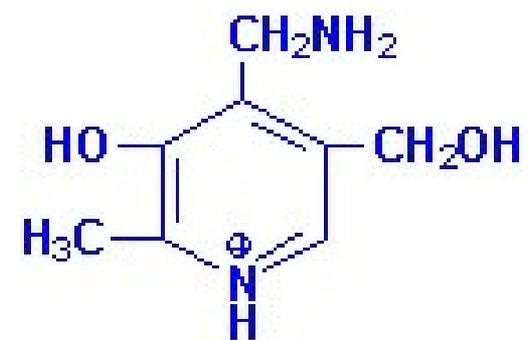
È un gruppo di molecole: piridossina (piante), piridossale e piridossammina (alimenti origine animale), tutti derivati della piridina e facilmente interconvertibili biologicamente. La forma attiva è il piridossal fosfato (si trova anche nella sua forma amminica, piridossammina fosfato). Serve come gruppo prostetico covalentemente legato di molti enzimi che catalizzano reazioni in cui intervengono amminoacidi. Funzionano da trasportatori intermedi di gruppi amminici. La carenza di vitamina B6 è rara.



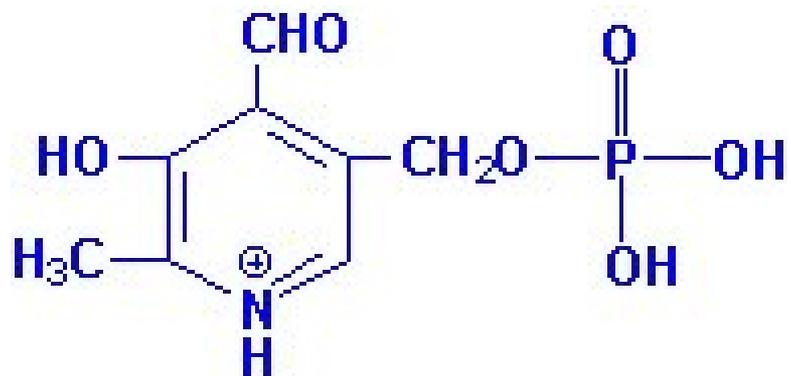
piridossina



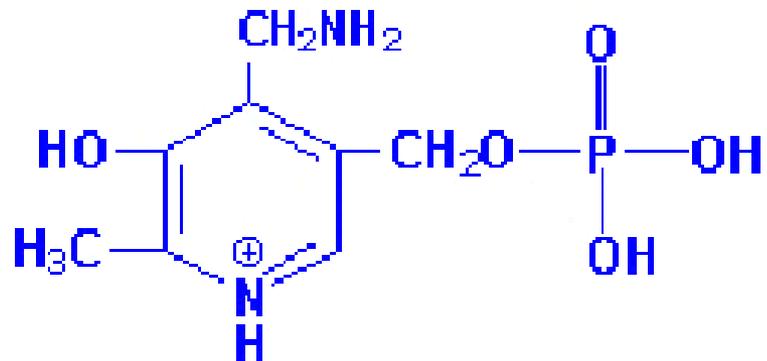
piridossale



piridossammina

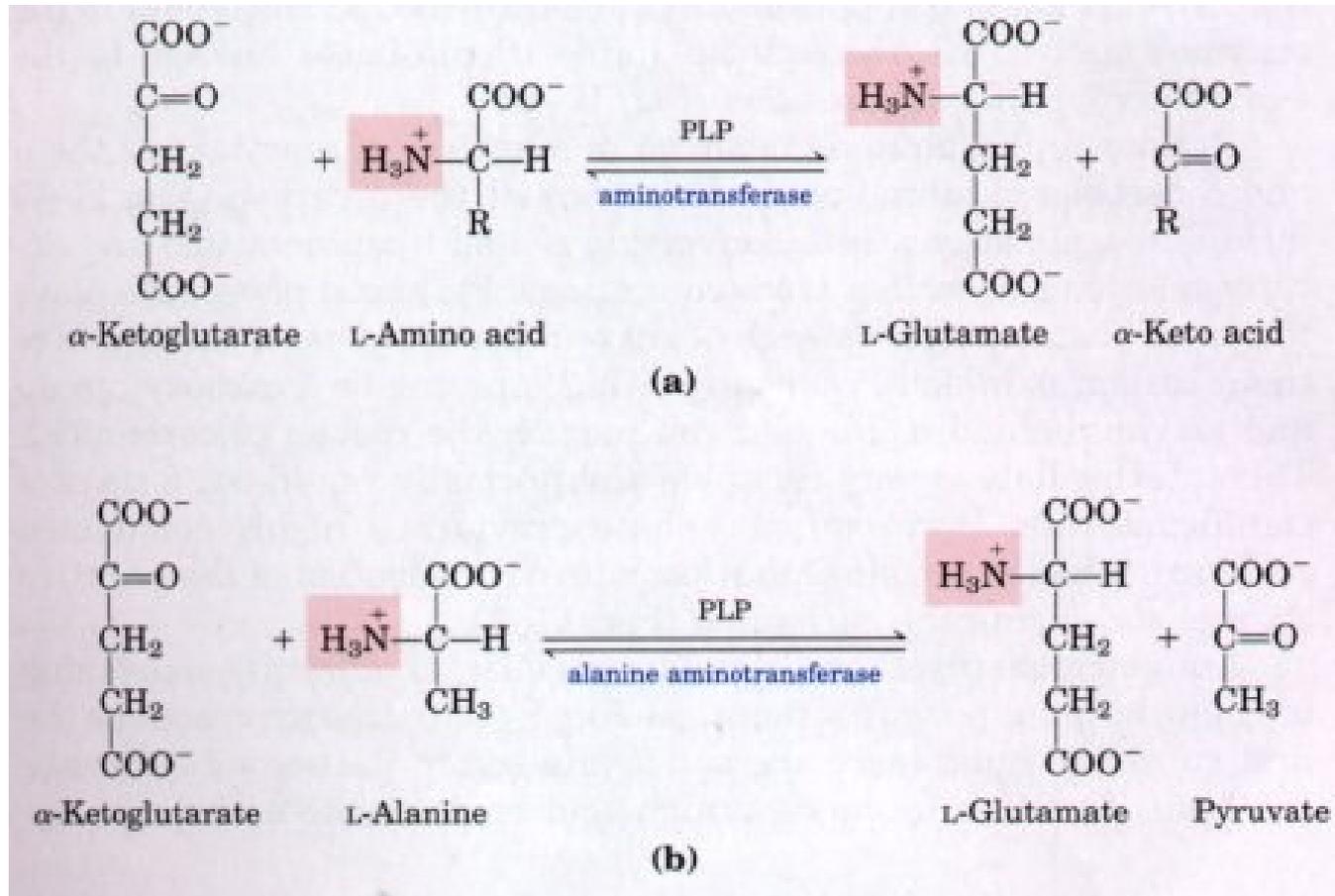


Piridossal fosfato



Piridossamina fosfato

# REAZIONI DI TRANSAMMINAZIONE



**Tabella 10.1.** Vitamine e loro ruolo nella funzione enzimatica

<i>Vitamina</i>	<i>Forma coenzimatica (o forma attiva)</i>	<i>Tipo di reazione o processo favorito</i>
<b>Idrosolubili</b>		
Tiamina	Tiamina pirofosfato	Decarbossilazione di $\alpha$ -chetoacidi
Riboflavina	Flavina mononucleotide, flavina adenina dinucleotide	Reazioni di ossidoriduzione
Acido nicotinico	Nicotinamide adenina dinucleotide, nicotinamide adenina dinucleotide fosfato	Reazioni di ossidoriduzione
Acido pantotemico	Coenzima A	Trasferimento di gruppi acilici
Piridossina	Piridossal fosfato	Trasferimento di gruppi aminici
Biotina	Biocitina	Trasferimento di CO <sub>2</sub>
Acido folico	Acido tetraidrofolico	Trasferimento di gruppi ad un atomo di carbonio
Vitamina B <sub>12</sub>	Deossiadenosilcobalamina	Spostamento 1,2 dell'atomo di idrogeno
Acido ascorbico	Ignota	Cofattore nelle reazioni di ossidrilazione
<b>Liposolubili</b>		
Vitamina A	Retinale	Ciclo visivo
Vitamina D	1,25-Diidrossicolecalciferolo	Regolazione del metabolismo del Ca <sup>2+</sup>
Vitamina E	Ignota	Protezione dei lipidi di membrana
Vitamina K	Ignota	Cofattore nelle reazioni di carbossilazione