

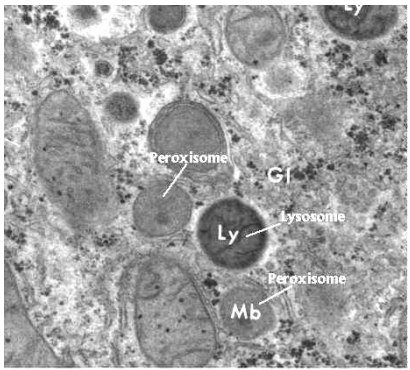
Perossisomi

(«microbodies»: microcorpi)

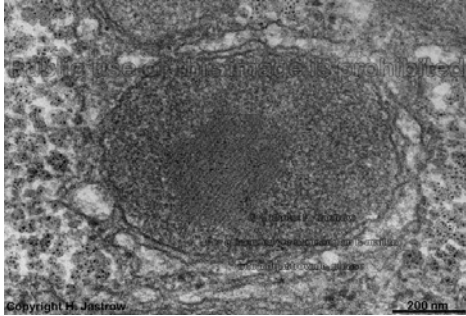
Biotec

<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/peroxisomes/peroxisomes.html>

Perossisomi



http://cytochemistry.net/_Media/perox_med_hr-2.jpeg

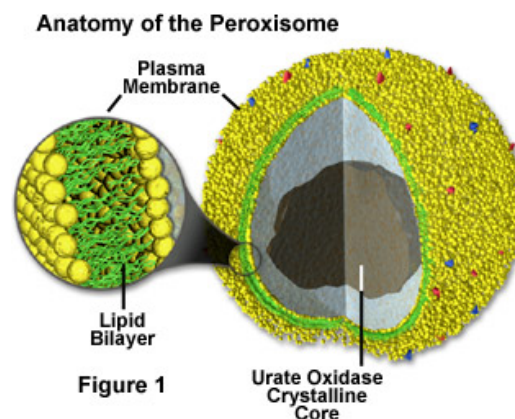


https://www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Anatomie/workshop/EM/eigeneEM/Leber/L2_14Px.jpg

Copyright M. Jastrzewski 200 nm

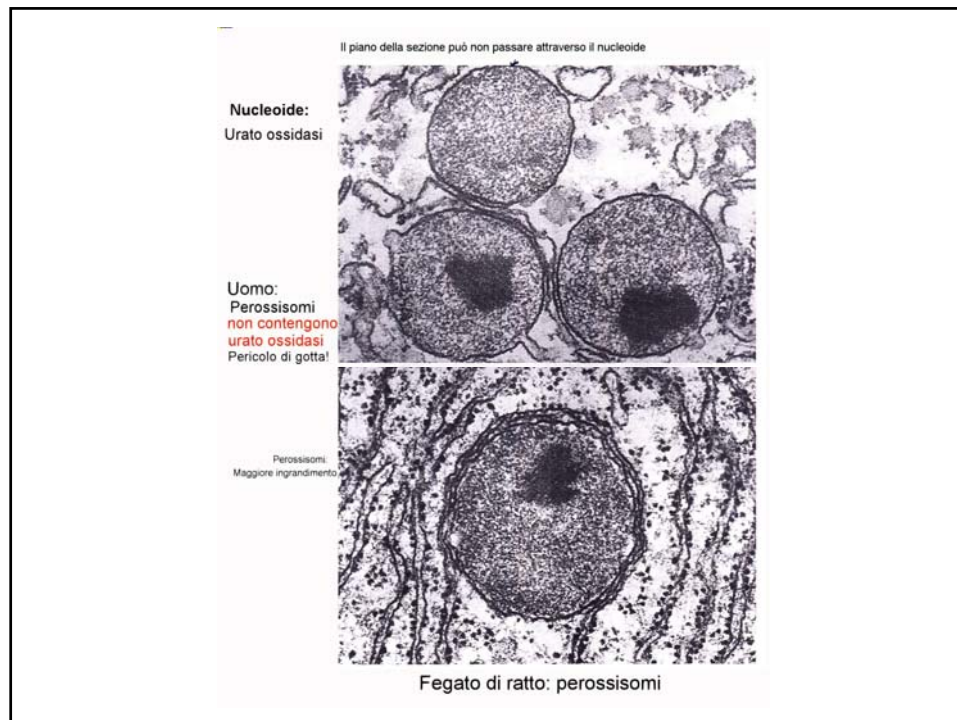
CHIARIMENTO

- ✚ La funzione specializzata dei perossisomi **NON E'** quella di **produrre il perossido di idrogeno** (acqua ossigenata, H_2O_2).
- ✚ Sono piuttosto organelli in cui si svolgono diversi **processi ossidativi**, che hanno come **prodotto finale** il H_2O_2 che è un pericoloso agente ossidante.
- ✚ Proprio per questo contengono **ANCHE** l'enzima **catalasi** che **detossifica** il H_2O_2 .



Questo schema descrive un tipico perossisoma con cristalloide di un enzima della via degradativa delle purine, la urato ossidasi . Nell'uomo tale enzima non è presente creando il rischio di gotta dovuto ad accumulo di cristalli di acido urico.

<http://micro.magnet.fsu.edu/cells/peroxisomes/peroxisomes.html>



Seminario

Origine dei perossisomi

- Come i mitocondri, **i perossisomi sono siti molto importanti di utilizzo dell'ossigeno.**
- Un'ipotesi è **che i perossisomi siano un vestigio di un antico organello che svolgeva tutto il metabolismo dell'ossigeno negli antenati ancestrali delle cellule eucariotiche.**
- Quando l'ossigeno prodotto da batteri fotosintetici ha iniziato ad accumularsi nell'atmosfera, potrebbe essere stato tossico alla maggior parte delle cellule.
- **I perossisomi potrebbero essere serviti ad abbassare la concentrazione intracellulare di ossigeno, mentre allo stesso tempo sfrutterebbero la sua reattività chimica per svolgere reazioni ossidative.** In accordo con questa ipotesi, lo sviluppo ulteriore dei mitocondri avrebbe reso i perossisomi in gran parte obsoleti perché molte delle stesse reazioni – che prima erano state svolte nei perossisomi senza produrre energia - erano ora accoppiate alla formazione di ATP mediante la fosforilazione ossidativa nei mitocondri.
- **Le reazioni ossidative svolte dai perossisomi nelle cellule attuali sarebbero quindi quelle che hanno funzioni importanti non passate ai mitocondri.**

Perossisomi – [1]

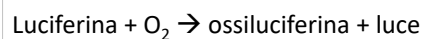
- ✚ Ulteriore tipo di **organello specializzato per l'utilizzo dell'ossigeno**, presente in praticamente tutti i tipi di cellule eucariotiche.
- ✚ Noti anche come **microcorpi**, sono organelli con diametro 0,1-1,0 µm che **spesso** contengono un nucleoide denso, cristallino, di enzimi ossidativi molto concentrati.
- ✚ Sono coinvolti nel **catabolismo** degli **acidi grassi a catena molto lunga** ("Very Long Chain Fatty Acids", VLFA; C₂₄-C₂₆), degli **acidi grassi a catena ramificata**, degli **D-amminoacidi** e delle **poliammine** (composti organici con diversi gruppi amminici, importanti per la proliferazione cellulare e metabolismo del cervello) ma anche nella **biosintesi** dei **plasmalogeni** (eterfosfolipidi essenziali per la normale funzione del cervello e dei polmoni dei mammiferi).
- ✚ Si chiamano **perossisomi** in quanto sono il **sito non solo di produzione ma anche di degradazione del perossido di idrogeno (H₂O₂)**, un agente ossidante tossico ed altamente reattivo.

Perossisomi – [2]

- ✚ Contengono inoltre circa il 20% dell'attività totale di due **enzimi della via del pentoso fosfato** (essenziale per la **sintesi** di NADPH e/o dei **pentosi** come il ribosio o il desossiribosio).
- ✚ Anche la **luciferasi**, l'enzima che produce la luce emessa dalle lucciole, è un enzima perossisomiale.



Nelle reazioni di luminescenza, la luce è prodotta mediante ossidazione della luciferina (un pigmento):

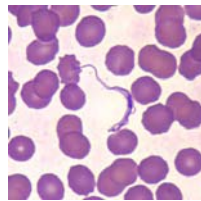


<http://en.wikipedia.org/wiki/Luciferase>

Perossisomi – [3]

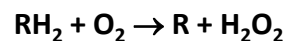
- ✚ Altre funzioni perossisomiali includono inoltre, nelle **piante**, il **ciclo del gliossilato** nei semi germoglianti (“gliossisomi”) e la **fotorespirazione** nelle foglie, la **glicolisi** nei **tripanosomi** (“glicosomi”) e **l’ossidazione e assimilazione del metanolo** e/o **ammine** in alcuni lieviti.

[Tripanosomi: protozoi flagellati responsabili di diverse patologie quali la malattia del sonno]



Metabolismo del perossido di idrogeno – [1]

- ✚ **Le ossidasi che generano H₂O₂ nei perossisomo** trasferiscono elettroni e ioni idrogeno (atomi di idrogeno) dai loro substrati all’**ossigeno** molecolare (O₂), **riducendolo ad acqua ossigenata** (H₂O₂):

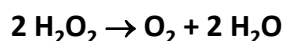


(RH₂: substrato ossidabile)

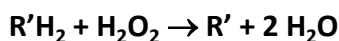
- ✚ La H₂O₂ può, a sua volta, ossidare altri substrati (R’H₂) venendo ridotta a H₂O.

Metabolismo del perossido di idrogeno – [2]

- ✚ La **catalasi** può decomporre il H_2O_2 in due modi:
- ✚ Quando la **concentrazione di H_2O_2 è molto abbondante**, la catalasi può detossificare due molecole di H_2O_2 contemporaneamente, in una reazione di **dismutazione** (una viene ossidata a ossigeno e l'altra ridotta ad acqua):



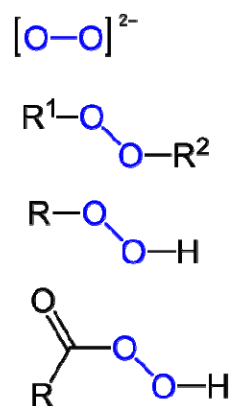
- ✚ In alternativa, la catalasi può funzionare come una **perossidasi**, catalizzando una reazione in cui **gli elettroni derivati da una sostanza organica sono usati per ridurre il perossido di idrogeno ad acqua**:



Seminario

Perossido

- ✚ Composto che contiene un legame singolo ossigeno-ossigeno o l'anione perossido (O_2^{2-}).
- ✚ Il **gruppo O–O** è chiamato **gruppo perossido**.
- ✚ In contrasto con gli ioni ossido, gli atomi di ossigeno del perossido hanno uno stato di ossidazione di -1.



<http://en.wikipedia.org/wiki/Peroxide>

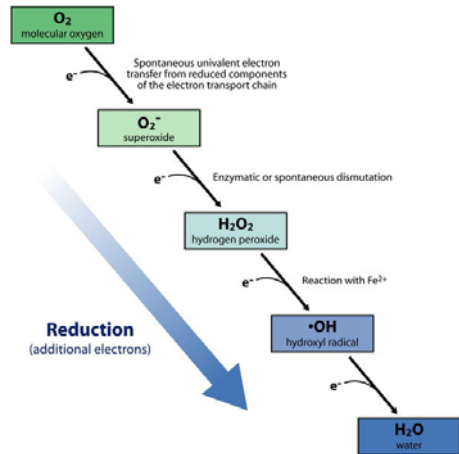
Metabolismo del perossido di idrogeno – [3]

- ✚ Mediante l'attività della catalasi, il perossido di idrogeno, estremamente tossico, viene degradato *in loco*.

Detossificazione di composti nocivi – [1]

- ✚ Molte **sostanze tossiche** (metanolo, etanolo, acido formico, formaldeide, nitriti, fenoli, ecc) possono agire come donatori di elettroni ($R'H_2$).
- ✚ Dato che questi composti sono nocivi, la **detossificazione** può essere considerata una delle funzioni più importanti dei perossisomi.
- ✚ Probabilmente i numerosi perossisomi del **fegato** e del **rene** sono coinvolti in questa funzione.

Detossificazione di composti nocivi – [2]



- ✚ **Detossificazione di specie reattive derivate dall'ossigeno (ROS)** (es. anione superossido, O₂^{•-}, radicale idrossilico, OH[•]; °: elettrone spaiato, altamente reattivo).
- ✚ Si formano come **sotto-prodotti del metabolismo cellulare**.
- ✚ Se si accumulano producono **stress ossidativo**.
- ✚ I perossisomi contengono **enzimi** (SuperOssido Dismutasi, catalasi, perossidasi) che **detossificano i ROS, prevenendo il loro accumulo** e il conseguente **danno ossidativo** ai componenti cellulari.

Ossidazione degli acidi grassi – [1]

- ✚ **Beta-ossidazione degli acidi grassi** che fornisce energia alle cellule.
- ✚ Tessuti animali: 25-50% ossidazione acidi grassi nei perossisomi, il resto nei mitocondri.
- ✚ Piante, lieviti: 100% ossidazione nei perossisomi.
- ✚ Cellule animali: ossidazione perossisomiale di **acidi grassi a catena lunga** (C₁₆-C₂₂), **molto lunga** (C₂₄-C₂₆) e di acidi grassi **ramificati**.
- ✚ **Acetil-CoA** formato: trasferito nel citosol dove entra nella via biosintetica oppure nei mitocondri per partecipare al ciclo di Krebs.
- ✚ Ossidazione nei perossisomi con **accorciamento di un gruppo acetilico alla volta** (che si **collegherà al CoA**), fino al **raggiungimento di acidi grassi di lunghezza minore di 16 atomi di carbonio** la cui ossidazione proseguirà nei mitocondri.

Seminario

Perossisomi e degradazione degli acidi grassi

- ✚ Diversamente dell'ossidazione degli acidi grassi nei mitocondri, che produce CO_2 ed è accoppiata alla generazione di ATP, l'ossidazione perossisomiale degli acidi grassi produce gruppi acilici e non è legata alla formazione di ATP. L'energia rilasciata durante l'ossidazione nei perossisomi è convertita in calore, e i gruppi acilici sono trasportati verso il citosol, dove vengono utilizzati per la sintesi del colesterolo e di altri metaboliti.
- ✚ Nella maggior parte delle cellule eucariotiche il perossisoma è un importante organulo dove gli acidi grassi vengono ossidati, generando precursori per importanti vie biosintetiche:
 - ✚ Gli acidi grassi a catena molto lunga ("Very Long Chain Fatty A"; VLCFA), con più di 20 gruppi CH_2 sono degradati soltanto nei perossisomi; nelle cellule dei mammiferi, gli acidi grassi a catena media, contenenti 10 – 20 gruppi CH_2 possono essere degradati sia nei mitocondri che nei perossisomi.

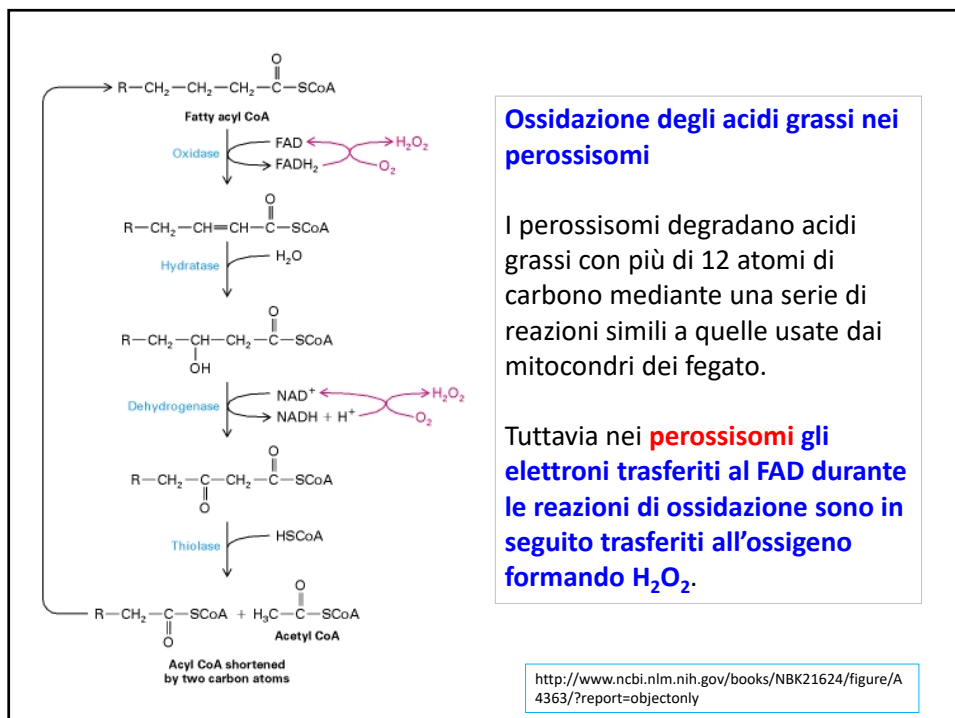
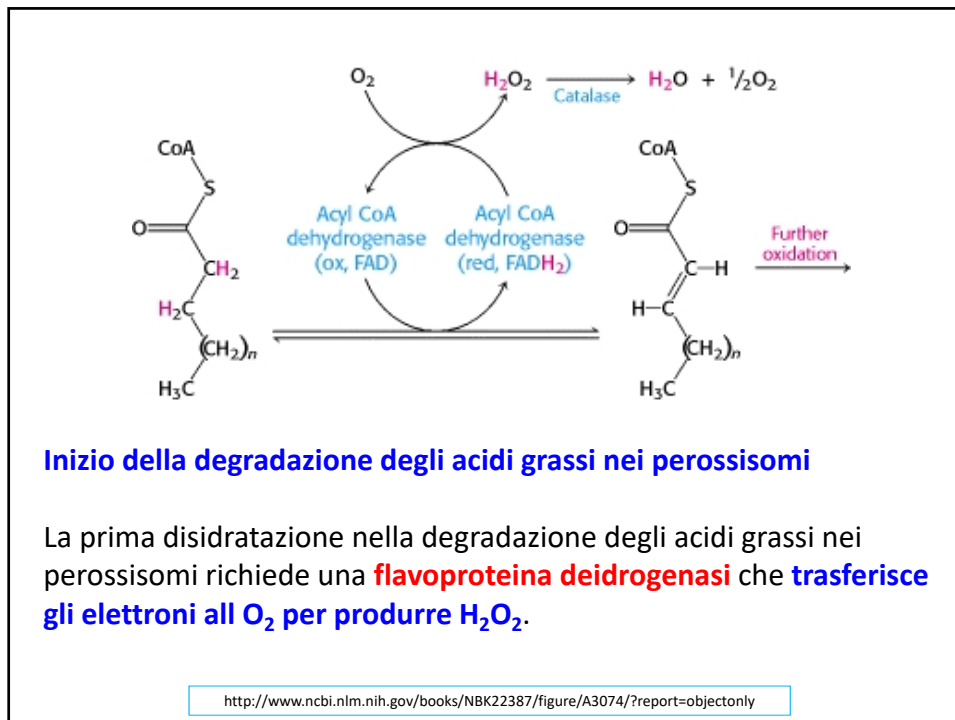
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21624/#A4362>

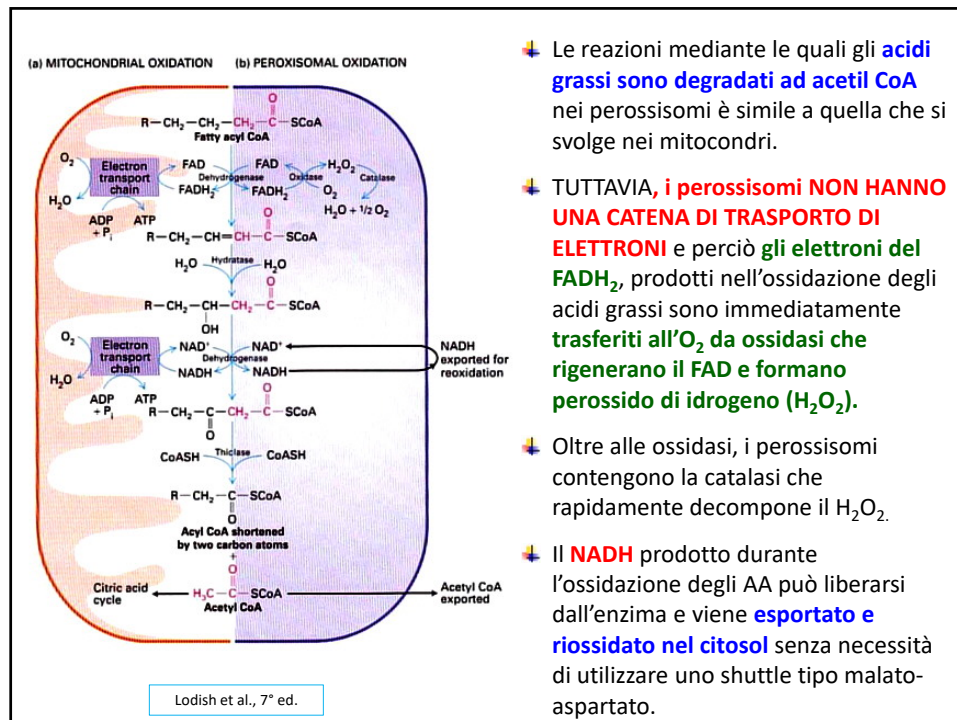
Seminario

Gli acidi grassi sono anche ossidati nei perossisomi

- ✚ Nonostante la maggior parte dell'ossidazione degli acidi grassi si svolga nei mitocondri, una certa quantità di ossidazione si svolge nei perossisomi.
- ✚ L'ossidazione degli acidi grassi nei perossisomi, che si ferma al octanilCoA, può servire per accorciare le catene lunghe in modo da renderle migliori substrati per la β ossidazione nei mitocondri.
- ✚ L'ossidazione nei perossisomi differisce dalla β ossidazione nella reazione iniziale di deidrogenazione.
- ✚ Nei perossisomi, una flavoproteina deidrogenasi trasferisce gli elettroni all' O_2 per dare H_2O_2 invece di catturare gli elettroni ad alta energia come FADH_2 , come avviene nella β ossidazione mitocondriale.
- ✚ La catalasi è richiesta per convertire il perossido di idrogeno prodotto nella reazione iniziale in acqua e ossigeno [reazione di dismutazione].
- ✚ I passi successivi sono identici ai processi che si svolgono nei mitocondri, nonostante siano svolti da isoforme diverse degli enzimi.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK22387/>





Adrenoleucodistrofia (ALD)

[nota anche come Siemerling-Creutzfeldt Disease o Addison-Schilder's disease]



- Nella grave e letale malattia genetica adrenoleucodistrofia legata al cromosoma X (ADL), **l'ossidazione nei perossisomi di acidi grassi a catena molto lunga è difettosa**.
- Il gene ADL codifica per la **proteina della membrana dei perossisomi che trasporta verso i perossisomi un enzima necessario per l'ossidazione di questi acidi grassi**.
- Gli individui affetti hanno gravi disfunzioni neurologiche.

<http://en.wikipedia.org/wiki/Adrenoleukodystrophy>

Metabolismo dei composti azotati – [1]

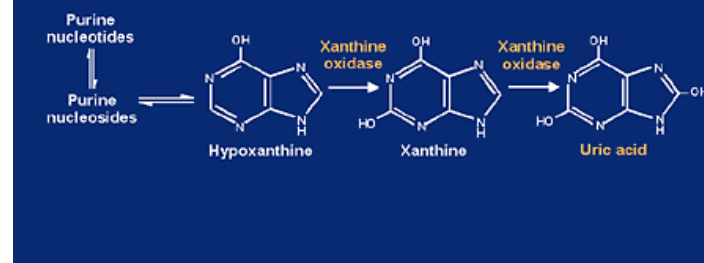
- Ad eccezione dei Primati, la maggior parte degli animali richiede l'urato ossidasi per ossidare l'**urato** (purina che si forma durante il catabolismo degli acidi nucleici e di alcune proteine).
- L'**urato ossidasi** catalizza il trasferimento diretto di atomi di idrogeno dal substrato all'ossigeno molecolare, formando H_2O_2 :



- L' H_2O_2 viene degradata dalla catalasi.
- L'allantoina viene ulteriormente metabolizzata ed escreta dall'organismo sotto forma di acido allantico, o, nel caso dei crostacei, pesci, anfibi, di urea.

Purine Degradation to Uric Acid

- Xanthine oxidase** catalyzes the final conversions to uric acid

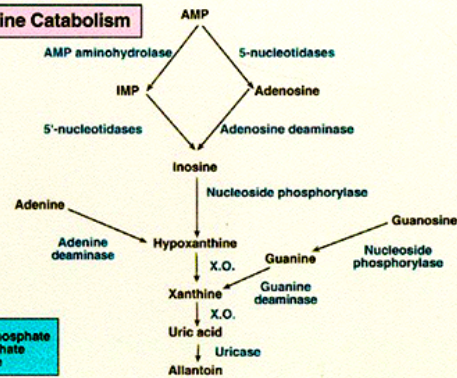


<http://img.medscape.com/slide/migrated/editorial/cmecircle/2004/3689/images/schumacher/slide006.gif>

Prodotto finale della degradazione delle purine	
Uomo (e altri primati)	urato
Ratto	allantoina
Pollo	urato
Pesci	urca

Seminario

Pathway of Purine Catabolism



AMP Adenosine 5'-phosphate
 IMP Inosine 5'-phosphate
 X.O. Xanthine oxidase

Metabolismo dei composti azotati – [2]

- Amminotrasferasi (**transaminasi**): catalizzano il **trasferimento di gruppi amminici** ($-\text{NH}_3^+$) **dagli aminoacidi agli α -chetoacidi**; processo importante nella **sintesi e degradazione degli aminoacidi**:

Aminotrasferase

- Catalyse the transfer of amino group from amino acid to α -keto acid (usually α -keto glutarate) forming new α -keto acid and (usually) glutamic acid. Require pyridoxal-5'-phosphate.

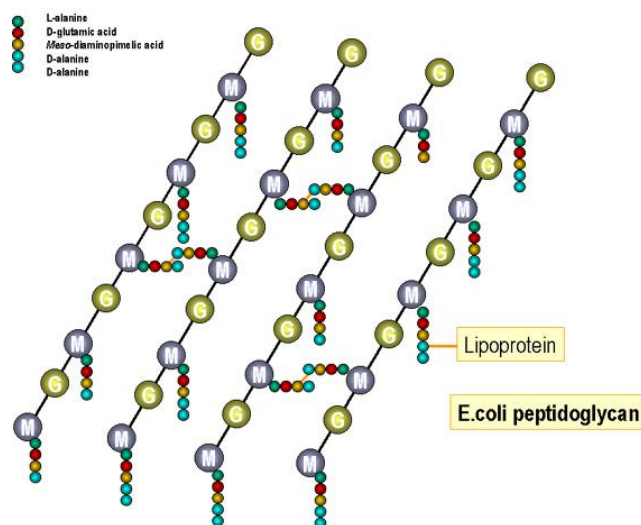


<http://www.cheesescience.net/2008/03/to-degrade-or-not-to-degrade.html>

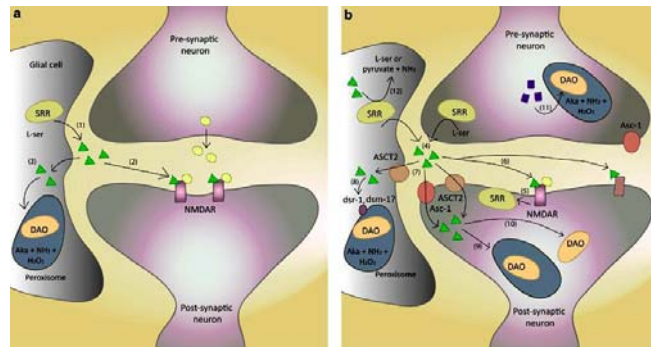
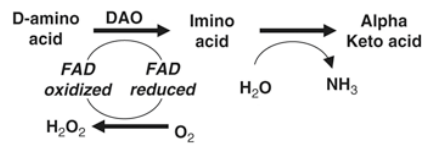
Catabolismo di sostanze insolite

- ✚ Alcuni dei substrati delle ossidasi perossisomiali sono composti per i quali la cellula non possiede altre vie di degradazione:
 - ✚ **D-amminoacidi** (ad es. della parete cellulare batterica non riconosciuti dagli enzimi che possono degradare gli L-amminoacidi).
 - ✚ **Xenobiotici** (composti estranei agli organismi biologici): idrocarburi derivati dal petrolio.

Parete cellulare Battere



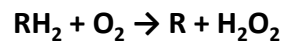
FROM:
The neurobiology of D-amino acid oxidase and its involvement in schizophrenia
 L Verrall, P W J Burnet, J F Betts and P J Harrison



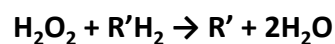
http://www.nature.com/mp/journal/v15/n2/fig_tab/mp200999f2.html#figure-title

Riassumendo: I PEROSSISOMI USANO L'OSSIGENO MOLECOLARE E IL PEROSSIDO DI IDROGENO PER SVOLGERE REAZIONI OSSIDATIVE

- I perossisomi sono così chiamati perché **contengono** di solito **uno o più enzimi che usano l'ossigeno molecolare per rimuovere atomi di idrogeno da substrati organici specifici** (sotto designati per R) in una reazione di tipo ossidativo che produce perossido di idrogeno (H_2O_2):



- L'enzima **catalasi** utilizza il H_2O_2 generato da altri enzimi presenti nell'organello per ossidare una grande diversità di altri substrati – incluso fenoli, acido formico, formaldeide e alcool – mediante una reazione detta "perossidativa":



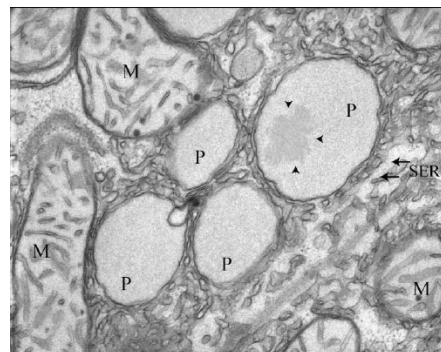
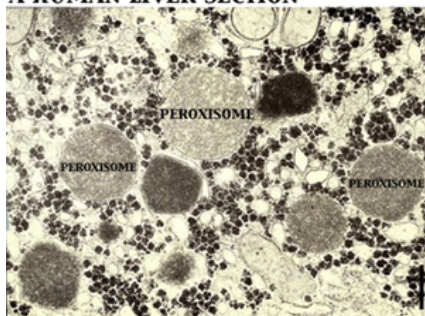
Perossisomi nel fegato – [1]

- ✚ Nel fegato una importante funzione dei perossisomi è la **detossificazione**, mediante ossidazione di sostanze potenzialmente pericolose quali:
 - Alcool - circa la metà dell'etanolo che si beve viene convertito in acetaldeide mediante ossidazione
 - Fenoli
 - Acido formico
 - Formaldeide

(N.B. **La detossificazione dei farmaci, droghe ed altre sostanze esogene ha luogo nel reticolo endoplasmatico liscio**. I perossisomi sono coinvolti in processi di detossificazione complementari a questi).

Perossisomi nel fegato

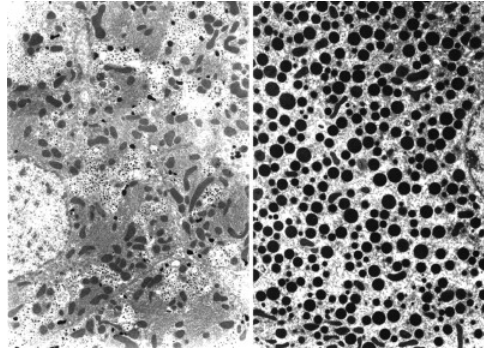
PEROXISOMES AS SEEN IN
A HUMAN LIVER SECTION



Microscopia elettronica di fegato di ratto.

Ultrastruttura di **perossisomi** (P), mitocondri (M) e reticolo endoplasmico liscio ("smooth") (SER). Il nucleo dei perossisomi, composto di urato ossidasi cristallina, è indicato da teste di freccia.

- ✚ **L'ossidazione a livello dei perossisomi** è indotta da una **dieta ricca di grassi** e dalla somministrazione di **farmaci ipolipidemici** quali il clorofibrato.



- ✚ Aumento di perossisomi nel fegato di ratto trattato con clorofibrato.

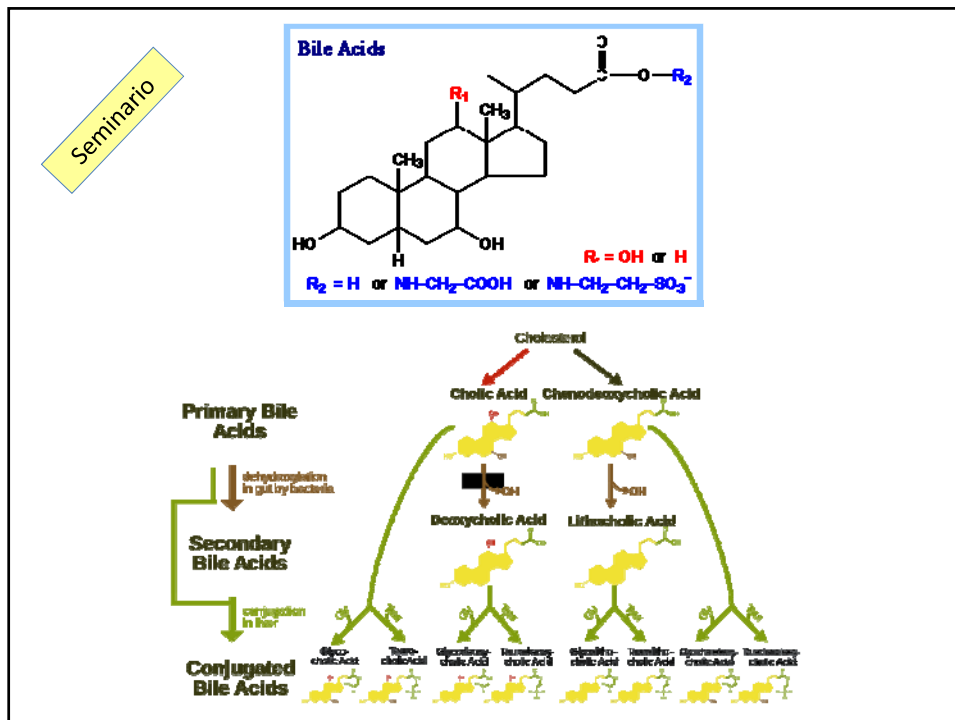
https://en.wikipedia.org/wiki/Beta_oxidation
<http://ajp.amjpathol.org/cms/attachment/2006218387/2028099322/gr2.jpg>

Seminario

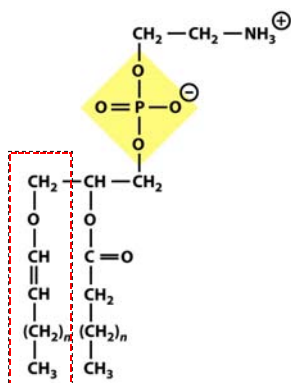
Perossisomi del fegato Formazione dei Sali biliari – [1]

- ✚ I **sali biliari** sono sintetizzati nel fegato a partire dal colesterolo e successivamente vengono secreti nella bile.
- ✚ Fungono da **detergenti** per mantenere i composti solubili nei grassi in soluzione acquosa, per l'escrezione di tossine e prodotti di scarto nelle feci e promuovono l'assorbimento efficace di vitamine liposolubili nell'intestino.
- ✚ Recentemente sono stati riconosciuti anche come importanti **molecole di segnalamento** che regolano la trascrizione di geni mediante l'attivazione di recettori nucleari.
- ✚ Possono anche **modulare vie di segnalamento** coinvolte nei processi di proliferazione e di morte cellulare programmata.

Seminaro



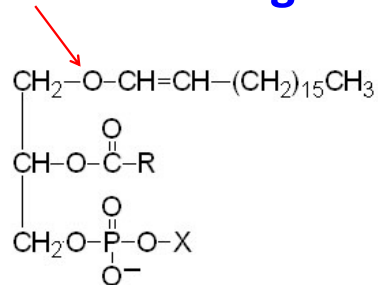
Perossisomi e sintesi dei plasmalogeni



I **plasmalogeni** sono molto **abbondanti nei rivestimenti di mielina che isolano gli assoni delle cellule nervose**. Essi possono costituire fino al 80-90% dei fosfolipidi della membrana di mielina. Oltre ad una testa di tipo etanolamina e ad una lunga catena di acido grasso legato alla stessa impalcatura di glicerol fosfato usato per i fosfolipidi, **i plasmalogeni contengono un alcool grasso poco comune che è legato mediante un legame di tipo etere** (in basso a sinistra).

- Una funzione biosintetica essenziale dei perossisomi delle cellule animali è la catalisi delle reazioni iniziali della **formazione di plasmalogeni**, che sono la **più abbondante classe di fosfolipidi della mielina**.
- La carenza di plasmalogeni provoca anomalie pronunciate della mielinizzazione delle cellule nervose, ragione per cui **molte disfunzioni dei perossisomi portano a malattie neurologiche**.

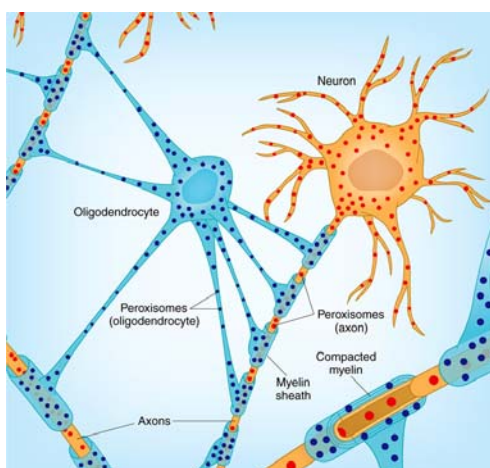
Plasmalogeni



- ✦ I **plasmalogeni** sono lipidi complessi che somigliano ai fosfolipidi, soprattutto alla fosfatidilcolina.
- ✦ La principale differenza è che l'atomo C-1 (*sn*1) del glicerolo è collegato ad un gruppo *O*-alchilico (-O-CH₂-) oppure ad un gruppo *O*-alchenil eter (-O-CH=CH-).
- ✦ E' illustrato una specie base di *O*-alchenil etere in cui in -X si possono trovare gruppi sostituenti simili a quelli che si trovano nei fosfolipidi.

<http://themedicalbiochemistrypage.org/lipids.html>

Sostanza bianca - Mielina



La figura illustra schematicamente una cellula di sostegno del sistema nervoso, detta oligodendrocita, che avvolge simultaneamente diversi assoni con uno strato di mielina. Sono anche evidenziati i nodi di Ranvier, che sono piccole regioni degli assoni non mielinizzate.

I perossisomi sono presenti negli strati di mielina che circondano gli assoni e sono inoltre presenti negli assoni.

Patrick Aubourg: Axons need glial peroxisomes. Nature Genetics 39, 936 - 938 (2007)

Perossisomi, diversità morfologica e funzionale

- ✚ I perossisomi sono organelli insolitamente diversificati ed anche in cellule diverse di un singolo organismo essi possono contenere diversi insiemi di enzimi.
- ✚ Possono anche adattarsi in modo notevole a condizioni mutevoli.
 - Le cellule di lieviti che vengono fatte crescere in zucchero, ad esempio, hanno perossisomi piccoli.
 - Ma quando alcune cellule di lieviti sono fatte crescere in metanolo, essi sviluppano perossisomi di grandi dimensioni che ossidano il metanolo; e quando sono fatte crescere con acidi grassi, esse sviluppano grandi perossisomi in grado di degradare gli acidi grassi ad acetyl CoA mediante β -ossidazione.

Alberts

Sindrome di Zellweger

- ✚ Deriva dall'assenza di perossisomi funzionali.
- ✚ E' caratterizzato da anomalie a livello di fegato, rene e muscolo di solito provoca la morte all'età di 6 anni.
- ✚ La sindrome è provocata da un difetto nel processo di importazione degli enzimi verso i perossisomi.
- ✚ Le proteine di nuova sintesi rimangono nel citosol dove sono alla fine degradate.
- ✚ Un notevole aspetto della sindrome è che le cellule contengono perossisomi vuoti ma che tuttavia contengono una dotazione normale delle proteine di membrana perossisomali.
- ✚ Ciò dimostra che i pazienti con la sindrome hanno carenza nella captazione delle proteine della matrice ma non delle proteine della membrana.
- ✚ Perciò le mutazioni Zellweger provocano difetti in un recettore perossisomiale o in proteine di trasporto per le proteine della matrice perossisomiale ma non per le proteine di membrana.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21520/>

Table 1
Enzymes in peroxisomes that generate ROS

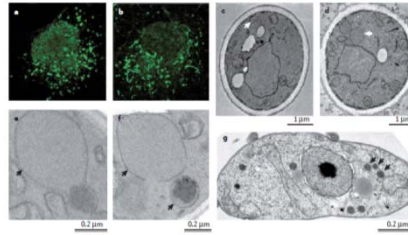
Enzyme	Substrate	ROS
(1) Acyl-CoA oxidases		
(a) Palmitoyl-CoA oxidase	Long chain fatty acids	H ₂ O ₂
(b) Pristanoyl-CoA oxidase	Methyl branched chain fatty acids	H ₂ O ₂
(c) Trihydroxycoprostanoyl-CoA oxidase	Bile acid intermediates	H ₂ O ₂
(2) Urate oxidase	Uric acid	H ₂ O ₂
(3) Xanthine oxidase	Xanthine	H ₂ O ₂ , O ₂ ^{•-}
(4) D-amino acid oxidase	D-Proline	H ₂ O ₂
(5) Pipecolic acid oxidase	L-pipecolic acid	H ₂ O ₂
(6) D-aspartate oxidase	D-aspartate, N-methyl-D-aspartate	H ₂ O ₂
(7) Sarcosine oxidase	Sarcosine, pipecolate	H ₂ O ₂
(8) L-alpha-hydroxy acid oxidase	Glycolate, lactate	H ₂ O ₂
(9) Poly amine oxidase	N-Acetyl spermine/ spermidine	H ₂ O ₂
(10) Nitric oxide synthase	L-Arginine	•NO
(11) Plant sulfite oxidase [165]	Sulfite	H ₂ O ₂

Schrader M, Fahimi HD. Peroxisomes and oxidative stress. *Biochim Biophys Acta*. 1763:1755-1766, 2006.

Table 2
Enzymes in peroxisomes that degrade ROS

Enzyme	Substrate	Enzyme is also present in
(1) Catalase	H ₂ O ₂	Cytoplasm (e. g., erythrocytes) and nucleus, mitochondria (rat heart only)
(2) Glutathione peroxidase	H ₂ O ₂	All cell compartments
(3) Mn SOD	O ₂ ^{•-}	Mitochondria
(4) Cu, Zn SOD	O ₂ ^{•-}	Cytoplasm
(5) Epoxide hydrolase	Epoxides	ER and cytoplasm
(6) Peroxireodoxin 1	H ₂ O ₂	Cytoplasm, nucleus, mitochondria
(7) PMP 20	H ₂ O ₂	Peroxisomes
(8) Plant ascorbate-glutathione cycle	H ₂ O ₂	Peroxisomes, chloroplasts, cytoplasm, root nodule mitochondria (plants only) [27]

Schrader M, Fahimi HD. Peroxisomes and oxidative stress. *Biochim Biophys Acta*. 1763:1755-1766, 2006.



Peroxisomes take shape

Jennifer J. Smith and John D. Aitchison

Abstract | Peroxisomes carry out various oxidative reactions that are tightly regulated to adapt to the changing needs of the cell and varying external environments. Accordingly, they are remarkably fluid and can change dramatically in abundance, size, shape and content in response to numerous cues. These dynamics are controlled by multiple aspects of peroxisome biogenesis that are coordinately regulated with each other and with other cellular processes. Ongoing studies are deciphering the diverse molecular mechanisms that underlie biogenesis and how they cooperate to dynamically control peroxisome utility. These important challenges should lead to an understanding of peroxisome dynamics that can be capitalized upon for bioengineering and the development of therapies to improve human health.

NATURE REVIEWS | MOLECULAR CELL BIOLOGY

VOLUME 14 | DECEMBER 2013 | 803

Partially or exclusively peroxisomal pathways	Plants	Fungi	Protozoa	Animals
<i>Biosynthesis</i>				
Bile acids				✓
Hormonal signalling molecules	✓			✓
Polyunsaturated fatty acids				✓
Ether phospholipids (plasmalogens)			✓	✓
Pyrimidines			✓	✓
Purines				✓
Purine salvage			✓	
Antibiotics (penicillin)		✓		
Toxins for plant pathogenesis		✓		
Lys		✓		
Biotin	✓	✓		
Secondary metabolites	✓	✓		
Isoprenoid and cholesterol	✓			Unknown

Smith JJ, Aitchison JD. Peroxisomes take shape. Nat Rev Mol Cell Biol. 2013 Dec;14(12):803-17.

Partially or exclusively peroxisomal pathways	Plants	Fungi	Protozoa	Animals
Degradation				
Prostaglandin				✓
Amino acids		✓		✓
Polyamine	✓	✓		✓
H ₂ O ₂ degradation by catalase	✓	✓	✓	✓
Oxidation of fatty acids	✓	✓	✓	✓
Purine	✓		✓	✓
Superoxide radical destruction by superoxide dismutase	✓		✓	✓
Glycerol metabolism			✓	
Glycolysis			✓	
Methanol degradation		✓		
Glyoxylate cycle	✓	✓		
Photorespiration	✓			
Other				
Maintenance of cellular integrity		✓		
Bioluminescence of firefly luciferase				✓
Signalling platforms in viral innate immune defence				✓
H ₂ O ₂ signalling in hypothalamic neurons				✓

Smith JJ, Aitchison JD. Peroxisomes take shape. Nat Rev Mol Cell Biol. 2013 Dec;14(12):803-17.

x Biol Cell Veg

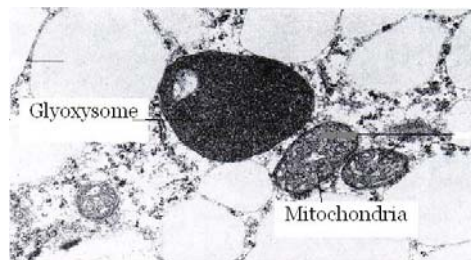
Perossisomi nelle piante

- ✚ I perossisomi hanno inoltre ruoli molto importanti nelle **piante**. Sono stati studiati approfonditamente due tipi diversi.
 - Un tipo è presente nelle **foglie**, dove **catalizza l'ossidazione di un sotto-prodotto della reazione cruciale che fissa il CO₂ in carboidrato**. Questo processo è detto **fotorespirazione** perché esso usa l'O₂ e rilascia CO₂.
 - L'altro tipo di perossisoma è presente nei **semi in germinazione**, dove gioca un ruolo fondamentale per convertire gli acidi grassi immagazzinati nei grassi dei semi in zuccheri necessari per la crescita del germoglio di pianta. Poiché questa conversione di grassi in zuccheri richiede una serie di reazioni nota come **ciclo del gliossilato**, questi perossisomi sono anche chiamati **gliossisomi**. **Nel ciclo del gliossilato, due molecole di acetil CoA prodotte dalla degradazione degli acidi grassi nei perossisomi sono utilizzate per sintetizzare acido succinico, che esce dal perossisoma e viene convertito in glucosio**. Il ciclo del gliossilato non ha luogo nelle cellule animali, e quindi **gli animali non sono in grado di convertire acidi grassi in carboidrati**.

x Biol Cell Veg

Gliossisomi

- ✚ I **Gliossisomi** sono organelli simili ai perossisomi che si trovano nei semi delle piante e che ossidano i lipidi come sorgente di carbonio e di energia per la crescita. Essi contengono molti degli enzimi dei perossisomi oltre a che ad ulteriori **enzimi utilizzati per convertire gli acidi grassi in precursori del glucosio**.



<http://www.biochem.arizona.edu/classes/bioc462/462bh2008/462bhonorsprojects/462bhonors2003/maishk/Glyoxysome.JPG>

x Biol Cell Veg

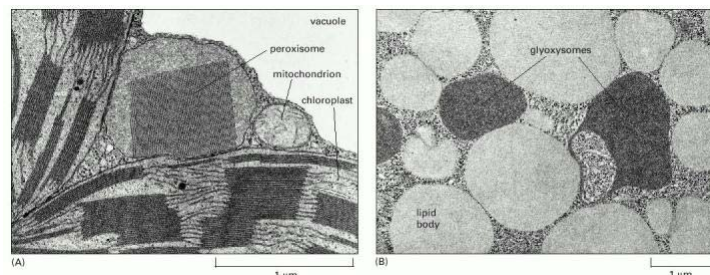


Foto al microscopio elettronico di due tipi di perossisomi che si trovano nella cellule vegetali

(A) Un perossisoma con un centro paracristallino in una cellula del mesofilo di una foglia di tabacco. Si ritiene che la sua stretta associazione con il cloroplasto faciliti lo scambio di materiali fra questi organelli durante la fotorespirazione. (B) Perossisomi in una cellula di cotiledone immagazzinatrice di grasso di un seme di pomodoro 4 giorni dopo la germinazione. In questo caso i perossisomi (gliossisomi) sono associate ai corpi lipidici dove il grasso è immagazzinato, riflettendo il loro ruolo chiave nella mobilizzazione del grasso e gluconeogenesi [sintesi del glucosio a partire dai grassi; accade solo nelle piante] durante la germinazione del seme.

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26858/figure/A2198/>