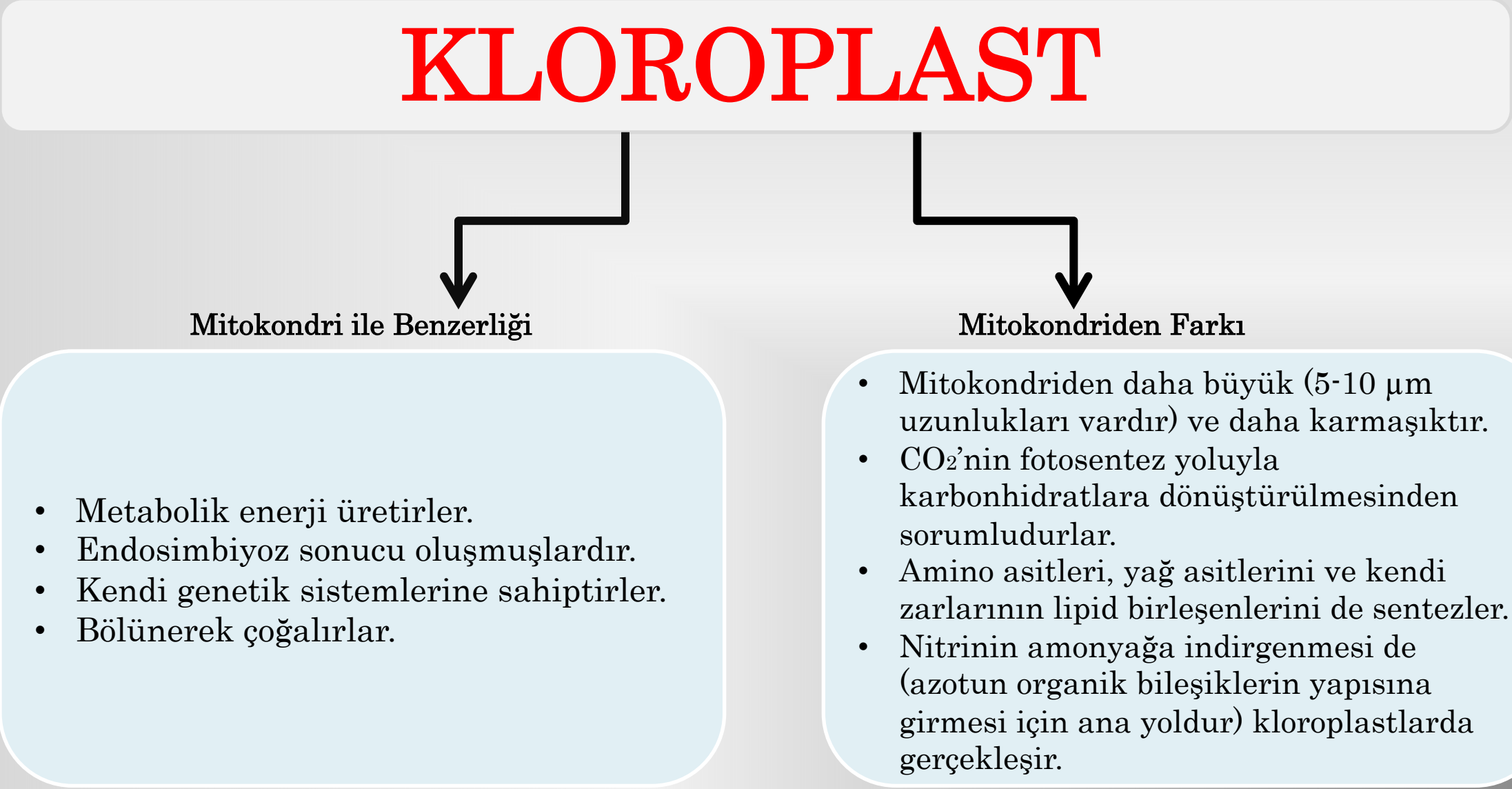


Mitokondri, Kloroplastlar ve Peroksizomlar



Doç. Dr. Banu MANSUROĐLU

KLOROPLAST



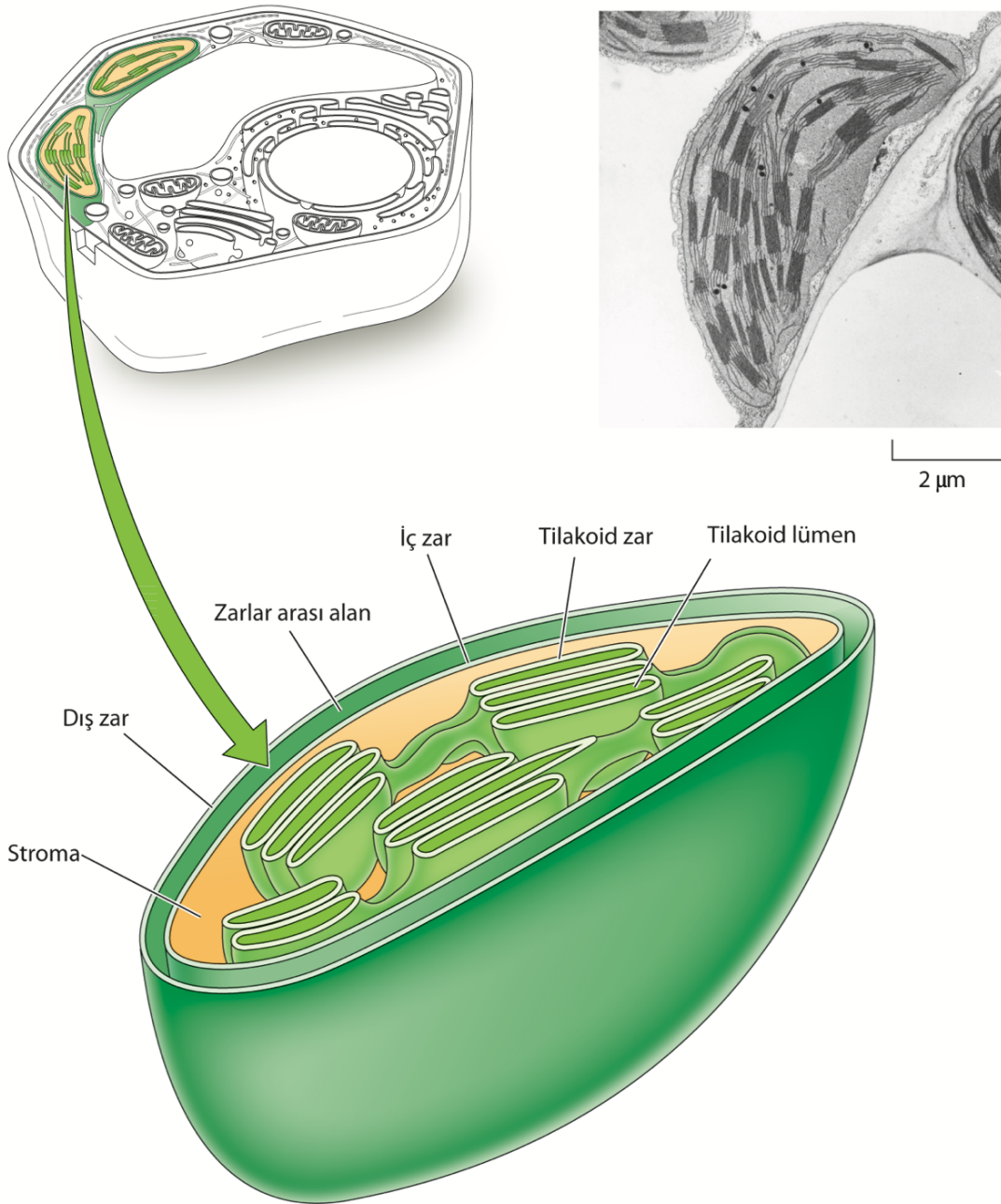
```
graph TD; A[KLOROPLAST] --> B[Mitokondri ile Benzerliği]; A --> C[Mitokondriden Farkı]; B --> D["• Metabolik enerji üretirler.  
• Endosimbiyoz sonucu oluşmuşlardır.  
• Kendi genetik sistemlerine sahiptirler.  
• Bölünerek çoğalırlar."]; C --> E["• Mitokondriden daha büyük (5-10 µm uzunlukları vardır) ve daha karmaşıktır.  
• CO2'nin fotosentez yoluyla karbondhidratlara dönüştürülmesinden sorumludurlar.  
• Amino asitleri, yağ asitlerini ve kendi zarlarının lipid birleşenlerini de sentezler.  
• Nitrinin amonyağa indirgenmesi de (azotun organik bileşiklerin yapısına girmesi için ana yoldur) kloroplastlarda gerçekleşir."];
```

Mitokondri ile Benzerliği

- Metabolik enerji üretirler.
- Endosimbiyoz sonucu oluşmuşlardır.
- Kendi genetik sistemlerine sahiptirler.
- Bölünerek çoğalırlar.

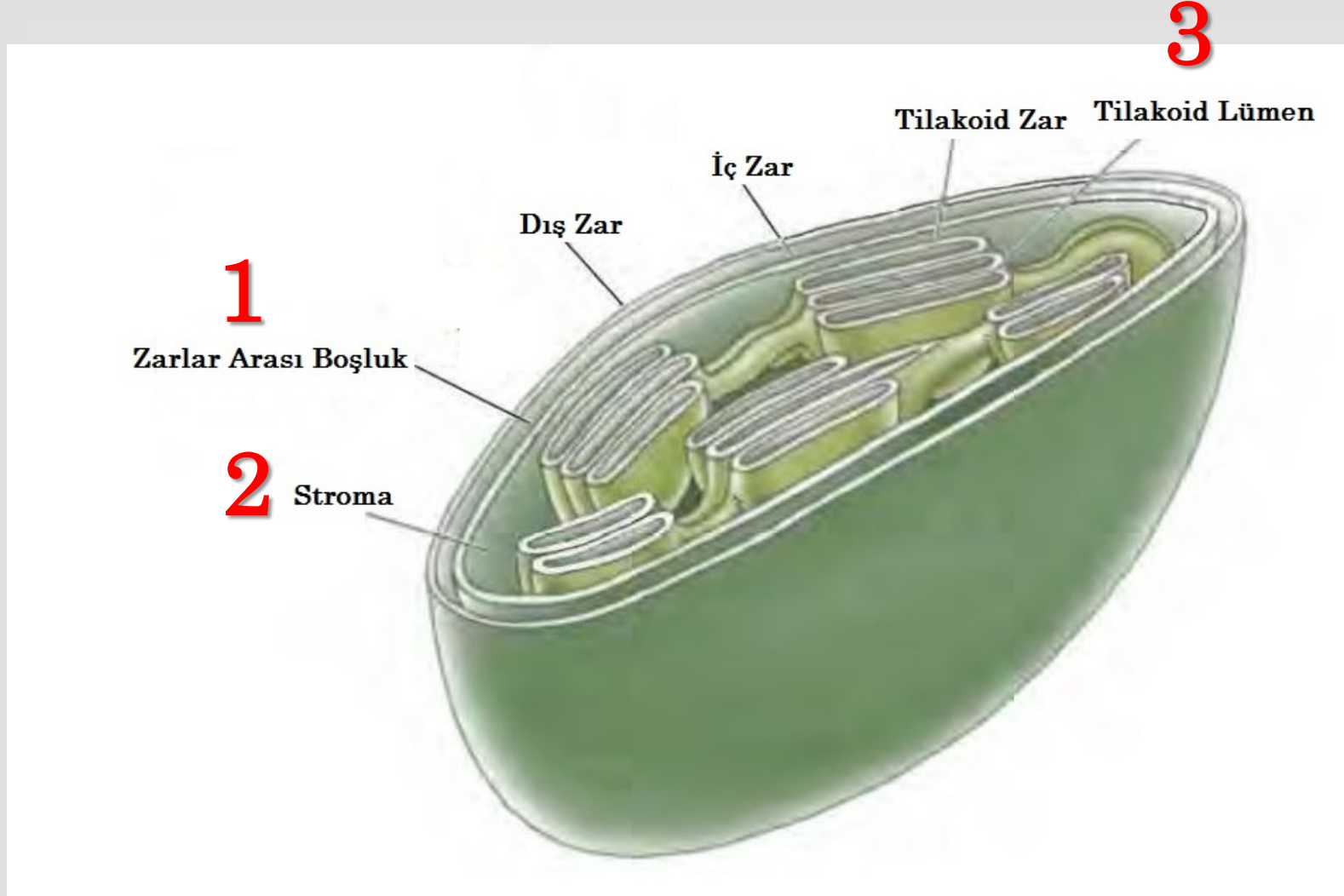
Mitokondriden Farkı

- Mitokondriden daha büyük (5-10 μm uzunlukları vardır) ve daha karmaşıktır.
- CO_2 'nin fotosentez yoluyla karbondhidratlara dönüştürülmesinden sorumludurlar.
- Amino asitleri, yağ asitlerini ve kendi zarlarının lipid birleşenlerini de sentezler.
- Nitrinin amonyağa indirgenmesi de (azotun organik bileşiklerin yapısına girmesi için ana yoldur) kloroplastlarda gerçekleşir.



- ❑ **Kloroplast zarfı** adı verilen yapı, tıpkı mitokondrilerde olduğu gibi çift zarlıdır.
- ❑ Bu çift zara ek olarak **tilakoid zar** adı verilen üçüncü bir iç zar sahiptir. (*Üçlü zar yapısı nedeniyle iç düzeni mitokondrininkinden daha karmaşıktır.*)
- Tilakoid zar, tilakoid adı verilen yassı diskler oluşturur. Bunlarda grana denilen yığınlar şeklinde düzenlenirler.
- ❑ **Stroma**
 - İşlevsel açıdan mitokondri matriksine eşdeğerdir.
 - Kloroplast genetik sistemini ve fotosentez sırasında CO_2 'nin karbonhidratlara dönüşmesinden sorumlu olan çeşitli metabolik enzimleri içerir.

Üç zar kloroplastı üç farklı bölgeye ayırır:



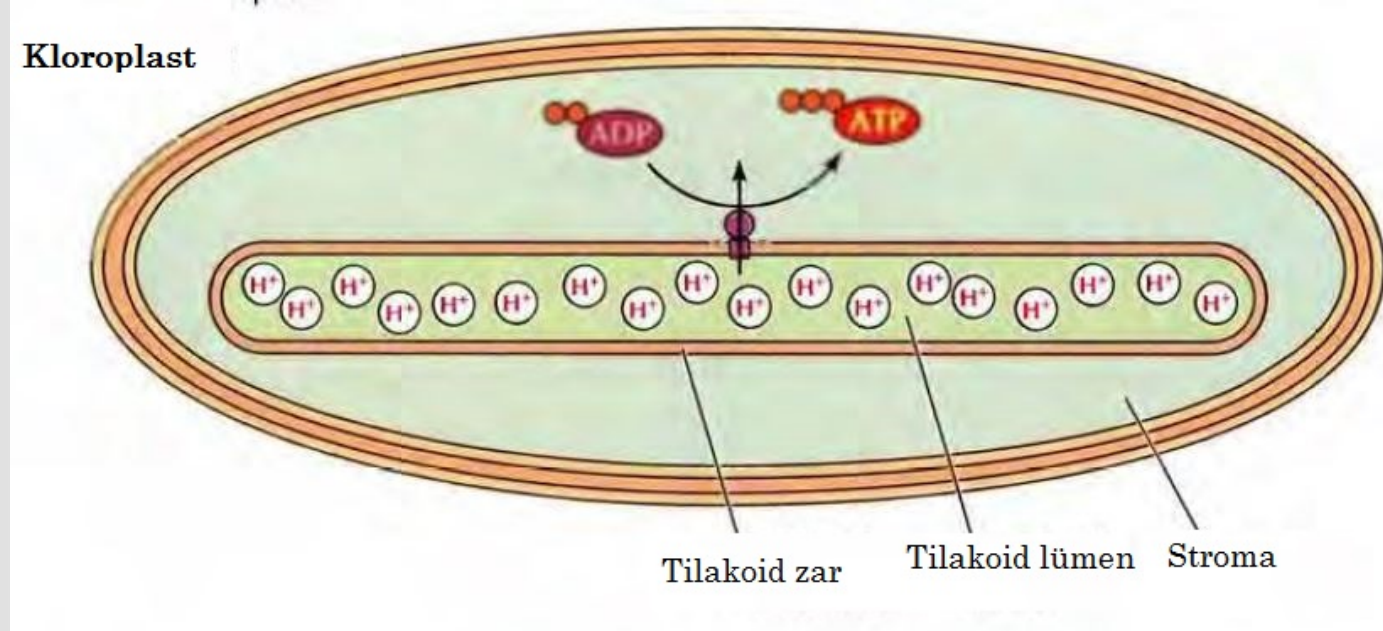
- Kloroplastın **dış zarı** porinler içerdiği için tıpkı mitokondrilerde olduğu gibi küçük moleküllerin serbest geçişine izin verir.
- İyonların ve metabolitlerin **iç zardan** geçebilmesi ancak zardaki özgün taşıyıcılar aracılığı ile gerçekleşir.

ÖZETLE

Kloroplast zarfının **iç ve dış zarı** tıpkı mitokondrinin iç ve dış zarı gibi organelin içi ile sitozol arasında moleküllerin geçişini **sınırlar**.

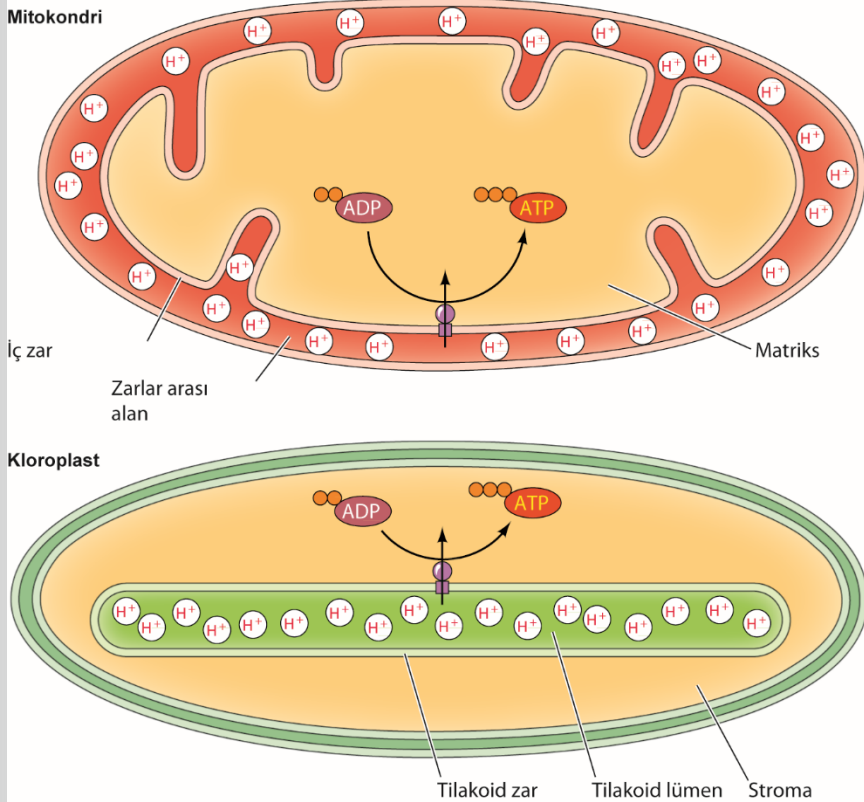
Kloroplasta bulunan tilakoid zar mitokondrinin iç zarı gibidir. Elektron taşınması ve ATP üretimi görevini üstlenir.

Kloroplastta bulunan iç zar mitokondrideki gibi krsta oluşturmaz.



Tilakoid zarda yerleşik olan elektron taşıma sistemi ve protonlar stromadan tilakoid lümenin içine pompalanır. Protonların stromaya geri döndüğü zaman elektrokimyasal gradient sonucunda ATP sentezi gerçekleşir.

Yapı ve işlev bakımından kloroplastlar ve mitokondriler arasındaki en büyük fark



tilakoid zardır.

Kloroplast Genomu

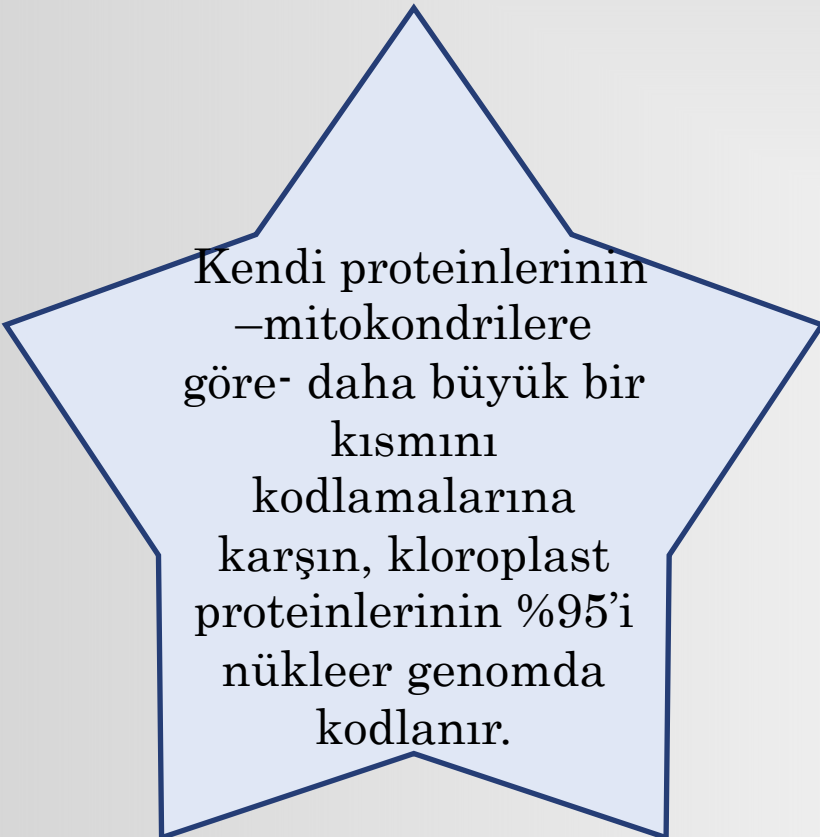
- Kendi genetik sistemlerine sahip oldukları için evrimde fotosentetik bakterilerden köken aldığı düşünülür.
- Mitokondri DNA'ları ile benzerlik gösterir. Çünkü ikisi de her organelde çoklu kopyalar şeklinde dairesel DNA'lar bulundurur. Fakat kloroplast genomu mitokondri genomundan daha büyük ve daha karmaşıktır. (100-200kb arasında ve ~150 gen içerir.)
- Farklı türlerin kloroplast genomları arasında her ne kadar belirgin değişkenlik bulunsa da genellikle ortak bir grup gen içerirler. Bu genler, gen ekspresyonunda görevli RNA ve proteinleri kodladıkları gibi fotosentezde işlev gören çeşitli proteinleri de kodlar :

Mitokondri genomunun kodladığı daha az sayıdaki tRNA'ya karşın , kloroplast tRNA'ları tüm mRNA kodonlarını evrensel genetik koda göre okumak için yeterlidir.



Fonksiyon	Gen Sayısı	Fonksiyon	Gen Sayısı
Gen ekspresyonu		Fotosentez	
rRNA'lar (23S,16S,5S)	3	Fotosistem I	8
tRNA'lar	30	Fotosistem II	18
Ribozomal proteinler	40	Sitokrom bf kompleksi	8
RNA polimeraz altbirimleri	4	ATP sentaz	8
Protein katlanması ve membrana yerleşme	14	NADP redüktaz dehidrogenaz	11
		Metabolizma	11

Kloroplast Proteinlerinin İçeri Giriři ve Tasnifi



Kendi proteinlerinin
–mitokondrilere
göre- daha büyük bir
k kısmını
kodlamalarına
karşın, kloroplast
proteinlerinin %95'i
nükleer genomda
kodlanır.

- ❑ Tıpkı mitokondrideki gibi sitozoldeki ribozomlarda sentezlenen proteinler, tamamlanmış polipeptit zincirleri olarak içeriye alınırlar.
- ❑ Bu polipeptit zincirleri sonrasında kloroplast içerisinde uygun yerleşim bölgelerine dağıtılır.
- ❑ Dağıtım işlemi kloroplastın üç zar sisteminin bulunmasından dolayı karmaşıktır.

Proteinlerin kloroplast stromasına alınması (import);

Transit Peptitleri

(N- ucunda bulunur. Genellikle 30-100 aminoasitten oluşur. Bu peptitler pozitif yüklü değildir. Bunun için kloroplast iç zarı güçlü bir elektrik potansiyel taşımaz. Bu da mitokondri protein alımındaki öncül dizilerden farklı olduğunu gösterir.)

Toc Kompleksine yönlendirilir.

(Kloroplast dış zarında bulunur)

Hsp70 molekülleri proteinin katlanmaması için hem de Toc kompleksine bağlanarak ATP hidrolizi ile **proteinin içeri alınmasını sağlar.**

Bazı Toc proteinleri GTP'ye bağlanır ve onu hidrolize ederek translokasyon için enerji kaynağı sağlar.

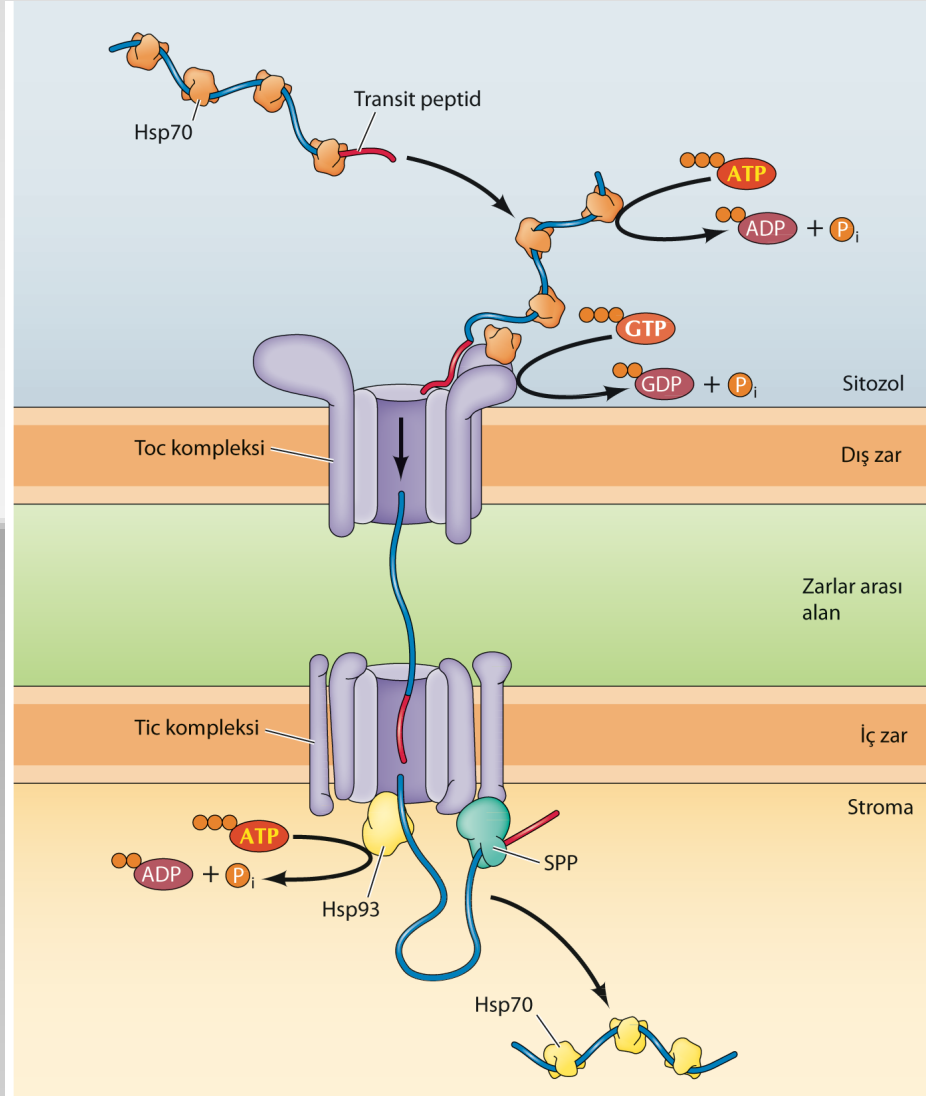
Protein stromal Hsp70 şaperonu ile birleşir.

Transit peptit stromada, kloroplast stromal işlemleyici peptidaz tarafından uzaklaştırılır.

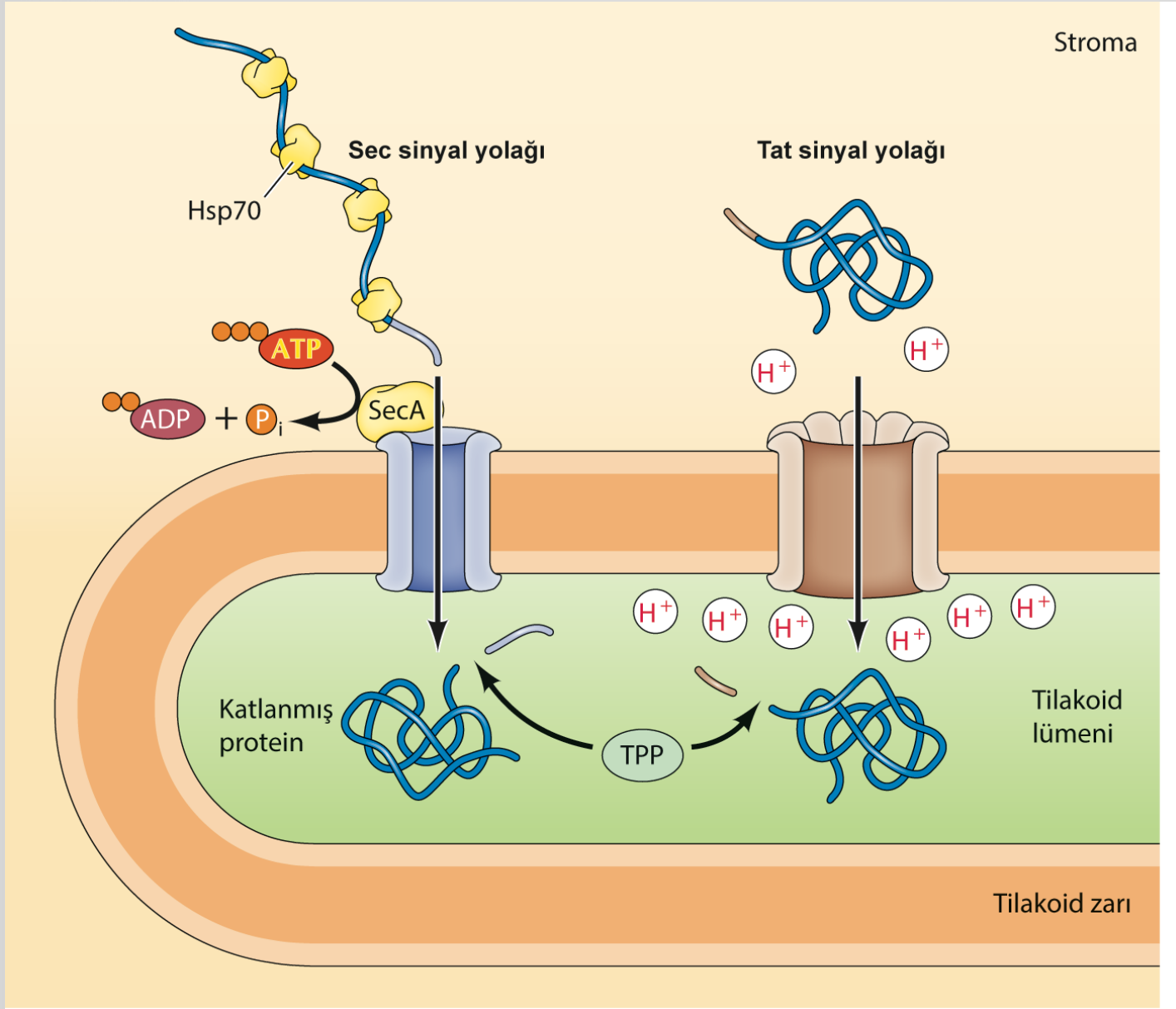
Hsp93 şaperonu (Tic kompleksinin stromal tarafı ile ilişkili) öncü proteini iç zara çeker

Öncü proteinler Tic Kompleksine transfer edilir.
(İç zarında bulunur.)

Proteinlerin kloroplast stromasına alınması (import)



Proteinlerin Tilakoid L mene Alınması

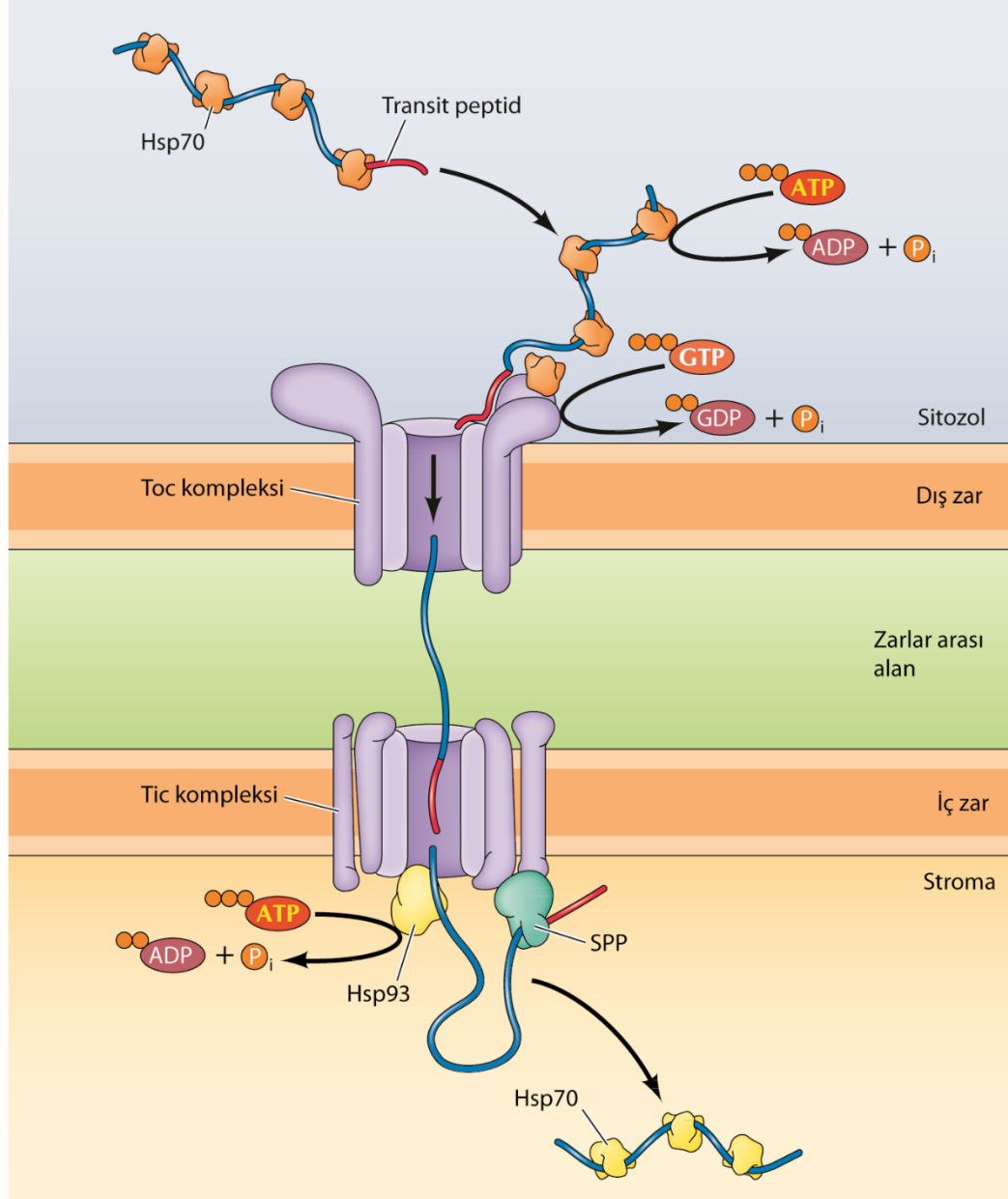


Proteinlerin stromadan tilakoid lümene aktarılması iki farklı yolak üzerinde gerçekleşir

1. Sec Sinyal Yolađı

2. Tat (Twin-Arginine Translocation) Sinyal Yolađı

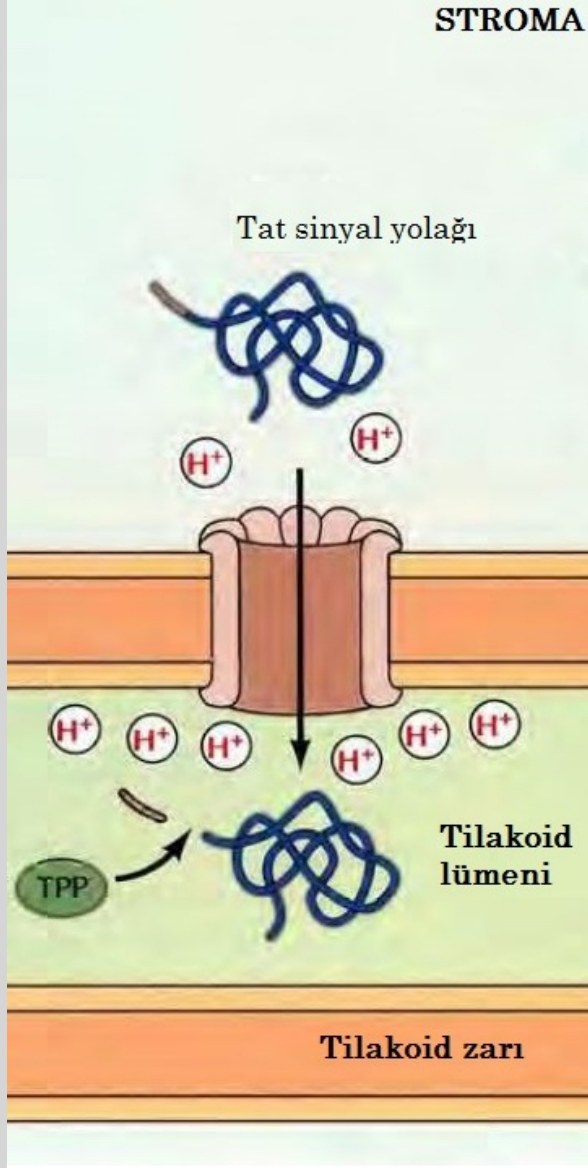
Sec Sinyal Yolađı



❖ Bakterinin protein salınımı için kullanılan bir yoldan evrimleşmiştir.

❖ SecA proteini tilakoid sinyal dizisini tanır ve ATP'den gelen enerjiyi kullanarak proteini lümene göndermek için Sec translokona yönlendirir.

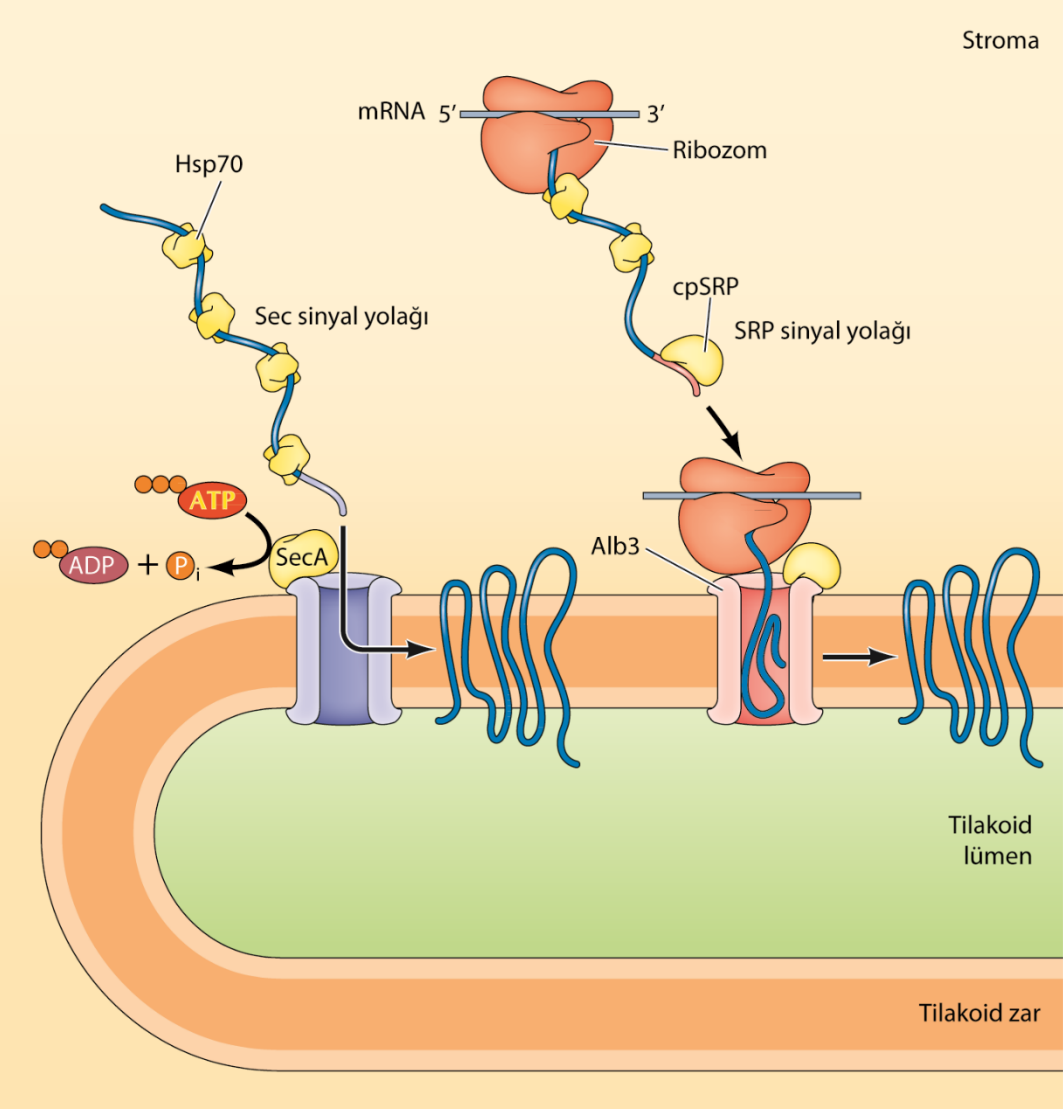
Tat Sinyal Yolađı



- ❖ Türkçeye çevirisi ikiz arjinin yer değiştirme (twin-arginine translocation) olan bu yolak, bakteri zarı yer değiştirme sistemi ile ilişkilidir.
- ❖ Proteinler ikiz arjinin sinyal dizisi ile tanınır ve tilakoid zar üzerinden tamamen katlanmamış olarak taşınırlar.
- ❖ Tilakoid lümene aktatılması için gerek duyulan enerji tilakoid zar üzerindeki proton gradienti ile sağlanır.

Her iki yolakta tilakoid sinyal
dizileri lümen içerisindeki
**TPP(Tilakoid işlemleyici
proteaz)** tarafından kesilir.

Proteinlerin Tilakoid Zara Hedeflenmesi



Üç yolak üzerinden hedeflenir.

1. Bazı transmembran proteinler tilakoid zara katılmak üzere Sec translokazdan lateral olarak ayrılır.
2. Bazı proteinler(kloroplast genomu tarafından kodlanan ve translokasyonu stromadaki ribozomlar tarafından gerçekleşen)kloroplast sinyal tanıma partikülü (cpSRP) tarafından tanınırlar ve Alb3 ile tilakoid zar içerisine yerleşirler.
3. Birçok tilakoid zar proteinlerinin yerleştirilmesi Sec ya da SRP yolaklarından bağımsızdır ve bilinen herhangi bir taşıma sistemini içermeyen «doğal» bir mekanizma ile gerçekleşebilir.

Diğer Plastidler

En tanınmışı olsa da, kloroplastlar **plastidler** adı verilen büyük bir bitki organeller ailesinin yalnızca bir üyesidir. Tüm plastidler kloroplastlarla aynı genoma sahiptirler, ancak yapı ve işlev yönleriyle farklılık gösterirler.

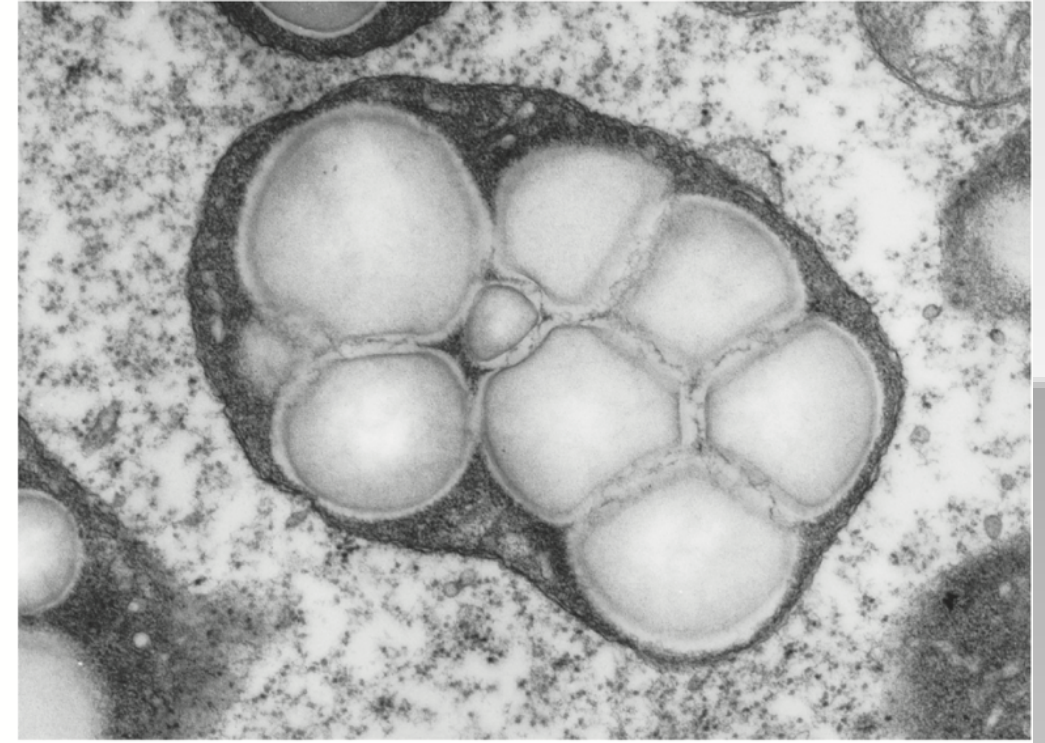
Kloroplastlar fotosentez için özelleşmişlerdir ve iç tilakoid zar sistemine sahip olmalarıyla ayrıcalıklıdırlar. Bitki hücresi metabolizmasının farklı yönlerinde görev alan diğer plastidler (amino asit, yağ asitleri ve lipidler, bitki hormonları, nükleotidler, vitaminler ve ikincil metabolitlerin sentezi gibi) plastid zarfının iki zarıyla çevrilmişlerdir ancak tilakoid zarlara ve fotosentez aygıtının diğer bileşenlerine sahip değildir.

Kloroplast ve amiloplastların elektron mikroskopi ile görüntülenmesi

(A)



(B)



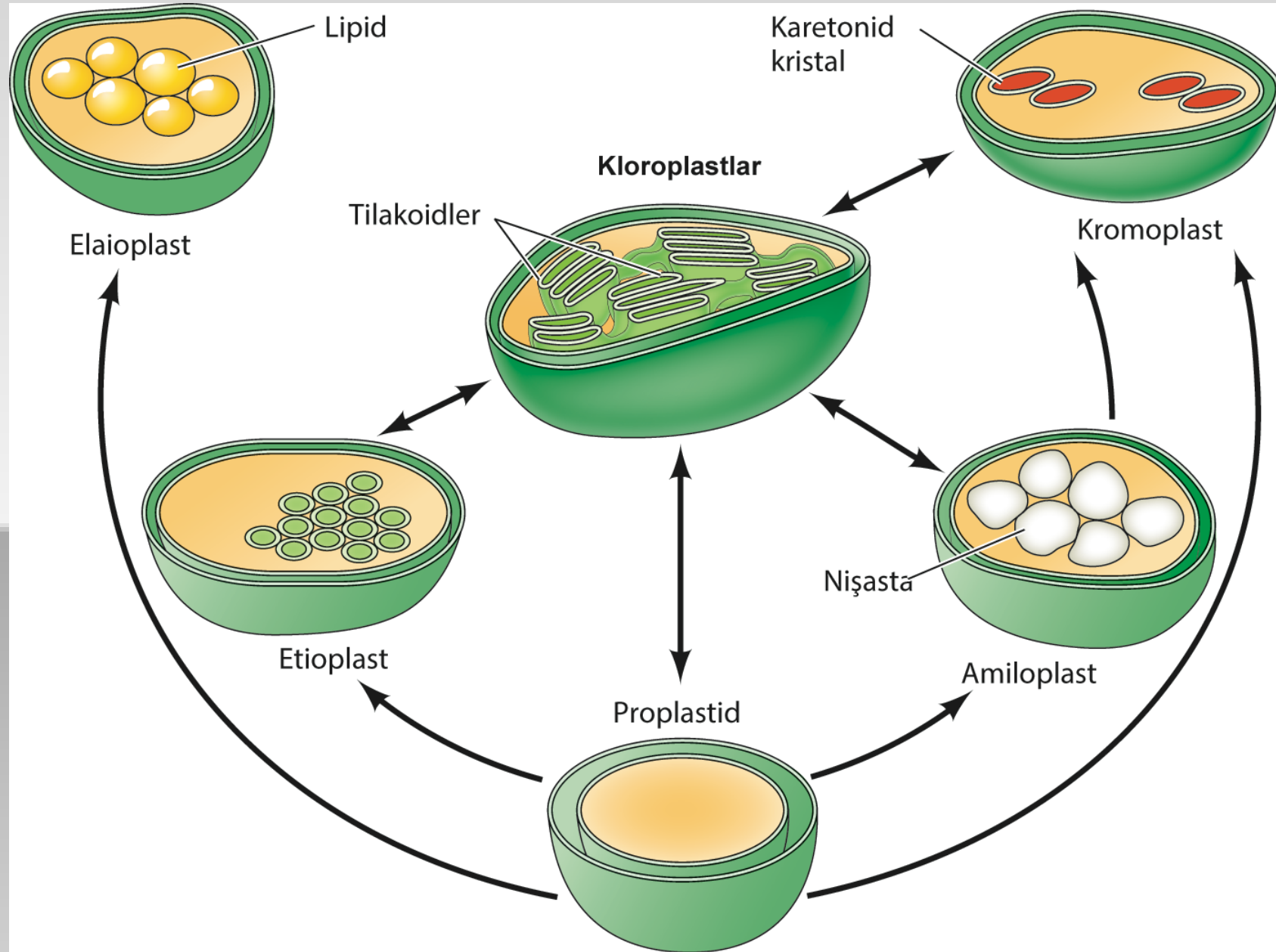
- A. Kloroplastlarda karatenoidlerin depolandığı lipid damlacıkları
- B. Amiloplastlar büyük nişasta granilleri içerir.

Farklı plastid tipleri genellikle içerdikleri pigmentlerin çeşidine göre sınıflandırılırlar. Kloroplastlar klorofil içerdikleri için böyle adlandırılmışlardır.

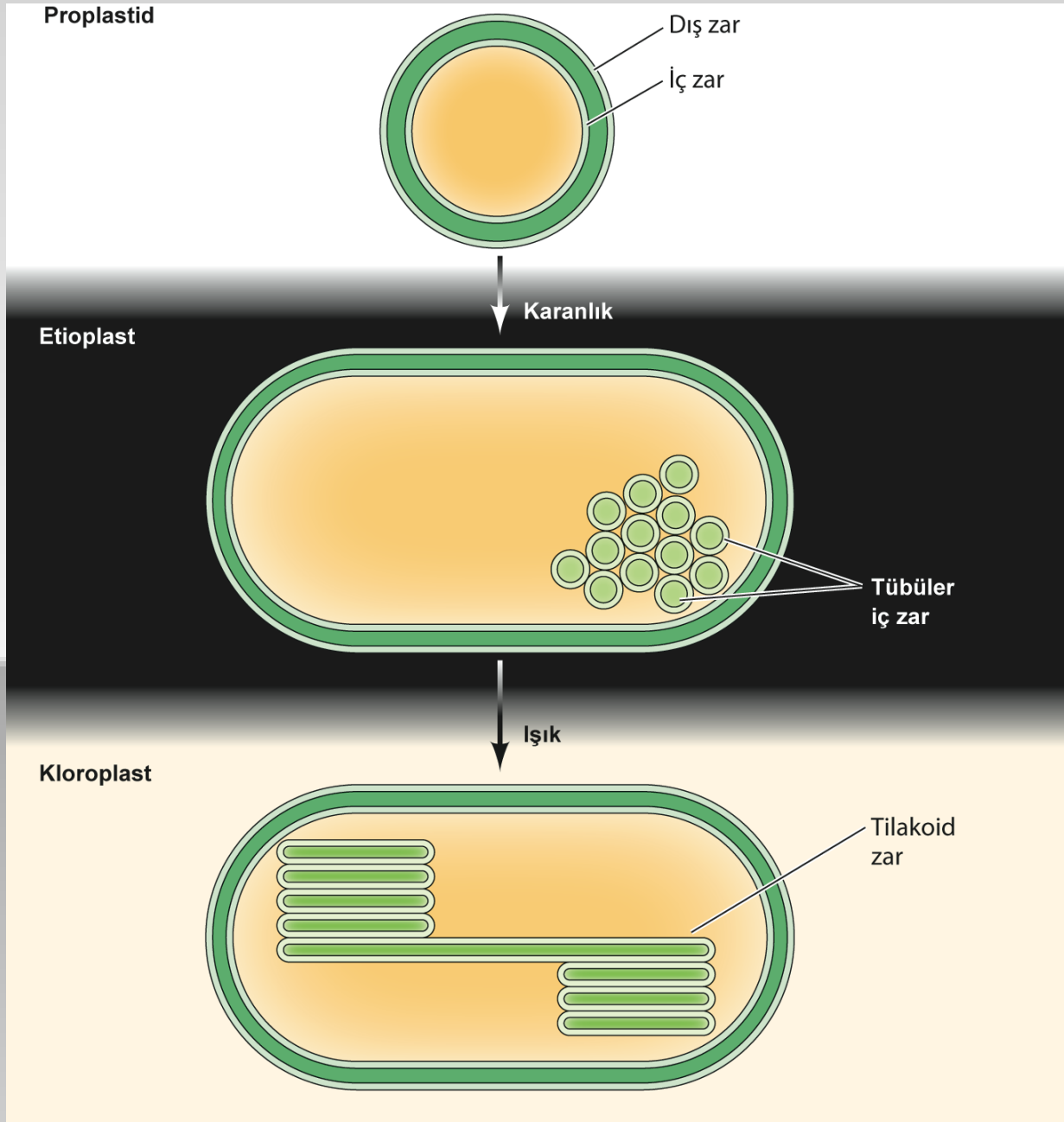
Kromoplastlar, klorofilden yoksundurlar fakat karetonoid içerirler, bazı çiçeklerin ve meyvelerin sarı, turuncu ve kırmızı renklerinin nedenidirler ancak, hücre metabolizmasındaki esas görevleri açık değildir.

Lökoplastlar pigment içermeyen plastidlerdir ve fotosentez yapamayan dokularda çeşitli enerji kaynaklarını depolarlar. **Amiloplastlar** ve **elایoplastlar** lökoplast örnekleridir ve sırasıyla nişasta ve lipid depolarlar.

Kloroplastlar dahil tüm plastidler, bitki kök ve filizlerindeki hızlı bölünen hücrelerde bulunan, küçük (çapı 0,5 ile 1 μm), farklılaşmamış organellerden, proplastidlerden türerler. Proplastidler daha sonra, farklılaşan hücrelerin gereksinimleri doğrultusunda, çeşitli tipte olgun plastidlere dönüşürler. Ayrıca, olgun plastidler bir tipten diğerine değişebilirler. Örneğin, meyvelerin olgunlaşması sırasında kloroplastlardan kromoplastlar gelişir. Bu olay sırasında, yeni tip karotenoidler sentezlenirken klorofil ve tilakoid zarlar yıkılır.



Plastidlerin dönüşümleri
Proplastidler,
kloroplastlar,
kromoplast, etyoplast
ve amiloplastlara
gelişebilir. Farklı
plastidler diğer tiplere
de dönüşebilir.



Kloroplastların gelişimi

Kloroplast yaprakların fotosentetik hücrelerinde bulunan proplastidlerden gelişir. Proplastidler sadece iç ve dış zardan oluşur. Tilakoid zar, kloroplast gelişimi sırasında iç zardaki vezikülün tomurcıklanması ile oluşur. Eğer bitki karanlıkta bırakılırsa kloroplast gelişimi ara evrede (etyoplast) Kalır. Etyoplastta kloroplast bulunmaz ve tübüler iç zardaki yarı kristal dizilere sahiptir. Işık varlığında kloroplast oluşturmak üzere gelişmeye devam eder.

Plastidlerin ilginç bir özelliği de, gelişimlerinin hem çevresel sinyallerle hem de hücre farklılaşmasının doğal programıyla kontrol edilmesidir. Örneğin,yaprakların fotosentetik hücrelerinde proplastidler kloroplastlara gelişir. Bu süreçte, plastid zarfının iç zarfindan tomurcuklanan veziküller tilakoid zarı oluştururken, fotosentez sisteminin çeşitli komponentleri sentezlenir ve birleştirilir. Ancak,kloroplastlar sadece ışık varlığında gelişir. Bitkiler, karanlıkta tutulacak olursa,yapraklardaki proplastidlerin gelişimi, iç zar tübüllerinin yarı kristal kümeler oluşturdukları ancak klorofolün sentezlenmediği bir ara kademede durur. Bu zarlar klorofil öncüllerine sahiptir fakat klorofil sentezlenememiştir. Karanlıkta büyütülmüş bitki daha sonra ışığa tutulacak olursa, etyoplastlar kloroplast oluşturmak üzere gelişmeye devam ederler.

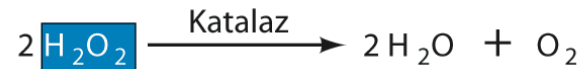
Kloroplastlar ve diğ er plastidlerin içinde bulunan proteinlerin  oğ  nükleer genler tarafından kodlandığından, plastid gelişiminin kontrolü plastid ve nükleer genom arasında gen ekspresyonunun koordinasyonunu gerektirir. Bu nedenle kloroplast ve diğ er plastidler, nükleusa fotosentezde görev alan proteinler gibi plastid proteinleri kodlayan nükleer genlerin transkripsiyonunu düzenleyen sinyaller gönderir.  ekirdeğ e doğ ru gelişen plastid sinyal iletiminden sorumlu mekanizmaların anlaşılması, bitki moleküler biyolojisinin önemli konularından bir tanesidir.

Peroksizomlar

Peroksizomlar küçük,tek bir zarla çevrili organellerdir,enerji metabolizmasının bazı yönleri dahil çeşitli metabolik reaksiyonlarda görev alan enzimleri içerirler.Birçok insan hücresi,hücrenin metabolik aktivitesine bağlı olarak 100-1000 arası peroksizom barındır.Peroksizomların kendilerine ait genomları yoktur ve bütün proteinleri nükleer genom tarafından sentezlenir.Mitokondri ve kloroplastlara benzer şekilde,birçok peroksizom proteini serbest ribozomlar üzerinde sentezlenir ve daha sonra peroksizomlara tamamlanmış polipeptid zincirleri şeklinde gönderilir.Ancak bazı zar proteinleri peroksizoma endoplazmik retikulumdan gönderilir.Ayrıca,mitokondri ve kloroplastlara benzer şekilde,peroksizomlar da bölünerek çoğalabilirler.Ancak bu organellerden farklı olarak hücrede tamamen kaybolsalar bile hızlı bir şekilde rejenere olabilirler.Mitokondri ve plastid proteinleri prokaryotlardaki proteinlere benzerken,peroksizom proteinleri endosimbiyotik kökenlerinden dolayı tipik ökaryot proteinleridir.

Peroksizomların İşlevleri

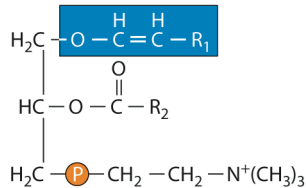
İnsan peroksizomları, belirli dokulara özgü çeşitli metabolik yolaklarda önemli olan 50'nin üzerinde farklı enzim içerir. Başlangıçta peroksizomlar, hidrojen peroksit üretimine yönelik oksidasyon reaksiyonlarının yer aldığı organeller olarak tanımlanmıştır. Hidrojen peroksitin hücre için zararlı olması nedeniyle peroksizomlar aynı zamanda, hidrojen peroksidi suya dönüştürerek veya diğer organik bileşikleri oksitlemek amacıyla kullanarak ayrıştıran **katalaz** enzimini de içerirler. Ürik asit, amino asitler, pürinler, metanol ve yağ asitleri gibi çeşitli substratlar peroksizom içersinde bu gibi oksidatif reaksiyonlarla yıkılırlar. Yağ asitlerinin oksidasyonu, metabolik enerjinin en büyük kaynağı olması nedeniyle özel öneme sahip bir örnektir. Hayvan hücrelerinde yağ asitleri hem peroksizomlarda hem de mitokondride oksitlenirler, maya ve bitki yağ asitlerinin yükseltgenmesi peroksizomlarla sınırlıdır. Memeli peroksizomları, özellikle çok uzun zincirli ve dallanmış yağ asitlerinin yıkımında rol oynar.



veya

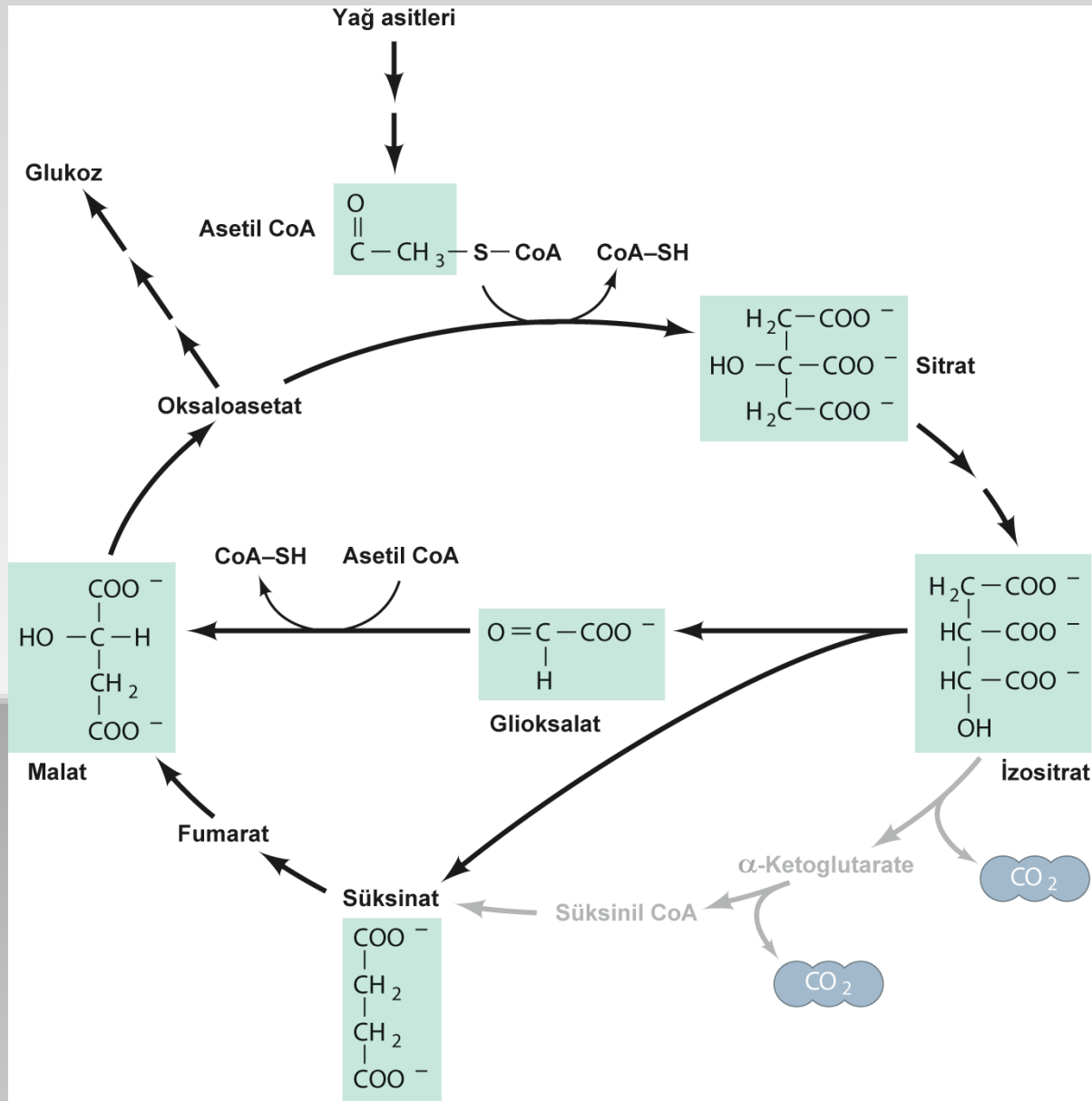


Peroksizomlarda yağ oksidasyonu yağ asitlerinin oksidasyonuna, oksijenden hidrojen peroksit oluşumu eşlik eder. Hidrojen peroksit katalaz tarafından, suya dönüştürülerek ya da diğer organik bileşikler oksitleyerek ayrıştırılır.



Plazmajenin yapısı

Görülen plazmajen fosotidil kolin benzeridir. Ancak, yağ asidi zincirinden biri gliserole ester yerine eter bağıyla bağlanmıştır.



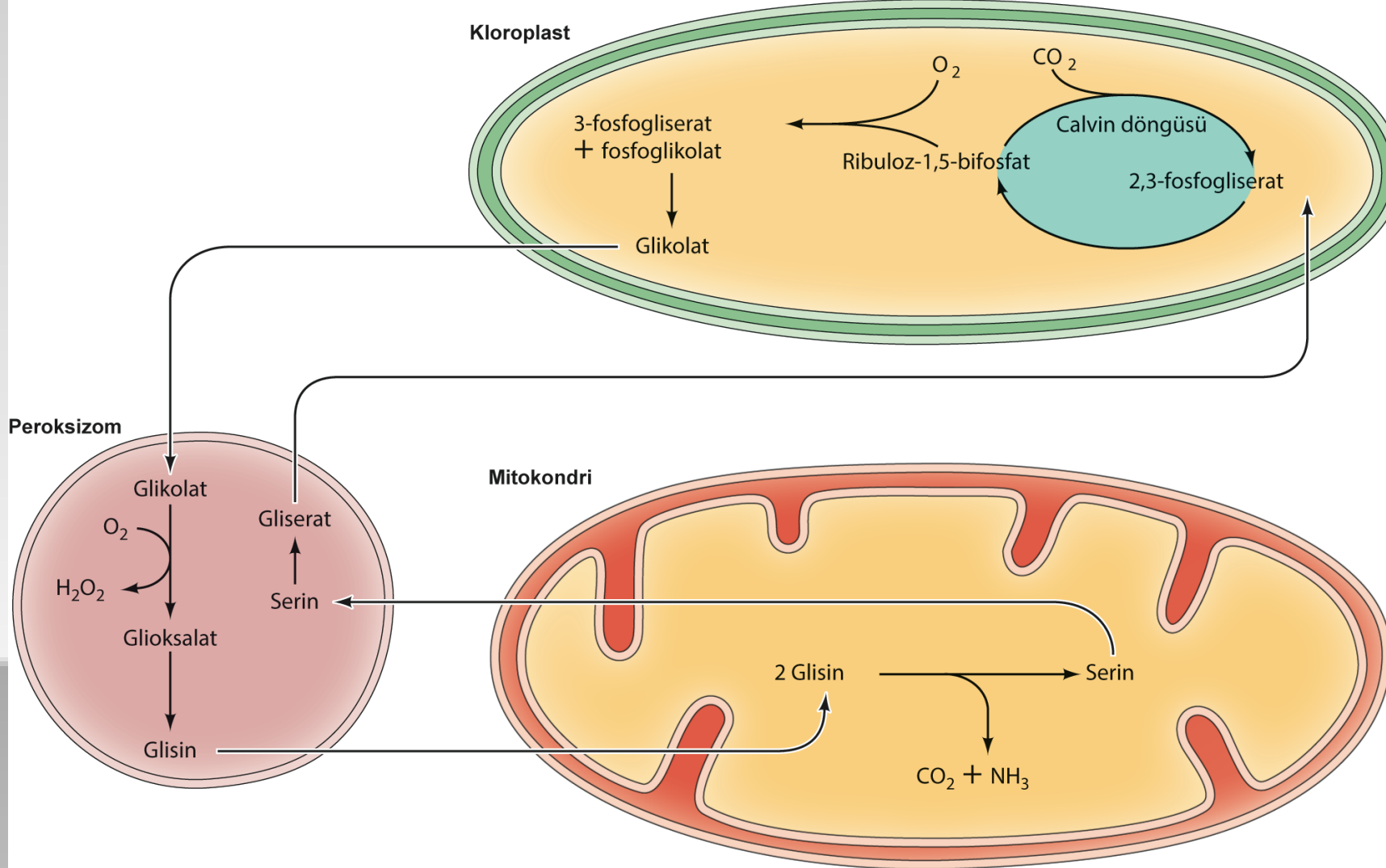
Glioksilat döngüsü

Bitkiler sitrik asit döngüsünün bir çeşidi olan glioksilat döngüsü ile yağ asidinden karbohidrat sentezleyebilirler.

Yükseltgenme reaksiyonları için bir bölme sağlamalarının yanı sıra,peroksizomlar lipidlerin ve lizin amino asidinin biyosenteziyle de ilgilidirler.Hayvan hücrelerinde kolesterol ve dolikol,ER ile birlikte peroksizomlarda da sentezlenir.Peroksizomlar,karaciğerde kolesterolden türetilen safra asitlerinin sentezinde de görev alırlar.Peroksizomlar ayrıca,gliserolle ester bağı yerine eter bağı yapan hidrokarbon zincirlerinden biri olan fosfolipid ailesi plazmojenleri sentezleyen enzimleri de barındırırlar.**Plazmojenler**,her dokuda bulunmamakla birlikte,özellikle kalp ve beyin olmak üzere bazı dokularda önemli zar bileşenleridir.

Peroksizomların bitkilerde özellikle önemli iki işlevi vardır. Birincisi tohumda bulunan peroksizomların depolanmış yağ asitlerinin karbonhidratlara çevrilmesinden sorumlu olması. Bu filizlenen bitkinin büyümesi için gerekli enerji ve ham maddenin sağlanması açısından son derece önemlidir ve **glioksilat döngüsü** adı verilen sitrik asit döngüsünün benzeri olan bir dizi reaksiyonlarla gerçekleşir. İçinde bu döngünün yer aldığı peroksizomlar glioksozom olarak adlandırılır.

İkinci olarak yapraktaki peroksizomlar,fotosentez sırasında ortaya çıkan bir yan ürünü metabolize eden fotosolunum ile ilgilidirler.Fotosentez sırasında karbondioksit Calvin döngüsü denilen bir dizi reaksiyonla karbonhidratlara dönüştürülür.İlk aşama,karbondioksitin iki molekül 3-fosfogliserat oluşturmak üzere,beş karbonlu şeker ribülöz 15-bisfosfat'a eklenmesidir.Ancak bazen ilgili enzim karbondioksit yerine oksijen bağlanmasını katalizleyerek bir molekül 3-fosfogliserat ve bir molekül fosfoglikolat oluşturur.Bu gerçekleştiğinde,fosfoglikolat glikolata dönüştürüldükten sonra peroksizomlara aktarılır ve burada oksitlenerek glisine çevrilir.Glisin daha sonra mitokondriye aktarılır ve burada iki molekül glisin,karbondioksit ve amonyak kaybıyla bir molekül serine dönüştürülür.Serin daha sonra gliserata dönüştürüldüğü peroksizomlara geri döner.Son olarak,gliserat kloroplasta geri gönderilir ve yeniden Calvin döngüsüne katılır.



Fotosolunumda peroksizomların rolü

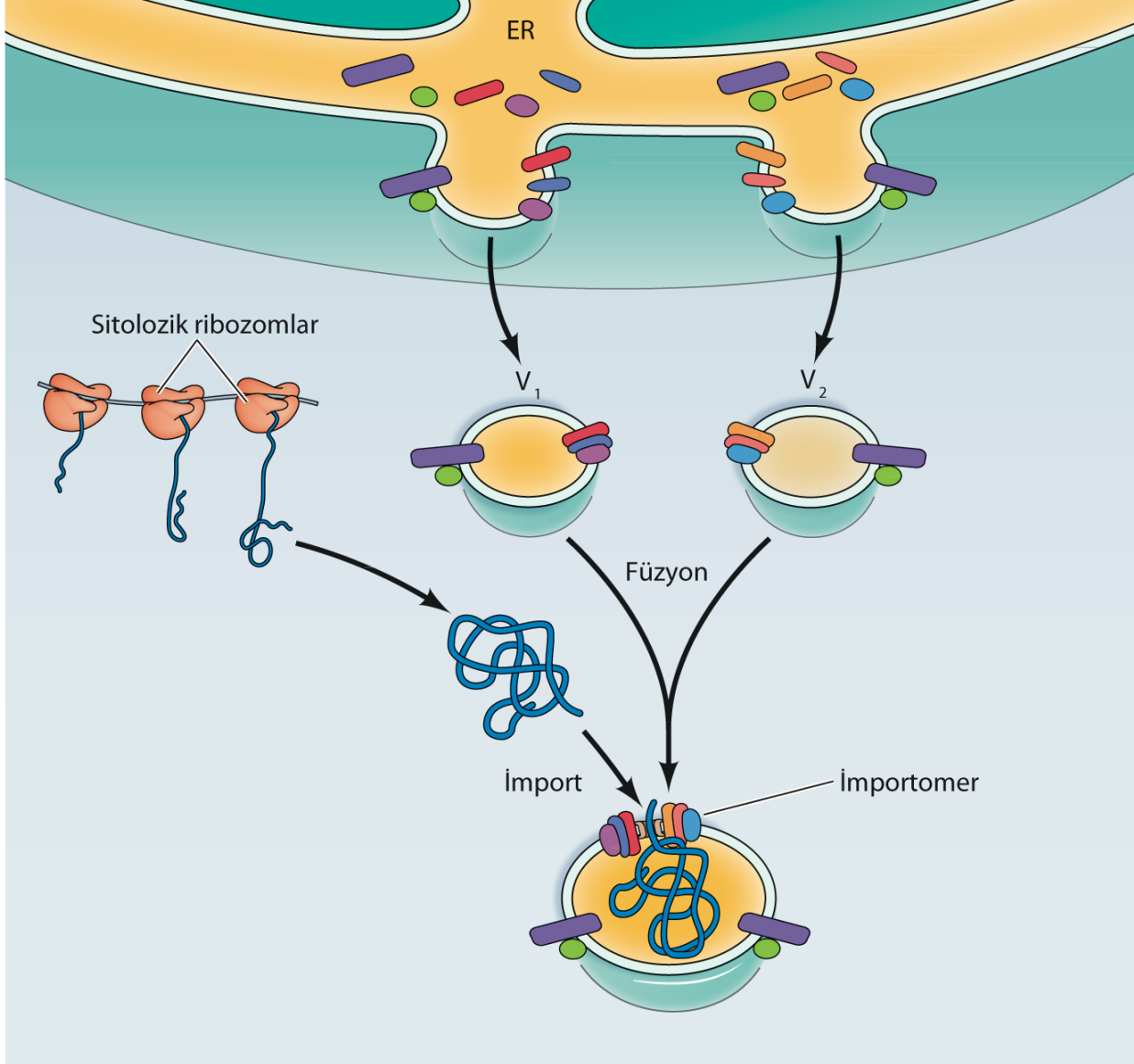
Fotosentez sırasında Calvin döngüsü ile, CO₂ karbohidratlara dönüştürülür ve bu döngü CO₂in beş karbonlu bir şeker olan ribüloz 1,5-bifosfata eklenmesi ile başlar. Ancak, bazen ilgili enzim CO₂ yerine O₂ eklenmesini katalizler ve bunun sonucunda iki karbonlu bir bileşik olan fosfoglikolat üretilir. Glikolata dönüşen fosfoglikolat daha sonra peroksizomlara iletilir ve burada oksitlenerek glisine dönüştürülür. Mitokondriye taşınan glisin serine dönüştürülür.

Aslında fotosentezin karşıtı olup,hiç ATP üretmeden oksijen kullanıp karbondioksit oluşturduğundan,fotosolunumun bitkiye bir yararı yoktur.Ancak arada sırada karbondioksit yerine oksijen kullanımı rubisconun doğal özelliğı olduğundan fotosolunum genellikle fotosenteze eşlik eder.Bu nedenle peroksizomlar,glikolat yapısındaki karbonların çoğunun geri kazanılmasını ve kullanılmasını sağlayarak önemli bir rol oynarlar.

Peroksizom yapılanması

Peroksizomların yapılanması serbest sitozolik ribozomlar üzerinde sentezlenen ve ER'den peroksizomlara taşınan proteinler üzerinden gerçekleşir.İç kısımda yerleşen peroksizomal proteinler,serbest sitozolik ribozomlar üzerinde sentezlenir ve daha sonra peroksizomlara alınırlar,ancak birçok peroksizomal transmembran protein peroksizomlara ER'den taşınırlar.Bu transmembran proteinler,metabolitlerin taşınmasında rol oynayan proteinleri ve peroksin ya da Pex proteinleri olarak adlandırılan ve peroksizom yapılanmasında rol oynayan proteinleri de kapsamaktadır.

Birçok transmembran proteini önce ER'ye doğru ilerler ve ER zarına yerleşir. Daha sonra ER'nin belli bir bölgesinden veziküller halinde tomurcuklanır. Peroksizomal ER'den vezikül tomurcuklanması, ER'den tomurcuklanan diğer veziküllerden COPII kılıfına sahip olmaması ve peroksizom üzerinden oluşması yönüyle ayrılır. Peroksizomal ER'den gelen veziküller golgi aygıtına hedeflenmek yerine, matriks proteinlerinin içeri alınabileceği peroksizomları oluşturmak üzere birleşir.

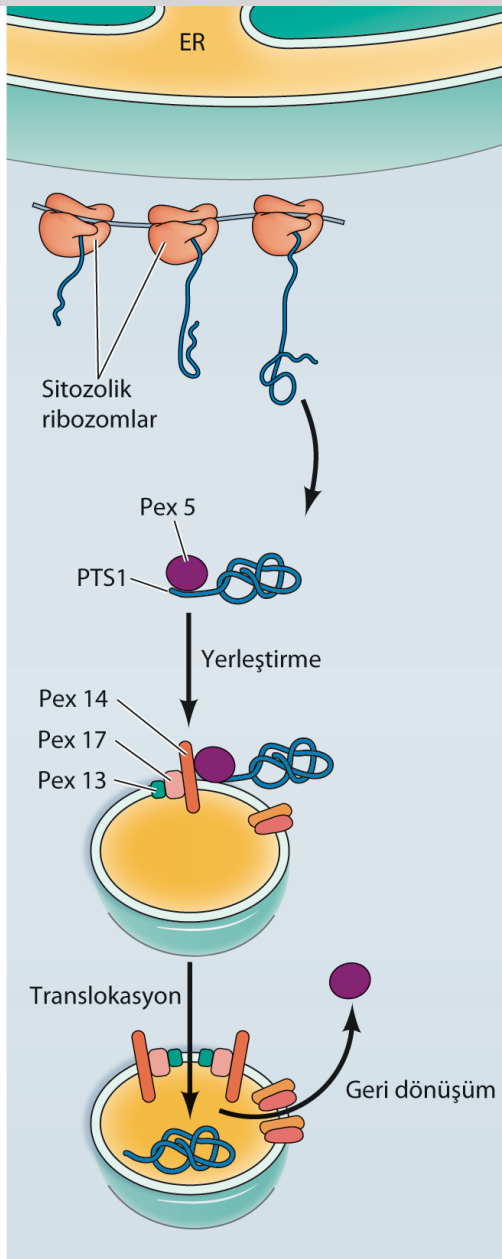


Peroksizomların birleşmesi

Proksizomların transmembran proteinleri ER'den köken alır. Farklı transmembran proteinleri taşıyan iki farklı tip vezikül (v1 ve V2) fonksiyonel bir peroksizom oluşturmak üzere birleşir. Bu farklı proteinlerin birleşimi sitozolik ribozomlar üzerinde sentezlenen, iç peroksizom proteinlerinin içeriye alınmasını sağlayan bir düzeneği oluşturur.

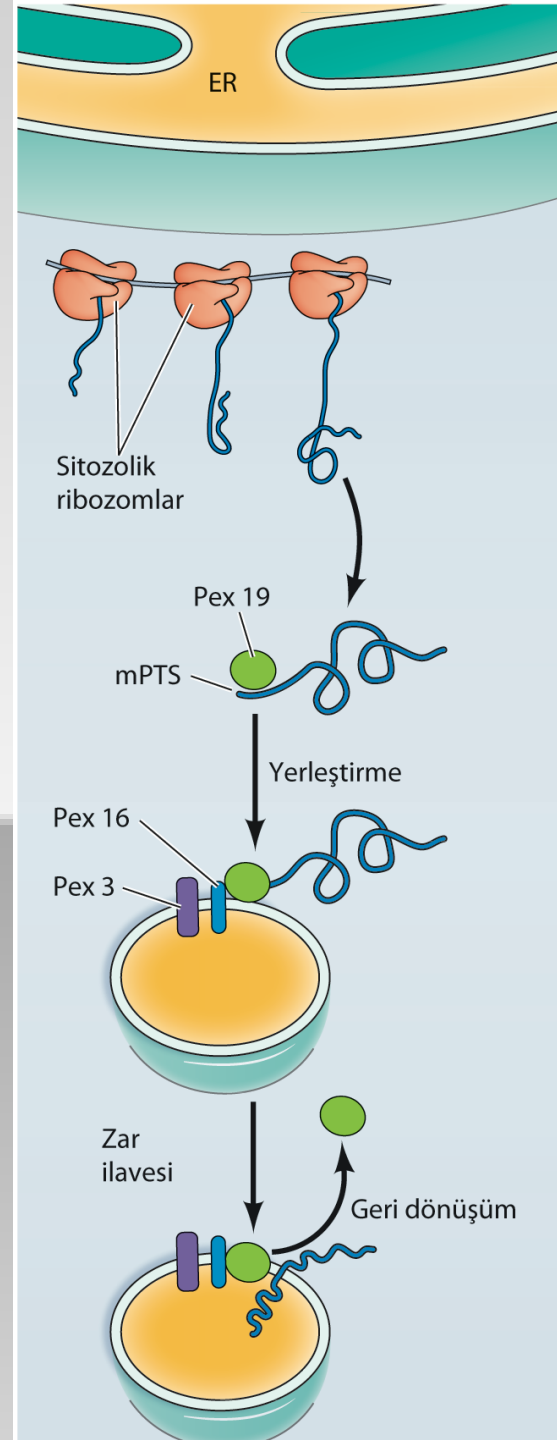
Peroksizom matriks proteinlerinin translasyonu serbest sitozolik ribozomlar üzerinde gerçekleşir. Daha sonra, tamamlanmış ve katlanmış polipeptidler olarak peroksizomlara alınırlar. Bu proteinler peroksizomlara, mayadan insana kadar korunmuş olan iki yolak üzerinden hedeflenirler. Birçok protein peroksizomlara karboksi uçlarındaki Ser-Lys-Leu basit amino asit dizisi (peroksizom hedef sinyali 1, PTS1) ile hedeflenir. Az sayıda protein ise amino uçlarındaki dokuz amino asitten oluşan sekans (peroksizom hedef sinyali 2, PTS2) ile hedeflenir. PTS1 ve PTS2, farklı sitozolik reseptörler olan sırasıyla Pex5 ve Pex7 peroksinleri tarafından tanınır. Peroksizomlara protein translokasyonu zar üzerinden büyük proteinlerin ve protein komplekslerinin geçişinde aracılık eder. Pex5/kargo kompleksi önce peroksizom zarı üzerinde, diğer 3 peroksini içeren bir bağlanma kompleksine bağlanır. Pex5 ve Pex14 sonrasında kargonun zar üzerinde kargonun peroksizoma geçeceği bir por oluşturur. Pex5, zardaki diğer Pex proteinleri tarafından geri dönüşür ve sonraki kargo alım döngülerinde kullanılır.

İç matriks proteinleri ve bazı peroksizom zar proteinleri sitozolik ribozomlar üzerinde sentezlenir. Bu proteinler, Pex19 sitozolik reseptörü tarafından tanınan ve peroksizom zarını hedefleyen bir sinyale sahiptir. Pex19/kargo kompleksleri peroksizom zarındaki Pex3 ve Pex16 tarafından tanınır. Pex19, kargo proteinlerinin lipid çift tabakaya dahil olmasının yanı sıra, kompleksler halinde yapılanmalarına aracılık eder.

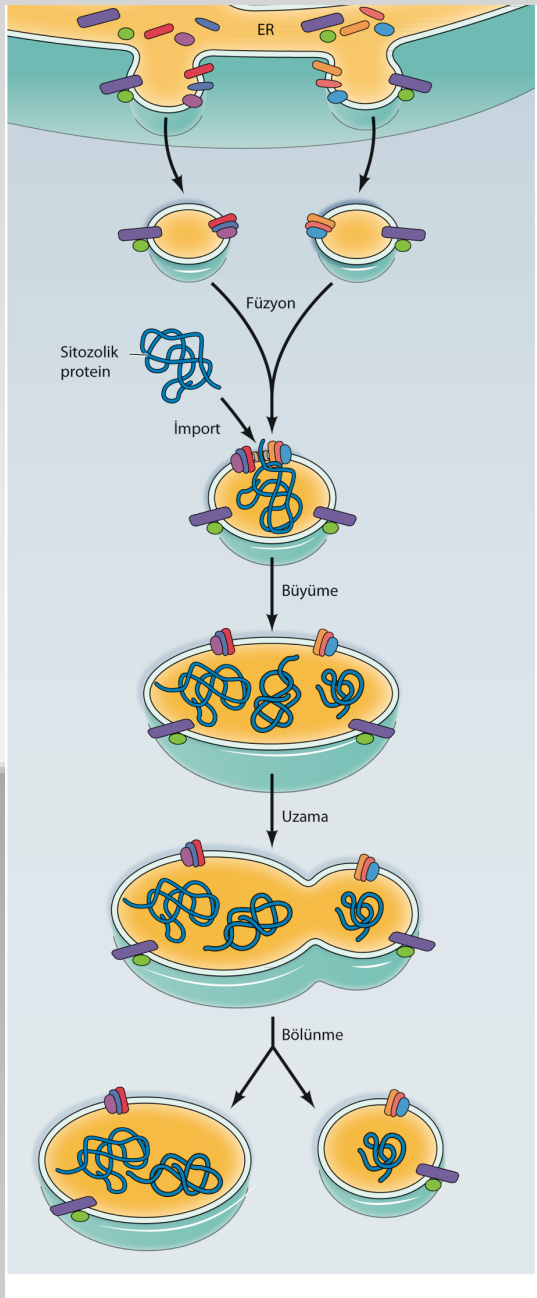


Peroksimal matriks proteinlerinin içeriye alınması

PTS1 hedefleyici sinyal içeren peroksimal matriks proteinleri Pex5 sitozolik reseptörü tarafından tanınır. Pex5/kargo kompleksi peroksimal zarı üzerindeki komplekse (pex13, pex14 ve Pex17) bağlanır. Pex5 ve Pex14 zar üzerinde bir por oluşturur ve kargo proteini peroksimoma aktarılır. Pex5 daha sonra sitozole geri döner.



Peroksimal zar proteinlerinin sitozolden alınması (import)
Sitozoldaki ribozomlar üzerinde sentezlenen peroksimal zar proteinleri, Pex19 sitozolik reseptörü tarafından tanınan mPTS hedefleyici sekansına sahiptir. Pex19/kargo kompleksleri peroksimal zarındaki Pex3 ve Pex16'ya bağlanır. Pex19, kargonun zara yerleşimini ve lipid çift tabaka içerisindeki protein komplekslerinin birleşmesini düzenler. Pex19 sonra sitozole geri döner.



Yeni peroksizomlar ER'den vezikül tomurcuklanmasını takip eden matriks proteinlerinin içeri alınmasıyla oluşabildiği gibi eski peroksizomların büyüme ve bölünmesi ile de oluşabilir.

Hem yeni peroksizomların de novo oluşumu, hem de mevcut peroksizomların büyüme ve bölünmesinin hücrenin farklı metabolik gereksinimlerine yanıt vermesiyle peroksizom popülasyonunun korunmasına katkı sağladığı düşünülmektedir.