

SOLUNUM

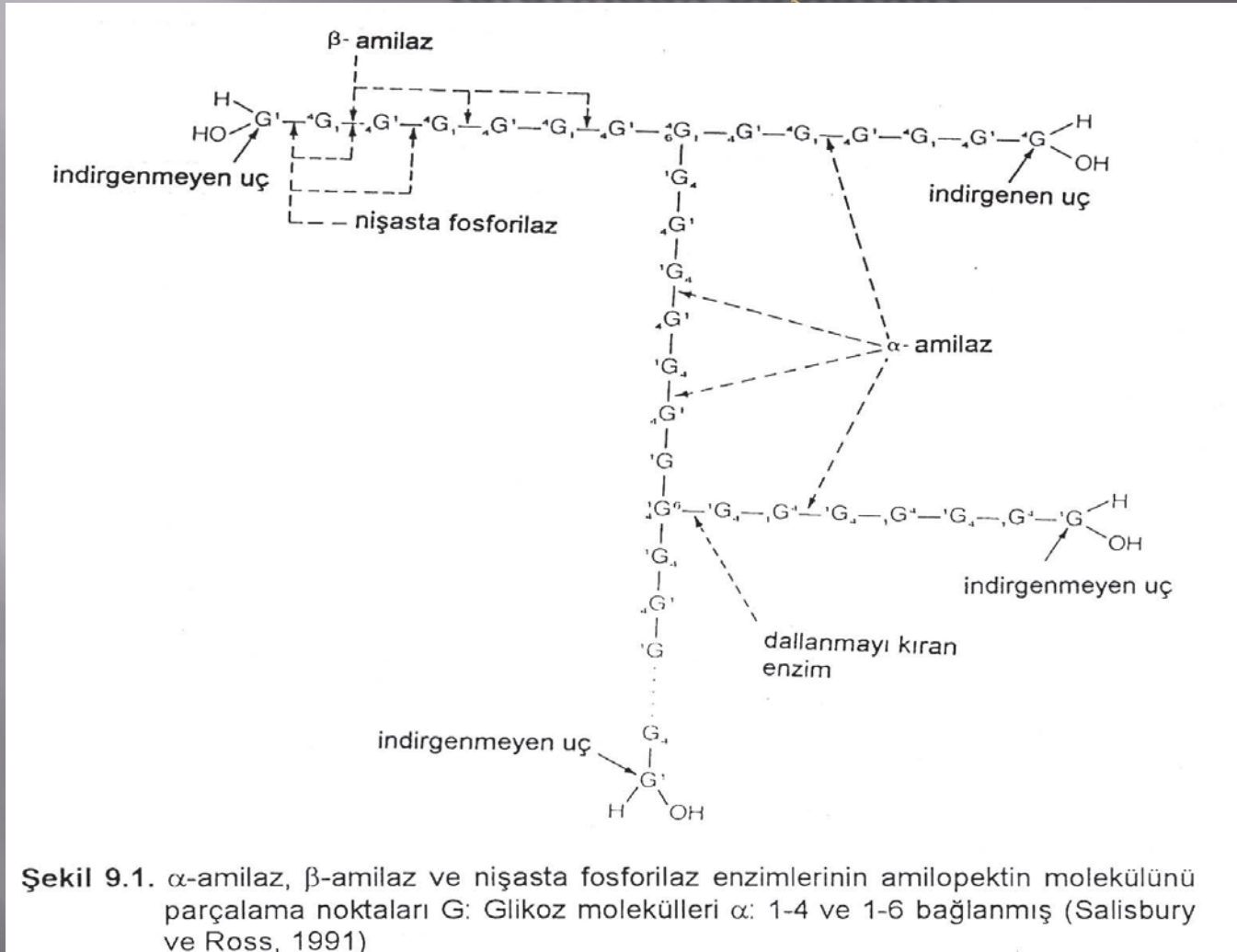
- ▣ Solunum bütün aktif hücrelerde oksijenin absorbe edilmesi ve buna eşdeğer miktarda karbondioksitin salınması şeklinde sürekli olarak devam eden bir prosestir.
- ▣ Solunumda organik bileşikler karbondioksite yükseltgenir ve absorbe edilen oksijen ise suya indirgenir.
- ▣ Nişasta, şekerler, yağlar, organik asitler ve bazı koşullarda proteinler solunum substratı olarak kullanılırlar.



9.2. Depolanmış Karbonhidratlardan Hekzoz Şekerlerin Oluşumu

- ▣ Tohumlarda depolanan nişasta, amilopektin (çok dallı) ve amilaz (az dallı) moleküllerini içerir. Kloroplastlarda fotosentez esnasında akümüle olmuş nişasta pek çok bitkinin yaprakları için karbonhidrat rezervini oluşturur.
- ▣ Tohumların endosperm veya kotiledonları bol miktarda nişasta içerir ve bunun büyük bir kısmı çimlenme esnasında bitkiye taşınır.

Nişastanın glikoza parçalanmasında temelde üç farklı enzim görev yapar. Bunlar α -amilaz, β -amilaz ve nişasta fosforilazdır. Nişastanın parçalanma işlemi öncelikle α -amilaz enzimi tarafından başlatılır.



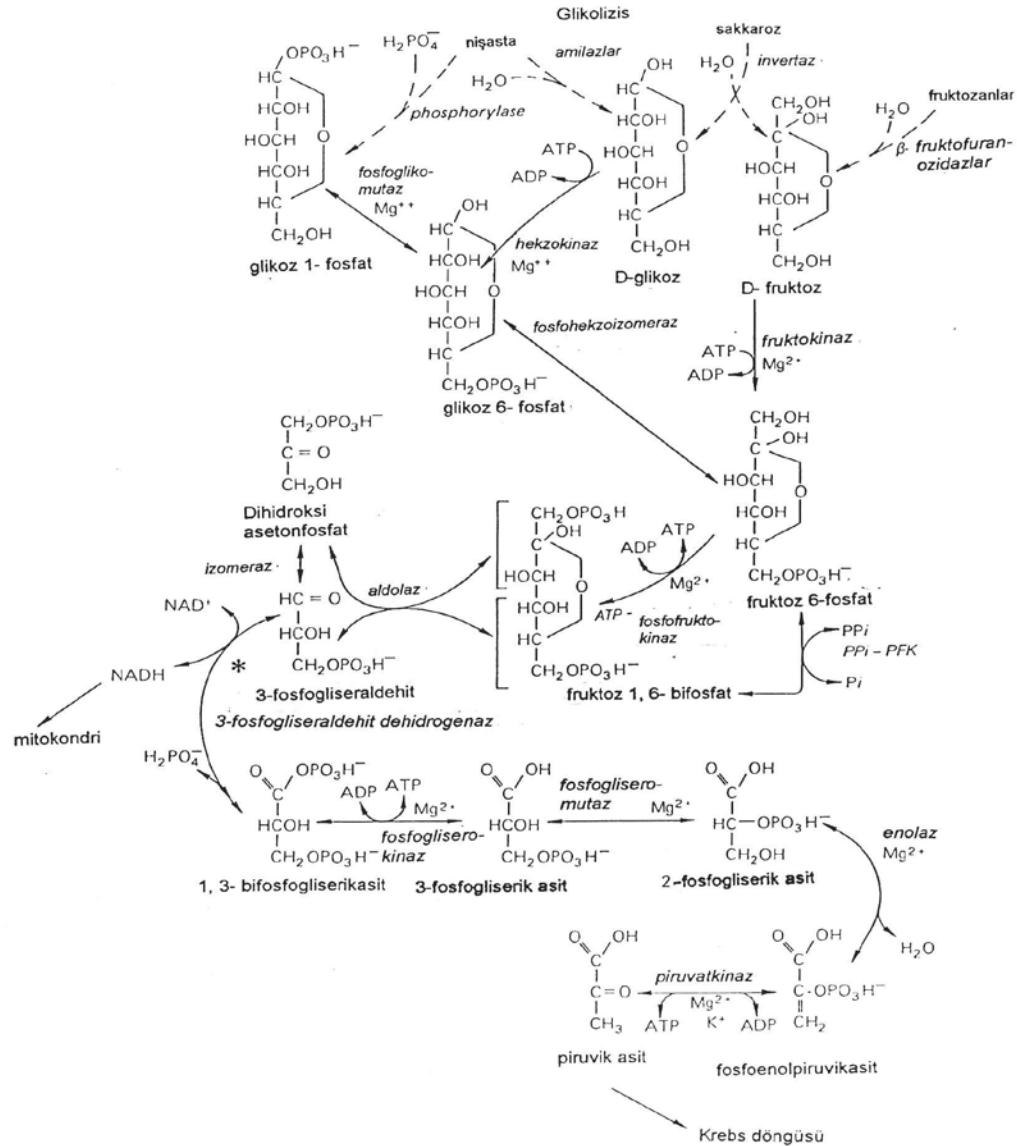
Şekil 9.1. α -amilaz, β -amilaz ve nişasta fosforilaz enzimlerinin amilopektin molekülünü parçalama noktaları G: Glikoz molekülleri α : 1-4 ve 1-6 bağlanmış (Salisbury ve Ross, 1991)

- ▣ **α -amilaz, amilaz ve amilopektin moleküllerinin 1-4 bağlarını parçalar.** Parçalanma ürünleri halen büyük moleküllerdir. Dallanmanın az olduğu amiloz zincirleri tekrar α -amilaz ile parçalanarak **maltoz** oluşur.
- ▣ Maltoz iki molekül glikoz içeren bir disakkarittir (Maltoz+H₂O → 2 α -D glukoz). α -amilaz, 1-6 bağlarını parçalayamaz ve bu aşamada parçalanma durur.
- ▣ **β -amilaz, nişastayı β -maltoza parçalar.** Bu enzim önce indirgen olmayan uçları parçalar. β -amilazın etkisiyle amiloz molekülünün neredeyse tamamı hidrolize uğramış olur. Bununla birlikte amilopektin parçalanması tamamlanmamıştır.
- ▣ Dallanmış dekstrinler halen mevcuttur. Her iki amilaz enzimi de nişasta moleküllerinin bağlarını koparabilmek için, bir bağ için 1 molekül suya ihtiyaç duyarlar. Dolayısıyla bu enzimler hidrolaz enzimleridir.

- ▣ Nişasta fosforilaz nişastayı indirgen olmayan uçlardan başlayarak parçalar. Bu parçalanmada, diğerlerinde olduğu gibi su kullanılmaz. Suyun yerine madde fosfata bağlanır ve **nişastadan glikoz 1-fosfat oluşur**. Amilopektin molekülleri nişasta fosfotaz ile kısmen parçalanır. Parçalanma bir biri ardı sıra devam ederek α 1-6 bağlı bir kaç glikoz molekülü yeni dekstrinler kalıncaya dek devam eder.
- ▣ Bu üç enzim tarafından parçalanan nişasta molekülleri tekrar dallanamaz ve izoaminler ve limit dekstrinaz gibi enzimlerle tamamen parçalanırlar. **Sonuç olarak nişasta molekülünden maltoz, glikoz ve glikoz 1-P meydana gelmiş olur.**

9.3. Glikolizis

- ▣ Glikoz, glikoz 1-P veya fruktozun bir seri reaksiyonla **piruvik asite** dönüştürülmesine glikolizis adı verilir.
- ▣ Solunumda glikolizis reaksiyonlarını Krebs döngüsünde ve mitokondride elektron taşıma olayları izler.



Şekil 9.2. Glikolizis reaksiyonları (Salisbury ve Ross, 1991)

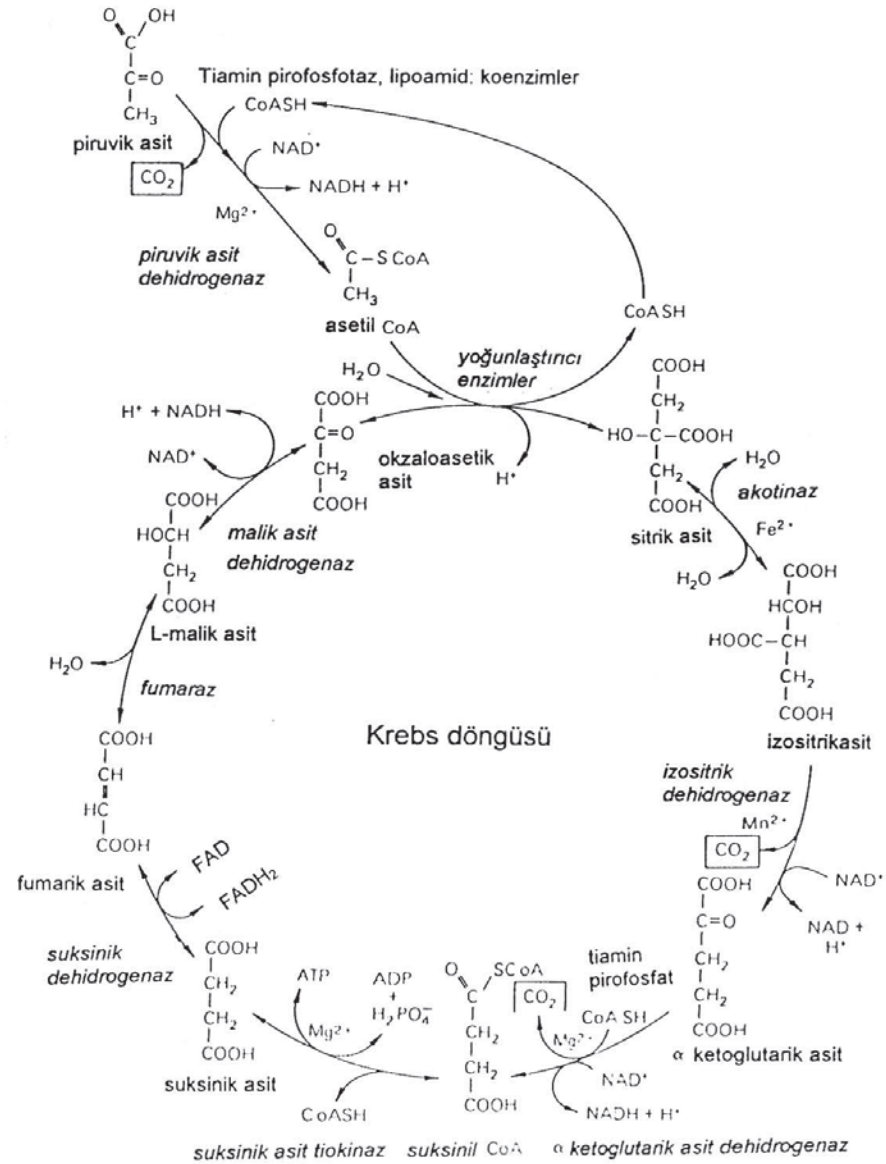
Glikolizis reaksiyonlarını aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.



9.4. Krebs Döngüsü

- Krebs döngüsünde pirüvik asit oksitlenir, CO₂ kaybedilir ve asetil CoA oluşur.
- Pirüvik asitin dekarboksilasyonunda CO₂ kaybının yanında 2 atom H⁺ de serbest bırakılır.
- Kaybedilen H⁺, NAD⁺ tarafından kabul edilerek NADH oluşur.
- 1PA=1ATP

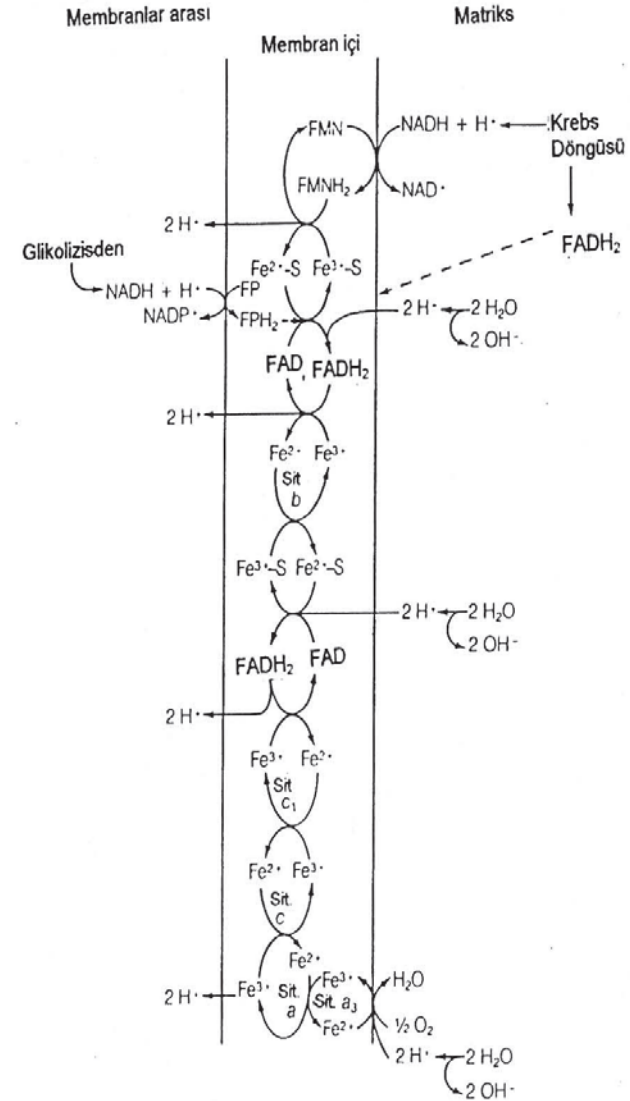
Krebs döngüsünde organik asitlerden koparılan elektronlar NAD⁺ veya FAD⁺'ye aktarılarak NADH veya FADH₂'yi oluştururlar.



Şekil 9.3. Krebs döngüsü reaksiyonları (Salisbury ve Ross, 1992)

9.5. Elektron Taşınma Sistemi ve Oksidatif Fosforilasyon

- Mitokondride bulunan NADH Krebs döngüsü, glikolizis ve yapraklarda glisinin fotorespirasyonundan elde edilir. NADH okside olunca ATP oluşmaktadır. Benzer şekilde suksinik asit dehidrogenaz tarafından oluşturulan $FADH_2$ 'nin oksitlenmesi ile de ATP oluşmaktadır. Bu oksidasyon olaylarında oksijen alınır ve H_2O oluşur. Fakat ne NADH ne de FAD doğrudan oksijeni alarak suyu oluşturmaz. NADH ve FAD 'nin elektronları bazı aracı bileşikler vasıtasıyla taşınarak su oluşur. Bu elektron taşıyıcılar mitokondride elektron taşıma sisteminin yapı taşlarıdır. Oksijenin elektron kabul etme yatkınlığı çok yüksektir ve sonuç olarak H_2O meydana getirilir. Her elektron taşıyıcı kendinden önceki taşıyıcıdan elektronları alarak kendinden sonraki taşıyıcıya aktarır. Mitokondrideki elektron taşıma sisteminde, sitokromlar, flavoproteinler (FAD , FMN), $Fe-S$ proteinleri gibi elektron taşıyıcılar yer almaktadır.



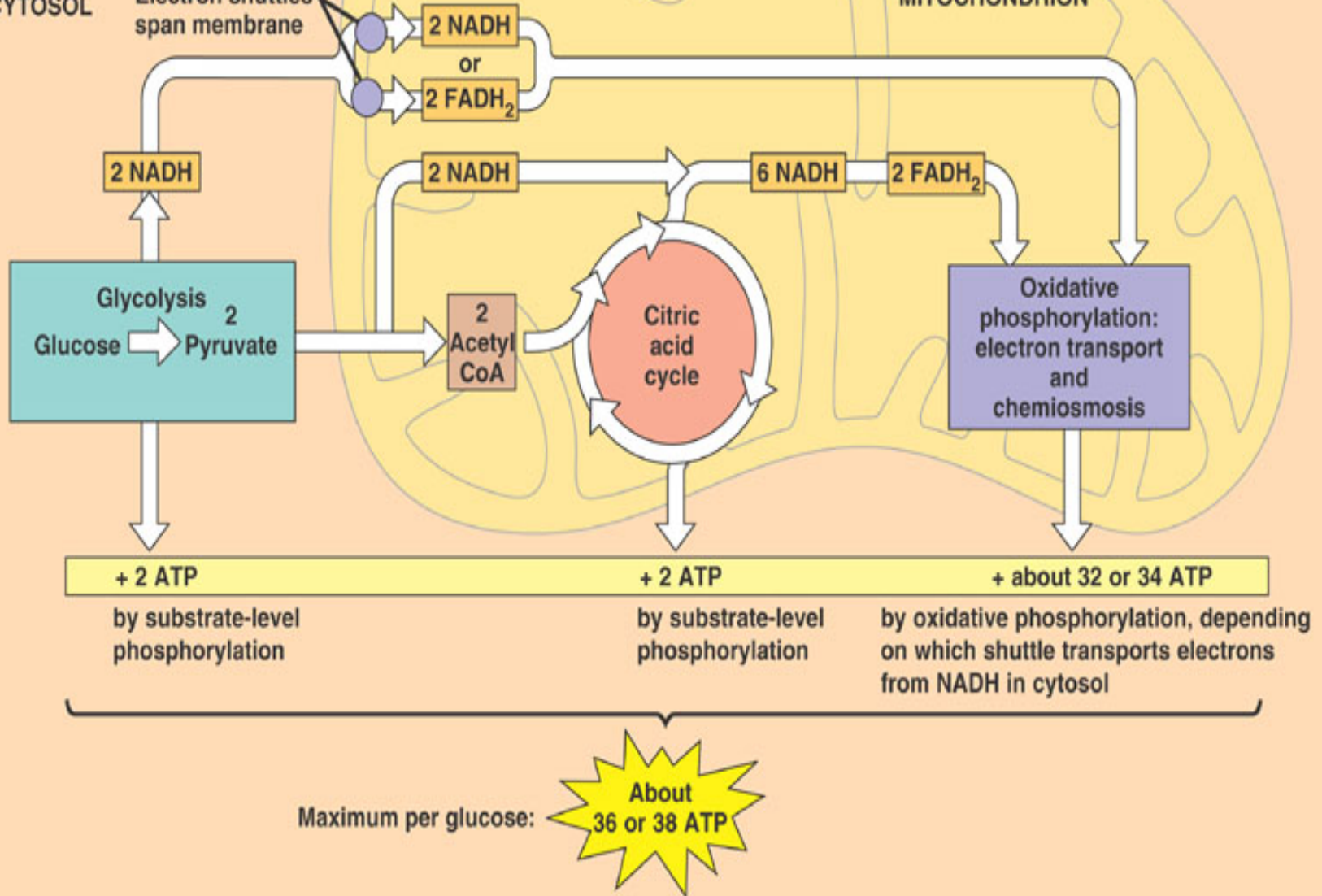
Şekil 9.4. Mitokondride elektron taşıma reaksiyonları (Salisbury ve Ross, 1991)

- ▣ Solunum sonucunda Krebs döngüsü, glikolizis ve elektron taşınması reaksiyonları ile glikozun tamamen CO₂' e oksitlendiği kabul edilecek olursa toplam olarak **1 glikoz molekülünden Krebs döngüsünde 30 ATP, glikoliziste 6 ATP olmak üzere toplam 36 ATP kazanılmış olur.**

CYTOSOL

Electron shuttles span membrane

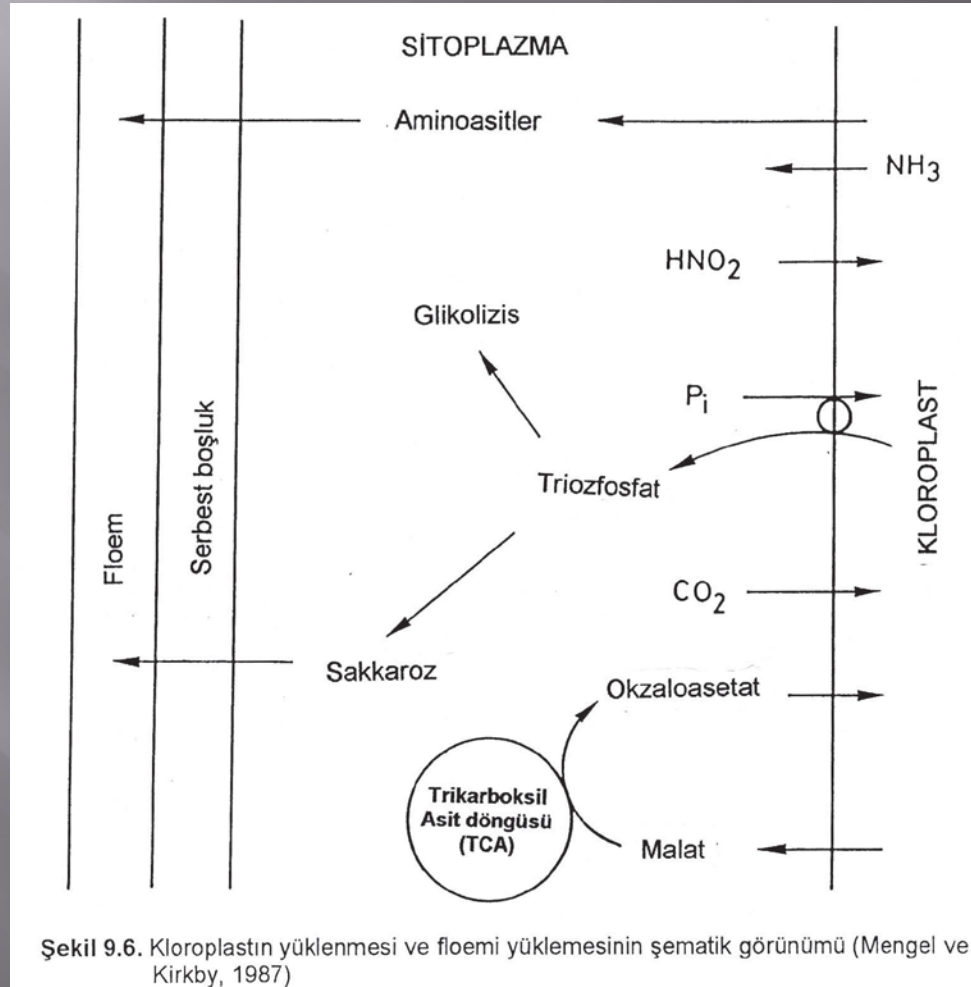
MITOCHONDRION



9.6. Asimilasyon Ürünlerinin Floemde Taşınması

- Gelişmekte olan yapraklar, enerji ve büyüme için fotosentez ürünlerine gereksinim duyarlar. Bu nedenle genç yapraklar ve yeşil olmayan dokular için ihtiyaç duyulan karbonhidratlar floem aracılığıyla sağlanır. Burada taşınan asimilasyon ürünleri gelişmelerini tamamlamış yapraklardan alınır. Sakkaroz pek çok bitkinin floem sıvısında dominant olarak bulunan bir şekerdir. Bununla birlikte bazı bitki çeşitlerinde trisakkaritlerden rafinoz (galaktoz+fruktoz+glikoz) ve mannitol veya sorbitol gibi şeker alkolleri bulunabilmektedir.

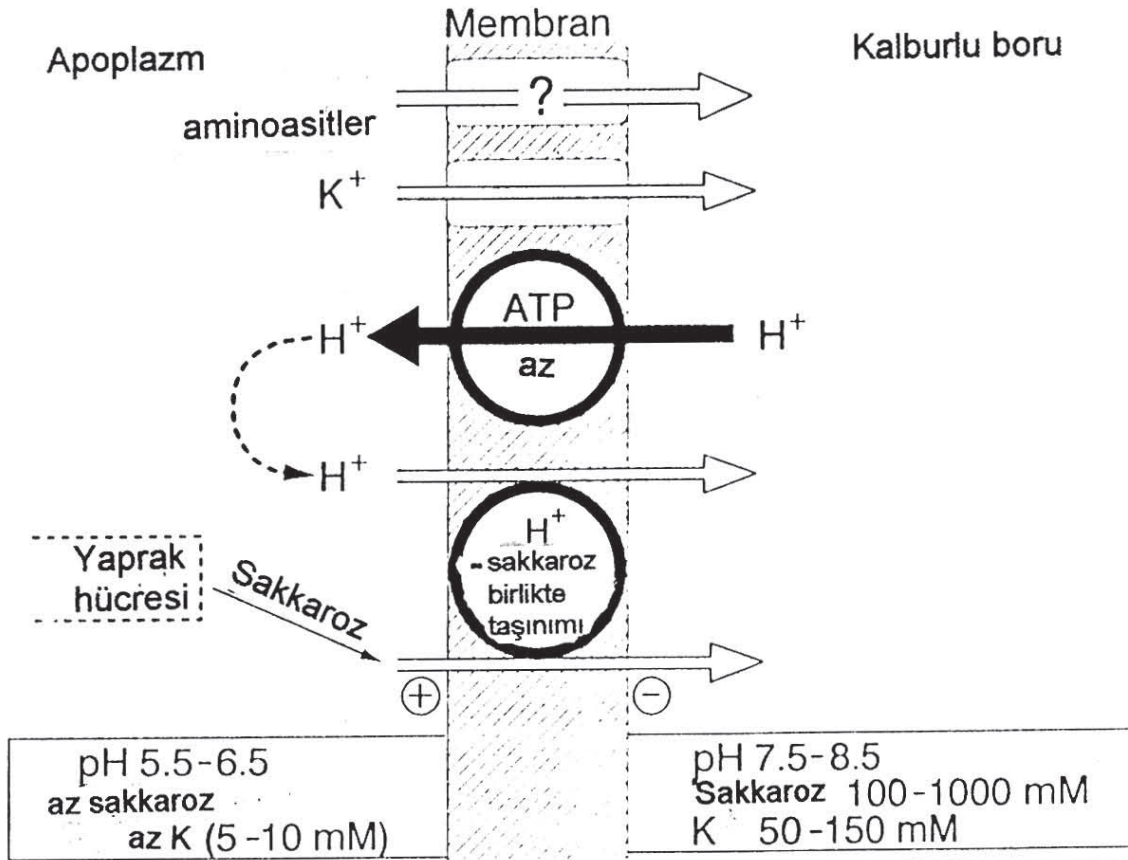
Floem dokusunda taşınan organik bileşikler fotosentez sonucunda kloroplastlarda oluşmaktadır. Şekil 9.6' dan görüleceği gibi kloroplasta difüzyon yoluyla CO_2 , NH_3 ve HNO_2 alınırken, triozfosfatlar ve aminoasitler sitoplazmaya salınır.



Şekil 9.6. Kloroplastın yüklenmesi ve floemi yüklemesinin şematik görünümü (Mengel ve Kirkby, 1987)

- İnorganik fosfatların sitoplazmaya taşınımı fosfat taşıyıcılar ile gerçekleştirilir. Bu nedenle fotosentez ürünlerinin sitoplazmaya taşınımı, taşınan inorganik fosfatlara bağlıdır. İnorganik fosfatlar kloroplastlarda nişasta sentezlenmesi üzerine de önemli etkilere sahiptirler.
- ADP glikoz fosforilaz, nişasta sentezlenmesinde anahtar enzimdir ve bu sentezlenme işlemi fosfogliseraldehit (PGA) ile Pi tarafından sağlanır.
- Fotosentez ürünlerinin kloroplasttan taşınmasıyla sadece organik C' un taşınımı değil aynı zamanda enerjinin taşınımı da sağlanmış olur. Sitoplazmada triozfosfatlar glikolitik döngüyle sakkarozu oluşturur, sakkaroz serbest boşlukları geçerek floeme ulaşır. Kloroplastlarda sentezlenen malik asit, trikarboksilik asit (TCA) döngüsünde okzaloasetata indirgenir. Bu reaksiyonlarla sitoplazmanın enerji ihtiyacı karşılanır. Floem özsuğunda sakkarozun konsantrasyonu yaprak mezofil hücrelerinin sakkaroz konsantrasyonundan yaklaşık 100 kat daha fazladır.

Bu modele göre, plazma membranında yer alan proton pompası ATPaz apoplazm ve kalburlu borular arasında pH gradientinin farklılaşmasını sağlar. Bu gradient apoplazmda kalburlu borulara (simplazm) sakkarozun özel taşıyıcı proteinleri, sakkaroz-protein formunda birlikte taşınmasında bir itici güç oluşturur. Kalburlu borularda -155 mV negatif potansiyel belirlenmiştir. pH'nın ise yaprakların apoplazmında 5.5-6.5 arasında olmasına karşılık floem özsuyunda 7.5-8.5 arasında değiştiği bildirilmektedir. Apoplazmda pH'nın yükselmesi sakkarozun kalburlu borulara taşınmasını engellemektedir.



Şekil 9.7. Sakkarozun floeme yüklenmesi (Marschner, 1995)