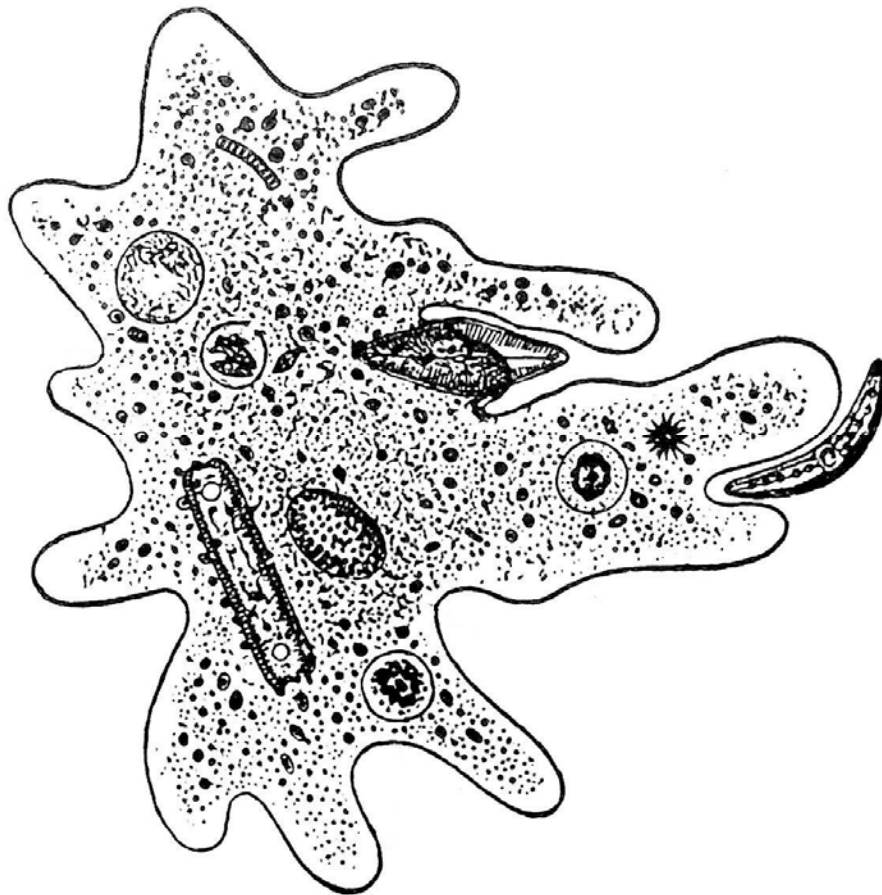


# GENEZA EUKARYOTA

Opowiada o nieprawdopodobnej  
prawdopodobnej historii

SCRIBSIT ANNO DOMINI MMXX OYDEIS NEMO



© Ουδεις MMX

# WSTĘP (HISTORYCZNIE)

Aby zrozumieć powstanie i ewolucję *Eukaryota* trzeba sobie zadać najpierw pytanie - Czym są **EUKARYOTA**? A dokładniej mówiąc czym jest komórka eukariotyczna?

Odpowiedź brzmi - jest chimerą. Jest zlepkiem różnych komórek prokariotycznych ściśle ze sobą współpracujących, czy też jedna z nich wykorzystuje inne. Helotyzm?

Już w 1905 roku, czyli ponad sto lat temu O. Mereżkowski ogłosił hipotezę, która ówczesnym przedstawicielom nauki wydawała się co najmniej dziwną. Według niego chloroplasty są organizmami żyjącymi w komórce roślin, czyli w symbiozie z komórką gospodarza. Pomimo, iż dowody podane przez niego dobitnie o tym świadczyły. Hipoteza poszła w zapomnienie. Po dłuższym czasie odkopano tę hipotezę (lata 70-te XX wieku. Duże zasługi ma w tym Lynn Margulis. Dopiero jednak najnowsze wyrafinowane metody badawcze potwierdziły i ugruntowały tę dziwną hipotezę.

Dziś występuje jeszcze wiele organizmów korzystających z „usług” prokariotycznych „gości”. Dobrym tego przykładem są *Glaucophyta*, których symbionty pełnią funkcję chloroplastów (*Glaucocystis - Skujapelta nuda*). Ta sinica zasymilowała się do tego stopnia z gospodarzem, że produkuje skrobię, czego sinice nie wytwarzają, Podział jest również zsynchronowany z podziałem komórki gospodarza. Posiada jednak jeszcze szczątkową ścianę komórkową.

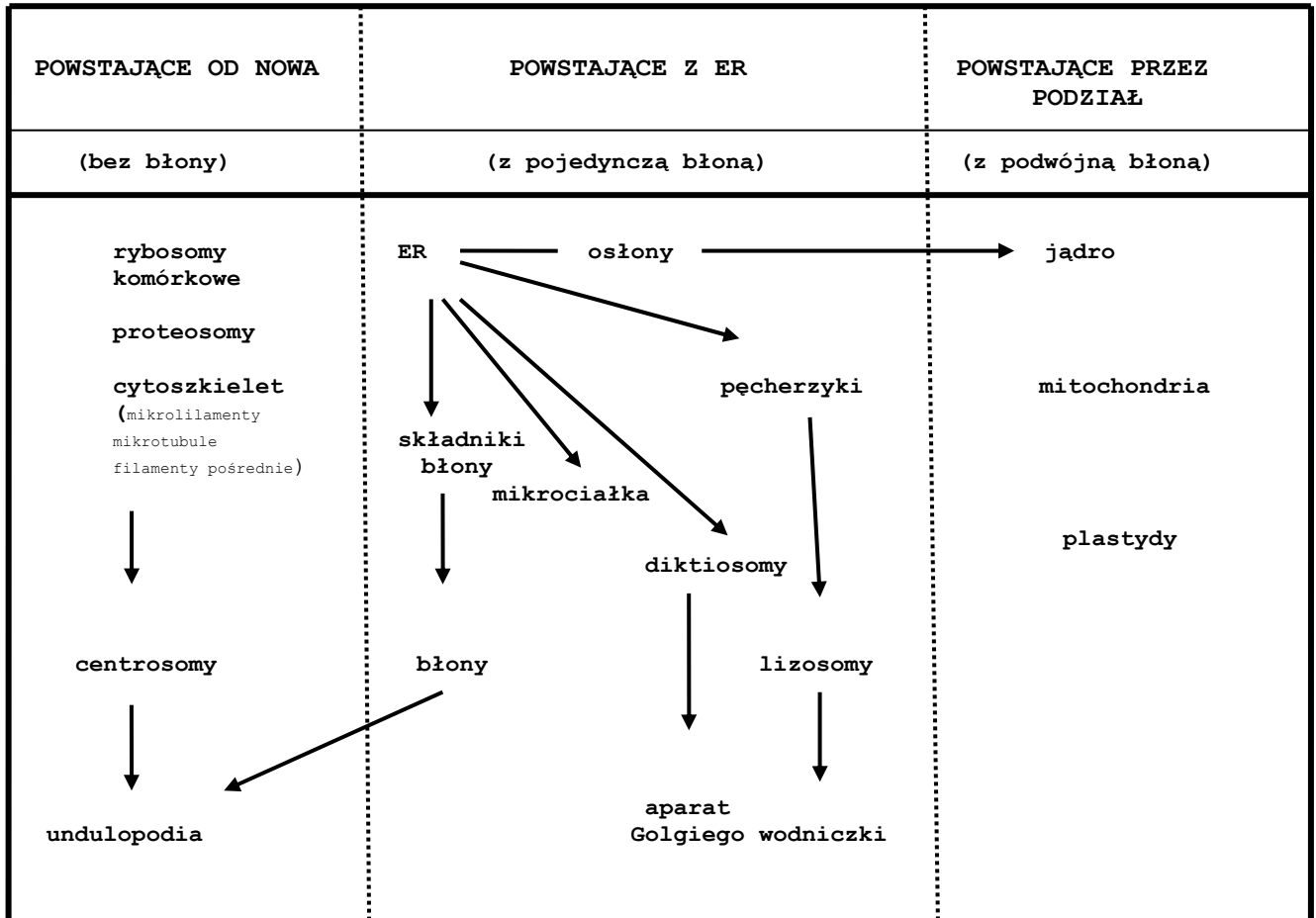
Jeszcze pokrótce o nomenklaturze:

**PROKARYOTA** - greckie *προ* - przed, *καρυδι* - orzech

**EUKARYOTA** - greckie *ευ* - prawdziwy, *καρυδι* - orzech

Orzech ma tu znaczenie jako jądro komórkowe. Słowo **PROKARYOTA** - oznacza więc przed jądrem. **EUKARYOTA** - analogicznie oznacza prawdziwe jądro.

## PODZIAŁ ORGANELLI



# PIERWSZE KROKI

Jak było już wspomniane komórka eukariotyczna jest chimerą. Trzeba więc najpierw uzmysłwić sobie różnice pomiędzy *Prokaryota* a *Eukaryota*. Najważniejszą - oprócz posiadania czy brak jądra komórkowego - to sposób odżywiania się obu grup. *Prokaryota* wydzielają enzymy do środowiska, trawią więc pokarm na zewnątrz swego organizmu a do komórki dostają się już substraty. *Eukaryota* mają zdolność do holozoicznego odżywiania się. Tu tkwi sukces ewolucyjny tej grupy.

Trzeba sobie uzmysłwić, iż pewne cechy *Eukaryota* komórka już posiadała. Były nimi bez wątpienia białka cytoszkieletu i białka umożliwiające ruchy cytoplazmy. Bez tych cech holozoiczne odżywianie nie miałyby racji bytu. Komórki *Prokaryota* są niezłymi eksperymentatorami, dostosowują się do każdych sytuacji, i w wyniku długo już trwającej ewolucji wykorzystywały każdą nadszającą się okazję by „polepszyć” swoją komórkę.

Wynalezienie białek umożliwiających fagotrofię było krokiem milowym w ewolucji biosfery. Takim białkiem jest białko klatryny. Przez komórkę wchłaniane było wszystko co tylko nadawało się do strawienia - powstał holozoiczny sposób odżywiania.

Poziom eukariotyczny poprzedzał prokariotyczny, to nie ulega kwestionowaniu. Jakie cechy są wspólne dla obu grup, a jakie specyficzne tylko dla *Eukaryota*?

U *Prokaryota* DNA połączone jest też z białkami, ale inaczej niż u *Eukaryota* i są to inne białka. Chromosom bakteryjny tworzy kolistą cząsteczkę DNA i ulokowana jest w rejonie komórki zwanym nukleoidem. Zorganizowana jest w około 50 pętli (domen) przyłączonych z białkowym rusztowaniem, które związane są plazmolemmą. Tworzy to superhelisę o ujemnych zwojach. Kompleksy białkowe wiążące DNA to najczęściej białka HU, HLP-1 i H-NS - białka podobne do histonów. Stąd już niedaleko do białek histonowych.

Rybosomalna mniejsza podjednostka rybosomu u *Archaeobacteria* i *Eukaryota* jest bardzo podobna. U *Archaeobacteria* występują również twory podobne do intronów i eksonów.

Różnica to wiązanie eterowe u *Archaeobacteria* w lipidach plazmolemmy a nie estrowe jak u pozostałych organizmów.

*Eukaryota* posiadają trzy różne RNA polimerazy:

- 1 - transkrypcji genów trzech rRNA - 28S, 18S i 5,8S
- 2 - transkrypcji genów niosących informację dla produkcji białek
- 3 - transkrypcji genów 5SRNA i innych „małych” RNA

Najważniejszą cechą odróżniającą te dwie grupy oprócz sposobu odżywiania się to jądro komórkowe u *Eukaryota*, którego nie posiadają *Prokaryota*. Pytanie jak doszło do powstania tego tworu? Poprzez endosymbiozę czy autogenicznie (kompartmentacyjnie)?

W wyjaśnieniu tego procesu może być pomocne zjawisko zwane aderfopasożytnictwem, występujące u krasnorostów (Rhodophyta). Przejawia się to pasożytowaniem gatunek krasnorosta na blisko z nim spokrewnionym. Z języka greckiego aderfopasożytnictwo znaczy pasożytowanie na bracie - **αδερφος - brat**.

Pierwotne komórki praeukariotyczne pożerały wszystko co wpadło im w nibynóżki. Nawzajem się pożerały co nie równało się ze strawieniem, czyli pożarciem. Wszystko, rozgrywało się w czasach gdy nie była jeszcze tak zróżnicowane immunologiczne (aderfofagia **αδερφος - brat - jak wyżej i φαγηω - jem**).

Jądro = chimera genetyczna. Na jakim stadium to nastąpiło? Prawdopodobnie z połączenia się 2 wysoko rozwiniętych komórek *Prokaryota* w jedną „wyższą” komórkę. Mogła być chimera jeszcze wcześniej na etapie progenota - zanim osiągnęła ostateczny stopień.

Genotyp - Najmniej 3 typy genów - 1 - Od Eubacteria (prawdopodobnie od organelli) 2 - od Archaeobacteria rybosomalne A białko i 3 - nieznanego pochodzenia - endoplazmatyczne rybosomalne RNA.

Wyobraźmy sobie:

Większa komórka natrafia na dużo mniejszą, fagocytuje ją, ogarnia swą plazmolemmą, ale nie dochodzi do strawienia (czy nawet potomna po podziale mogła zostać pochłonięta, ale nie strawiona).

„Gość” czuje się tam dobrze, a nawet panoszy się. Przechodzi do kontrataku i sam staje się „łowcą” i pochłania po drodze genom gospodarza. Przejmuje zarządzanie komórką gospodarza. Tak mogła wyglądać geneza i wczesna ewolucja *Eukaryota*. Mamy tu więc pogodzoną teorię kompartmentacyjną i endosymbiozy.

Rybosomy osobnika, który stał się teraz jądrem komórkowym (endosymbionta) uległy kondensacji i stały się jąderkiem. Powstało NOR?

Teraz istnieje już prawdziwa komórka eukariotyczna!

### **Jądro - kompartmentacja i endosymbioza!**

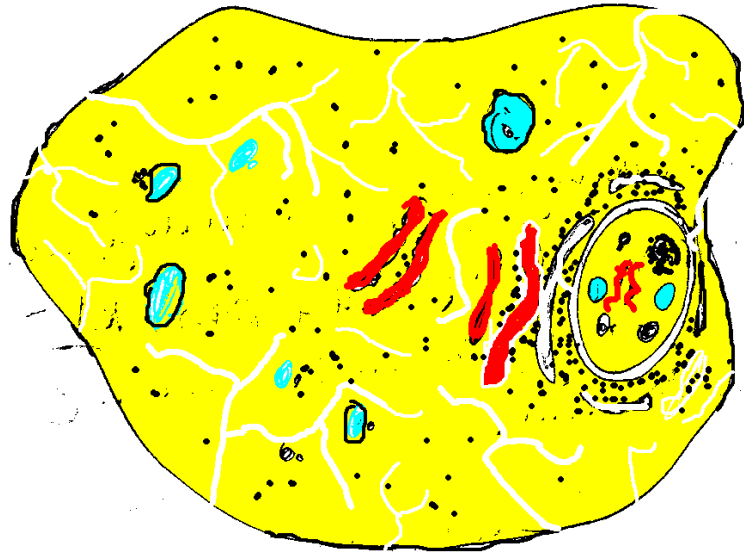
Następnie następuje „udoskonalenie” tego nowego wynalazku helisa taka jak u *Prokaryota* - 4 - jest stabilna tylko do określonej wielkości. Powstały chromosomy - liniowe upakowanie materiału genetycznego stabilizowanego zasadowymi białkami - histonami. poprzez powstanie precyzyjnego mechanizmu podziału

materiału genetycznego. Białka kurczliwe zostały wprężnięte w tę pracę - powstaje centrosom.

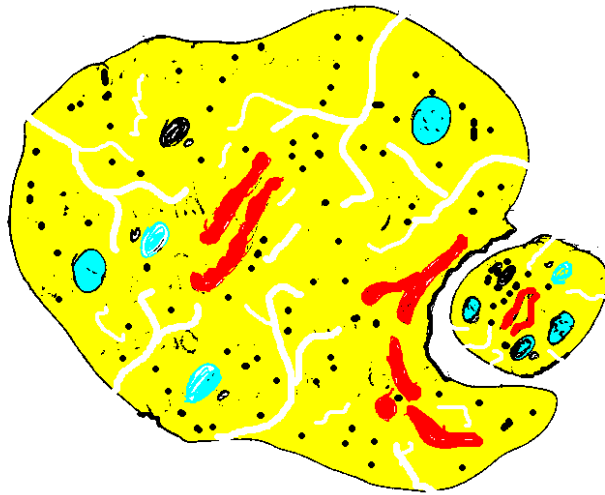
Jądro musi się komunikować z resztą komórki. Następuje to poprzez pory jądrowe. Pory jądrowe przekształcone akwaporyny?

Komórki eukariotyczne są większe od prokariotycznych. Zawiadywanie takim utworem wymaga większego zróżnicowania. Siateczka śródzarodkowa zostaje rozbudowana i powstaje aparat Golgiego. Potrzeba więcej i dodatkowych organelli (dowód - niektóre „niższe” Eukaryota nie posiadają aparatu Golgiego *Pelomyxa palustris*).

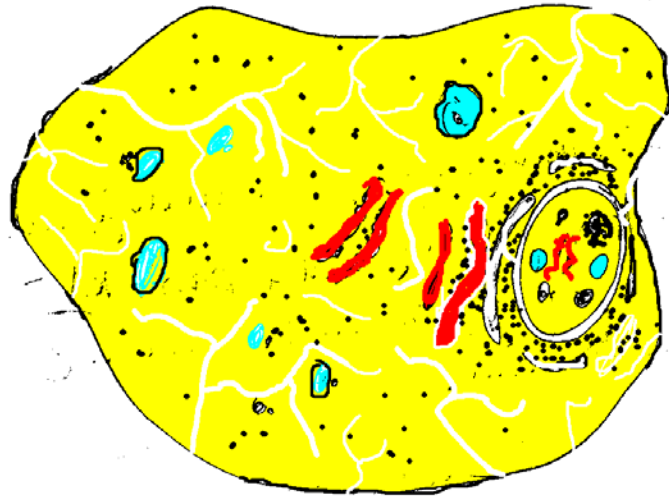
Wolne rybosomy cytoplazmatyczne wytwarzają inne białka od związanych na ER.



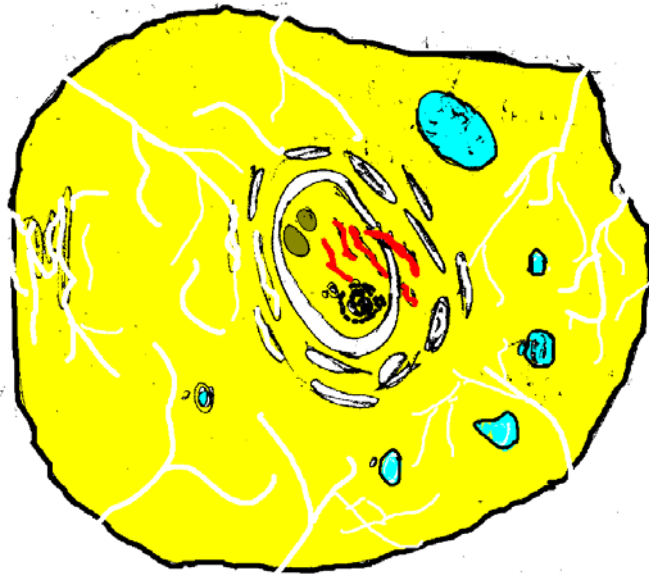
**A**



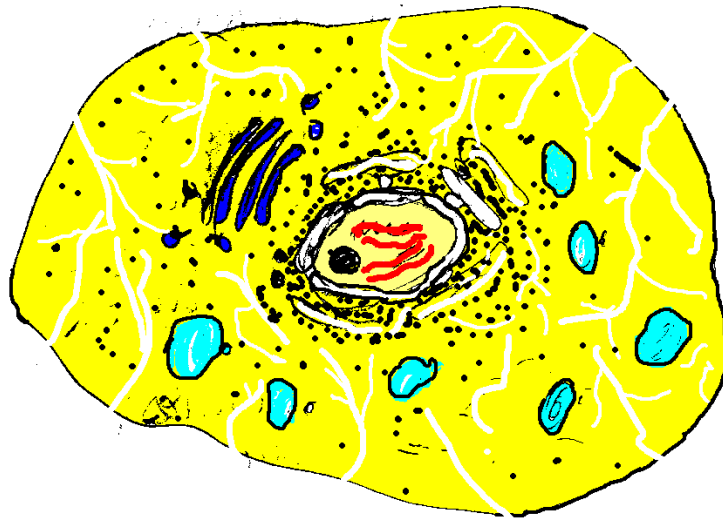
**B**



**C**



**D**



**E**

## PRÓBA SIŁ

Nagromadzenie się wolnego tlenu w atmosferze w wyniku działalności fotosyntetyzujących *Prokaryota* wystawiła



*Eukaryota* na nową próbę. Dotychczas procesy życiowe odbywały się bez udziału tlenu - za pomocą fermentacji. Teraz tlen wciskał się wszędzie. Jeśli nie możesz wroga pokonać przyłącz się do niego - to dewiza życia. Próby rozwiązania tego problemu odnajdujemy dziś w mikrociałkach - organelli komórkowych otoczonych pojedynczą błoną. Powstają one z ER. Występuje kilka wariantów tych organelli.

### MIKROCIAŁKA

1 - Peroksysomy - próby oddechania tlenowego. Są wielkości 0,5 - 1,5  $\mu\text{m}$ . Organelle utleniające (nie syntetyzują jednak ATP). Głównie to oksyreduktazy flawinowe i katalazy. Utleniają produkty wytwarzając  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Jest on rozkładany na dwa sposoby

- 1 - z udziałem katalazy
- 2 - z udziałem peroksydazy

Zawierają 10 rodzajów białek.

Zużywają około 20% tlenu do bezpośredniego utleniania substratów. Nadtlenek wodoru ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) jest produktem ubocznym wykorzystywanym do utleniania innych substratów a energia ta ulega dyssypacji w formie ciepła.

Ulenianie etanolu (~ 10%),  $\beta$  oksydacji kwasów tłuszczowych (różną od mitochondrialnej), synteza cholesterolu, synteza plazmalogenów.

2 - Hydrogenosomy - u *Pentatrichomonas* nie mających mitochondriów katalizują syntezę ATP i mogą produkować wodór.

3 - Glikogenosomy u *Trypanosoma* - odkryte w 1977r. Przez Opperdoesa. Przeprowadzają proces glikolizy W warunkach tlenowych współpracują z mitochondriami, w beztlenowych natomiast energia pozyskiwana jest wyłącznie z glikolizy w glikogenosomach.

Katalizują szereg reakcji chemicznych związanych bezpośrednio z utlenianiem rozmaitych substratów. Jedność - zdolność do rozkładu nadtlenu wodoru ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) - enzymu - peroksydazy.

Zdolne są do przenoszenia elektronów na O lub  $\text{H}^+$  i generowanie w ten sposób ATP. Rozkład glukozy w procesie glikolitycznym.

U roślin występują inne mikrociałka pośredniczące w przekazywaniu energii pomiędzy mitochondrium a chloroplastem w czasie fotosyntezy.

Największe zróżnicowanie tych organelli występuje u niższych *Eukaryota* - *Archaeozoa*. Jest to - jak już było wspomniane - przejawem dostosowania się pierwotnych *Eukaryota* do warunków tlenowych zaistniałych w związku z nagromadzeniem się  $\text{O}_2$  w atmosferze wyniku działalności fotosyntetyzujących *Prokaryota* (sinic i prochloronów).

Największym jednak wynalazkiem było zaprzęgnięcie tlenowo oddychających *Prokaryota* do tej funkcji. *Eukaryota* niejako poszła na łatwiznę. Po co się wysilać jak można wykorzystać

istniejące już sposoby. W wyniku endosymbiozy powstały mitochondria.

Isnieją do dziś organizmy pozbawione mitochondriów. Uważane są one za najprymitywniejsze *Eukaryota*. Dodatkowym argumentem na tę hipotezę jest spiętrzenie cech prokariotycznych (kolejność kwasów nukleinowych i białek). Ujmowane są one w grupę *Archaeozoa*. Są to *Metamonadida*, *Microsporidia*, *Parabasalia* i *Archamoebae*.

Przedstawicielem ostatniej grupy jest *Pelomyxa palustris*. Organizm ten pozbawiony jest diktisomów, wodniczek tętniących, centrioli i wici. W miejscu mitochondriów znajdują się różne obligatoryjne endosymbiotyczne prokarioty, które spełniają funkcje mitochondriów. Można śmiało powiedzieć, że jest ogniwem pośrednim. Jest jednak typowym przedstawicielem *Eukaryota* – ma jądro komórkowe.

Oddzielną historią jest geneza chloroplastów. Jest to sytuacja analogiczna do powstania mitochondriów. Należy jednak nadmienić, iż „nabywanie” chloroplastów miało miejsce kilkakrotnie w ewolucji *Eukaryota*.

© Ουδεις ΜΜΧΧ