

# **Sekreční dráha a endocytóza (vesikulární transport)**

# Charakteristika pojmů

endocytóza

pinocytóza

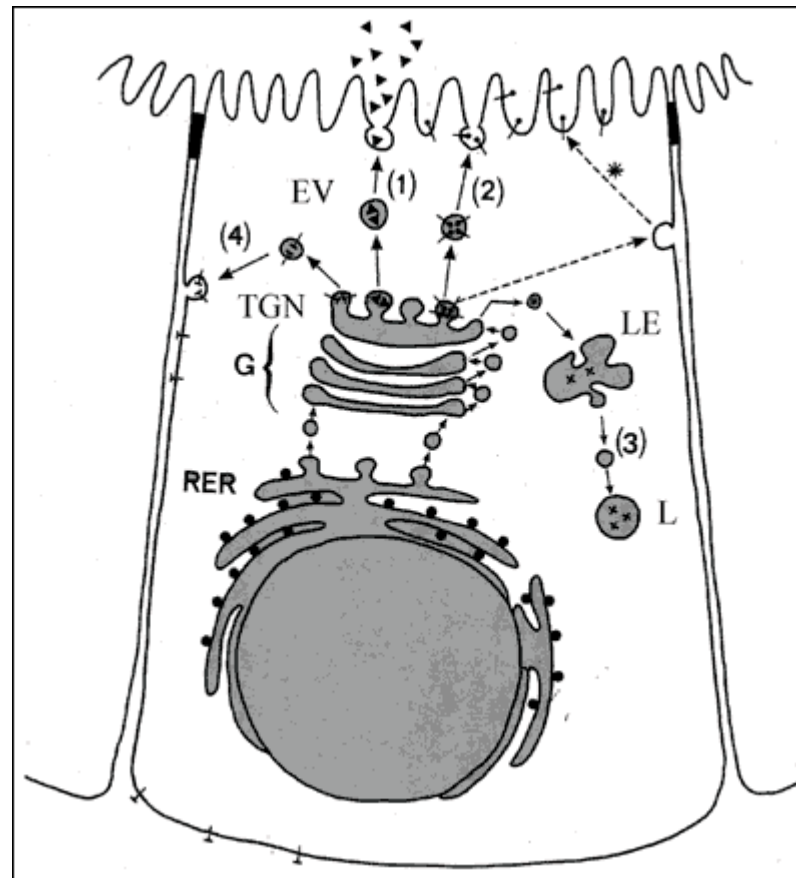
fagocytóza

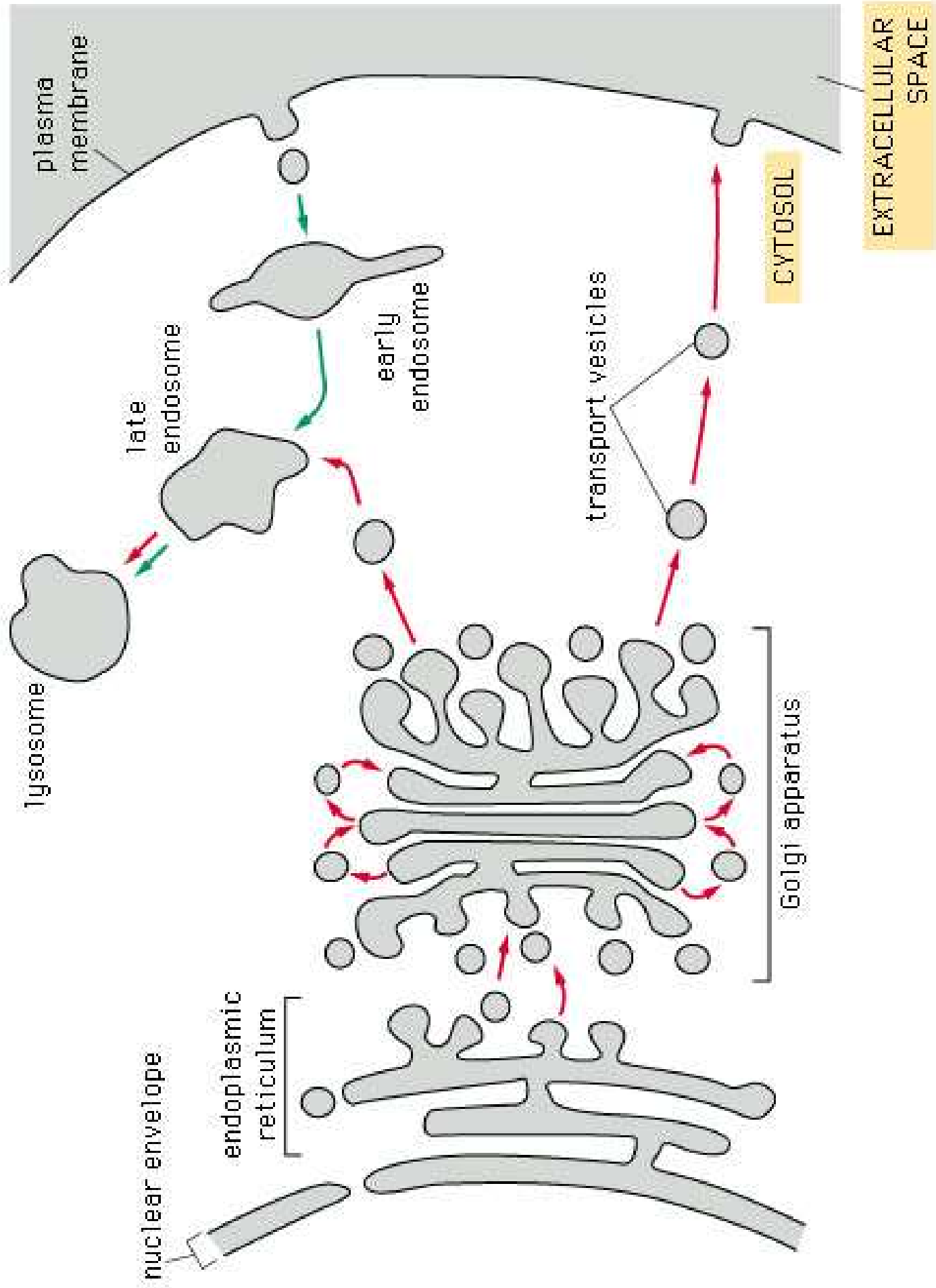
exocytóza

sekrece

## Polarizovaná sekreční buňka

Sekreční organely – ER, GA a sekreční vāčky - jsou uspořádané polárně a sekret je uvolňován do lumina žlázy



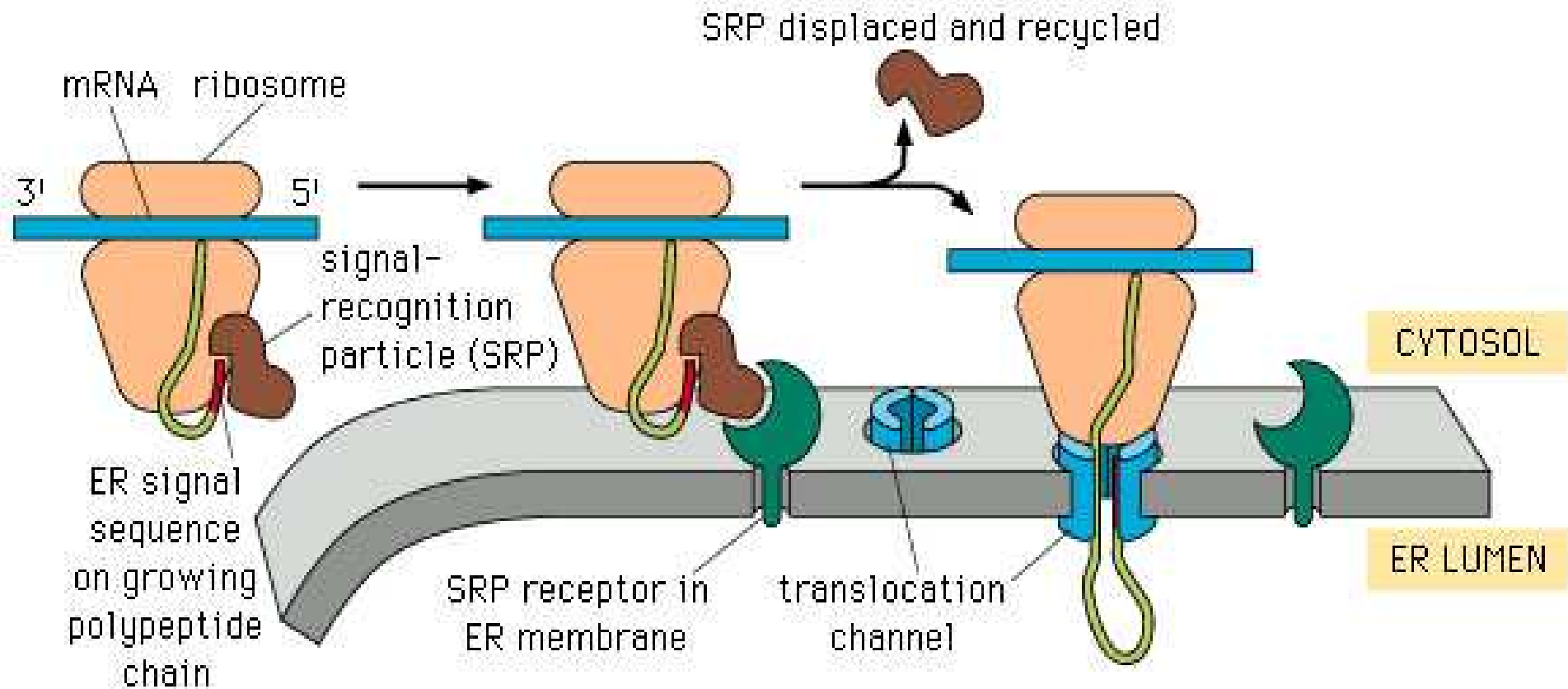


# Jak byla objevena sekreční dráha

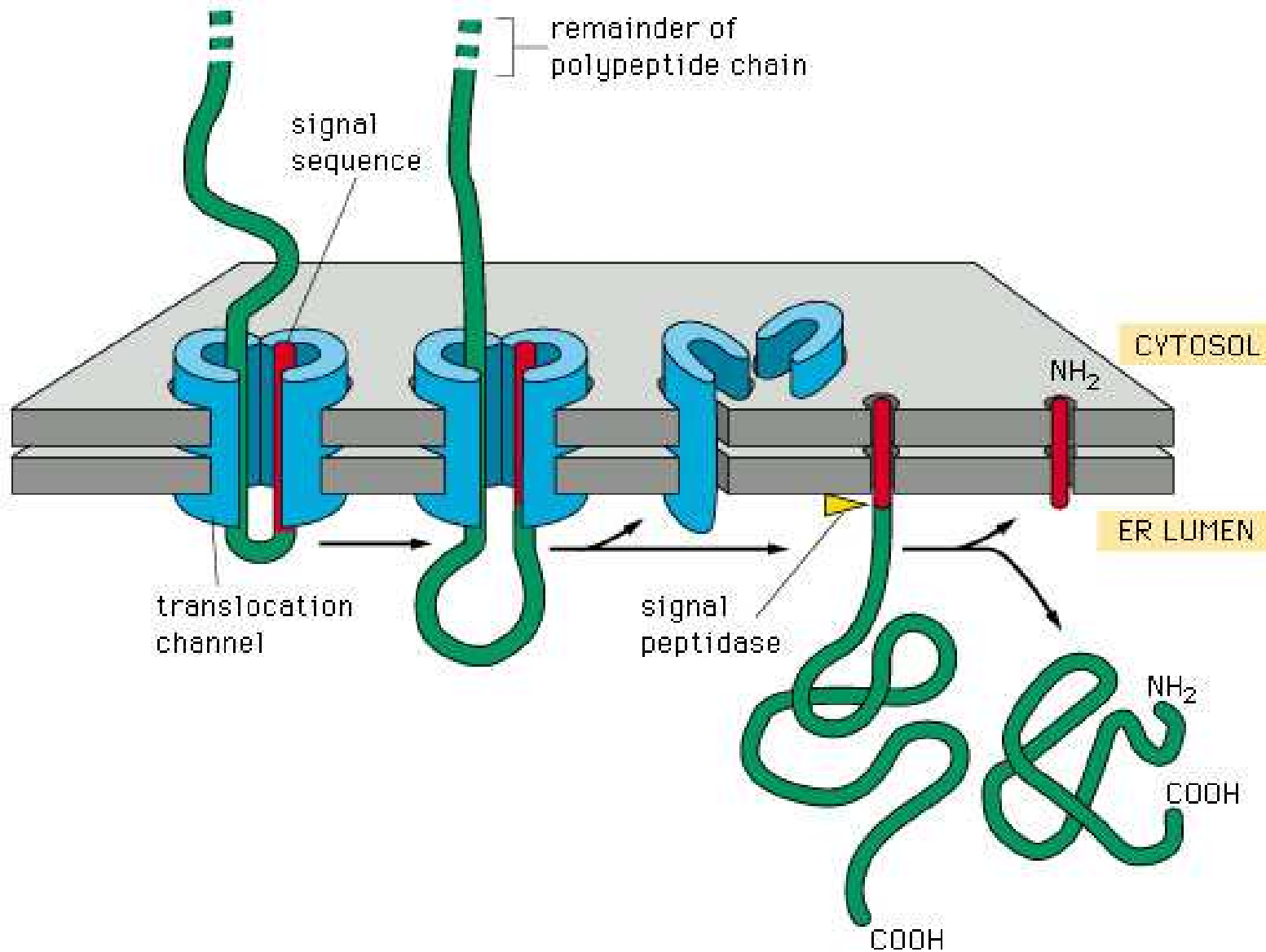
ER → GA → vesikly

- ve žláзовých buňkách jsou tyto kompartmenty abundanční
- izotopové techniky prokázaly že po pulse-chase je radioaktivita nejprve nad ER, pak GA a pak u povrchu v zymogeních granulích

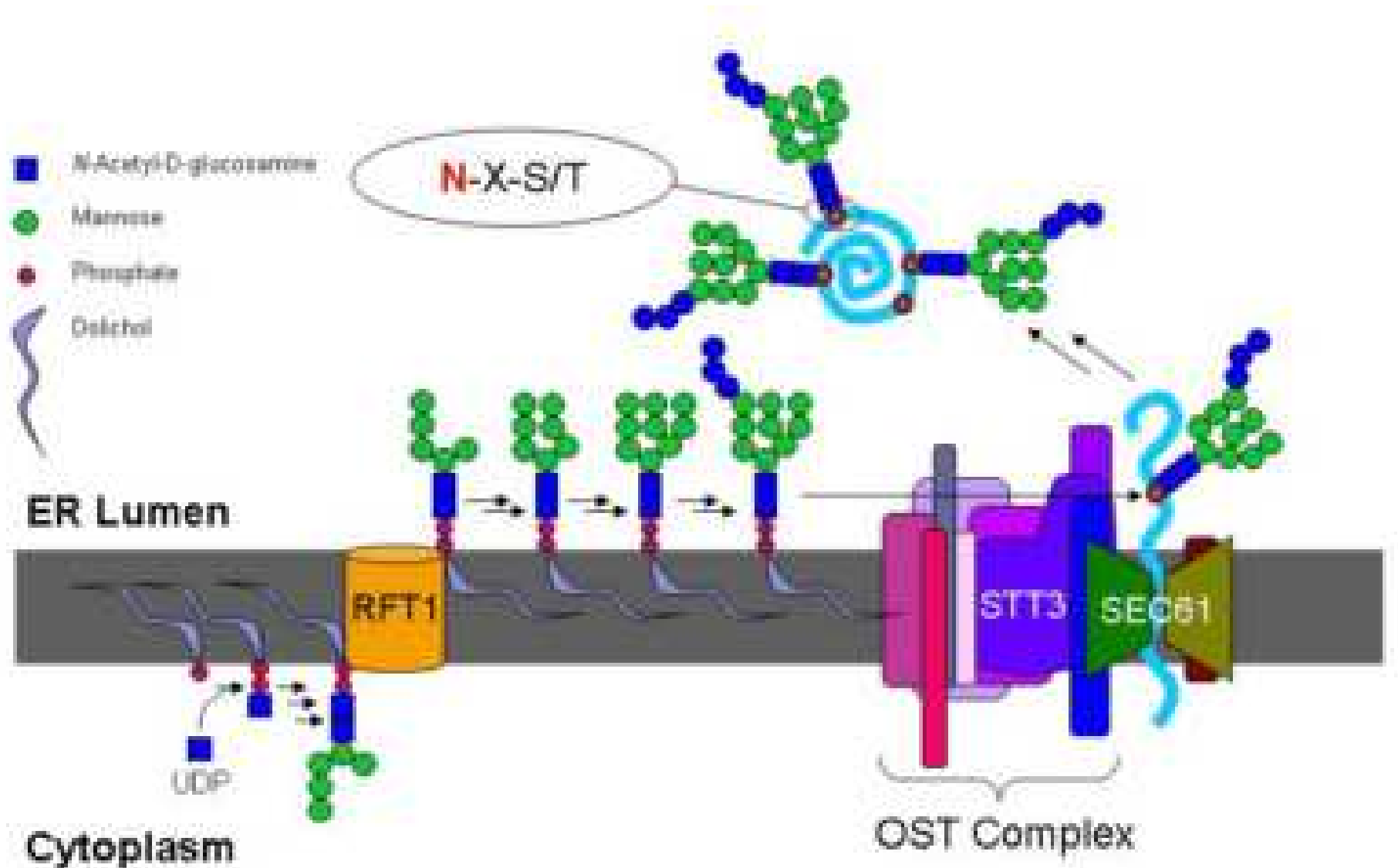
# Začátek sekreční dráhy: syntéza proteinu na membráně ER



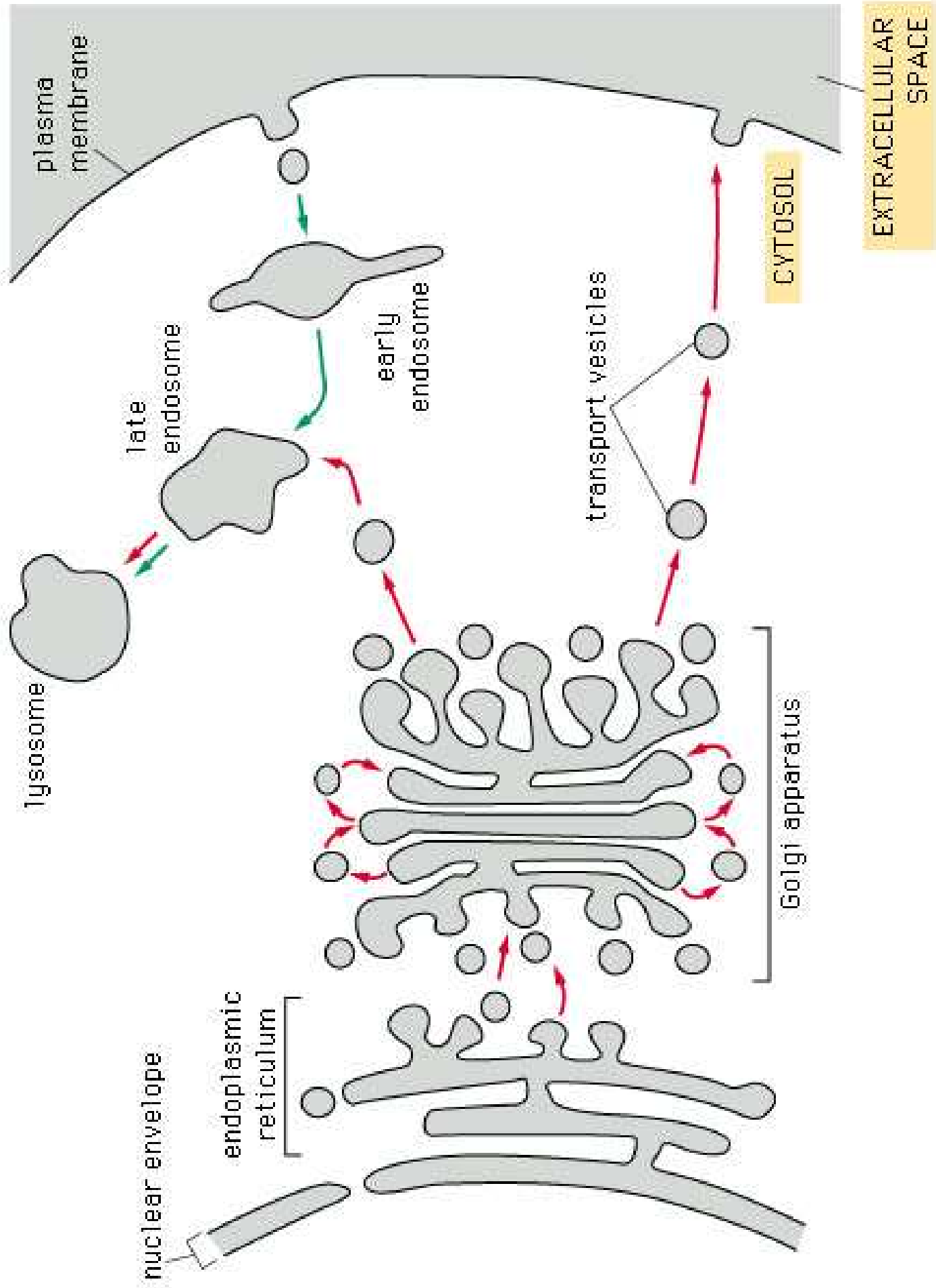
# Translokace proteinu do lumina ER



# Postup (N-)glykosylace proteinů v průběhu kotranslačního transportu na membránách endoplasmatického retikula







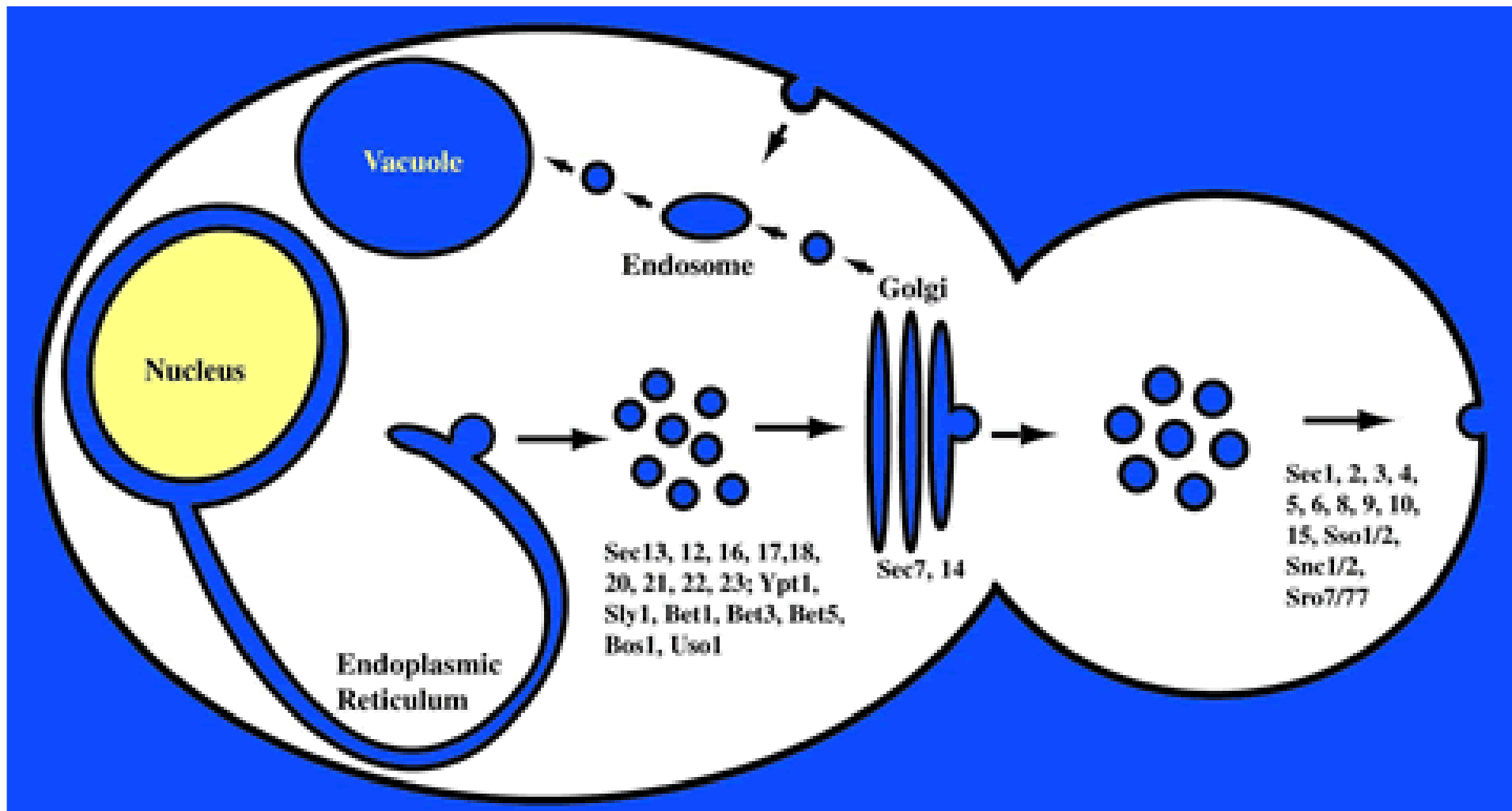
## Jak je kontrolován postup sekrečního produktu po sekreční dráze?

U kvasinek *S.cerevisiae* byly detekovány geny, jejichž produkty jsou potřebné pro průběh sekrece. Mutací těchto genů je blokována sekreční dráha v místě, kde schází genový produkt



Randy Schekman

Geny kontrolující průběh sekreční dráhy v kvasinkové buňce  
– termosensitivní mutanty, zastavující sekreční dráhu na vyznačených místech z důvodu termolability proteinu



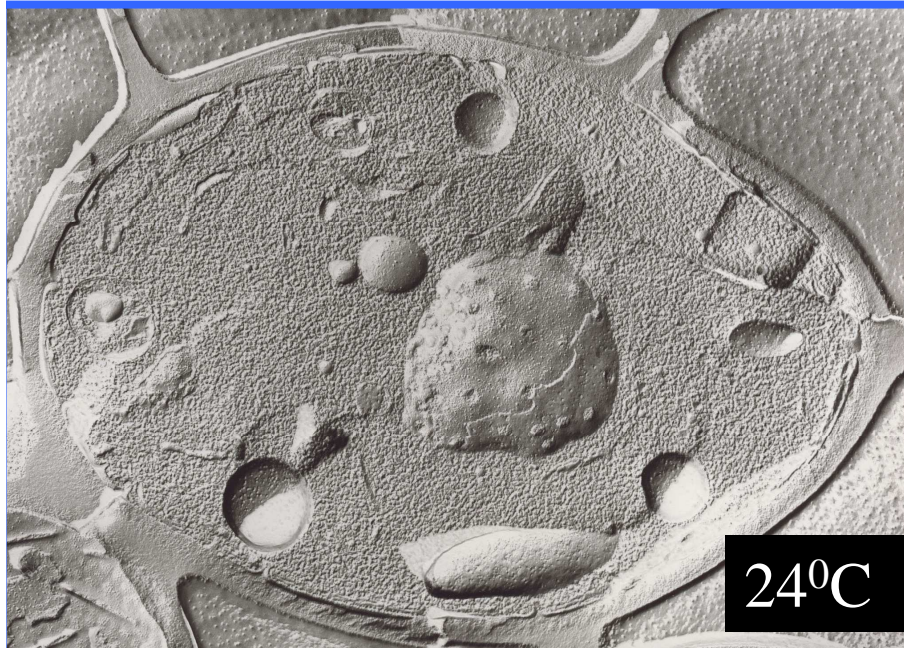
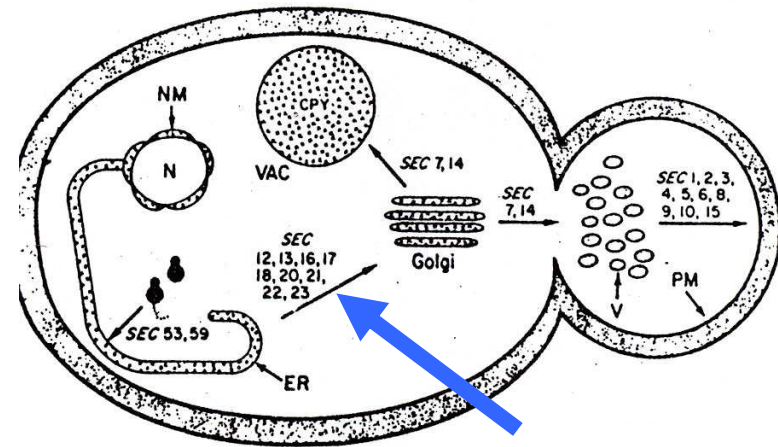
# Jak se izolují sec mutanty?

Jestliže syntéza bílkovin pokračuje, ale sekrece je zastavena, vzrůstá specifická hmotnost buněk a v hustotním gradientu jsou těžší!

Shekman (1982) provedl NG mutagenezi u kvasinek *S. cerevisiae* a po odstranění NG inkuboval kulturu 60 min při 37 °C.

Následně buňky centrifugoval v gradientu sacharózy a izoloval nejtěžší frakci buněk. Tuto frakci nechal narůst při 24 °C na agaru a narostlé kolonie testoval na termosensitivitu. Buňky, které rostly při 24 °C a nerostly při 37 °C (asi 1800 kolonií) pak testoval na místo bloku v sekreční dráze

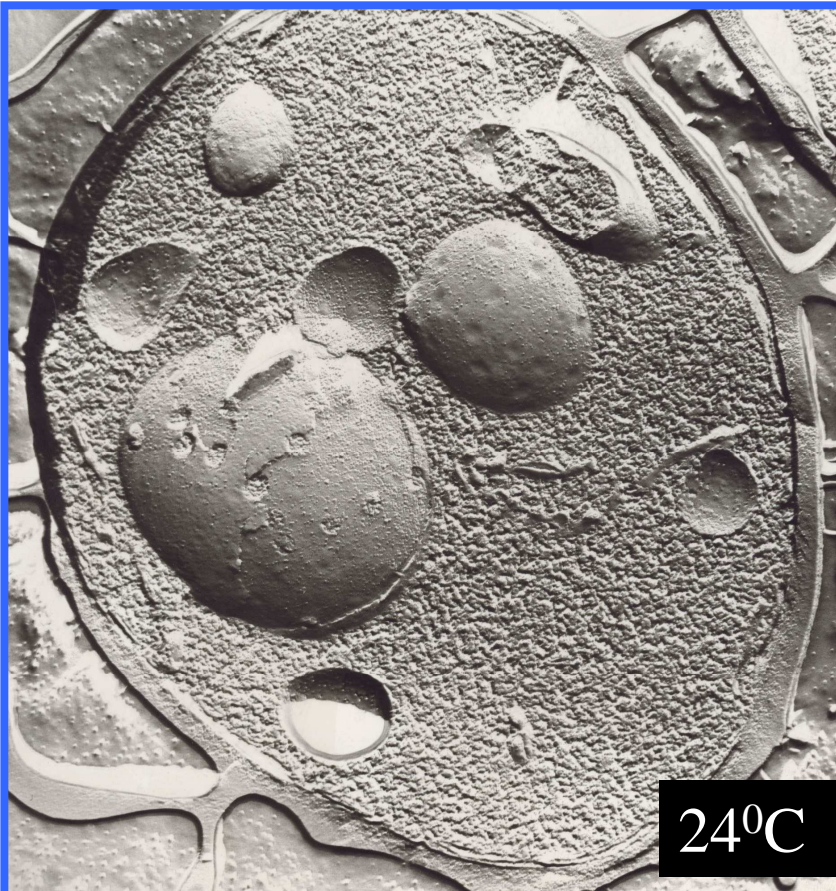
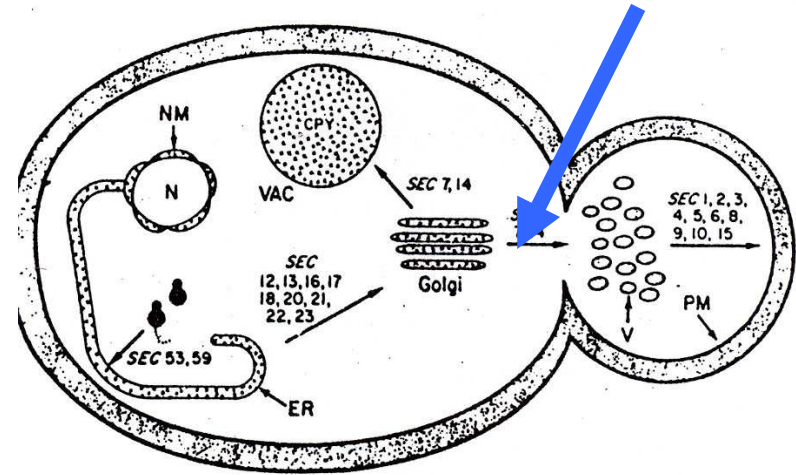
Sekreční mutanta *S. cerevisiae*  
sec 18, transfer 25 °C do 37 °C



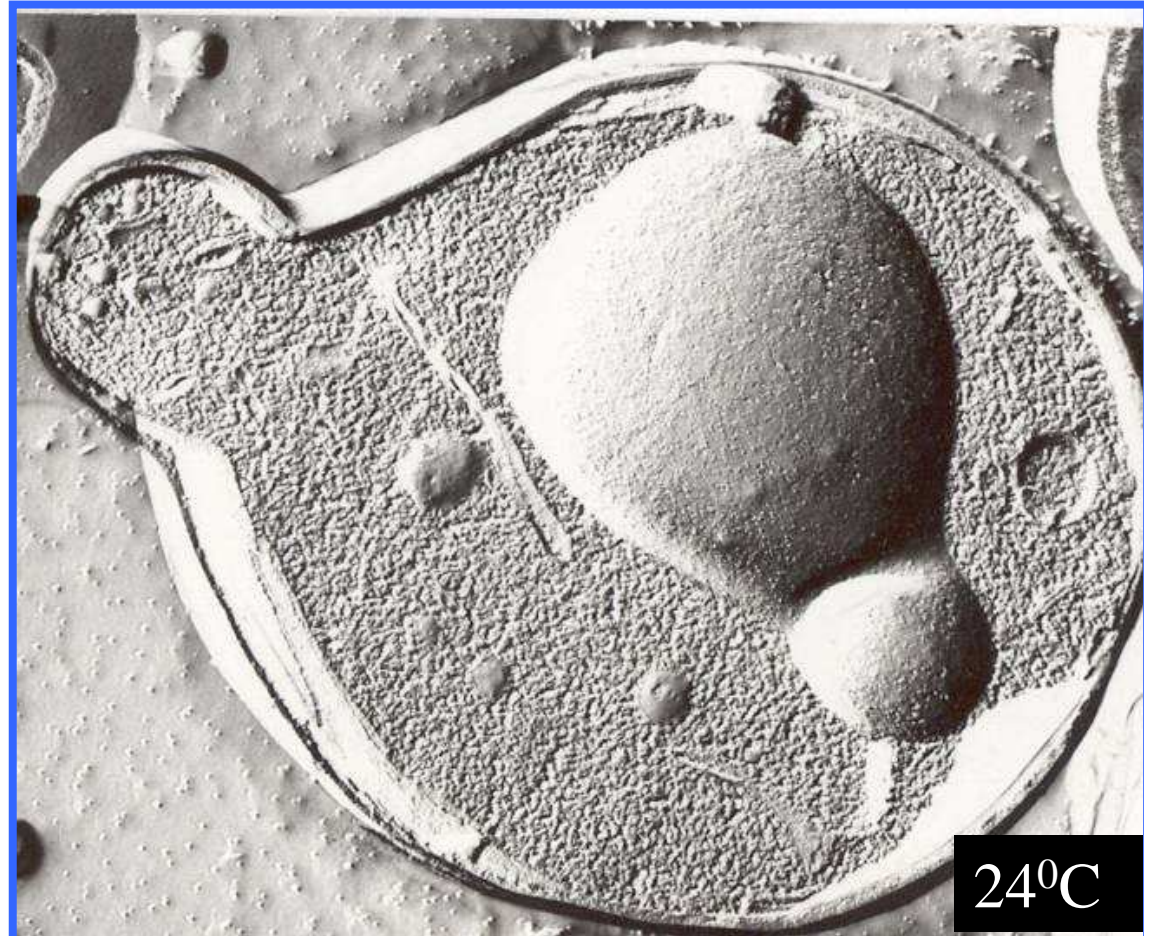
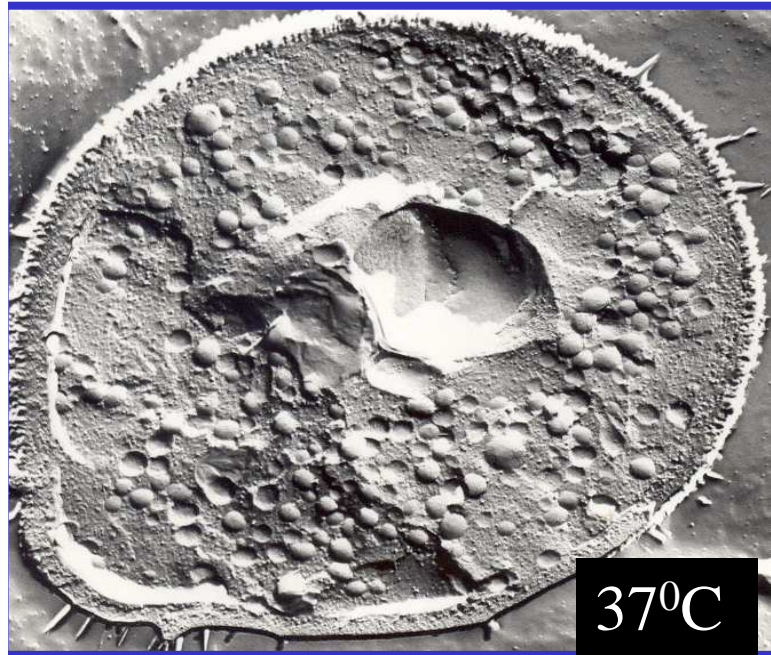
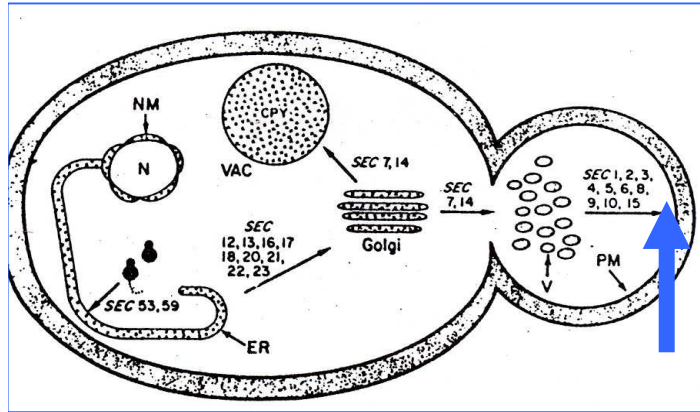
# Sekreční mutanta *S. cerevisiae*

sec 7

Transfer z 25 °C do 37 °C



# Sekreční mutanty kvasinek: ts sec 1, 24 °C → 37 °C



# Jak jsou geny (genové produkty) seřazeny podél sekreční dráhy ?

křížení:  $\alpha$  sec 18 x  $\beta$  sec 7  $\rightarrow$  blok ER

sec 18 - blok ER

sec 7 - blok GA

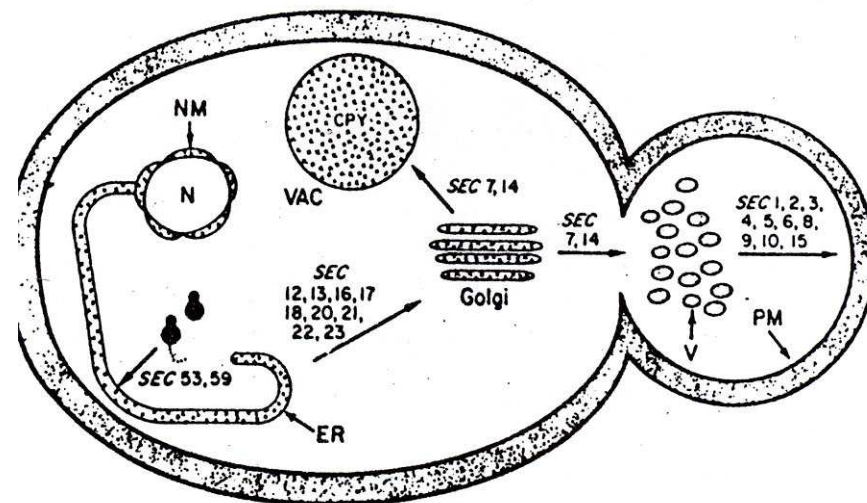
křížení:  $\alpha$  sec 7 x  $\beta$  sec 1  $\rightarrow$  blok GA

sec 1 - blok VES

sec 7 - blok GA

Produkty genů zasahují do sekreční dráhy v pořadí:

sec 18  $\rightarrow$  sec 7  $\rightarrow$  sec 1



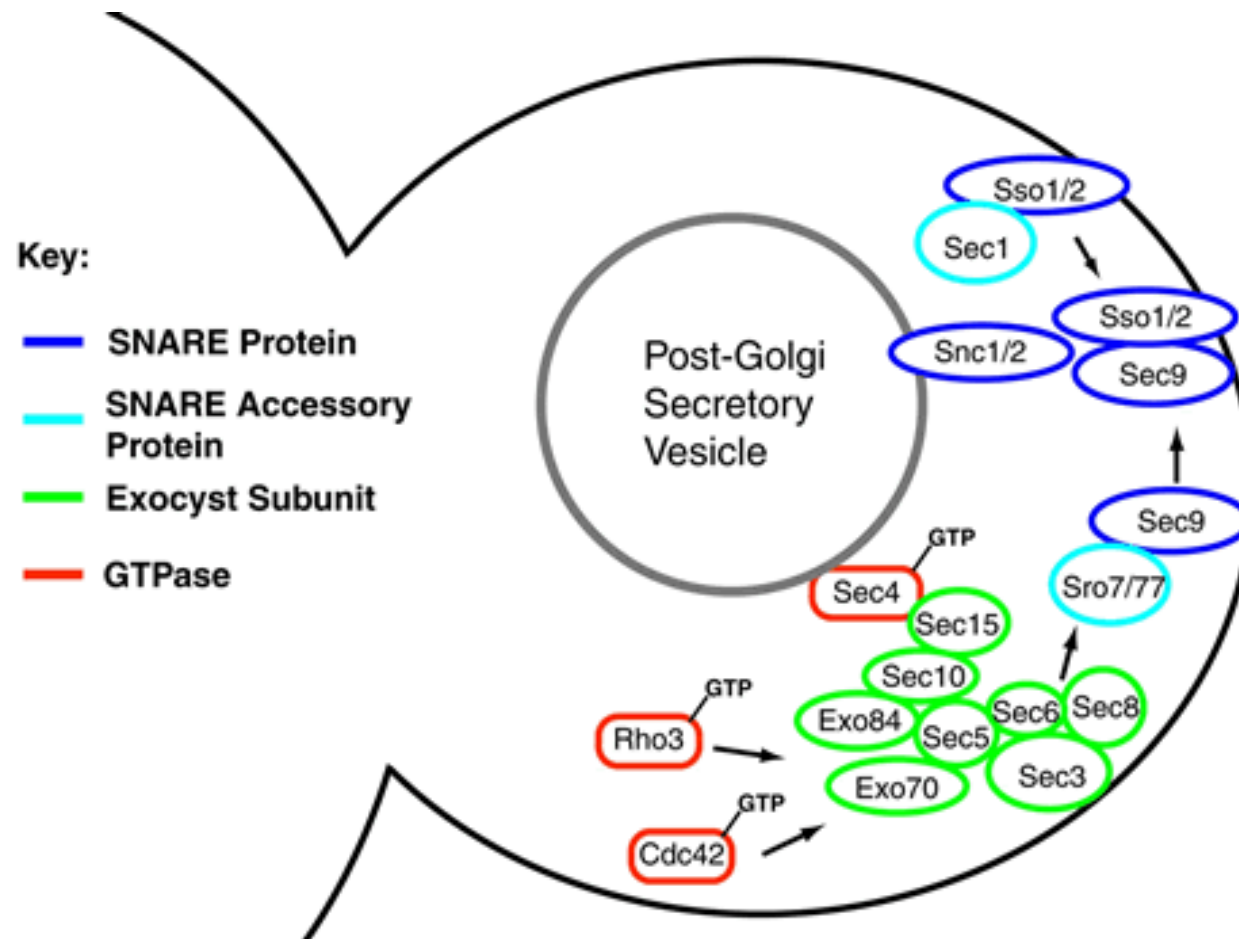


# Jaký význam má pasáž přes sekreční kompartmenty?

Kvasinky secernují mannanproteiny, které se ukládají ve stěně, např. invertáza MV 270 000, z toho 55% je mannan  
Při izolaci ER ze sec 18 byla zjištěna invertáza s malým obsahem mannanu.  
Při izolaci GA ze sec 7 zjištěna invertáza plně glykosylována.

Proteinová část invertázy je tedy syntetizována v ER, kde je i částečně glykosylována. Glykosylace tohoto glykoproteinu je dokončena v GA.

Proteiny, potřebné k exocytóze sekrečního váčku (post-Golgi secretory vesicle), definované na základě genetické analýzy sekrečních mutant



# Jak se izolují sec mutanty?

Jestliže syntéza bílkovin pokračuje, ale sekrece je zastavena, vzrůstá specifická hmotnost buněk a v hustotním gradientu jsou těžší. Z frakce těžších buněk se případně izolují teplotně senzitivní mutanty: v pokojové teplotě 25°C probíhá sekrece proteinů normálně, avšak při zvýšení kultivační teploty na 37°C je sekrece zastavena na tom místě, kde schází teplotě denaturovaný protein.

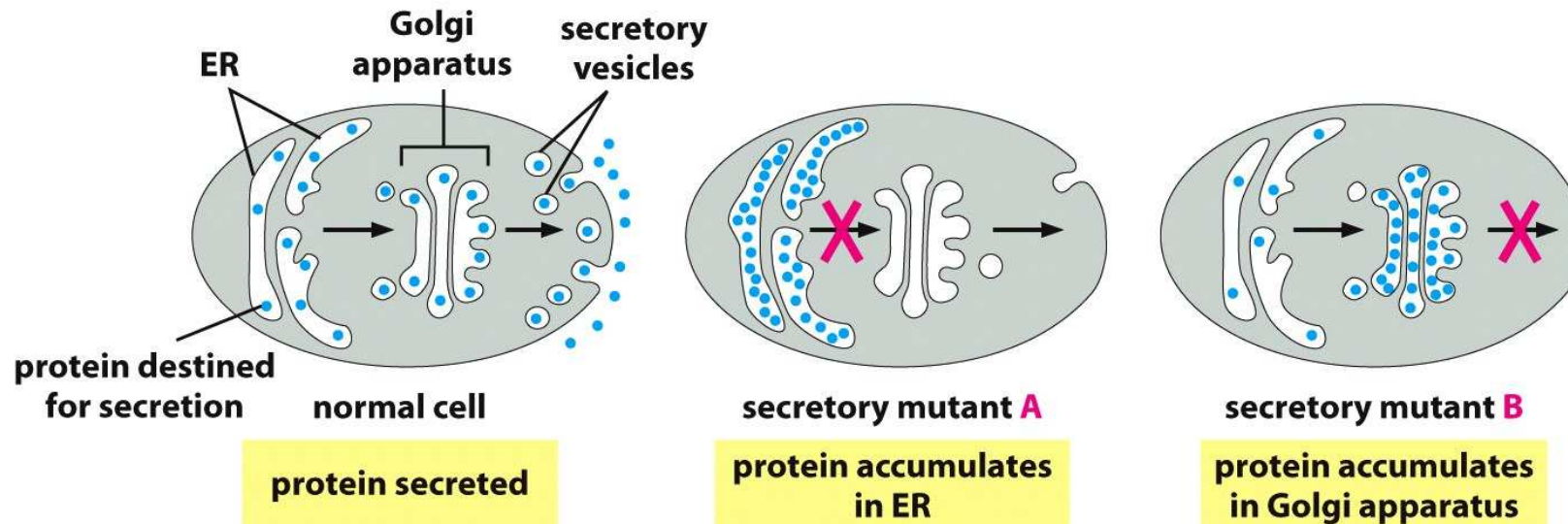
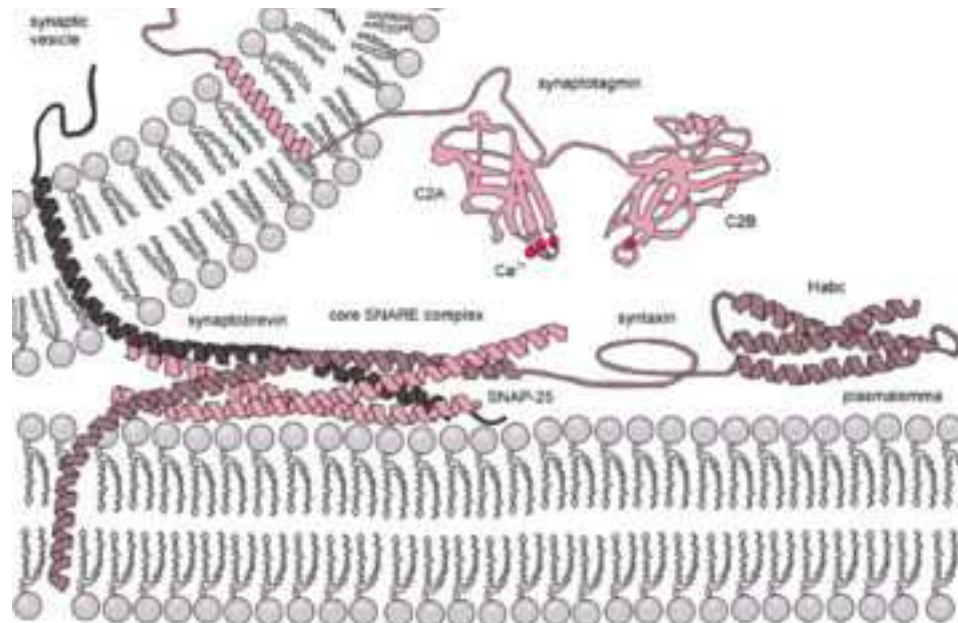
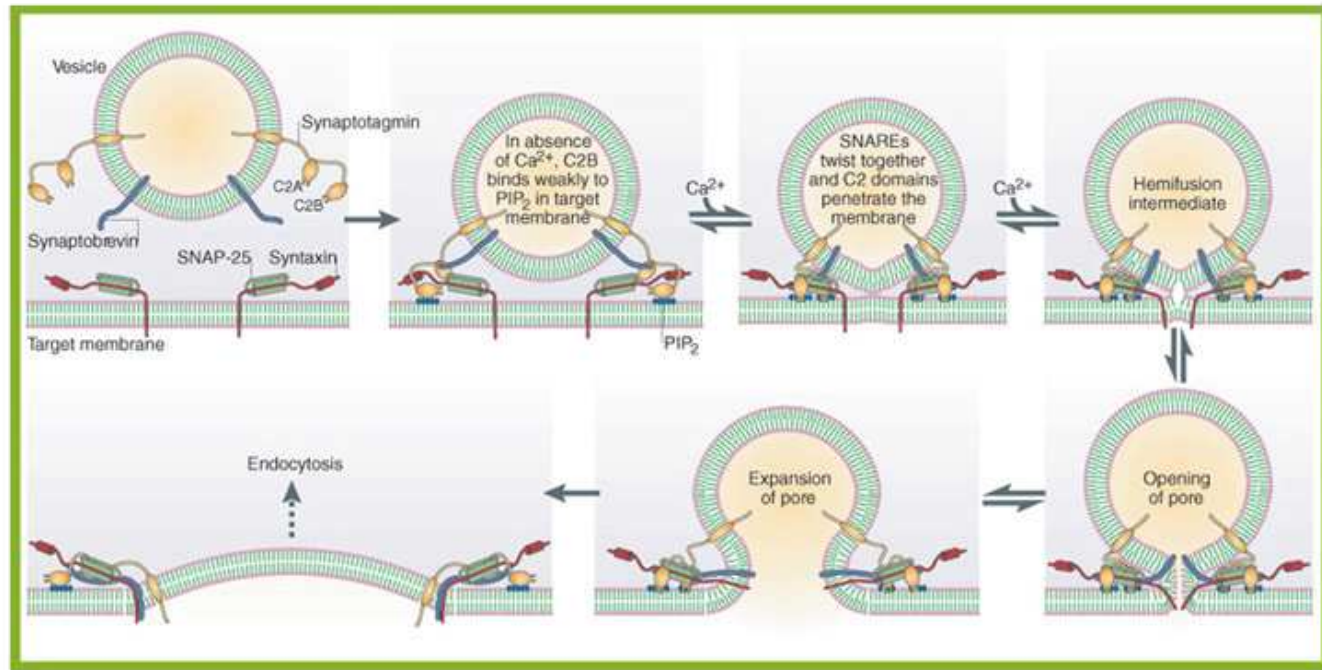


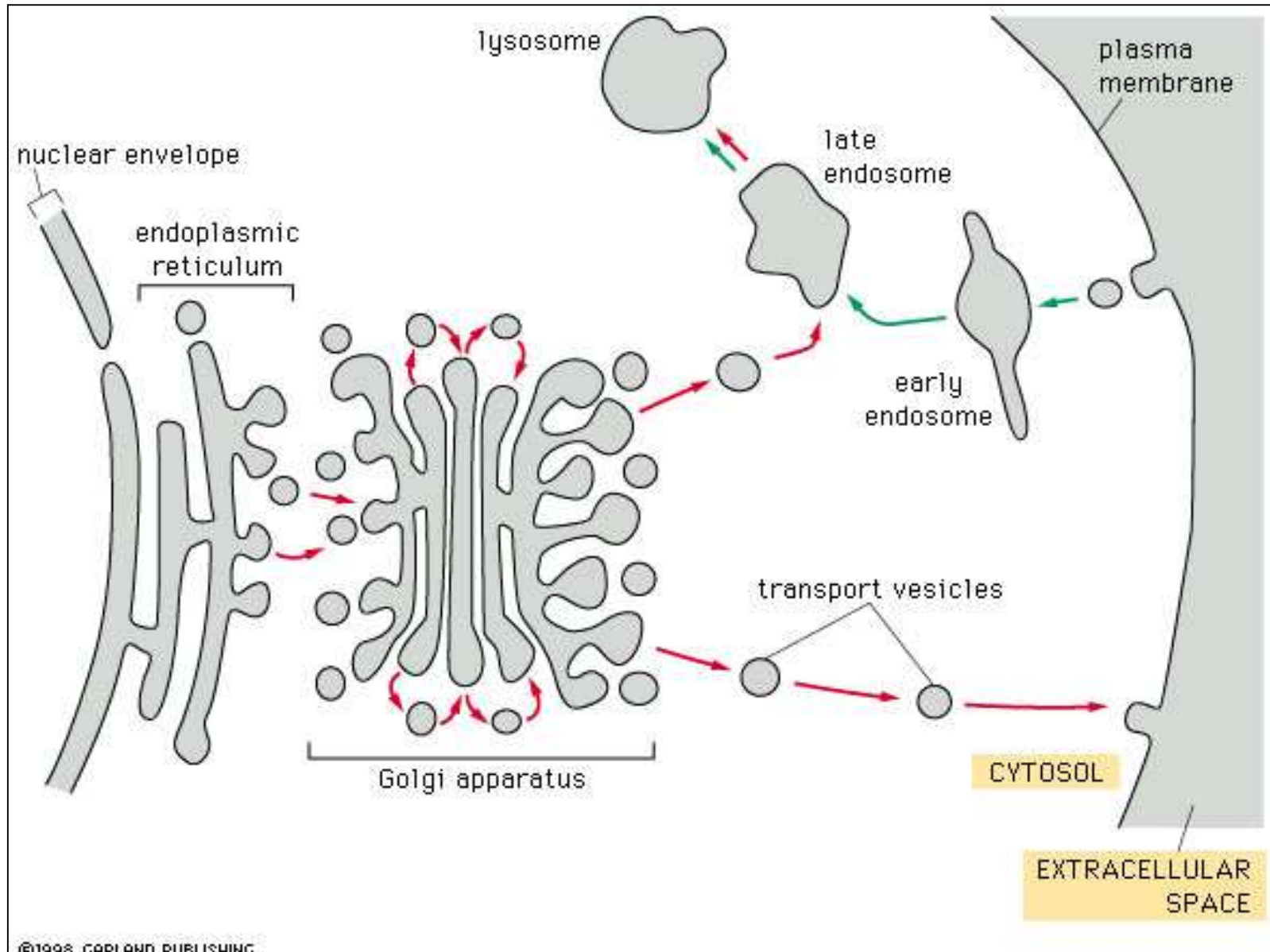
Figure 15-30 Essential Cell Biology 3/e (© Garland Science 2010)

# Exocytosa

Molekulární  
mechanizmy fuze  
membrány  
sekrečního váčku s  
plasmatickou  
membránou:  
interakce  
membránových  
proteinů startuje  
fuzi membrány



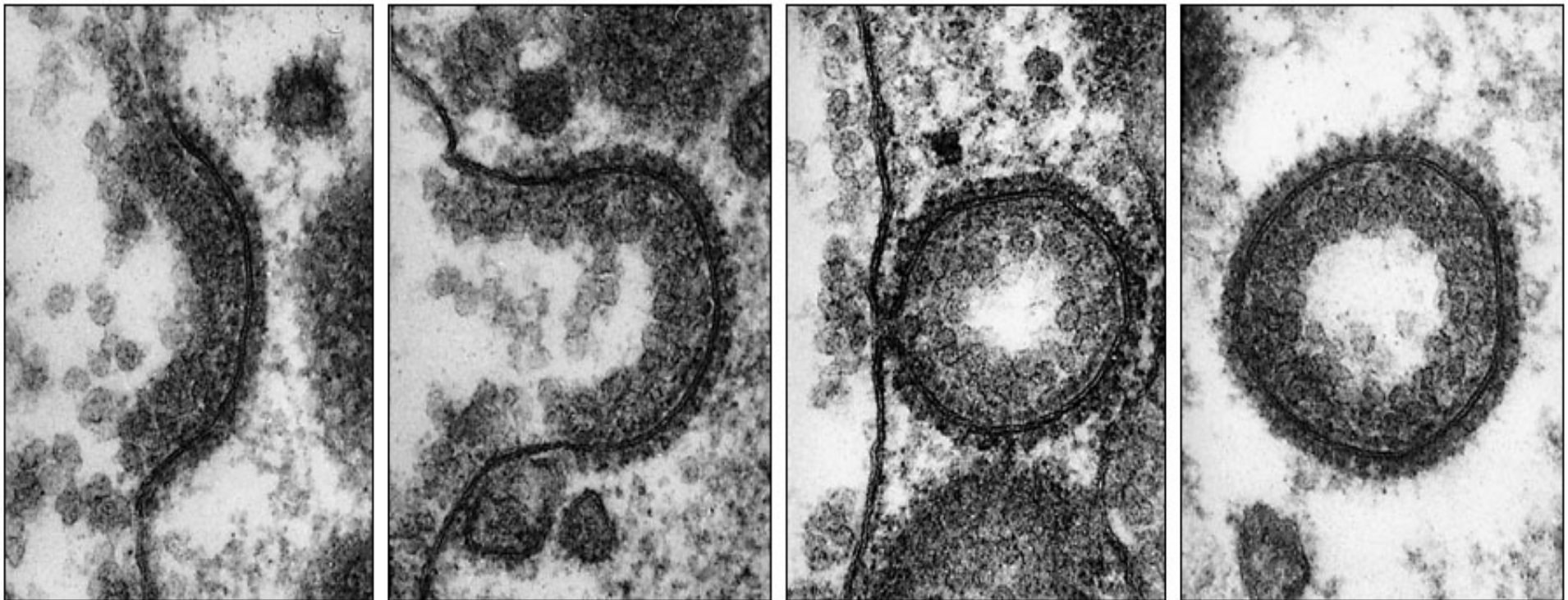
# Endocytóza



## Jak lze sledovat postup přijímaných molekul endocytózou:

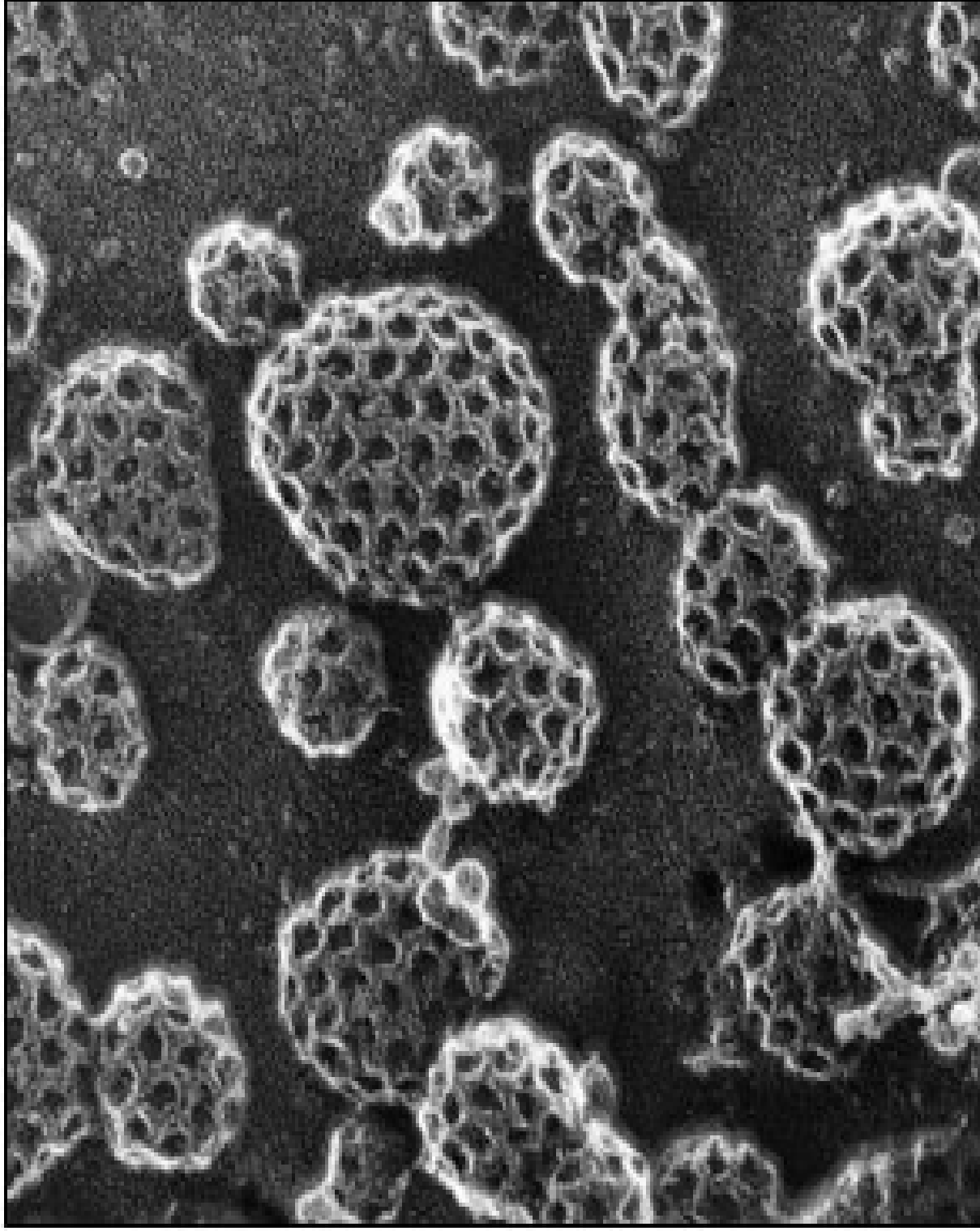
- radioaktivní polypeptid n. polysacharid
- ferritin (na ultratenkých řezech)
- FITTC - fluorescencí zabarvený substrát (luciferáza) se objeví nejprve ve frakci měchýřků - **endosomy**, pak ve frakci **lyzomů**

# Endocytóza: invaginace plasmatické membrány. Tvorba a odštěpení váčku - endosomu



(A)

0.1  $\mu\text{m}$

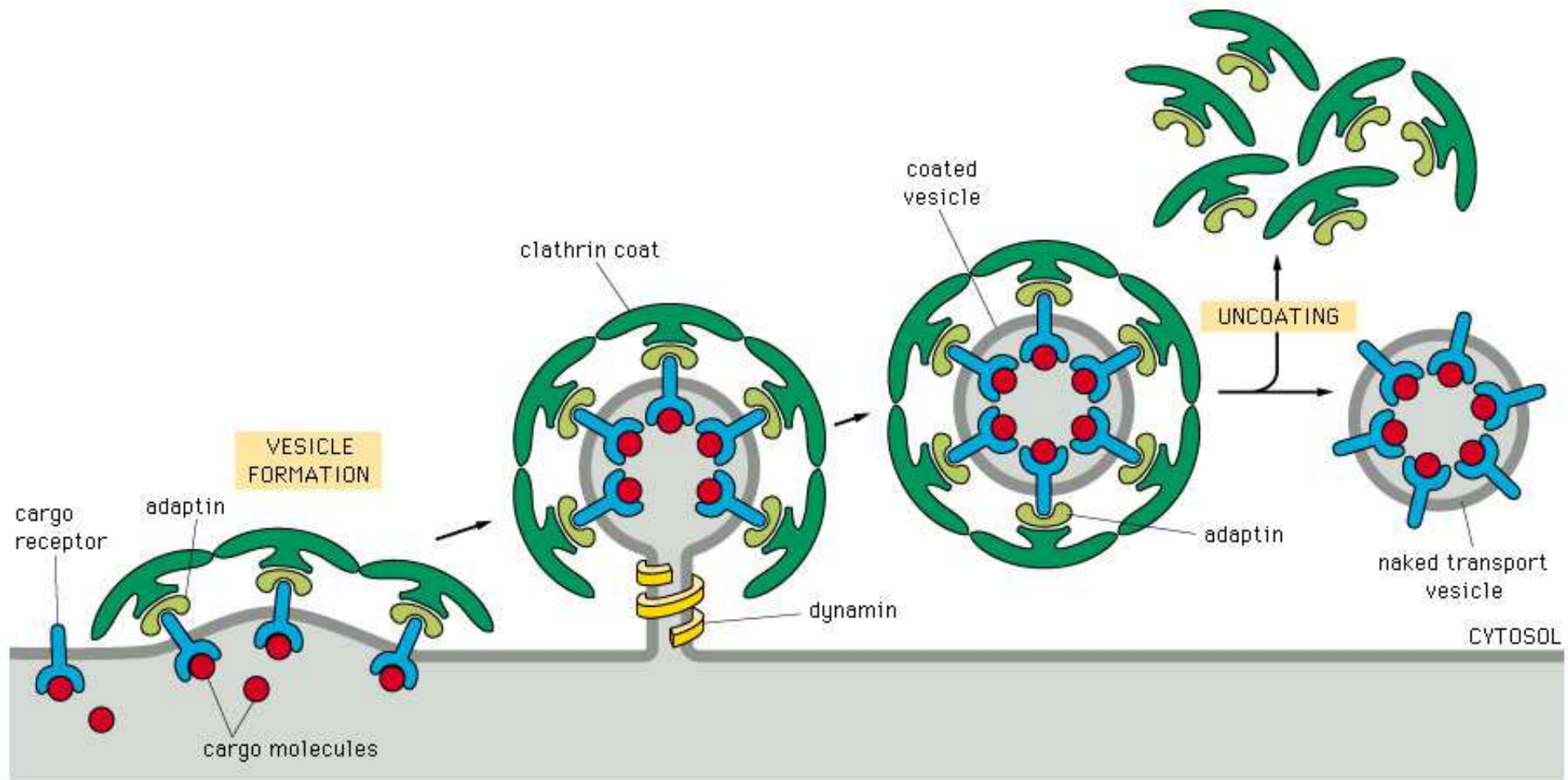


(B)

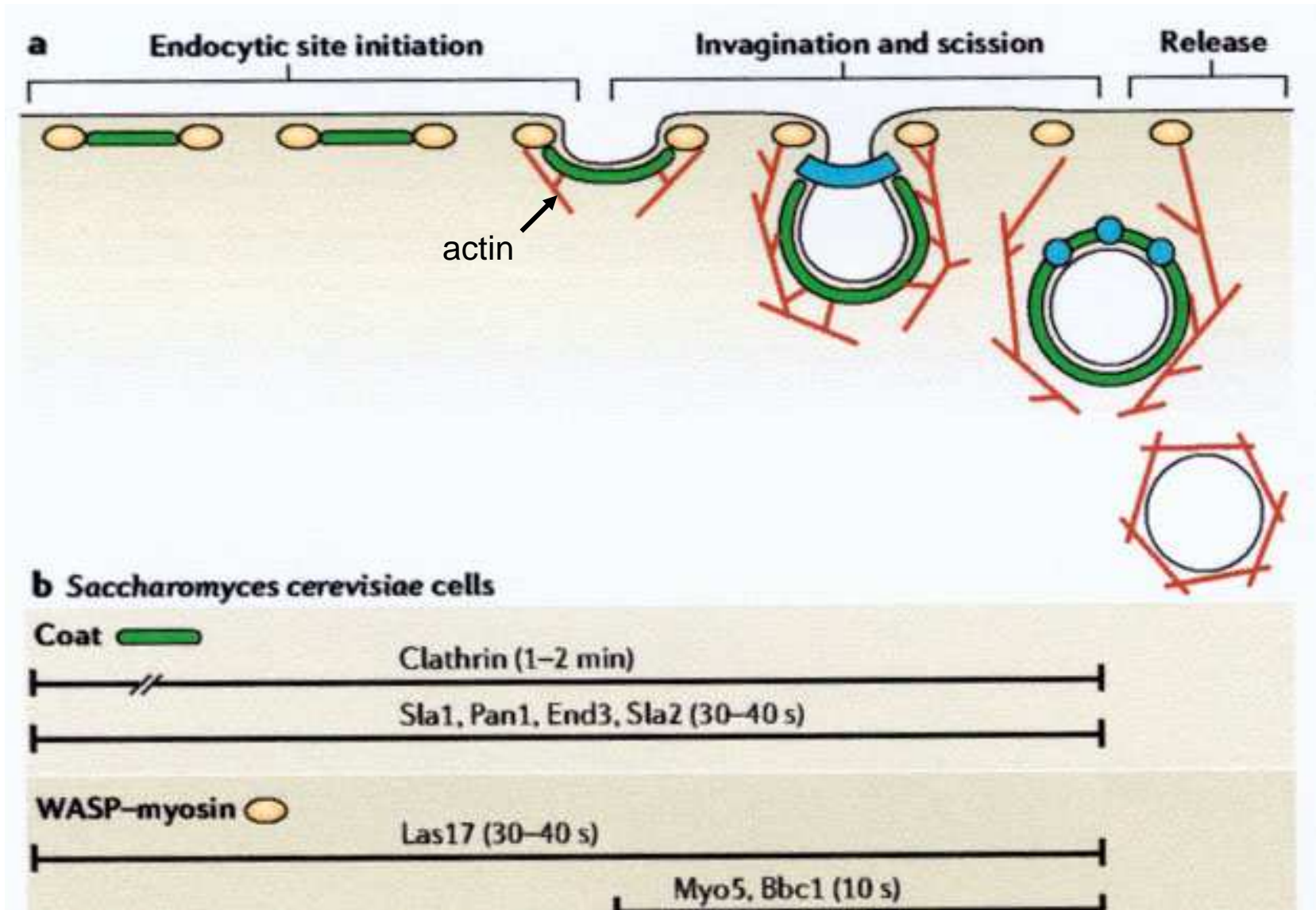
0.2 μm



# Účast některých proteinů na vytváření (assembly) endocytického měchýřku



# Analýza participace genů (genových produktů) na endocytóze u *S. cerevisiae* (Drubin)



## Současný model molekulárního mechanismu endocytózy:

Las17 (WAS) a Myo1 aktivují protein 2/3(Arp2/3). Tento komplex aktivuje polymerizaci aktinu, kde hrají úlohu ještě další proteiny. Současně se organizuje clathrinový obal měchýřku. Polymerizace aktinu vede k prohlubování invaginace plasmatické membrány a oddělení měchýřku – endosomu.

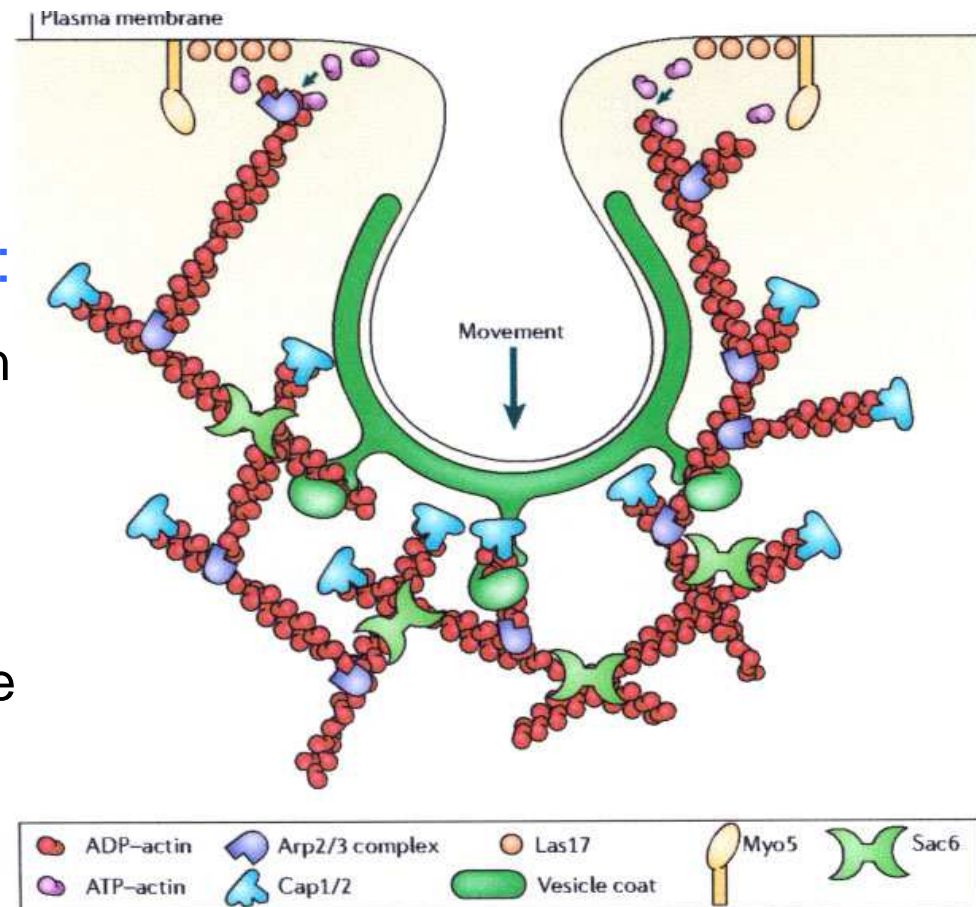
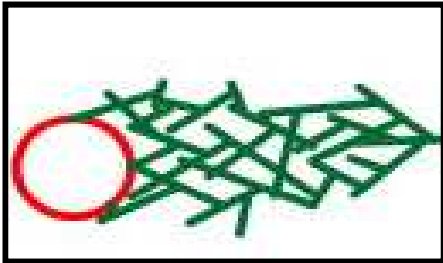


Figure 4 | **Current model for actin-driven endocytic internalization.** This schematic diagram illustrates putative functions of different actin-cytoskeleton proteins during endocytic internalization in *Saccharomyces cerevisiae*. Las17 (Wiskott-Aldrich syndrome protein (WASP) in mammals) together with the myosins Myo3 (not shown) and Myo5 activate the actin-related protein-2/3 (Arp2/3) complex at the cell surface. Myosins might also generate force on the actin network or anchor the actin filaments to the plasma membrane through their motor domains. The activated Arp2/3 complexes form branched actin filaments that grow through the addition of ATP-actin monomers near the plasma membrane. Older filaments are capped at their barbed ends by capping proteins (Cap1/2). The branched filaments are further crosslinked by Sac6. The crosslinked actin network is linked to the underlying vesicle coat by actin-binding proteins such as Sla2 and Pan1, which are represented by green hand-like structures. The growth of the actin network leads to the invagination of the coated membrane. For further information on the proteins involved, see TABLE 1.

Množina proteinů, která se podílí na kontrole polymerace aktinu

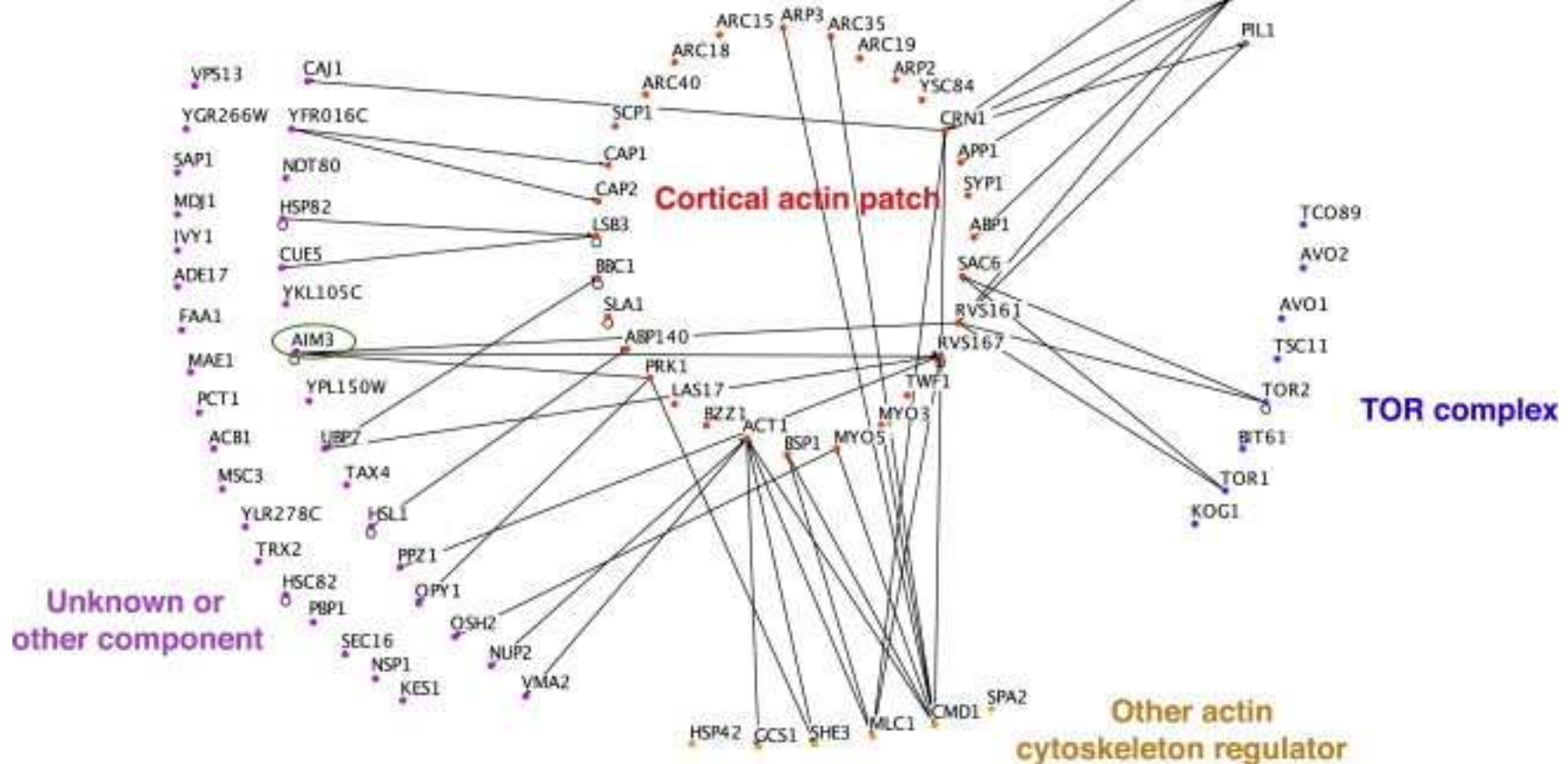


PIK patch

YPP1 MSS4 EFR3  
STT4

Eisosome

SLM1 YMR031C SLM2  
YGR130C YTA6



# Molekulární mechanismy vzniku hereditární hypercholesterolemie

1. Porucha syntézy receptorového proteinu na ER
2. Porucha postranlační modifikace proteinu v GA
3. Porucha vazby receptorového proteinu s ligandou (LDL – light density lipoproteins)
4. Porucha shlukování komplexu receptor-LDL v plasmatické membráně

