

Definice genového inženýrství

Genové inženýrství se zabývá vytvářením pozměněných či nových genů nebo přípravou nových („nepřirozených“) kombinací genů a jejich zaváděním do genomu organismů s cílem rekonstruovat jejich genetickou výbavu a vytvářet tak geneticky modifikované anebo transgenní organismy.

Metodickým základem genového inženýrství jsou manipulace s DNA *in vitro* (klonování genů a jejich úpravy) a cílené změny genetické informace prováděné *in vivo*

Aplikace GI: moderní (molekulární) biotechnologie

Genové inženýrství (syllabus přednášky 2015)

1. Osnova přednášky, definice genového inženýrství a jeho stručná historie, studijní literatura. Mutageneze *in vitro* (metody založené na restričních místech, metody založené na mutagenních oligonukleotidech, kazetová mutageneze, využití modifikovaných tRNA)
2. Optimalizace exprese klonovaných genů (faktory ovlivňující expresi genů v cizích hostitelích; úroveň transkripce, translace, export proteinů)
3. Klonování genů v grampozitivních bakteriích
4. Klonování genů v kvasinkách
5. Klonování genů v rostlinách, příprava transgenních rostlin
6. Klonování genů v živočišných buňkách, vektory pro přenos genů do savčích buněk, selekční markery pro vyhledání klonů obsahujících cizorodou DNA
7. Vnášení genů do zárodečných buněk myší, příprava transgenních savců
8. Cílená exprese cizorodých genů v buňkách a tkáních vyšších organismů
9. Opravy dědičných defektů u zvířat metodami genového inženýrství
10. Editace genomů *in vivo*, využití systému CRISPR/Cas
11. Příprava farmakologicky významných látek v prokaryotických a eukaryotických organismech. Využití metod rekombinantní DNA k přípravě vakcín a protilátek. Identifikace produktů rekombinantních genů.
12. Pravidla pro práci s geneticky modifikovanými organismy, zákon 78/2004 Sb., rizika GI

Doporučená literatura

- **Watson J.D. a kol. Rekombinantní DNA, krátký kurz. Academia Praha 1988.**
- **Watson J.D. et al., Recombinant DNA, 2nd ed., W.H.Freeman, New York 1992.**
- **Old R.W., Primrose S.B., Principles of gene manipulation. An introduction to genetic engineering. Blackwell Science, 1995. 5. vydání.**
- **Strachan T., Read A.P. Human Molecular Genetics, 3. Vydání. Garland Science, London 2004.**
- **Glick B.R., Pasternak J.J. Molecular Biotechnology, 3. vydání, ASM Press, Washington 2003.**
- **Reece R. Analysis of Genes and Genomes. Wiley 2004**
- **Primrose S.B., Twyman R.M. Principles of gene manipulation and genomics. Blackwell Publ., 2006, 7. vydání.**
- **Snustad D.P., Simmons M.J.: Genetika (překlad originálu Principles of Genetics), MU Brno, 2009**
- **Základní metody: Šmarda J. a kol.: Metody molekulární biologie, Brno, 2005.**
- **Internetové zdroje, IS muni.cz**

Využití genového inženýrství

Ve výzkumu: studium struktury, funkce a exprese genů (genomů)

V praxi (Moderní biotechnologie):

- 1. Příprava látek významných v lékařství, zemědělství a průmyslu**
 - vnášení cizorodých genů do nepříbuzných organismů a získávání produktů ve velkém množství – *překonání reprodukčních bariér*
- 2. Příprava látek s novými vlastnostmi pozměňováním stávajících genů nebo vytvářením nových genů – *enzymy, protilátky, vakcíny aj.***
- 3. Pozměňování a zlepšování vlastností organismů - vytváření geneticky modifikovaných n. transgenních organismů (GMO)**
 - *příprava mikroorganismů pro biotechnologie,*
 - *zvyšování výnosů kulturních rostlin a užitkovosti hosp. zvířat (odolnost vůči chorobám, škůdcům nebo zevním vlivům, produkce cizích látek v tělech rostlin a zvířat)*
 - **genové terapie**

Předpoklady pro cílené genetické manipulace

- Identifikovat geny a stanovit jejich funkce
- Izolovat geny a cíleně je *in vitro* (*in vivo*)
pozměňovat
- Přenést vhodným způsobem upravené geny do
původních nebo **nepříbuzných** organismů a zajistit
jejich expresi (**heterologní** expresní systémy)

Etapy vzniku a vývoje genového inženýrství

Poznání základních procesů přenosu genetické informace

1970 – izolace prvního restrikčního enzymu

1972 – příprava prvních rekombinantních molekul DNA *in vitro*

1973 – začátek klonování genů

1975 – Asilomarská konference, moratorium NIH (1976)

1976 – první pravidla práce s rekombinantní DNA

1977 – první rekombinované molekuly DNA nesoucí savčí geny

1977 – sekvenování DNA

1978 – příprava lidského inzulinu v bakteriích

(od r. 1982 vyráběn komerčně), založení Genentech

zavedení technik mutagenese *in vitro* – proteinové inženýrství

příprava transgenních organismů (bakterie, kvasinky, rostliny, živočichové)

1980 – první pokusy o genovou terapii

1997 – klonování živočichů

Mutagenese *in vitro*

Mutace se vnášejí do vyizolované DNA (= *in vitro*)

Typy mutací: substituce, delece, inserce

Cíle:

Výzkum:

- Analýza vztahu mezi strukturou a funkcí NK
- Objasnění funkce genů a regulačních oblastí

Praxe:

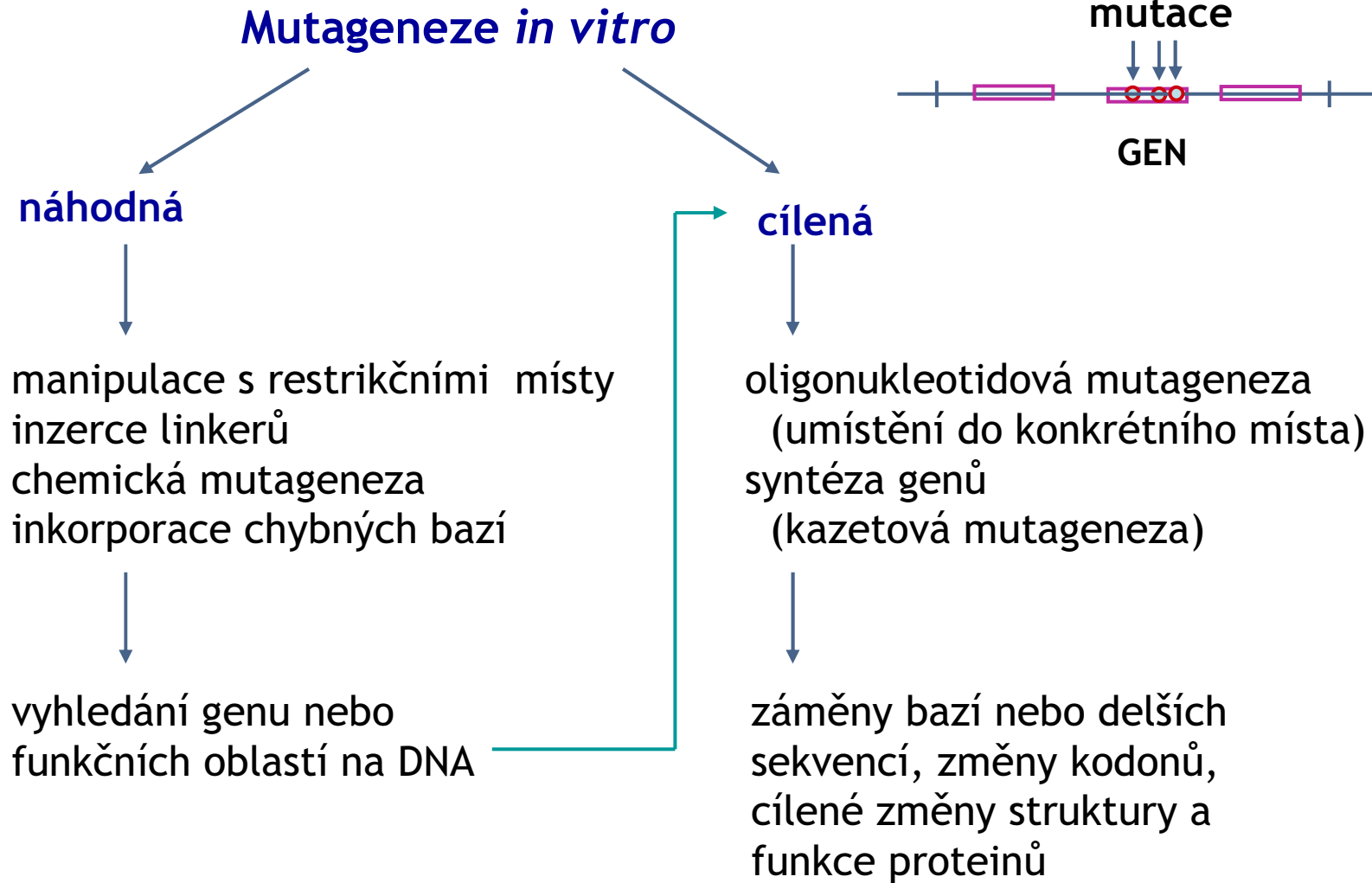
- Cílené změny aminokyselin v proteinech - příprava proteinů s novými vlastnostmi (proteinové inženýrství)
- Příprava geneticky modifikovaných a transgenních organismů

Nevýhody klasické mutageneze

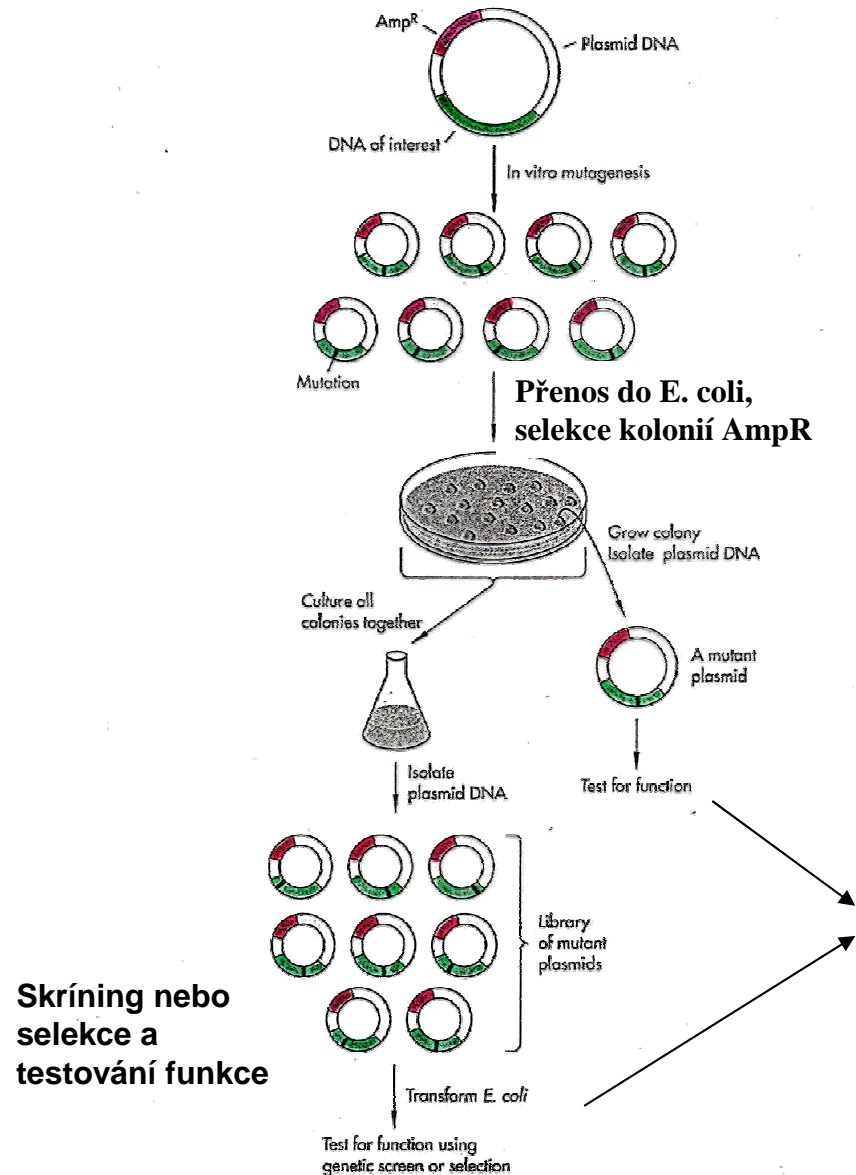
(chemické, fyzikální, biologické mutageneze)

1. V organismu může být zmutován kterýkoliv gen
2. Frekvence mutací v žádaném genu může být nízká
3. Žádaný fenotyp může být výsledkem mutací v různých genech
4. Rekombinační analýzou nelze zjistit charakter mutace tj. zda vznikla substitucí jedné báze, nebo delecí či inzercí

Mutagenese *in vitro*



Obecná strategie při mutagenезi *in vitro*



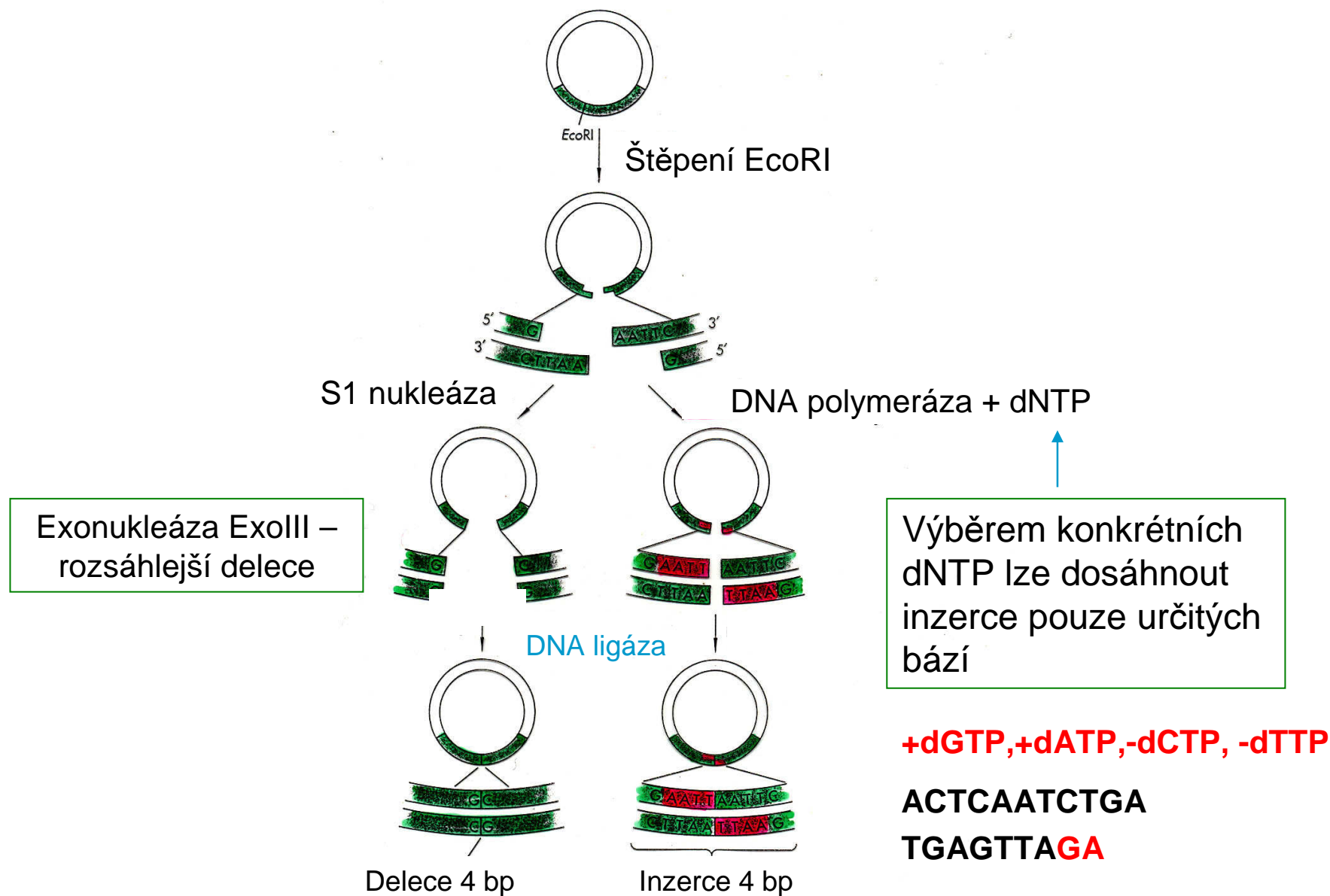
1. Klonování genu (sekvence DNA) určené k mutagenезi
2. Vlastní proces mutagenезe *in vitro*
3. Selekcce klonů obsahujících mutované geny (sekvence)
4. Stanovení funkce mutovaných genů
5. Ověření charakteru vnesené mutace (stanovení sekvence)

Stanovení sekvence
pozměněného genu

Způsoby používané při mutagenezi *in vitro*

1. Manipulace s restrikčními místy a enzymatické úpravy DNA
2. Oligonukleotidová mutageneze (extenze primeru)
3. Chemická mutageneze
4. Kazetová mutageneze
5. Metody založené na PCR
6. Mutageneze pomocí supresorových tRNA

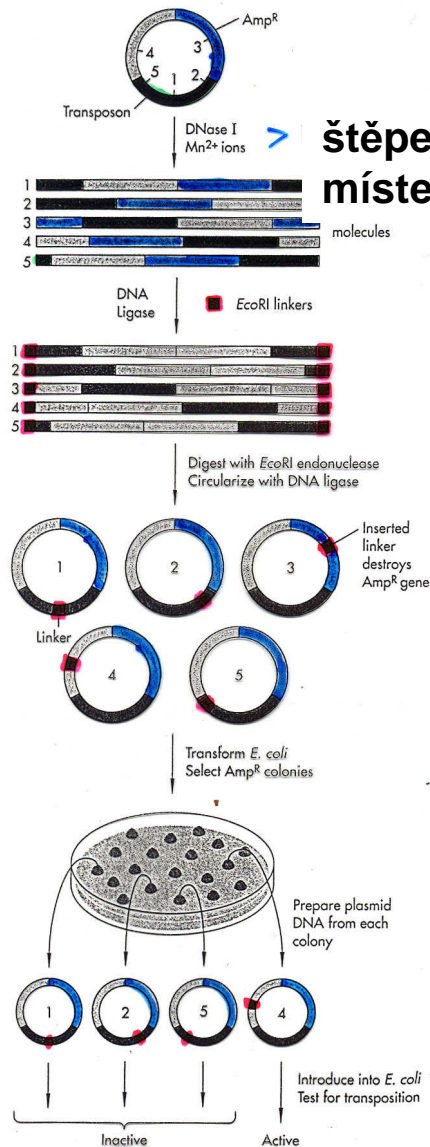
Vytváření mutací v restričním místě



Inzerční mutagenese pomocí linkerů k vyhledání funkčních oblastí transpozonu

Soubor náhodně linearizovaných molekul

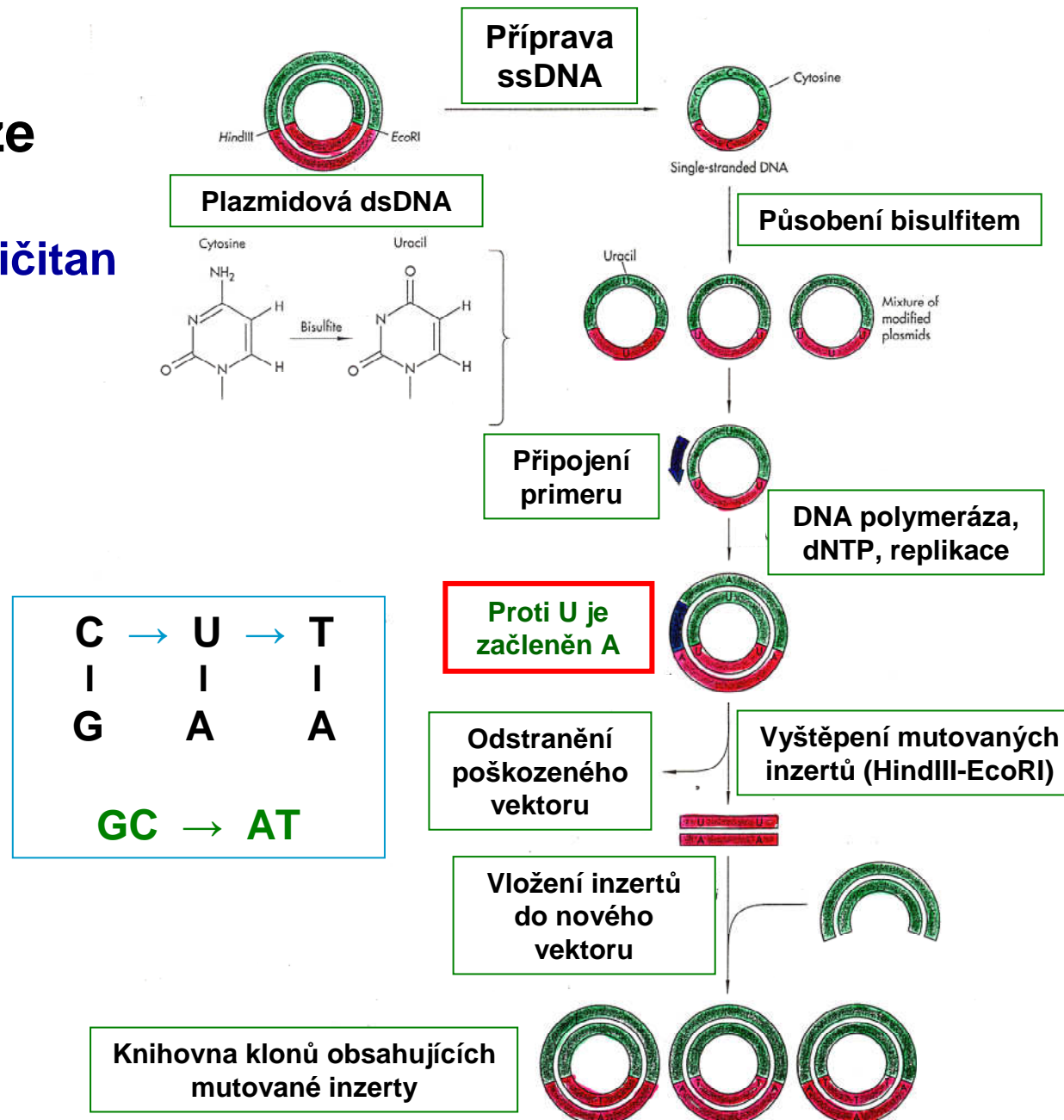
Vložený linker inaktivuje různé geny



Připojení EcoRI-linkerů
(= vložení inzerce inaktivující zasažený gen)

Selekce klonů se ztrátou transpoziční aktivity, např. vyhledání genu pro transponázu (nebo oblasti transpozonu, která je pro transpozici nezbytná)

Chemická mutagenese bisulfitem (hydrogensířičitan sodný)

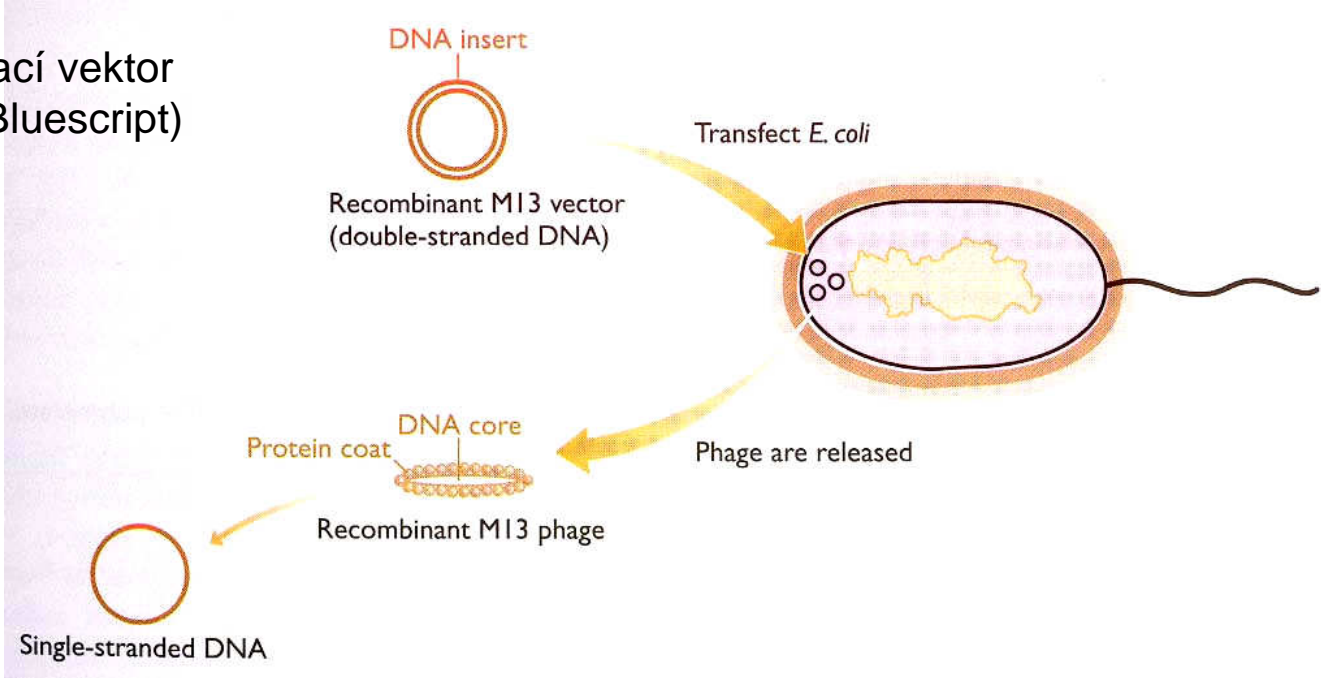


Mutageneze pomocí mutagenních oligonukleotidů

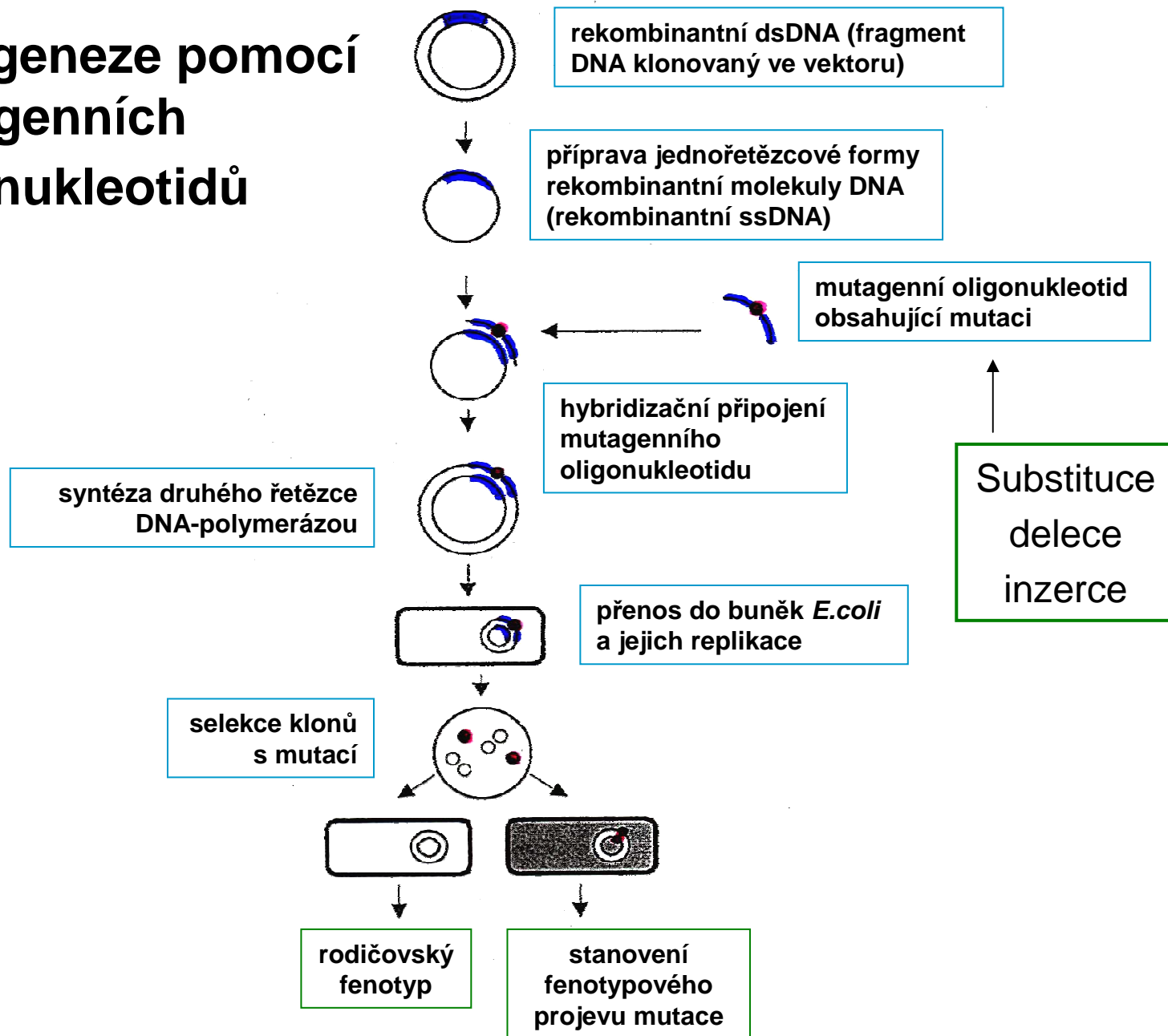
1. Klonování sekvence (genu) do vhodného vektoru (M13, fágemid, fasmid), izolace jednořetězcové formy rekombinantní DNA
2. Příprava syntetického (mutagenního) oligonukleotidu nesoucího žádanou mutaci (jeho sekvence je komplementární ke klonované sekvenci vyjma místa, do něhož má být mutace vnesena)
3. Připojení (při hybridizování) mutagenního oligonukleotidu *in vitro*
4. Dosyntetizování komplementárního řetězce DNA-polymerázou, spojení DNA-ligázou
5. Transformace buněk *E. coli* heteroduplexní molekulou DNA, selekce mutantních molekul (příp. selekce *in vitro* a transformace mutantními molekulami DNA)
6. Pomnožení mutantní molekuly DNA v *E. coli*, ověření mutace stanovením sekvence DNA

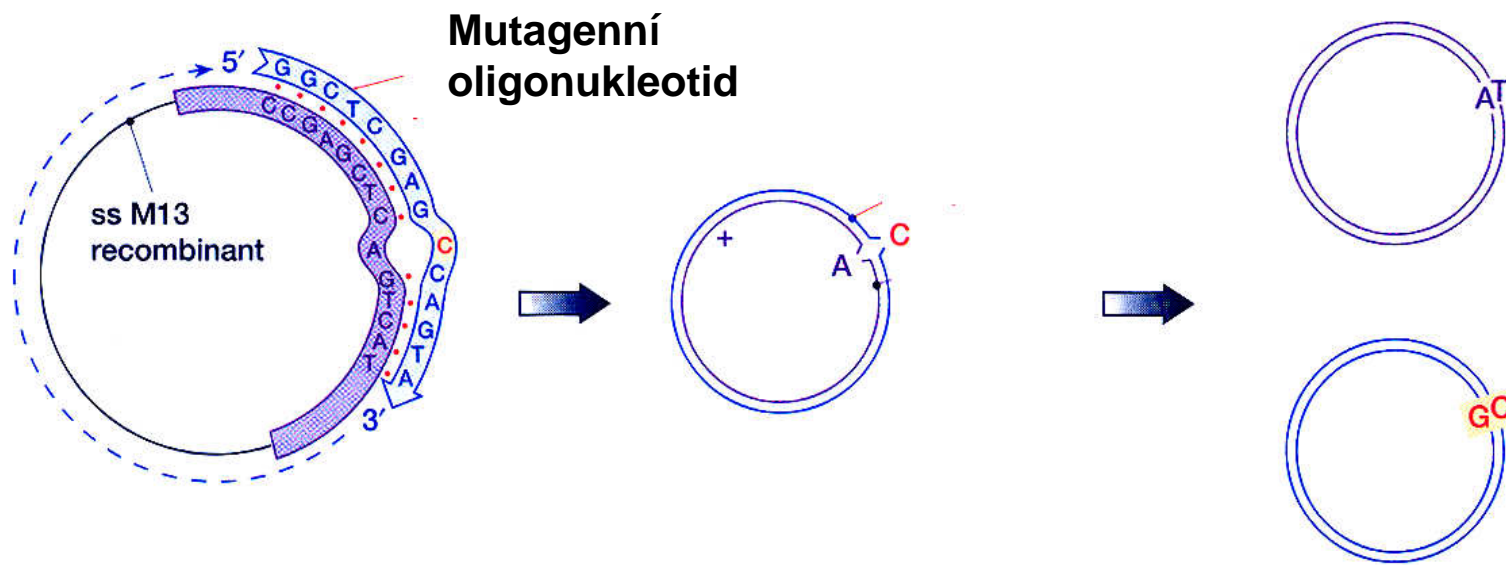
Klonování genů ve fágemidech

Klonovací vektor
(např. Bluescript)

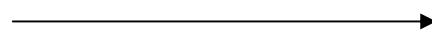


Mutagenese pomocí mutagenních oligonukleotidů

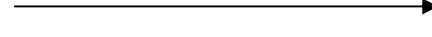




A - T

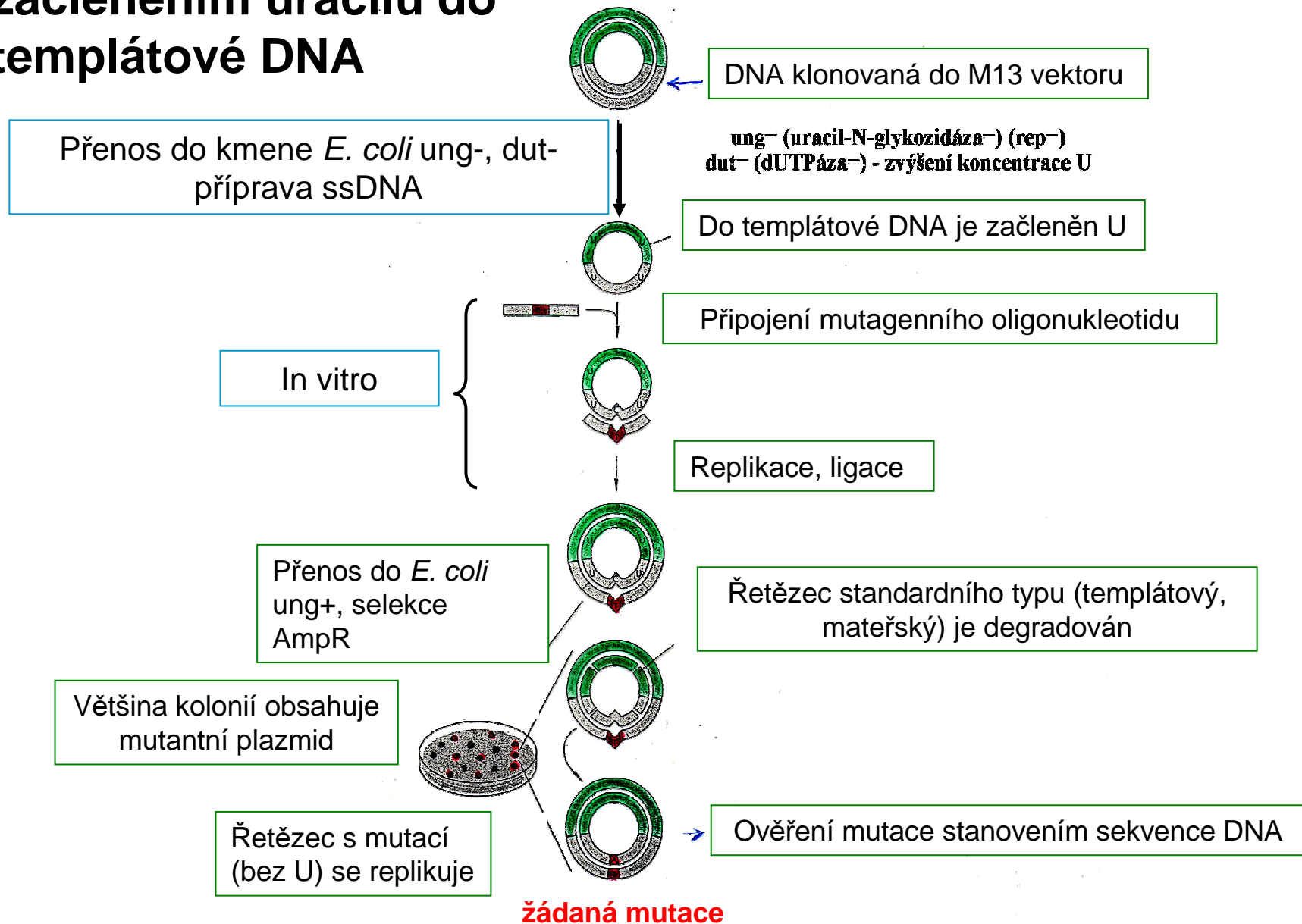


A - C

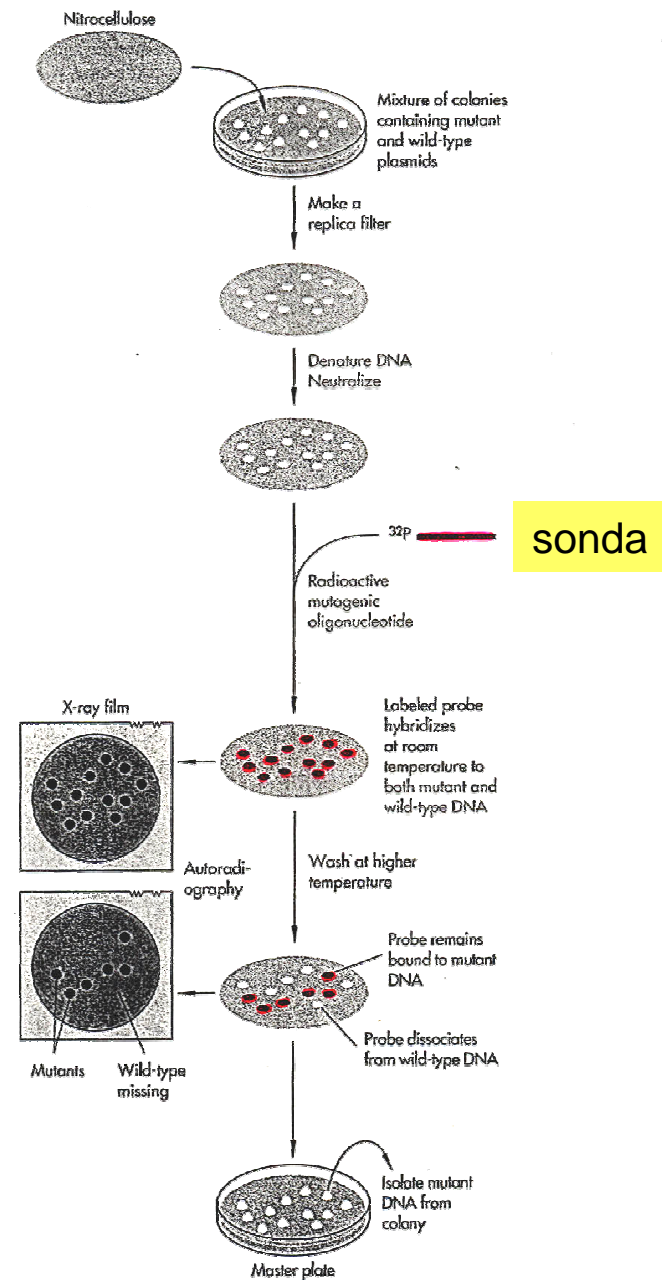


G - C

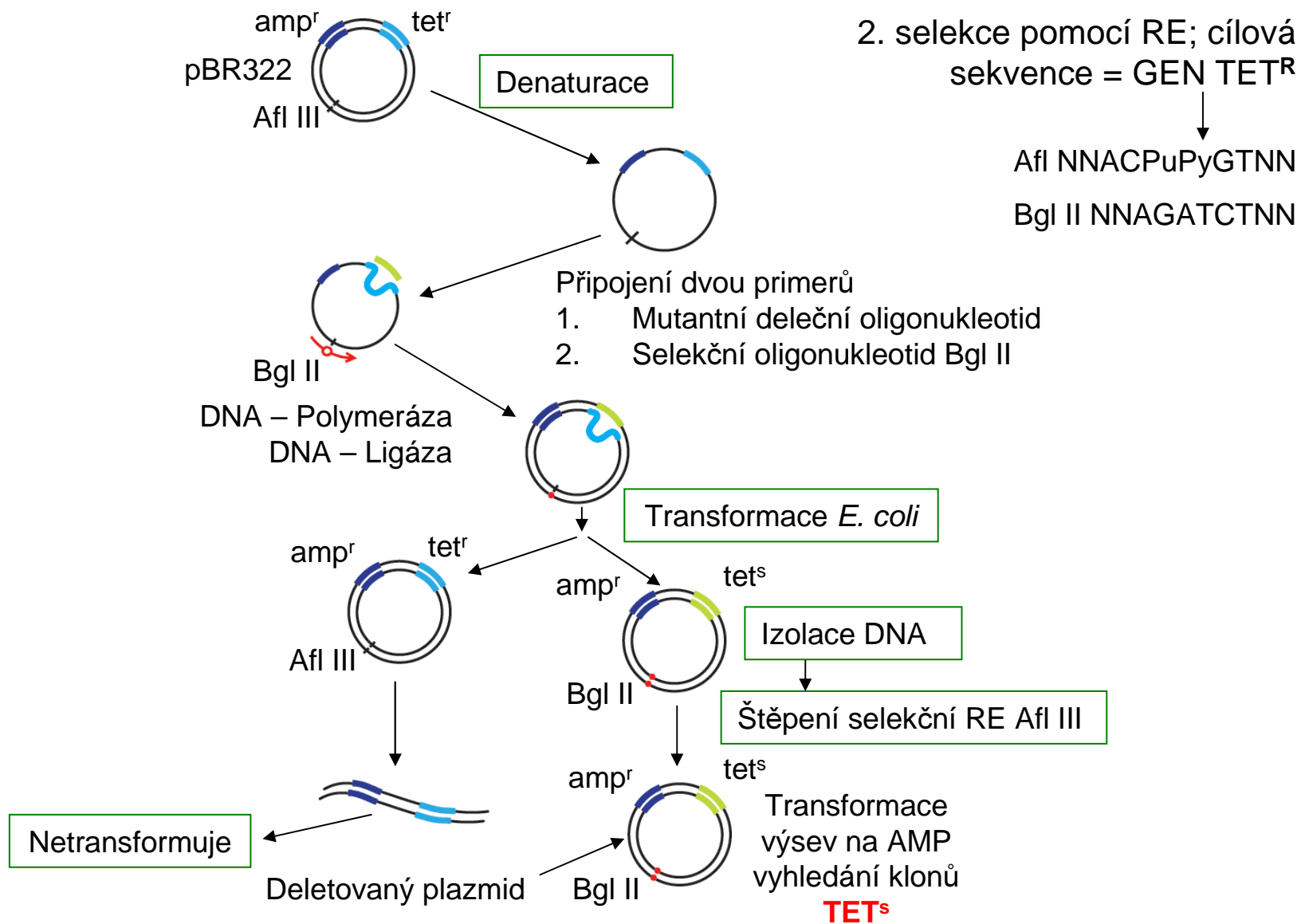
Zvýšení výnosu mutant začlenením uracilu do templátové DNA



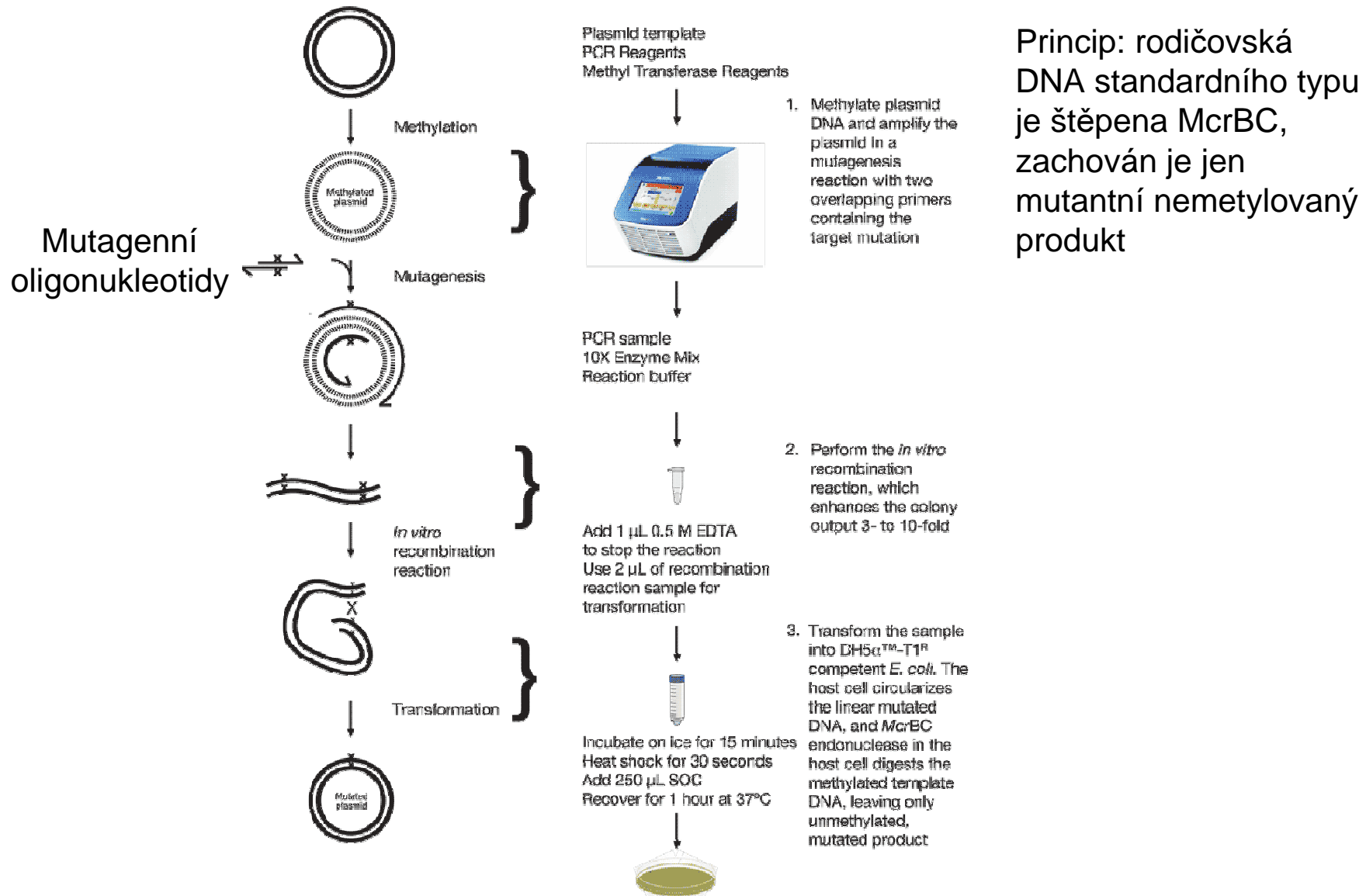
Vyhledání mutantních klonů pomocí sondy – tou je značený mutagenní oligonukleotid



Mutageneze pomocí mutagenních oligonukleotidů

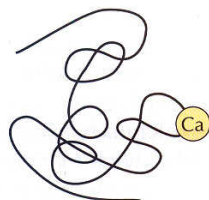


Komerční soupravy pro snadné vytváření mutací a selekci

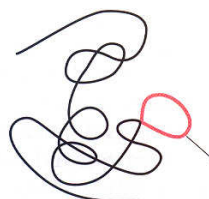


Modifikace subtilizinu se změněným požadavkem na kofaktory (postupná mutagenze pomocí mutagenních oligonukleotidů)

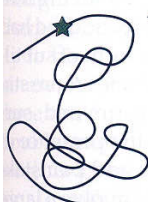
nativní subtilizin
vyžadující Ca



Vysoká
enzymová
aktivita



Ztráta aktivity po
deleci domény
vázající Ca

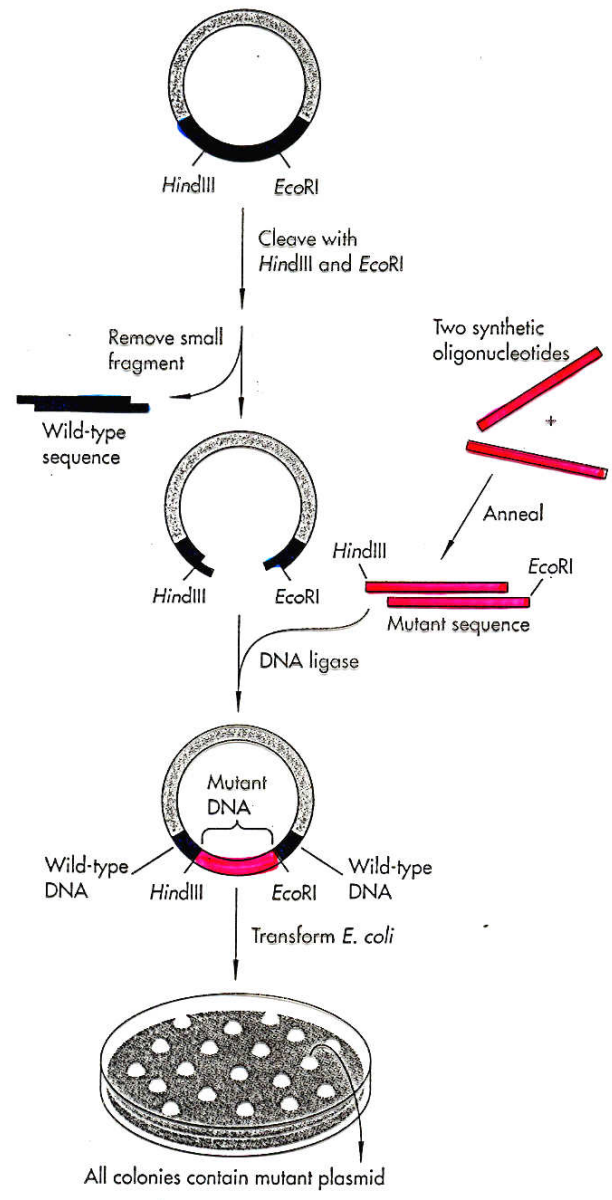


Mutantní varianty s
nízkou aktivitou

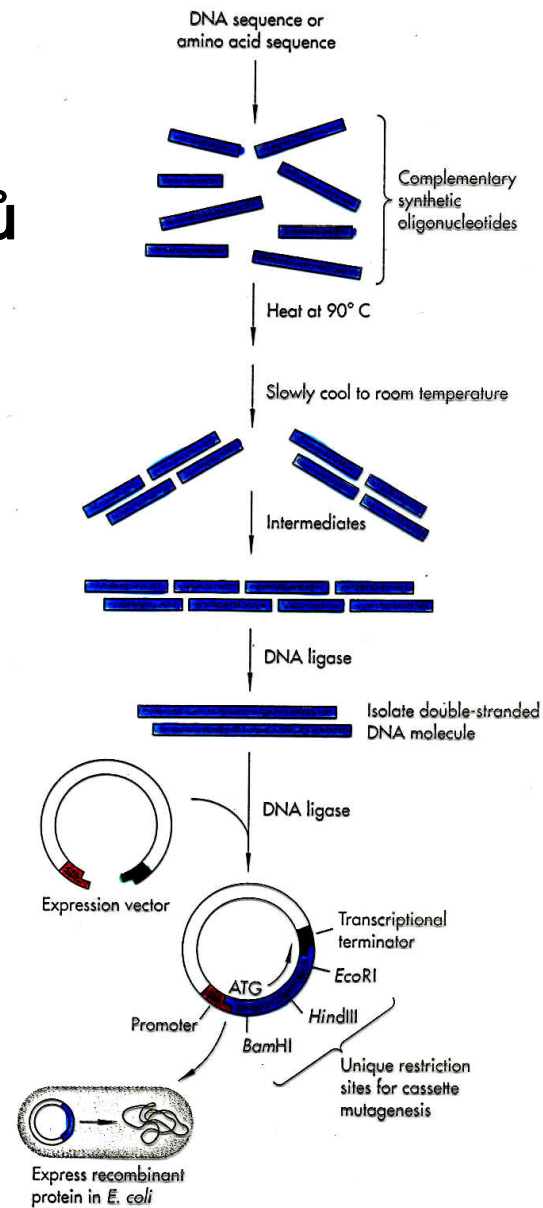


Kombinace mutantních
variant: vysoká aktivita
i bez navázaného Ca

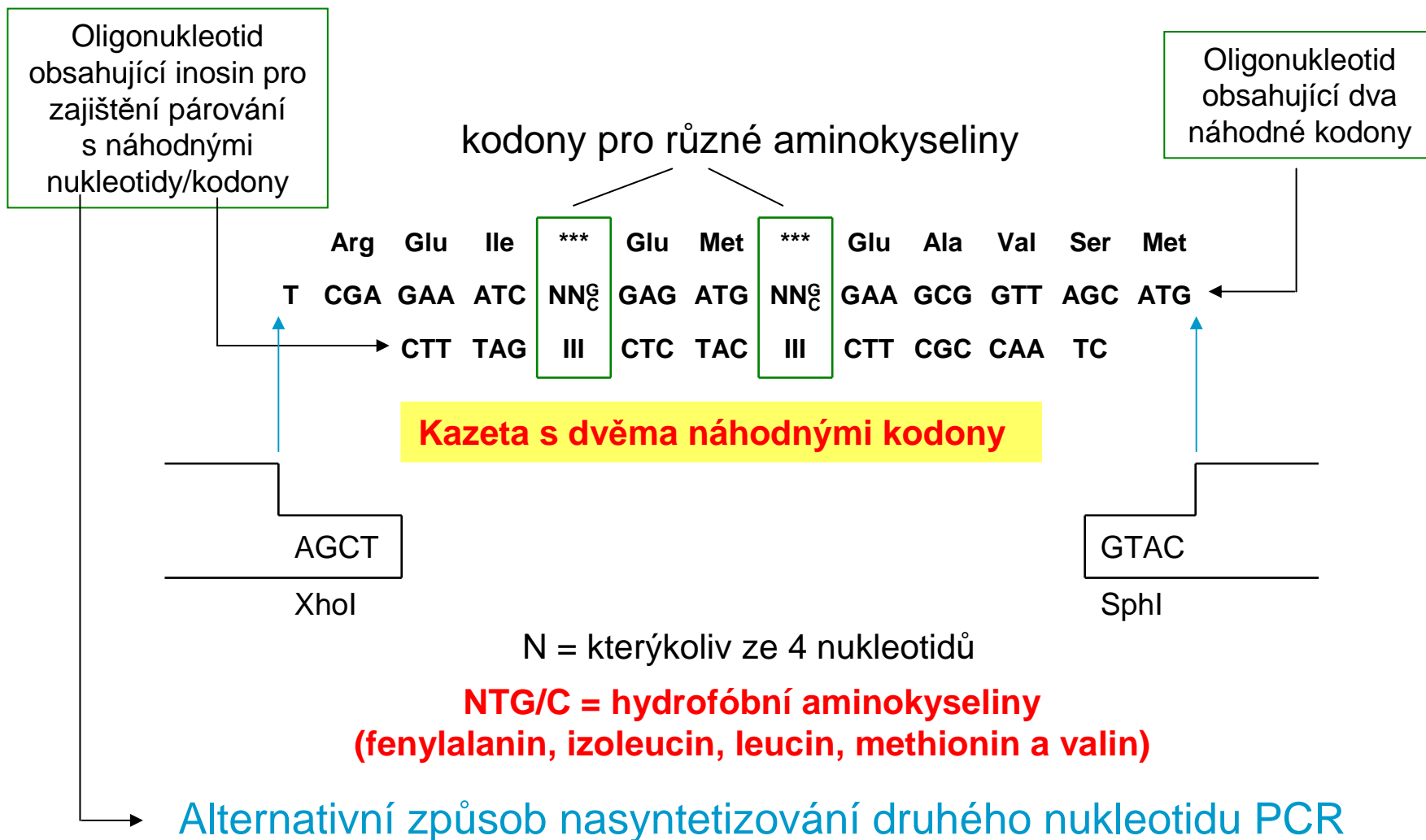
Kazetová mutageneze



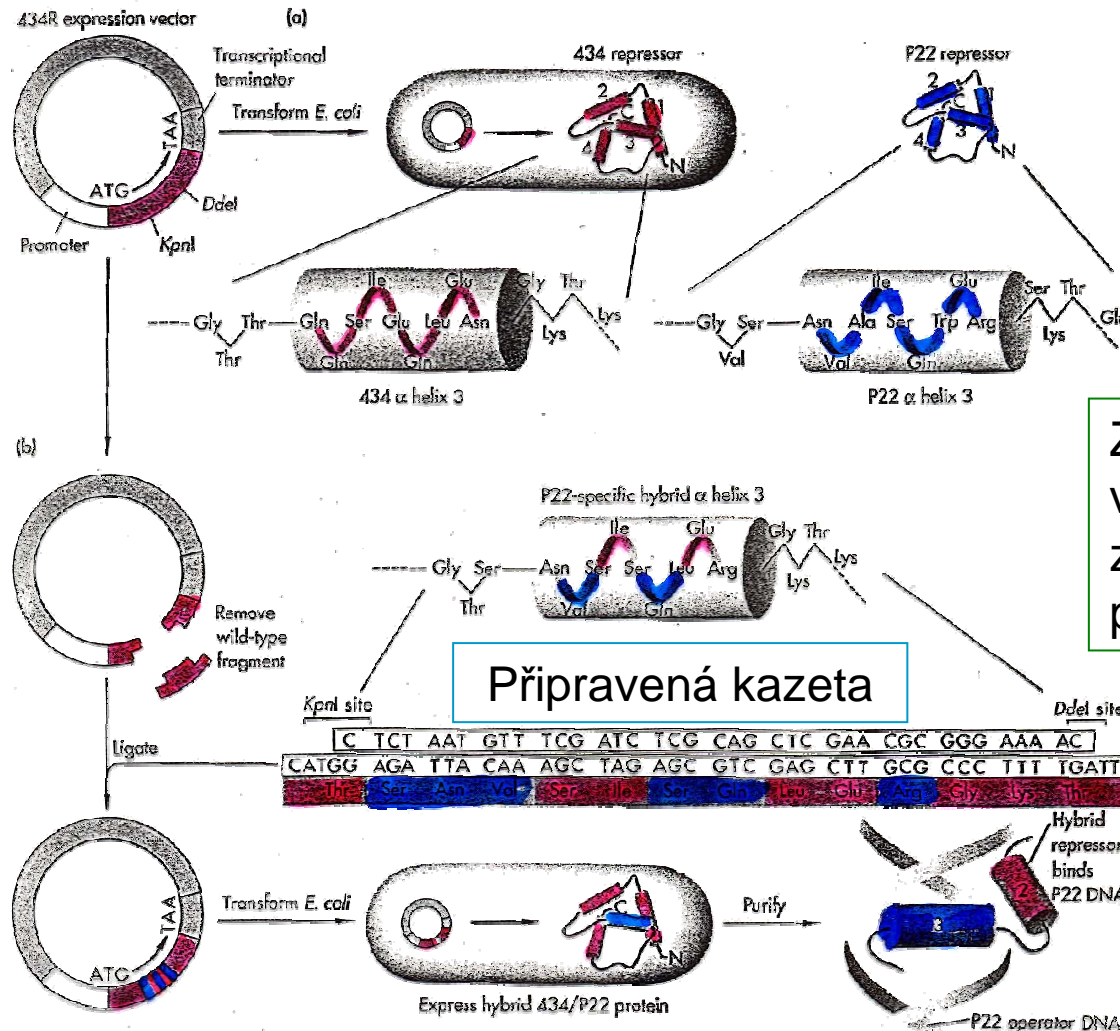
Syntéza genů postupným spojováním kratších oligonukleotidů



Mutageneze pomocí „doped“ oligonukleotidů



Záměna helixu v represorovém proteinu mutagenezou *in vitro* (příklad kazetové mutagenéze)

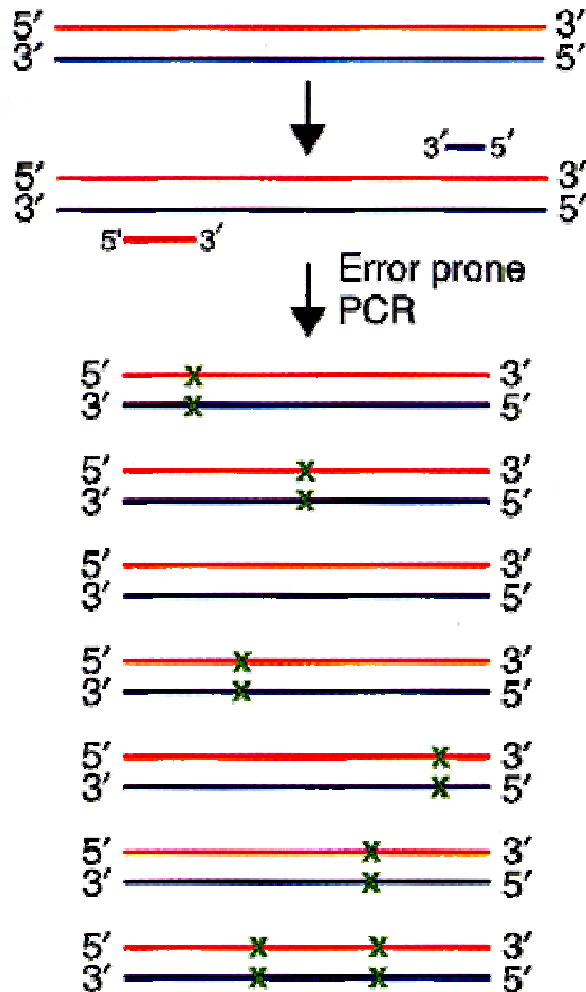


Záměna aminokyselin
v doméně represoru
zodpovědné za roz-
poznání operátoru P22

Výhody PCR

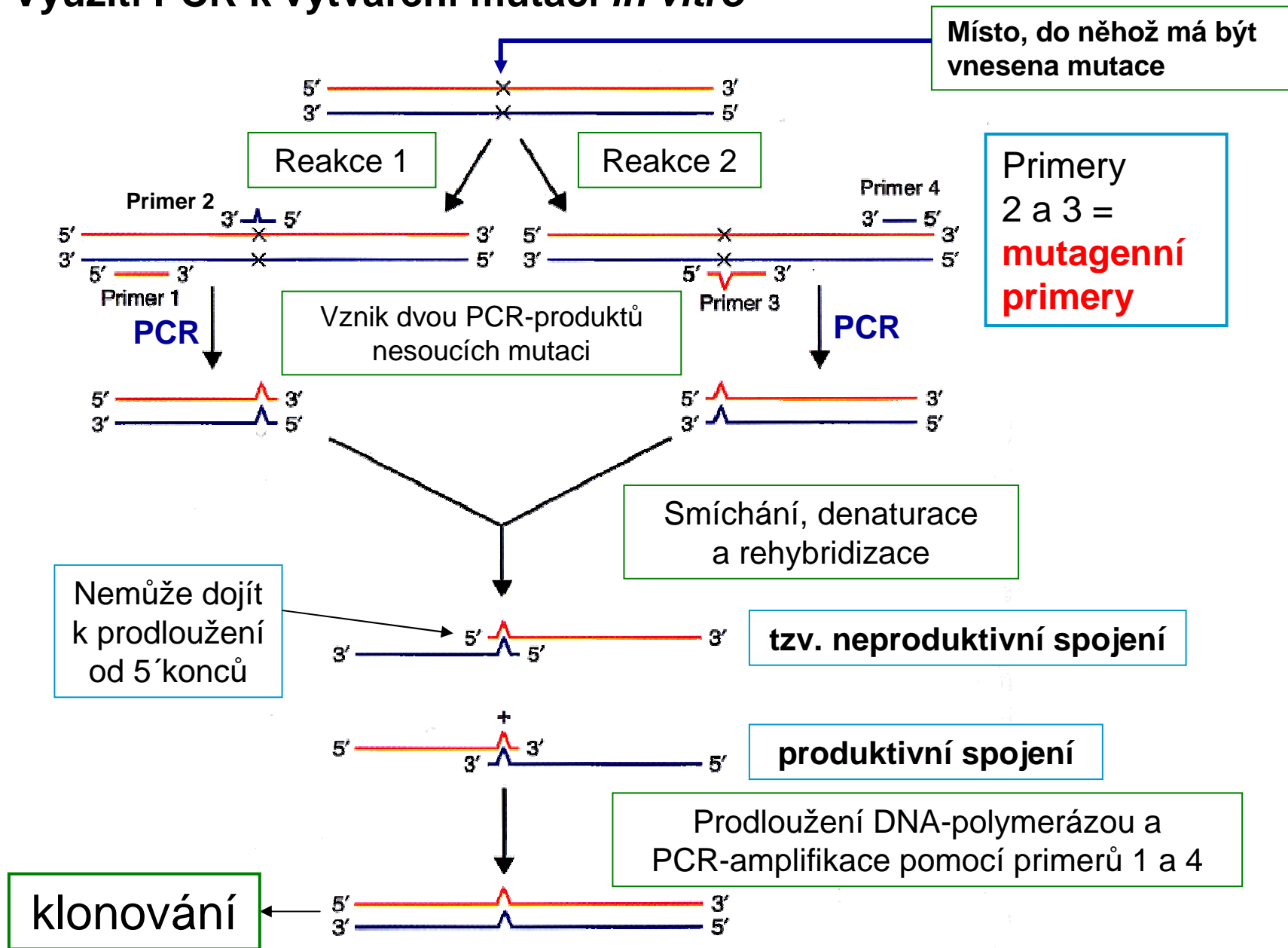
- jednoduché provedení
- možnost vytváření různého typu mutací
- není nutná následná selekce pro zvýšení proporce mutant
- nezávislost na RE místech
- není vždy nutné následné klonování mutovaného genu do vektoru (po PCR je možný přenos amplikonu do buněk transformací)

Vytváření náhodných mutací = „error-prone“ PCR

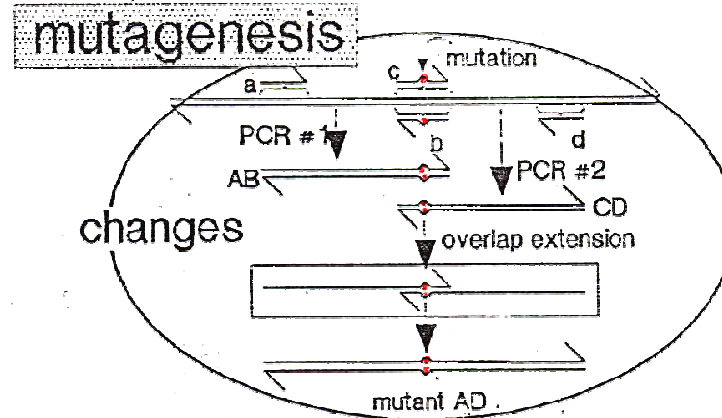


- využívají se DNA-polymerázy bez korektorské funkce (např. Taq-polymeráza) – ne High Fidelity PCR Enzymes
- reakční podmínky PCR lze změnit tak, aby se počet chyb zvýšil a aby každý amplifikační produkt obsahoval jednu mutaci (např. zvýšení Mg^{++} nebo přidání Mn^{++} , koncentrace reakčních složek atp)
- nevýhoda: převaha určitého typu mutace (např. transice, zatímco transverze nevznikají)

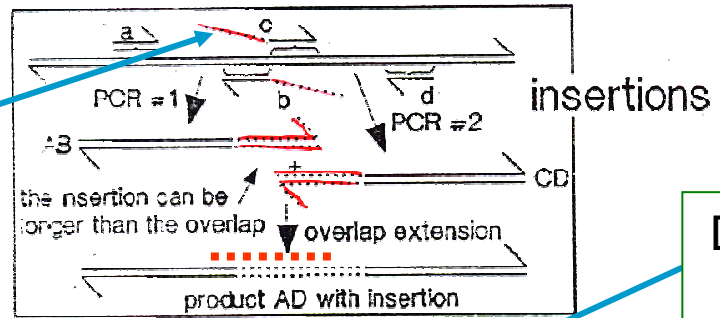
Využití PCR k vytváření mutací *in vitro*



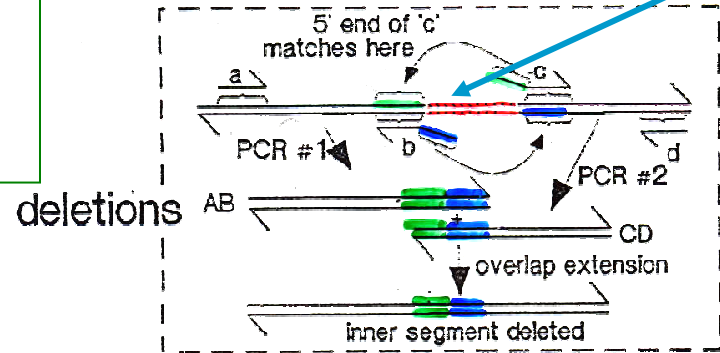
Vnášení mutací pomocí PCR



Vložená sekvence
(extenze primeru
na jeho 5'konci)
(extenze jsou
vzájemně
komplementární)

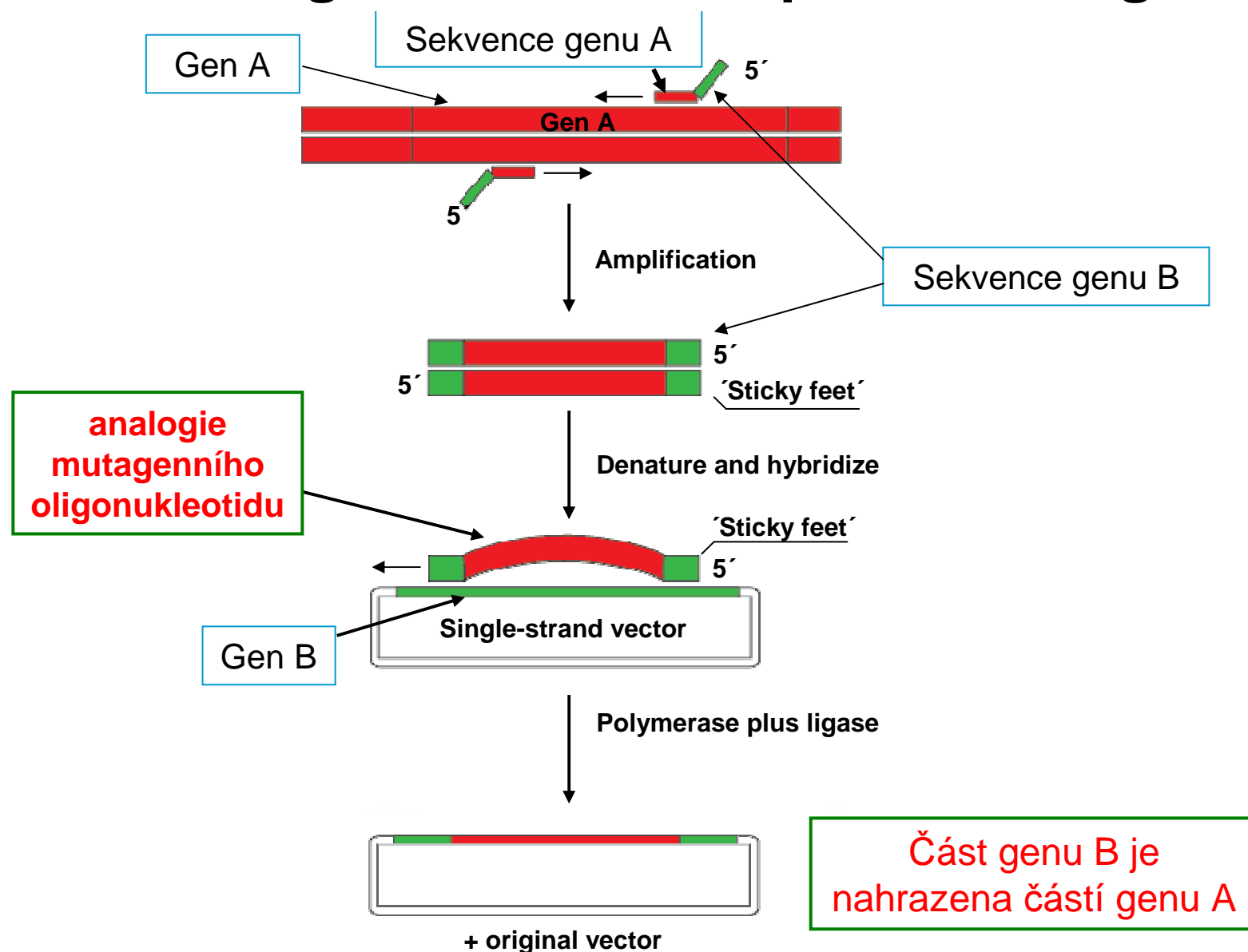


Deletovaná sekvence
(extenze jsou
komplementární k
sekvenci vedle místa
delece)

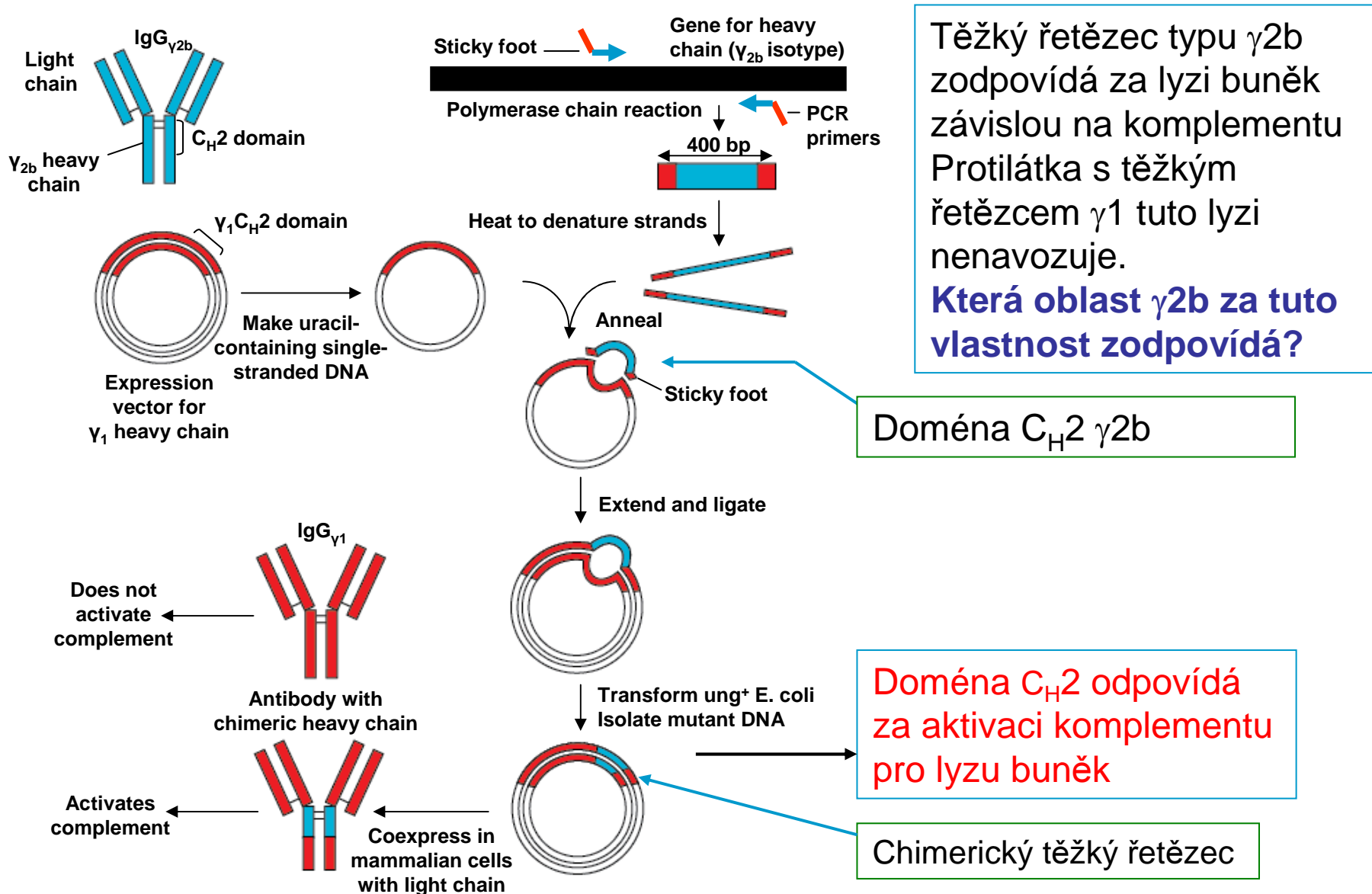


Amplifikace „produktivních“
spojení pomocí primerů **a** a **d**

Náhrada části genu sekvencí z příbuzného genu



Konstrukce genu pro chimerickou protilátku



Inzerce abnormálních aminokyselin do proteinu supresí amber mutace *in vitro* s využitím chemicky modifikovaných tRNA

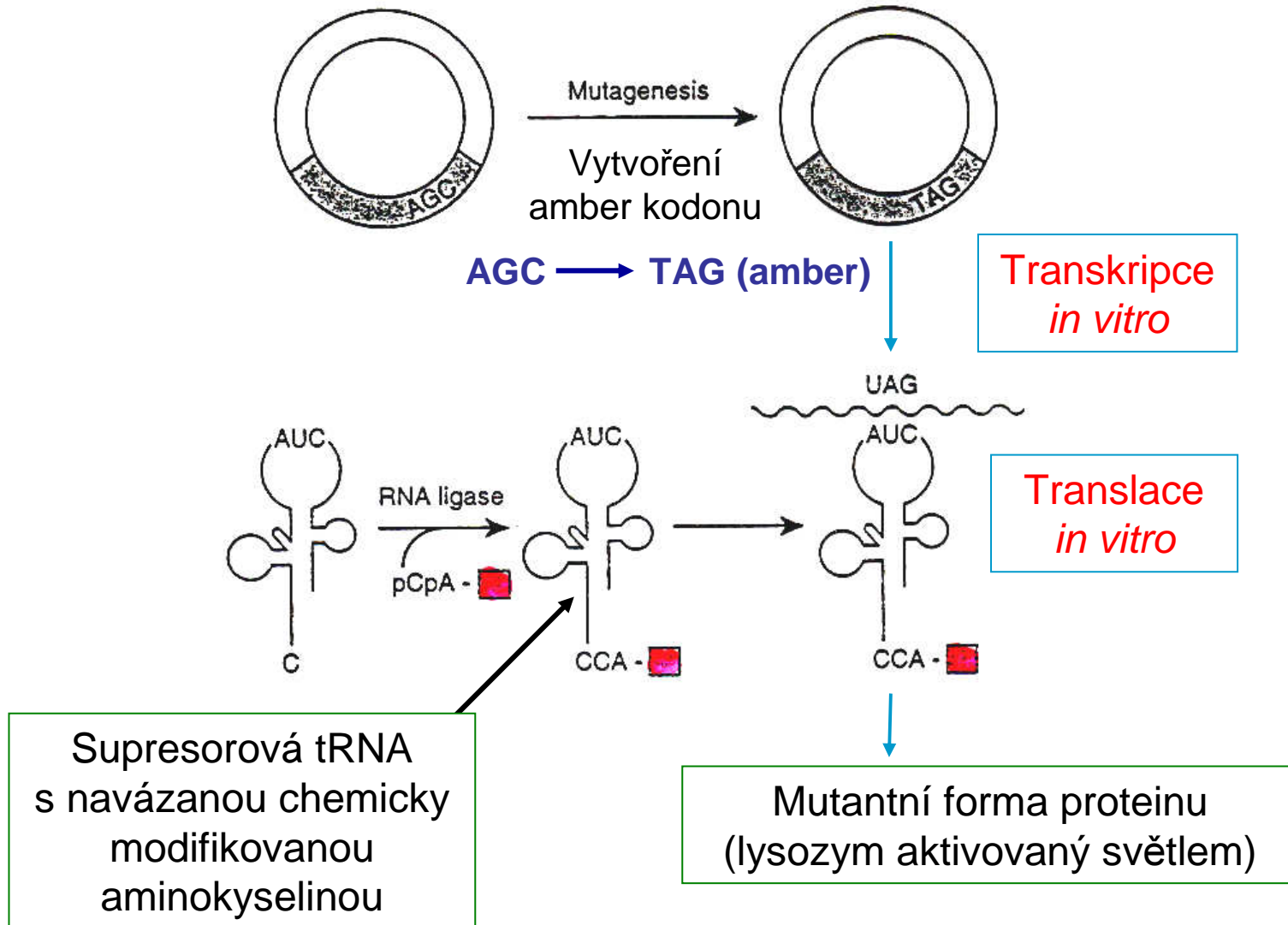
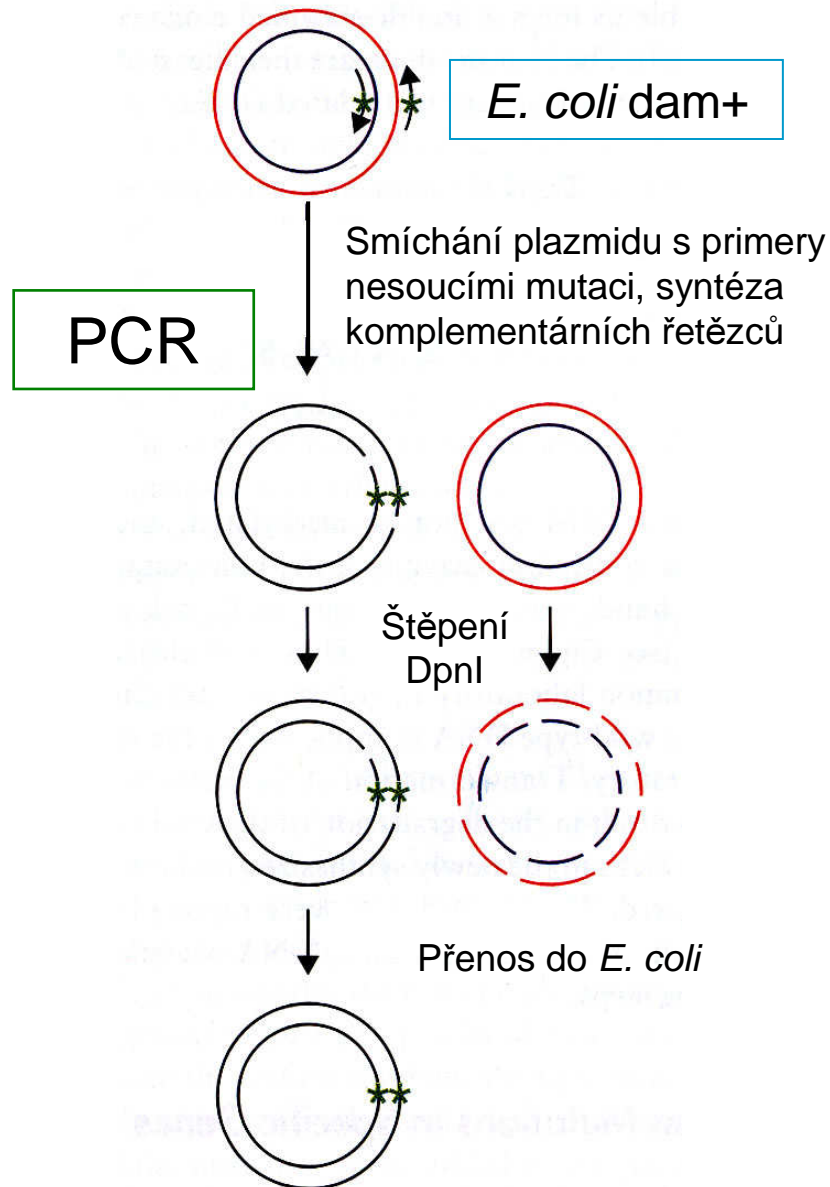


Table 4.4 Nonsense Suppressors Employed to Generate Altered Proteins

| Suppressor | Codons recognized | Amino acid inserted | Efficiency (%) | References |
|-------------------------------------|-------------------|------------------------------------|----------------|--------------|
| A. přirozené | | | | |
| Su1 (<i>supD</i>) | UAG | Serine | 6–54 | a, b |
| Su2 (<i>supE</i>) | UAG | Glutamine | 0.8–20 | a, b |
| Su2-89 (<i>supE</i>) | UAG | Glutamine | 32–60 | c, h |
| Su3 (<i>supF</i>) | UAG | Tyrosine | 11–100 | a, b |
| Su5 (<i>supG</i>) | UAA, UAG | Lysine | 0.2–2 6–30* | a, b, h h |
| Su6 (<i>supP</i>) | UAG | Leucine | 30–100 | a, e |
| Su9 | UGA | Tryptophan | 0.1–30 | a, f |
| B. Uměle připravené | | | | |
| tRNA ^{Phe} _{CUA} | UAG | Phenylalanine | 48–100 | g |
| tRNA ^{GluA} _{CUA} | UAG | 85% Glutamic acid 15% Glutamine | 8–100 | h, i |
| tRNA ^{Cys} _{CUA} | UAG | Cysteine | 17–51 | g |
| tRNA ^{HisA} _{CUA} | UAG | Histidine | 16–100 | h, i |
| tRNA ^{ProH} _{CUA} | UAG | Proline | 9–60 | h, i |
| tRNA ^{Lys} _{CUA} | UAG | Lysine | 9–29 | h, i |
| tRNA ^{Ala} _{CUA} | UAG | Alanine | 8–83 | h, i |
| tRNA ^{Gly1} _{CUA} | UAG | Glycine | 39–67 | h, i |
| FTORI 26 | UAG | Arginine | 4–28 4–47* | j h |

Příklad: 160 variant genu pro lysozym s amber mutacemi na různých místech poskytlo v supresorových kmenech 2 000 variant lysozemu

Vytváření mutací *in vitro* přímo na plazmidech (QuickChange)



- jako templát je využita dsDNA plasmidu
- po proběhnutí PCR se vytvoří dva komplementární řetězce nesoucí mutaci ve stejném místě, které jsou schopny se párovat za vzniku kružnice s posunutými zlomy
- po proběhnutí PCR jsou produkty štěpeny DpnI, která je schopná štěpit jen metylovanou DNA
- rodičovské molekuly DNA jsou metylovány, neboť plasmidy byly izolovány z *dam+* kmenů *E. coli* - proto jsou DpnI rozštěpeny (odstranění rodičovského templátu bez mutace).
- nově syntetizované molekuly nejsou metylovány a tudíž nejsou štěpeny
- po transformaci do *E. coli* dojde k reparaci zlomů a nově nasyntetizované plasmidy obsahující mutaci se replikují

