

# Lékařská mikrobiologie pro ZDRL

Týden 4: Metody identifikace  
bakterií, principy biochemické  
identifikace

Ondřej Zahradníček  
zahradnicek@fnusa.cz

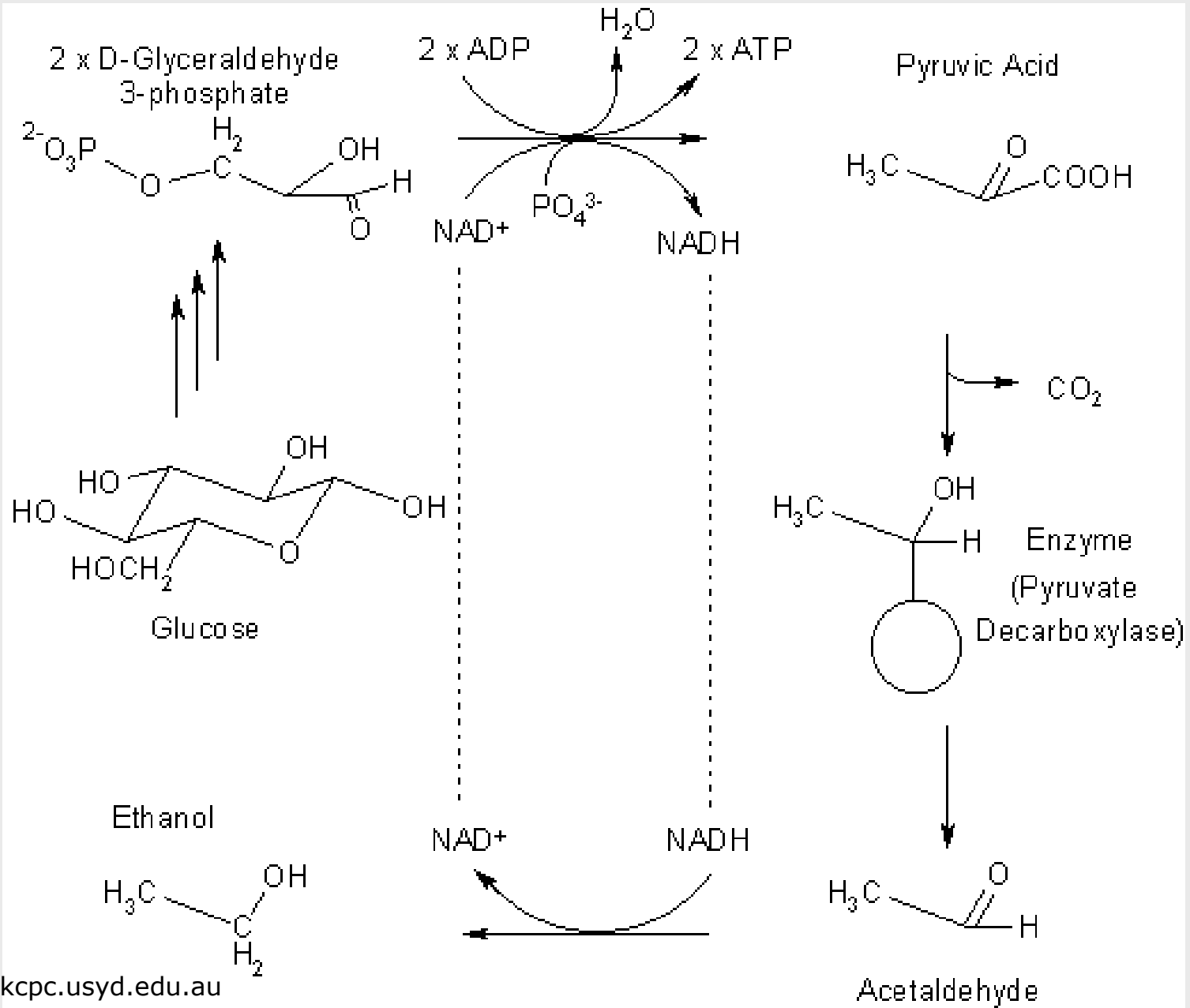
# Postavení v systému metod

- **Přímé metody (prokážeme mikroba – jeho část – jeho produkt):**
  - Mikroskopie – průkaz ve vzorku i id.
  - Kultivace – průkaz ve vzorku i identifikace
  - **Biochemická identifikace – jen identifikace!**
  - Průkaz antigenu – průkaz ve vzorku i id.
  - Průkaz nukleové kyseliny – zpravidla jen průkaz ve vzorku
  - Pokus na zvířeti – zpravidla průkaz ve vzorku
- **Nepřímé metody (protilátky)**

# Obecný princip I

- Jak jsme si řekli při povídání o fyziologii mikrobů, bakterie mají svůj metabolismus.
- **Průmyslová mikrobiologie** využívá bakteriálního metabolismu (zejména fermentativního katabolismu) k výrobě různých látek, včetně řady potravin
- **Klinická mikrobiologie** využívá vzájemných rozdílů v metabolismu mezi bakteriemi
- **Zajímají nás přitom mezidruhové rozdíly. Rozdíly mezi kmeny jsou spíše na obtíž**

# Etanolová fermentace



# Obecný princip II

- *I mezi savci jsou rozdíly. Člověk neumí tvořit vitamin C, někteří savci ano*
- Bakterii předložíme určitý **substrát** a zkoumáme, zda ho bakterie pomocí svého enzymu změní v **produkt**. Produkt se musí lišit od substrátu **skupenstvím** či **barvou**. Neliší-li se, použijeme **indikátor**
- **Existuje přitom velké množství způsobů technického provedení tohoto typu testů.**

# Samozřejmě že...

- je velký rozdíl, jestli bakterie provádějí **fermentaci** nebo **aerobní respiraci**
- je rozdíl, jestli bakterie štěpí spíše **bílkoviny a aminokyseliny** (například rod *Proteus*) nebo spíše **cukry** (například rod *Klebsiella*)
- často je štěpení určitého substrátu znakem **adaptace na určité prostředí** (dobře adaptované enterobakterie štěpí laktózu, kterou nacházejí v našem střevě)

# Pro připomenutí...

Jestlipak víte, že jste se **s takovým biochemickým testem už vlastně setkali?** Že ne? Ale ano, u kultivace.

**ENDOVA PŮDA**

v sobě zahrnuje  
biochemický test:  
rozlišuje bakterie na  
ty, které umějí štěpit  
laktózu, a ty, které to  
neumějí.



# Problémy

- Rozdíly jsou **i mezi kmeny, nejen mezi druhy**
- **Málokdy** pozorujeme, že **100 % či 0 %** kmenů určitého druhu tvoří daný enzym
- **Častěji** je to **90 %, 10 %, 70 %, 30 %...**
- Jak to třeba může vypadat v praxi:  
*Janičkella* tvoří lenkulázu v 90 % případů  
*Evičkella* tvoří lenkulázu v 10 % případů  
***Lenkuláza-pozitivní mikrob = ???***  
*typická Janičkella ???*  
*atypická Evičkella ???*



# Problémy – řešení

- Sledujeme-li jen jeden znak, je **velká pravděpodobnost, že narazíme na atypický kmen** a identifikace bude chybná
- Je však velmi **malá pravděpodobnost**, že by se kmen choval atypicky např. **v deseti různých testech najednou**
- Proto **čím víc testů, tím větší pravděpodobnost, že se nepleteme**

# Pravděpodobnost výsledku

- Jak jsme si řekli, **čím více testů použijeme, tím máme lepší šanci, že se nepleteme**
- Přesto tato šance **nikdy není celých 100 %**
- Dá se vždy říci například, že **naš hypotetický kmen je**
  - **na 99,3 % *Janičkella elegans***
  - **na 0,5 % *Evičkella pulcherrima***
  - **na 0,2 % něco úplně jiného**
- Je pak na zvážení identifikujícího, zda mu taková míra pravděpodobnosti stačí, **nebo zda provede další rozlišující testy**

# Nejen procento pravděpodobnosti, ale i index typičnosti kmene

- Ve skutečnosti je výsledek biochemické identifikace zpravidla charakterizován dvěma čísly, nikoli jen jedním:
  - **% pravděpodobnosti:** např. že je 90% pravděpodobnost, že kmen opravdu je *Janičkella elegans* a ne něco jiného
  - **Index typičnosti:** míra shody s „ideálním kmenem“ *Janičkella elegans*. Pokud je kmen ideální, je  $T_{in} = 1,00$ ; pokud kmen např. netvoří lenkulázu, ačkoli 90 % janičekel ji tvoří, bude  $T_{in}$  nižší než 1,00

# Příklady

- **Kmen má identifikaci 99 %, index typičnosti 0,95.** Ideální stav, pravděpodobně „je to ono“.
- **Kmen má identifikaci 99 %, ale index typičnosti jen 0,63.** Může jít o atypický kmen (je dobré zjistit, který test „mluví proti identifikaci), ale také o chybu diagnostiky
- **Dva kmeny mají index typičnosti oba 1,00, procento pravděpodobnosti každý 49,5 % (jedno procento zbývá na „jiné“).** To znamená, že je to určitě jeden z nich, ale bez rozlišujících testů nezjistíme, který to je.

# Jednotlivé testy, nebo kombinace?

- **Jednotlivý test** lze použít tam, kde potřebujeme vzájemně rozlišit dvě významné skupiny (čeledi, rody...) a kde existuje test, který má jedna skupina téměř ve 100 % pozitivní a druhá téměř ve 100 % negativní
- **Kombinace** jsou vhodné tam, kde testy mají více pravděpodobnostní charakter, a kde potřebujeme rozlišit více než dvě (někdy i desítky) skupin, rodů, druhů apod.

# Pohádka

- Byl jednou jeden **nemocný student Petr. Měl půjčené nějaké věci od spolužáků**, a teď ležel s angínou (způsobenou *Streptococcus pyogenes*) a nemohl jim je vrátit. **Poprosil tedy sestru, aby** se stavila před praktikem v šatně na mikrobiologii, a **spolužákům věci vrátila**. Dal jí k tomu příslušné instrukce

# Co řekl Petr Šárce

- Protokoly vrátíš Honzovi. Honza má **zelené oči**, **blond vlasy** a nosí **červenou mikinu**.
- Skripta vrátíš Matějovi. Matěj má taky **zelené oči**, taky **blond vlasy**, ale nosí **modrou mikinu**.
- CD s Ewou Farnou vrátíš Liborovi. Libor má **blond vlasy** a nosí **modrou mikinu**, ale má **modré oči**.
- Fotky z kruhovky vrátíš Frantovi. Má **modré oči** a **modrou mikinu**, ale **hnědé vlasy**

# Šárka tedy musí sledovat několik znaků

- Použít jen **jeden znak** (třeba oči) by pomohlo **při rozlišení dvou studentů**, kteří se právě tímto znakem liší.
- Pokud je ale potřeba **rozeznat studenty v rámci celé skupiny**, je nutno většinou kombinovat **více znaků**
- Aby bylo možno rozlišení provést, je nutno předpokládat **stálost výskytu znaků** (Libor si nesmí obléct zelenou mikinu, Franta si nesmí obarvit vlasy na blond



# Identifikační tabulka

Zelené oči	Blond vlasy	Modrá mikina	Identifikace
+	+	-	Honza
+	+	+	Matěj
-	+	+	Libor
-	-	+	Franta

# Kdyby Šárka potkala příšeru...

- ...která by byla napůl Honza a napůl Franta, nemohla by studenta identifikovat.
- Stejně je to s bakteriemi. **Abychom mohli identifikovat bakterie, musíme mít izolovaný kmen.**
- *Z tohoto praktika existuje výjimka, o které se dozvíte na jaře až budeme probírat G- tyčinky.*

# Možnosti praktického provedení

- **Rychlé testy (vteřiny až minuty)**
  - Katalázový test
  - Testy s diagnostickými proužky (oxidáza)
- **Testy s inkubací (hodiny až dny)**
  - Jednoduché zkumavkové testy
  - Složité zkumavkové testy
  - Sady jednoduchých zkumavkových testů
  - Testy v plastové destičce (miniaturizace)
  - Jiné testy (např. Švejcarova plotna)

# Katalázový test

- **Katalázový test:** velmi jednoduchý, do substrátu (roztok  $\text{H}_2\text{O}_2$ ) rozmícháme bakterie. Bublinky = pozitivita. **Princip:**  
$$2 \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$$

[medic.med.uth.tmc.edu/path/oxidase.htm](http://medic.med.uth.tmc.edu/path/oxidase.htm)



# Testy s diagnostickými proužky

- **Testy s dg. proužky** – Reakční ploškou se dotkneme kolonií. V případě positivity ploška změní barvu. Nejběžnější jsou tyto:
  - **oxidáza** – proužek **zmodrá**
  - **INAC** – proužek po několika minutách **zmodrozelená**
  - **PYR** – proužek po několika minutách, přikápnutí činidla a další minutě čekání **zčervená**
  - betalaktamázový strip – týká se testování některých faktorů rezistence (viz příště)

# Oxidázový test

Oxidase  
neg.



Oxidase  
pos.

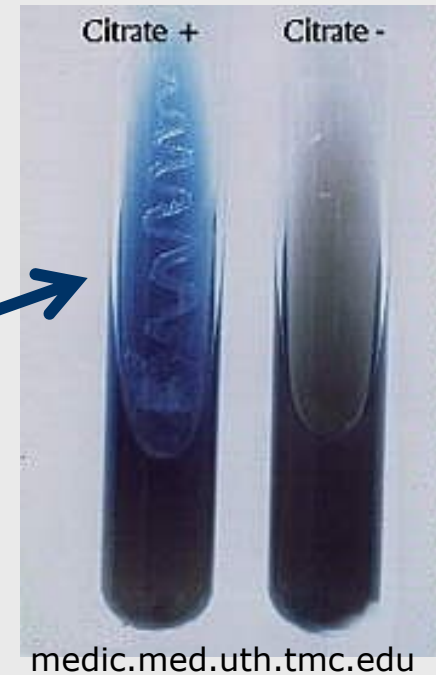


# Jednoduché zkumavkové testy

- Mohou probíhat **v tekuté fázi, nebo v agaru.**
- V obou případech je **ve zkumavce substrát, případně také indikátor.** Substrát se může přidat i tak, že je substrátem napuštěna reakční ploška proužku (ONPG-test).
- **Pozitivita testu = změna zbarvení** (v celém objemu, nebo jako prstenec u hladiny)

# Příklady jednoduchých zkumavkových testů

- **Arabinóza** – tekutá.  
Zežloutnutí = pozitivní, zůstane zelená = negativní (pro enterokoky)
- **Simmons citrát** – agarová. Zmodrání = pozitivní, zelená = negativní
- **ONPG a VPT** – s přidáním proužku. U ONPG tekutina zežloutne, u VPT se vytvoří červený prstenec u hladiny

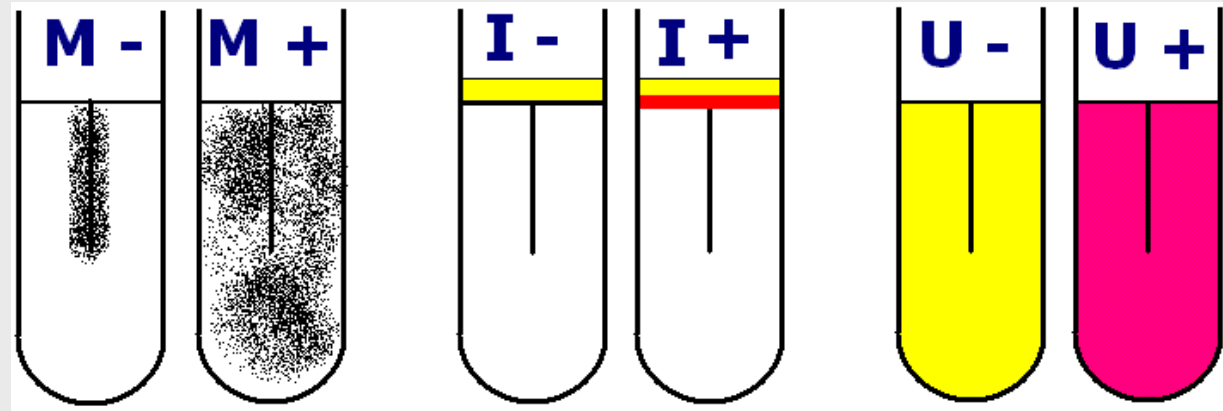




# Složité zkumavkové testy

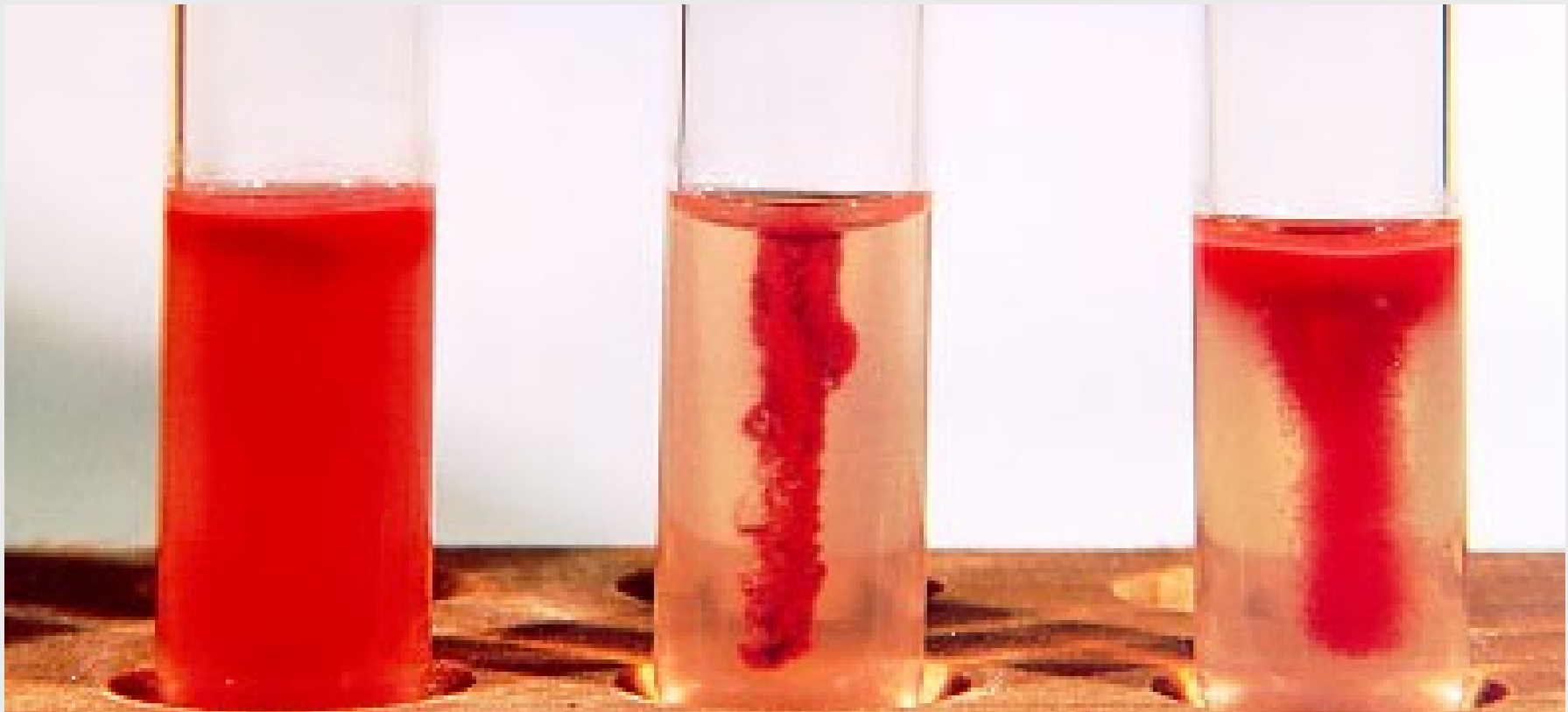
- V jedné zkumavce probíhá více reakcí
- Např. test MIU.
  - **M = motility** – pohyb (zákal se rozlézá polotekutým agarem, nezůstává jen v místě vpichu)
  - **I = indol** (pozitivita = červený prstenec)
  - **U = urea** (štěpení močoviny indikuje zružovění celé půdy)
- Nebo Hajnova půda, která detekuje štěpení glukózy, tvorbu plynu z glukózy, štěpení laktózy a tvorbu sirovodíku

# MIU



- **M**otility – pohyb. Pohyblivé bakterie rostou nejen kolem vpichu, ale v celém objemu zkumavky.
- **I**ndol (tvorba). U bakterií tvořících indol se po přidání Kovácsova činidla vytvoří červený prstenec na styku činidla a půdy
- **U**rea (močovina). Štěpení močoviny – celý objem půdy zružoví

MIU by samozřejmě šlo dělat i jako tři jednotlivé testy: pohyb...

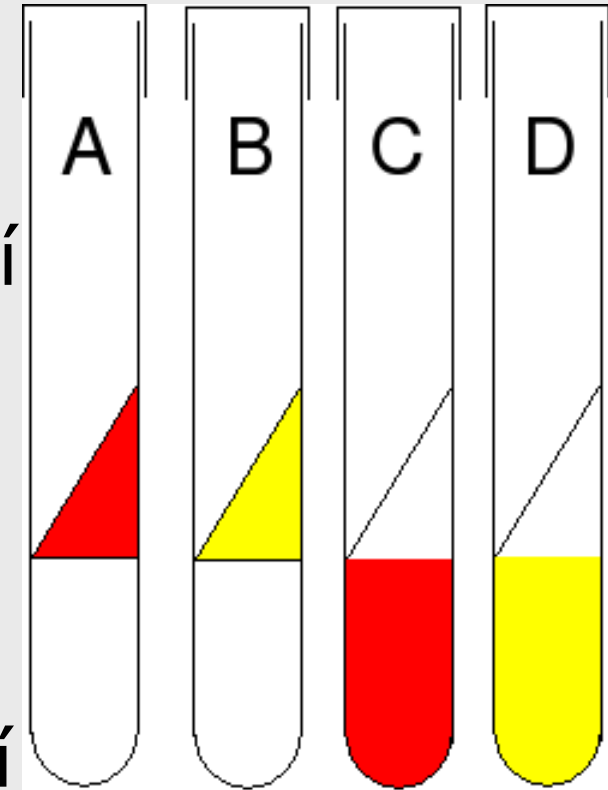


# ...indol a ureu



# Hajnova půda

- **Červený vršek** – laktóza negativní
- **Žlutý vršek** – laktóza pozitivní
- **Červený spodek** – glukóza negativní
- **Žlutý spodek** – glukóza pozitivní
- **Černý spodek** – bakterie tvoří sirovodík
- **Potrhání půdy či odsunutí nahoru** – bakterie tvoří plyny při fermentaci glukózy



# Sady zkumavek

- Složité zkumavkové testy mají své **nevýhody**. Často při pozitivitě jednoho testu není vidět, zda je pozitivní test jiný. Špatně se automatizují a vyžadují dobře zaškoleného pracovníka
- Jednodušší, i když někdy dražší řešení, je **sada několika jednoduchých zkumavkových testů**
- Lze ovšem i zkombinovat testy složité a jednoduché (např. Hajna + MIU + Simmons citrát + ornithin dekarboxyláza + ureáza – používáno v naší laboratoři)

# Miniaturizace: testy v plastových panelech

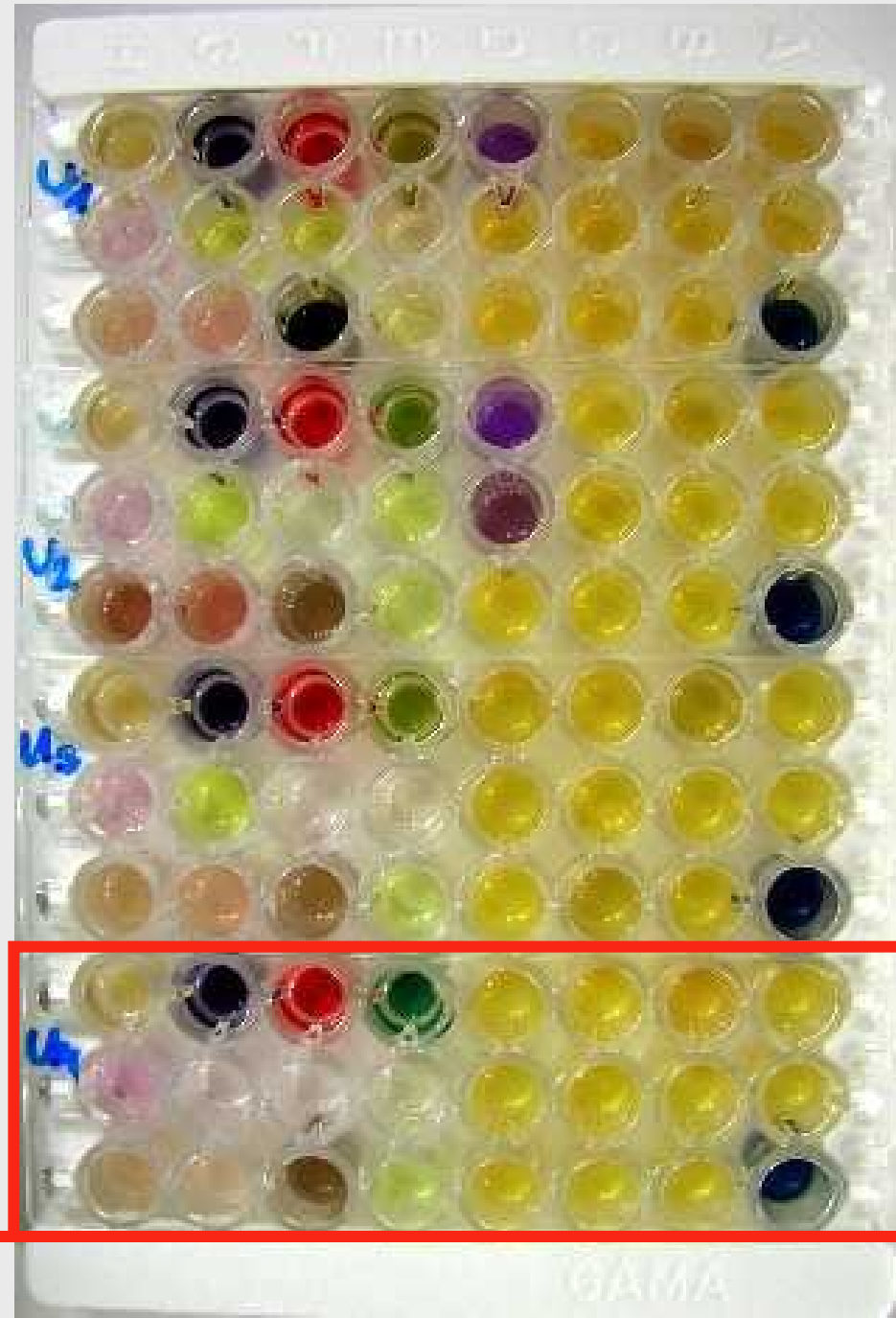
- **Miniaturizace sady jednoduchých zkumavkových testů** → testy v důlcích plastových mikrotitračních destiček. Místo každé zkumavky je jeden důlek
- Počet testů v sadách kolísá **od sedmi (NEISSERIA test) po víc než padesát**
- **Liší se v technických detailech.** Vždy je však substrát vysušený, bakterie se nejprve rozmíchá ve fyziologickém roztoku nebo suspenzním médiu a pak se kape či lije do důlků

# Provedení testů od firmy Erba Lachema (u nás nejběžnější)

- Výrobce dodává **destičky s vysušenými substráty**, umístěnými na dně důlků v destičce
- Pracovník připraví **suspenzi bakterie ve FR** nebo v suspensním médiu
- Do každého důlku se kápne **kapka či dvě kapky suspenze**
- Zbytek suspenze se u některých testů ještě využije jako **zkumavkový test s diagnostickým proužkem** (ONPG, VPT)
- Destička i zkumavka se **inkubuje v termostatu**



NEFERMtest  
24 Pliva  
Lachema: do  
jednoho  
rámečku lze  
vložit čtyři  
trojřádky (čtyři  
testy, určení čtyř  
různých kmenů)

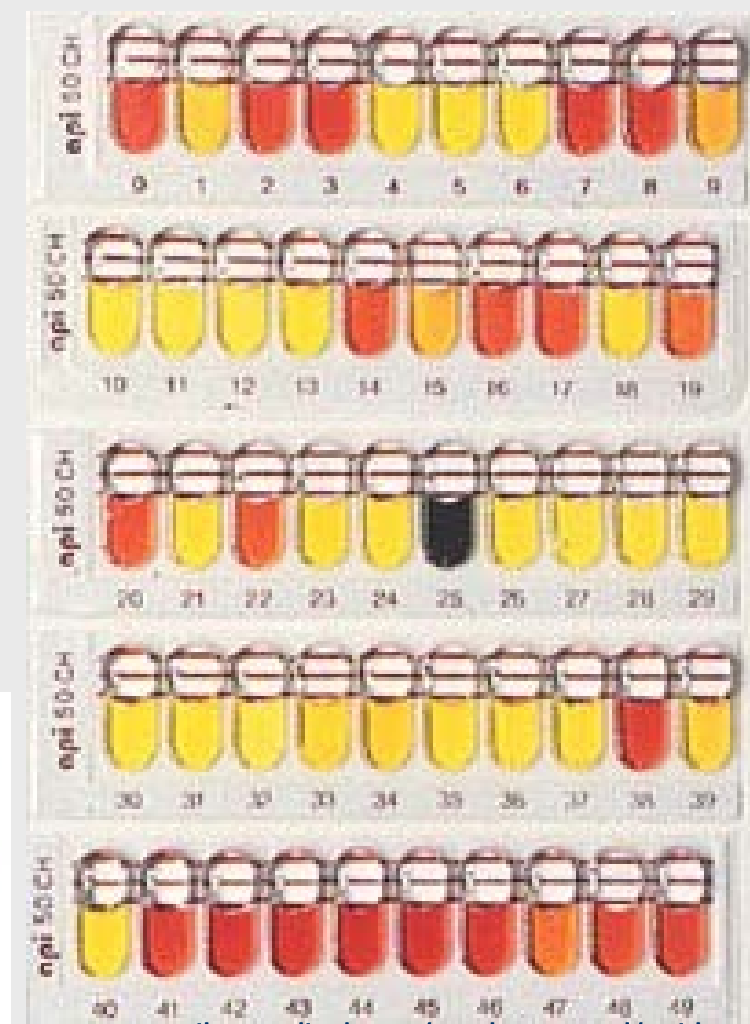


# Zahraníční soupravy

[www.ilexmedical.com/products\\_engl/api.htm](http://www.ilexmedical.com/products_engl/api.htm)



<http://www.oxid.com/bluePress/uk/en/images/PR020505.jpg>



[www.ilexmedical.com/products\\_engl/api.htm](http://www.ilexmedical.com/products_engl/api.htm)





# Vyhodnocení destičkových testů

- Z takového testu dostaneme řadu výsledků – většinou ve tvaru „+“ (test pozitivní, substrát štěpen, došlo ke změně) nebo „-“ (test negativní, substrát nebyl štěpen, zbarvení zůstalo původní).
- Příklad: + - + + + - - - - - - - - + + + +
- Je několik způsobů, jak takovou řadu převést na „čitelný výsledek“

# Možné způsoby hodnocení

- **Porovnání s tabulkou** je možné jen u jednoduchých testů a jasných výsledků.
- Přepočet na **oktalové kódy** plus vyhledání výsledku v seznamu kódů. Nejběžněji používáno
- Výsledek se zadá **do počítače**, který „vyplivne“ vyhodnocení. Ne vždy praktické

*Počítačové hodnocení se používá hlavně tehdy, pokud už „čtení“ výsledku probíhá automaticky, např. na spektrofotometru.*

# Oktaľové kódy – co to je a proč

- Matematicky vzato je to vlastně převedení dvojkové soustavy (zápis + + - - + + - - -, respektive 110011000) do osmičkové soustavy (zápis 630)
- Z praktických důvodů se zpravidla uvnitř trojice sčítá opačně – normálně by při převodu z dvojkové do osmičkové či desítkové soustavy 1 1 0 měla být šestka a 0 1 1 trojka, v praxi to však počítáme většinou naopak

# Oktaalové kódy – II

- V praxi se tedy **každé trojici výsledků přiřadí číslice od nuly po sedmičku** – viz následující obrazovka
- Pokud má test např. 17 reakcí (*třeba velmi běžný ENTEROtest 16 k určování enterobakterií má 16 důlků + ONPG ve zbytku suspenze*), je na konci místo trojice jen dvojice, v tom případě číslice na konci může být jen 0, 1, 2, 3. Pokud by reakcí bylo 16 (19, 22...) bude na konci nula nebo jednička.

# Praktický příklad

- Zaznamenají se pozitivní a negativní výsledky reakcí
- Pod každou trojici se napíše 1 – 2 – 4
- Sečtou se pro každou trojici pouze číslice u „+“, nikoli u „-“ (ty se přeškrtnou)

Test	JAN	LEN	MAG	TOM	PET	KAR	FRA	HAN
Výsl	+	-	+	+	+	-	-	-
.								
	1	<del>2</del>	4	1	2	<del>4</del>	<del>1</del>	<del>2</del>
Kód	5			3			0	



# Přepočítávání trojic

- - - 1 2 4		<b>0</b>
+ - - <b>1</b> 2 4	1	<b>1</b>
- + - 1 <b>2</b> 4	2	<b>2</b>
+ + - <b>1</b> <b>2</b> 4	1 + 2	<b>3</b>
- - + 1 2 <b>4</b>	4	<b>4</b>
+ - + <b>1</b> 2 <b>4</b>	1 + 4	<b>5</b>
- + + 1 <b>2</b> <b>4</b>	2 + 4	<b>6</b>
+ + + <b>1</b> <b>2</b> <b>4</b>	1 + 2 + 4	<b>7</b>

# Konkrétně u ENTEROtestu16 (17 testů)

(530 063 = E. coli, 99,89 %,  $T_{in}=1,00$ )

	1 ONPG	2 H	3 G	4 F	5 E	6 D	7 C	8 B	9 A	1 0 H	1 1 G	1 2 F	1 3 E	1 4 D	1 5 C	1 6 B	1 7 A
	ONPG	První řádek panelu							Druhý řádek panelu								
+																	
-																	
?																	
?	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
	1	<del>2</del>	4	1	2	<del>4</del>	<del>1</del>	<del>2</del>	<del>4</del>	<del>1</del>	<del>2</del>	<del>4</del>	<del>1</del>	2	4	1	2
	5		3			0			0			6		3			

# Jiné identifikační testy

- Kromě testů založených přímo na štěpení substrátu, existují i **jiné podobné testy**, které zkoumají vybavení bakterií určitými enzymy či faktory virulence.

Například:

- Test schopnosti koagulovat králičí plasmu
- Test schopnosti aglutinovat králičí plasmu
- Test schopnosti „odpouzdřit“ opouzdřený kmen (hyaluronidázový test)

# Plasmakoaguláza a hyaluronidáza (oba testy se užívají u stafylokoků)

[www.hardydiagnostics.com](http://www.hardydiagnostics.com)

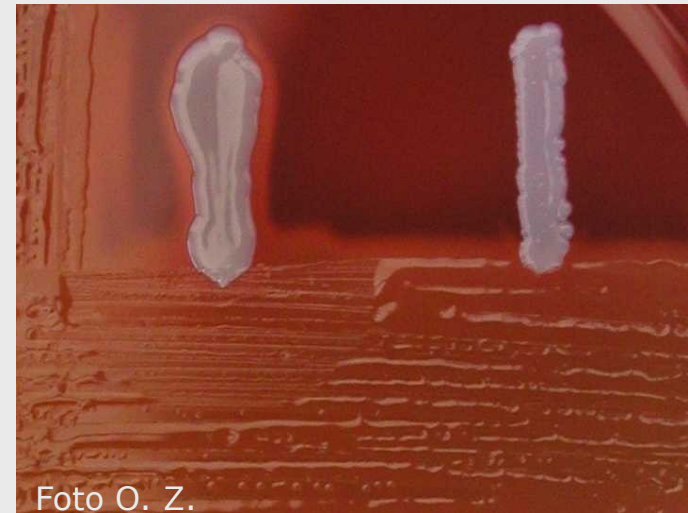
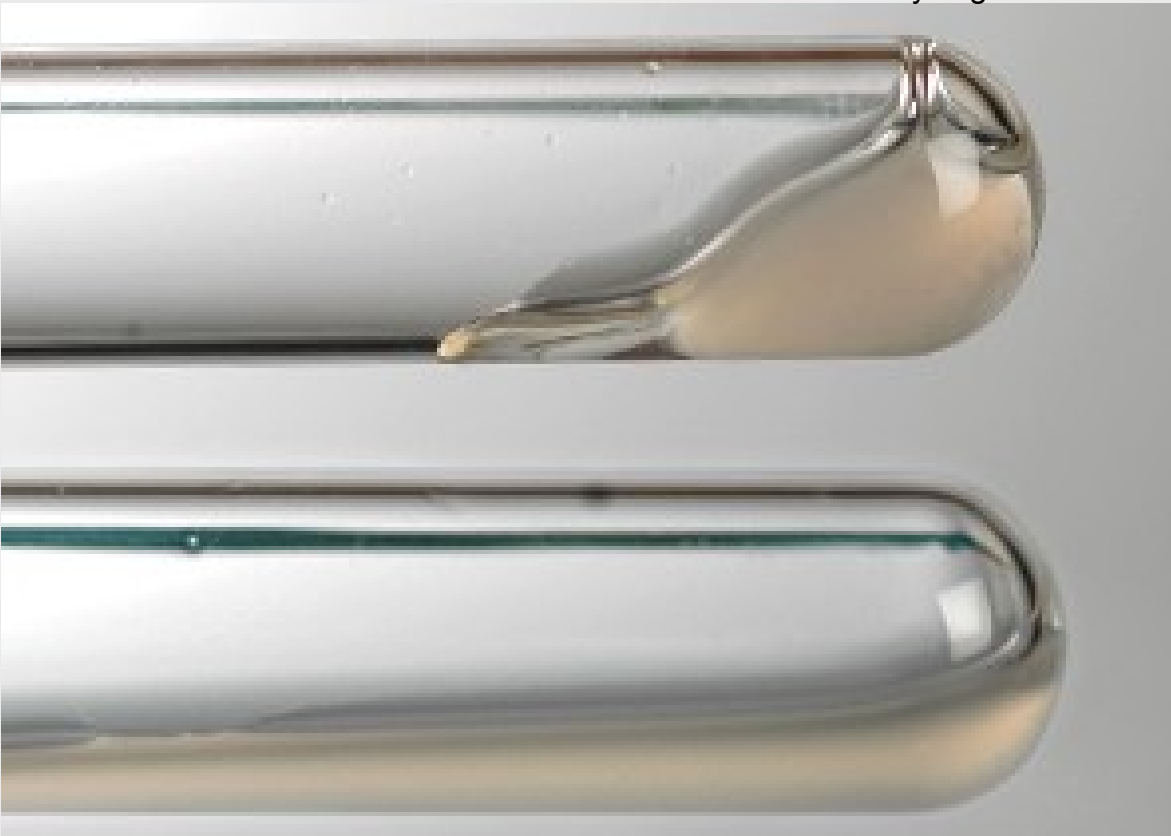


Foto O. Z.

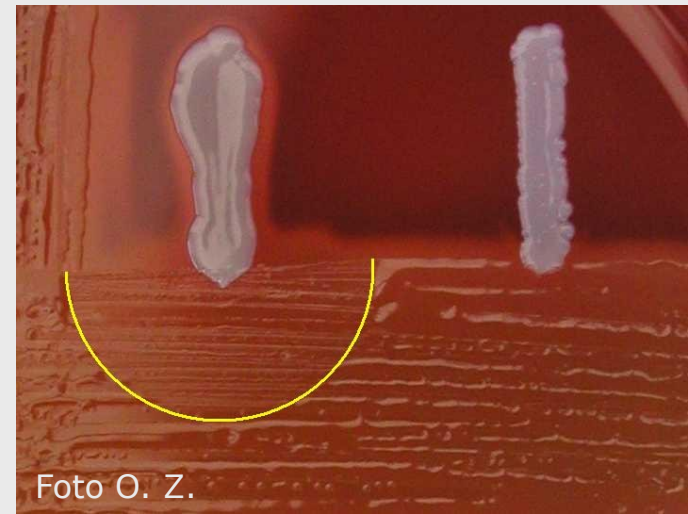


Foto O. Z.

# Diagnostické použití antibiotik

- Jednou z možností je také testování in vitro citlivosti na určité antibiotikum v případě, že víme, že kmen X je ve 100 % citlivý a kmen Y je ve 100 % rezistentní. Ovšem ani tady těch „sto procent“ nebývá stoprocentních...
- Příkladem je třeba **optochinový test**
- Praktické provedení je **stejné jako u testů citlivosti na antibiotika**, které si probereme příště

# Optochinový test pozitivní a negativní



**Příště budeme  
pok  
pov  
ant**



obrázek z intranetu FN u sv. Anny v Brně