

# **Lékařská mikrobiologie pro ZDRL**

## **Týden 3: Fyziologie bakterií, kultivační půdy**

Upraveno podle O. Zahradníčka

# Množení bakterií (u bakterií je synonymem i slovo „růst“)

- Množení bakterií je základním projevem jejich životaschopnosti
- Každá bakterie má svou generační dobu (zpravidla hodiny, u některých dny)
- Za jednu generační dobu jsou z jedné dvě, za desetinásobek je z jedné 1024 bakterií (teoreticky) a podobně
- Ideální množení by existovalo pouze kdybychom neustále přidávali živiny a popř. kyslík a odebírali odpadní produkty



# Reálná růstová křivka

- **Fáze latence (lagu)** – bakterie jsme nechali kultivovat, ale ještě jich nepřibývá
- **Fáze exponenciální** – růst se zrychluje
- **Fáze stacionární** – rostou pořád stejně rychle
- **Zpomalení a zastavení růstu** – došly živiny, je příliš mnoho odpadů, nebo bakterie samy regulují svůj počet pomocí „quorum sensingu“

# Fyziologie bakterií

- Tak jako každý organismus, i bakterie mají svůj **katabolismus a anabolismus**
- Katabolismus může být trojí:
  - **Fermentace** – štěpení bez potřeby kyslíku. Málo energeticky výhodný, ale nepotřebuje kyslík
  - **Aerobní respirace** – z mála živin se získá hodně energie, je ale nutný kyslík
  - **Anaerobní respirace** – není nutný kyslík, ale je nutný jiný akceptor elektronů (například síra); málo významné u klinicky významných bakterií



# Vztah bakterií ke kyslíku

- **Aerobní a fakultativně anaerobní (případně také aerotolerantní) bakterie** můžeme pěstovat za normální atmosféry
- **Striktně anaerobní bakterie** vyžadují atmosféru bez kyslíku
- **Bakterie se speciálními nároky na kyslík** vyžadují speciální atmosféru (mikroaerofilní a kapnofilní bakterie)

# Jak spolu souvisí katabolismus a vztah ke kyslíku?

Typ katabolismu je **úzce spjat se vztahem ke kyslíku.**

- **Fermentující** bakterie jsou zpravidla **fakultativně** či **striktně anaerobní**.

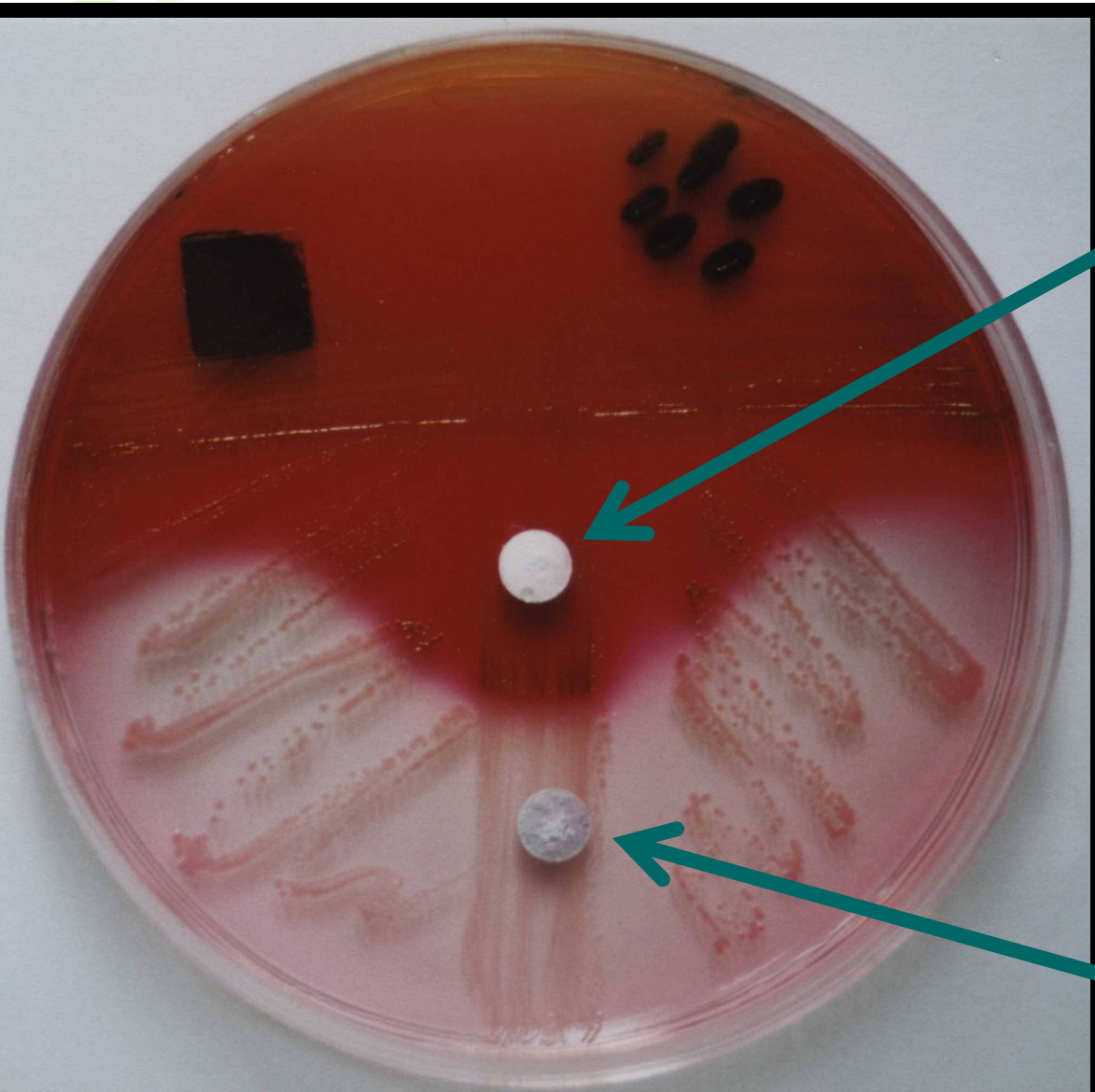
*(Pravé fakultativně anaerobní bakterie umějí „přepínat“ fermentaci na aerobní respiraci; ty, které to neumějí, pouze fermentují a přesto kyslík snášejí, se správně nazývají aerotolerantní. V praxi se často obě skupiny nerozlišují.)*

- Naopak **aerobně** respirující bakterie bývají **striktně aerobní**.
- Existují ovšem i **výjimky**

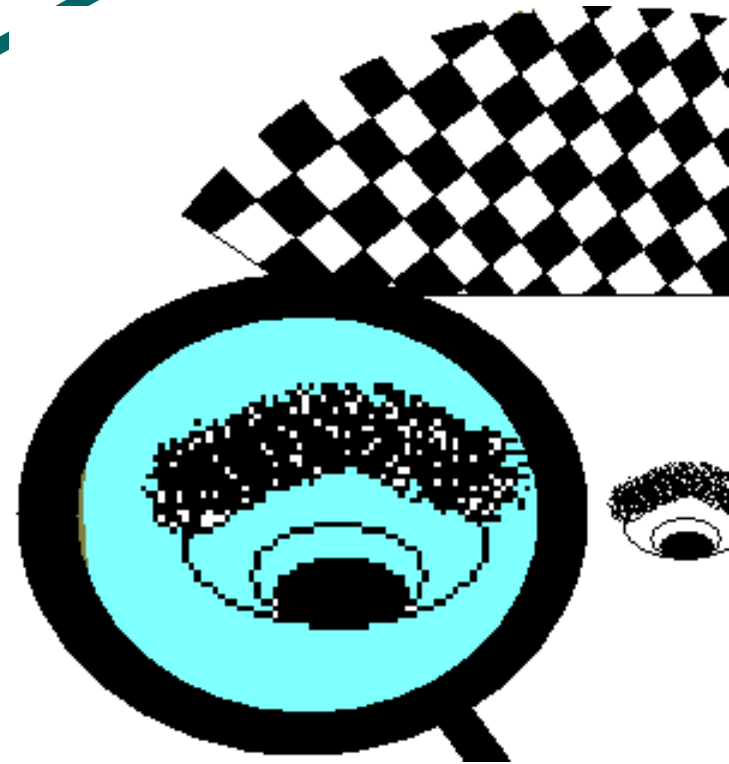
# Substráty

- Fermentovat i respiračně odbourávat lze různé substráty. Substrátem může být polysacharid, monosacharid, aminokyselina, lipid apod.
- Pro různé bakterie existují typické substráty, které umějí buďto fermentovat nebo respiračně odbourávat. To se využívá v diagnostice.
- Typické substráty zpravidla souvisejí s adaptací mikrobů na určité prostředí nebo s tím, jaké produkty či třeba jaké pH bakterie potřebují ke svému životu.

# Co chutná... třeba takové salmonelce



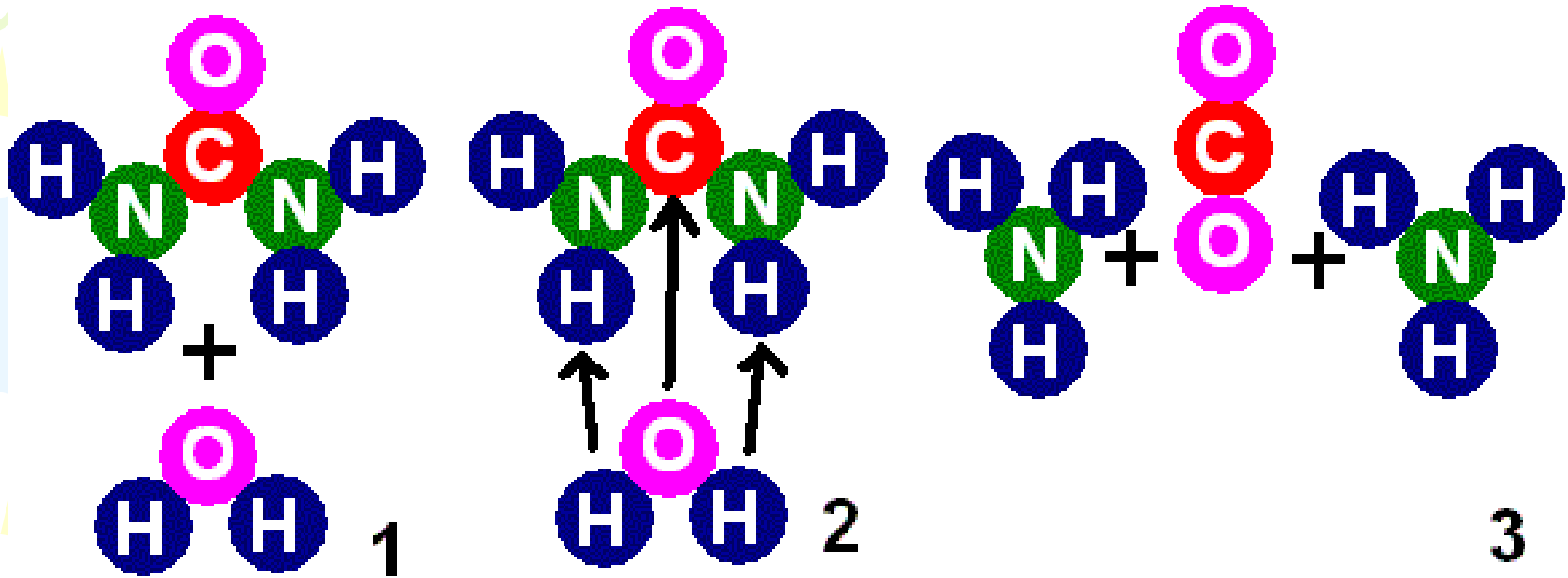
Manit? Mňam!



Sacharóza? Fuj!



# Příklad – ureázová aktivita helikobaktera



Urea (močovina) se v žaludku vyskytuje, a její štěpení helikobakterům umožňuje zvýšit ve svém těsném okolí pH a vzdorovat tak žaludeční kyselině

# Postavení kultivace v systému metod

- Přímé metody (mikrob – část – produkt):
  - Mikroskopie – průkaz ve vzorku i identifikace
  - **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)

# Vzorek a kmen (opakování)

- **Vzorek** je to, co se odebírá pacientovi. Vzorek obsahuje buňky makroorganismu, různý počet druhů mikrobů (nula až třeba dvacet) a další příměsi
- **Kmen – izolát** – je populace jedné bakterie, izolovaná ze vzorku na pevné půdě
- Abychom získali kmen, **musíme bakterii pěstovat na pevné půdě a dobře rozočkovat**

# Smysl kultivace bakterií

- Proč vlastně v laboratoři bakterie pěstujeme?
  - Abychom je udrželi při životě a pomnožili. K tomu slouží kultivace na tekutých půdách i na „pevných“ půdách (to jsou půdy, které netečou, jejich základem je většinou agarová řasa)
  - Abychom získali kmen – zde ovšem můžeme použít pouze pevné půdy
  - Abychom je vzájemně odlišili a oddělili – používají se diagnostické a selektivní půdy, sloužící k identifikaci

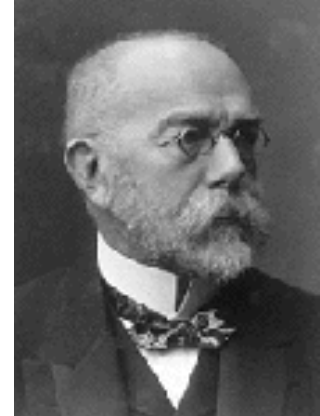
# Pohádka

- Byla jednou jedna **bakterie, a ta byla maličká**, takže ji bez mikroskopu nikdo neviděl, a v mikroskopu bylo sotva vidět, jaký má tvar. Byla z toho velice nešťastná, protože si velice zakládala na tom, jak je zvláštní a zajímavá.
- Až jednou přišel **pan Koch**. Ten bakterii posadil **na pevnou půdu** a schoval přes noc **do termostatu**. Bakterie zajásala a začala se vesele množit...

# A druhý den

- Pan Koch přišel, odevřel termostát, vyndal Petriho misku s půdou, a co neviděl: jeho milá, maličká bakterie, najednou **byla viditelná pouhým okem!** Ne ovšem jako jedna bakterie, ale jako celý **kmen** úplně stejných buněk, který z této jedné bakterie vzešel, v podobě kopečku – **kolonie**
- Bakterie byla celá šťastná, a předváděla se panu Kochovi v celé své kráse. **Předvedla mu tvary, profily i povrch své kolonie,** pigmenty a spoustu dalších věcí.

# Robert Koch



Německý mikrobiolog Robert Koch se narodil 11. prosince 1843 v Clausthal-Zellerfeldu jako jedno z 13 dětí důlního technika. Už v pěti letech ohromil rodiče, když jim oznámil, že se podle novin naučil číst. V roce 1862 odešel Koch na univerzitu do Göttingenu studovat medicínu. Po obdržení doktorátu v roce 1866 odešel na šestiměsíční studium chemie do Berlína. Po období všeobecné praxe se jako dobrovolník přihlásil do služby v ve francouzsko-pruské válce v roce 1870 a od roku 1872 do 1880 ve wollsteinském okresu. Zde uskutečnil své epochální výzkumy, které ho vynesly do čela vědeckých pracovníků. Zabýval se zejména bacilem antraxu, tuberkulózními bacily a choleroým vibriem. Koch byl během života vyznamenám mnoha medailemi a odměněn mnoha cenami, získal také několik čestných doktorátů a stal se čestným občanem několika měst. V roce 1905 obdržel Nobelovu cenu za fyziologii a medicínu.

Robert Koch zemřel 27. května 1910 v Baden-Badenu

<http://www.quido.cz/osobnosti/koch.htm>

Ještě  
jednou  
Robert  
Koch





# Robert Koch při expedici do Egypta při cholerové epidemii



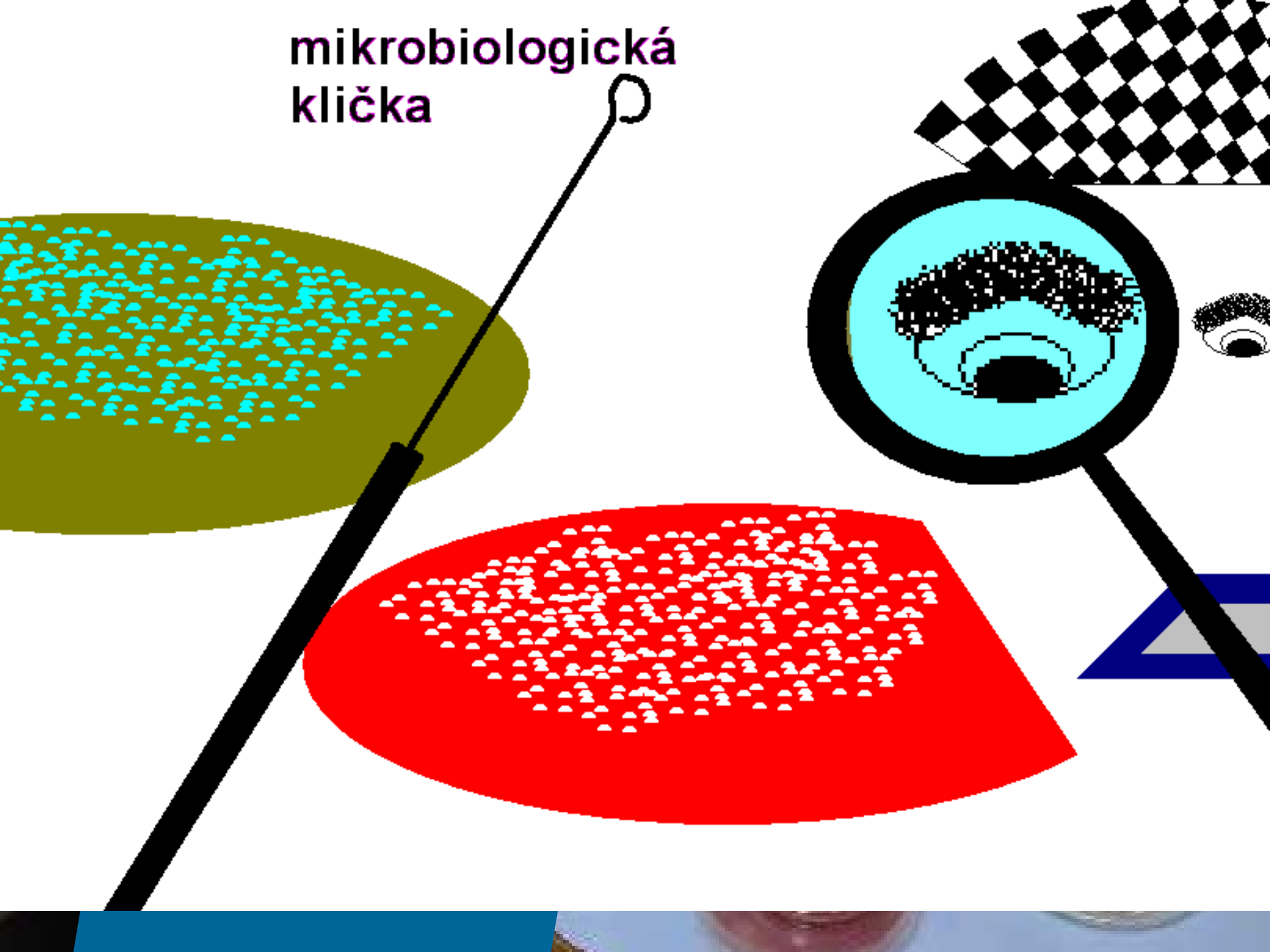
# Podmínky pěstování (kultivace) bakterií

- Pro kultivaci (pěstování) bakterií jsou nutné určité podmínky, bez kterých není pěstování možné
- Nestačí přitom takové, aby bakterie přežívala. Musí být i schopna se množit
- Podmínky musí být splněny, co se týče teploty, pH, koncentrace solí a mnoha dalších charakteristik vnějšího prostředí
- Nepůsobí přitom jednotlivě, kombinují se
- Některé podmínky jsou dány nastavením inkubátoru neboli termostatu (teplota, CO<sub>2</sub>), jiné složením půdy

# Když se mění určité faktory



mikrobiologická  
klička



# Kultivace bakterií obecně

- Bakteriím musíme připravit přijatelné vnější podmínky – teplotu, vlhkost apod.
- Aerobní a fakultativně anaerobní bakterie můžeme pěstovat za normální atmosféry
- Striktně anaerobní bakterie vyžadují atmosféru bez kyslíku
- Bakterie se speciálními nároky na kyslík vyžadují zvláštní zacházení (mikroaerofilní v atmosféře snížený podíl kyslíku, kapnofilní zvýšený podíl  $\text{CO}_2$ )
- Používáme různá kultivační média, sloužící k určitým účelům

# Pěstování anaerobních bakterií

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

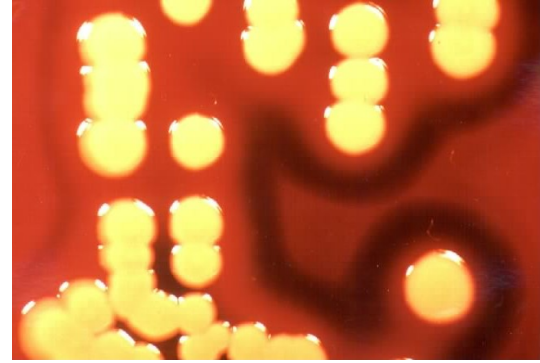


[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)





# Pojem kolonie



- Kolonie je **útvár na povrchu pevné půdy**.  
Pochází z jedné buňky nebo malé skupinky buněk (dvojice, řetízku, shluku)
- V některých případech můžeme z počtu kolonií **odhadnout počet mikrobů** ve vzorku – nebo přesněji počet „kolonií tvořících jednotek“ (CFU)
- Popis kolonií má významné místo v diagnostice
- Kolonie je vždy tvořena jedním kmenem. Pojmy „kolonie“ a „kmen“ ale nejsou synonyma, kmen nemusí mít tvar kolonie.

# Kultivační doba

- Kultivační doba je časový úsek nezbytný k tomu, aby z jedné nebo několika bakterií vyrostla **viditelná kolonie**
- Kultivační doba je **závislá na generační době**, samozřejmě je ale daleko delší (pro vznik viditelné kolonie nestačí, když se z jedné bakterie stanou dvě, ba ani čtyři nebo osm, nezbytné jsou miliardy bakterií)



# Praktická kultivace

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

Význam kultivace  
v tekutých půdách

Typy tekutých půd

Význam kultivace na  
pevných půdách

Typy pevných půd



# Kultivační podmínky – opakování

- Pro kultivaci bakterií jsou nutné určité podmínky
- Nestačí takové, aby bakterie přeživala. Musí být i schopna se množit
- Podmínky musí být splněny, co se týče teploty, pH, koncentrace solí a mnoha dalších věcí. Některé jsou dány nastavením termostatu, jiné složením kultivační půdy.
- Nepůsobí přitom jednotlivě, kombinují se

# Konkrétní kultivační podmínky klinicky významných bakterií

Většinou vyžadují teplotu kolem 37 °C, ovšem při různě širokém rozmezí.

- Ale bakterie původem z vnějšího prostředí preferují nižší teploty, ptačí patogeny naopak vyšší (ptáci mají vyšší teplotu těla)

Většinou vyžadují koncentrace solí odpovídající fyziologickému roztoku

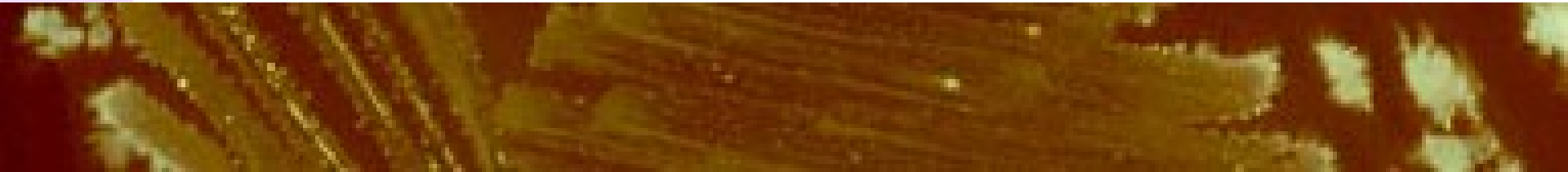
- Ale bakterie zvyklé žít na zpcené kůži snášejí i vysoké koncentrace soli.

Většinou vyžadují pH kolem sedmi

- Ale helikobakter, zvyklý žít v žaludku, snese i mnohem nižší pH.

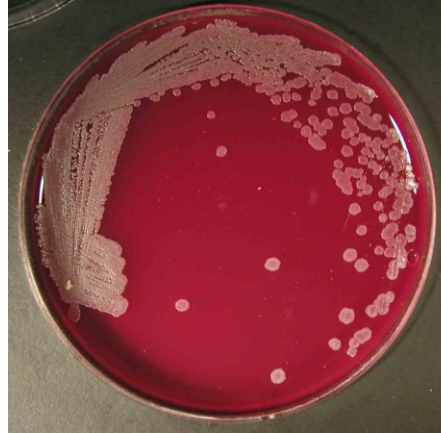
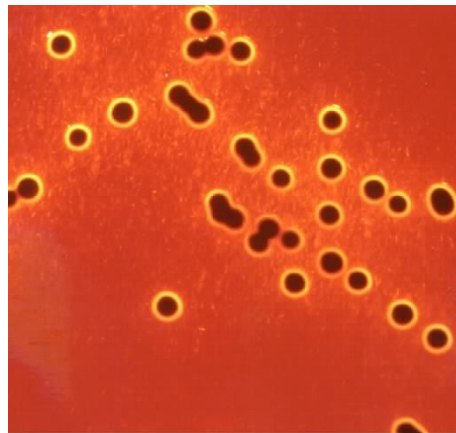
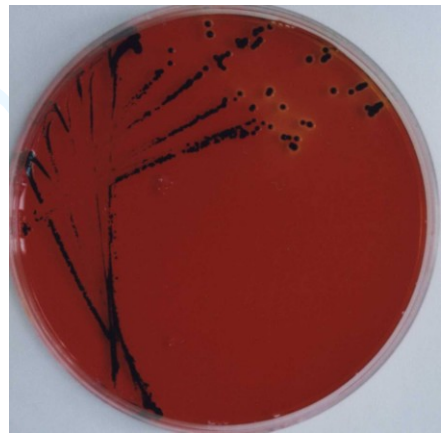
# Je to dobře, nebo špatně, že různé bakterie jsou různě náročné?

- Je to špatně, protože se špatně definují podmínky, které by vyhověli většině (neřkuli všem) klinicky významným bakteriím
- Je to dobře, protože díky tomu můžeme i kultivaci využít v diagnostice (např. schopnost růst na půdě s 10 % NaCl dobře odliší stafylokoky od jiných bakterií, které na ní nerostou)



# Půdy obecně versus půdy v klinické mikrobiologii

- V průmyslové mikrobiologii či v některých jiných aplikacích se zpravidla používají chemicky přesně definované půdy. Víme, kolik je v nich čeho, a můžeme taky sledovat, kolik čeho přibylo nebo ubylo.
- V klinické mikrobiologii nepotřebujeme vědět přesné složení. Často i složky půd jsou chemicky nedefinované (krvinky, extrakt z kvasnic).



# Tekuté půdy a pevné půdy

- Základem tekutých půd je masopeptonový bujon (hovězí vývar + bílkovinný hydrolyzát). Používají se především k pomnožení. Výsledek se špatně hodnotí: v podstatě jen čirý bujon / zakalený bujon (roste /neroste)
- Základem většiny pevných půd je tentýž bujon, ale doplněný výtažkem z agarové řasy. Bakterie na pevných půdách rostou pomaleji, ale zato velmi rozmanitě, a lze je rozočkovat.





# Různé vzorky – různá kultivace

Jak ovlivňuje typ vzorku typ kultivace?

Vzorky, kde je obvykle málo mikrobů se dávají jen do tekutých půd, kde se mikroby rychle pomnoží.

Teprve pak se (v případě zákalu = positivity) mikroby vyočkují (subkultivují) na pevnou půdu.

**Příklad: výtěr ze spojivkového vaku**


Vzorky, kde může být hodně i málo mikrobů a i případné malé množství mikrobů je významné, očkujeme na pevné i tekuté půdy. Pokud na pevné půdě nic vidět není, ale tekutá půda je zakalená, provádí se subkultivace (subkultura) z tekuté půdy na pevnou. **Příklad: stěry z ran**

Vzorky, kde je většinou hodně mikrobů, popř. i fyziologická běžná flóra se očkují pouze na pevné půdy. **Příklad: výtěry z krku**

Krevní agar  
je půda,  
která  
obsahuje  
ovčí červené  
krvinky





A petri dish containing a pink agar medium. A streaked bacterial culture is visible, showing a confluent growth of small, dark, mucous colonies. The colonies are arranged in a diagonal streak from the top right towards the bottom center. The agar is a deep pink color, and the colonies have a slightly raised, glistening appearance.

Bakterie  
*Klebsiella pneumoniae*  
na Endově agaru



Tatáž  
bakterie na  
krevním  
agaru



# Použitá půda versus vlastnosti bakterií

Různé vlastnosti, např. barvu, ovlivňují substráty přítomné v půdě, proto na různých půdách mohou mít bakterie různou barvu.

Pochopitelně také například hemolýzu můžeme studovat pouze na půdách, které obsahují krvinky

# Tekuté půdy

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)





# Rozdělení tekutých půd

- Tekuté půdy mnoho kategorií nemají. Vlastně jen dvě:
- Půdy pomnožovací jsou nejběžnější a univerzální. Příkladem je bujón pro aerobní kultivaci a VL-bujón pro anaerobní kultivaci (VL = viande-levure, z francouzštiny – obsahuje masokvasničný extrakt)
- Půdy selektivně pomnožovací mají za úkol pomnožit určitou bakterii a potlačit množení jiných. Příkladem je selenitový bujón pro salmonely

# Pevné půdy

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)



# Pevné (agarové) půdy

- Abychom využili všech výhod, které pevné půdy nabízejí, musíme vzorek (kultivace vzorek → kmen), ale i kmen (kultivace kmen → kmen) dobře rozočkovat. Klasickým způsobem rozočkování je tzv. **křížový roztěr**. V praxi se zpravidla natře např. na polovinu misky tamponem a pak se rozočkovává kličkou. Někdy se ještě doplňují různé čáry a disky – o nich jindy.

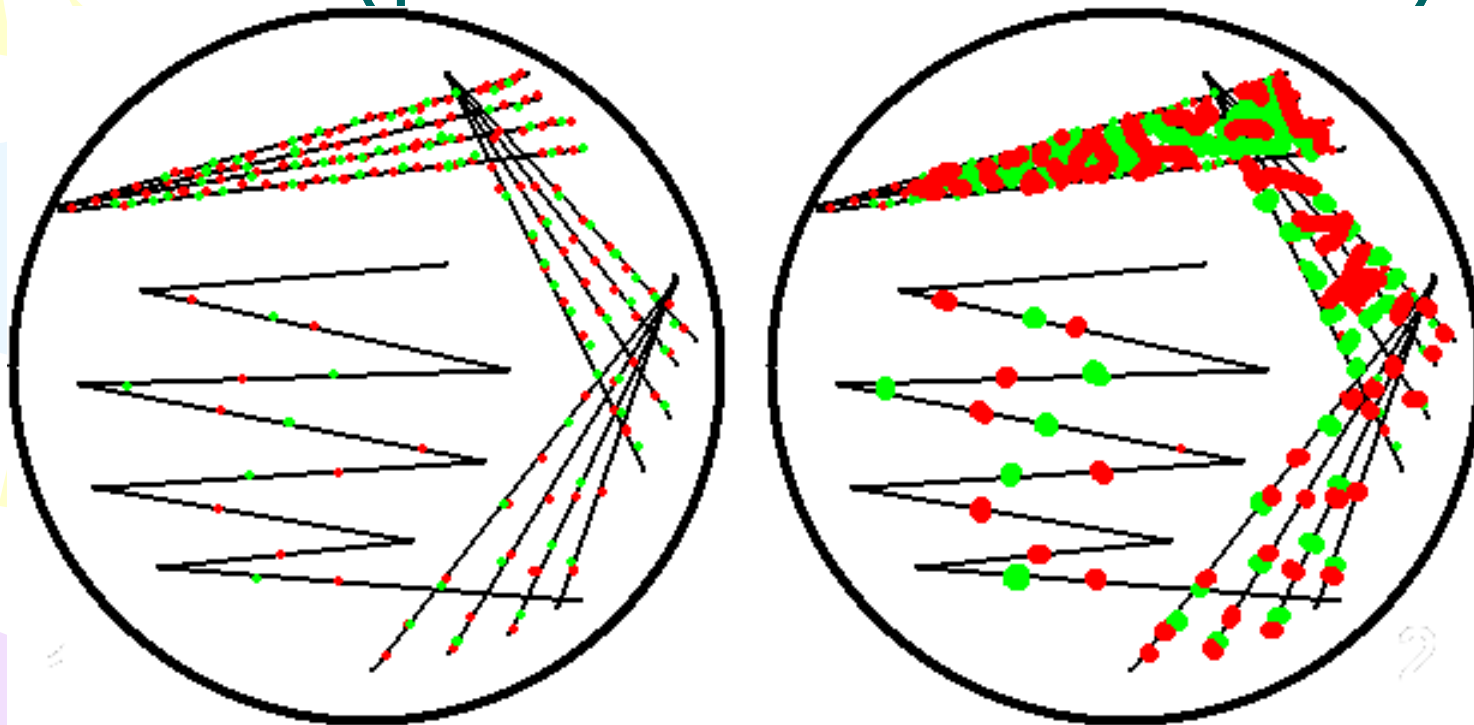


# Proč je potřeba mít izolované kolonie

- Protože jen v tom případě lze identifikovat větší počet patogenů, které jsou ve směsi
- Ale také proto, že pouze jednotlivé kolonie umožňují pozorovat typické vlastnosti kolonie.

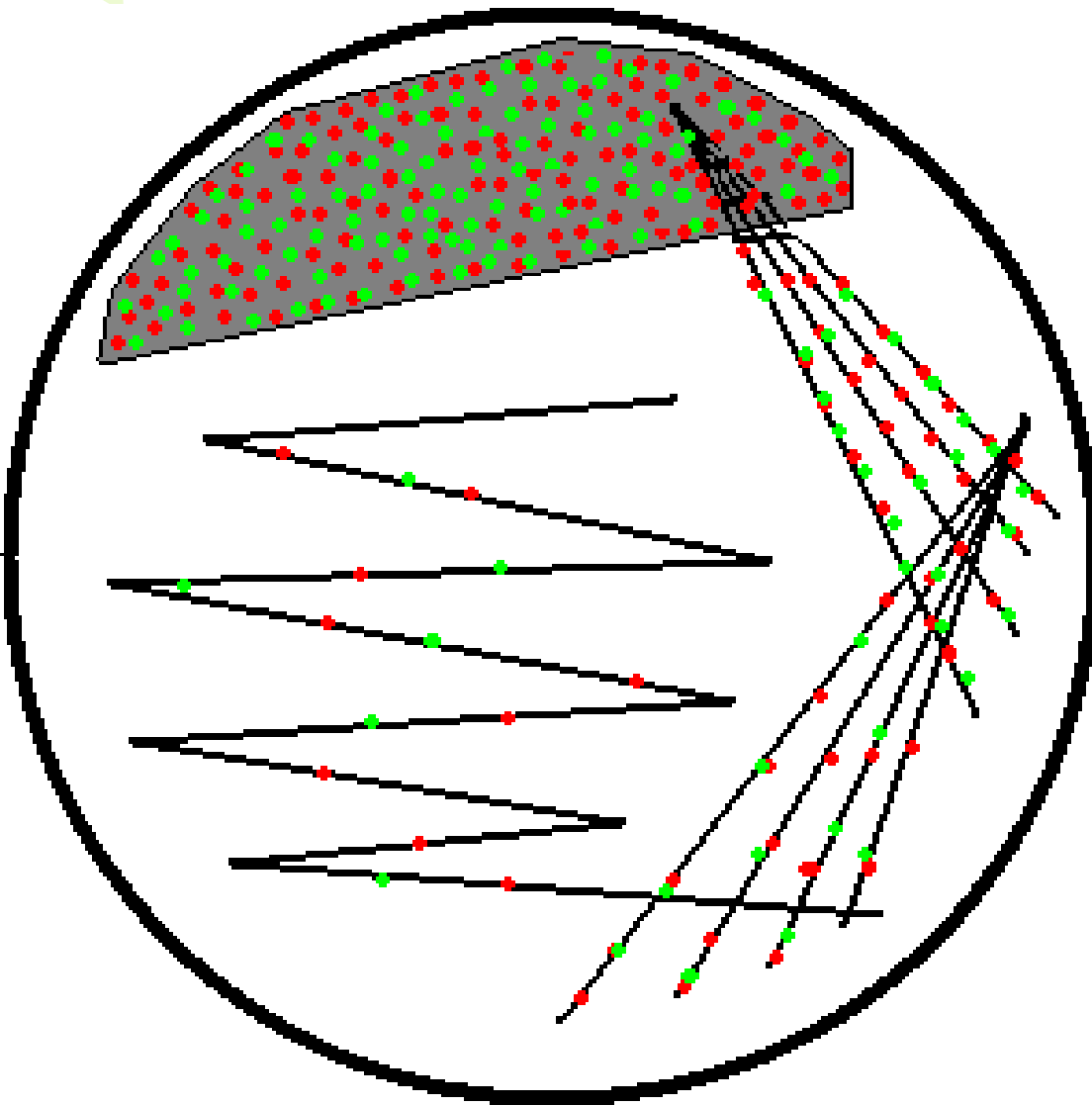
*Sebelepší klaun vám nepředvede nic ze svého umění, držíte-li ho v kamrlíku nahečmaného na spoustu dalších klaunů.*

V případě směsi vytvoří  
každá bakterie svoje kolonie  
(při dobrém rozočkování)



1 – očkování směsi bakterií (naznačeny tečkami), 2 –  
výsledek kultivace: v prvních úsecích směs, až na konci  
izolované kolonie

# Postup očkování vzorku



Vzorek se nanese na menší či větší plochu, a pak se rozočkovává jako při přeočkování kmene

# Výtěr z krku – reálný výsledek



# Co lze popisovat u kolonií

- Velikost
- Barva
- Tvar (okrouhlý...)
- Profil (vypouklý...)
- Okraje (výběžky..)
- Povrch (hladký, drsný)
- Konzistence (suchá...)
- Průhlednost
- Vůně/zápach
- Okolí kolonie\*

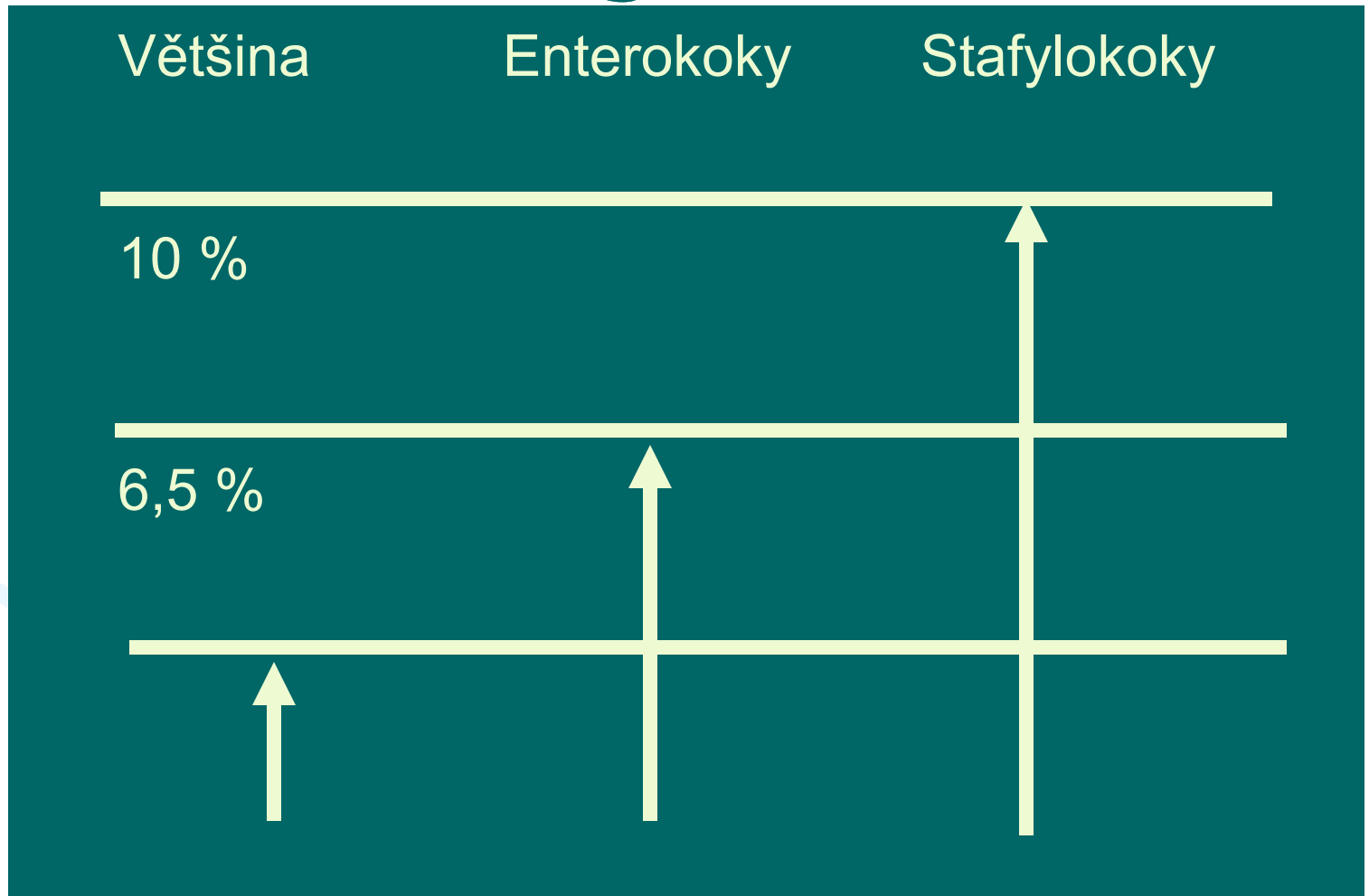
\*Přesný význam tohoto pojmu záleží na druhu půdy. Například u půd s krvinkami se hodnotí narušení krvinek v okolí kolonie



# Pevné selektivní půdy

- Účelem je selektovat (vydělit) ze směsi bakterií pouze určitou skupinu nebo skupiny
- Příkladem je agar pro stafylokoky s 10 % NaCl
- Někdy je selektivnosti dosaženo přidáním antibiotika.
  - Krevní agar s amikacinem je selektivní pro streptokoky a enterokoky.
  - Půdy pro kultivaci kvasinek zpravidla obsahují kombinaci antibiotik (abychom potlačili bakterie, kvasinkám antibiotika nevadí, takže rostou)

# Selektivita hypersolného agaru



# Půdy diagnostické

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

- Nepotlačují růst žádného mikroba
- Zato díky svému složení rozlišují mikroby podle určité vlastnosti
- Příkladem je krevní agar ke sledování hemolytických vlastností a VL krevní agar (podobný, ale na anaeroby)
- Zvláštním případem půdy chromogenní a fluorogenní



[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

# Půdy s krví – základ klinické mikrobiologie

- Všechny půdy s krvinkami (krevní agar, VL krevní agar, agar s pranými erytrocyty apod. – *netýká se ale krevního agaru s 10 % NaCl, kde jsou krvinky lyzovány*) jsou schopny rozlišit:

Úplnou hemolýzu

Částečnou hemolýzu

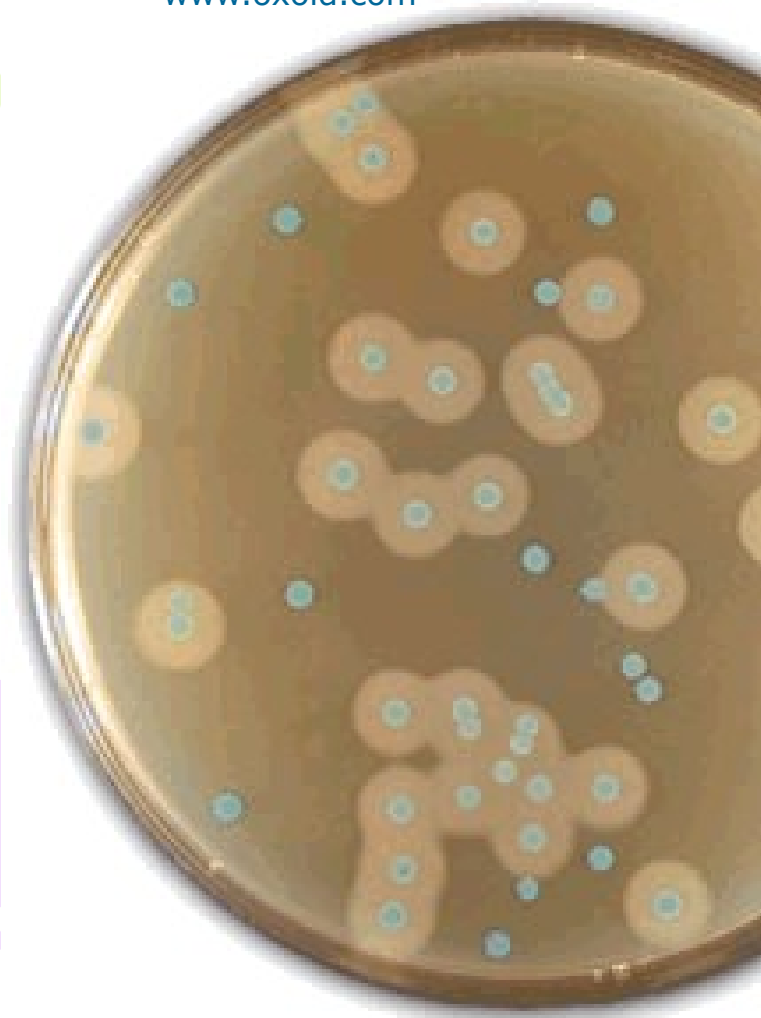
Nepřítomnost hemolýzy

Viridaci (zezelenání)



# Půdy chromogenní a fluorogenní

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



- **Chromogenní** půdy obsahují barvivo, na které je navázaný specifický substrát → barevnost se ztrácí, není to už barvivo, ale **chromogen**
- Bakterie schopná štěpit specifický substrát **změní chromogen zpět na původní barvivo**
- Půda může obsahovat i více chromogenů (pro současné určení více druhů bakterií)
- **Fluorogenní** půdy podobné, s **fluorescenčním** barvivem



# Ukázka chromogenní půdy na kvasinky



Čtyři různé kvasinky rostou v typických koloniích – jedna v zelených, jedna v modrých, jedna v suchých růžových a jedna v hladkých růžových. Ostatní druhy kvasinek jsou na této půdě bílé.



# Půdy selektivně diagnostické

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

- Kombinují v sobě selektivní a diagnostické vlastnosti
- Příkladem **půda Endova**:
  - Rostou pouze některé G-bakterie (selektivita)
  - Ty, co rostou, lze rozlišit na laktóza pozitivní (červené) a negativní (bledé)

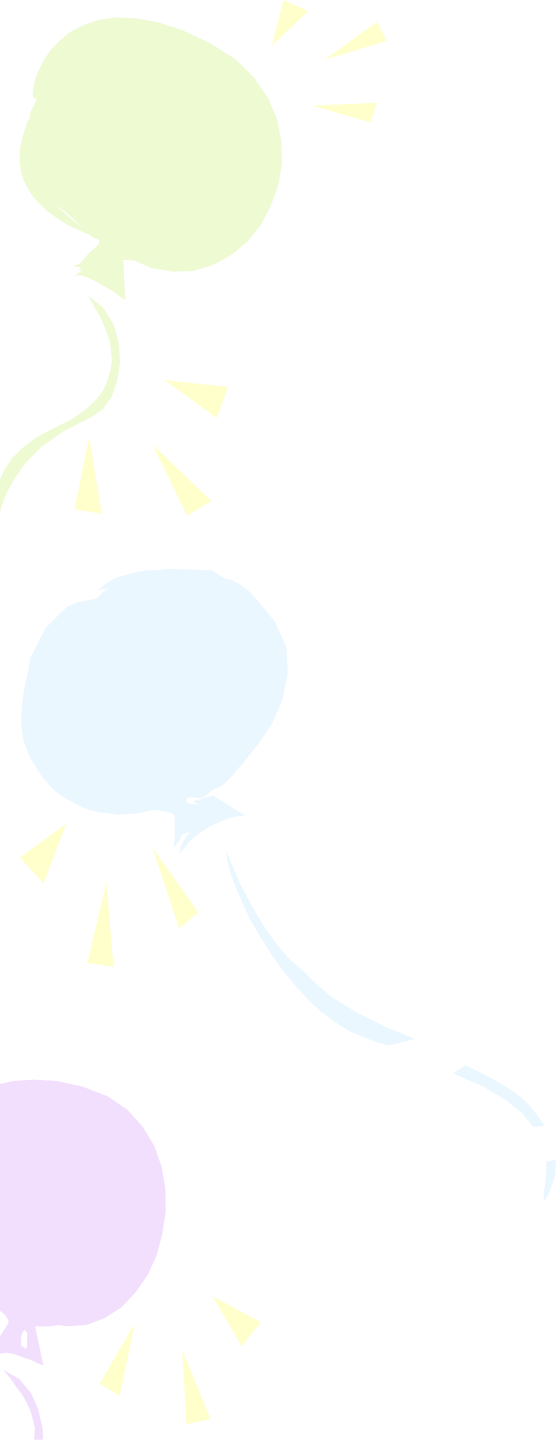


Podobná je **půda McConkeyho**, ve světě běžnější  
Selektivně diagnostické jsou i půdy **XLD**, **CIN** aj.

# Půdy XLD a MAL na salmonely







[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)

XLD

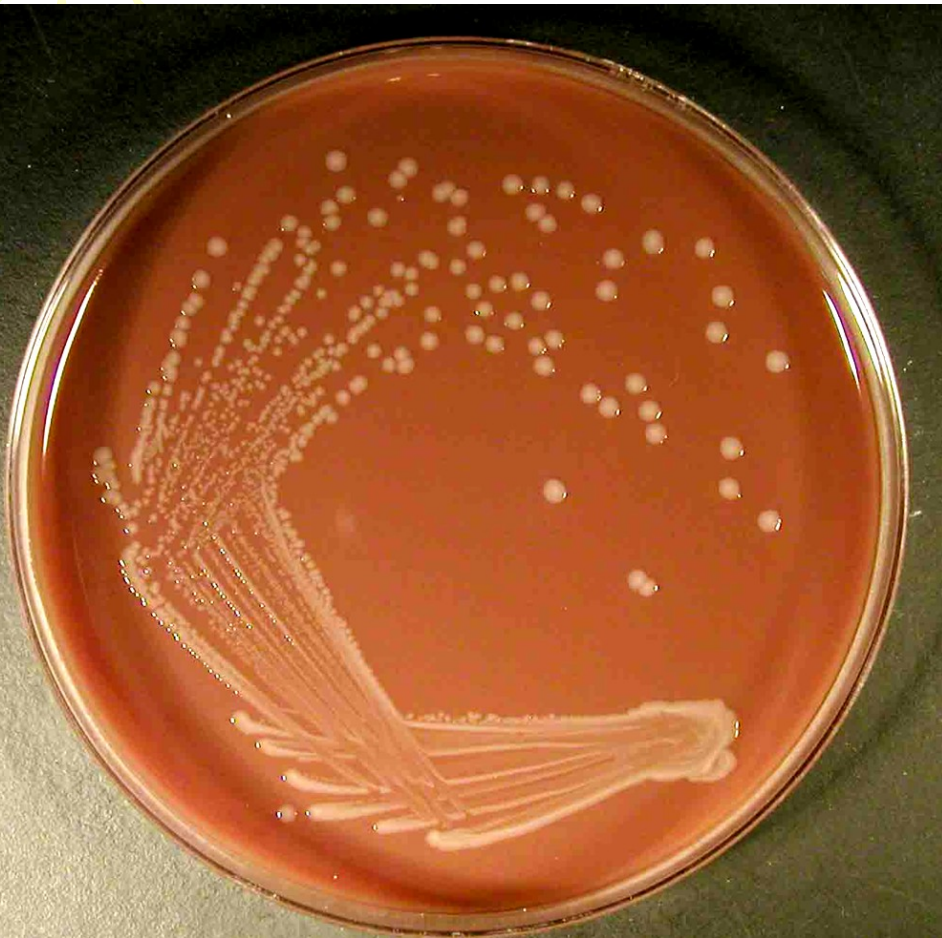
MAL

# Půdy selektivní, diagnostické a selektivně diagnostické – shrnutí

Půda selektivní	Kmen A neroste	Kmen B roste	
Půda diagnostická	Kmen C roste, má kolonie makové	Kmen D roste, má kolonie takové	
Půda selektivně diagnostická	Kmen E neroste	Kmen F roste, má kolonie makové	Kmen G roste, má kolonie takové

# Půdy obohacené a selektivně obohacené

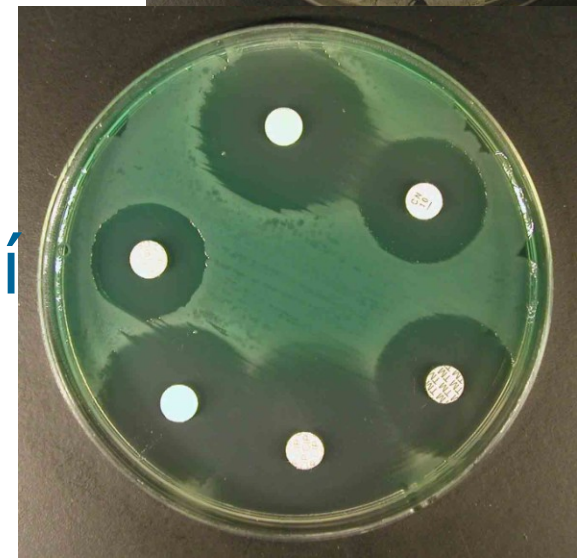
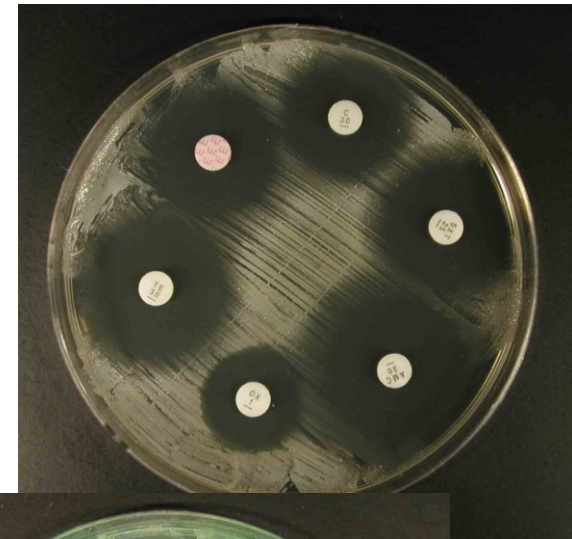
- Jsou určeny pro náročné mikroby
- Obsahují různé nutriční faktory
- Příkladem je čokoládový agar pro neisserie a hemofily a Levinthalův agar pro hemofily
- Mohou být selektivně obohacené (GC agar), tedy kombinace selektivity a obohacení





# Půdy ke speciálním účelům

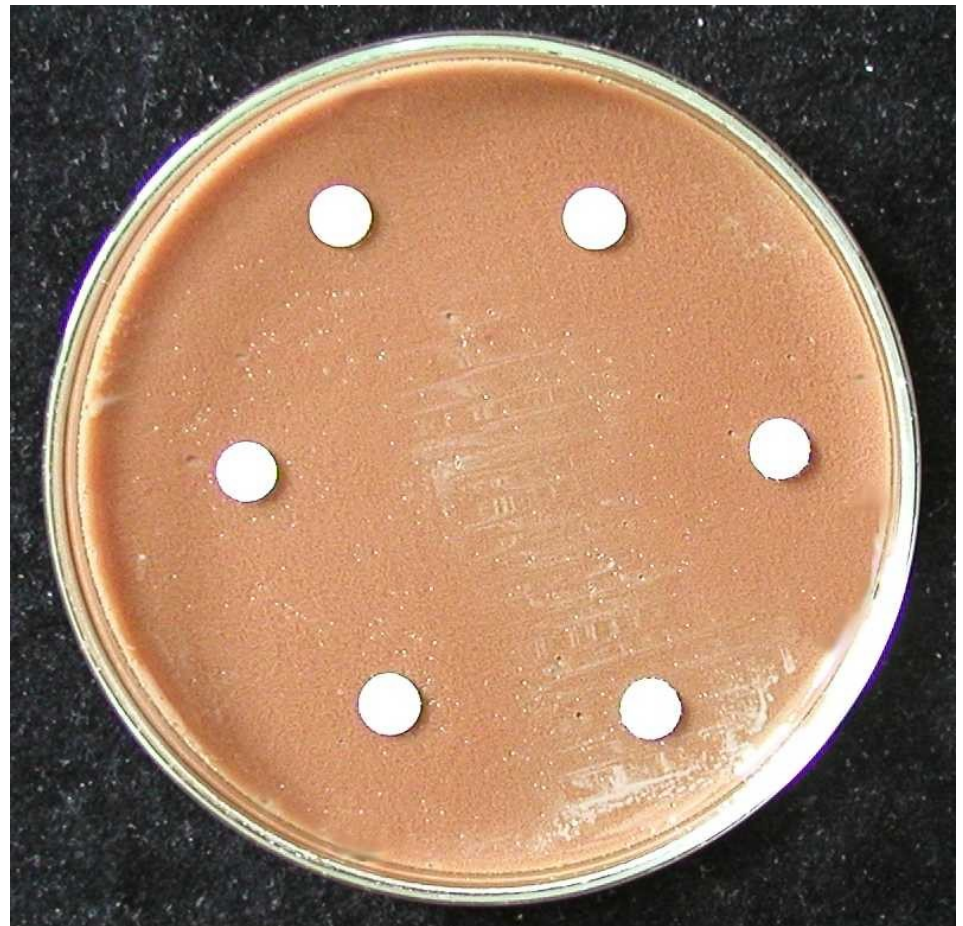
- Sledování faktorů virulence (žloutkový agar pro histotoxická klostridia, půda s kongočervení pro stafylokokový sliz)
- In vitro testování citlivosti na antimikrobiální látky: Müllerův-Hintonové agar; slouží zároveň ke sledování pigmentů bakterií



# Poznámka

V případě kultivačně náročných bakterií se i testování citlivosti provádí na obohacených půdách.

[www.medmicro.info](http://www.medmicro.info)



# Současné trendy v kultivaci

- Navzdory rozvoji genetických metod si kultivace zachovává svou klíčovou úlohu při diagnostice zejména bakterií
- Standardizace nutí přecházet od půd vyráběných „na koleně“ k půdám komerčně vyráběným
- Chromogenní a fluorogenní půdy se i přes vyšší cenu zvolna prosazují

# Pěstování anaerobních bakterií





# Nashledanou

Příště budeme pokračovat povídáním o biochemické identifikaci bakterií

