

BIOLOGIE

# EKOTOXIKOLOGICKÉ CVIČENÍ



Akademie věd ČR hledá mladé vědce

**OTEVŘENÁ VĚDA**

AKADEMIE VĚD ČR



# Úvodní list

<b>Předmět:</b>	Biologie
<b>Cílová skupina:</b>	2. ročník SŠ
<b>Délka trvání:</b>	90 min.
<b>Název hodiny:</b>	Ekotoxikologické cvičení
<b>Výukový celek:</b>	Mikroorganismy – kvasinky (Houby)
<b>Vzdělávací oblast v RVP:</b>	Člověk a příroda
<b>Průřezová témata:</b>	<p><u>Multikulturní výchova</u> – Práce ve dvojicích i ve skupinách pomáhá při začleňování žáků minoritních skupin do majoritní společnosti, rozvoj empatie a tolerance k jiným etnikům.</p> <p><u>Výchova demokratického občana</u> – Rozvoj dovednosti formulovat vlastní myšlenky, výsledky pozorování, schopnost argumentace, obhajoba vlastního názoru a vyvozování závěrů.</p> <p><u>Osobnostní a sociální výchova</u> – Rozvoj kognitivních schopností, kooperace, práce ve dvojicích, práce ve skupinách, plánování vlastní činnosti i týmu a rozdělení rolí.</p> <p><u>Enviromentální výchova</u> – Rozvoj ekologického myšlení. Žák si uvědomuje dopad lidské činnosti na životní prostředí (vliv odpadů z domácností na ekosystém). Žák se zamýšlí nad vlastním příspěvkem k ochraně ŽP.</p>
<b>Mezipředmětové vztahy:</b>	Chemie – potravinářství, ředění roztoků. Matematika – vyhodnocení experimentu, vynesení hodnot do grafu a výpočet dle křivky regrese.
<b>Výukové metody:</b>	Výklad, heuristický rozhovor, samostatná práce, učitelský experiment, žákovský experiment, práce s textem, týmová práce.
<b>Organizační formy výuky:</b>	Frontální, skupinová, párová, popř. individuální.
<b>Vstupní předpoklady:</b>	Žák rozumí pojmu kvasinka a dovede popsat životní cyklus mikroskopických hub. Žák chápe, že existují chemikálie, které mohou životní cyklus mikroorganismů narušit. Žák dovede tyto situace slovně popsat a ověřit žákovským experimentem.
<b>Očekávané výstupy:</b>	Žák chápe termíny toxicita a účinná koncentrace chemické látky (EC <sub>x</sub> ) a umí je vlastními slovy popsat. Umí založit a vyhodnotit experiment s kvasinkami a matematicky stanovit účinnou koncentraci (EC). Vlastními slovy popisuje princip



ekotoxikologie, postup zakládání a vyhodnocení experimentu a hlavní závěry.

<b>Výukové cíle:</b>	Žák si dovede připravit mikroskopický preparát a pozorovat jej pod mikroskopem. Žák dovede vynést hodnoty do grafu a pomocí regresní křivky vypočítat účinnou koncentraci.
<b>Klíčové kompetence:</b>	<p><u>Kompetence k učení:</u> Žák se učí propojovat poznatky s ději v běžném životě (uvědomění si dopadů chemických látek na ekosystém).</p> <p><u>Kompetence k řešení problémů:</u> Žák se učí porozumět danému problému (princip experimentu). Učí se správnému pořadí kroků k vyřešení problému (založení a vyhodnocení experimentu). Žák se učí zakládat experiment dle přesného postupu (princip vědecké práce).</p> <p><u>Kompetence komunikativní:</u> Žák se učí úsporně a přesně komunikovat prostřednictvím odborného jazyka (využití a porozumění odborným pojmům – účinná koncentrace, mikroskopický preparát, ekotoxikologie, rovnice regrese, toxicita, toxikant, kontaminant). Žák se učí vyjadřovat přehledně graficky (znázornění výsledných hodnot v grafu a odečet bodu z křivky dle rovnice regrese).</p> <p><u>Kompetence sociální a personální:</u> Žák se učí vytvářet sebehodnocení. Učí se vytvářet metodiku práce ve dvojicích (založení a vyhodnocení experimentu) a ve skupinách (porovnání výsledků a jejich závěrů). Žák je veden k přiměřenému kritickému posouzení práce své i svých spolužáků.</p> <p><u>Kompetence občanské:</u> Žák se učí vážit si pomoci spolužáka a výsledku práce spolužáka.</p> <p><u>Kompetence pracovní:</u> Žák se učí trpělivosti, pečlivosti a přesnosti během experimentu. Učí se nenechat se odradit neúspěšně provedeným pokusem, každý výsledek je cenný.</p>
<b>Formy a prostředky hodnocení:</b>	Slovní hodnocení průběžné i závěrečné, sebehodnocení, zpětná vazba.
<b>Kritéria hodnocení:</b>	Splnění stanovených cílů, spolupráce ve dvojici/ skupinkách, komunikativní a prezentační dovednosti žáka.
<b>Pomůcky:</b>	Školní tabule, křídly/fixy, pomůcky k založení a vyhodnocení experimentu (viz pokus), sešit, pracovní listy, psací potřeby, výpočetní technika.



## Časový a obsahový plán výukového celku (90 min.)

## Název hodiny: Ekotoxikologické cvičení

Čas (min.)	Struktura výuky	Činnost učitele	Činnost žáků	Organizační formy výuky		Hodnocení	Pomůcky	Poznámka
				Výukové metody				
2	Zahájení	Pozdrav, oznámení průběhu hodiny, tématu hodiny a cíle hodiny	Pozdrav, pochopení cíle	Frontální Výklad	Frontální	Zpětná vazba	-	-
5	Opakování	Opakování učiva z předešlých hodin, učitel rozdává pomůcky na pokus	Každý samostatně pracuje na řešení pracovního listu	Frontální Samostatná práce	Frontální	Kvantitativní	-	-
5	Výklad nového učiva	Popisuje princip životního cyklu kvasinek a ekotoxikologického experimentu s kvasinkami exponovanými toxickou látkou, klade při tom související dotazy	Vyvolaní studenti odpovídají na dotazy	Frontální Výklad, heuristický rozhovor	Frontální	Slovní, zpětná vazba	Tabule, křída/fixy	-
15	Procvičování nového učiva	Prochází se studenty metodický postup experimentu a ukazuje jim, jak budou pracovat, klade studentům související dotazy, kontroluje práci studentů, popř. pomáhá s plánováním práce a zakládáním experimentům	Vyvolaní žáci odpovídají na dotazy, plánují a zakládají experiment	Frontální, párová, individuální Heuristický rozhovor, učitelský experiment, žákovský experiment	Frontální, párová, individuální	Slovní, zpětná vazba	Tabule, pomůcky na experiment, pracovní listy pro studenty	Pracovní list je uveden v příloze Pracovní list pro studenta, řešení pracovního listu je v dokumentu Pracovní list pro pedagoga
55	Skupinová práce	Dává pokyn k rozdělení žáků do skupin, následně kontroluje jejich práci, popř. pomáhá s řešením	Každá skupina pracuje na řešení přidělených úkolů	Skupinová	Skupinová	Slovní, zpětná vazba	Pracovní list	-
5	Ukončení experimentu a zadané práce	Úklid pomůcek, zhodnocení odpovědí na zadané otázky	Úklid pomůcek, sdělování odpovědí na zadané otázky	Rozhovor Frontální	Rozhovor Frontální	Slovní	-	-
3	Shrnutí, ukončení hodiny	Zopakování nejzásadnějších poznatků z hodiny, dotazy na žáky	Odpovědi na dotazy vyučujícího	Rozhovor Frontální	Rozhovor Frontální	Slovní	-	-



# Pracovní list pro studenta

**Název:** Ekotoxikologický biotest s kvasinkou *Saccharomyces cerevisiae*

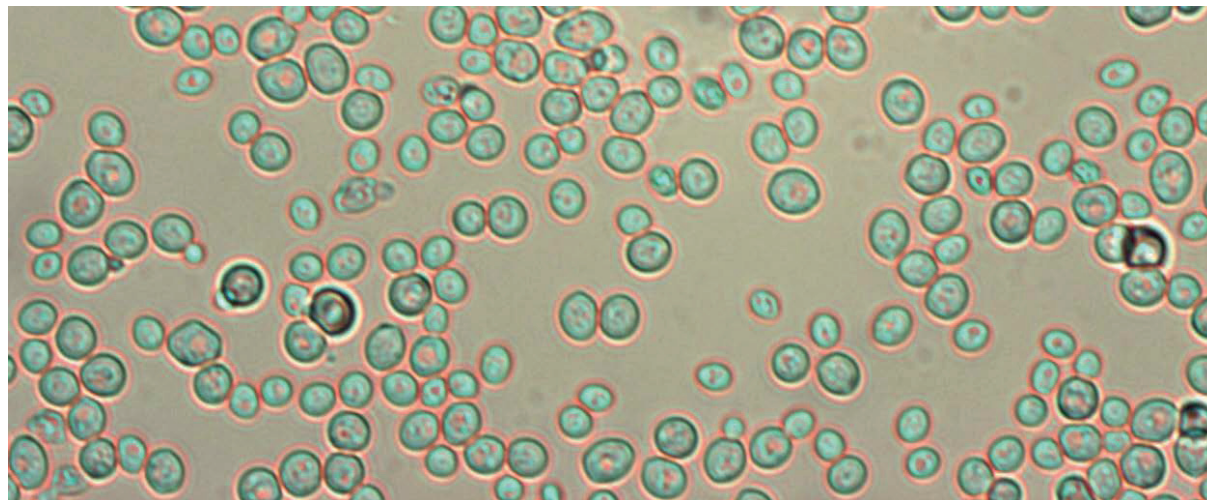
**Jméno:**

## a) Úkol

Založ si vlastní ekotoxikologický experiment s kvasinkami a zjisti, jak na ně působí testované roztoky.

## b) Výklad

Kvasinky jsou běžným organismem používaným nejen v potravinářství, ale také v ekotoxikologii (věda zabývající se vlivem chemických látek na organismy a ekosystém). Krátký životní cyklus kvasinek je výhodou při rychlém hodnocení a testování toxických účinků chemických látek (screeningové testování). Dostatečně vysoká koncentrace toxické látky (účinná koncentrace) může ovlivnit růst a reprodukci těchto mikroorganismů, což je dobře pozorovatelné pod mikroskopem. Cílem našeho experimentu je zjistit, jak se kvasinky chovají po působení různých roztoků, a porovnat účinky těchto roztoků s kontrolou (čisté médium bez chemické látky).



## c) Pomůcky

Roztok kvasnic (*Saccharomyces cerevisiae*), nádobky s testovanými roztoky (zkumavky/ kádinky), dostatečné množství vody (odstátá kohoutková voda), 12jamková deska, mikropipety (kapátka), podložní a krycí sklíčka, mikroskop, zapalovač, pH papírky, roztok methylenové modři, papírové čisticí.

## d) Pracovní postup

1. Seznam testovaných roztoků:
  - a. kontrola – odstátá kohoutková voda (vlažná)
  - b. roztok hydroxidu sodného 5 M
  - c. roztok kyseliny chlorovodíkové 5 M
  - d. roztok hroznového cukru
  - e. neznámý vzorek



2. Promysli a naplánuj experiment – tvým úkolem bude zjistit, jak se chovají kvasinky v testovaných roztocích a dále jak je kultura kvasinek životaschopná; na přípravu experimentálních roztoků kvasinek použiješ 12jamkovou desku.
3. Popiš si jednotlivé jamky v 12jamkové desce (testovanými roztoky), také nezapomeň na kontrolu – odstátá kohoutková voda.
4. 0,5 ml roztoku kvasinek přenes pomocí mikropipety do 12jamkové desky (do popsanych jamek).
5. K suspenzi kvasinek pomocí mikropipety přenes postupně 2,5 ml jednotlivých testovaných roztoků a změř pH pomocí pH papírku na začátku experimentu; experiment si rozvrhni a pracuj po krocích – kvasinky s roztoky se kultivují 20 minut, aby došlo k toxickému účinku, a poté je třeba vyhodnotit účinek pod mikroskopem (experiment si rozvrhni a testuj účinky pouze několika roztoků v jednom čase, abys byl schopný je vyhodnotit mikroskopicky).
6. V mezičase si nakápní malou kapku roztoku kvasinek na podložní sklíčko, nechej 3 min. zaschnout a následně 4x ožehni (druhou stranu sklíčka bez preparátu) nad zapalovačem. Sklíčko stačí držet v ruce za okraje. Následně přikápní kapku roztoku methylenové modří a pozoruj pod mikroskopem (všechny buňky by měly být modře obarvené). Tento preparát je ukázkou, jak vypadají obarvené mrtvé buňky kvasinek.
7. Po uplynutí 20 minut změř v jamkách pH pomocí papírku a připrav si z roztoků v jednotlivých jamkách mikroskopické preparáty; suspenzi promíchej pomocí mikropipety a poté si kápní kapku roztoku na podložní sklíčko a překryj krycím sklíčkem.
8. Pozoruj preparát pod mikroskopem a odhadni počet buněk v zorném poli; výsledek zapiš do protokolu (doporučeno min. průměr 3 zorných polí různých preparátů).
9. U každého preparátu poté vyhodnoť ještě druhý parametr – životaschopnost kvasinek; na podložní sklíčko s preparátem kvasinek na hranu krycího sklíčka přikápní roztok methylenové modří a nechej proniknout pod sklíčko, následně pozoruj pod mikroskopem (zvětšení 40x až 100x); odumřelé buňky mají cytoplazmatickou membránu pro barvivo zcela propustnou (permeabilní), avšak živé buňky mají membránu polopropustnou (semipermeabilní) a barvivo propouštějí jen nepatrně nebo vůbec; pozorování životaschopnosti zaznamenej do protokolu.
10. Nezapomeň si všechny výsledky i všechno, co tě během experimentu zaujalo, poznamenat, využiješ to při plnění dalších úkolů.

#### e) Zpracování pokusu

Při tomto experimentu je nutné mít směs v **jamkách dobře promíchanou**, jinak můžeš při mikroskopickém pozorování dojít k nesprávnému výsledku. Pokud se při mikroskopování tvůj preparát „pohybuje“, nepozoruješ opravdový pohyb kvasinek (kvasinky nemají pohybový aparát), ale je to způsobeno nadbytečným množstvím vody pod podložním sklíčkem, což lze vyřešit jejím odsátím.

#### f) Závěr

Kvasinky (..... *cerevisiae*) jsou jednobuněčné modelové organismy, které se kromě potravinářství používají také v ..... biotestech při zjišťování toxických účinků chemických látek na organismy. V ekotoxikologii se rozlišují krátkodobé – akutní – a dlouhodobé – ..... – testy. Při dlouhodobém působení byť nízkých koncentrací některých chemických látek může docházet k ovlivnění reprodukční kondice organismů, které pak nejsou schopny se množit. Reprodukční toxicita chemických látek je velmi nebezpečná pro celý ekosystém. Kvasinky se rozmnožují zejména nepohlavně procesem tzv. .... .



## Protokol

	pH po smíchání s kvasnicemi	pH po 20 min.	dělící se buňky	života- schopnost	poznámky
<i>kontrola/ odstátá kohoutková H<sub>2</sub>O</i>					
<i>NaOH</i>					
<i>HCl</i>					
<i>hroznový cukr</i>					
<i>neznámý vzorek</i>					

1. Který z roztoků nejvíce inhiboval a naopak stimuloval růst?
2. Co je neznámý vzorek, lze to na základě tohoto experimentu odhadnout? Jak na testované organismy tento roztok působil?
3. Jaké pH měly testované roztoky bez kvasinek? Prováděl jsi tato měření a domníváš se, že je potřeba měřit pH před přidáním kvasinek do pokusu?
4. Které látky mohou vyvolat stimulaci růstu nějakého organismu v životním prostředí a u kterých organismů k tomu dochází nejčastěji?



# Pracovní list pro pedagoga

**Název: Ekotoxikologický biotest s kvasinkou *Saccharomyces cerevisiae***

## a) Úkol

Založit studentský ekotoxikologický experiment s kvasinkami a zjistit, jak na ně působí testované roztoky (NaOH, HCl, hroznový cukr, neznámý vzorek dle volby).

## b) Výklad

Kvasinky jsou běžným organismem používaným nejen v potravinářství, ale také v ekotoxikologii (věda zabývající se vlivem chemických látek na organismy a ekosystém). Krátký životní cyklus kvasinek je výhodou při rychlém hodnocení a testování toxických účinků chemických látek (screeningové testování). Dostatečně vysoká koncentrace toxické látky (účinná koncentrace) může ovlivnit růst a reprodukci těchto mikroorganismů, což je dobře pozorovatelné pod mikroskopem. Cílem experimentu je zjistit, jak se kvasinky chovají po působení různých roztoků.

Roztoky vybrány na základě rozdílných fyzikálně-chemických vlastností, liší se pH, toxicitou. Navíc jde o chemické přípravky běžně používané v domácnostech a studentům se může demonstrovat problematika nepřečištěných odpadních vod, zelené chemie, zdravého životního stylu apod. Toxické účinky chemických látek se v tomto experimentu porovnávají s kontrolou (odstátá kohoutková voda).

## c) Pomůcky

Kvasnice (*Saccharomyces cerevisiae*), nádobky s testovanými roztoky (zkumavky/kádinky), dostatečné množství vody (odstátá kohoutková voda), 12jamková deska, mikropipety (kapátka), podložní a krycí sklička, mikroskop, zapalovač, pH papírky, roztok methylenové modři (na špičku lžičky methylenové modři rozpust v 50 ml destilované vody; 1 skupina studentů dostane cca 2 ml tohoto roztoku), papírové čisticí.

## d) Pracovní postup

1. Příprava kvasnicové kultury – inokulum kvasnic je třeba minimálně 1 hodinu před začátkem experimentu oživit - promíchejte 40 g kvasnic s 80 ml odstáté kohoutkové vody (vlažné) se 1/4 lžičkou cukru a nechte kvasit při teplotě místnosti, po cca 1 hodině je kultura dostatečně zmnožená a je možné ji rozředit a začít experiment (kultura kvasinek se zředí 270 ml odstáté kohoutkové vody a přidělí jednotlivým skupinám studentů; 1 skupina na experiment využije cca 20 ml zředěného roztoku kvasinek – počítáno i s rezervou).
2. Seznam testovaných roztoků:
  - a. kontrola – odstátá kohoutková voda (vlažná) cca 200 ml (1 skupina dostane cca 20 ml)
  - b. roztok hydroxidu sodného 5 M – 200 g NaOH/l = 40 g do 200 ml (1 skupina dostane cca 20 ml)
  - c. roztok kyseliny chlorovodíkové 5 M – 80 ml 38% kyseliny do 120 ml vody (1 skupina dostane cca 20 ml)
  - d. roztok hroznového cukru (1 tabletky do 20 ml = 10 tablet do 200 ml)
  - e. neznámý vzorek (cukerný roztok 20 g cukru na 200 ml odstáté kohout. vody – 1 skupina dostane cca 20 ml roztoku)





Roztok methylenové modři – cca špičku lžičky methylenové modři rozpustíme v 50 ml destilované vody (1 skupina dostane cca 5ml)

3. Promýšlení a plánování experimentu – úkolem studentů bude zjistit, jak se chovají kvasinky v testovaných roztocích a dále jak je kultura kvasinek životaschopná; na přípravu experimentálních roztoků kvasinek je vhodné použít 12jamkovou desku.
4. Popsání jednotlivých jamek v 12jamkové desce (testovanými roztoky) včetně kontroly – odstátá kohoutková voda.
5. Přenesení 0,5 ml roztoku kvasinek přenes pomocí mikropipety do 12jamkové desky (do popsaných jamek).
6. Pipetování testovaných roztoků k suspenzi kvasinek pomocí mikropipety - přenesení 2,5 ml jednotlivých testovaných roztoků do 12jamkové desky a měření pH pomocí pH papírku (pH je třeba změřit i na začátku experimentu); studenti mají za úkol experiment rozvrhnout a pracují po krocích – kvasinky s roztoky se kultivují 20 minut, aby došlo k toxickému účinku, a poté je třeba vždy vyhodnotit účinek pod mikroskopem (testování účinků roztoků postupně, aby studenti stihli účinky vyhodnotit mikroskopicky).
7. Hodnocení životaschopnosti kultury – nakápnutí roztoku kvasinek na podložní sklíčko, 3min zaschnutí a následné 4x ožehnutí (druhou stranu sklíčka bez preparátu) nad zapalovačem. Sklíčko stačí držet v ruce za okraje. Následné přikápnutí kapky roztoku methylenové modři a pozorování pod mikroskopem (všechny buňky by měly být modře obarvené). Tento preparát je ukázkou, jak vypadají obarvené mrtvé buňky kvasinek.
8. Kultivace testovaných roztoků s kvasinkami a po uplynutí 20 minut měření pH pomocí papírku; následná příprava mikroskopických preparátů z roztoků v jednotlivých jamkách; promíchání suspenzi pomocí mikropipety a kápnutí roztoku na podložní sklíčko, překrytí krycím sklíčkem.
9. Mikroskopické pozorování – odhadnutí počtu buněk v zorném poli; zapsání výsledku do protokolu.
10. Vyhodnocení životaschopnosti kvasinek u každého preparátu; na podložní sklíčko s preparátem kvasinek se přikápnou roztok methylenové modři, přikryjeme krycím sklíčkem a nechá proniknout pod sklíčko, následné pozorování pod mikroskopem (zvětšení 40x až 100x); odumřelé buňky mají cytoplazmatickou membránu pro barvivo zcela propustnou (permeabilní), avšak živé buňky mají membránu polopropustnou (semipermeabilní) a barvivo propouštějí jen nepatrně nebo vůbec; zaznamenání do protokolu.
11. Zaznamenání pozorování a poznámek do protokolu.

#### e) Zpracování pokusu

Při tomto experimentu je nutné mít směs v jamkách dobře promíchanou, jinak můžeš při mikroskopickém pozorování dojít k nesprávnému výsledku. Pokud se při mikroskopování tvůj preparát „pohybuje“, nepozoruješ opravdový pohyb kvasinek (kvasinky nemají pohybový aparát), ale je to způsobeno nadbytečným množstvím vody pod podložním sklíčkem, což lze vyřešit jejím odsátím.

Tip navíc: experiment s dobře rostoucí kulturou lze oživit pozorováním bublinek CO<sub>2</sub> pod mikroskopem.

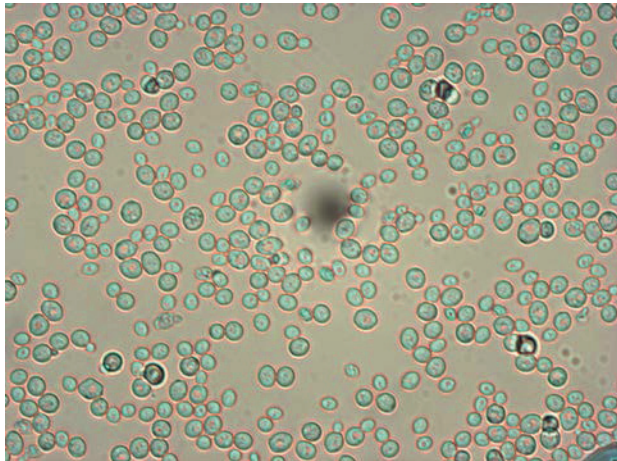
#### f) Závěr

Kvasinky (*Saccharomyces cerevisiae*) jsou jednobuněčné modelové organismy, které se kromě potravinářství používají také v **ekotoxikologických** biotestech při zjišťování toxických účinků chemických látek na organismy. V ekotoxikologii se rozlišují krátkodobé – akutní – a dlouhodobé – **chronické** – testy. Při dlouhodobém působení byť nízkých koncentrací některých chemických látek může docházet k ovlivnění reprodukčního fitness organismů, které pak nejsou schopny se množit. Reprodukční toxicita chemických látek je velmi nebezpečná pro celý ekosystém. Kvasinky se rozmnožují zejména nepohlavně procesem tzv. **pučení**.



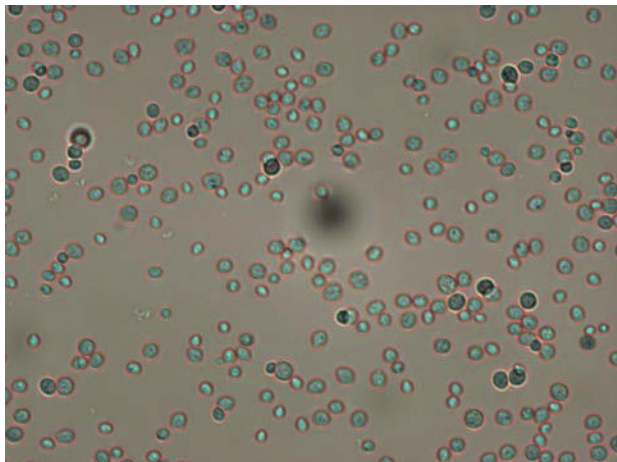
- množství buněk závisí na přípravě preparátu – pro přesnější výsledek doporučení udělat min. 3 preparáty téhož vzorku
- potřeba počet buněk vztáhnout k celému preparátu nejen 1 zornému poli

a. odstátá kohoutková voda (vlažná) – kontrola



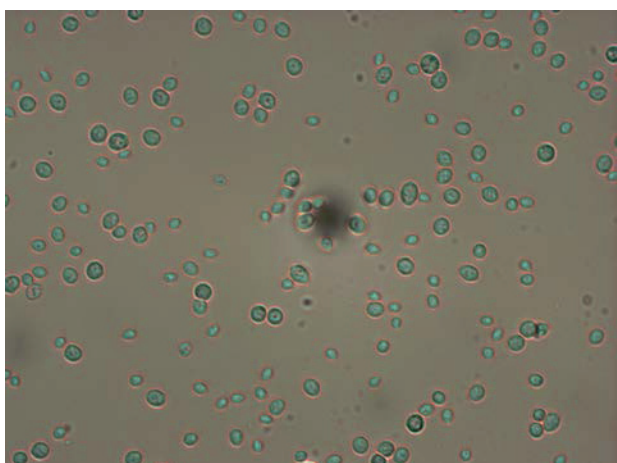
- skoro žádné obarvené buňky
- cca 20 % dělících se buněk
- relativně plné zorné pole buněk (hodně buněk)

b. roztok hydroxidu sodného 5 M



- buněk v preparátu méně oproti kontrole – **inhibice růstu**
- skoro žádné dělící se buňky (jen cca 10 %)-tudíž pozorovatelná **reprodukční toxicita**
- přes vysoké pH není skoro žádná buňka obarvená (mrtvá)

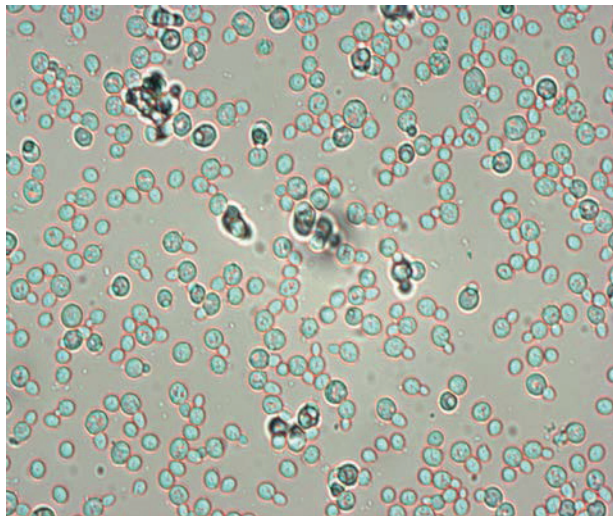
c. roztok kyseliny chlorovodíkové 5 M



- buněk v preparátu méně ve srovnání s kontrolou – **inhibice růstu**
- skoro žádná buňka obarvená (mrtvá)
- viditelné dělení kvasinek (více dělících buněk než u NaOH)

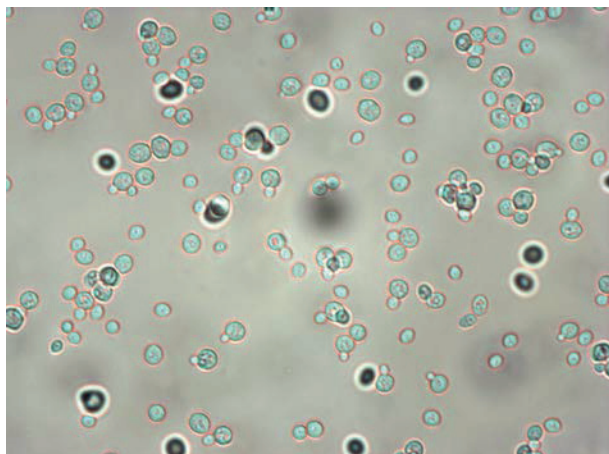


d. roztok hroznového cukru (1 tabletky do 20 ml)



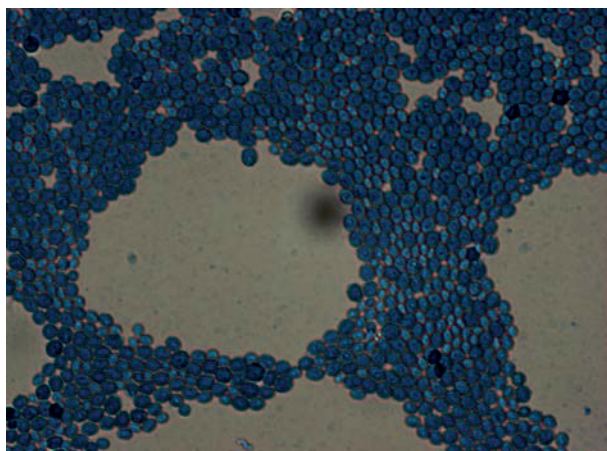
- porovnatelné množství buněk v zorném poli jako u kontroly
- skoro žádná buňka obarvená (mrtvá)
- každá buňka se dělí, některé i na více místech – **stimulace reprodukce, stimulace růstu**

e. neznámý vzorek (roztok cukru)



- buněk méně v zorném poli ve srovnání s kontrolou
- žádné obarvené buňky (tmavé buňky jsou plovoucí kvasinky v jiné úrovni zaostření)
- hodně dělících se buněk – **stimulace růstu**

Vzorek kvasinek ožehlý nad plamenem (zaschlý preparát + ožehnutí)



- 100 % buněk obarvených – mrtvých žádná dělící se buňka
- jiný tvar buněk (víceúhelníkový) způsoben shluknutím během vysychání preparátu
- podobné množství buněk jako v kontrole



Tab. č. 1 Hodnoty pH během experimentu (měřeno na pH metru)

		s kvas. suspenzí	
		start exp	po 20 min
	bez suspenze (jen vzorek)		
K	7.29 (voda z kohoutku)	5,4	6,28
neznámý vzorek (cukr)	4,74	3,69	3,7
PEZ-hroznový cukr	3,22	3,45	3,54
HCl 5M	0,5	0	0
NaOH 5M	11,89	11,7	11,9

**Doplňkové úkoly k experimentu:**

1. Který z roztoků nejvíce inhiboval a naopak stimuloval růst?

Stimulace růstu pozorována nejvýrazněji po kultivaci s hroznovým cukrem a rovněž s neznámým vzorkem; inhibice růstu po kultivaci s NaOH i HCl (NaOH i reprodukční toxicita).

2. Co je neznámý vzorek, lze to na základě tohoto experimentu odhadnout? Jak na testované organismy tento roztok působil?

Neznámý vzorek stimuloval růst kvasinek; lze pozorovat velké množství dělících se buněk. Lze se domnívat, že neznámý vzorek může obsahovat podobné stimulační látky jako roztok hroznového cukru, a proto má podobné účinky / stimulační potenciál však může být teoreticky způsoben i úplně jinými látkami, proto by byla potřeba nějaká detailnější analýza nebo další testy, na jejichž základě by šlo usuzovat na složení neznámého vzorku.

3. Jaké pH měly testované roztoky bez kvasinek? Prováděl jsi tato měření a domníváš se, že je potřeba měřit pH před přidáním kvasinek do pokusu?

Testované vzorky bez kvasinek měly následující pH (řazeno vzestupně dle pH): HCl 0,5; PEZ 3,22; neznámý vzorek 4,74; voda 7,29 a NaOH 11,89. Kultivace před přidáním kvasinek je zajímavý údaj, díky němu lze pozorovat změny pH po přidání roztoků a vliv doby kultivace na pH roztoků.

4. Které látky mohou vyvolat nežádoucí stimulaci růstu nějakého organismu v životním prostředí a u kterých organismů k tomu dochází nejčastěji?

Stimulace růstu může být způsobena přídavkem/nadbytkem nutrietů, typicky jde o N či P v případě rostlin. V ekotoxikologii je studovaným problémem nežádoucí stimulace cyanobakteriálních společenstev ve vodách se zvýšeným obsahem N či P a tzv. sekundární toxicita sinicových metabolitů v ekosystému.



# Opakování

**Název:** Ekotoxikologický biotest s kvasinkou *Saccharomyces cerevisiae*

**Jméno:**

1. Do které skupiny organismů (třída, říše) patří *Saccharomyces cerevisiae*?
2. Kde se kvasinky nejvíce využívají (při kterých biologických procesech)?
3. Jak se nazývá dělení kvasinek? Namaluj ho.
4. K čemu slouží kontrola v ekotoxikologickém experimentu?
5. Kde v domácnosti lze najít kyselé a zásadité prostředí; ve kterých přípravcích či potravinách?
6. Co to znamená stimulace a inhibice organismu? Uveď příklad stimulace i inhibice v přírodě.
7. Co je to ekotoxikologie?



## Opakování – řešení pro pedagoga

**Název: Ekotoxikologický biotest s kvasinkou *Saccharomyces cerevisiae***

1. Do které skupiny organismů (třída, říše) patří *Saccharomyces cerevisiae*?

Jedná se o mikroskopické houby – kvasinky, třída: vřeckovýtrusé houby, říše: houby

2. Kde se kvasinky nejvíce využívají (při kterých biologických procesech)?

Fermentace/kvašení vína, piva, kynutí pečiva pomocí kvasnic, výroba octa (tzn. Potravinářství – pekařství, pivovarnictví a výroba vín,...).

3. Jak se nazývá dělení kvasinek? Namaluj ho.



Pučení.

4. K čemu slouží kontrola v ekotoxikologickém experimentu?

V každém experimentu je potřeba mít variantu, kdy nedošlo k ovlivnění organismu (tzv. kontrola). Dle kontroly odlišíme, jak působí testovaná látka/vzorek (stimulace/inhibice). Bez kontroly bychom nevěděli, zda pozorovaný účinek je způsoben chem. látkou, nebo přirozeným vývojem/růstem organismu.

5. Kde v domácnosti lze najít kyselé a zásadité prostředí; ve kterých přípravcích či potravinách?

Kyselé – ocet, citrón, jablečný džus, víno.

Zásadité – čistič odpadů, mléko, mléčné výrobky, plzeňské pivo.

6. Co to znamená stimulace a inhibice růstu organismu? Uveď příklad stimulace i inhibice v přírodě.

Stimulace růstu – podpora růstu – může vést až k přemnožení (př. přemnožení sinic na vodních nádržích).

Inhibice růstu – omezení růstu – může vést až k vymizení druhu (borovice produkuje látky, které brání v růstu rostlin kolem stromu až v okolí 1– 2 m nebo používání herbicidů omezuje rozvoj vodních rostlin, když dojde ke splachu chem. látky do vodních toků).

7. Co je to ekotoxikologie?

Věda o vlivu chemických látek na organismy a ekosystém, životní prostředí.









# Ekotoxikologické cvičení

RNDr. Veronika Mlčáková, Ph.D., RNDr. Kateřina Nováková, Ph.D., Mgr. Eliška Sychrová



[www.otevrenaveda.cz](http://www.otevrenaveda.cz)



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ