

Gymnázium Přírodní škola, o.p.s  
Profilová práce — třída Mí  
Nižší stupeň studia  
2017/2018

**Matěj Zeman**

# **Oxid uhličitý a alkoholové kvašení**

**Vedoucí práce: Mgr. Anežka Koutníková**

**Datum odevzdání: 1. března 2018**



Gymnázium Přírodní škola, o. p. s.

Autor: Matěj Zeman, Mí

Vedoucí práce: Mgr. Anežka Koutníková

Odborný konzultant: Mgr. Karel Kudláček, Jakub Zeman

Datum odevzdání: 1. 3. 2018

## **Poděkování**

Za obrovskou pomoc a dobře vykonanou práci bych úvodem rád poděkoval několika lidem. V první řadě vedoucí mé práce Mgr. Anežce Koutníkové, která mi poskytla největší pomoc při tvorbě této práce. Dále pak odbornému konzultantovi Mgr. Karlu Kudláčkovi. A také mé blízké rodině - především bratru Jakubovi Zemanovi za odbornou i praktickou pomoc při nakládání s demižonem. A mým rodičům za vytrvalé povzbuzování, bez kterého bych práci neodevzdal ani v druhém termínu.

1	Úvod	6
2	Cíle	6
3	Teorie alkoholového kvašení	6
4	Postup práce	7
	Teoretická část	7
	Měření	8
	Naložení demižonu	9
	Ohrožení člověka. Měření CO <sub>2</sub> pomocí pytle.	10
	Měřák CO <sub>2</sub>	11
	Zvýšená lokální koncentrace CO <sub>2</sub>	13
	Sledování kvasinek pod mikroskopem	13
	Sledování mrtvých a živých kvasinek	13
5	Výsledky, diskuse	13
	Hmotnost demižonu	13
	Tabulka hmotnosti demižonu	13
	Graf úbytku hmotnosti	15
	Metoda měření CO <sub>2</sub> pomocí pytle	15
	Pučení malých kvasinek - pozorování	16
		17
	Pozorování kvasinek s přidanou methylenovou modří	18
6	Závěry	20
	Co se povedlo?	20
	Co se nepovedlo?	20
	Bonusy	20
7	Zdroje	22

# 1 Úvod

Můj starší bratr Jakub doma vyrábí ovocná vína. Při jejich výrobě narazí na různé problémy a otázky. Některé mě zaujaly a rád bych je propracoval na odbornější úrovni. Jelikož kvašení u nás probíhá v obytných místnostech, jako je například jeho pokoj nebo kuchyň, zaměřil jsem se zejména na zdravotní rizika spojená s produkcí oxidu uhličitého (především ve fázi bouřlivého kvašení). Objem kvasných nádob u nás doma může v některých fázích roku dosahovat až 100 litrů, vzniklý CO<sub>2</sub> je bez zápachu, chuti a barvy, a proto se jeho nebezpečnost obtížně odhaduje. Navíc CO<sub>2</sub> je těžší než vzduch, takže předpokládáme, že nám nekontrolovatelně sestupuje z prvního patra do přízemí. Proto jsem se rozhodl zkvasit vlastní demižon a provádět na něm různá měření.

## 2 Cíle

1. Cíl bude zjištění, zda úbytek hmotnosti demižonu může sloužit jako metoda pro zjištění množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub>.
2. Změření, kolik CO<sub>2</sub> se vyrobí kvašením během noci. Cílem bude odhadnutí, v jaké fázi kvašení můžu bezpečně dát demižon do malé místnosti, aniž by byl ohrožen člověk uvnitř nedostatkem kyslíku, či velkým množstvím CO<sub>2</sub>.
3. Budu odebírat vzorky s kvasinkami a budu pozorovat jejich množení.
4. Porovnání přírůstku mrtvých kvasinek ve vzorcích vína.

## 3 Teorie alkoholového kvašení

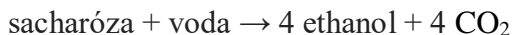
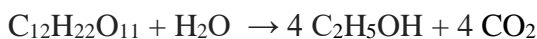
Při výrobě domácích vín je na rozdíl od hroznových vín potřeba doslazovat cukrem. V našich podmínkách je nejdostupnější řepný cukr – disacharid skládající se z glukózy a fruktózy.

Glukózu a fruktózu není potřeba odlišovat. Mají stejné chemické složení, molární hmotnost apod. Odlišnost je pouze v prostorovém uspořádání jednotlivých atomů, což na kvasinky a proces alkoholového kvašení nemá žádný dopad.

Rovnice alkoholového kvašení:



Z rovnice vyplývá, že z 1 molu sacharózy získáme 4 moly čistého CO<sub>2</sub>.



## 4 Postup práce

Úplně prvním krokem bylo, dozvědět se co nejvíce o kvašení, vinařství a chemických výpočtech a získání porozumění. Po čtení, pozorování a debatování s mým starším bratrem jsem začal vymýšlet teoretickou část a až poté naložil demižon a prováděl měření.

### Teoretická část

Nejdříve bylo potřeba připravit přesná množství látek pro naložení do demižonu, aby bylo možné provádět pokusy s úbytkem hmotnosti a tím přesně vypočítat, kolik alkoholu a CO<sub>2</sub> se během celého procesu vyrobí. Výpočty jsem založil na několika předpokladech:

1. Během kvašení dojde k úplné přeměně cukru na alkohol a ve výsledném produktu nebude obsažena žádná dodávaná sacharóza.
2. V demižonu se může nacházet řada velmi složitých látek, které slouží jako potrava pro kvasinky a zároveň slouží i k produkci jiných plynů než CO<sub>2</sub>. Tyto vlivy pro jejich spíše menší dopad a obrovskou složitost chemických procesů zcela zanedbám.

Pro pokus jsem zvolil 5l demižon. Vhodné množství cukru pro alkoholové kvašení by mělo být na základě zkušenosti mého bratra Jakuba přibližně 800g až 900g. Pro zjednodušení výpočtů rozpustím přesně 2,5 molu cukru, což odpovídá 856g cukru. Množství vody zvolím přesně 4l. Výsledný roztok bude mít zhruba 12% koncentraci a bude nenasycený.

Sloučenina	Vzorec	Molární hmotnost [g/mol]
Oxid uhličitý	CO <sub>2</sub>	44,009
Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	46,07
Glukóza	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180,155
Fruktóza	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	180,155
Sacharóza (disacharid glukózy a fruktózy bez H <sub>2</sub> O)	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>	342,296

Hustota vody při 20°C je uváděna 0,998205 kg/dm<sup>3</sup>, ale např. minerální voda Vincentka má hustotu vyšší - konkrétně 1,0048 kg/dm<sup>3</sup>. Cukr budu rozpouštět v poměrně tvrdé vodě, u které budu předpokládat pro zjednodušení hustotu 1kg/dm<sup>3</sup>.

Z 856g řepného cukru získáme rozpuštěním ve vodě roztok glukózy a fruktózy, které následně vstoupí do procesu alkoholového kvašení. Molární hmotnost sacharózy je 342,296g/mol, což je nižší hodnota než součet molární hmotnosti fruktózy a glukózy. Toto je způsobeno vazbou mezi glukózou a fruktózou, která se ale rozpuštěním ve vodě zruší.

Jestliže tedy z 1 molu sacharózy získáme 4 moly oxidu uhličitého, tak z 2,5 molu cukru získáme při teoretickém dokonalém prokvašení 10 molů čistého CO<sub>2</sub>. Při molární hmotnosti CO<sub>2</sub> 44,009 g/mol odpovídá **440g čistého CO<sub>2</sub>**. Demižon bude kvasit něco přes měsíc, takže se předpokládá, že hmotnost demižonu klesne minimálně o čtvrt kila.

Pro přesný výpočet objemu potřebujeme znát hustotu CO<sub>2</sub> při normálním tlaku a teplotě.

Tabulka přeměny váhy na objem pro oxid uhličitý  
(<https://encyclopedia.airliquide.com/carbon-dioxide>)

Teplota [°C]	Hustota [kg/m <sup>3</sup> ] při tlaku 101 300 Pa
0	1,9763
15	1,8714
25	1,8075
spočtený průměr hustot pro 15 a 25 °C	1,83945

Pro co nejpřesnější přepočítání jsem využil průměr hustot pro 15°C a 25°C a vzorec  $V = m / \rho$ .

Dosazením získáme:

$$0,44009 \text{ kg} / 1,83945 \text{ kg/m}^3 = 0,239250863 \text{ m}^3$$

Přibližně by **celkový objem vyprodukovaného CO<sub>2</sub> měl dosáhnout 239 litrů**. Zde je třeba vzít v úvahu, že se jedná o čistý CO<sub>2</sub>, který je v koncentraci 5%-10% smrtelně jedovatý.

## Měření

Dále pak bylo potřeba získat váhu schopnou zvážit naplněný demižon s velkou přesností. Předpokládaný denní úbytek hmotnosti byl cca 10g. Tento odhad byl založen na úvaze předpokládaného úbytku 440g rozprostřeného do zhruba jednoho až dvou měsíců. Koupili jsme novou váhu s přesností měření na dva gramy. Tato přesnost měření je dostatečná pro výpočty i grafy.



Postupným měřením **úbytku hmotnosti** je možné sledovat, kolik cukru se již přeměnilo v CO<sub>2</sub>. Měření hmotnosti probíhalo převážně každý den okolo šesté večer a výsledek byl vždy zaznamenán do tabulky, která tak postihla průběh kvašení ve všech jeho fázích.

Měření hmotnosti zejména ve fázi **bouřlivého kvašení** pomůže odhadnout **nejhorší možná zdravotní rizika**. Množství vyvíjeného plynu je na základě zkušenosti ve fázi bouřlivého kvašení mnohem vyšší než v pozdějších fázích kvašení. Například interval mezi unikajícími bublinami z kvasné zátky může být ve fázi bouřlivého kvašení jedna vteřina, při dokvašení to může být několik hodin. Takto nerovnoměrný proces může člověk snadno mylně odhadnout a zdravotní rizika tak podcenit.

Měření úbytku hmotnosti jsem se pokusil porovnat s měřením objemu vyvíjeného plynu do pytle, čímž se nezávisle ověří předpoklady o vykvašeném oxidu uhličitém.

## Naložení demižonu

Po provedení teoretických výpočtů, byl další krok naložení demižonu. Není to tak snadná úloha, jak by se na první pohled mohlo jevit. Nejdříve je nutné všechno připravit a vyčistit. Demižon se nejprve musí vykartáčovat, aby v něm nebyl prach a zbytky kvasu z předchozího kvašení. Potom je nutné demižon vypařit a tak zahubit bakterie. Bohužel se mi při tomto procesu jeden z demižonů zničil. Sklo se musí ohřívat postupně, aby neprasklo, ale i když jsem se touto radou řídil, u jednoho demižonu jsem to podcenil.

Když je demižon čistý a vydezinfikovaný, je nutné svařit cukr s vodou a udělat tak roztok. Je třeba ohřívanou nádobu řádně uzavřít. V opačném případě by se původní naměřené množství vody snížilo únikem páry.

Následně se přidávají zbylé přísady: kvasinky a živná sůl. Správný vinař by přidal i hroznové víno, ovoce, nebo alespoň hrozinky. V tomto experimentu pro zachování přesnosti výpočtů žádné další přísady nebyly přidány.

Když je kvas připravený, utěsní se demižon kvasnou zátkou, do které se přidá voda nebo líh. Je třeba všechno pečlivě zvážit a udělat na kvasné zátce značku. Voda se po nějaké době vypaří a je nutné ji průběžně doplňovat, aby nebylo zkreslené vážení demižonu. Množství vody v kvasné zátce nesmí být ani příliš velké ani příliš malé. Malé množství vody může vést k úplnému vypaření, čímž by došlo k volnému styku vzduchu s obsahem demižonu. Namísto anaerobního lihového kvašení by proběhlo kvašení octové. Pokud je v kvasné zátce naopak hodně vody, může při prudkém zvýšení venkovního tlaku (zejména v pozdějších fázích kvašení) dojít k vytlačení vody z kvasné zátky do demižonu, čímž dojde k infikování kvasu bakteriemi. Toto riziko je menší, pokud je kvasné zátce líh, nicméně v tomto experimentu byla použita obyčejná voda.

Otvor okolo zátky je nutné utěsnit, aby dovnitř nepronikal vzduch nebo ven oxid uhličitý. Zde postačila modelína.



## Ohrožení člověka. Měření $\text{CO}_2$ pomocí pytle.

Hlavním cílem bylo posouzení možných zdravotních rizik oxidu uhličitého pro člověka, který v noci spí v místnosti, kde probíhá lihové kvašení.

Prvotním nápadem bylo vytvoření praktické pomůcky pro všechny, kteří kvasí v obytných místnostech a neví, jak nebezpečné to může být. Měla by to být pomůcka pro ty, kteří se nechtějí se zatěžovat výpočty a vážením. Nejlepším nápadem se jeví praktické měření objemu vytvořeného CO<sub>2</sub>. Měření hmotnosti předpokládá kvašení čistého cukru. Oproti tomu při kvašení ovoce, které je na rozdíl od cukru chemicky velmi složité, se jeví měření objemu vhodnější metodou, které se neopírá o žádné předpoklady. Takové měření by navíc nebylo závislé na velikosti použitého demižonu a doma by si ho mohl provést prakticky kdokoli.

Rychlost vyvíjení plynů jsem měřil časem nutným k nafouknutí plastového pytle na odpad. S intervalem jednoho nafouknutí pytle a jeho objemu lze vypočítat, kolik litrů CO<sub>2</sub> vyrobí demižon za osm hodin (předpokládaná doba spánku).

Člověk v klidu produkuje zhruba 19 l/h CO<sub>2</sub> (152 l/8h) (viz <http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp05.pdf>). Objem vytvořeného plynu kvašením je pak možné přepočítat na počet lidí, kteří by v místnosti museli spát, aby vytvořili stejné množství CO<sub>2</sub>. Takový údaj už je pro každého člověka snadno uchopitelný: představte si, jako kdyby s vámi v malé místnosti spalo např. dalších pět lidí..

K uskutečnění cíle však bylo zapotřebí sehnat pevný pytel a dostatečně kvalitně ho připojit hadičkou na demižon.

U připraveného pytle bylo nutné změřit jeho objem při naplnění. Montáží hadičky samozřejmě došlo ke zmenšení jeho kapacity. Měření objemu pytle jsem prováděl naplněním vodou. Už toto měření vyžaduje dostatečně pevný pytel. Při prvních pokusech vždy došlo při měření objemu k protržení pytle tíhou vody. Zakoupením pevnějšího pytle se podařilo tuto komplikaci vyřešit.

Zkoušel jsem pytel napojit přes hadičku a celé jsem to slepil lepenkou, nebo zaplácal modelínou. Konečný problém byl ale v tom, že se mi pytel kvůli velké velikosti a pevnosti materiálu nikdy úplně nenaplnil.

Z předchozích výpočtů víme, že by pětilitrový demižon při úplné přeměně cukru na alkohol měl vytvořit až 239 litrů CO<sub>2</sub> během asi dvou měsíců. Množství vyvíjeného plynu za například jednu hodinu, po kterou by mohlo probíhat praktické měření, je u takto malého demižonu i ve fázi bouřlivého kvašení jednoduše příliš malé. Měření do malého a pevného pytle by zase bylo zatíženo velkou chybou.

## Měřák CO<sub>2</sub>

System s pytle se sice neosvědčil, ale k provádění tohoto cíle jsem si ještě pořídil měřák CO<sub>2</sub> (výrobce XINTEST, typ HT-2000) v ceně pod 100 Euro. Tento měřák dokáže měřit

hodnotu CO<sub>2</sub> v jednotkách ppm (počet molekul na milion). Měřák je schopen měřit koncentrace až do maximální hodnoty 10 000, což odpovídá koncentraci 10%. Přesnost měření je dána použitou sondou a u tohoto měřáku je konkrétně 50 ppm. Dražší přístroje (od 250 EUR) dosahují větší přesnost měření, ale za výrazně vyšší cenu. Udávaná přesnost však pro běžné použití a potřeby tohoto experimentu dostačuje.

Měřák se jednoduše nechá trvale zapnutý v měřené místnosti. Když CO<sub>2</sub> překročí určitou normu, měřák začne pípat, což okamžitě signalizuje nutnost vyvětrat. Měřák rovněž umožňuje v pravidelných intervalech zaznamenávat postupný nárůst koncentrace CO<sub>2</sub> během noci.

Ve vzduchu se běžně nachází asi 0,5% CO<sub>2</sub> a to je v přepočtu 500 ppm. Smrtelný je asi při koncentraci 5 000-10 000 ppm CO<sub>2</sub>. Návod k přístroji konkrétně uvádí tyto orientační prahové hodnoty:

Koncentrace CO <sub>2</sub> [ppm]	Význam
250-350	Obvyklá hodnota pro venkovní vzduch
350-1000	Obvyklá hodnota pro vzduch v místnostech
1000-2000	Zvýšená koncentrace působící pocit nedostatku vzduchu a malátnost
2000-5000	Vysoká koncentrace působící bolest hlavy, únavu a ospalost
>5000	Kritická koncentrace působící trvalé poškození mozku, kóma, případně smrt.



## Zvýšená lokální koncentrace CO<sub>2</sub>

Skutečnost, že CO<sub>2</sub> je mírně těžší než vzduch může být obzvláště záhadná například v jeskyních. Není ale jasné, zda k podobnému efektu může dojít i v podmínkách běžného domu, kdy by se oxid uhličitý koncentroval více u podlahy anebo dokonce pronikal z místnosti z horního patra do přízemí domu a ohrožoval tak poněkud nečekaně osoby v jiné místnosti, než kde probíhá samotné kvašení. Pomocí měřáku CO<sub>2</sub>, je možné pokusit se změřit, zda koncentrace CO<sub>2</sub> je vyšší u podlahy než u stropu místnosti. Ranní měření koncentrace oxidu uhličitého v různých výškách místnosti, kde nikdo v noci nespál a CO<sub>2</sub> tak nikdo nevířil, neprokázalo zvýšenou hodnotu u podlahy. Je možné, že navzdory opatrnosti došlo ke zvěření vzduchu během měření anebo vstupu do místnosti. Dále je také možné, že i drobný průvan od oken anebo ode dveří zajistí dostatečné promíchání vzduchu a zamezí tak vyšší koncentraci u podlahy. Také nelze vyloučit, že množství vyprodukovaného CO<sub>2</sub> přes noc bylo příliš malé na to, aby byl efekt vyšší koncentrace u podlahy měřitelný. Měření tedy neprokázalo nic konkrétního, ale tato otázka by si zasloužila další pozornost.

## Sledování kvasinek pod mikroskopem

Po ukončení vážení a měření jsem z demižonu odebral vzorky kvasinek. Vzorky kvasinek jsem pak sledoval pod mikroskopem a zachytil je na fotky. Snažil jsem se zachytit i proces rozmnožování kvasinek.

## Sledování mrtvých a živých kvasinek

Po ukončení sledování odebraných vzorků kvasinek jsem nabral různé další vzorky ze svrchní vrstvy a z kalu usazeném na dně demižonu. Z těchto vzorků šlo přimícháním methylenové modří, smíchané s vodou, zjistit, zda jsou kvasinky mrtvé (obarvené do modra), nebo neobarvené (živé).

Pod mikroskopem jsem je pak ve škole pozoroval. S přidanou methylenovou modří se podařilo rozlišit živé a mrtvé kvasinky.

# 5 Výsledky, diskuse

## Hmotnost demižonu

### Tabulka hmotnosti demižonu

V tabulce jsou podrobné výsledky měření váhy demižonu. Prázdňá políčka následně odpovídají chybějícím hodnotám v grafu. Když jsme byli se školou na výjezdech nebo jsem odjel na hory, demižon doma vážili rodiče. Bohužel se jim nepovedlo každý den si na vážení demižonu vzpomenout.

Demižon jsem vážil přesně 45 dní a hmotnost klesla celkově o 90g. Nicméně demižon by měl dokvázat ještě alespoň 2-3 měsíce, ale tento proces už by byl moc zdlouhavý pro každodenní měření.

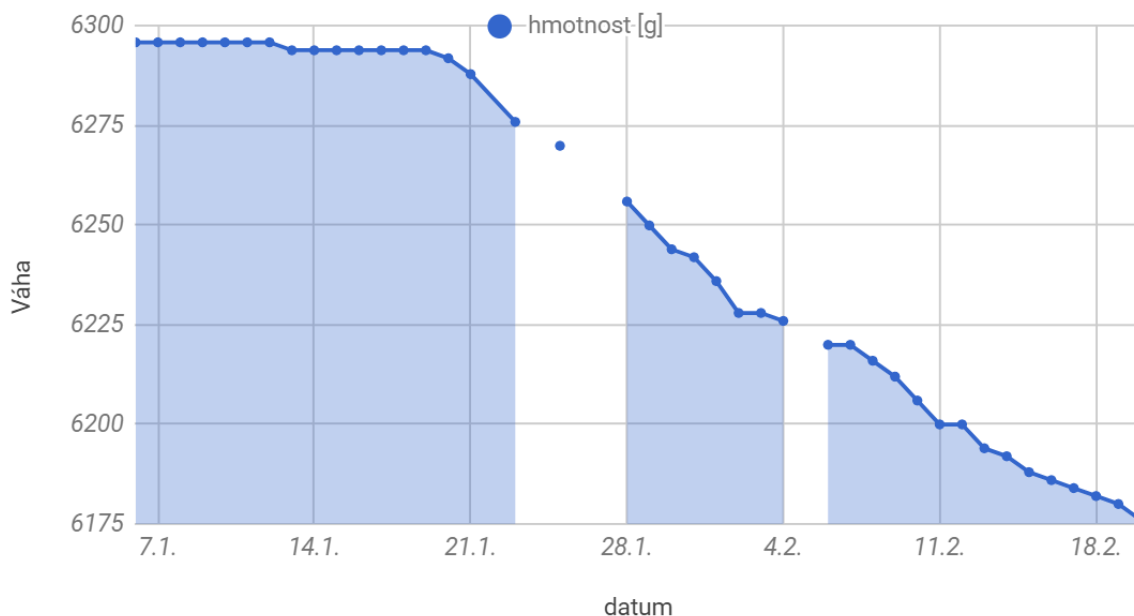
<b>datum</b>	<b>hmotnost [g]</b>	<b>datum</b>	<b>hmotnost [g]</b>
6.1.	6296	29.1.	6250
7.1.	6296	30.1.	6244
8.1.	6296	31.1.	6242
9.1.	6296	1.2.	6236
10.1.	6296	2.2.	6228
11.1.	6296	3.2.	6228
12.1.	6296	4.2.	6226
13.1.	6294	5.2.	-
14.1.	6294	6.2.	6220
15.1.	6294	7.2.	6220
16.1.	6294	8.2.	6216
17.1.	6294	9.2.	6212
18.1.	6294	10.2.	6206
19.1.	6294	11.2.	6200
20.1.	6292	12.2.	6200
21.1.	6288	13.2.	6194
23.1.	6276	14.2.	6192
24.1. -		15.2.	6188
25.1.	6270	16.2.	6186
26.1. -		17.2.	6184
27.1. -		18.2.	6182
28.1.	6256	19.2.	6180
		20.2.	6176

## Graf úbytku hmotnosti

Graf znázorňuje pokles hmotnosti za 45 dní. První dva týdny se kvasinky množily a tím pádem se hmotnost skoro nemění. Poté dochází k velkému poklesu. Ve fázi bouřlivého kvašení hmotnost poklesne denně okolo deseti gramů, poté se postupně zmírňuje.

Kdyby obsah alkoholu dosáhl až 14%, kvašení by už bylo jen minimální, protože by skoro všechny kvasinky vyhynuly na otravu ethanolem.

### Hmotnost demižonu v čase



Doba kvašení byla příliš krátká na to, aby se více projevila nerovnoměrnost kvašení. Na získaném grafu ale přesto lze zpomalování kvašení pozorovat.

## Metoda měření CO<sub>2</sub> pomocí pytle

Na základě praktické zkušenosti nelze měření pomocí pytle doporučit. Neúspěch tohoto experimentu byl způsoben i tím, že v demižonu vzniká koncentrovaný oxid uhličitý ve velmi malém objemu. Zdravotní rizika však způsobuje i po naředění vzduchem do malých koncentrací. Pokud bych si toto dobře uvědomil na začátku experimentu, zvolil bych pro měření mnohem větší nádobu - například sud o objemu 50l.

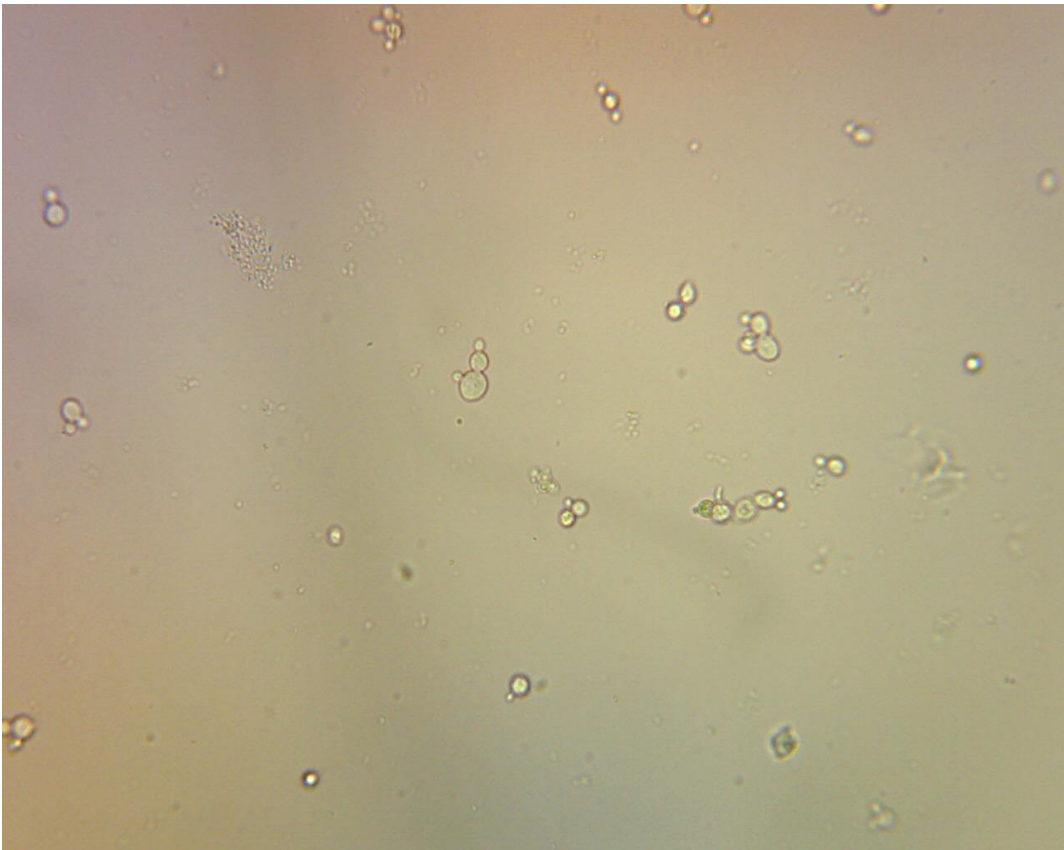
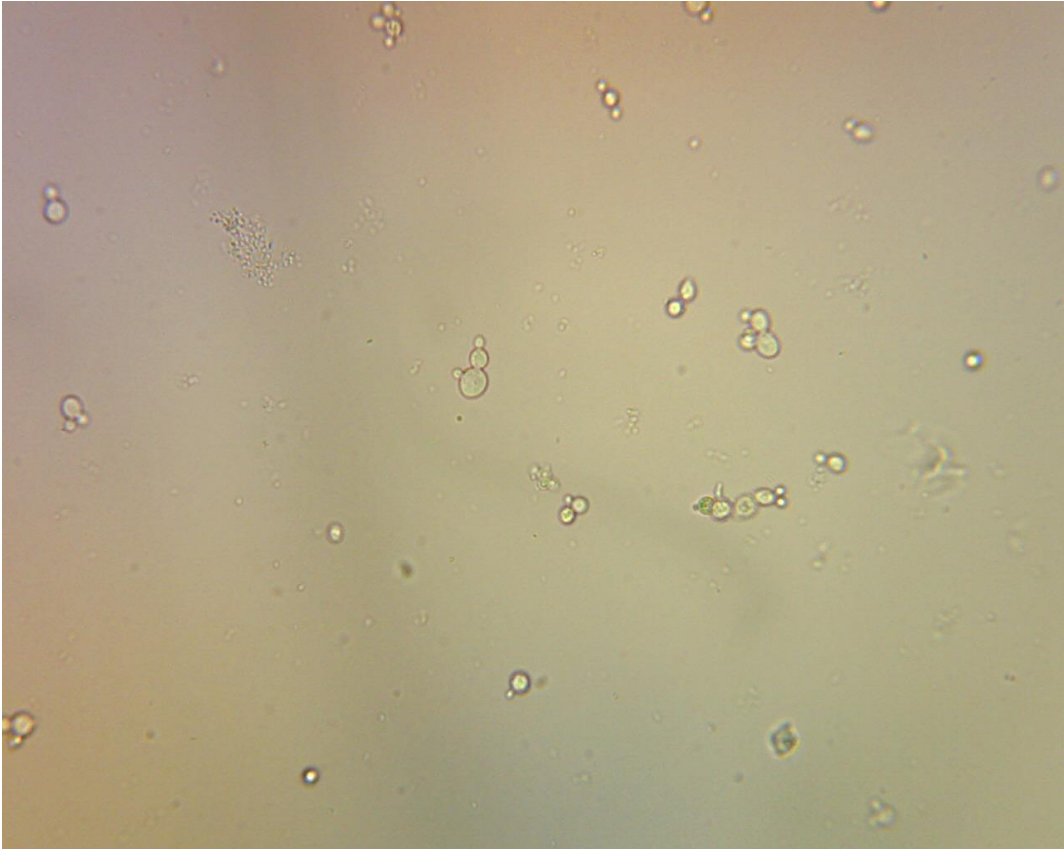
Další obavou pro přesnost měření bylo možné unikání CO<sub>2</sub> přes stěnu pytle a vliv postupného nárůstu tlaku v pytli, který působí proti tlaku vznikajícím v demižonu. Dalším možným rizikem měření mohl být zvýšený únik CO<sub>2</sub> skrz uzávěr demižonu s kvasnou zátkou. Dále nebylo jisté, zda se podaří naplnit pytel CO<sub>2</sub> do takové míry, do jaké byl pytel naplněn vodou.



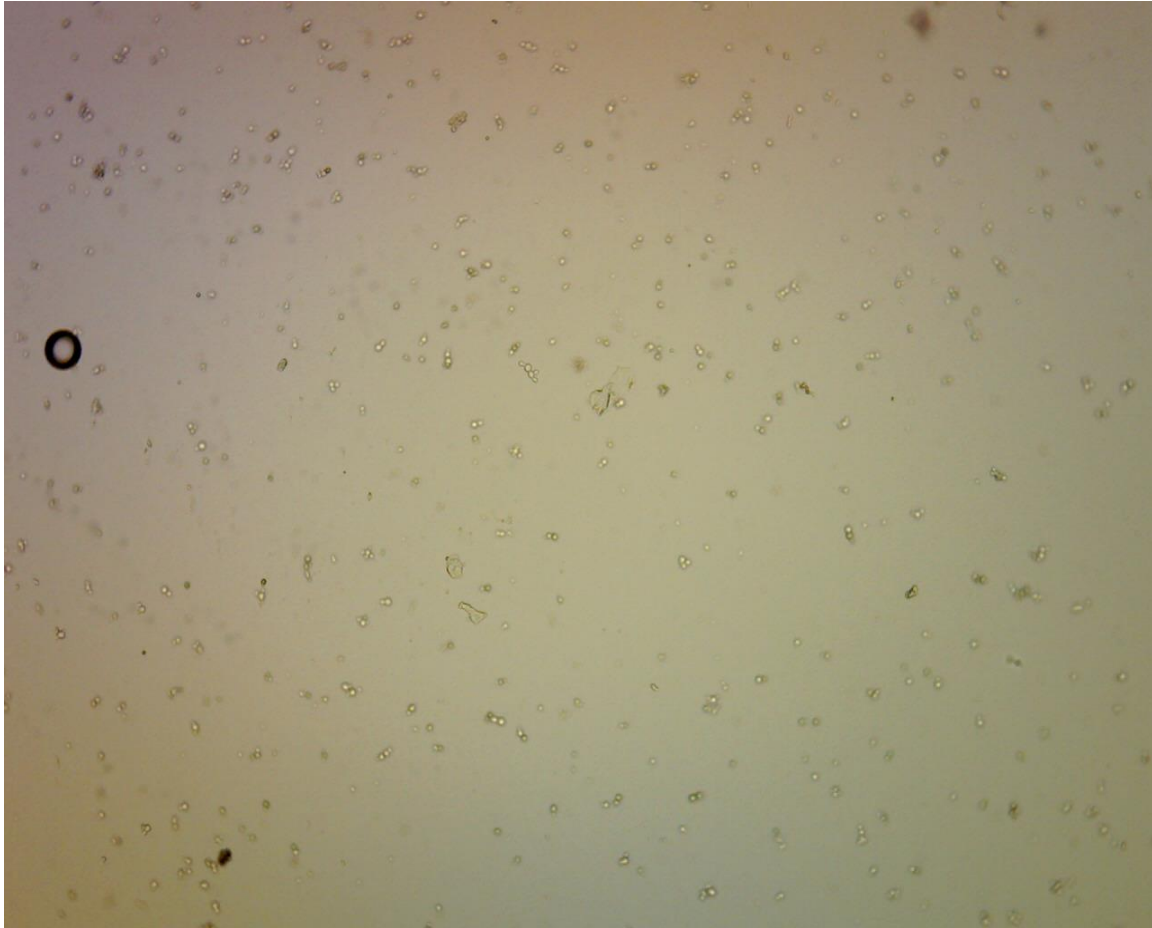
## Pučení malých kvasinek - pozorování

Kvasinky se rozmnožují, jako jednoduché organismy pučením. Na obrázku můžeme pozorovat rozmnožování a sdružování malých kvasinek. Z obrázku nelze poznat různé odrůdy kvasinek, všechny jsou pod mikroskopem bledé a vidět je hlavně cytoplasmatická membrána.



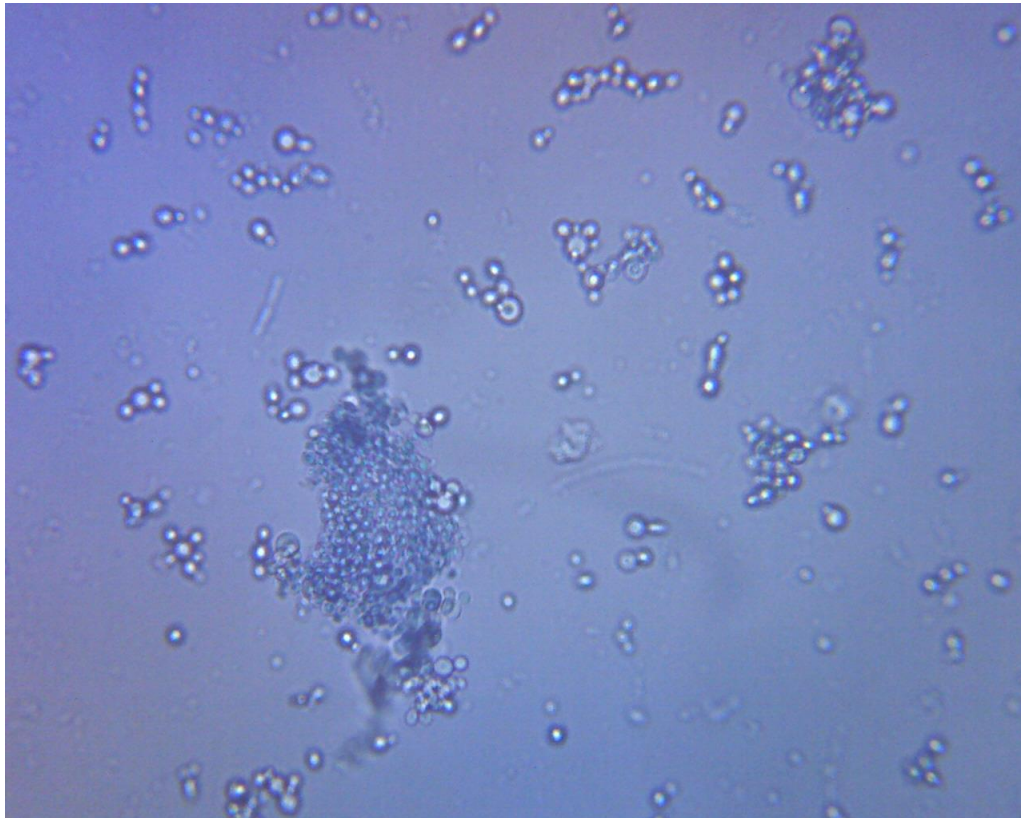


Obrázek byl pořízen vestavěnou kamerou školního mikroskopu. Doporučené zvětšení pro sledování kvasinek je  $15\times 40$ , já jsem používal zvětšení  $10\times 40$  - tedy 400krát, které bylo použito i pro přiložený obrázek.

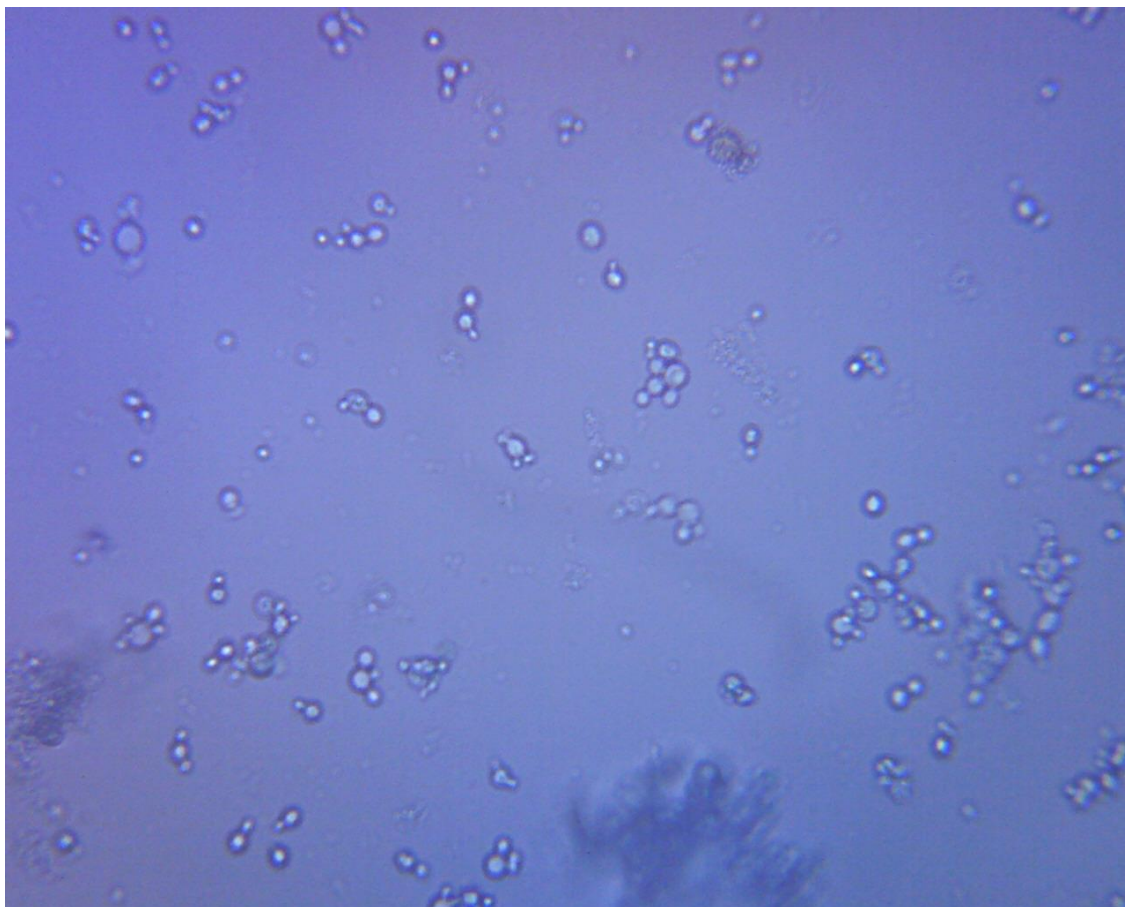


### Pozorování kvasinek s přidanou methylenovou modří

Pro pokus s methylenovou modří jsem použil vzorek, odebraný z kalu, usazeném na dně demižonu. Šlo na něm nejlépe ilustrovat rozdíl, mezi mrtvými a živými kvasinkami. Na obrázku je vlevo dole shluk tmavě modrých kvasinek, které jsou zcela jistě mrtvé a v okolí se všude kolem volně nachází bílé kvasinky, které se průniku methylenové modří skrz plasmatickou membránu ubránily.



Další ze vzorků ze dna demžonu



Shluk mrtvých kvasinek byl způsobený tím, že mrtvé kvasinky postupně padají na dno. Vytvořily tak souvislou vrstvu kalu, ze kterého jsem také odebíral vzorek. Většina pozorovaných kvasinek byla živá a pozorovaných kvasinek bylo velké množství. To znamená, že vyprodukovaného alkoholu nebylo tolik, aby kvasinky zabil.

Při odebrání vzorku ze spodních vrstev bylo pozorováno mnoho kvasinek, ve vzorcích z horních vrstev bylo naopak velmi málo kvasinek. Této skutečnosti se využívá při stáčení vína, kdy spodní vrstva se nestáčí. Mrtvé kvasinky jsou nežádoucí, neboť kazí chuť výsledného vína.

## 6 Závěry

### Co se povedlo?

- Povedlo se naložit a zkvasit jeden cukernatý roztok.
- Následně provádět každodenní měření pomocí váhy a zaznamenávat data do tabulky.
- Pozorovat kvasinky pod mikroskopem.
- Provést pokus s methylenovou modří.

### Co se nepovedlo?

- Provést měření pomocí pytle přes noc.
- Jeden demižon praskl prudkou změnou teploty.
- Lépe změřit rozdíl v produkci  $\text{CO}_2$  mezi bouřlivým kvašením a dokvácením, které by vyžadovalo nejméně další měsíc měření.
- Objasnit otázku odlišné lokální koncentrace  $\text{CO}_2$  v domácnosti.
- Umístit postup na internet.

### Bonusy

- Na základě mých zkušeností, získaných z práce jsem se rozhodl udělat během laboratorních prací z biologie pro třídu Ksí (prima) Gymnázia Přírodní Škola pokus s kvasinkami. Tento program proběhne po domluvě s učiteli v dunu 2018. Děti budou během laboratorních prací pozorovat pod mikroskopem vzorky kvasu a dozvědí se více o kvašení. Pro studenty to může být zajímavé téma.

- Dále vezmu měřák CO<sub>2</sub> do hodiny a budeme sledovat, jak stoupá koncentrace CO<sub>2</sub> během vyučování a zda není koncentrace CO<sub>2</sub> nevhodně vysoká. Bohužel ve vyhláškách chybí konkrétní limit koncentrace CO<sub>2</sub> pro školské budovy.

## 7 Zdroje

<https://encyclopedia.airliquide.com/carbon-dioxide>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Hypercapnia>

[https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide#Toxicity](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide#Toxicity)

Kalkulačka co2: <http://www.energy.psu.edu/tools/CO2-EOS/>

<https://www.nazeleno.cz/bydleni/vetrani-1/pozor-na-koncentraci-co2-v-domacnosti-spravne-vetrani-je-zaklad.aspx>

<http://www.fce.vutbr.cz/TZB/rubinova.o/prednasky/tp05.pdf>

<http://vetrani.tzb-info.cz/vnitri-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitri-prostredi-staveb>