

# **Stanovení úbytku oxidu uhličitého v nealkoholických nápojích ve vztahu na použitý obalový materiál**

Bc. Barbora Bolková , DiS.

---

Diplomová práce  
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora Bolková, DiS.**

Osobní číslo: **T15362**

Studijní program: **N2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Technologie potravin**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Stanovení úbytku oxidu uhličitého v nealkoholických nápojích ve vztahu na použitý obalový materiál.**

Zásady pro vypracování:

### I. Teoretická část

1. Produkce a spotřeba sycených nealkoholických nápojů v ČR a ve Světě.
2. Vlastnosti oxidu uhličitého, jeho význam v produkci nápojů.
3. Volba obalového materiálu pro výrobu sycených nealkoholických nápojů.

### II. Praktická část

1. Sledování vnějších faktorů ovlivňujících úbytek oxidu uhličitého ve vybraném nealkoholickém nápoji během skladování.
2. Zpracování a vyhodnocení výsledků, formulace závěrů.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] STEEN, D., ASHURST, P. Carbonated soft drinks, formulation and manufacture. 2006. Blackwell Pub.. Oxford. ISSN 978-1-4051-3435-4.

[2] KADLEC P., MELZOCH K., VOLDŘICH M. a kol. Procesy a zařízení potravinářských a biotechnologických výrob. 2012. 1. vyd.. KEY Publishing. Ostrava. ISBN 978-80-7418-086-6.

[3] LICCIARDELLO, F., SAPIENZA, G., MAZZAGLIA, A., D'AMICO, L., TORNATORE, G., MURATORE, G. Packaging Reduction to Improve the Sustainability of Carbonated Soft Drinks. 2015. Italian Journal of Food Science. ISSN 1120-1770.

[4] DESCOINS, Ch., MATHLOUTHI, M., LE MOUAL, M., HENNEQUIN, J. Carbonation monitoring of beverage in a laboratory scale unit with on-line measurement of dissolved CO<sub>2</sub>. 2006. Elsevier Sci. 95(4), 541-553. ISSN 03088146.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Richardos Nikolaos Salek, Ph.D.**  
Ústav technologie potravin

Datum zadání diplomové práce: **2. února 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2018**

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*děkan*



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: .....BOLKOVÁ BARBORA.....

Obor: .....CHTP.....

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....19.4.2018.....

..........

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlédnutí veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užíje-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výtěžku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výtěžku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Cílem diplomové práce bylo zjištění úbytku oxidu uhličitého v sycených nealkoholických nápojích během 24 týdenního skladování ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Obsah oxidu uhličitého byl sledován v nápojích balených ve třech různých obalech, v PET lahvi, ve skleněné lahvi a v hliníkové plechovce. Měření bylo provedeno na začátku experimentu (týden 0) a následně v intervalech po 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 a 24 týdnech. Stanovení oxidu uhličitého bylo provedeno pomocí dvou metod, manometrické metody a metody multinásobné objemové expanze.

V experimentální části byl pozorován úbytek oxidu uhličitého v průběhu skladování a v závislosti na použitém obalovém materiálu, kdy nejvýraznější úbytek byl pozorován u nápoje v PET lahvi. Úbytek sycení byl pozorován i u nápoje ve skleněné lahvi, nicméně byl v porovnání s úbytkem v PET lahvi mnohem nižší. Nápoj v hliníkové plechovce nevykazoval žádnou ztrátu sycení. Odchytky použitých metod pro stanovení oxidu uhličitého v nápoji byly minimální.

**Klíčová slova:** sycené nealkoholické nápoje, oxid uhličitý, obalový materiál, skladování

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis was to determine the loss of carbon dioxide in carbonated soft drinks during a 24-week storage period ( $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ). The carbon dioxide content was examined in beverages packaged in three different packaging material containers, PET bottles, glass bottles and aluminum cans. Moreover, the measurements were realised at the beginning of the experiment (0 week) and at intervals of 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 and 24 weeks. The determination of carbon dioxide was performed using two methods; the manometric method and the method of multiple volume expansion.

During the proces of the experiment was observed a significant loss of carbon dioxide content in dependance on the packaging material used. The most significant loss of saturation was observed in the sample which was stored in the PET bottle. Furthermore, carbonation loss was also observed in the beverage stored in the glass bottle. However, the loss in carbon dioxide content was much lower in comparison to that which was observed in the samples stored in PET bottles. The sample stored in the aluminum can did not exhibit any loss in carbon dioxide content. Finally, the deviations of the methods used were minimal in order to determine the carbon dioxide content in the beverages.

Keywords: carbonated soft drinks, carbon dioxide, packing materials, storage period

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce, Ing. Richardosovi Nikolao-  
sovi Salekovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost, cenné rady a připomínky.  
Dále bych chtěla poděkovat panu doc. Ing. Františkovi Buňkovi, Ph.D. za podporu a  
vstřícnost během celé doby studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG  
jsou totožné.



# OBSAH

ÚVOD.....	11
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>12</b>
<b>1 PRODUKCE A SPOTŘEBA SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE .....</b>	<b>13</b>
1.1 TRENDY NA TRHU SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ .....	14
1.2 KLASIFIKACE NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ .....	15
1.3 SUROVINY PRO VÝROBU SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ.....	18
1.3.1 Voda .....	19
1.3.2 Cukr a jiná sladidla.....	20
1.3.3 Aromata, barviva, kyseliny a hořké látky .....	21
1.3.4 Konzervační látky .....	22
1.3.5 Ovocné složky .....	22
1.3.6 Oxid uhličitý.....	23
1.4 VÝROBA SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ.....	23
1.4.1 Zařízení pro výrobu sycených nealkoholických nápojů.....	24
1.4.1.1 Myčky skleněných láhví .....	24
1.4.1.2 Vyfukovačky PET láhví.....	25
1.4.1.3 Výrobníky sycených a nesycených nápojů - karbonizéry .....	26
1.4.1.4 Plniče a uzavíračky .....	27
1.4.2 Sanitace .....	28
1.5 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ.....	29
<b>2 VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO, JEHO VÝZNAM V PRODUKCI NÁPOJŮ.....</b>	<b>33</b>
2.1 VÝROBA OXIDU UHLIČITÉHO .....	34
2.2 POŽADAVKY NA KVALITU OXIDU UHLIČITÉHO.....	35
2.3 TRANSPORT OXIDU UHLIČITÉHO .....	36
2.4 VÝBĚR DODAVATELE OXIDU UHLIČITÉHO .....	36
<b>3 VOLBA OBALOVÉHO MATERIÁLU PRO VÝROBU SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ .....</b>	<b>37</b>
3.1 ZÁKLADNÍ ÚVAHY .....	38
3.2 PLASTOVÉ LAHVE.....	40
3.2.1 PET (polyethylentereftalát).....	40
3.2.2 Výroba plastových lahví .....	41
3.2.3 Ztráta sycení v PET lahvi .....	42
3.2.4 Propustnost polymerů.....	43
3.3 SKLENĚNÉ LAHVE.....	44
3.3.1 Procesy výroby skleněných lahví.....	45
3.3.2 Poruchy kvality skla .....	46
3.3.3 Jednorázové a vratné lahve .....	47

3.4	UZÁVĚRY PRO SYCENÉ NEALKOHOLICKÉ NÁPOJE .....	48
3.4.1	Plastové uzávěry .....	48
3.4.2	Korunkové uzávěry .....	48
3.5	PLECHOVKY A VÍČKA .....	49
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>51</b>
<b>4</b>	<b>CÍL PRÁCE .....</b>	<b>52</b>
<b>5</b>	<b>METODIKA PRÁCE.....</b>	<b>53</b>
5.1	POPIS EXPERIMENTU .....	53
5.2	POUŽITÉ METODY ANALÝZ .....	53
5.2.1	Stanovení refraktometrické sušiny .....	53
5.2.2	Stanovení titrační kyselosti .....	54
5.2.3	Měření obsahu oxidu uhličitého .....	55
5.2.3.1	Manometrická metoda .....	57
5.2.3.2	Metoda multinásobné objemové expanze .....	60
<b>6</b>	<b>VÝSLEDKY A DISKUZE .....</b>	<b>63</b>
6.1	VÝSLEDKY ANALÝZY NÁPOJŮ PŘED SKLADOVACÍM TESTEM .....	63
6.2	ÚBYTEK OXIDU UHLIČITÉHO V ČASE .....	76
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>79</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>80</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>91</b>

## ÚVOD

Sycené nealkoholické nápoje jsou oblíbené zejména díky své osvěžující chuti, která je dána především obsahem oxidu uhličitého. Přítomnost oxidu uhličitého způsobuje, že sycené nealkoholické nápoje jiskří a tvoří se v nich pěna. Významný problém sycených nealkoholických nápojů způsobují ztráty oxidu uhličitého stěnami polyethylentereftalátových lahví (PET). Proto je velmi důležité znát veškeré vlivy způsobující úbytek oxidu uhličitého v čase po celou dobu jeho trvanlivosti. Oxid uhličitý se v praxi využívá pro dodání „jiskry“ nápoji a je jediným plynem, který má tyto vlastnosti [2, 32, 33].

Teoretická část diplomové práce zahrnuje 3 kapitoly. V první kapitole je pojednáno o produkci a spotřebě sycených nealkoholických nápojů. V této kapitole jsou zmíněny trendy na trhu, klasifikace nealkoholických nápojů, suroviny pro výrobu sycených nápojů, samotný proces výroby a také faktory, které ovlivňují kvalitu sycených nealkoholických nápojů. Druhá kapitola je zaměřena na vlastnosti oxidu uhličitého a jeho význam v produkci sycených nealkoholických nápojů. Třetí kapitola se zabývá obalovými materiály, které se používají pro sycené nealkoholické nápoje, jako jsou skleněné lahve, plechovky, uzávěry a zejména pak PET a jeho propustnost pro oxid uhličitý.

Cílem praktické části diplomové práce bylo sledovat úbytek oxidu uhličitého v nealkoholických nápojích ve vztahu na použitý obalový materiál. Sledované nealkoholické nápoje byly baleny v PET lahvi, skleněné lahvi a v hliníkové plechovce. Ke stanovení oxidu uhličitého byly použity dvě metody, manometrická metoda a metoda multinásobné objemové expanze. Nápoje balené v různých obalech měly na počátku experimentu totožnou úroveň sycení a po celou dobu sledování byly uloženy v místnosti se stabilní teplotou. Nápoje byly měřeny ihned po výrobě a následně v intervalech po 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 a 24 týdnech. Oxid uhličitý byl v každém intervalu změřen u třech vzorků a pro vyhodnocení byl použit aritmetický průměr těchto třech měření. V praktické části jsou shrnuty a diskutovány výsledky měření úbytku oxidu uhličitého v čase ve třech různých obalových materiálech.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRODUKCE A SPOTŘEBA SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ VE SVĚTĚ A V ČESKÉ REPUBLICE

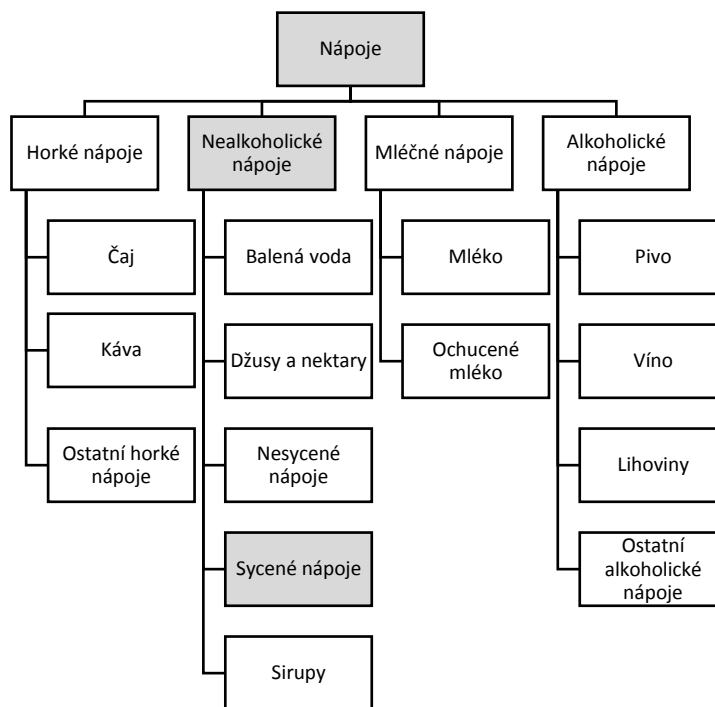
Historii výroby sycených nealkoholických nápojů lze v dostupných zdrojích sledovat od konce 16. století. K této výrobě vedla především snaha o napodobení přírodních minerálních vod, kterým v té době byly přisuzovány léčivé účinky. Roku 1630 se podařilo van Helmontovi připravit plynný oxid uhličitý a koncem 17. století Grewe analyzoval epsonskou minerální vodu a pokusil se ji vyrobit synteticky. V roce 1750 Francouzská akademie udělila Venelovi patent na přípravu umělých seltérských vod. Výroba sycených nápojů se rychle stala populární v celé Evropě. Jacob Schwebbe v roce 1800 v Londýně začal průmyslově vyrábět minerální vody a v roce 1803 otevřel další továrnu v Bristolu. Jeho bývalý partner Nicholas Paul je považován za prvního, kdo začal komerčně využívat vysokotlakové plynové čerpadlo, díky kterému lze dosáhnout vysoké úrovně karbonace, a jeho minerální vody byly slavné tím, že obsahovaly velké množství oxidu uhličitého [1, 2].

První přístroje na přípravu sycené vody oxidem uhličitým byly soudky s míchadlem, nepracovaly pod tlakem a nebylo zajištěno odplynění vody. Dokonalejší přístroj na sycení vody oxidem uhličitým sestavil Bramah v roce 1819. V tomto přístroji se voda sytila pod tlakem 0,8 – 1,0 MPa. Přístroj byl vybaven manometrem, pojistným ventilem, průtokovým výpustným uzávěrem. Zařízení se postupně rozšířilo do dalších evropských zemí a několik desítek let se na něm nic nezměnilo. V Německu byl zakladatelem výroby nápojů sycených oxidem uhličitým Struve, který v roce 1828 v Drážďanech postavil první továrnu sodové vody a umělých minerálek. K výrobě používal destilovanou vodu, do které přidával různé minerální soli a sytil ji oxidem uhličitým při tlaku 0,5 MPa. Podle jeho vzoru byly založeny další výrobní závody po celé Evropě. Kolové nápoje mají původ v roce 1886, kdy lékárník z Atlanty v USA John Styth Pemberton svařil směs oříšků kolovníku, kofeinu a kolových listů a tuto směs prodával jako lék na vedlejší účinky po konzumaci alkoholu a bolest hlavy. Patentování korunkových uzávěrů Williamem Painterem v roce 1892 a průmyslová výroba skleněných láhví Michaelem J. Owensem v roce 1899 byly velkými úspěchy, které umožnily naplnit sycené nealkoholické nápoje bez významné ztráty karbonace. Od té doby se výrazně začala rozvíjet technologie uzavírání nápojových obalů, výroba lahví z polyethylentereftalátu (PET), design a výroba plechovek, metody výroby sirupu, technologie sycení a výroba plnicích strojů. To vše vedlo k celosvětovému rozvoji nápojářského průmyslu [1, 3, 4].

V Česku se jako první v roce 1860 začala zabývat výrobou sodové vody a limonád pražská společnost Reinhardt. Roku 1877 společnost Dr. F. Zátka založila v Praze výrobu sycených nápojů. Jednalo se o výrobu již na průmyslové bázi. V období před první světovou válkou nastal největší rozvoj výroby sycených nealkoholických nápojů po zavedení výroby stlačeného oxidu uhličitého, zpracování ovocných šťáv a přírodních aromatických látek. Po roce 1930 se začaly vyrábět první výrobní linky na stáčení limonád do lahví. Ve 30. letech 20. století došlo k velkému rozvoji technologie ovocných šťáv, což zapříčinilo zavedení nových metod jako filtrace, enzymové čiření a jiné. Hlavní rozvoj výroby nealkoholických nápojů nastal až po druhé světové válce. V posledním půlstoletí se objevují nejrůznější trendy - sportovní nápoje, energetické nápoje a jiné [5, 1].

### 1.1 Trendy na trhu sycených nealkoholických nápojů

Sycené nealkoholické nápoje zabírají na celosvětovém trhu s nápoji jen určitou část, jak je zobrazeno na Obrázku 1. Do roku 2006 jejich spotřeba převyšovala spotřebu balených vod. Předpokládá se, že do roku 2018 bude celosvětová spotřeba sycených nealkoholických nápojů okolo 38-40 litrů na osobu. Spotřeba balené vody v roce 2009 byla 43 litrů na jednoho obyvatele a výrazně vzrůstá. Do roku 2018 by se spotřeba měla dostat až na 71 litrů na osobu [4].



Obrázek 1: Rozdělení nápojů na trhu s nealkoholickými nápoji [4]

Nápojový průmysl vyrábí celosvětově téměř  $2 \times 10^{12}$  l ovocných šťáv, sycených a nesycených nápojů za rok. V roce 2013 dosáhly prodeje sycených nealkoholických nápojů ročního objemu 196 miliard litrů a představovaly 12 % celkového objemu spotřeby nápojů. Navzdory otázce obsahu cukru v sycených nealkoholických nápojích (zejména spojených se vzrůstající obezitou) spotřeba sycených nealkoholických nápojů roste každý rok průměrně o 2,6 %. USA v roce 2013 spotřebovaly 51 miliard litrů, dlouhodobý trend má však klesající charakter. Naopak spotřeba v Mexiku a Číně, dvou největších konzumentů sycených nealkoholických nápojů, se od roku 2009 zvýšila o 2,5 % a 8,1 % [6, 4].

## 1.2 Klasifikace nealkoholických nápojů

Nealkoholické nápoje, jejich charakteristika a členění jsou definovány prováděcí vyhláškou 335/1997 Sb. v aktuálním znění pro nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína a medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny a ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí. Dle uvedené vyhlášky se rozumí:

- **nealkoholickým nápojem**, nápoj obsahující nejvýše 0,5 % v/v ethanolu (měřeno při teplotě 20 °C), vyrobený zejména z pitné vody, pramenité vody, přírodní minerální vody, nebo kojenecké vody, ovocné, zeleninové, rostlinné nebo živočišné suroviny, přírodních sladidel, sladidel, medu a dalších látek, a popřípadě sycený oxidem uhličitým,
- **koncentrátem k přípravě nealkoholických nápojů** dle platné legislativy výrobek obsahující, po úpravě nařazením ke konečné spotřebě ve výrobcem doporučeném poměru, nejvýše 0,5 % v/v ethanolu (měřeno při teplotě 20 °C) a suroviny uvedené v definici nealkoholického nápoje,
- **nápojovým koncentrátem** zahuštěná směs jednotlivých surovin používaných k výrobě nealkoholických nápojů, určená k přípravě nápojů ředěním,
- **ovocnou nebo zeleninovou šťávou** – šťáva, zkvasitelný, ale nezkvašený výrobek získaný z jedlých částí přiměřeně zralého a zdravého, čerstvého, chlazeného nebo zmraženého ovoce nebo zeleniny, jednoho nebo více druhů, s charakteristickou chutí, vůní a barvou, které jsou typické pro šťávu pocházející z příslušného ovoce nebo zeleniny; aroma, dužnina a buňky ze šťávy oddělené v průběhu zpracování, mohou být do této šťávy vráceny; rajčata se považují za ovoce,
- **ovocnou šťávou z citrusových plodů** - šťáva získaná z endokarpu jejich vnitřní části; limetková šťáva však může být získávána z celého plodu,

- **ovocnou nebo zeleninovou šťávou z koncentrované ovocné nebo zeleninové šťávy** (ovocnou nebo zeleninovou šťávou z koncentrátu) se rozumí výrobek získaný z koncentrované ovocné nebo zeleninové šťávy opětovným doplněním takového podílu pitné vody, jaký byl odstraněn při koncentraci šťávy; do šťávy může být vráceno aroma, dužnina a buňky získané vhodnými fyzikálními prostředky ze stejného druhu ovoce nebo zeleniny,
- **nápojem v prášku** je směs jednotlivých surovin uvedených v definici nealkoholického nápoje ve formě prášku, granulí nebo komprimátů, určená k přípravě nealkoholických nápojů rozpuštěním,
- **koncentrovanou ovocnou nebo zeleninovou šťávou** se rozumí výrobek získaný z ovocné nebo zeleninové šťávy jednoho nebo více druhů ovoce nebo zeleniny fyzikálním odstraněním specifického podílu obsahu vody; je-li výrobek určen ke konečné spotřebě, nesmí být snížení objemu menší než 50 %; aroma, dužnina a buňky získané vhodnými fyzikálními prostředky ze stejného druhu ovoce nebo zeleniny mohou být do koncentrované ovocné nebo zeleninové šťávy vráceny,
- **sušenou ovocnou nebo zeleninovou šťávou** (ovocnou nebo zeleninovou šťávou v prášku, dehydratovanou ovocnou nebo zeleninovou šťávou) je výrobek získaný z ovocné nebo zeleninové šťávy jednoho nebo více druhů ovoce nebo zeleniny fyzikálním odstraněním téměř veškerého obsahu vody,
- **nektarem** se rozumí nezkrvašený, ale zkravitelný výrobek získaný přidáním pitné vody a popř. též cukrů nebo medu k ovocné nebo zeleninové šťávě, ovocné nebo zeleninové šťávě z koncentrátu, koncentrované ovocné nebo zeleninové šťávě, sušené ovocné nebo zeleninové šťávě, k ovocné dřeni nebo zeleninové dřeni, ke koncentrované ovocné nebo zeleninové dřeni, k ovocné šťávě extrahované vodou nebo ke směsi těchto výrobků; aroma, dužnina a buňky získané vhodnými fyzikálními prostředky ze stejného druhu ovoce nebo zeleniny mohou být do šťávy vráceny; aniž je dotčeno nařízení o výživových a zdravotních tvrzeních při označování potravin, při výrobě ovocných nektarů bez přidání cukrů nebo se sníženou energetickou hodnotou mohou být cukry zcela nebo zčásti nahrazeny náhradními sladidly podle nařízení o potravinářských přídatných látkách,
- **ovocnou šťávou extrahovanou vodou** je výrobek získaný difúzí pomocí vody z celého dužnatého ovoce, z něž nelze šťávu odstranit žádnými fyzikálními prostředky, nebo z celého dehydratovaného ovoce,



- **ovocným nebo zeleninovým nápojem** se rozumí ochucený nealkoholický nápoj, vyrobený z ovocných nebo zeleninových šťáv nebo jejich koncentrátů a surovin uvedených v definici nealkoholického nápoje,
- **limonádou** je ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z pitné vody, nápojových koncentrátů nebo surovin k jejich přípravě, zpravidla sycený oxidem uhličitým,
- **minerální vodou ochucenou** je ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z přírodní minerální vody, nápojových koncentrátů, nebo surovin k jejich přípravě, zpravidla s původním obsahem oxidu uhličitého,
- **pramenitou vodou ochucenou** se rozumí ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z pramenité vody, nápojových koncentrátů, nebo surovin k jejich přípravě, zpravidla sycený oxidem uhličitým,
- **sodovou vodou** je nápoj vyrobený z pitné vody a oxidu uhličitého, u kterého obsah oxidu uhličitého činí nejméně 4 g/l,
- **pitnou vodou ochucenou** je ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z pitné vody, obsahující pouze přídavek látek určených k aromatizaci, popřípadě též obohacený potravním doplňkem, zpravidla sycený oxidem uhličitým [7, 8, 9].

Největší segment z výše uvedených skupin nealkoholických nápojů v České republice s téměř 40 % tvoří limonády. Nejvyšší prodejnosti dosahují kolové limonády a limonády s příchutí pomeranče, případně dalších citrusových plodů. Nejrychleji roste spotřeba energetických nápojů a ledových čajů [7].

### 1.3 Suroviny pro výrobu sycených nealkoholických nápojů

V Tabulce 1 jsou uvedeny hlavní složky sycených nealkoholických nápojů, jejich funkce a typické zastoupení [4].

Tabulka 1: Přehled základních složek nápoje [4]

Složky nápoje – jejich funkce	Použití
<b>Voda</b>	až 98 % v/v při použití sladidel
nosič pro jiné přísady, hydratační účinky	
<b>Cukry</b>	7-12 % w/w pokud jsou jediným zdrojem sladké chuti
sladkost, rovnovážnost chuti	
<b>Ovocná šťáva</b>	variabilní použití; obvykle až 10 % w/w jako přirozená složka
identita ovoce, chuť, přispívá k sladkosti a kyselosti	
<b>Sladidla</b>	použití na základě ekvivalence k sacharóze (aspartam 0,4-0,6 % w/w)
sladkost, snížení energetické hodnoty, často používané v kombinaci s jinými sladidly (aspartam, acesulfam K)	
<b>Oxid uhličitý</b>	0,3-0,6 % w/w
svěžest v ústech a perlivost při pití	
<b>Kyseliny (citronová, vinná, aj.)</b>	0,05-0,03 % w/w
ostrost, kyselost a pozadí chuti, zvyšuje pocit žízně	
<b>Aromata</b>	Přírodně identická a umělá: 0,1-0,28 % w/w Přírodní: do 0,5 % w/w
chuť, charakter a identita nápoje	
<b>Emulze (chuť, barva, zákal apod.)</b>	0,10 % w/w
nosič příchutí, barvy na bázi oleje, zákalu, který nahrazuje nebo zesiluje zákal přírodních šťáv	
<b>Barviva (přírodní nebo syntetické)</b>	až 70 ppm
standardizuje a určuje barevný odstín nápoje	
<b>Konzervanty</b>	dle legislativy
působí proti mikroorganismům a zabraňuje destabilizaci nápoje	
<b>Antioxidanty (kyselina askorbová)</b>	méně než 100 ppm nebo dle legislativy
brání oxidaci, změnám chuti a barvy	
<b>Extrakt quilaja (saponiny)</b>	až do 200 mg/l (EU), do 95 mg/l (USA)
pěnovost nápoje, zejména u sycených nápojů	
<b>Hydrokoloidy (slizovité gumy)</b>	0,1-0,2 % w/w - minimální množství potřebné k vytvoření požadovaného účinku
karagenany, algináty, polysacharidy, karboxymethylcelulóza aj., stabilita při skladování, viskozita	
<b>Vitamíny / minerály</b>	referenční hodnoty příjmu
obohacené nápoje, zvyšují nutriční hodnotu	

### 1.3.1 Voda

Obsah vody v nealkoholických nápojích se obvykle pohybuje od 88 % v/v až do 99 % v/v. Jedná se o základní surovinu, která se podle původu zdroje dělí na vodu povrchovou distribuovanou vodovodem jako pitná voda a podzemní vodu, která se dle parametrů může dále dělit na pramenitou, minerální nebo kojeneckou. Tato voda je především používána pro výrobu balené vody. Požadavky pro balené vody upravuje Vyhláška 275/2004 Sb. v platném znění o požadavcích na jakost a zdravotní nezávadnost balených vod a o způsobu jejich úpravy. Povrchová a podzemní voda se především liší kvalitativními ukazateli zdrojů a také způsobem ochrany. Rozdíl je také v legislativních požadavcích. Voda z vodovodního řádu se dezinfikuje a je regulována zákonem na ochranu veřejného zdraví. Samozřejmostí je pak zdravotní nezávadnost ať už se jedná o vodu povrchovou nebo podzemní. Pravidelně se sledují parametry mikrobiologické, biologické, alkalita, pH, vodivost, obsah aniontů a kationtů, sensorické vlastnosti. V případě, že voda obsahuje složky, které negativně ovlivňují sensorické vlastnosti vody, popřípadě nápoje (zákal, sraženina), je možné dle povolených postupů tyto složky z vody odstranit. Nejčastěji se jedná o úpravu filtrací, odstranění železa, odstranění manganu, dechlorací nebo změkčení [3, 7].

Především významní výrobci nealkoholických nápojů mají své vlastní normy, které se v průběhu let rozvíjely prostřednictvím pokusů a omylů. Tyto normy zajišťují, že všude tam, kde je vyráběn určitý nápoj, jsou sensorické vlastnosti i kvalita nápoje stejné [2].

Parametry, které mají vliv na kvalitu a sensorické vlastnosti vody nebo nápoje:

- **pH** - voda s nízkým pH (<4,0) je kyselá a může být „agresivní“, zatímco alkalická voda s vysokým pH (> 8,5) může vytvářet shluky, má mýdlovou chuť a negativně ovlivní nealkoholické nápoje. U pitné vody je třeba mít rozmezí 6,5-9,5, ale u nealkoholických nápojů je nejlepší, pokud je 6,5 nebo nižší.
- **Barva a zákal** – kritický parametr při výrobě nealkoholických nápojů, kde je požadován čirý, bezbarvý produkt.
- **Rozpuštěné pevné látky** - lze tolerovat poměrně vysoké hodnoty (až asi 500 mg/l), ale obvykle jsou preferovány nižší hodnoty (150-300 mg/l).
- **Vápník a hořčík** - zodpovědný za tvrdost a má zásadní vliv na obsah rozpuštěných pevných látek.
- **Železo a mangan** – požadována je hodnota méně než 1 mg/l. Vyšší hodnoty jsou žádoucí kvůli jejich vlivu na chuť a barvu.

- **Dusičnany** – Vyhláška 252/2004 Sb. povoluje maximální přípustné množství 50 mg/l. Žádoucí je však hodnota do 20 mg/l. Množství dusičnanů bylo v minulosti kritické při výrobě konzervovaných nápojů, protože způsobovalo korozi plechovek. Při dnešním rozsáhlém použití lakovaných plechovek je tento problém již méně významný, avšak trend snižování hmotnosti plechovek způsobuje časté poškození plechovky a tím i laku, proto je dobré tento parametr sledovat. Koroze se dále zesiluje s větším množstvím síranů a chloridů ve vodě.
- **Alkalita** - musí být nižší než 50 mg/l (vyjádřeno jako uhličitan vápenatý), aby se snížila spotřeba okyselovacích přídatných látek.
- **Chloridy a sírany** - stejně jako dusičnany, mohou vést k problémům s korozi plechovek, ačkoli moderní lakované plechovky jsou méně náchylné. Může mít také negativní vliv na chuť. [4, 10]

### 1.3.2 Cukr a jiná sladidla

Cukr je významnou surovinou při výrobě nealkoholických nápojů. Nejčastěji se používá sacharóza ve formě krystalické, tekuté nebo ve formě tekutého invertního cukru. Nevýhoda roztoku sacharózy je nízká koncentrace roztoku, které lze dosáhnout maximálně 67 % w/w. Invertovaná sacharóza dosahuje koncentrací 45 – 100 %. Fruktózové sirupy se často používají v „*light*“ nápojích, jelikož má fruktóza 1,2 × vyšší sladivost než sacharóza. Nižší sladivost je v dnešní době vyžadována z důvodu snížení energetické hodnoty. Velmi významné uplatnění v nealkoholickém průmyslu má glukózo-fruktózový nebo fruktózo-glukózový sirup, které se vyrábějí hydrolyzou nejčastěji kukuřičného škrobu. Glukózo-fruktózové sirupy s obsahem minimálně 10 % w/w glukózy jsou označovány termínem izoglukóza. Při označování na etiketě však nelze tento termín použít, musí být uvedeno přesně, zda se jedná o glukózo-fruktózový nebo fruktózo-glukózový sirup. Výhodou těchto sirupů je především příznivý technologický aspekt, čímž je myšleno energeticky málo náročná a jednodušší manipulace, vyšší sladivost a také menší riziko zpětné krystalizace [11, 3, 7].

Zejména v nízkoenergetických nápojích se sladké chuti dosahuje použitím alkoholických cukrů (polyolů) jako je sorbitol, xylitol a manitol. Při jejich konzumaci se v ústech vytváří chladivý pocit, což má vliv na zlepšení chuti nápoje. Pro snížení energetické hodnoty nápojů se často používají náhradní sladidla. Jejich použití je regulováno platnou legislativou, kde jsou uvedena povolená sladidla i jejich nejvyšší přípustná množství. Nejčastěji

jsou používána sladidla acesulfam K, aspartam, cyklamáty, sacharin, sukralóza, neotam nebo steviol-glykosidy a další. Většinou se sladidla používají ve směsi více druhů sladidel z důvodu dosažení optimální chuti [3, 12].

### 1.3.3 Aromata, barviva, kyseliny a hořké látky

Aroma vytváří u nápojů sensorický vjem, který je zaznamenán chuťovými pohárky a čichovými orgány. Aroma ovlivňuje organoleptické vlastnosti nápoje a poskytuje nejen jeho obecnou identitu, ale i jedinečnou povahu. Chuť a vůně nápoje je ovlivněná směsí aromatických látek a musí být vyvážena tak, aby sensorickým receptorům spotřebitele poskytla správnou zprávu. Za aromatické látky se považují vonné a těkavé látky, které dráždí jak čichové tak chuťové buňky. Aromata pro výrobu nápojů bývají výtažky, silice a destiláty z přírodních surovin nejčastěji z rostlinných zdrojů. Podle původu se aromata dělí na přírodní a ostatní. Jako přírodní aroma je (dle Nařízení EU o aromatech 1334/2008) takové aroma, které obsahuje minimálně 95 % přírodních aromatických složek. Do nealkoholických nápojů se používají dva základní typy aromat: s vodou mísitelné a ve vodě dispergovatelné. S vodou mísitelné aromata jsou připraveny tak, aby se snadno rozpouštěly ve vodě, čímž vznikne jasný roztok. Obvykle obsahují převážně kyslíkaté, vysoce polární sloučeniny. Ve vodě dispergovatelné aromata jsou tak zvané „nerozpustné“, včetně jejich nepolární olejové fáze. Jedná se hlavně o aromata citrusových plodů, u kterých olejová fáze tvoří charakteristickou chuť kůry plodu. Tento typ aromatizační látky se vyrábí ve formě emulze [3, 13, 2].

Použití potravinových barviv v nápojích je regulováno právními předpisy. Nařízení EU 1333/2008 vyžaduje označení na etiketě nápoje při použití tzv. azobarviv, kdy musí být uvedeno přesné znění upozornění: „název nebo číslo E barviva/barviv: mohou nepříznivě ovlivňovat činnost a pozornost dětí“. Mezi azobarviva patří žlutý SY (E 110), chinolinová žlutá SY (E 104), azorubin (E 122), červená allura (E 129), tartrazin (E 102), ponceau 4R (E 124). Přírodní barviva jsou převážně rostlinné výtažky, s výjimkou karmínu (nazývaný také jako košenila, z usušených těl *Dactylopius coccus*). Patří sem například chlorofyl, beta-karoten, lutein a jiná [12, 4, 2].

Použití kyselin je nezbytnou součástí receptur nápojů. Primární funkcí kyselin je vyvážení chuti nápoje. Jelikož snižují pH, působí také jako konzervační látky a v některých ohledech i jako zesilovače chuti v závislosti na ostatních přítomných složkách. Snížení pH produktu na méně než 4,5 (většinou na 4,4) eliminuje riziko přítomnosti patogenů. U syce-

ných nápojů má vliv na kyselost produktu i rozpuštěný oxid uhličitý, který ve vodě vytváří kyselinu uhličitou. Ačkoliv není řazen mezi okyselující složky, má vliv na jiskru nápoje, chuť a ostrost. Jeho přítomnost pak může ovlivňovat množství přidaných kyselin. Nejčastěji se používá kyselina citronová v suchém stavu ve formě monohydrátu. Další kyselinou je kyselina vinná, bílá krystalická látka. Má silnou a lahodnou chuť a doplňuje přírodní a syntetické ovocné příchutě, zejména hroznové a brusinkové. Součástí kolových nápojů je kyselina fosforečná, která nápoj okyseluje a dodává jim charakteristickou štiplavou chuť [4, 3].

Do některých nápojů se přidávají hořké látky jako chinin, kofein, theobromin, taurin popřípadě přirozené hořké látky extraktů rostlin (chmel, meduňka, dobromysl, puškovec, heřmánek a jiné) [3].

#### 1.3.4 Konzervační látky

Konzervační látky se používají v nápojích za účelem zajištění stability, zejména pak u nápojů, které se vyrábí za studena. U těchto nápojů je konzervační efekt zajištěn kombinací konzervačního působení konzervantů s nízkým pH, případně oxidem uhličitým. U nesyčených nápojů je pak možno použít chemosterilant dimethyl dikarbonát. Nejčastějšími konzervačními látkami jsou kyselina sorbová, kyselina benzoová a jejich soli, sorban draselný a benzoan sodný. Použití těchto látek je regulováno legislativou, kde jsou uvedeny limity. Pro kyselinu sorbovou a sorbany je maximální povolený limit 300 mg/l (v případě kombinace s kyselinou benzoovou nebo benzoany lze použít maximálně 250 mg/l), pro kyselinu benzoovou a benzoany 150 mg/l. Tyto konzervační látky jsou účinnými inhibitory kvasinek, plísní i bakterií. Kyselinu benzoovou lze v malých koncentracích nalézt přirozeně v některých plodech ovoce. Některé plísně (např. *Penicillium roqueforti*) dekarboxylují kyselinu sorbovou na penta-1,3-dien, který způsobuje nežádoucí přípach po petroleji [3, 12, 14].

#### 1.3.5 Ovocné složky

Nejčastěji se k výrobě ovocných šťáv a nektarů používají ovocné koncentráty, které se naředí vodou na požadovanou koncentraci. Vyhláška č. 335/1997 Sb. předepisuje, kdy lze produkt označit jako nektar anebo 100% šťávou. Příloha č. 1 uvedené vyhlášky pak udává minimální obsah šťávy, dřeně nebo jejich směsi (% v/v konečného výrobku) ovocných nektarů. Dále tato vyhláška u ovocných šťáv z vybraných druhů ovoce předepisuje

minimální hodnotu ve stupních Brix pro ředěnou ovocnou šťávu a ředěné ovocné dřeně vyrobené z koncentrátů [4, 8].

### 1.3.6 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý je netoxický inertní plyn, který je prakticky bez chuti a je snadno dostupný za rozumnou cenu. Je rozpustný v kapalinách (stupeň rozpustnosti se zvyšuje s klesající teplotou kapaliny) a vyskytuje se ve formě plynu, kapaliny nebo pevné látky. Rozpuštěním ve vodě vytváří kyselinu uhličitou. Při dostatečné koncentraci má v nápoji konzervační účinek.  $\text{H}_2\text{CO}_3$  uvolňuje  $\text{H}^+$ , které jsou schopny snížit extracelulární pH. Tento jev přispívá ke zvýšené permeabilitě buněčné membrány a tak napomáhá k proniknutí oxidu uhličitého do buňky, vytváří toxické prostředí a upravuje vnitřní pH. Oxid uhličitý byl poprvé správně identifikován v polovině 18. století skotským chemikem Josephem Blackem, který jej nazval "pevným vzduchem". Oxid uhličitý je do nápojů přidáván nejčastěji v kapalně formě. Pro výrobu nápojů se používá oxid uhličitý vyrobený ze vzduchu. Jelikož může být zdrojem kontaminace nápojů, musí být od dodavatele oxidu uhličitého vyžadována odpovídající čistota [15, 3, 4, 16].

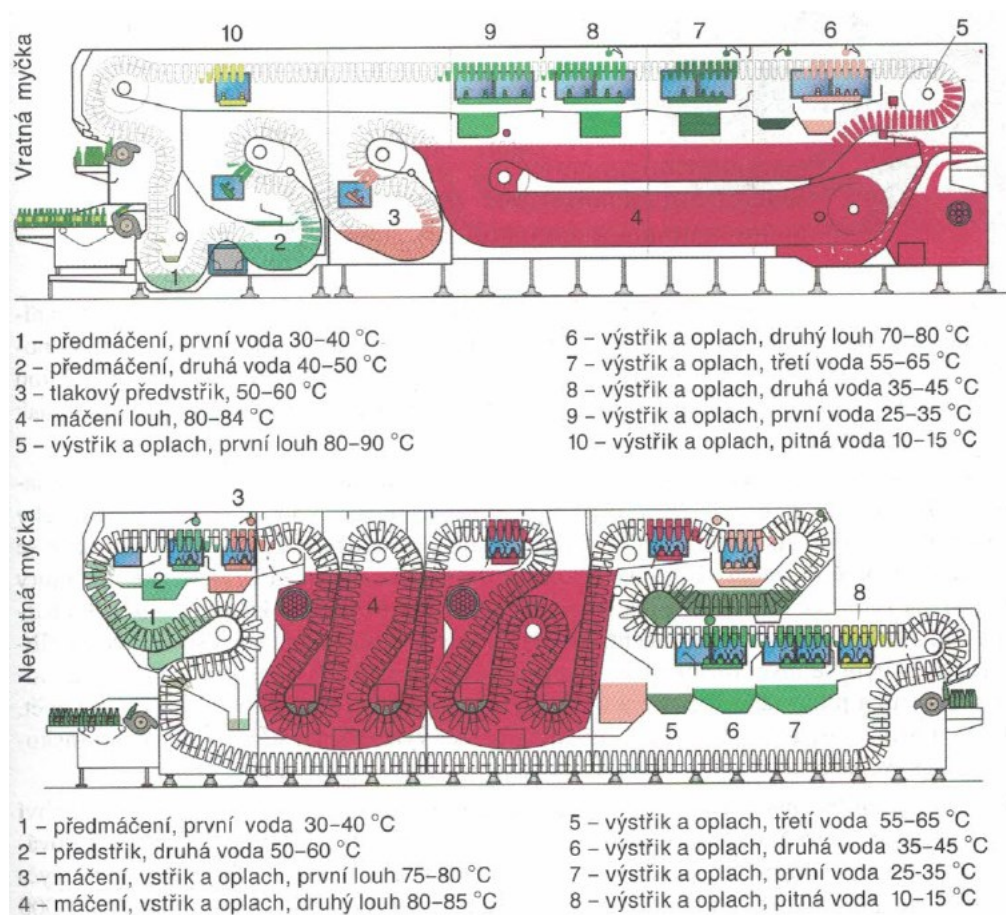
## 1.4 Výroba sycených nealkoholických nápojů

Výroba sycených nealkoholických nápojů je velmi různorodá a také používaná zařízení jsou velmi rozmanitá. Výroba probíhá z velké části v uzavřeném systému potrubí, tanků a nádrží. Použitý materiál těchto zařízení je převážně nerez ocel. Použity však mohou být i jiné materiály jako sklo, smaltované a jiné nátěry. Zařízení pro vstup surovin do procesu výroby nápojů musí být zajištěny před kontaminací mechanickými i chemickými nečistotami. Jedná se o násypníky cukru a jiných sypkých surovin, otevřené nádoby a jiné. K zachycení případných nečistot jsou dle charakteru nápoje používány v technologiích membránové filtry, síta popřípadě detektory kovů. Pro dopravu nápojů, ale také surovin a polotovarů se používají čerpadla, tlakový vzduch, tlakový oxid uhličitý nebo dusík, vytlačuje se vodou nebo se využívá gravitační síly. Při vyčerpávání tanků a nádrží je nutno počítat s nasáváním vzduchu a tím může dojít ke kontaminaci. Tento vzduch proto musí být filtrován mikrobiálními filtry nebo UV filtry. Velmi důležitou součástí technologie je automatická sanitační jednotka, která sama dávkuje sanitační prostředky k čištění a dezinfekci jednotlivých částí výrobní linky. Potrubí výrobní linky je osazeno teplotními a vodivostními čidly a průtokoměry [3].

## 1.4.1 Zařízení pro výrobu sycených nealkoholických nápojů

### 1.4.1.1 Myčky skleněných láhví

Nápoje jsou dnes převážně plněny do PET lahví a výroba do skleněných lahví značně v posledních 20 letech poklesla. Plnicí linka na skleněné lahve ve většině případů začíná myčkou láhví. Zde se použité vratné lahve prostřednictvím dopravníků pohybují v uzavřeném prostoru myčky a jsou myty horkým louhem. Myčky lahví pracují automaticky, nasávají a dávkují roztoky a řídí oplachy vodou. Podle průchodu láhví se myčky dělí na vratné a průchozí (Obrázek 2). Vratné mají vstup i výstup lahví na stejné straně a průchozí mají vstup a výstup lahví na opačných stranách [3, 17].



Obrázek 2: Typy myček podle průchodu láhví [17]

Nárůst výkonu stáčecích linek a také větší množství a různorodost etiket používaných na skleněných láhvích vyžaduje dnes mnohem větší nároky na mytí. Jeden cyklus mytí trvá 10 až 40 minut a z toho přibližně polovina času připadá na louhovou zónu. Součástí louhové zóny jsou louhové stříky, které působí mechanickou energií. Teplota louhu bývá 75 až 85°C a koncentrace se pohybují nejčastěji v rozmezí 1,5-2,5 % w/w. Zbytek



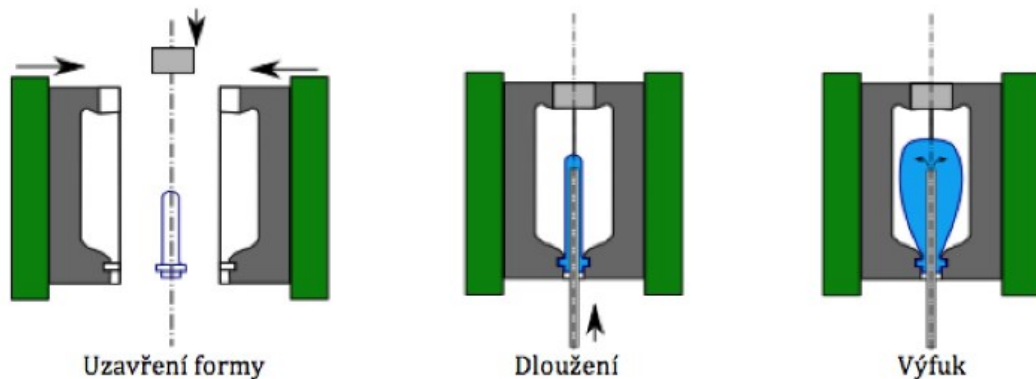
času je pak láhev oplachována vodou. Do van s vodou pro oplach je vhodné dávkovat kyselá prostředky na bázi kyseliny peroctové, které jednak neutralizují přenesený louh a dále také potlačí tvorbu hořečnatých a vápenatých usazenin. Správně provedený konečný výplach láhví se testuje metodou na zjištění přítomnosti zbytků NaOH výplachem láhve roztokem fenolftaleinu, pozoruje se zbarvení. Moderní typy výrobních linek mají na výstupu z myčky umístěn automatický inspektor, který kontroluje nejrůznější defekty skleněných láhví – zbytky mechanických nečistot, celistvost hrdla, zbytek mycího roztoku v láhvi. Odmočení a odplavení etiket se uskutečňuje ještě v namáčecích nádržích. Poslední fáze odstranění etiket probíhá v odlučovačích. Jejich konstrukce může být různá. Odlučování etiket je tím účinnější, čím jsou etikety celistvější [17, 1].

#### **1.4.1.2 Vyfukovačky PET láhví**

PET láhve jsou vyráběny vyfukováním preforem. Preformy nazývané také jako předlisky jsou výrobcem nealkoholických nápojů nakupovány od výrobců preforem. Ve výjimečných případech má výrobce nealkoholických nápojů i linku na výrobu preforem. PET lahve se vyrábí z pelet z pryskyřice (granulát resinu) ve dvoustupňovém procesu. V prvním stupni se vysokotlakým vstříkáním vyrobí předlisek z pelet pryskyřice, které byly nejprve sušeny a následně roztaveny při teplotách přibližně 275°C. Při výrobě barevných preforem se barvivo přidává během procesu tavení těsně před vstříknutím do formy. Po roztavení se roztavený materiál vstříkne do formy. Forma je ochlazena studenou vodou a tím dojde ke ztuhnutí preformy. V tomto okamžiku je tvarováno hrdlo pro uzávěr láhve. Preformy jsou ihned po tomto kroku baleny do obalů (koše, kartony). Předlisky mohou být skladovány až po dobu šesti měsíců. Po této době je obtížné udržet stálou barevnost lahví, protože předlisky přitahují vlhkost z atmosféry. Ve druhé fázi je vyráběna láhev, což může udělat výrobce předlisků, ale ve většině případů, si láhve z preforem foukají sami výrobci nápojů ve vyfukovacích strojích, které jsou součástí výrobních linek. Důvod je především ekonomický, snižují se náklady za dopravu [3, 2, 18].

Preformy se rovnoměrně ohřívají kolem obvodu, všechny části preformy se pak vyfouknou rovnoměrně. U lahví s nepravidelným tvarem, kdy stěna lahve se nachází v různé vzdálenosti od osy lahve dochází k tomu, že část stěny, která je blíže ke středu je vyfouknuta dříve než ta vzdálenější. Tento fakt vede k různým poměrům roztažení s předvídatelným výsledkem, že materiál bližších stěn zůstává silnější než materiál, který je vzdálenější a tím se více roztahuje. Často se pak v praxi setkáváme s tím, že lahve mají

uprostřed takzvanou páteř, za kterou je hahev uchopena a je tak stabilnější. Na druhou stranu toto nerovnoměrné rozložení materiálu způsobuje problémy při potisku nebo při etiketování. Proces vyfukování preformy v lahev je znázorněn na Obrázku 3 [18].



Obrázek 3: Princip dlužení a výfuku láhve z preformy [19]

#### 1.4.1.3 Výrobníky sycených a nesycených nápojů - karbonizéry

Obecně platí, že karbonizéry mají podobu několika nádob. Sycení vody nebo nápojů probíhá nejčastěji dvěma základními systémy. Jedná se o vstřikování a disperzi oxidu uhličitého do kapaliny, která má být nasycena, a jemné vstřikování produktu do atmosféry oxidu uhličitého. Výkonnější způsob je stříkání vody do atmosféry oxidu uhličitého v tlakové nádobě. Tento systém může být tryskový nebo sprchový. Rozdíl mezi jednotlivými systémy je ve výkonnosti, kdy zařízení sprchového systému je výkonnější. Vzhledem k obtížnosti čištění těchto systémů se při procesu karbonace používá voda a ne nápoj. To znamená, že voda musí být nasycena více, než je požadovaná hodnota sycení finálního nápoje. Nasycená voda se smíchá se sirupem v odpovídajícím poměru ve směšovacím zařízení zvaném post mix. Během tohoto mísení se musí počítat se ztrátami oxidu uhličitého. Pro dosažení správného množství oxidu uhličitého je rozhodující rychlost průtoku a tlak oxidu uhličitého. Čím je plocha kapaliny vystavena působení oxidu uhličitého větší, tím vyšší je rychlost absorpce oxidu uhličitého kapalinou. Stále častěji jsou využívány moderní kontinuální způsoby karbonace. Buď se oxid uhličitý vstříkne do kapaliny, nebo se kapalina vstříkuje do proudu oxidu uhličitého. Když se oxid uhličitý rozptýlí v kapalině, vytvoří se malé bublinky oxidu uhličitého, které mohou být snadno absorbovány tekutinou. Čím vyšší je tlak, vytvořené bublinky v rozprašovači jsou menší, plocha povrchu bublin je větší a tím dochází k lepší absorpci plynu kapalinou. Většina moderních systémů vstříkuje kapalinu do plynu, protože to vede k rychlejšímu rozpouštění. Tyto injektory lze jednoduše vy-

čistit a nedojde tak ke kontaminaci produktu. Často se používají Venturiho trubice pro zajištění větší kontaktní plochy a speciálně navržené trysky pro maximalizaci účinnosti karbonace [2, 3].

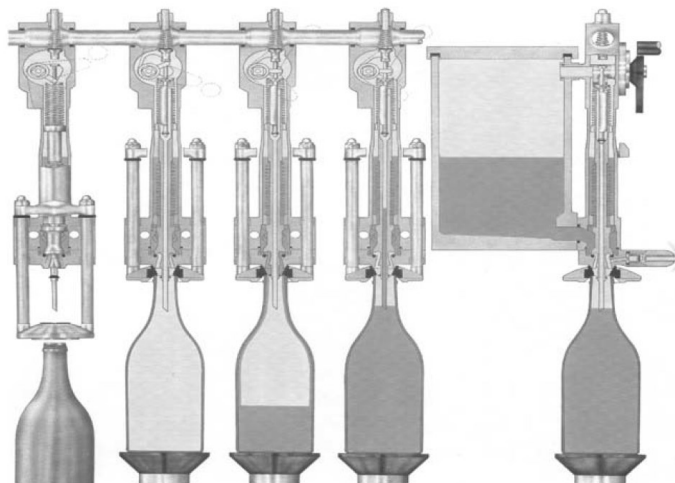
Velmi rozšířené v praxi jsou kontinuální výrobny nápojů (tzv. MIXERY), které umožňují výrobu nesycených nápojů, sycených nápojů, přípravu odvzdušněné vody se stabilizací oxidem uhličitým na požadovanou kyselost, výrobu nápojů s obsahem cukru, „light“ nápojů, ovocných nápojů s obsahem ovoce do 20 % w/w. Množství oxidu uhličitého je plynule nastavitelné od 0 do 10 g/l (0 – 5 Volumen). Do paměti zařízení lze přednastavit několik desítek druhů nápojů. Standardní rozsah směšovacíh poměrů je 1:4 až 1:12 [20].

Systémy zpětné kontroly nasycení jsou nutné k zajištění toho, aby karbonace produktu byla v požadovaných mezích. Jeden systém používá membránu ze silikonového kaučuku, kterou rozpuštěný oxid uhličitý proniká do uzavřené evakuační komory. Změří se parciální tlak a teplota plynu a z toho lze následně vypočítat objem oxidu uhličitého. Většina systémů zahrnuje vakuovou vývěvu pro regulaci a evakuaci rozpuštěného oxidu uhličitého. Systémy pracují v rozmezí  $\pm 0,04$  g/l. I přes to, že propustnost membrány pro kyslík je nižší, jakýkoli rozpuštěný kyslík ve výrobku způsobuje zvýšení tlaku, což vede k chybě měření a zkreslení výsledku. Tuto chybu lze eliminovat dobrým odvzdušněním [2].

#### **1.4.1.4 Plniče a uzavíračky**

Nápoje sycené oxidem uhličitým musí být plněny za přetlaku okolo 0,2 MPa. Převažně jsou používány automatické rotační plniče s plnicími ventily. Jelikož se musí láhev naplněná syceným nápoj ihned po naplnění uzavřít, je součástí monobloku plniče i uzavírací zařízení. Monoblok je zpravidla složen z nosné konstrukce plniče, elektrického pohonu, dopravníku na přísun lahví, bubnové nádoby nápoje s plnicími ventily s přtlakem a uzavíračky. Součástí monobloku může být i etiketovačka a inspektor láhví. Podle principu se plnění dělí na hladinové a objemové. Princip hladinového plnění spočívá v tom, že se plnění láhve nápojem zastaví po uzavření otvoru odvodu plynu z láhve (Obrázek 4). U objemového plnění se láhev naplní až po okraj a hladina poklesne po vytažení plnicí trubky. Při jiném volumetrickém plnění je možné nápoj odměřovat magneticko-indukčním průtokoměrem. Další plnicí systémy používají princip předem odměřeného množství nápoje do tubusu. Toto množství nápoje je vypuštěno do láhve.

Důležitou roli při plnění hraje přetlak. Vliv má na rychlost plnění a také na pění. Z prázdných skleněných láhví se při vstupu do plniče odsává vzduch a znova se tlakují oxidem uhličitým. Naplní se syceným nápojem, šetrně se láhve odtlakuje, uvolní se z plnicích ventilů a přesouvají se k uzavíračce. Vakuování a následné tlakování inertním plynem je velmi důležité, aby se zabránilo příjmu kyslíku do nápoje. Při plnění PET láhví je proces obdobný, ale nedochází k vakuaci před plněním [21, 17, 2].



Obrázek 4: Hladinové plnění nápojů [2]

#### 1.4.2 Sanitace

„Čištění na místě“ (CIP – Clean In Place) je cirkulační způsob čištění zařízení roztokem čisticího prostředku. Existují dva hlavní typy zařízení, která se v nápojovém průmyslu sanitují: potrubí a nádoby. Pro čištění potrubí je velmi důležitý tzv. hygienický design a správný průtok, který je kritickým limitem [2].

Správná rychlost proudění je definována vytvořením odpovídající turbulence ve všech sanitovaných místech. Existují dva klíčové typy toku: turbulentní tok a laminární tok. Turbulentní tok je tok ve směru průtoku. Naproti tomu laminární tok vykazuje rychlosti a tlaky. V důsledku toho turbulentní tok umožňuje mnohem účinnější čistící účinek než laminární toky. Kromě toho minimální rychlost proudění požadovaná všemi částmi procesu CIP je 1,5 m/s. Turbulentní tok se vyskytuje při průtokových rychlostech 1,5 - 2,0 m/s. Při čištění nádob se používají dva způsoby čištění v závislosti na nečistotě, která má být odstraněna: vysoký tlak / nízký průtok, který odstraní nečistotu tryskami nebo nízký tlak / vysoký průtok, kdy je sanitační roztok stříkán na stěny nádoby. Typický cyklus CIP se skládá z:

1. proplach vodou – odstranění volných nečistot;
2. recirkulace sanitačního prostředku - odstranění zbývajících nečistot, nutno brát v úvahu tři hlavní proměnné: koncentrace, teplota a doba expozice;
3. proplach vodou – odstranění sanitačního prostředku;
4. dezinfekce – zničení zbylé mikrobiální kontaminace (např. pomocí horké vody nad 90°C po dobu minimálně 20 minut) [4].

Kromě čištění vnitřních ploch zařízení je také nezbytné účinné čištění vnějších částí zařízení a prostředí, aby se odstranily patogeny a znehodnocující organismy. Toto čištění musí mimo jiné zahrnovat i pravidelné čištění odpadů. Dnes velmi rozšířeným způsobem čištění vnějších povrchů je pěnování. Jeho hlavní výhodou je prodloužená doba kontaktu. Pro dezinfekci místností se používají automatické zamlžovací systémy. Husté mlhy je dosaženo rozprašováním dezinfekčního roztoku tryskami. Některé materiály, například polyvinylidenfluorid (PVDF), jsou bakteriologicky odolné a bylo prokázáno, že oplach bez detergentu je schopen je vyčistit do stavu vhodného pro další výrobu nápojů. Takové materiály jsou vhodné pro výrobu potrubí, nátěrových nádob apod. A pravděpodobně budou v budoucnu více využívány při výrobě technologických zařízení. Sanitace s podílem i ručního čištění se pak označuje jako WIP (Wash In Place - mytí na místě) [22, 4].

### **1.5 Faktory ovlivňující kvalitu sycených nealkoholických nápojů**

Moderní systémy plnění sycených nápojů jsou založeny na jednoduchých, avšak dobře osvědčených zásadách. Při procesu plnění se klade důraz především na optimální výkon při plnění, vysokou přesnost plnění a zachování maximální kvality výrobku. Přímý vliv na kvalitu výrobku mají různé faktory a liší se v závislosti na druhu výrobku. Mezi základní faktory, které jsou brány do úvahy, patří:

1. plynné složky přítomné v nápoji (např. oxid uhličitý a kyslík)
2. tlak a tlakové charakteristiky
3. teplota
4. viskozita [23, 2].

Znalost těchto proměnných a jejich změnou lze dosáhnout maximální rychlosti plnění při zachování požadované kvality výrobku. Mezi nejdůležitější faktory pro optimální plnění sycených nápojů patří teplota nápoje během plnění a zabránění příjmu kyslíku. Vý-

sledná hodnota karbonace je dána přítomností oxidu uhličitého v nápoji v rozpuštěném stavu. V uzavřených systémech, jako je vyrovnávací tlaková nádrž s nápojem, bude po určité době mezi tlakem plynů v kapalině a odpovídajícím tlakem v nádrži existovat rovnováha. Při plnění je nutno zabránit úniku oxidu uhličitého, proto musí být tlak v nádobě plniče přibližně o 0,1 MPa vyšší, než je požadovaný tlak oxidu uhličitého nápoje v láhvi. Velmi důležitý je také způsob nátoku nápoje do láhve a profil láhve. U většiny plničů je nápoj přiváděn na vnitřní povrch láhve v co nejvyšší možné výšce láhve a dále proudí ke dnu. Z tohoto důvodu jsou vhodné hladké obrysy láhví, které umožňují jemnější tok nápoje a minimální únik oxidu uhličitého [24, 2].

Obsah oxidu uhličitého v nápoji má primární vliv na efektivitu plnicího procesu. Množství oxidu uhličitého a obsah kyslíku v nápoji mají zásadní vliv na kvalitu nápoje. Kyslík je přítomen v nápoji v rozpuštěné formě a také jako složka vzduchu v zásobním tanku před plnicím. U nealkoholických nápojů jsou důsledky nadměrného příjmu kyslíku během plnění dobře známy. Oxidace složek nápoje může způsobit nežádoucí změny barvy a chuti. Příjem kyslíku nápojem lze řídit ve třech stupních:

1. zatížení kyslíkem na vstupu plnicího zařízení (počáteční zatížení)
2. přívod kyslíku během plnění
3. kyslík obsažený v prostoru nad hladinou v naplněném obalu.

Vstup kyslíku do nápoje před jeho naplněním do obalu může být způsoben několika faktory:

1. přítomností vzduchu v potrubí
2. nedostatečně dlouhou dobou odležení sirupu po jeho namíchání
3. mícháním nápoje nebo sirupu při jeho přípravě
4. nedostatečným odvzdušněním nápoje ve fázi karbonizace [2].

Příjem kyslíku během plnění přímo souvisí s čistotou oxidu uhličitého jako stlačeného plynu použitého k sycení nápoje. Pro snížení obsahu vzduchu v nápoji se láhve před naplněním nápojem nasatí oxidem uhličitým a tím se vytlačí přítomný vzduch. U flexibilních obalů, jako jsou PET lahve a hliníkové plechovky, k tomu dochází v okamžiku utěsnění obalu plnicím ventilem, následuje naplnění a uzavření obalu. Mnohem lépe lze vzduch vytěsnit ze skleněných obalů, kdy po utěsnění obalu plnicím ventilem se vzduch z obalu odvádí pomocí vakua před natlakováním pomocí oxidu uhličitého. Plnicí tlak závi-

sí na požadovaném obsahu oxidu uhličitého v nápoji. Nastavení správného plnicího tlaku v plniči zabrání tomu, aby oxid uhličitý během plnění unikl z nápoje. Pokud je teplota nápoje nižší, rozpustnost oxidu uhličitého bude lepší. Dobrá rozpustnost plynu při nízkých teplotách vyžaduje nižší saturační tlak a tím nižší tlak v plniči. Důsledkem toho je, že pro stlačování a pohlcení se vyžadují kratší časy. Rovněž se tak sníží spotřeba plynu. Zatímco cukr snižuje rozpustnost oxidu uhličitého, volné aminokyseliny a proteiny zvyšují koncentraci oxidu uhličitého v nápoji [2, 25].

Dalším faktorem, který je třeba vzít v úvahu, je viskozita nápoje. Výrobky s vyšší viskozitou vyžadují jiný přístup k procesu plnění. Nicméně sycené nealkoholické nápoje mají obvykle nízkou viskozitu a jsou volně tekoucí, takže to zde není kritickým parametrem. Základ pro stanovení vhodného způsobu plnění určuje obal a nápoj, který bude do něj plněn. Při plánování způsobu plnění je důležité, aby příslušné kroky plnění odpovídaly charakteristikám nápoje a obalu. Proces plnění může být rozdělen do několika fází:

1. evakuace (odsávání vzduchu z obalu)
2. naplnění obalu plynem
3. tlakování plynem
4. rychlost plnění
5. správná výška hladiny nápoje v obalu
6. šetrné odtlakování a uvolnění z plnicích ventilů [2, 17].

Evakuace se používá pouze u skleněných láhví, kdy je obal vystaven vakuu a je odstraněno až 90 % v/v přítomného vzduchu. To je významný krok v procesu plnění obzvláště nápojů citlivých na kyslík. Proplachování láhví plynem se používá především pro flexibilní nádoby, jako jsou PET láhve a hliníkové plechovky, které nelze vystavit podtlaku.

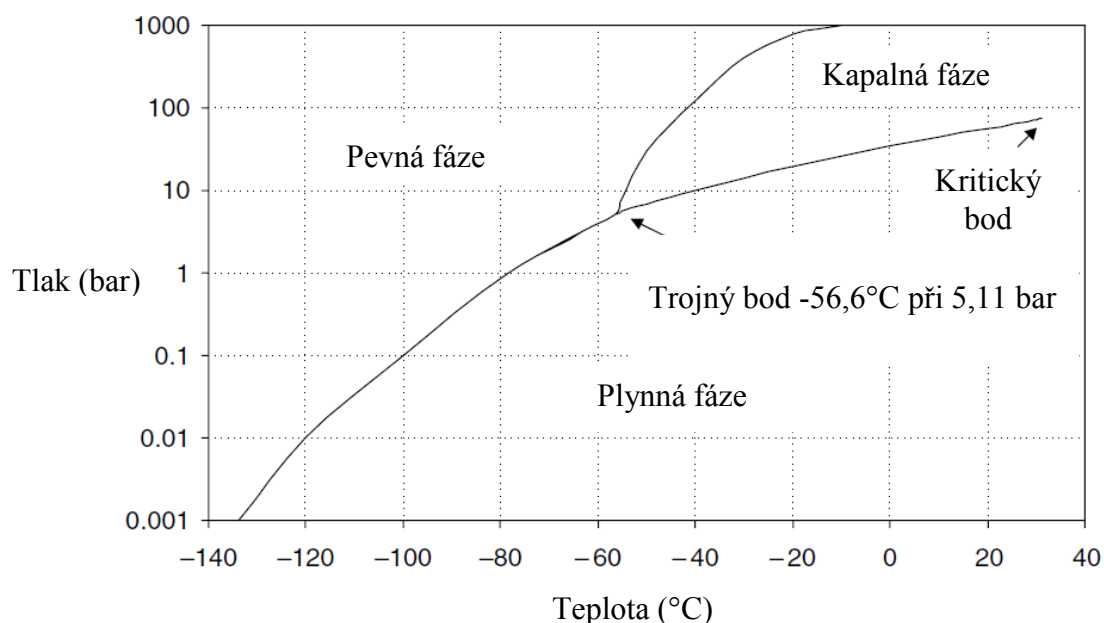
Dalším faktorem mající vliv na obsah oxidu uhličitého v syceném nápoji jsou podmínky skladování během doby trvanlivosti nápoje. Byly porovnány tři situace, kdy u první skupiny byla doba skladovatelnosti nápoje odhadnuta, za předpokladu, že teplota skladování je konstantní a rovna pokojové teplotě po celou dobu skladování. Ve druhém případě se předpokládalo, že teplota lahve se mění během doby skladování, avšak kvůli jednoduchosti při výpočtu byla udržována konstantní teplota rovna průměrné teplotě skladování. V posledním případě byla zkoumána situace, kdy se během skladování měnila teplota každý

den. Mezi třemi situacemi je znatelný rozdíl mezi trvanlivostí, což odpovídá požadavkům na skladování některých nápojů, které stanovují výrobci sycených nápojů. Pokud je teplota skladování rovna pokojové teplotě a je konstantní během celé doby skladování, pak je doba skladovatelnosti delší než 1 rok. PET lahve, které se běžně používají pro sycené nápoje, poskytují dostatečnou ochranu pro nápoj sycený oxidem uhličitým po celou dobu jeho trvanlivosti. Podobný závěr byl prokázán i u druhého případu. Trvanlivost 7 měsíců je více než vhodná pro komerční účely, nicméně v praxi doba trvanlivosti je nadhodnocena a bývá mnohem delší. Existuje skutečné riziko, že mnoho lahví nealkoholických nápojů se může spotřebiteli dostat až na samém konci jejich trvanlivosti, kdy úbytek oxidu uhličitého je významný a často spotřebitelem neakceptovatelný [26, 2].



## 2 VLASTNOSTI OXIDU UHLIČITÉHO, JEHO VÝZNAM V PRODUKCI NÁPOJŮ

Oxid uhličitý je bezbarvý, netoxický, inertní plyn, který je prakticky bez chuti a je snadno dostupný za rozumnou cenu. Je rozpustný v kapalinách, stupeň rozpustnosti se zvyšuje s poklesem teploty kapaliny a může existovat jako plyn, kapalina nebo pevná látka. Když je rozpuštěn ve vodě, vytváří kyselinu uhličitou. Kyselina uhličitá podporuje kyselou chuť v sycených vodách a nealkoholických nápojích. Měřením stupně sladkosti bylo zjištěno, že karbonace nemá žádný vliv na vnímání sladkosti. Nad určitou úrovní karbonizace má oxid uhličitý konzervační vlastnosti a má antimikrobiální účinek proti plísním a kvasinkám. Oxid uhličitý je těžší než vzduch a má hustotu  $1,98 \text{ kg/m}^3$  při  $25^\circ\text{C}$ . Protože je plně oxidován, není příliš reaktivní. Je to poměrně stabilní sloučenina, která se při velmi vysokých teplotách rozkládá pouze na uhlík a kyslík. Při vdechování ve velkém množství může způsobit smrt udušením. Plyn je snadno zkapalněn kompresí a chlazením. Když je kapalný oxid uhličitý rychle dekomprimován, rychle se roztahuje a částečně se odpaří, čímž se odstraní dostatečné množství tepla a zbytek se ochlazuje na tuhý oxid uhličitý. Vliv teploty a tlaku na stav oxidu uhličitého lze vidět z fázového schématu, jak je znázorněno na Obrázku 5 [27, 2].



Obrázek 5: Fázový diagram oxidu uhličitého [2]

V trojném bodě může oxid uhličitý existovat současně ve třech stavech jako pevná látka, kapalina nebo plyn. Všechny fáze jsou ve stavu rovnováhy v trojném bodě. Tento stav nastává v případě 0,51 MPa a  $-56,4^{\circ}\text{C}$ . Nad teplotou  $31^{\circ}\text{C}$  nelze plyn zkapalnit zvýšeným tlakem, tento stav je nazýván kritickým bodem. Oxid uhličitý je bezbarvý plyn. Při vysokých koncentracích má mírně štiplavý zápach. Oxid uhličitý nemůže existovat jako kapalina při atmosférickém tlaku. Ke zkapalnění dochází kompresí a chlazením při mezních hodnotách tlaku a teploty v trojném bodě a v kritickém bodě. Když se kapalina pod tlakem uvolňuje do atmosféry, uvolňuje se pouze jako plyn a pevná látka. To se projevuje vznikem hustého bílého oblaku díky obsahu pevné látky a kondenzace atmosférické vlhkosti při nízkých teplotách. Pevná látka klesá dolů podobně jako sníh. Komprese tohoto „sněhu“ tvoří průsvitnou bílou pevnou látku známou jako suchý led [2].

## 2.1 Výroba oxidu uhličitého

Oxid uhličitý je komerčně vyráběn několika různými procesy. Mezi ně patří spalování topného oleje, reakce mezi kyselinou sírovou a hydrogenuhličitánem sodným, extrakce oxidu uhličitého ze spalin kotle nebo podobného topného zařízení, destilace alkoholu a fermentace piva. Po této extrakci musí být plyn vyčištěn, aby se zajistilo, že neobsahuje žádné nečistoty a zda je vhodný pro potravinářské účely. Dodavatelé oxidu uhličitého musí potvrdit, že splňují normy kvality a bezpečnosti. K tomu je zapotřebí analytických zařízení, jako jsou plynové chromatografy a hmotnostní spektrometry. Oxid uhličitý může být však znečištěn během přepravy nebo během skladování [28].

### *Výroba oxidu uhličitého přímým spalováním*

Spalováním uhlovodíkových paliv, jako je ropa nebo zemní plyn, dochází k produkci oxidu uhličitého. Spaliny z tohoto procesu, které obsahují méně než 0,5 % v/v kyslíku, se ochlazují a čistí, aby se odstranily veškeré přítomné nečistoty. Výsledný plyn pak prochází absorpční věží, kde přichází do kontaktu s roztokem absorbujícím oxid uhličitý. Absorpční roztok, nyní bohatý na oxid uhličitý, je čerpán do stripovací věže, kde se teplo ze spalování paliva používá k uvolňování oxidu uhličitého ve formě páry. Absorpční roztok se pak recykluje a znovu použije. Výsledná pára oxidu uhličitého se potom ochladí a dále zpracovává tak, aby vyhovovala požadavkům pro použití v nápoji. Velcí výrobci sodových vod a

sycených nealkoholických nápojů si oxid uhličitý vyrábějí sami přímo v místě výroby nápojů, čímž se snižují provozní náklady a minimalizují logistické problémy [4].

## 2.2 Požadavky na kvalitu oxidu uhličitého

Evropská asociace průmyslových plynů, která spolupracuje s Asociací amerických stlačených plynů a Mezinárodní asociací technologických odborníků v oblasti nápojů, připravila specifikaci kapalného oxidu uhličitého pro použití v potravinách a nápojích.

To je uvedeno v Tabulce 2. Dle tohoto standardu je vyráběn veškerý oxid uhličitý pro výrobu sycených nealkoholických nápojů a perlivých vod [4].

Tabulka 2: Složení oxidu uhličitého [4]

Složka	Specifikace
Čistota	Min. 99,9 % v/v
Vlhkost	Max. 50 ppm v/v
Amoniak	Max. 2,5 ppm v/v
Kyslík	Max. 30 ppm v/v
Oxidy dusíku (NO / NO <sub>2</sub> )	Max. 2 / 5 ppm v/v
Netěkavý zbytek (částice)	Max. 10 ppm w/w
Nepřechavý organický zbytek (olej a mastnota)	Max. 5 ppm w/w
Fosfan	≤ 0,3 ppm v/v
Celkové těkavé uhlovodíky (počítáno jako metan)	Max. 50 ppm v/v z toho uhlovodíky bez methanu max. 20 ppm v/v
Acetaldehyd	Max. 0,2 ppm v/v
Benzen	Max. 0,02 ppm v/v
Oxid uhelnatý	Max. 10 ppm v/v
Metanol	Max. 10 ppm v/v
Kyanovodík	<0,5 ppm v/v
Síra	Max. 0,1 ppm v/v
Chuť a vůně ve vodě	Žádná cizí chuť nebo vůně

Pro stanovení přítomnosti stopového množství znečišťujících látek v oxidu uhličitým lze použít senzory oxidu kovu. Podmínkou této metody je koncentrace kyslíku pod 15 ppm. Takový analyzátor umožňuje posuzovat kvalitu oxidu uhličitého on-line, čímž se značně snižují náklady ve srovnání s běžnými metodami [28].

### 2.3 Transport oxidu uhličitého

Nejčastěji je oxid uhličitý dodáván jako kapalina v cisternách. U zákazníka je převeden do tlakových nádob o objemu 5 až 50 tun a zde je udržována při tlaku 2,05 MPa a teplotě  $-17^{\circ}\text{C}$ , přičemž teploty je dosahováno chladičí jednotkou. K přeměně oxidu uhličitého z kapalně do plynné fáze je zapotřebí, aby byla odpařována zahřátím pomocí páry, vody nebo elektřiny. To se obvykle provádí v trubkových výměnících. Nejběžnějším systémem je použití páry, která je běžně k dispozici ve výrobních závodech nealkoholických nápojů pro mytí lahví, pasteraci a vytápění. Pro přepravu a skladování oxidu uhličitého se používá moderní technologie, která vyvolává řadu otázek z hlediska bezpečnosti a zahrnuje řadu procesů [29].

### 2.4 Výběr dodavatele oxidu uhličitého

Výrobce sycených nealkoholických nápojů musí při výběru dodavatele oxidu uhličitého zvážit účel použití. Oxid uhličitý musí být vhodný pro použití do nealkoholických nápojů. Je třeba vyžadovat po dodavateli, aby byl schopen v oxidu uhličitém detekovat zbytkový benzen, případně zvážit riziko kontaminace jadernými elektrárnami. Všechny dodané šarže musí mít certifikát o shodě. Dodavatelský řetězec musí být pravidelně kontrolován, včetně zařízení na výrobu oxidu uhličitého, skladování a distribuce. Pro zajištění úplného minimalizování rizik je zapotřebí provést analýzu rizik a kritických kontrolních bodů (HACCP) systému. V závislosti na způsobu výroby oxidu uhličitého musí certifikát o shodě každé šarže obsahovat analytický rozbor předepsaných sloučenin. Tyto analytické kontroly je třeba provést podle norem dohodnutých Mezinárodní společnosti pro technologie v oblasti nápojů (ISBT). Riziko kontaminace je velmi reálné. Pokud se z horní části nádrže odstraní příliš mnoho plynu, pak kontaminující látky mohou vzniknout destilací kapalného oxidu uhličitého uvnitř nádrže. Dalšími možnými riziky jsou znečištění olejem z čerpadla umístěného mezi přepravní cisternou a uživatelskou nádrží, degradace přírodní hadice, znečištění hadicových spojů částicemi, vodou, olejem, kontaminace zpětným proudem čisticích kapalin [30].

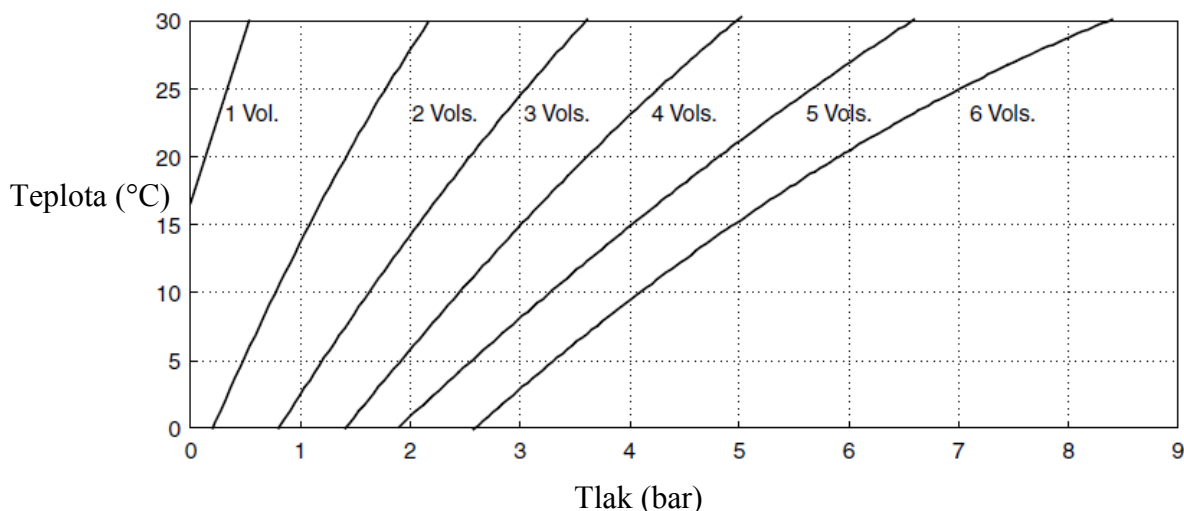
### 3 VOLBA OBALOVÉHO MATERIÁLU PRO VÝROBU SYCENÝCH NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ

Tato kapitola se bude zabývat primárními obaly používané pro nealkoholické nápoje a to především láhve, plechovky a uzávěry. V praxi je obal hodnocen i z dalších hledisek, především pak jako nositel označování a informací pro zákazníka, obal má proto zásadní vliv na prodej produktu. Obaly musí být vyrobeny s ohledem na životní prostředí a to vše s minimálními náklady. Potraviny nabízené na trhu mohou díky dostupným výrobním a konzervačním metodám a různým druhům dopravy pocházet ze všech kontinentů [31, 2].

Popularita sycených nealkoholických nápojů je způsobena především osvěžující chutí, která je dána především obsahem oxidu uhličitého. Kvalita nealkoholických nápojů dostupných na trhu je určena řadou fyzikálních, chemických, biologických a mechanických faktorů, které způsobují významné organoleptické změny. Významný problém producentů nealkoholických nápojů činí ztráty oxidu uhličitého stěnami polyethylentereftalátových lahví (PET). Proto je velmi důležité znát veškeré vlivy způsobující úbytek oxidu uhličitého v čase po celou dobu jeho trvanlivosti. Vychází se z experimentálních stanovení řady matematických statistických modelů, které zdůrazňují aspekty týkající se změny obsahu oxidu uhličitého v závislosti na objemu a čase. Dosažené závěry lze využít jak pro zlepšení kvality nealkoholických nápojů, tak pro prognózu jejich optimální doby trvanlivosti. Oxid uhličitý se v praxi využívá pro dodání „jiskry“ nápoji a je jediným plynem, který má tyto vlastnosti. Použití PET lahví vyžaduje vyšší sycení ve srovnání s klasickými skleněnými lahvemi nebo hliníkovými plechovkami. Bylo zjištěno, že během skladování dochází ke ztrátě 30 % v/v oxidu uhličitého přes víčko, zbytek přes stěny PET lahve. PET lahev o objemu 0,5 litru vyžaduje vyšší sycení díky malému objemu. To je důvod, proč se doporučuje u tohoto formátu stanovit dobu minimální trvanlivosti jen 6 měsíců ve srovnání s jinými objemy, u kterých může být doba trvanlivosti prodloužena až na 1 rok. Tloušťka stěn PET láhve musí být rovnoměrná po celé ploše. Vliv má také dostatečně vysoká gramáž lahve [32, 33].

### 3.1 Základní úvahy

Oxid uhličitý v syceném nápoji stoupá k hladině. K tomuto jevu dochází při snižování tlaku v syceném nápoji. Ve směsi kapaliny a plynu v hermeticky uzavřeném obalu existuje stav rovnováhy, pokud je rychlost plynu odcházejícího z kapalného roztoku rovna rychlosti plynu vstupujícího. Při protřepání PET lahve se syceným nápojem dojde k rozptýlení plynu v kapalině. Po krátké době bude dosaženo rovnovážného stavu. Pokud lahev otevřeme, vylijeme část obsahu, lahev uzavřeme uzávěrem a protřeme ji, dojde ke ztvrdnutí lahve vlivem uvolnění oxidu uhličitého z nápoje. To je dáno tím, že opět došlo k dosažení rovnovážného stavu mezi kapalinou a plynem. Tento stav je jen stabilní. Jakékoliv snížení tlaku nebo zvýšení teploty způsobí, že směs se stává metastabilní, tj. je přesycena, takže kombinace teploty a tlaku není dostatečná pro udržení oxidu uhličitého v roztoku. Pokud k tomu dojde, spontánně se uvolní plyn. Přítomnost vzduchu uvolňování plynu urychlí. V uzavřeném obalu plyn vyplňuje hrdlo (headspace), čímž se zvyšuje tlak v horní ploše. Rychlost přesunu plynu z produktu do horního prostoru lahve závisí na tlaku v horním prostoru, teplotě nápoje, povaze nápoje, mechanický pohyb nápoje (míchání) a přítomnosti jakýchkoli dráždivých látek. U lahve, která bude v klidném stavu, bude trvat mnoho hodin, než dosáhne rovnováhy, pokud nebude vystavena vnějším silám, jako je například míchání, pohyb, teplota nebo změna tlaku. U stejného produktu, se kterým bude mícháno, bude rovnovážného stavu dosaženo za pár sekund. Množství oxidu uhličitého u daného objemu syceného nápoje závisí na teplotě a tlaku. Čím vyšší je teplota, tím vyšší je potřebný tlak k udržení oxidu uhličitého v roztoku. Naopak, čím je teplota nižší, tím větší je množství rozpuštěného oxidu uhličitého v roztoku. Henryho zákon byl formulován Williamem Henrym (1774-1836) a říká: "Množství plynu rozpuštěného v daném objemu rozpouštědla je úměrné tlaku plynu, se kterým je rozpouštědlo v rovnováze", zatímco Charlesův zákon (1746 - 1823) uvádí: "Objem ideálního plynu při konstantním tlaku je přímo úměrný absolutní teplotě". Tyto dva zákony lze kombinovat tak, aby vytvářely univerzální ideální plynový zákon:  $p \cdot V = m \cdot R \cdot T$  kde  $p$  je absolutní tlak,  $V$  je objem,  $m$  je počet molů plynu,  $R$  je plynová konstanta (pro daný ideální plyn) a  $T$  je absolutní teplota. Molem je množství látky, které má hmotnost číselně rovnou molekulové hmotnosti látky. U oxidu uhličitého je molekulová hmotnost 44,01 a  $R$  je 0,188892 J/mol K. Z tohoto vztahu je možné odvodit graf karbonace uvedený na Obrázku 6 [2, 34].



Obrázek 6: Graf karbonace [2]

Zde je zmíněn pojem volumeny (objem) karbonace. Volumeny jsou místa, kde je objem plynu měřen za atmosférického tlaku (760 mm Hg) a bodem mrazu vody (0°C). Je definován jako celkový objem rozpuštěného plynu v daném objemu kapaliny v obalu. Například produkt se čtyřmi volumeny sycení bude obsahovat oxid uhličitý v rozsahu čtyřnásobku objemu nápoje. Obal o objemu jeden litr se sycením 2,5 volumenů by obsahoval 2,5 l oxidu uhličitého a podobně 3 litrový obal s obsahem oxidu uhličitého se 4 volumeny by obsahoval 12 l oxidu uhličitého. Jeden volumen odpovídá 1,96 g oxidu uhličitého na litr. To je často zjednodušeno na 2 g/l. Pokud jde o standardní PET lahve, pak platí, čím je obal menší, tím vyšší musí být sycení nápoje. To je dáno velkou ztrátou oxidu uhličitého v důsledku vysokého poměru povrchu k objemu. Během doby trvanlivosti syceného nápoje je standardně akceptována ztráta oxidu uhličitého 15 % v/v za 12 týdnů. Tato ztráta je dosažena u 2 litrové láhve. U lahve o objemu 0,5 l dojde ke stejné ztrátě již za 9 týdnů a přibližně za 7 týdnů u lahve o objemu 0,25 l. Důležitou roli hraje gramáž lahve, kdy je požadováno, aby PET lahev byla co nejlehčí. Čím je však tloušťka stěny lahve tenčí, tím dochází k většímu průniku oxidu uhličitého z lahve ven a tím se zkracuje trvanlivost nápoje. Sycené nápoje obsahují sycení až 3,5 volumenů. Jakékoliv vyšší vnitřní tlaky, které mohou vzniknout během předpokládaného používání, by mohly způsobit prasknutí lahve. Skleněné lahve musí být konstruovány tak, aby odolaly vyšším tlakům [2, 35].

## 3.2 Plastové lahve

Na úvod této kapitoly jsou uvedeny rozdíly mezi plastovými lahvemi a jinými podobnými primárními obaly, jako je sklo nebo kov.

### *Výhody*

1. Plasty mají nižší hmotnost než sklo; například typická 1 l PET lahev váží 38 g proti skleněné láhvi o objemu 1 l, která váží přibližně 600 g.
2. Ve srovnání s plechovkami nedochází k problémům s korozí.
3. Všestrannost z pohledu konstrukce lahve.
4. Možnost většího objemu lahve (typická PET lahev o objemu 2 litry velikostně odpovídá 1,1 litrové skleněné lahvi)
5. Pevnost při nárazu a v případě rozbití nedochází ke vzniku nebezpečných střepů.
6. Nízká hlučnost při výrobě i manipulaci s lahvemi.

### *Nevýhody*

1. Plasty nejsou absolutní bariérou pro plyny ani vodní páry, což znamená, že oxid uhličitý může v čase unikat ven a naopak kyslík může vnikat dovnitř lahve.
2. Plasty nejsou odolné vůči některým chemikáliím; například silikonové spreje, které se často používají pro mazání dopravníků, mohou způsobit praskání PET láhvi.
3. Nízká odolnost proti poškrábání, což má vliv na neatraktivní vzhled lahve, zvláště pokud bereme v úvahu vratné plastové lahve.
4. Přítomnost statické elektřiny, která způsobuje problémy při plnění nealkoholických nápojů. Pokud jsou lahve vyfukovány z preforem přímo ve výrobním závodu nealkoholických nápojů, pak mohou být lahve vlivem statické elektřiny přichycovány ve vzduchových dopravnících, kterými jsou lahve přiváděny do plniče, což snižuje výkon linky. V případě, kdy jsou do výrobního závodu dováženy lahve již vyfouknuté, dochází vlivem statické elektřiny k přichytávání částic prachu na vnitřní stranu lahve.

Při porovnávání plastových a skleněných láhví stejného objemu vypadá plastová lahev menší než skleněná, což může ovlivnit spotřebitele [2].

### 3.2.1 PET (polyethylentereftalát)

Polyethylentereftalát (PET) je polyesterový polymer sestávající ze střídavých jednotek ethylenglykolu a kyseliny tereftalové. Délka řetězce je přibližně 30 000 jednotek. Na PET používaný pro sycené nealkoholické nápoje je jiný požadavek než na ten, který je



používán pro nealkoholické nápoje nesyčené. PET byl vyvinut jako textilní vlákno ve čtyřicátých letech minulého století a stále se používá pro výrobu kobereců a oblečení. Teprve v šedesátých letech 20. století byl použit pro výrobu obalů. Použití PET pro lahve syčených nápojů bylo zahájeno počátkem 70. let. Polyethylentereftalát je jedním z nejrozšířenějších materiálů při výrobě obalů. Jeho aplikace je však omezena nízkými bariérovými vlastnostmi ve vztahu ke kyslíku a oxidu uhličitému [2, 36].

### 3.2.2 Výroba plastových lahví

PET lahve se dnes vyrábí z pelet pryskyřic, které jsou vytvarovány do předlisku (preforem). Ty se pak používají k výrobě lahví. Preformy se vyrábějí vysokotlakým vstříkáním, při kterém se předsušené pelety pryskyřice roztaví při teplotách přibližně 275°C. Při výrobě barevných preforem se během procesu tavení přidává barva v požadované dávce. Po roztavení se roztavený plast vstříkne do formy a následně je forma ochlazená studenou vodou. Preformy mohou být po výrobě skladovány po dobu až šesti měsíců než jsou vyfouknuty v lahev. Po uplynutí této doby se výroba kvalitních lahví stálé barvy stává čím dál obtížnější z důvodu absorpce vlhkost z atmosféry. K foukání lahví dochází na vyfukovacím stroji, který bývá součástí stáčecích linek, nebo jsou lahve foukány mimo stáčecí linky a mimo výrobní závod plnicí nealkoholické nápoje, což však výrobní proces prodražuje. Na začátku procesu vyfukování láhve se předlisek zahřeje na teplotu asi 90°C. Roztavená preforma se natáhne na kovovou tyč, čímž dojde k protažení. Následně se preforma vyfoukne tlakem až 4 MPa do konečného tvaru formy láhve. Je velmi důležité, aby procesy protažení a vyfouknutí preformy probíhaly ve správný okamžik a došlo tak k orientaci polymerních řetězců v biaxiálním uspořádání (řetězce s náhodným uspořádáním v podélném i příčném směru). Biaxiální orientace zlepšuje pevnost v tahu i tuhost PET lahve. Zároveň jsou sníženy kritické aspekty jako propustnost pro vodní páru a kyslík a maximalizována skladovatelnost produktu. Polyethylentereftalátové (PET) lahve, které se obvykle vyrábějí vstříkáním, jsou široce používány pro skladování a přepravu syčených nealkoholických nápojů (CSD). Pohyb roztažných tyčí, foukací tlak, teplotní profil předlisku, teplota povrchu formy a vlastnosti materiálu patří k nejdůležitějším faktorům, které ovlivňují kvalitu finálního výrobku z hlediska rozložení tloušťky, roztržení tlakem a odolnosti lahví před zatížením. Avšak doba zdržení foukané láhve uvnitř formy je také důležitým faktorem ovlivňujícím její konečné vlastnosti. Zejména při výrobě PET lahví pro plnění za horka je doba zdržení velmi důležitým faktorem, protože čím delší doba je, tím je lepší krystalická

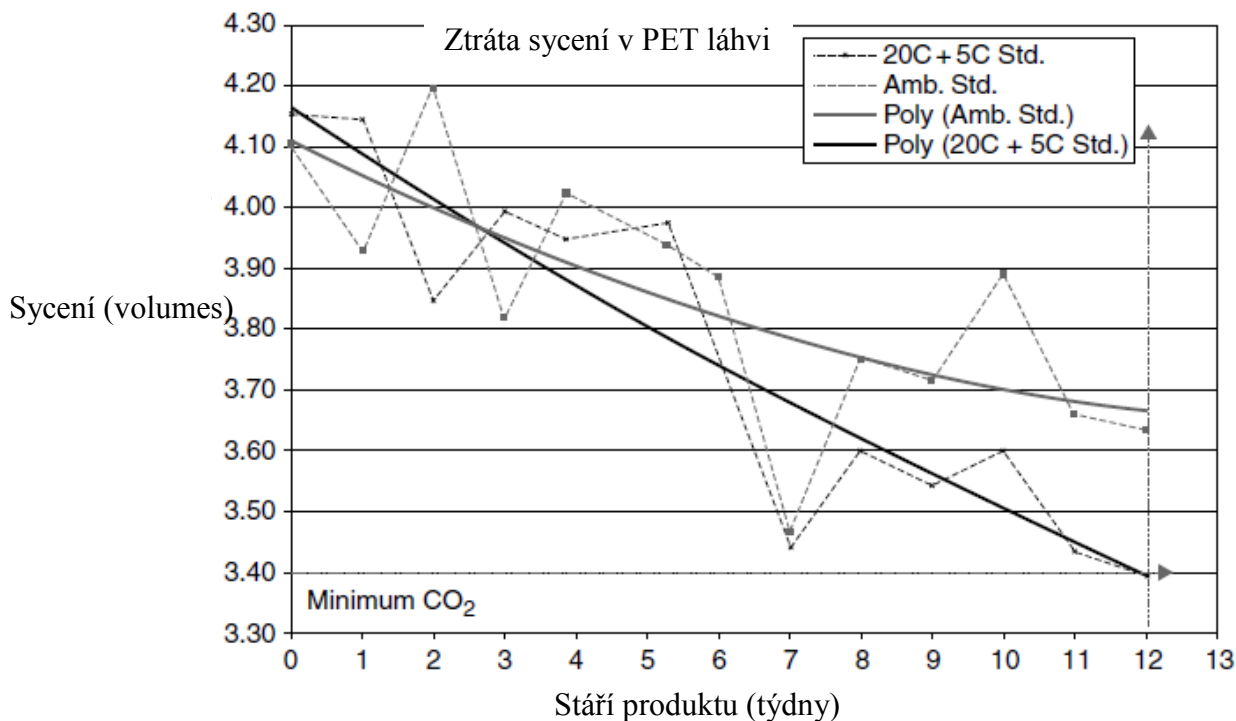
struktura PET. Krystalická forma umožňuje lepší odolnost vůči vysokým teplotám. Byla provedena studie pro optimalizaci teploty povrchu formy a doby zdržení PET ve formě. Bylo zjištěno, že optimální teplota povrchu formy a doba zdržení lahve uvnitř formy byly 10°C a 20 s [2, 37].

### 3.2.3 Ztráta sycení v PET lahvi

Při zvažování použití PET lahví pro nealkoholické nápoje je třeba vzít v úvahu ztrátu sycení v průběhu času v závislosti na použité velikosti lahve. Čím menší je velikost lahve, tím vyšší je rychlost ztráty v důsledku vztahu mezi povrchovými plochami lahve a objemem kapaliny. Rychlost ztráty sycení závisí na řadě faktorů, avšak většina výrobců sycených nealkoholických nápojů zvyšuje hladinu karbonace v PET obalu ve srovnání s plechovkou nebo skleněnou lahví stejného výrobku. U nápojů typu cola je toto zvýšení obvykle až dvojnásobné. Mezi další faktory, které ovlivňují rychlost ztráty, patří typ použité PET pryskyřice, hmotnost lahve a rozložení materiálu uvnitř lahve, zejména v boční stěně. Typicky pro lahev o objemu 2 litry je očekávaná ztráta karbonace během 12 týdnů cca 15-16 % v/v. Některé pryskyřice mohou zlepšit zádrž karbonace asi o týden v porovnání se standardním materiálem. U typických 0,5 l PET lahvích o hmotnosti 26 g lze očekávat, že dojde během 8 týdnů k poklesu o 15-16 % v/v a u 0,25 l lahve se sníží na srovnatelnou hodnotu již za 6 týdnů. Přibližně 80 % v/v oxidu uhličitého se ztrácí přes boční stěnu lahve a 5 až 10 % v/v přes uzávěr. Obrázek 7 ukazuje typickou ztrátu sycení v čase pro produkt s vysokou karbonací. Ačkoli skleněné a kovové obaly mají velmi dobré bariérové vlastnosti ve srovnání s plastovými, jsou bariérové vlastnosti plastových obalů v posledních letech na mnohem lepší úrovni, než tomu bylo na počátku jeho využívání pro balení sycených nápojů. Toho bylo dosaženo zavedením nových vícevrstvých materiálů, včetně vrstev absorbujících kyslík, a nových technik pro potahování. I proto dnes používání plastových lahví výrazně převažuje nad skleněnými a kovovými obaly [38, 2].

Doba skladovatelnosti nápojů se sycením závisí především na vlastnostech PET a úbytek oxidu uhličitého v čase může být podpořen různými mikrotrhlinami a prasklinami v materiálu PET lahve, které se mohou vyskytnout za určitých podmínek. K těmto vadám dochází již při výrobě preforem a následně při vyfukování lahví. Vady jsou důsledkem různých faktorů, které obvykle působí v kombinaci a jsou obtížně izolovatelné. Mezi tyto faktory patří nadměrný vnitřní tlak (nadměrná karbonizace), rozložení materiálu, změněná

vnitřní viskozita, vystavení UV záření nebo vysokým teplotám, ale nejdůležitější je kontakt s žíravými látkami (například maziva dopravních pásů) atd. [58].



Obrázek 7: Úbytek sycení v čase [2]

### 3.2.4 Propustnost polymerů

Při zohlednění ztráty sycení není PET dobrou bariérou pro plyny, i když je mnohem lepší než polyethylen nebo polyvinylchlorid. Ztráta sycení nastává, když oxid uhličitý proniká přes PET stěny. V Tabulce 3 je zobrazeno porovnání propustnosti běžných obalových plastů pro kyslík, oxid uhličitý a vodu. Pokud je sycení kritickou podmínkou produkce syceného nealkoholického nápoje, pak mohou být PET lahve potaženy dalšími materiály jako je EVOH (kopolymer ethylenu a vinylalkoholu). Takové PET lahve se používají i v případě, že se jedná o vratné lahve. Tento PET polymer je silnější a lahve jsou tak těžší. Nejrozšířenějším polyamidem používaným pro bariérové aplikace je PA-MXD6, který je kopolymerem m-xylylendiaminu s kyselinou adipovou. Je to polokrystalická látka a má dobrou průhlednost a vysokou odolnost vůči plynu. Má nižší absorpci vody než běžné polyamidy a vykazuje vyšší tahové vlastnosti. Je však stále hygroskopická a absorpce vlhkosti odbourává vlastnosti plynové bariéry za vysoké vlhkosti. Nevýhodou je vlastnost plastu absorbovat pachy a nečistoty (ve srovnání se sklem). Lehkost a nerozbitnost plastu je hlavní výhodou oproti sklu, ať už lahve vratné nebo jednorázové. Pro srovnání 2 l nevrtná

lahve váží průměrně 43 g a vratná lahve, u které se očekává 5 až 10 cyklů mytí a znovu naplnění, váží asi 100 g [39].

Tabulka 3: Porovnání propustnosti různých materiálů [2]

Propustnost	Kyslík	Oxid uhličitý	Voda
Polystyren (PS)	6000	17000	100
Polyethylen s nízkou hustotou (LDP)	6000	3000	20
Polypropylen (PP)	3600	9500	8
Polyethylen s vysokou hustotou (HDPE)	2800	9000	5
Kopolymer polyester (PETG)	400	2000	60
Polyvinylchlorid (PVC)	120	240	20
Biaxiálně roztážený polyester (PET)	62	310	17
EVOH	0,4	1,3	60

### 3.3 Skleněné lahve

Při vývoji konstrukce skleněné láhve pro sycené nealkoholické nápoje je nutno brát v úvahu několik základních pravidel:

1. Láhve musí mít kruhový průřez, musí udržet tlak, ať už pro výrobky s vysokou nebo nízkou karbonací. Pokud produkt vyžaduje pasteraci v obalu, vyvíjejí se lahve pro udržení ještě vyšších tlaků.
2. Headspace (volný prostor nad hladinou nápoje v lahvi) musí být nastaven v definovaných mezích a tyto meze musí být minimální pro všechny potenciální produkty, pro které by mohla být konstrukce láhve použita.
3. Musí být znám maximální možný obsah oxidu uhličitého produktu, který bude do lahví plněn a známy musí být také podmínky zpracování v lahvích.
4. Odolnost proti vnitřnímu tlaku, protože láhev musí mít dostatečnou pevnost, aby odolala tlaku, který vzniká. Hladiny různých karbonačních podmínek jsou uvedeny v Tabulce 4.
5. Tepelný šok, pokud výrobek vyžaduje pasteraci.
6. Konečné balení lahví, ve kterém bude láhev expedována k zákazníkovi. Moderní automatizované systémy distribuce a skladování znamenají, že láhev a vybraný sekundární formát balení musí odpovídat standardní paletě 1000 mm × 1200 mm a jakýkoli přesah mimo tento rozměr musí být minimalizován ( $\pm 20$  mm) [2].

Tabulka 4: Specifikace odolnosti vnitřního tlaku [2]

Úroveň sycení oxidem uhličitým pro nealkoholické nápoje (při 20 ° C)	Minimální odolnost vnitřního tlaku	
	Nevratné lahve	Vratné lahve
<0,30 MPa	1,20 MPa	N/A
0,30 – 0,47 MPa	1,40 MPa	1,60 MPa
0,47 – 0,53 MPa	Není povoleno	1,75 MPa (pouze 115 a 180 ml)

### 3.3.1 Procesy výroby skleněných lahví

#### *Proces tavení*

Sklo pro lahve se vyrábí tavením písku, uhličitanu sodného, vápence a dalších vedlejších složek. Procentuální zastoupení jednotlivých složek skla uvádí Tabulka 5. Dále se do směsi přidávají další složky pro dosažení požadované barvy [40].

Tabulka 5: Typické složení směsi pro výrobu skleněných lahví [2]

Složka skleněné lahve	Procentuální zastoupení
Písek (jako oxid křemičitý)	69-72 %
Vápenec	11 %
Uhličitan sodný	14 %
Další složky: oxid hlinitý, oxid křemičitý, potaš	0,5 až 3 %

Teplota potřebná k roztavení a spálení materiálů do roztaveného skla je asi 1500°C. Roztavené sklo odchází z pece jednotlivými kanály, označovanými jako hrdla a vedoucími do strojů na tváření lahví. Jedna pec obvykle poskytuje roztavené sklo pro několik tvářecích strojů, které mohou vyrábět různé typy lahví. Roztavené sklo prochází otvorem a bezprostředně pod ním je dvojice kovových nožů, které odřezávají tok skla na části s předem stanovenou hmotností pro navrženou lahev, každá odřezaná část spadne do formy lahve tvářecího stroje [2].

#### *Tvarování skleněné lahve*

Skleněná lahev se v tvarovacím stroji tvoří ve dvou stupních. V prvním stupni se roztavený materiál rozstříkne pomocí vzduchu do formy, kdy dochází k tvarování hrdla a závitů pro

uzávěr. V druhém stupni je dotvarován zbytek láhve do požadovaného tvaru, který je dán použitou formou. Po vytvarování je lahev z formy vyjmuta a umístěna na vyhřívaný dopravník. Vnější část lahve je ochlazena na cca 300°C, kdy je dostatečně tuhá a lze s ní manipulovat nástroji, uvnitř je stále velmi horká a sklo je měkké. V dalším kroku prochází lahev žíhací pecí, ve které se lahve znovu ohřívají na teplotu 550°C, což je teplota, při které sklo může mírně proudit, což umožňuje odstranění napětí v nově vytvořené lahvi. Láhve se následně nechávají pozvolna rovnoměrně vychladnout. Pevnost lahve je při prvním tvarování silnější než ocel. Avšak 90 % pevnosti se ztrácí díky poškrábání způsobeným kontaktem ve výrobní lince. Tomuto poškození povrchu lahví se výrobci snaží zabránit použitím různých povrchových úprav. Běžně se dnes používá postřik povrchu lahví horkým roztokem chloridu cínatého [41, 2].

### 3.3.2 Poruchy kvality skla

Výrobci skla historicky rozdělili vady kvality skla při jeho výrobě skla do tří kategorií v závislosti na jejich závažnosti: kritické, zásadní a méně významné. Rozdělení do těchto kategorií se řídí těmito kritérii:

- problém způsobí zdravotní následky nebo právní spory
- problém by mohl ovlivnit vnímání výrobku spotřebitelem, ale není otázkou bezpečnosti
- vada by mohla přímo ovlivnit funkčnost plnicí linky
- vada by mohla ovlivnit produkt nebo výrobní proces

#### *Kritické vady*

Kritická vada je definována jako defekt lahve, který by mohl vést ke vzniku nebezpečí pro konzumenta a mohlo by dojít k poškození jeho zdraví. Typickou kritickou chybou je tenká „nit“ ze skla na vnitřní straně láhve rozprostírající se mezi dvěma body těla nebo hrdla lahve. Dále mohou vznikat ostré hrany vyčnívající dovnitř lahve těsně u hrdla. Další vada může vzniknout odpadnutím kousku skla do lahve, který přilne k vnitřnímu povrchu lahve v okamžiku, kdy je lahev horká [2].

### *Zásadní vady*

Zásadní vada skleněné lahve může způsobovat problémy při procesu plnění. Takovým defektem mohou být velké trhliny, které se vyskytují kdekoli na lahvičce. Další vadou jsou deformované hrdla, pravděpodobně bude mít tato vada za následek, že plnicí jehla rozbije láhev nebo může dojít i k poškození plnicí jehly [2].

### *Méně významné vady*

Mezi tyto vady patří především odchylky ve vzhledu lahve, jako jsou například tzv. klínové dno, kdy materiál ve dně lahve není rovnoměrně rozložen. Další vadou mohou být různé barevné skvrny, bublinky nebo puchýřky v těle lahve. Nesmí se však vyskytovat na povrchu. Akceptace těchto vad je postavena na zákaznicko-odběratelských vztazích.

S rostoucí produkcí skleněných lahví je stále důležitější detekční účinnost a přesnost skleněných lahví [2, 42].

Dnes jsou běžně používány detekční systémy pro zjištění defektů v horní části skleněných lahví, které jsou instalovány na výrobních linkách. Systém využívá pro zachycení vad několik videokamer. Obrazy jsou vyhodnoceny a v případě odchylky od specifikace, jsou vyřazeny [43].

### **3.3.3 Jednorázové a vratné lahve**

Původně byly lahve pro nealkoholické nápoje navrženy a vyrobeny tak, aby byly používány víc než jednou, a tudíž byly známé jako vícestupňové nebo vratné lahve. Tento typ lahve je třeba umýt a vyčistit, což zahrnuje použití roztoku hydroxidu sodného a vyplachování horkou vodou, což může poškodit povrch skla. Pozornost je třeba věnovat i vlivu roztoku louhu na poškození lahví. Vzájemný kontakt lahví na plnicí lince vede k abrazi a odlupování povrchu lahve v průběhu času, zvláště pak na kontaktních místech, což může způsobit nepřijatelnou vizuální přitažlivost spotřebitele [44].

Jednorázové lahve jsou navrženy tak, aby byly vyrobeny, naplněny a prodány spotřebiteli. Po konzumaci nápoje v ideálním případě se lahev recykluje. Proto jsou konstrukčně lehčí než lahve vratné. Skleněné lahve jsou 100 % recyklovatelné [45, 2].

### 3.4 Uzávěry pro sycené nealkoholické nápoje

V lahvi se syceným nealkoholickým nápojem je plyn v horním prostoru (headspace) pod tlakem a tento tlak je závislý na velikosti sycení produktu a jeho teplotě. Tlak se musí před sejmutím uzávěru snížit na tlak okolní atmosféry. Pokud tomu tak není, mohl by uzávěr odstřelit a způsobit tak zranění. Ideální uzávěr pro konzumenta je takový, k jehož odnětí není zapotřebí žádného náčiní a lze ho použít k opětovnému uzavření lahve. Tyto požadavky splňuje typ PCO uzávěr s pojistným kroužkem, který je při prvním otevření lahve oddělen od uzávěru a zůstává na lahvi [2, 46].

#### 3.4.1 Plastové uzávěry

Tyto uzávěry jsou vyrobeny z pevného plastu, kterým může být polypropylen nebo polyethylen s vysokou hustotou v závislosti na výrobci uzávěrů a jejich výrobních postupech. Vyrábí se technologií lisování nebo vstřikování. Plastové uzávěry jsou dvojího typu. První typ uzávěru obsahuje vložku, která při stlačení vytvoří těsnění mezi uzávěrem a lahví. Druhý typ uzávěru obsahuje uvnitř mírně pružnější vrstvy plastu, jako je polyethylen s vysokou hustotou, který jí umožňuje vytvářet těsnění s lahví bez potřeby vložky.

Nevýhodou těchto uzávěrů bývají obtíže při otvírání spotřebitelských obalů. Z tohoto důvodu je důležitým parametrem povolovací moment, neboli síla, kterou je třeba vynaložit k povolání uzávěru [2, 47].

#### 3.4.2 Korunkové uzávěry

U skleněných lahví do objemu 330 ml se běžně používají korunkové uzávěry. Jedná se o uzávěry, které lze otevřít za použití otvíráku. Při výrobě tohoto typu korunkového uzávěru je nejprve plech potíštěn požadovanou barvou nebo logem, následně je lakován po obou stranách. V dalším kroku jsou korunky vylisovány pomocí forem a následně jsou lemovány na vnitřní straně těsnicí vložkou. Původní korunka byla lemována korkem, ten byl v 60. letech minulého století nahrazen pěnovou plastisolovou vložkou, která byla od devadesátých let postupně nahrazována plastovou vložkou [46].

Alternativou k výše uvedené korunce je méně používaný kovový uzávěr označovaný jako "Twist Off" korunka. Jak napovídá název (odšroubovat), lze jej otevřít ručně.

Obecně existují dva hlavní nedostatky korunkových uzávěrů. Jednak potřeba nástroje k jeho odstranění a nelze jej použít k uzavření lahve opakovaně [2].



### 3.5 Plechovky a víčka

Plechovky byly původně určeny k uchování potravin. Pro nápoje byly prvně použity v roce 1810. K výrobě plechovek byl používán pocínovaný plech a do roku 1900 byly vyráběny ze třech částí – válce a dvou uzávěrů. Počátkem 20. století došlo k významnému rozvoji výroby tohoto obalu, zejména se začal používat nový způsob uzavření dvojitým švem, který se používá dodnes. Konzistence a kvalita procesu spojování plechovky a víčka jsou rozhodující pro bezpečnost potravin. Vliv na kvalitu uzavření mají různé parametry, jako jsou například tlak talíře a tlak válcovací kladky, tloušťka švů, výška švů, délka spoje, překrytí, délka háku víka a jiné. Velký význam při plnění nápojů do plechovek má kontrola a optimalizace podmínek spojování [2, 48].

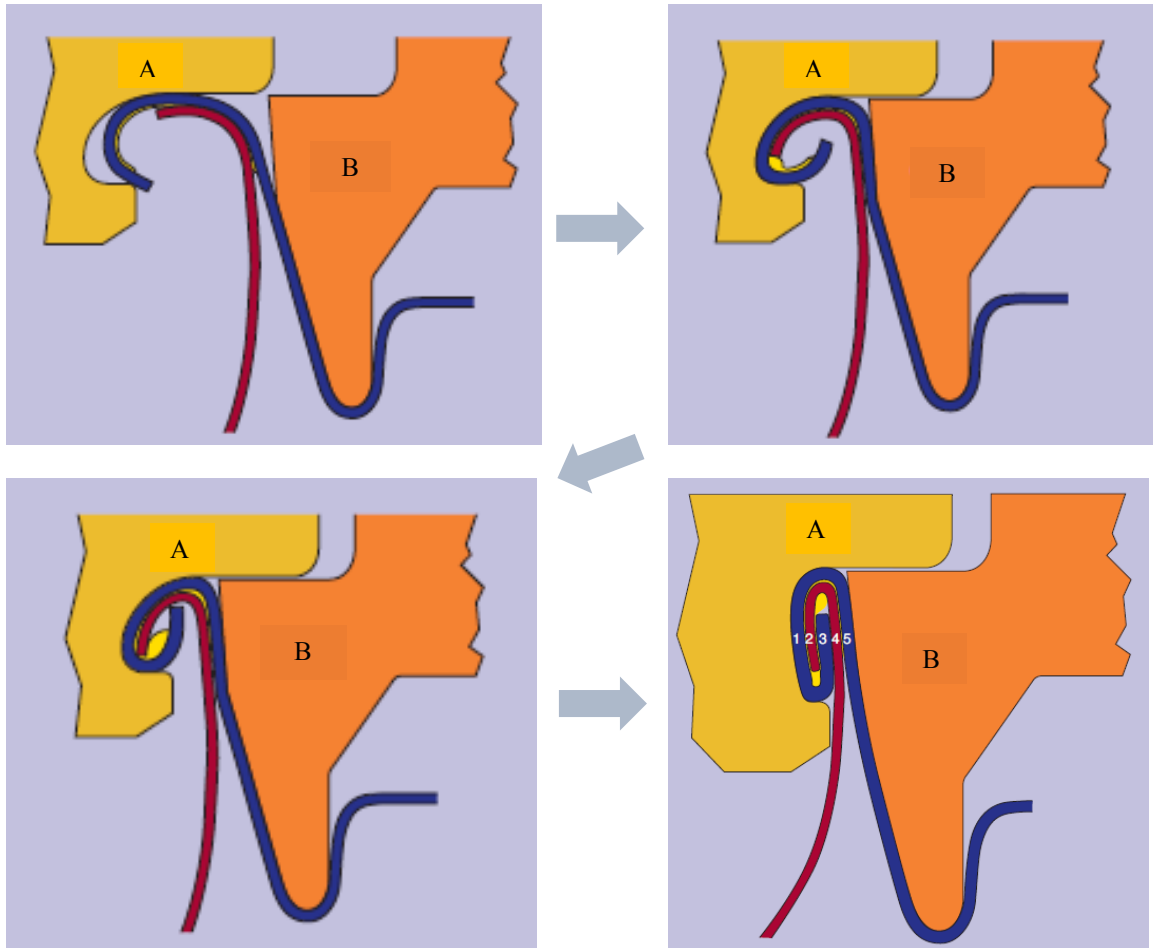
Dnes se plechovky pro nápoje vyrábí procesem lisování a následným tažením. Z hliníkového svitku se v první fázi vysekne kroužek a z něj se na lisu pak vytáhne kalíšek. Ten se usadí na pohyblivý razník, který je silou protlačen přes několik kroužků. Tímto způsobem je vytvořen vlastní trup plechovky. Kroužky mají průměry sestupných velikostí, proto dochází k tažení se snižováním tloušťky stěny. Po vytvoření trupu následuje formování dna. Dalším krokem je zastřížení těla plechovky na požadovanou velikost. Jelikož je během výrobního procesu použita celá řada maziv, olejů apod., musí být plechovka omyta, odmaštěna a osušena. Dále se plechovka může, ale nemusí natřít základním povrchovým lakem, který je obvykle bílý nebo bezbarvý. V poslední fázi dochází k potištění a lakování. Plechovky se potiskují různými způsoby – nepřímým knihtiskem, tamponovým tiskem, sítotiskem nebo digitálně. Nejvíce je rozšířen první způsob a to kvůli rychlosti výroby [49].

Nevýhodou kovových obalů je jejich koroze, ke které může docházet vlivem působení nápoje. Proto je důležité znát možnost interakce nápoj-obal. Vliv má pH, kyselost, koncentrace chloridů a mědi v nápoji popřípadě ve vodě [50].

#### *Víčka*

Víčka plechovek jsou vyrobena z hliníku. Okraje víčka jsou tvarována tak, aby po nasazení na tělo plechovky mohla být uzavřena vytvořením dvojitého švu. Víčko se uzavírá konzervářským zámekem až po naplnění plechovky. Uzavření plechovky je zabezpečeno vytvořením dvojité obruby přeložením a zaválcováním lemu pláště plechovky a obvodové části víčka s těsněním. Uzavírací stroj má podle výkonu různý počet uzavíracích hlav a plechovky se při uzavírání otáčejí. Uzavírací hlava má tři funkční části – talíř uzavírací hlavy a dvě uzavírací kladky s různým profilem. V první fázi uzavírání přidržuje talíř

víčko na plechovce a první kladka vytváří dvojitou obrubu, v druhé fázi potom druhá kladka utěsní dvojitý šev zaválcováním. Jednotlivé fáze uzavírání plechovky jsou znázorněny na Obrázku 8 [2, 17, 1].



Obrázek 8: Fáze uzavírání plechovky víčkem v uzavíracím stroji, A- válcovací kladka, B-talíř uzavírací hlavy [51]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 CÍL PRÁCE

Cílem této diplomové práce bylo sledovat úbytek oxidu uhličitého ve vybraném syceném nealkoholickém nápoji během jeho skladování. Porovnáván byl totožný sycený nealkoholický nápoj balený v PET lahvi, ve skleněné láhvi a v hliníkové plechovce.

Pro dosažení cílů bylo třeba:

- zpracovat literární rešerši, která se týkala zejména vlivů na úbytek oxidu uhličitého v syceném nápoji,
- se zaměřit především na úbytek oxidu uhličitého v PET lahvi

Pro zpracování praktické části bylo nezbytné naplnit tyto cíle:

- zajistit vzorky totožných sycených nealkoholických nápojů balených ve třech různých typech obalů – PET lahev, skleněná lahev a hliníková plechovka,
- vzorky uchovat při stabilní teplotě  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$
- vzorky podrobit analýze stanovení refraktometrické sušiny a obsahu oxidu uhličitého
- analýzu stanovení úbytku oxidu uhličitého provést ihned po naplnění, po 1 týdnu, po 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20, a 24 týdnech,
- měření v uvedených intervalech provést u 3 vzorků,
- výsledky vyhodnotit a vyvodit závěry.

## 5 METODIKA PRÁCE

### 5.1 Popis experimentu

Praktická část diplomové práce byla zahájena zajištěním vzorků sycených nealkoholických nápojů od lokálního výrobce nealkoholických nápojů. Analyzované nápoje jsou dostupné v běžné tržní síti v České republice. Základní sledované parametry (refraktometrická sušina, kyselost a oxid uhličitý) nápojů všech typů balení byly na počátku experimentu totožné. Prvním typem obalu byla PET lahev o objemu 2,00 l a gramáží 41,50 g. Použitý uzávěr byl z materiálu HDPE. Skleněná láhev o hmotnosti 307,85 g měla objem 0,33 l a byla opatřena korunkovým uzávěrem s vnitřní plastovou těsnicí vložkou. Hliníková plechovka o objemu 0,25 l a hmotnosti 12,54 g byla opatřena standardním hliníkovým víčkem s trhačem. Sledovanými parametry byly refraktometrická sušina, kyselost a obsah oxidu uhličitého. Všechny tři typy vzorků byly odebrány v dostatečném množství a uskladněny v místnosti se stabilní teplotou  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  a relativní vlhkosti vzduchu  $38\% \pm 2\%$ . Měření oxidu uhličitého bylo prováděno v intervalech ihned po naplnění (týden 0), po 1 týdnu, po 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20, a 24 týdnech. Refrakce a kyselost byla stanovena pouze při prvním měření. Obsah oxidu uhličitého byl stanoven pomocí dvou metod – manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze pomocí zařízení CarboQC (od výrobce Anton Paar se sídlem v rakouském Štýrském Hradci). Použité metody jsou popsány v následujících podkapitolách. Všechna měření v uvedených časových intervalech byla vždy provedena u třech vzorků a dále bylo pracováno s aritmetickým průměrem těchto třech výsledků měření.

### 5.2 Použité metody analýz

#### 5.2.1 Stanovení refraktometrické sušiny

Vzhledem k tomu, že cukry jsou obecně druhou největší složkou v nealkoholických nápojích nebo ovocné šťávě po vodě, používá se ke zjištění obsahu cukru rychlá metoda za použití refraktometru. Větší refraktometry s vyšší přesností jsou vybaveny teplotní kompenzací vzorku. Refraktometrické stanovení obsahu cukrů se obecně označuje jako °Brix a je jedním ze základních testů, které se provádí v dnešních výrobních závodech pro výrobu nealkoholických nápojů a ovocných šťáv [4]. Toto měření obsahu rozpustných pevných látek je pouze odhadem, protože předpokládá, že vše v roztoku má stejný index lomu jako

sacharóza. Vzhledem k tomu, že index lomu roztoku kyseliny citronové je nižší, než index lomu sacharózy používá se korekční faktor, který lze vypočítat pomocí následující rovnice:

$$\text{Korekce kyseliny na Brix } 0,012 + 0,193 m - 0,0004 m^2$$

kde  $m$  je celková kyselost získaná titrací do pH 8,1 vyjádřená jako bezvodá kyselina citronová v g/100 g [4].

K vlastnímu stanovení refrakce byl použit stolní refraktometr (od výrobce Atago se sídlem v japonském Tokiu) pro přímé stanovení hodnoty refrakce v °Brix. Stanovení vychází z měření indexu lomu světla neboli refrakce. Lom světla je optický jev, ke kterému dochází na rozhraní dvou prostředí, kterými světlo prochází. Je důsledkem různé rychlosti šíření světla v různých prostředích v závislosti na obsahu cukru. Použitý refraktometr měl rozsah 0 – 100 °Brix a přesnost 0,01 %. Samotné měření je velmi jednoduché. Odklopí se víčko, na čisté sklíčko se nakape měřený vzorek tak, aby neobsahoval bublinky a pokryl celé sklíčko, přiklopí se víčko a stlačí tlačítko START. Po odpočítání nastavené doby registrace vzorku se objeví výsledná koncentrace °Brix. Pro nastavení nuly přístroje se používá destilovaná voda a provádí se vždy před zahájením měření v četnosti minimálně 1x za 8 hodin (v případě provozní laboratoře). Ověření přesnosti přístroje se provádí pomocí kontrolních roztoků dodávaných výrobcem refraktometrů. Toto ověření se provádí 1x za rok. Okolní prostředí, kde je refraktometr umístěn by mělo mít teplotu v rozmezí 10 – 40 °C a vlhkost do 90 %. Ustálení teploty (temperatury) vzorků provádí přístroj automaticky.

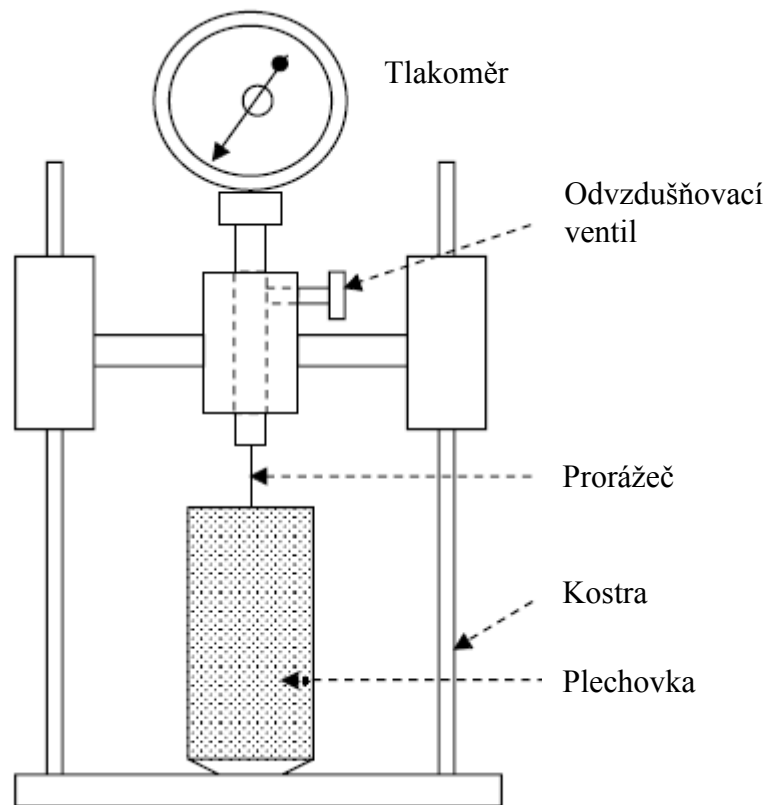
### 5.2.2 Stanovení titrační kyselosti

Standardní metoda, která se používá ke stanovení kyselosti nealkoholických nápojů nebo ovocné šťávy, se provádí titrací za použití hydroxidu sodného. Jako indikátor detekce bodu ekvivalence byl používán fenolftalein. Dnes se však tato detekce na indikátor již téměř nepoužívá a kyselost se stanovuje pomocí měření pH, kdy se za bod ekvivalence považuje pH v hodnotě 8,1. Tento postup stanovení má několik výhod, umožňuje titraci provádět automaticky a zabraňuje vzniku problémům u barevných produktů, jako jsou například šťávy z černého rybízu, kde může být obtížné nebo nemožné zjistit bod ekvivalence. Titrace pomocí automatického titrátoru je také mnohem časově a nákladově efektivnější. V syceném nápoji musí být před analýzou nejprve z produktu odstraněn oxid uhličitý. Může být odstraněn vařením, ultrazvukem nebo mechanickým mícháním. Většina kyselin může být také stanovena pomocí HPLC [4, 55].

U analyzovaných vzorků nápojů byla použita standardní titrační metoda, jejímž principem je titrační stanovení titrovatelných kyselin. Kyseliny jsou ekvivalentní vodíkovým iontům titrovaným alkalickým hydroxidem do konvenční hodnoty pH. Titrovatelné kyseliny zahrnují organické, popř. anorganické kyseliny (zejména citronová, vinná, jablečná). Nezahrnují oxid uhličitý (kyselinu uhličitou – zkoušený nápoj se zbaví před zkouškou oxidu uhličitého). Před vlastním měřením byl ze syceného nápoje odstraněn oxid uhličitý pomocí magnetického míchadla (10 minut). Ke stanovení byla použita automatická byreta značky BRAND s rozsahem 0-50 ml a přesností 0,01 ml. Dále byl použit pH metr a roztok NaOH o koncentraci 0,1 mol/l. Odměrným válcem se do kádinky odměřilo 100 ml nápoje, do něj bylo vloženo magnetické míchadlo a kádinka byla postavena na míchačku. Nápoj se míchal 10 minut. Následně bylo do jiné kádinky odměřeno 50 ml vzorku zbaveného oxidu uhličitého do něž se následně ponořila elektroda pH metru a začalo se titrovat. Během titrace se vzorek míchá elektrodou až do hodnoty pH 8,1. Výpočet kyselosti nápoje byl proveden dle vzorce:  $kyselost = spotřeba\ 0,1\ M\ NaOH \cdot 0,128 \cdot f_{0,1\ M\ NaOH}$ , kde  $f$  je faktor použitého odměrného roztoku NaOH. Výsledek udává g/l kyseliny citronové.

### 5.2.3 Měření obsahu oxidu uhličitého

Všeobecné schéma zařízení pro měření sycení je znázorněno na Obrázku 9. Skládá se z kostry, ve které je uchycen obal, prorážeče, který při průchodu obalem umožní změření tlaku plynu. Obal je uchycen v přístroji, propíchnut, protřepáván a následně je měřen tlak. Odvzdušňovací ventil se otevře, čímž dochází k uvolnění plynu z prostoru obalu. Počká se do okamžiku ustálení hodnoty na tlakoměru. Následně je odvzdušňovací ventil uzavřen a obal se znovu protřepe. Opět se vypustí plyn z obalu. Měřený vzorek se následně vyjme z přístroje a teploměrem se změří teplota nápoje. Ke zjištění hodnoty sycení je následně použita tabulka [2, 35].



Obrázek 9: Zařízení pro měření sycení [2]

Jistou roli při měření sycení hraje přítomný vzduch v lahvi. V nápoji se nachází směs vzduchu a oxidu uhličitého. Obsah vzduchu v lahvi tvoří přibližně jednu pětinu z celkového obsahu plynů v lahvi. Zákon dílčích tlaků byl formulován Jonem Daltonem (1766-1844) a říká, že "tlak  $P$  směsi plynů, které chemicky nereagují, se rovná součtu tlaků jednotlivých složek, když každý z nich zaujímá objem rovnající se směsi při teplotě směsi". To může být pro směs  $N$  počtu plynů zapsáno jako:

$$P_{směsi} = P_A + P_B + \dots + P_N$$

Parciální tlak plynu ve směsi se rovná součinu celkového tlaku a molové frakce ( $X$ ) tohoto plynu ve směsi, tj.,

$$P_i = X_i \cdot P_{směsi}, \text{ kde } i \text{ odpovídá jednotlivým složkám.}$$

molární frakce  $X$  je způsob vyjádření složení směsi

$$X_i = m_i / \sum m \text{ a } X_A + X_B + \dots + X_N = 1$$



Vzduch je primárně tvořen 79 % v/v. dusíkem a 21 % v/v. kyslíkem, což představuje přítomnost inertních plynů. V každé syčené směsi budeme mít k dispozici oxid uhličitý, dusík a kyslík. Vzhledem k rozdílné rozpustnosti a podílu kyslíku a dusíku obsahuje rozpuštěný vzduch ve skutečnosti 35 % v/v kyslíku a 65 % v/v dusíku, protože rozpustnost dusíku je nízká. Přítomnost kyslíku může vést k problémům se syčením produktu, a proto je nutné, aby přítomnost kyslíku v nápoji byla co nejnižší. Přítomnost vzduchu způsobuje vyšší tlak, a tudíž zkresluje výsledek syčení. Pokud vezmeme v úvahu, že lahev obsahuje v prostoru nad hladinou 5 % v/v plynu, pak při odplynění lahve před měřením obsahu oxidu uhličitého, ztratíme 5 % v/v plynu. Pokud by se v prostoru nad hladinou nacházel pouze oxid uhličitý, očekávali bychom, že při prvním protřepání ztratíme 5 % v/v tlaku a druhým protřepáním 7 % v/v. Pokud by byly přítomny jiné plyny, ztratili bychom větší tlak. Je-li přítomen vzduch, je třeba minimalizovat jeho přítomnost. Problém je často způsoben při plnění nápoje do obalu. Při měření syčení se využívá automatického otáčení lahve s nápojem, rychlost a počet otáček je dána a je vždy stejná. V přístroji dojde následně k odplynění, měření tlaku, teploty a přístroj nám zobrazí aktuální syčení v jednotkách volumen. Tato metoda se vyznačuje svou opakovatelností. Pokud použijeme ruční „vytřepání“ plynů z nápoje, bude metoda značně zatížena chybou měření. Každý jedinec bude dělat něco trochu jinak. Co je potřeba pro řízení procesu, je úplná opakovatelnost. To umožní automatizace procesu kontroly [2].

Pro syčené nealkoholické nápoje je syčení klíčovým parametrem, a pokud syčený nápoj neobsahuje správné množství oxidu uhličitého, může to narušit celkovou chuť nápoje. Úroveň syčení může být měřena různými způsoby – manometricky, stanovení na základě elektrické vodivosti plynného oxidu uhličitého nebo iontovou chromatografií. V následující části budou popsány metody, které byly použity při stanovení oxidu uhličitého u analyzovaných nápojů [4].

### 5.2.3.1 Manometrická metoda

Jedná se o nejčastěji využívanou metodu k měření syčení nápojů. Uzávěr lahve nebo víčko plechovky je propíchnuto jehlou. Oxid uhličitý je z nápoje uvolněn intenzivním protřepáním a na manometru je odečten tlak z prostoru obalu nad hladinou nápoje. Tato metoda je bohužel zatížena chybou, která vznikne různým vytřepáním oxidu uhličitého z nápoje v závislosti na osobě, která syčení měří [4].

Při měření obsahu oxidu uhličitého ve sledovaných vzorcích bylo použito zařízení od firmy Steinfurth se sídlem v německém Essenu. Zařízení sestává ze dvou částí. Z těla, jehož součástí je prorážecí a z manometru jak ukazuje Obrázek 10. Pro měření byl použit jeden manometr s možností výměny nástavce dle typu lahve/plechovky, v níž byl oxid uhličitý zjišťován. Vliv na tvar nástavce pro uchycení obalu má i typ uzávěru.



*Obrázek 10: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth – digitální manometr [52]*

Zařízení bylo nasazeno pomocí nástavce na hrdlo skleněné lahve s korunkovým uzávěrem nebo na PET lahev s plastovým uzávěrem (Obrázek 11) a byla stisknuta páčka, tím došlo k propíchnutí uzávěru jehlou. S lahví bylo důkladně zatřepáno až do ustálení ručičky na analogovém manometru s rozsahem 0 až 0,6 MPa a přesností 1,6 %. Tato hodnota tlaku byla zaznamenána. Následně byla pomocí kalibrovaného teploměru s přesností  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  změřena teplota a ta byla také zapsána. Výsledná hodnota sycení v jednotkách g/l byla odečtena z tabulky na základě znalosti tlaku a teploty. Toto měření bylo provedeno ve všech časových intervalech vždy u třech vzorků a pro zpracování dat byl použit aritmetický průměr jednotlivých výsledků měření.



*Obrázek 11: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth – PET lahev a skleněná lahev s korunkovým uzávěrem [52]*

Pro měření sycení touto metodou v plechovkách bylo použito obdobné zařízení firmy Steinfurth, které je zobrazeno na Obrázku 12. Použitý manometr byl opět analogový s rozsahem 0 až 0,6 MPa a přesností 1,6 %. Zde jehla při propichování víčka plechovky je umístěna excentricky tak, aby se vyhnula prostoru, kde je na víčku umístěn trhač, který slouží k otevření tohoto typu obalu. Opět je zde možno měnit nástavce dle použitého typu plechovky. Navíc je tento přípravek pro měření tlaku v plechovce vybaven adaptérem, do kterého je plechovka pevně usazena [53].



*Obrázek 12: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth v plechovkách [53]*

### 5.2.3.2 Metoda multinásobné objemové expanze

Pro stanovení oxidu uhličitého v nápojích metodou multinásobné objemové expanze byl použit přístroj CarboQC (Obrázek 13) firmy Anton Paar, který měří rozpuštěný oxid uhličitý v nápoji bez vlivu jiných rozpuštěných plynů jako je vzduch nebo dusík. K měření je zapotřebí malé množství vzorku kolem 100 ml. Ve srovnání s výše popsanou manometrickou metodou poskytuje tato metoda vysoce přesné výsledky. Tato metoda je patentována. Spolu s optickým kyslíkovým senzorem s vysokým rozlišením dosahují výsledky velmi vysoké přesnosti. Na přístroji lze měřit sycení i u nápojů s velmi nízkým obsahem oxidu uhličitého. Měřicí rozsah je od 0 g/l do 12 g/l [54].

Tabulka 6: Specifikace CarboQC [54]

Parametr		Specifikace
Rozsah měření	CO <sub>2</sub>	0 g/l až 12 g/l (0 vol. až 6 vol.) při 30°C (86°F)
	teplota	-3°C až 40°C (27°F až 104°F), ± 0,2°C
	tlak	0 až 1 MPa (0 až 145 PSI), ± 0,001 MPa
Opakovatelnost		CO <sub>2</sub> 0,01 g/l (0,005 vol.)
Rozlišení		0,001 g/l
Vyjádření v jednotkách		g/l, volumeny, mg/l, kg/cm <sup>2</sup> , MPa, % w/w
Čas měření		55 sekund
Datová paměť		500 sad měření



Obrázek 13: CarboQC firmy Anton Paar [54]

K samotnému měření byla použita tzv. PFD plnicí jednotka (Obrázek 14), do které byl umístěn nápoj v uzavřeném obalu (PET lahev, skleněná lahev nebo plechovka). V měřicí jednotce je k dispozici více metod měření dle velikosti hodnoty refrakce analyzovaného nápoje. V nealkoholickém průmyslu se obvykle používají 4 metody – pro sycené vody (0 °Brix), dietní nápoje (0-3 °Brix), středně slazené nápoje (přibližně do 8 °Brix) a metoda typu „cola“ s obsahem 8 až 12 °Brix. Při tomto experimentu byla použita metoda pro středně sladké nápoje (přibližně 8 °Brix). Po nastavení této metody bylo spuštěno tlačítkem „START“, samotné měření. Měřicí komora byla automaticky naplněna nápojem a následně bylo měření i automaticky ukončeno. CarboQC zobrazilo hodnotu naměřeného obsahu oxidu uhličitého v nastavených jednotkách, v našem případě v g/l. Toto měření bylo provedeno ve všech časových intervalech vždy u třech vzorků a pro zpracování dat byl použit aritmetický průměr jednotlivých výsledků měření.



Obrázek 14: PFD plnicí jednotka firmy Anton Paar [54]

Kalibrace přístroje je prováděna dodavatelem zařízení v doporučeném intervalu 1 rok. Pro plnicí PFD jednotku je zapotřebí tlak 0,5 MPa, maximálně však 0,65 MPa.

K dosažení tlaku byl použit dusík naplněný v plynové láhvi. Běžná denní údržba přístroje se provádí spuštěním měření s destilovanou vodou, roztokem čistícího roztoku na sklo a opět s destilovanou vodou.

Tato metoda stanoví skutečný obsah rozpuštěného oxidu uhličitého v nápojích na základě měření tlaku a teploty. Je založena na základě Henryho zákona a dle Daltonova zákona využívá skutečnost, že rozpustnost vzduchu v nápojích je mnohem nižší než rozpustnost oxidu uhličitého. Při dvojnásobném zvětšení objemu měřicí komory lze oddělit parciální tlaky vzduchu a oxidu uhličitého.

Jak již bylo dříve v této práci uvedeno, při měření sycení v nápoji se často provádí odvzdušnění (snift) lahve před samotným měřením. Tento krok má významný dopad na analýzu oxidu uhličitého. Odplynění lahve uvolní určité množství plynů do okolního prostředí. Tento úbytek oxidu uhličitého může být významný. Čím je také vzorek teplejší a čím větší je prostor nad hladinou (headspace), tím vyšší jsou ztráty oxidu uhličitého [54]. Vzhledem k tomu, že CarboQC měří množství rozpuštěného oxidu uhličitého, stejně jako množství ostatních rozpuštěných plynů, je odplynění nepotřebné. Naopak odplynění u této metody by znamenalo ztrátu oxidu uhličitého [54].

## 6 VÝSLEDKY A DISKUZE

Skladovací pokus sloužil ke sledování úbytku oxidu uhličitého v čase a porovnání tohoto úbytku u třech různých obalových materiálů (PET, sklo, hliník). Ke zjištění obsahu oxidu uhličitého byly použity dvě metody (manometrická a multinásobné objemové expanze). V následujícím textu budou vyhodnoceny jednotlivé intervaly měření a závislost úbytku oxidu uhličitého v syceném nápoji na délce skladování u jednotlivých typů obalů. Na závěr této kapitoly budou výsledky vyhodnoceny.

Licciardello, Coriolani a Muratore [24] uvádějí, že trvanlivost sycených nealkoholických nápojů je určena úrovní oxidu uhličitého, která se snižuje v důsledku průniku oxidu uhličitého obalovým materiálem. Proto je velká pozornost věnována bariérovým vlastnostem obalů a jejich schopnosti udržet úroveň sycení během doby trvanlivosti nápoje. Doba trvanlivosti nápojů je závislá na objemu použité lahve, kdy se všeobecně doporučuje 6 měsíců u PET lahví o objemu nad 1 litr, 5 měsíců u PET lahví o objemu pod 1 litr a až 12 měsíců u nápojů plněných ve skleněných lahvích.

### 6.1 Výsledky analýzy nápojů před skladovacím testem

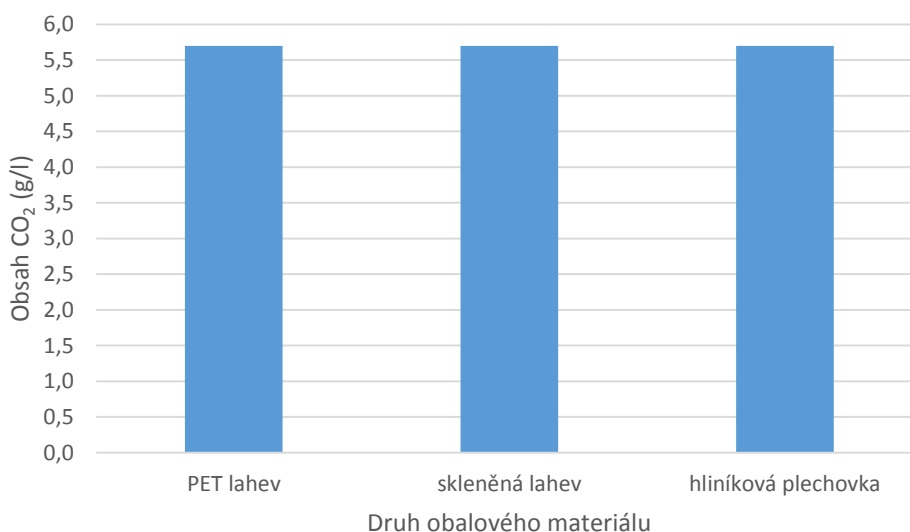
Aby bylo možné výsledky analýz u jednotlivých typů použitých obalových materiálů porovnat, musely být počáteční parametry totožné. Naměřené hodnoty vzorků před zahájením skladovacího testu jsou uvedeny v Tabulce 7.

*Tabulka 7: Hodnoty syceného nápoje zjištěné před zahájením skladovacího testu.*

Parametr	PET lahev	Skleněná lahev	Hliníková plechovka
Refrakce	8,1 °Brix	8,1 °Brix	8,1 °Brix
Kyselost (jako obsah kyseliny citronové)	1,9 g/l	1,9 g/l	1,9 g/l
Obsah CO <sub>2</sub> manometricky (průměrná hodnota 3 měření)	5,7 g/l	5,7 g/l	5,7 g/l
Obsah CO <sub>2</sub> CarboQC (průměrná hodnota 3 měření)	5,8 g/l	5,8 g/l	5,8 g/l

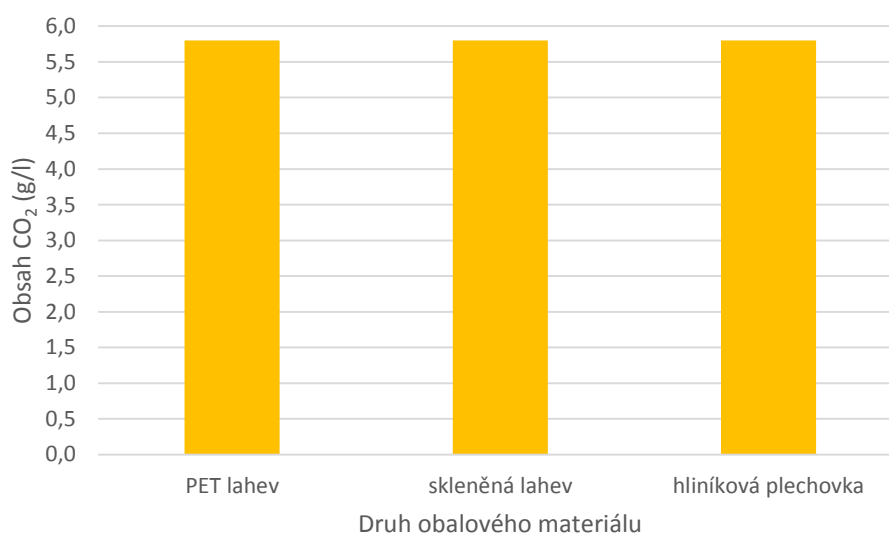
Před stanovením oxidu uhličitého v nápojích je důležité znát hodnotu refrakce a na základě znalosti této hodnoty se zvolí správná metoda na přístroji CarboQC.

Zbylé lahve a plechovky byly uloženy do místnosti s teplotou  $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  a měření sycení oběma metodami bylo zopakováno v intervalech po 1 týdnu, po 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20, a 24 týdnech. Na Obrázcích 15 a 16 jsou graficky znázorněny hodnoty obsahu oxidu uhličitého na začátku experimentu stanovených manometrickou metodou a metodou multi-násobné objemové expanze ve všech třech typech obalů. Z obrázků je patrné, že hodnota oxidu uhličitého na počátku experimentu byla u všech třech typů obalového materiálu totožná. Obsah oxidu uhličitého stanoveným manometrickou metodou byl 5,7 g/l a metodou multinásobné objemové expanze 5,8 g/l. Uvedené a v grafu znázorněné hodnoty jsou aritmetickým průměrem měření 3 vzorků. Lze tedy konstatovat, že obě metody poskytují srovnatelné výsledky i přes to, že manometrická metoda je částečně zatížena chybou při tzv. vytřepávání“ oxidu uhličitého před jeho vlastním stanovením. Rozdíl ve výsledcích měření obou metod byl pouze o 0,1 g/l oxidu uhličitého.



Obrázek 15: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou na počátku experimentu.



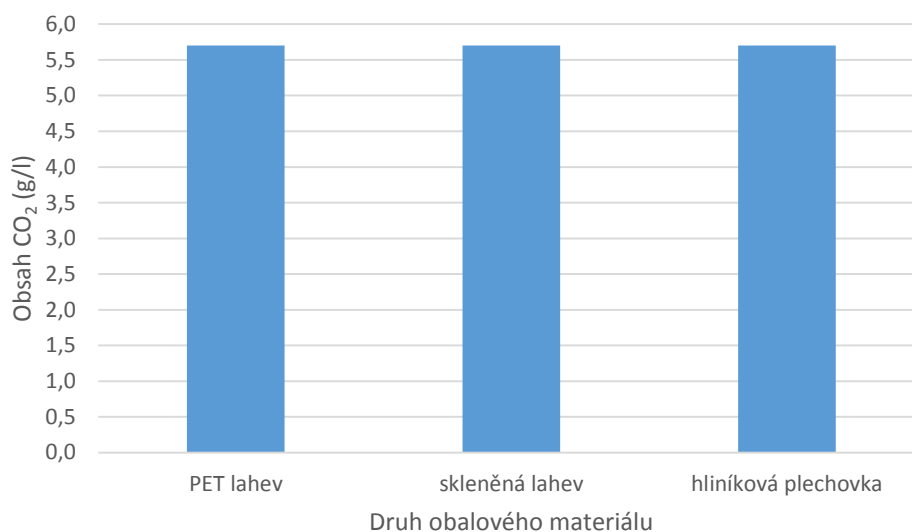


Obrázek 16: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze na počátku experimentu.

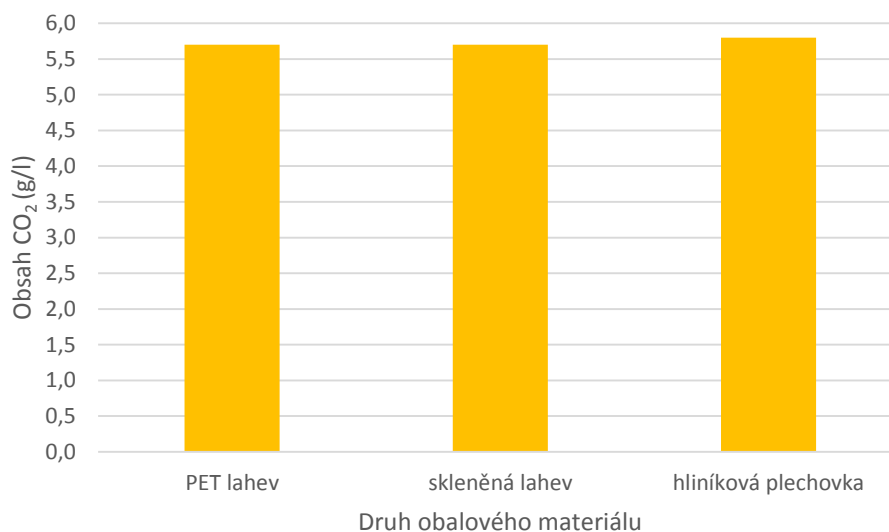
Na Obrázcích 17 a 18 je graficky znázorněn úbytek oxidu uhličitého po jednom týdnu skladování při teplotě  $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Pokles oxidu uhličitého byl zaznamenán u nápoje baleného v PET lahvi a ve skleněné stanoveného metodou multinásobné objemové expanze. Tento pokles byl o 0,1 g/l oxidu uhličitého. Manometrickou metodou byly naměřeny stejné hodnoty jako na počátku experimentu.

Podle Licciardello, Coriolani a Muratore [24] je typická ztráta oxidu uhličitého u lahve o objemu 2 l s počáteční hodnotou 8 g/l po 3 až 4 dnech přibližně 0,6 g/l v důsledku absorpce PET a zvětšení objemu lahve (přibližně 2,5 %), pak se ztráta oxidu uhličitého zpomalí na 0,08 g/l za týden.

Při srovnání dosažených výsledků experimentu s dostupnou literaturou [24] byl úbytek sycení po 3 až 4 dnech v tomto experimentu nižší. Po 4 dnech byl úbytek oxidu uhličitého naopak větší než 0,08 g/l za týden. Citovaný článek však neuvádí hodnotu refrakce a navíc úroveň sycení na počátku experimentu bylo vyšší, proto usuzují, že nelze zcela srovnat výsledky měření.



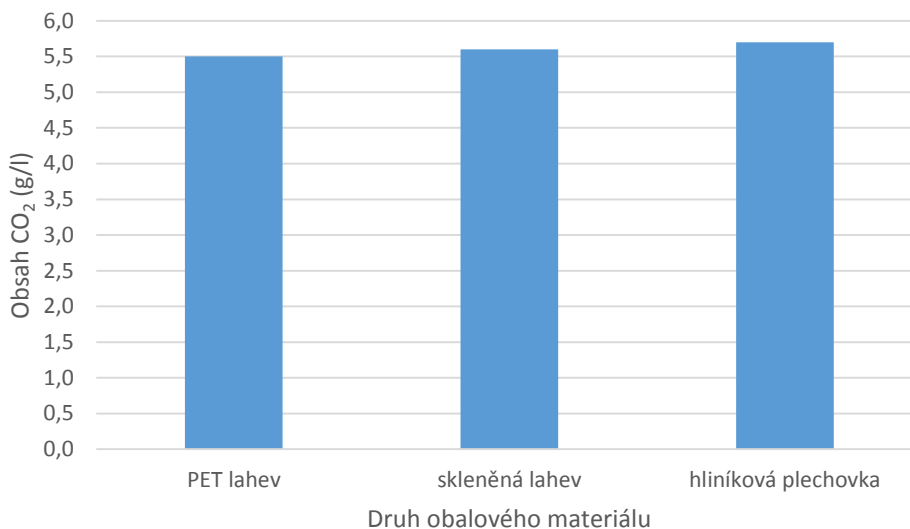
Obrázek 17: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 1 týdnu skladování.



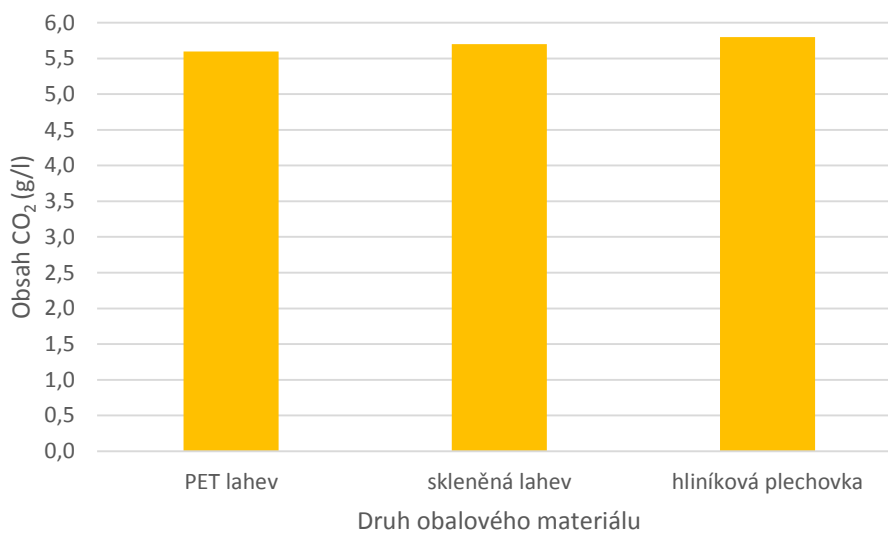
Obrázek 18: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 1 týdnu skladování.

Obrázky 19 a 20 znázorňují úbytek oxidu uhličitého po dvou týdnech skladování nápojů. Nápoj v plechovce vykazuje stále stejné hodnoty jako na počátku experimentu. Úbytek oxidu uhličitého v PET lahvi byl zaznamenán při použití obou metod měření. Při manometrické metodě byl úbytek oxidu uhličitého o 0,2 g/l oproti předešlému stanovení po

1 měsíci skladování. Přístrojem CarboQC byl stanoven úbytek o 0,1 g/l. Sycení u nápoje ve skleněné lahvi bylo nižší o 0,1 g/l při stanovení provozní manometrickou metodou. Úbytek oxidu uhličitého po dvou týdnech byl přibližně 3,5 %.



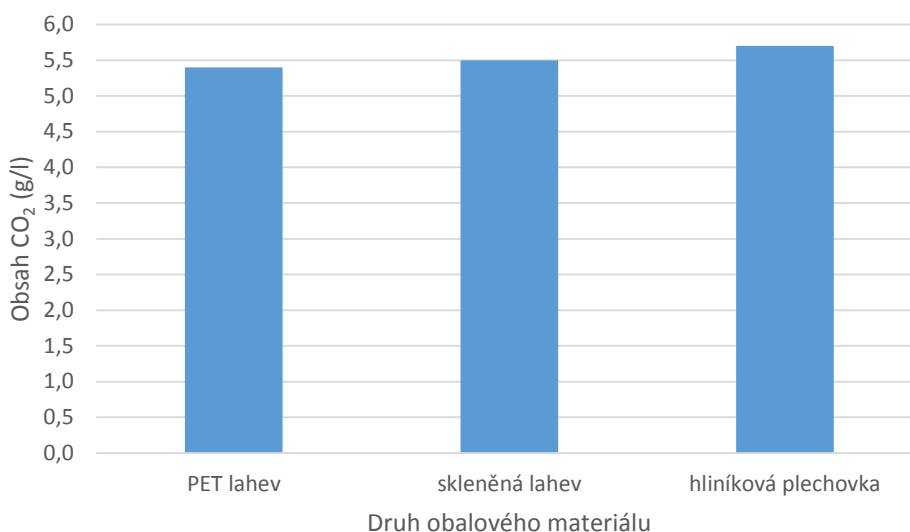
Obrázek 19: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 2 týdnech skladování.



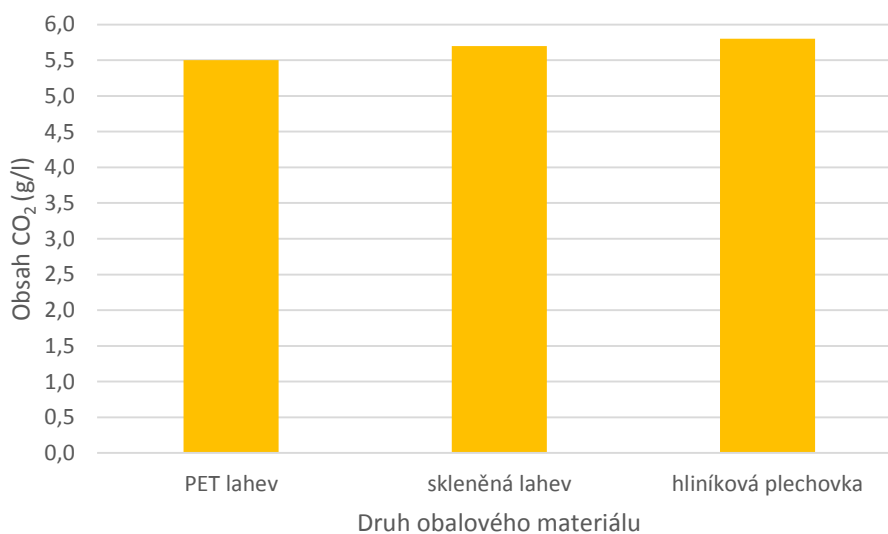
Obrázek 20: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze metodou po 2 týdnech skladování.

3 týdny skladování vykazovaly obdobný trend jako po dvou týdnech skladování (Obrázky 21 a 22). Opět k největšímu úbytku oxidu uhličitého došlo u nápoje v PET lahvi. Oběma metodami byla stanovena ztráta 0,1 g/l oproti předešlému měření po dvou týdnech.

Při stanovení sycení u nápoje ve skleněné láhvi byl zaznamenán pokles oxidu uhličitého pouze při použití manometrické metody a to o 0,1 g/l.



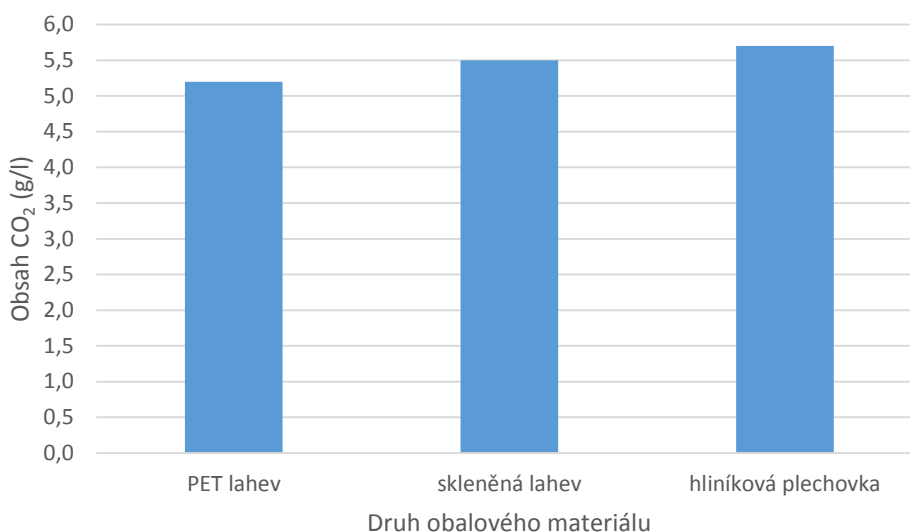
Obrázek 21: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 3 týdnech skladování.



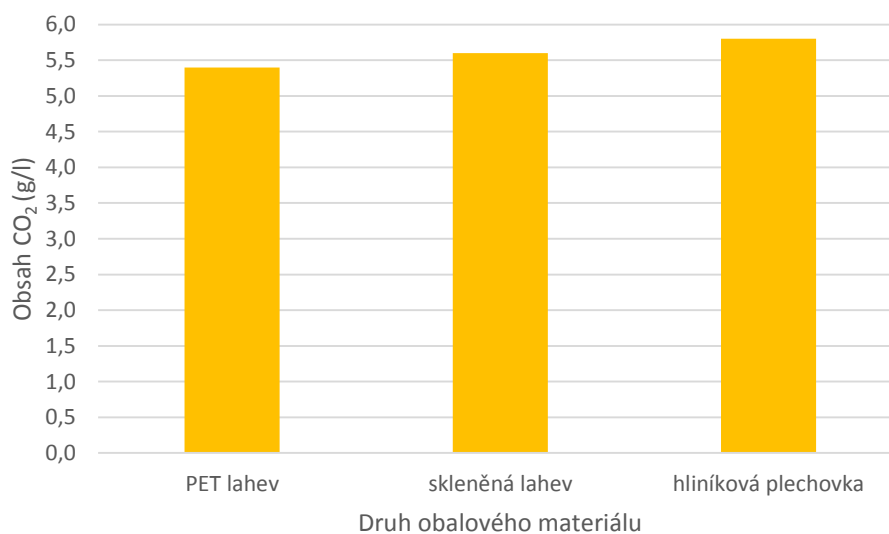
Obrázek 22: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 3 týdnech skladování.

Po 3 týdnech byl celkový úbytek sycení v PET lahvi přibližně 5,2 %. Po 4 týdnech to bylo již 8 % (Obrázky 23 a 24). Největší úbytek byl v tomto časovém intervalu zjištěn manometrickou metodou u nápoje v PET lahvi, jednalo se o ztrátu o 0,2 g/l oproti předěšlému měření. Obsah sycení v plechovce zůstával stále neměnný a tento typ obalu potvrzo-

val tak nejlepší bariérové vlastnosti. U nápoje ve skleněné lahvi byl naměřen na přístroji CarboQC úbytek o 0,1 g/l ve srovnání s předešlým stanovením.



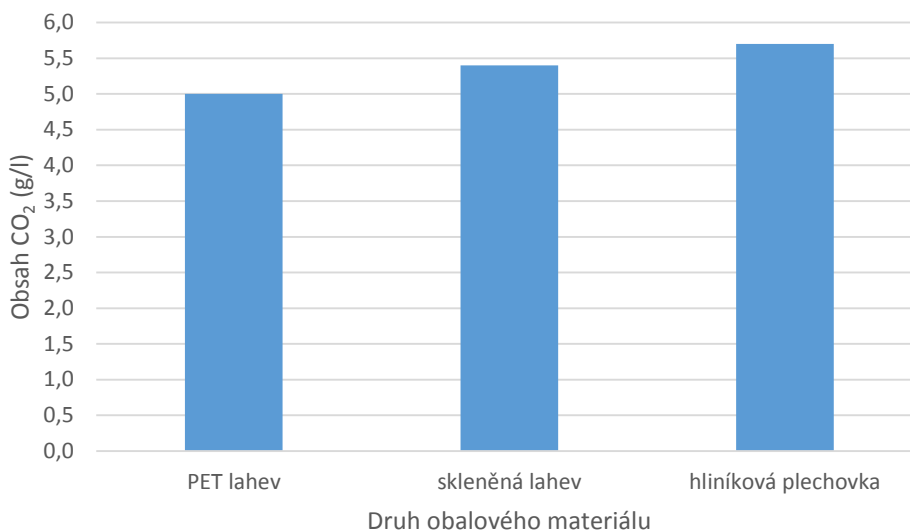
Obrázek 23: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 4 týdnech skladování.



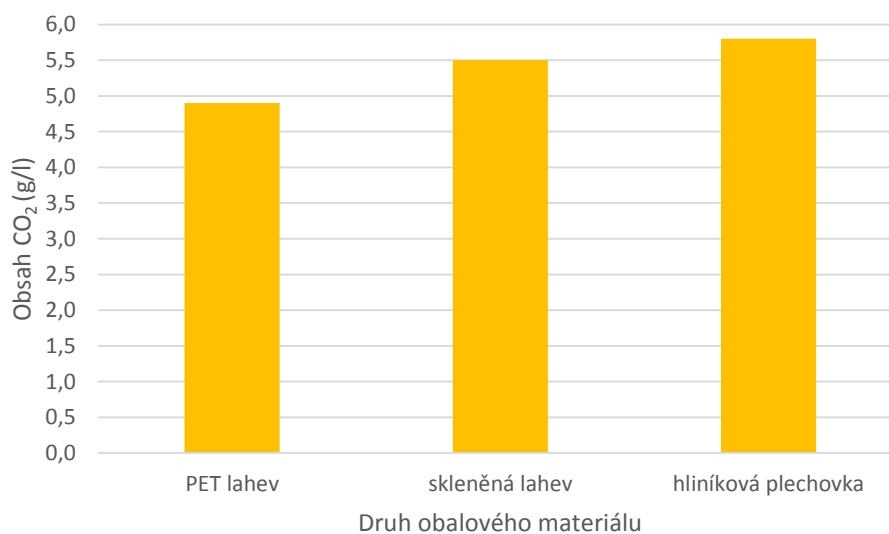
Obrázek 24: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 4 týdnech skladování.

Následující intervaly měření jsou již vždy po 4 týdnech a proto úbytek oxidu uhličitého je mnohem výraznější než při intervalech stanovení jednoho týdne. Konkrétně celkový úbytek oxidu uhličitého po 8 týdnech skladování (Obrázky 25 a 26) stanovený manometrickou metodou byl 12 % a metodou multinásobné objemové expanze 15,5 %. Nápoj ve skleněné lahvi vykazoval po 4 týdnech skladování celkovou ztrátu 5 %. Hliníková ple-

chovka je stále nejlepší bariérou proti úniku oxidu uhličitého, ani po 4 týdnech skladování nebyl zaznamenán úbytek oxidu uhličitého.



Obrázek 25: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 8 týdnech skladování.



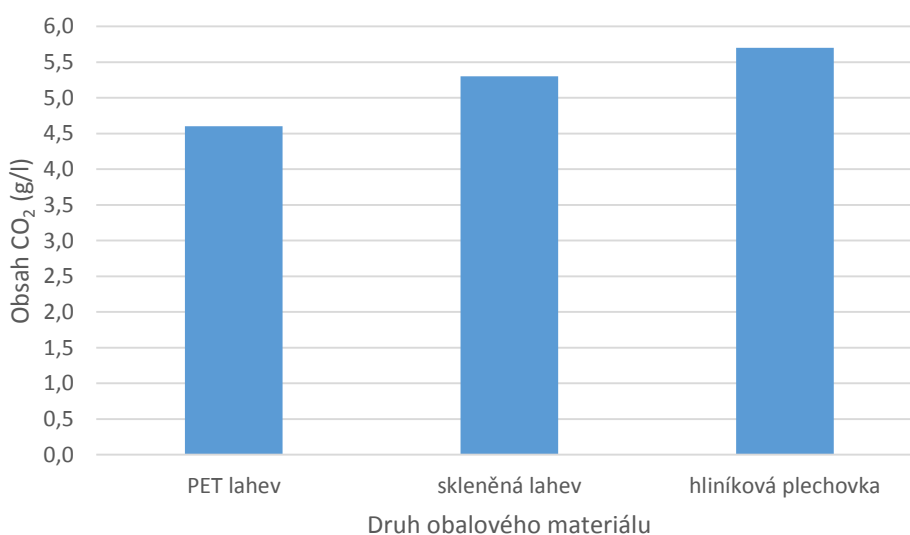
Obrázek 26: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 8 týdnech skladování.

Del Nobile, Mensitieri, Nicolais a Masi [26] uvádějí, že organoleptická kvalita sycených nápojů je ovlivněna obsahem oxidu uhličitého a již ztráta o 10 % sycení způsobuje, že jejich chuť je „plochá“, a proto může být i pro spotřebitele nepřijatelná. Z tohoto tvrzení vyplývá, že sledované nápoje v tomto experimentu mohou být pro spotřebitele nepřijatelné již během dvou měsíců po naplnění do PET lahví.

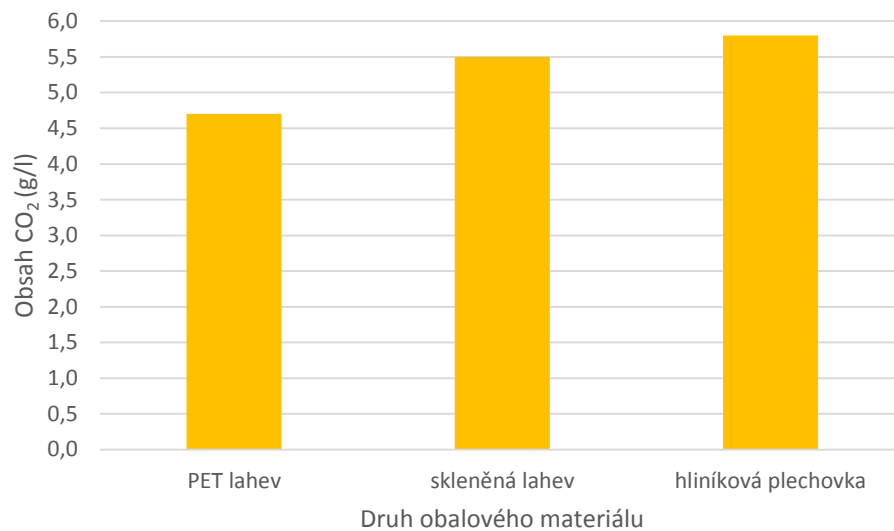
Obrázky 27 a 28 znázorňují ztrátu oxidu uhličitého po 12 týdnech skladování. Celková ztráta oxidu uhličitého od začátku experimentu u PET lahve stanovena oběma metodami činila 1,1 g/l což odpovídá 19 %.

Steen a Ashurst ve své publikaci uvádí [2], že pro PET lahev o objemu 2 l se očekává ztráta sycení během 12 týdnů od naplnění cca 15-16 %. Některé pryskyřice používané při výrobě PET preforem mohou snížit úbytek oxidu uhličitého a prodloužit požadovanou úroveň sycení o 1 týden v porovnání se standardním PET materiálem. Skleněné a kovové obaly mají velmi dobré bariérové vlastnosti ve srovnání s plastovými [2].

Coriolani, Rizzo, Licciardello a Muratore [57] uvádí, že k největšímu úbytku oxidu uhličitého kolového nápoje v PET lahvi dochází během prvních 24 hodin po naplnění a tento úbytek odpovídá přibližně 4,5 %. Celkově po 12 týdnech došlo k úbytku sycení o 21 % což je ztráta větší pouze o 2 %, než byla zjištěna v případě experimentu této diplomové práce. Rozdíl dvou procent považuji za zanedbatelný, pokud vezmu v úvahu, že v uvedené literatuře byla použita manometrická metoda, která jednak může být zatížena lidskou chybou při vytřepávání oxidu uhličitého a také použitou přepočtovou tabulkou, která nebyla dostupná.

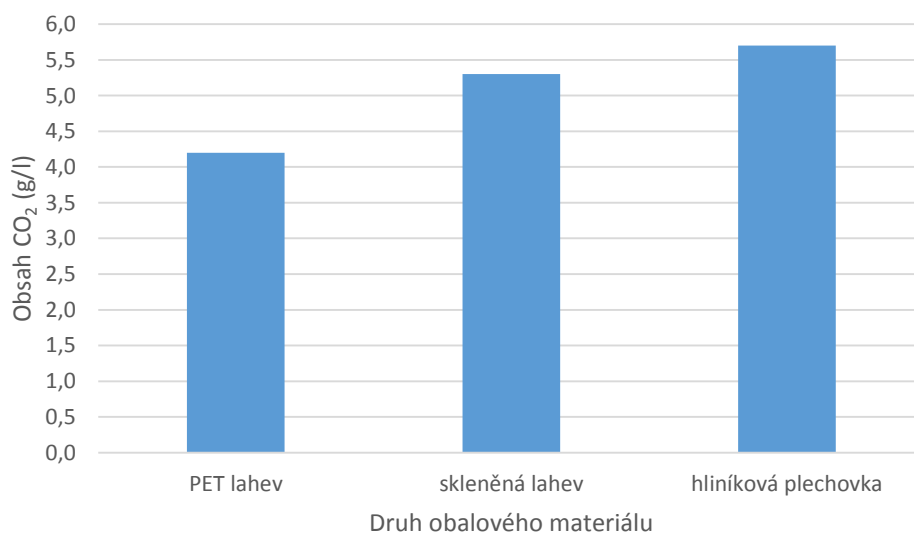


Obrázek 27: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 12 týdnech skladování.



Obrázek 28: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 12 týdnech skladování.

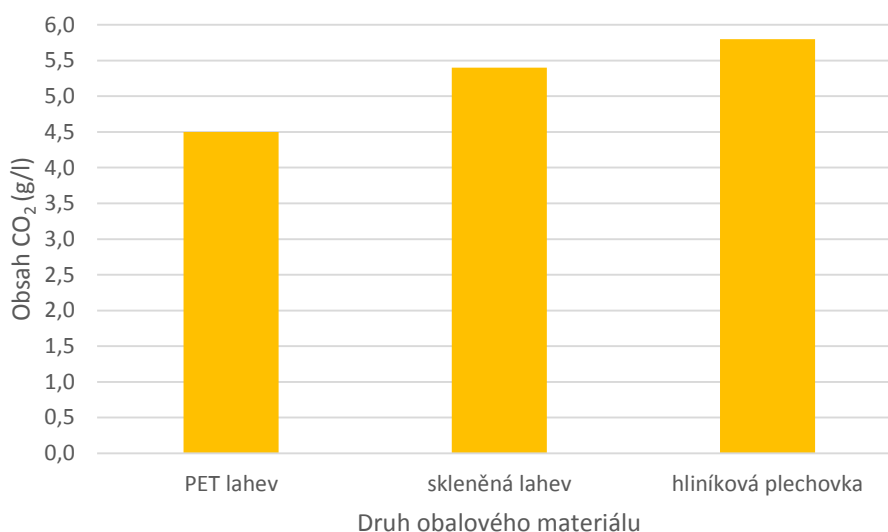
Obrázek 29 a 30 znázorňuje úbytek oxidu uhličitého po 16 týdnech. Oproti předěšlému měření po 12 týdnech došlo u PET lahve k poklesu sycení o 0,2 g/l zjištěného manometrickou metodou i pomocí přístroje CarboQC. Tento úbytek je přibližně 24 % od počátku experimentu. U skleněné lahve byl zaznamenán pokles o 7 %.



Obrázek 29: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 16 týdnech skladování.

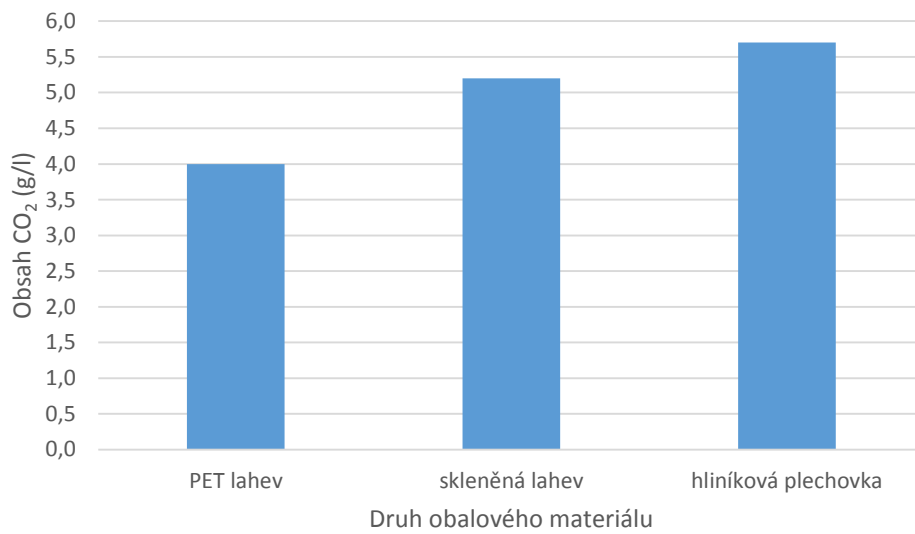


Licciardello, Coriolani a Muratore [24] uvádí, že po 14 týdnech došlo u syceného nápoje k poklesu oxidu uhličitého o 1,84 g/l což činilo 21,3 % celkové ztráty sycení od začátku experimentu. Při porovnání výsledků experimentu této diplomové práce se zjištěními zmíněné studie lze konstatovat, že ztráta sycení je srovnatelná. Leaversuch [59] uvádí, že akceptovatelná úroveň úbytku sycení je 15 %. Tento úbytek byl u standardní PET lahve se sodovou vodou již po 10 týdnech, při použití PET lahve s použitím vícevrstvého materiálu byl úbytek 14 % pozorován až po 14 týdnech.

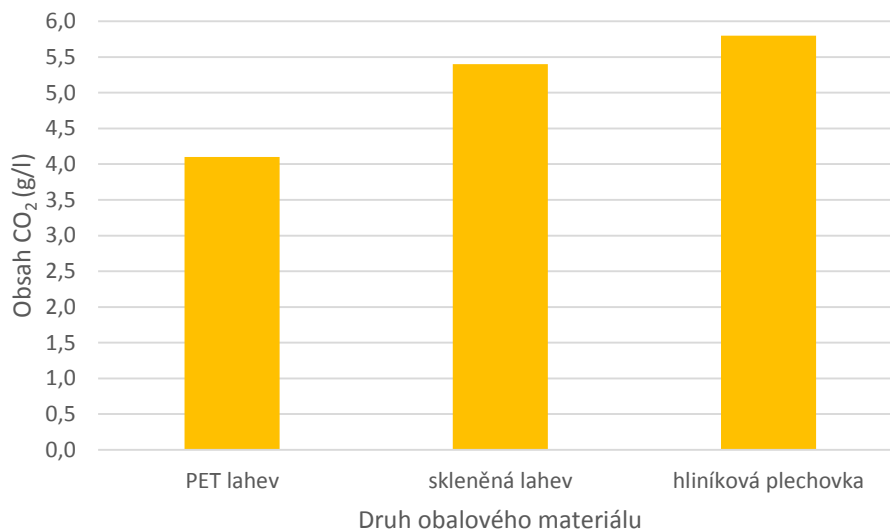


*Obrázek 30: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 16 týdnech skladování.*

Po 20 týdnech skladování vykazoval nápoj v PET lahvi ztrátu již 30 %. U nápoje ve skleněné lahvi to bylo přibližně 8 % a u nápoje v hliníkové plechovce nedošlo doposud k žádné ztrátě. Úbytek oxidu uhličitého po 20 týdnech skladování je zobrazen na Obrázcích 31 a 32.



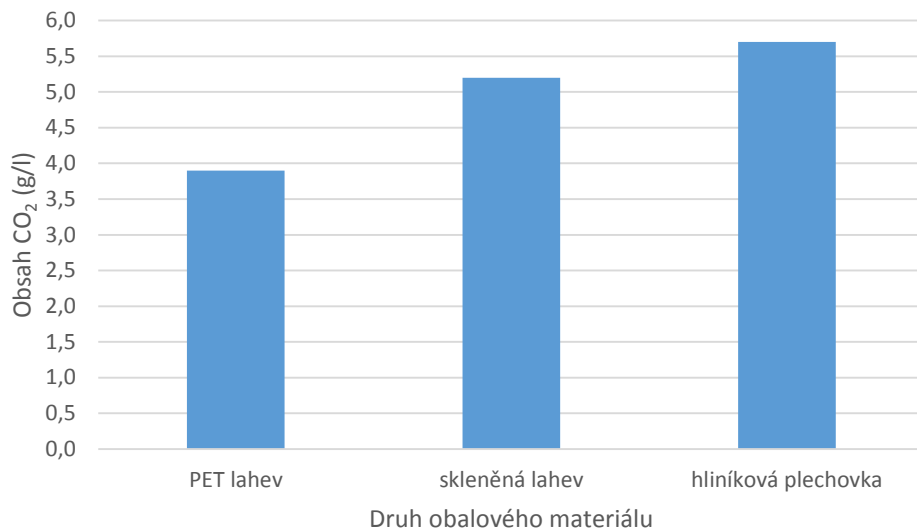
Obrázek 31: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 20 týdnech skladování.



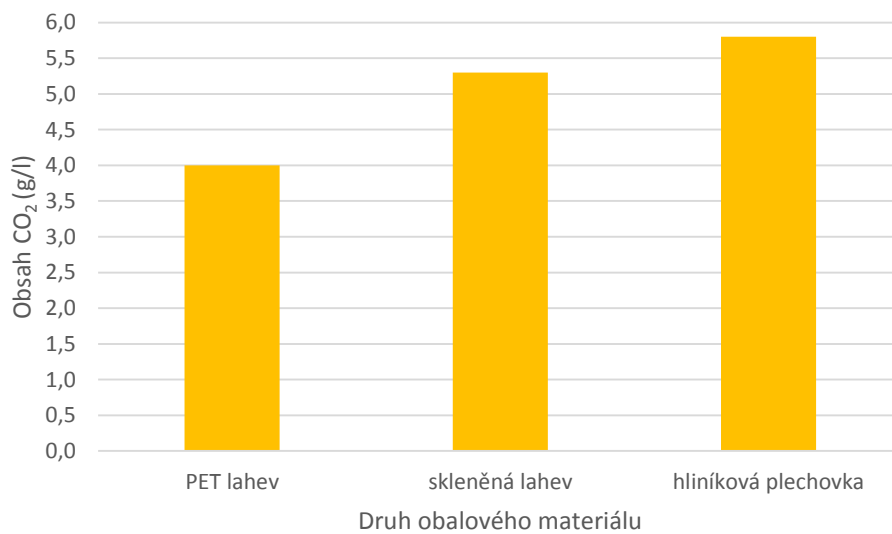
Obrázek 32: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 20 týdnech skladování.

V posledním sledovaném intervalu po 24 týdnech skladování byl úbytek oxidu uhličitého nápoje v PET lahvi oproti předešlému měření nižší o 0,1 g/l a celkový úbytek syčení byl 31 %. U nápoje ve skleněné lahvi byl na přístroji CarboQC stanoven úbytek oproti

předešlému měření o 0,1 g/l a celkový úbytek sycení od počátku experimentu byl 9 %. Úbytek oxidu uhličitého v nápoji v hliníkové plechovce byl nulový.



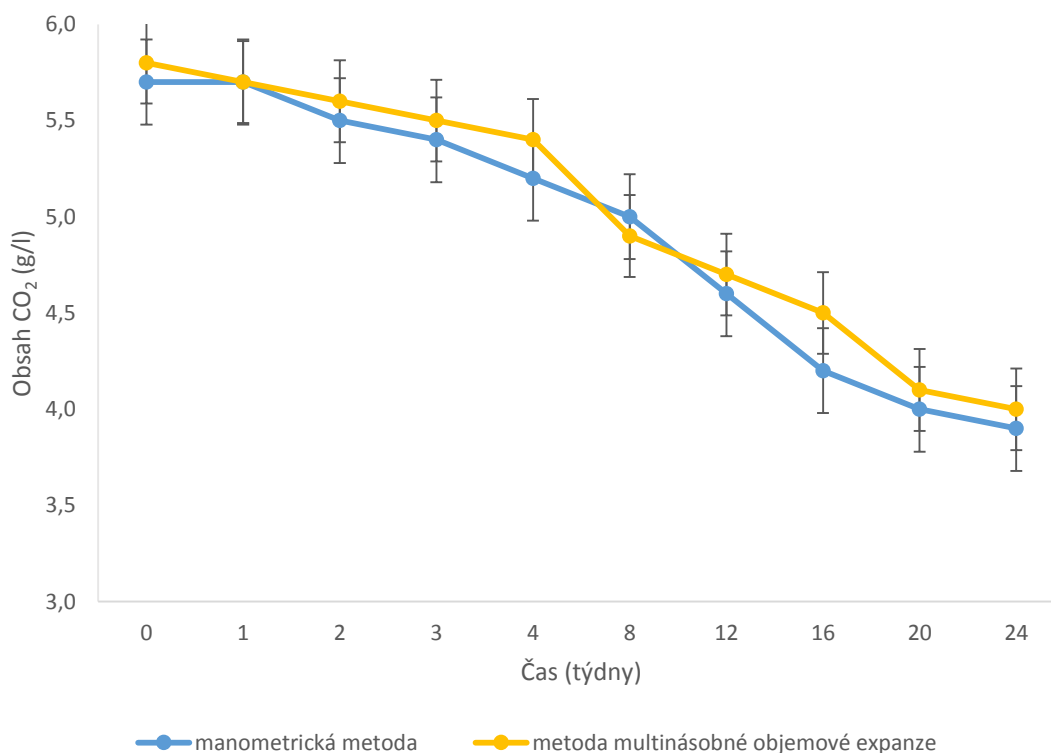
Obrázek 33: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 24 týdnech skladování.



Obrázek 34: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 24 týdnech skladování.

## 6.2 Úbytek oxidu uhličitého v čase

Na Obrázku 35 je znázorněn celkový úbytek oxidu uhličitého během 24 týdnů skladování nápoje v PET lahvi o objemu 2 litry. Z obrázku je zřejmé, že k poklesu sycení v čase dochází během celé doby sledování a je rovnoměrný. Obě použité metody pro stanovení oxidu uhličitého vykazovaly srovnatelné výsledky s minimálními odchylkami. Nejvyšší hodnota směrodatné odchylky byla 0,15. Proto nejsou odchylky více prezentovány. Odchylky byly pravděpodobně způsobeny při použití manometrické metody, kdy dochází k ručnímu vytřepávání oxidu uhličitého z nápoje. Během doby sledování byl zjištěn celkový úbytek sycení 31 %.



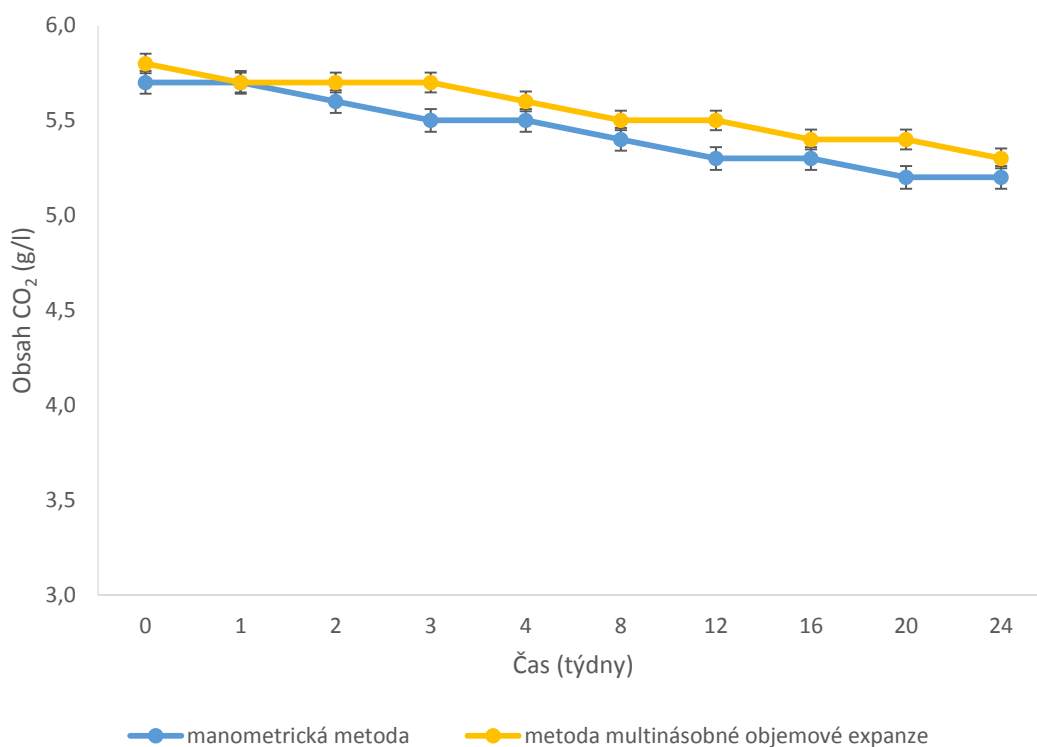
Obrázek 35: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje v PET lahvi stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase.

Robertson [60] uvádí, že výrobci sycených nealkoholických nápojů vyžadují maximální hmotnostní ztrátu oxidu uhličitého ve výši 15 % po 26 týdnech u lahví o objemu 1,5 nebo 2,0 l. U menších lahví, které mají méně příznivý poměr povrchu k objemu, může dojít ke ztrátě 15 % oxidu uhličitého během 10-12 týdnů.

Požadavek této literatury není ve shodě s výsledky stanovenými v experimentu této diplomové práce.

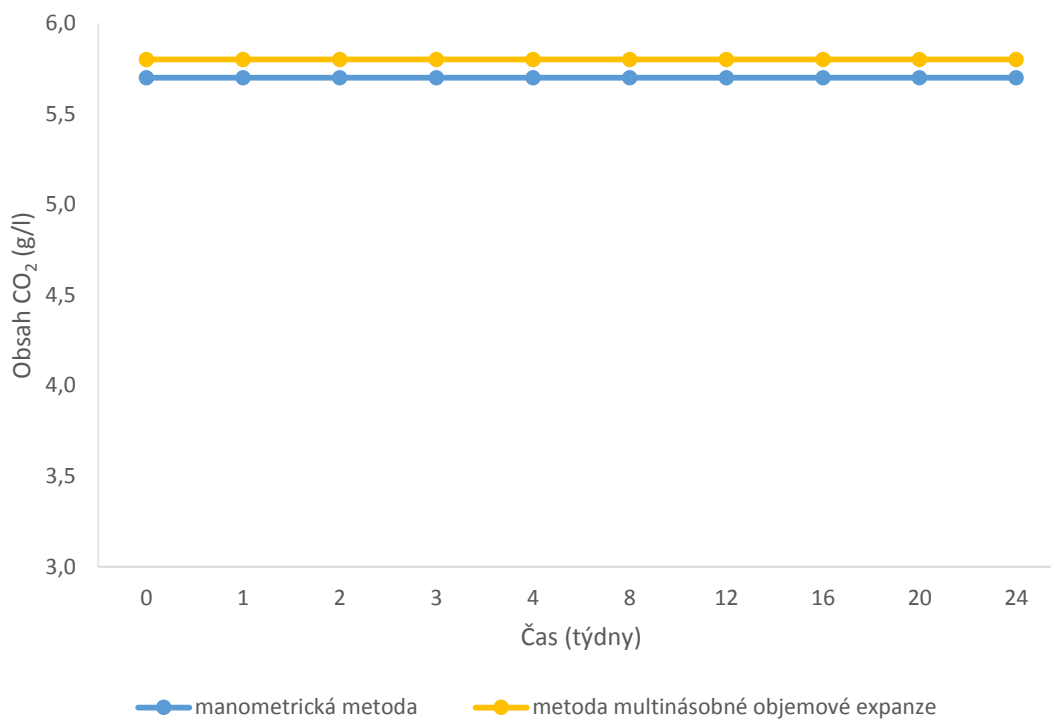
Na Obrázku 36 je znázorněn úbytek sycení u totožného nápoje baleného ve skleněné lahvi o objemu 0,33 l. Je zřejmé, že úbytek je mnohem menší a činil 9 %. Důvod nižšího úbytku sycení ve srovnání s PET lahví spočívá v nepropustnosti skleněného materiálu lahve, k úbytku sycení u tohoto typu balení dochází pouze přes korunkový uzávěr. Nejvyšší zjištěná směrodatná odchylka měla hodnotu 0,10. Odchytky měření použitých metod byly zanedbatelné.

Toussaint, Vidal a Salmon [56] uvádí, že při srovnání totožného druhu perlivého vína v PET lahvi a skleněné lahvi byl úbytek oxidu uhličitého po 372 dnech zaznamenán pouze u vína v PET lahvi, ve skleněné lahvi byl obsah oxidu uhličitého po celou dobu skladování stabilní.



Obrázek 36: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje ve skleněné lahvi stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase.

Obrázek 37 ukazuje průběh sycení v čase u nápoje baleného v hliníkové plechovce. Během celé doby skladování nedošlo k žádnému úbytku sycení což je dáno absolutní bariérou tohoto typu obalového materiálu a především i způsobem uzavírání, kdy je víčko přilisováno k tělu plechovky. Zjištěné výsledky obou metod byly ve všech intervalech měření totožné.



*Obrázek 37: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje v hliníkové plechovce stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase.*

## ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na sledování úbytku oxidu uhličitého v nealkoholických nápojích ve vztahu na použitý obalový materiál. Úbytek oxidu uhličitého byl sledován během 24 týdenního skladování u sycených nealkoholických nápojů totožného složení balených ve třech různých typech obalových materiálů, v PET lahvi, ve skleněné lahvi a v hliníkové plechovce. Obsah oxidu uhličitého byl měřen dvěma metodami, manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze. Měření bylo provedeno na začátku experimentu a následně v intervalech po 1, 2, 3, 4, 8, 12, 16, 20 a 24 týdnech.

Na základě naměřených výsledků lze konstatovat, že:

- Hliníková plechovka je absolutní bariérou a u analyzovaných vzorků nedošlo k žádné ztrátě sycení.
- U vzorků ve skleněné lahvi došlo k úbytku sycení o 9 % během 24 týdnů, oxid uhličitý se ztrácí přes korunkový uzávěr.
- Sledování úbytku oxidu uhličitého u vzorků v PET lahvi o objemu 2 l ukázalo ztrátu 31 % během 24 týdenního skladování. Zde se oxid uhličitý ztrácí přes uzávěr a především pak přes stěny PET lahve, která je pro oxid uhličitý částečně propustná.
- Pokles oxidu uhličitého v PET lahvi i ve skleněné lahvi byl během celé doby sledování rovnoměrný.
- Obě použité metody pro stanovení oxidu uhličitého v syceném nealkoholickém nápoji (manometrická metoda, metoda multinásobné objemové expanze) poskytovaly srovnatelné výsledky se zanedbatelnou odchylkou, která byla maximálně 0,3 g/l oxidu uhličitého, což lze považovat při celkové ztrátě sycení za zanedbatelné.
- U nápojů byla na počátku experimentu stanovena refrakce, která měla u všech vzorků totožnou hodnotu 8,1 °Brix.

Závěrem diplomové práce lze říci, že úbytek oxidu uhličitého v nápojích je ovlivněn jak použitým obalovým materiálem, tak dobou skladování. Vliv má také spousta dalších faktorů, které však nebyly předmětem sledování této diplomové práce, jsou zmíněny pouze v teoretické části. Nicméně bych doporučila navázat na zjištění této diplomové práce a sledovat úbytek oxidu uhličitého v čase pouze v PET lahvích různých objemů a při různých teplotách skladování.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] RUŽBARSKÝ, J., GRODA, B., JECH, J., SOSNOWSKI, S. a kol. *Potravinářská technika*. 1. vyd. Fakulta výrobných technologií: Prešov, 2005. ISBN 80-8073-410-0.
- [2] STEEN, D., ASHURST, P.. *Carbonated soft drinks: formulation and manufacture*. Ames, Iowa: Blackwell Pub., 2006. ISBN 9781405134354.
- [3] KADLEC, P., MELZUCH, K., VOLDŘICH, M., a kol. *Přehled tradičních potravinářských výrob.* 1. vyd. KEY Publishing: Ostrava, 2012. ISBN 978-80-7418-145-0.
- [4] ASHURST, P. R. *Chemistry and technology of soft drinks and fruit juices*. Third edition. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2016. ISBN 9781444333817.
- [5] WOLF, A, G. A BRAY a B. M POPKIN. Short history of beverages and how our body treats them. *Obesity Reviews* [online]. Blackwell Publishing, 2008, **9**(2), 151-164 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1111/j.1467-789X.2007.00389.x. ISSN 14677881.
- [6] DAY, L., McSWEENEY, P. *Beverages*. Grasslands Research Centre. School of Food and Nutritional Sciences [online]. Elsevier Inc., 2016.
- [7] ČÍŽKOVÁ, H., *Nealkoholické nápoje*. Praha: Sdružení českých spotřebitelů, z.ú., 2016. Jak poznáme kvalitu?. ISBN 978-80-87719-39-8.
- [8] Vyhláška č. 335/1997 Sb., kterou se provádí § 18 písm. a), d), h), i), j) a k) zákona č. 110/1997 Sb., o potravinách a tabákových výrobcích a o změně a doplnění některých souvisejících zákonů, pro nealkoholické nápoje a koncentráty k přípravě nealkoholických nápojů, ovocná vína, ostatní vína a medovinu, pivo, konzumní líh, lihoviny a ostatní alkoholické nápoje, kvasný ocet a droždí. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe\\_uplna-zneni\\_vyhlaska-1997-335-potraviny.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravni-predpisy-mze/tematicky-prehled/Legislativa-MZe_uplna-zneni_vyhlaska-1997-335-potraviny.html).
- [9] DOSTÁLOVÁ, J., KADLEC P. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Ostrava: Key Publishing, 2014. Monografie (Key Publishing). ISBN 978-80-7418-208-2.



- [10] Vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni\\_uplna-zneni\\_vyhlaska-2004-252.html](http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/ostatni/Legislativa-ostatni_uplna-zneni_vyhlaska-2004-252.html).
- [11] GABROVSKÁ, D., CHÝLKOVÁ M. *Sladká fakta o cukrech a sladidlech, aneb, Čím si osladit život*. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2017. ISBN 9788088019176.
- [12] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1333/2008 ze dne 16. prosince 2008 o potravinářských přídatných látkách. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&rid=1>.
- [13] NAŘÍZENÍ EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY (ES) č. 1334/2008 ze dne 16. prosince 2008 o látkách určených k aromatizaci a některých složkách potravin vyznačujících se aromatem pro použití v potravinách nebo na jejich povrchu a o změně nařízení Rady (EHS) č. 1601/91, nařízení (ES) č. 2232/96 a č. 110/2008 a směrnice 2000/13/ES. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1334&rid=1>.
- [14] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. Vyd. 2. upr. Tábor: OSSIS, 2002. ISBN 80-86659-02-x.
- [15] *Carbon Dioxide* [online]. Bruxelles [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://www.unesda.eu/lexikon/carbon-dioxide/>
- [16] AZEREDO, D.R.P, ALVARENGA V., SANT'ANA A., U.O SABAA SRUR A. Overview of microorganisms and factors contributing for the microbial stability of carbonated soft drinks. *Food Research International* [online]. Elsevier, 2016, 82, 136-144 [cit. 2018-03-20]. DOI: 10.1016/j.foodres.2016.01.024. ISSN 09639969.
- [17] BASAŘOVÁ, G. *Pivovarství: teorie a praxe výroby piva*. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2010. ISBN 978-80-7080-734-7.
- [18] BRANDAU, O. *Stretch blow molding*. Boston, MA: Elsevier, 2016. ISBN 9780323461771.

- [19] AUSPERGER, A. *Technologie zpracování plastů* [online]. 2016 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/Cover.html>. ISBN: 978-80-88058-77-9.
- [20] *Výrobníky sycených a nesycených nápojů typu Mixer* [online]. [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.moravekcft.cz/product/vyrobniky-sycenych-a-nesycenych-napoju-typu-mixer/>
- [21] TACHIBANA YOSHIHISA, AKIMOTO TSUYOSHI, MIZUKAWA KENJI, HIROTANI KIYOSHI, WADA SHINGO, SATO HIROFUMI,. *Aseptic Filling Device for Carbonated Beverage*. 2010.
- [22] DÍAZ, M; GARCÍA, LA. Cleaning in Place. *Comprehensive Biotechnology*. 2011, vol. 2 s. 983-997.
- [23] SERVIO, P., ENGLEZOS, P. Effect of temperature and pressure on the solubility of carbon dioxide in water in the presence of gas hydrate. *Fluid Phase Equilibria* [online]. Elsevier B.V, 2001, 190(1), 127-134 [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1016/S0378-3812(01)00598-2. ISSN 03783812.
- [24] LICCIARDELLO, F; CORIOLANI, C; MURATORE, G. *Improvement of CO<sub>2</sub> Retention of Pet Bottles for Carbonated Soft Drinks*. Italian Journal of Food Science. 2011, vol. 23 s. 115-117. ISSN:1120-1770.
- [25] DESCOINS, Ch., MATHLOUTHI, M., LE MOUAL, M., HENNEQUIN, J. Carbonation monitoring of beverage in a laboratory scale unit with on-line measurement of dissolved CO<sub>2</sub>. *Food Chemistry* [online]. Elsevier Sci, 2006, **95** (4), 541-553 [cit. 2018-03-10]. DOI: 10.1016/j.foodchem. 2004.11.031. ISSN 03088146.
- [26] DEL NOBILE, M.A., MENSITIERI, G., NICOLAIS, L., MASI, P. Influence of the thermal history on the shelf life of carbonated beverages bottled in plastic containers. *Journal of Food Engineering* [online]. Elsevier, 1997, **34**(1), 1-13 [cit. 2018-03-11]. DOI: 10.1016/S0260-8774(97)00079-4. ISSN 02608774.
- [27] ODAKE, S. Sweetness intensity in low-carbonated beverages. *Biomolecular Engineering* [online]. Elsevier B.V, 2001, **17**(4), 151-156 [cit. 2018-03-10]. DOI: 10.1016/S1389-0344(01)00074-0. ISSN 13890344.

- [28] VILANOVA, E., LLOBET, E., BREZMES, J., CALAVIA, R., SANCHEZ, X., CORREIG, X. Multisensor system for monitoring the quality of carbon dioxide in the beverage industry. *TRANSDUCERS '03. 12th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems. Digest of Technical Papers (Cat. No.03TH8664)* [online]. IEEE, 2003, 2, 1347-1350 vol.2 [cit. 2018-03-13]. DOI: 10.1109/SENSOR.2003.1217023. ISBN 9780780377318.
- [29] WILDAY, J., WARDMAN, M., JOHNSON, M., HAINES, M. Hazards from carbon dioxide capture, transport and storage. *Process Safety and Environmental Protection* [online]. Inst Chemical Engineers, 2011, 89(6), 482-491 [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.1016/j.psep.2011.09.002. ISSN 09575820.
- [30] JENSEN, M., SCHLASNER, S., SORENSEN, J., HAMLING, J. Operational Flexibility of CO<sub>2</sub> Transport and Storage. *Energy Procedia* [online]. Elsevier, 2014, 63, 2715-2722 [cit. 2018-03-14]. DOI: 10.1016/j.egypro.2014.11.294. ISSN 18766102.
- [31] PIRINGER, O., BANER, A. *Plastic packaging materials for food: barrier function, mass transport, quality assurance, and legislation*. New York: Wiley-VCH, c2000. ISBN 3527288686.
- [32] LICCIARDELLO, F., SAPIENZA, G., MAZZAGLIA, A., D'AMICO, L., TORNATORE, G., MURATORE, G. Packaging Reduction to Improve the Sustainability of Carbonated Soft Drinks. *Italian Journal of Food Science*. 2015, s. 1-6. ISSN:1120-1770.
- [33] GLEVITZKY, M., BRUSTUREAN, G., DUMITREL, D., PERJU, D. Aspects Concerning the Mathematical Statistical Modeling of CO<sub>2</sub> Variation in Soft Drinks Bottled in Polyethylene Terephthalate Plastic Containers. *Analele Universității "Eftimie Murgu" Reșița: Fascicula I*. 2005, s. 138-144. ISSN:1453-7397.
- [34] VREME, A., POULIGNY, B., NADAL, F., LIGER-BELAIR, G. Does shaking increase the pressure inside a bottle of champagne?. *Journal of Colloid and Interface Science* [online]. Academic Press Inc Elsevier Science, 2015, **439**, 42-53 [cit. 2018-03-24]. DOI: 10.1016/j.jcis.2014.10.008. ISSN 00219797.

- [35] CALIX, T.F, FERRENTINO, G., BALABAN, M.O. Measurement of High-Pressure Carbon Dioxide Solubility in Orange Juice, Apple Juice, and Model Liquid Foods. *Journal of Food Science* [online]. Blackwell Publishing, 2008, 73(9), E439-E445 [cit. 2018-03-24]. DOI: 10.1111/j.1750-3841.2008.00945.x. ISSN 00221147.
- [36] BEEVA, D.A., BORISOV, V.A., MIKITAEV, A.K., LIGIDOV, M. Kh., BEEV, A.A., BAROKOVA, E.B. Controlling the Barrier Properties of Polyethylene Terephthalate. a Review. *International Polymer Science and Technology*. 2015, vol. 42, no. 7 s. T45-T52. ISSN:0307-174X./
- [37] BILAL, D. Optimisation of mould surface temperature and bottle residence time in mould for the carbonated soft drink PET containers. *Polymer Testing* [online]. Elsevier Sci, 2017, 220-228 [cit. 2018-03-10]. ISSN:0142-9418.
- [38] PATTERSON, M. High Pressure Processing. FOOD TECHNOLOGIES, Agri-Food and Biosciences Institute, Belfast, UK, 2014.
- [39] COOPER, T.A. Developments in plastic materials and recycling systems for packaging food, beverages and other fast-moving consumer goods. *Trends in Packaging of Food, Beverages and Other Fast-Moving Consumer Goods (FMCG)* [online]. Elsevier, 2013, 2013, 58-107 [cit. 2018-03-15]. DOI: 10.1533/9780857098979.58. ISBN 9780857095039. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780857095039500047>
- [40] KIRINO, F., YOKOYAMA, K., SAIGAN, M., IGARI, M., TSUCHIURA, H. (2018). Study on using materials for a purple glass bottle manufactured at edo-era. *Nippon Kinzoku Gakkaishi/Journal of the Japan Institute of Metals*, 82(2), 44-51. 10.2320/jinstmet.J2017033.
- [41] ŽIŽKOVÁ, J. SB 3/2011 FOKUS NA MATERIÁL – SKLO: Než se ze skla stane obal [online]. 2011 [cit. 2018-03-15]. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/2011/05/01/sb-3-2011-fokus-na-materil-sklo-nez-se-ze-skla-stane-obal/>
- [42] FU, L., ZHOU, H., GONG, Y., GUAN, W., CHEN, X. Method for glass bottle defects detecting based on machine vision. 2017 29th *Chinese Control and Decision Conference (CCDC)* [online]. IEEE, 2017, 7618-7621 [cit. 2018-03-15]. DOI: 10.1109/CCDC.2017.7978567.

- [43] MA, H., SU, J., WANG, NI, Z. Glass bottle defect detection system without touching. *Proceedings. International Conference on Machine Learning and Cybernetics* [online]. IEEE, 2002, 2, 628-632 vol.2 [cit. 2018-03-15]. DOI: 10.1109/ICMLC.2002.1174411. ISBN 9780780375086.
- [44] HARSHANI, B.M.MJ., MARAPANA, R.A.U.J. Determination of Caustic Drain out Period of Glass Bottle Washer and Impact of Total and Effective Caustic Strengths for Glass Bottle Washing in Soft Drink Plant. *International Journal of Scientific & Technology Research*. 2015, vol. 4, no. 8 s. 16-18. ISSN:2277-8616.
- [45] BRAGG, L. Glass Bottle Recycling Benefits and Barriers. *Ceramic Industry*. 2013, vol. 163, no. 815. ISSN:0009-0220.
- [46] EMBLEM, A., EMBLEM, H. *Packaging technology: fundamentals, materials and processes*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2012. Woodhead Publishing in materials. ISBN 9781845696658.
- [47] CARUS, D. A., GRANT, C., WATTIE, R., SPRIDHAM, M. Development and validation of a technique to measure and compare the opening characteristics of tamper-evident bottle closures. *Packaging Technology and Science* [online]. John Wiley, 2006, 19(2), 105-118 [cit. 2018-03-15]. DOI: 10.1002/pts.721. ISSN 08943214.
- [48] BIRKELAND, S., BERGSLIEN, H., STRAND, A., SIVERTSVIK, M. Technical note - Effects of seaming conditions on external and internal double-seam characteristics in round metal cans. *Packaging Technology and Science* [online]. John Wiley, 2005, 18(5), 279-283 [cit. 2018-03-10]. DOI: 10.1002/pts.702. ISSN 08943214.
- [49] ŽIŽKOVÁ, J. Jak vyrobit plechovku. *Svět balení* [online]. 1. října 2013 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: <http://www.svetbaleni.cz/2013/10/01/napojovy-plech-ze-vsech-stran/>
- [50] SOARES, B., ANJOS, C., FARIA, T., DANTAS, S. Characterization of Carbonated Beverages Associated to Corrosion of Aluminium Packaging. *Packaging Technology & Science*. 2016, vol. 29, no. 1 s. 65-73. ISSN:0894-3214.

- [51] *Beverage Can Makers Europe Double Seam Reference Manual: Double Seam Formation* [online]. 2008 [cit. 2018-04-02]. Dostupné z: <http://www.bcme.org.uk/Home>
- [52] STEINFURTH BOTTLE PRESSURE TESTER: *Ergonomic manual pressure measurement in packages* [online]. Essen: Elektromechanische Mess-Systeme [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.steinfurth.com/files/steinfurth-bottle-pressure-tester-pressure-measuring.pdf>
- [53] STEINFURTH CAN PRESSURE TESTER (CPT): *Ergonomic manual pressure measurement in cans* [online]. Essen: Elektromechanische Mess-Systeme [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.steinfurth.com/files/Stinfurth-Can-Pressure-Tester.pdf>
- [54] *Lab & At-line CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> Meters for the Beverage Industry: Your Longstanding Partner for the Laboratory Measurements* [online]. Anton Paar, 2016 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <https://www.anton-paar.com/?eID=documentsDownload&document=32984&L=0>
- [55] ČSN 56 0240-5 (560240) *A Metody zkoušení nealkoholických nápojů. Stanovení kyselosti*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1983. Dostupné také z: <http://csnonline.agentura-cas.cz/>
- [56] TOUSSAINT, M., VIDAL, JC., SALMON, JM. Comparative Evolution of Oxygen, Carbon Dioxide, Nitrogen, and Sulfites During Storage of a Rose Wine Bottled in PET and Glass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014, vol. 62, no. 13 s. 2946-2955. ISSN:0021-8561.
- [57] CORIOLANI, C., RIZZO, V., LICCIARDELLO, F., MURATORE, G. Dependence of the shelf-life of carbonated soft drinks from PET performances As required by "The Coca-Cola Company". *Italian Journal of Food Science*. 2007, 453-455.
- [58] CORIOLANI, C; LICCIARDELLO, F; MURATORE, G. Stress-cracking of Pet Bottle as an Unpredictable Factor Limiting the Commercial Life of Carbonated Soft Drinks. *Italian Journal of Food Science*. 2012, vol. 24, no. 4 s. 170-173. ISSN:1120-1770.

- [59] LEAVERSUCH, R. *Barrier PET Bottles*. *Plastics Technology* [online]. 2003, 48-60 [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.ptonline.com/articles/barrier-pet-bottles>.
- [60] ROBERTSON, G. *Food packaging and shelf life: a practical guide*. Boca Raton, FL: CRC Press/Taylor & Francis Group, c2010. ISBN 978-1-4200-7844-2.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1: Rozdělení nápojů na trhu s nealkoholickými nápoji [4]</i> .....	14
<i>Obrázek 2: Typy myček podle průchodu láhvi [17]</i> .....	24
<i>Obrázek 3: Princip dloužení a výfuku láhve z preformy [19]</i> .....	26
<i>Obrázek 4: Hladinové plnění nápojů [2]</i> .....	28
<i>Obrázek 5: Fázový diagram oxidu uhličitého [2]</i> .....	33
<i>Obrázek 6: Graf karbonace [2]</i> .....	39
<i>Obrázek 7: Úbytek sycení v čase [2]</i> .....	43
<i>Obrázek 8: Fáze uzavírání plechovky víčkem v uzavíracím stroji, A- válcovací kladka, B-talíř uzavírací hlavy [51]</i> .....	50
<i>Obrázek 9: Zařízení pro měření sycení [2]</i> .....	56
<i>Obrázek 10: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth – digitální manometr [52]</i> .....	58
<i>Obrázek 11: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth – PET lahev a skleněná lahev s korunkovým uzávěrem [52]</i> .....	59
<i>Obrázek 12: Zařízení pro měření sycení manometrickou metodou firmy Steinfurth v plechovkách [53]</i> .....	59
<i>Obrázek 13: CarboQC firmy Anton Paar [54]</i> .....	60
<i>Obrázek 14: PFD plnicí jednotka firmy Anton Paar [54]</i> .....	61
<i>Obrázek 15: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou na počátku experimentu</i> .....	64
<i>Obrázek 16: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze na počátku experimentu</i> .....	65
<i>Obrázek 17: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 1 týdnu skladování</i> .....	66
<i>Obrázek 18: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 1 týdnu skladování</i> .....	66
<i>Obrázek 19: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 2 týdnech skladování</i> .....	67
<i>Obrázek 20: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze metodou po 2 týdnech skladování</i> .....	67



<i>Obrázek 21: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 3 týdnech skladování. ....</i>	<i>68</i>
<i>Obrázek 22: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 3 týdnech skladování. ....</i>	<i>68</i>
<i>Obrázek 23: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 4 týdnech skladování. ....</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 24: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 4 týdnech skladování. ....</i>	<i>69</i>
<i>Obrázek 25: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 8 týdnech skladování. ....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 26: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 8 týdnech skladování. ....</i>	<i>70</i>
<i>Obrázek 27: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 12 týdnech skladování. ....</i>	<i>71</i>
<i>Obrázek 28: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 12 týdnech skladování. ....</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 29: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 16 týdnech skladování. ....</i>	<i>72</i>
<i>Obrázek 30: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 16 týdnech skladování. ....</i>	<i>73</i>
<i>Obrázek 31: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 20 týdnech skladování. ....</i>	<i>74</i>
<i>Obrázek 32: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 20 týdnech skladování. ....</i>	<i>74</i>
<i>Obrázek 33: Obsah oxidu uhličitého stanoveného manometrickou metodou po 24 týdnech skladování. ....</i>	<i>75</i>
<i>Obrázek 34: Obsah oxidu uhličitého stanoveného metodou multinásobné objemové expanze po 24 týdnech skladování. ....</i>	<i>75</i>
<i>Obrázek 35: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje v PET lahvi stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase. ....</i>	<i>76</i>
<i>Obrázek 36: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje ve skleněné lahvi stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase. ....</i>	<i>77</i>

*Obrázek 37: Úbytek oxidu uhličitého syceného nápoje v hliníkové plechovce stanoveného manometrickou metodou a metodou multinásobné objemové expanze v čase. .... 78*

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tabulka 1: Přehled základních složek nápoje [4].....</i>	18
<i>Tabulka 2: Složení oxidu uhličitého [4].....</i>	35
<i>Tabulka 3: Porovnání propustnosti různých materiálů [2].....</i>	44
<i>Tabulka 4: Specifikace odolnosti vnitřního tlaku [2].....</i>	45
<i>Tabulka 5: Typické složení směsi pro výrobu skleněných lahví [2].....</i>	45
<i>Tabulka 6: Specifikace CarboQC [54].....</i>	60
<i>Tabulka 7: Hodnoty syceného nápoje zjištěné před zahájením skladovacího testu. ....</i>	63