

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická

Nápoje kolového typu - výroba a analýza
vybraných složek

Bakalářská práce

2020

Iryna Shaparenko

Univerzita Pardubice
Fakulta chemicko-technologická
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Iryna Shaparenko**
Osobní číslo: **C16374**
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**
Téma práce: **Nápoje kolového typu – výroba a analýza vybraných složek**
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši zabývající se problematikou nápojů kolového typu, jejich historií, výrobou a významem v potravinářství.
2. Definujte základní složky těchto nápojů a metody jejich analýzy. Diskutujte zdravotní rizika související s konzumací výše uvedených nápojů.
3. V praktické části provedte analýzy vybraných parametrů nápojů kolového typu a na základě dosažených výsledků diskutujte rozdíly v kvalitě jednotlivých vzorků.

Rozsah pracovní zprávy:
Rozsah grafických prací:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Adam, Ph.D.**
Katedra analytické chemie

Datum zadání bakalářské práce: **5. února 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **4. července 2020**



prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.
děkan

L.S.



prof. Ing. Karel Ventura, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 20. února 2020

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne

Iryna Shaparenko

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu své bakalářské práci za odborné konzultace, cenné rady, trpělivost a podporu při provádění experimentů v oblasti realizace mého projektu. Taky bych chtěla poděkovat své rodině za realizaci mého snu, podporu v průběhu celého studia a nesmírnou lásku.

Zvláštní poděkování bych také chtěla vyjádřit svému příteli, který mě inspiroval, podporoval, dodával síly a nekonečnou pozitivní energii.

ANOTACE

V teoretické části bakalářské práce byl popsán krátký přehled historie limonád, základní složky, technologie výroby kolových nápojů a metody stanovení vybraných složek. V experimentální části bylo provedeno stanovení obsahu hlavních kyselin potenciometrickou titrací a obsahu cukrů pomocí metody dle Schoorla.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nealkoholické kolové nápoje, cukry, kyselina fosforečná, kyselina citronová, metoda dle Schoorla, potenciometrická titrace.

TITLE

Cola-type Beverages - Production and Analysis of Selected Components

ANNOTATION

In the theoretical part of bachelor's work, the history of lemonades, the main ingredients, the production technology of cola drinks, and methods of determining the selected ingredients were described. In the experimental part, the content of acidic components was determined by potentiometric titration and the content of sugars was determined by Schoorl method.

KEYWORDS

Soft cola drinks; Sugars; Phosphoric acid; Citric acid; Schoorl method; Potentiometric titration.

OBSAH

ÚVOD	11
1 TEORETICKÁ ČÁST	12
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY	12
1.2 KRÁTKÝ PŘEHLED HISTORIE LIMONÁD	13
1.2.1 Vznik Coca-Coly	13
1.2.2 Vznik Pepsi-Coly	14
1.2.3 Vznik českých značek	14
1.3 ZÁKLADNÍ SLOŽKY LIMONÁD	15
1.3.1 Pitná voda	15
1.3.2 Cukry a sladidla	16
1.3.3 Kofein	18
1.3.4 Kyseliny	19
1.3.5 Oxid uhličitý	19
1.3.6 Aromata a barviva	20
1.4 TECHNOLOGIE VÝROBY KOLOVÝCH NÁPOJŮ	22
1.5 METODY STANOVENÍ SLOŽEK NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ	24
1.5.1 Metody stanovení kyselých složek	24
1.5.2 Metody stanovení sacharidů	24
2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
2.1 VZORKY, PŘÍSTROJE, CHEMIKÁLIE	25
2.1.1 Vzorky	25
2.1.2 Přístroje	25
2.1.3 Chemikálie	26
2.2 PRACOVNÍ POSTUPY	26
2.2.1 Stanovení H_3PO_4 a $C_6H_8O_7$ ve vzorcích potencimetrickou titrací	26
2.2.1.1 Stanovení kyseliny fosforečné	26
2.2.1.2 Stanovení kyseliny citronové	26
2.2.2 Stanovení cukrů	27
2.2.3 Standardizace odměrného roztoku NaOH	27
2.2.4 Standardizace odměrného roztoku $Na_2S_2O_3$	28
3 VÝSLEDKY A DISKUSE	29

3.1	STANDARDIZACE ODMĚRNÝCH ROZTOKŮ	29
3.1.1	Standardizace odměrného roztoku 0,1 M NaOH.....	29
3.1.2	Standardizace odměrného roztoku 0,1 M Na ₂ S ₂ O ₃	29
3.2	STANOVENÍ H ₃ PO ₄ A C ₆ H ₈ O ₇ VE VZORCÍCH KOLOVÝCH NÁPOJŮ POTENCIOMETRICKOU TITRACI.....	30
3.3	STANOVENÍ OBSAHU CUKRŮ.....	33
4	ZÁVĚR	35
	POUŽITÁ LITERATURA	36
	PŘÍLOHY	42

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1 - Spotřeba nealkoholických nápojů (v litrech na osobu)	12
Obrázek 2 - Procentuální struktura spotřeby nealkoholických nápojů v ČR	12
Obrázek 3 - Vývoj láhví Coca-Coly od roku 1899 do 1986	14
Obrázek 4 - Standardizace odměrného roztoku NaOH - 1. stanovení	29
Obrázek 5 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Pepsi-Coly - 1. stanovení	30
Obrázek 6 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Freeway - 1. stanovení	31
Obrázek 7 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Coca-Coly - 1. stanovení	31
Obrázek 8 - Stanovení kyseliny citronové ve vzorku Kofoly - 1. stanovení	32
Obrázek 9 - Stanovení kyselin ve vzorku Coly - 1. stanovení	32
Tabulka 1 - Nejčastější sladidla v nealkoholických nápojích	18
Tabulka 2 - Chemické složení zkoumaných limonád	25
Tabulka 3 - Tabulka navážek, spotřeby a vypočítané koncentraci pro standardizace Na ₂ S ₂ O ₃	30
Tabulka 4 - Tabulka průměrných hodnot stanovení obsahu kyselin ve vzorcích (<i>n</i> = 3)	33
Tabulka 5 - Spotřeba titračního činidla u jednotlivých vzorků	33
Tabulka 6 - Výsledky stanovení cukrů ve vzorcích kolových nápojů (<i>n</i> = 3)	34

SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

ADI	Acceptable Daily Intake – Akceptovaný denní příjem
CNS	Centrální nervový systém
DEA	Drug Enforcement Administration - Úřad pro potírání drog
HFCS	High Fructose Corn Sirup – kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy
HPLC	High Performance Liquid Chromatography - Vysokoučinná kapalinová chromatografie SVNN Svaz výrobců nealkoholických nápojů
UNESDA	Union of European Soft Drinks Associations - Unie evropských asociací výrobců nealkoholických nápojů

ÚVOD

Voda je jednou z nejdůležitějších a nenahraditelných komponent živých organismů. Jak je známo, lidské tělo se skládá ze 70 % z vody, proto je důležité pít minimumálně 2 litry vody denně pro udržení rovnováhy. Při horkém počasí se člověk potí, přičemž se v procesu termoregulace z těla vyvede hodně tekutiny. V takové dny je velká poptávka po balené stolní nebo minerálních vodách.

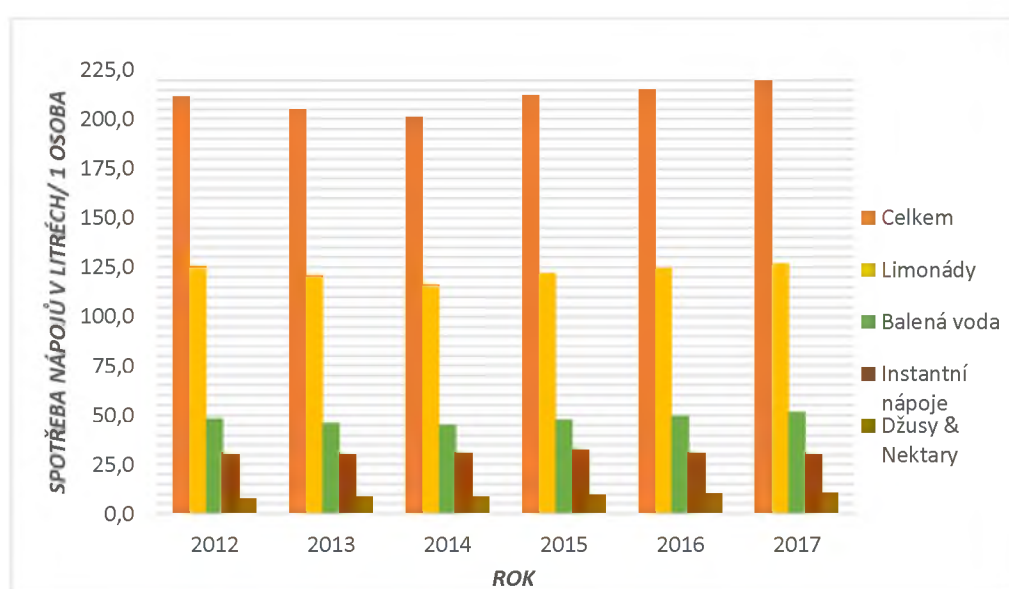
V zimě jsou vhodnou náhradou obyčejné vodě džusy, osvěžující nealkoholické nápoje a limonády. Do složení zmíněných nápojů často patří nejenom minerální látky a vitamíny, ale i extrakty bylinek a kyseliny (citronová, vinná, fosforečná, atd.), které povzbuzují chuť k jídlu a zlepšují trávení, a také kofein, který stimuluje CNS a dodává síly. Významnou roli hraje i přítomnost cukru, který slouží jako palivo pro organismus (z nějž se vyrábí teplo).

Výroba potravin je přímo navázaná na ekonomickou a politickou situaci státu. Tak například poptávka po nealkoholických nápojích se zvyšuje při státních opatřeních zaměřených na boj s alkoholismem, zvýšení bezpečnosti v práci a silničním provozu a celkovou úroveň smrtnosti.

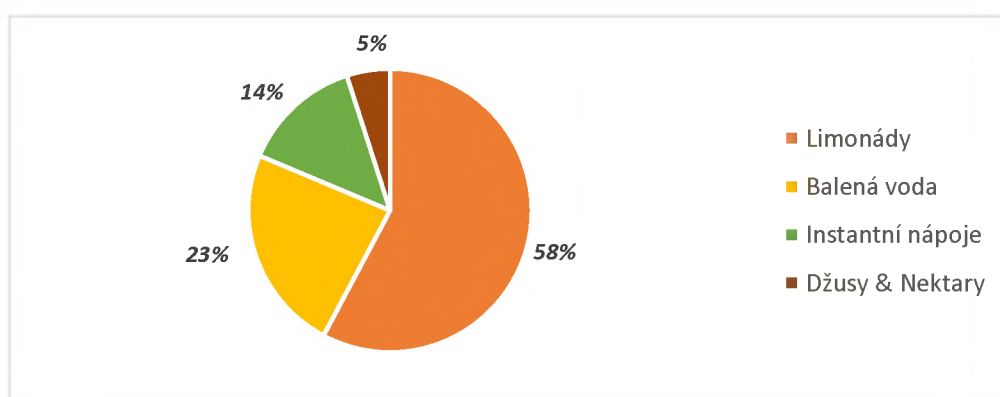
1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 ZÁKLADNÍ POJMY

Podle průzkumu provedeného UNESDA (Unie evropských asociací výrobců nealkoholických nápojů) v průběhu let 2012-2017 měli lidé pro uhašení žízně zájem nejvíce o balenou vodu a limonády, než o jiné druhy pití. I když za předchozí rok spotřeba džusů a nektarů vzrostla o 6,55 % a spotřeba balené vody o 4,13 %, jsou nealkoholické nápoje, jako například limonáda, stále nejpoptávanější v České republice, i když nárůst jejich spotřeby činil pouze 2,15 %. Grafické srovnání je uvedeno na Obrázku 1. Procentuální struktura spotřeby nealkoholických nápojů v ČR v roce 2017 je uvedena na Obrázku 2 [1].



Obrázek 1 - Spotřeba nealkoholických nápojů (v litrech na osobu) [1]



Obrázek 2 - Procentuální struktura spotřeby nealkoholických nápojů v ČR [1]

Obecně pod pojmem limonáda je myšleno: „*Perlivá nebo nasyceá voda vyrobená z citrónové šťávy nebo perlivý nápoj s příchutí citrónu, který se může přidávat do alkoholických nápojů*“ [2].

Čeští výrobci se při výrobě řídí §2 Vyhlášky MZe ČR č.248/2018 Sb., kde limonádou je: „Ochucený nealkoholický nápoj vyrobený z pitné vody, nápojových koncentrátů nebo surovin k jejich přípravě“. Zároveň v §6 stejné Vyhlášky je uvedeno: „Je-li u limonády, minerální vody ochucené, pramenité vody ochucené nebo pitné vody ochucené obsah oxidu uhličitého nižší než 2 g/l, uvede se údaj, že se jedná o nesyčenou limonádu, nesyčenou minerální vodu ochucenou nesyčenou pramenitou vodu ochucenou nebo nesyčenou pitnou vodu ochucenou“ [3].

1.2 KRÁTKÝ PŘEHLED HISTORIE LIMONÁD

Přesně určit, kdy se začal psát příběh limonád, se nedá. Je známé, že ještě ve Starém světě naši předci míchali citrónovou a další šťávy s vodou, aby dostali osvěžující nápoj. Také se zvláštní pozornost věnovala minerálním vodám a sám Hippokrates ve své práci uváděl, jak je důležité pít dostatečné množství vody [4].

První oficiální zmínka o nealkoholickém nápoji, syceném oxidem uhličitým, byla zaznamenána již v roce 1767. Anglickému lékaři Josephu Priestleymu se po dlouhém zkoumání procesu kvašení piva podařilo nasycit obyčejnou vodu oxidem uhličitým získaným při výrobě piva [5,6].

V roce 1783 Jacob Schweppe technologii vylepšil. Založil vlastní podnik Schwepp & Co a začal s výrobou prvních perlivých nealkoholických nápojů s různými příchutěmi, které se mohly přidávat i do alkoholu [6].

1.2.1 Vznik Coca-Coly

Tvůrcem celosvětově nejznámějšího nápoje byl lékař z Atlanty jménem John Pemberton. V roce 1886 vynalezl recept nového nápoje z extraktu listů koky, který prodával v lékárně za pár centů. Účelem tohoto nápoje bylo „vyléčení od jakékoli psychické poruchy a závislosti na morfiu, k celkovému zlepšení a posílení zdraví“. Původně výtěžek z listů koky obsahoval kokain, ale když v USA začala protidrogová kampaň, výrobci se museli přizpůsobit a začali od roku 1903 vydávat Coca-Colu bez kokainu. Na začátku velkou popularitu nápoj nezískal, v průměru jej za den kupovalo jen 9 lidí. První rok prodeje přinesl jenom 50 ze 70 \$ zainvestovaných. Tak Pemberton přeprodal svůj obchod Asovi Griggsi Candlerovi, který v roce 1892 začal přeměňovat firmu „Coca-Cola“ na celosvětově známou firmu a stal jejím prvním prezidentem.

Zajímavým je třeba také fakt, že na začátku 90. let minulého století Coca-Cola podepsala smlouvu s americkými školami, podle které Coca-Cola platila každé škole ročně 3 000 \$ (což bylo

cca 1 \$ na jednoho žáka), a školy za odměnu nesměly mít na prodej žádné jiné pití kromě této značky [7]. Na obrázku 3 je uveden přehled vývoje lahví Coca-Coly.



Obrázek 3 - Vývoj lahví Coca-Coly od roku 1899 do 1986 [8]

1.2.2 Vznik Pepsi-Coly

Druhou nejznámější značku vynalezl lékárník Caleb Bradham v Severní Karolině v roce 1898 a ze začátku prodával pod názvem "Brad's Drink" u sebe v lékárně. Po pár letech Bradham koupil společnost, která vyráběla podobný nápoj, a tím zůstal jediný na trhu s Pepsi nápojem. Získal ochrannou známku a od té doby začala výroba a prodej na mezinárodní úrovni [5,9].

1.2.3 Vznik českých značek

Na území České republiky první nealkoholické perlivé nápoje začala vyrábět v roce 1860 pražská firma Reinhard, ale jenom jako malovýrobu živnostenského typu. Akciová společnost Dr. F. Zátka se rozhodla ji nejenom napodobovat, ale i jít dále, a v roce 1877 založila v Praze první výrobu perlivých nápojů na průmyslové bázi [10]. Nezávisle na ni v roce 1879 Ferdinand Kubeš založil podnik názvem „Továrna na vodu sodovou, šumící limonády a šťávy ovocné, Ferdinand Kubeš, Třebíč“, který se pak proměnil na krátké „ZON - zdravotní osvěžující nápoje“. Pod tímto názvem je známá i dnes [11].

V roce 1960 na český trh vstupuje nový nápoj **Kofola**. Ta byla vynalezena týmem doc. RNDr. PhMr. Zdeňka Blažka, CSc. v rámci státní zakázky o využití nadbytku kofeinu při pražení kávy a obsahovala zvláštní sladkokyselý sirup Kofo [5,12].

Když na konci 20. a začátku 21. století začaly v České republice otevírat prodejny zahraniční řetězce velkoobchodů (Albert, 1991; Kaufland, 1998; Lidl, 2003, atd.), dostaly se sem i jejich privátní potraviny a nápoje, včetně kolových nápojů [13,14,15].

1.3 ZÁKLADNÍ SLOŽKY LIMONÁD

1.3.1 Pitná voda

Jednou ze základních a převažujících surovin pro výrobu limonád je voda. Podle zdroje lze vyčlenit dva základní druhy vod: podzemní (je čerpaná z chráněných vrtů, které mohou sahát až do hloubky několika set metrů) anebo povrchová (pitná voda, která je čerpaná z řek nebo vodních nádrží a je dodávána do vodovodu). K první skupině patří kojenecká, minerální a pramenitá voda [16].

Důležitou podmínkou pro možnost využití vody pro výrobu nealkoholických perlivých nápojů je splňování norem, určených Vyhláškou MZe ČR č. 252/2004 Sb, v platném znění Vyhlášky č. 70/2018 Sb., a to nejenom zdravotní nezávadnost vody při krátkodobé nebo dlouhodobé úschově a konzumaci, ale i dodržování podmínek při čerpání z předepsaných zdrojů, zpracování a balení, a shoda složení s předpisem a nepřekračování limitu závazných ukazatelů v samotné vodě a při styku bezprostředně s vyráběným nápojem [10,17,18].

Na vodu, která se bere z vrtů, jsou přísnější požadavky, než na vodu z veřejné vodovodní sítě, protože je používána hlavně ke konzumaci, na rozdíl od druhé, která je používána i k běžným hospodářským účelům. Dává se pozor na obsah anorganických sloučenin, zejména některých kovů, dusitanů a dusičnanů a organických sloučenin, například chlorovaných uhlovodíků, a dalších nežádoucích látek, jako jsou sírany, železo atd. [19].

Důležitý parametr tvrdost vody je určen obsahem rozpouštěných solí a projevuje se při styku s vyráběným nápojem. Příliš tvrdá voda (karbonátová neboli přechodná tvrdost), obsahující hydrogenuhličitan vápenatý a hořečnatý, na sebe váže oxid uhličitý lépe, než jinak tvrdá voda, ale při tom se dokážou vysrážet hydrogenuhličitan s kyselinami v limonádě. Tvrdost vody může být také nekarbonátová, neboli stálá. Ta je dána obsahem jiných solí vápníku a hořčíku. Součet obou těchto tvrdostí vytváří celkovou tvrdost vody [10,17,18,20].

1.3.2 Cukry a sladidla

Pro vylepšení chuťových vlastností nealkoholických perlivých nápojů výrobci rádi přidávají sacharidy anebo jím podobné látky, například alkoholické cukry nebo syntetická sladidla.

Sacharidy patří mezi základní živiny, makronutrienty, a pro lidské tělo jsou dobrým zdrojem energie [21]. Také jsou stavební jednotkou buněk a některé jsou součástí biologicky aktivních látek, například nukleových kyselin, hormonů, vitamínů atd. [22]. V potravinářství jsou sacharidy používány kvůli své schopnosti dodávat potravinám sladkou chuť, vůni a barvu (v případě karamelů). Také konzervační účinky cukrů, například u sladkých nápojů, pozitivně ovlivňují bezpečnost a kvalitu potraviny tím, že omezují působení vody a tím potlačují růst a aktivitu mikroorganismů [21]. Nejjednodušší sacharidy jsou monosacharidy, složené z jedné cukerné jednotky [22].

Glukóza je nejvíce zkoumaným a zároveň nejvíce používaným monosacharidem. Spojením s fruktózou vzniká oligosacharid (disacharid) sacharóza, desítky tisíc molekul glukózy vázané mezi sebou vytvářejí škrob [23]. Je lehce vstřebatelná a v lidské krvi je v koncentraci 0,08-0,1 % [22,23]. Je méně sladká než sacharóza [22]. Z potravinářského hlediska, kromě výroby glukózo-fruktózových sirupů, se glukóza aplikuje v pekařství (droždí) a v některých státech také v pivovarství [24].

Fruktóza je známá jako ovocný cukr protože jako volný monosacharid je přítomná ve velkém množství pouze v medu a některém ovoci [25]. Je to nejsladší přírodní cukr, sladivost krystalické fruktózy je 1,8x vyšší než u sacharózy, ale sladivost fruktózového roztoku už není tak vysoká [23,24]. V roztoku její sladivost závisí na kyselosti (čím vyšší pH, tím je sladší), na teplotě (čím vyšší teplota, tím nižší sladivost) a na koncentraci. Je komerčně dobře dostupná a z nutričního hlediska poskytuje méně kalorií, než sacharóza. Proto se fruktóza perfektně uplatňuje jako náhražka bílého cukru (sacharózy) a poskytuje potravinám stejnou texturu a sladkou chuť, akorát s menším množstvím energie. Ovocný cukr se používá při výrobě čokolády, cukrovinek, mléčných produktů, sportovních, nízkokalorických a nealkoholických nápojů [25].

V roce 1968 byl fermentativně vyroben 42% kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy [25]. V USA je známý jako High Fructose Corn Sirup (HFCS), v Evropě se lze setkat s názvem Izoglukóza. Od roku 1970 výrobci nealkoholických nápojů začali nahrazovat sacharózu za HFCS. V současné době se procentuální obsah fruktózy v sirupech liší podle jednotlivých států, což komplikuje vyhodnocení vlivů na lidské zdraví. Je možné, že konzumace HFCS a dalších cukrových přísad má vliv na navýšení inzulínové rezistence, zhoršení metabolismu, a přispívá ke kardiovaskulárním chorobám. Výzkumy však poskytují rozporuplné výsledky, proto se i dále pokračuje ve výzkumech v této oblasti [26].

Glukózo-fruktózoové sirupy jsou vyráběny buď ze škrobu nebo fermentativní nebo kyselou (málo používanou) hydrolyzou inulinu [25]. Pro výrobu ze škrobu se používají bramborový, pšeničný nebo kukuřičný škrob [21]. HFCS 42 obsahuje 42 % fruktózy a 58 % glukózy a je využíván pro výrobu zmrzliny, dezertů a cukrovinek. HFCS 55 obsahuje 55 % fruktózy a 45 % glukózy a je přidáván do nealkoholických nápojů [27].

Mezi nejpoužívanější oligosacharidy patří řepný cukr, neboli *sacharóza* [22]. Je sloužená z molekul glukózy a fruktózy. Je rezervním sacharidem rostlin a je dobrým zdrojem energie pro člověka. Vyrábí se z cukrové řepy nebo třtiny. Pro potravinářské účely je sacharóza využívána pro přidání sladké chuti, barvy (zlatá až hnědá při karamelizaci) a úpravy textury potravin [28]. Vzhledem k tomu, že její konzumace není doporučena nebo je zakázána při řadě nemocí, je častěji a častěji nahrazovaná tzv. sladidly, která jsou buď alkoholické cukry (sorbitol, mannitol nebo xylitol), náhradní sladidla (acesulfam draselný E950, aspartam E951 nebo sacharin E954) anebo jiné přírodní cukry (fruktóza, laktóza, glukóza, atd.) [29].

Jejich význam spočívá i v tom, že mají minimální, případně nulovou energetickou hodnotu a jsou několikrát sladší než sacharóza, a proto jsou používána v light verzích limonád [16].

Dobré sladidlo má mít vlastnosti podobné sacharóze, a to zdravotní nezávadnost, stabilitu při změně pH nebo teploty, čistou sladkou chuť bez příchutě, kompatibilitu s jinými složkami a vysokou rozpustnost ve vodě [30].

Sacharin je označován E954, jeho sodné, draselné nebo vápenaté soli mají označení *cyklamát* E952. Vzhledem k výrazné sladké chuti sacharinu (300x sladší než sacharosa), kovové příchuti a špatně rozpustnosti ve vodě, výrobci raději používají jeho soli [22]. V roce 1969 byl prokázán karcinogenní vliv směsi cyklamátu sodného a sacharinu (10:1) na potkany [30].

Acesulfam K E950 je 200x sladší než sacharóza. Jako sladidlo je preferovaná draselná sůl acesulfamu kvůli dobré rozpustnosti. Chuťově je podobný sacharinu a při větších koncentracích má hořkou a kovovou příchutě.

Aspartam E951 je velmi rozšířené a oblíbené sladidlo v potravinářském světě [30]. Je až 180x sladší než sacharóza [21]. Aspartam je dipeptid vzniklý slučováním kyseliny asparagové a fenylalaninu [22]. Na obalech dietního jídla, obsahujícího aspartam, musí být uvedena přítomnost fenylalaninu, který je nebezpečný pro osoby s fenylketonurií.

Kombinací některých sladidel je možné dosáhnout větší sladivosti roztoku, než jeho jednotlivých komponent. Proto výrobci nealkoholických nápojů rádi používají směs aspartamu a acesulfamu K, což výrazně snižuje náklady na výrobu [30].

V Tabulce 1 je uvedeno porovnání sladkostí náhražek oproti řepnému cukru, kde poslední je brán za 1.

Tabulka 1 - Nejčastější sladidla v nealkoholických nápojích [25,26,31,32]

<i>Druh sladidla</i>	<i>Výživová hodnota na 1 g</i>	<i>Sladivost vůči cukru</i>
Cukr řepný bílý	17 kJ	1x
Glukóza („hroznový cukr“)	16 kJ	0,7 x
Fruktóza („ovocný cukr“)	17 kJ	1,5 x
Aspartam	17 kJ	200 x
Acesulfam K	cca 0 kJ	200 x
Sacharin	cca 0 kJ	300 x

1.3.3 Kofein

Z chemického hlediska název pro kofein je 1,3,7-trimethyl-2,6-dioxopurin. Je to purinový derivát v krystalické formě, jehož určitý obsah se vyskytuje v kolových ořechách, semenech kávy nebo čajových listech apod. [10].

Různé druhy nápojů poskytují kofein s malou intenzitou cca 45 minut po konzumaci. Doba působení kofeinu je individuální pro každého jednotlivce a je ovlivňována mnoha faktory, jako jsou věk, váha, těhotenství, laktace, konzumace jiných návykových látek, funkčnost jater atd. 50 % kofeinu je z těla vyloučeno během 180-420 minut u mladé zdravé osoby. Tato látka stimuluje CNS pomocí stimulace neuronů a zvýšení rychlosti metabolismu, snižuje únavu a spavost, čímž způsobuje zlepšení koordinace, zrychlení mozkové aktivity, čistotu myšlenek a tzv. „přiliv síl“.

Výzkumy provedené Khalidem Mehmoodem a Ziaem Ullahem Khokhareem pomocí HPLC ukazují, že z porovnání nealkoholických nápojů kolového a nekolového typu je zřejmé, že obsah kofeinu u prvních je značně vyšší. Tak například Coca-Cola obsahuje 14,10 mg/100 ml, Pepsi-Cola má 9,38 mg/100ml a např. Sprite 0,20 mg/ml [33].

Takže v přepočtu litrová láhev Coca-Coly obsahuje 141,0 mg kofeinu a stejná láhev Pepsi-Coly obsahuje 93,8 mg kofeinu. Jednotlivá dávka kofeinu by neměla přesahovat 200 mg (cca 3 mg/kg hmotnosti těla), celková denní dávka kofeinu pro dospělého člověka nesmí překročit 400 mg (cca 5,7 mg/kg hmotnosti těla) [34].

Maximální doporučené množství kofeinu v kolových nápojích je 120 g na 100 litrů nápoje, což v přepočtu tvoří 148 mg na 1 litr kolového sirupu [10]. Pokud by si tedy dospělý zdravý člověk dal denně 1 litr nealkoholického kolového nápoje, tak z hlediska kofeinu nebude žádným způsobem zdravotně ohrožen (za podmínky, že nemá žádné specifické reakce na kofein a nedá si žádné jiné jídlo obsahující kofein nebo alkohol atd.).

1.3.4 Kyseliny

Kyseliny se přidávají pro udržení nebo úpravu kyselosti (nebo alkality) nápoje, proto se v potravinářském průmyslu označují jako regulátory pH nebo regulátory kyselosti.

Jednou z nejvíce používaných je *kyselina citronová*, která je získána buď z citrónové šťavy nebo je průmyslově vyráběná kvašením z melasy plísněmi *Aspergillus niger* [35].

Je známá v potravinářství pod číslem E330 a je používána jako přísada pro regulaci kyselosti nápoje nebo konzervant pro potlačování růstu mikroorganismů. Je nezbytnou surovinou pro Krebsův, neboli Citrátový, cyklus, který je součástí metabolismu všech živých buněk, včetně lidských. V malých množstvích není zdraví škodlivá, ve větších může způsobit poškození zubní skloviny [36].

Při nahrazení kyseliny citronové jinými kyselinami se na základě prostých přepočtů vychází z předpokladů, že 1 g bezvodé kyseliny citronové odpovídá 1,17 g kyseliny vinné, 1,4 g kyseliny mléčné, 0,766 g kyseliny fosforečné nebo 1,047g kyseliny jablečné (za předpokladu, že tyto jsou 100%).

Kyselina fosforečná je levná a velmi agresivní čirá kyselina s výraznou kyselou příchutí. Vyrábí se jako 73% roztok. Může nahradit kyselinu citronovou pouze z 50 %. Používá se při výrobě kolových nápojů, kde její kyselá chuť je maskovaná intenzivním aroma [28]. Maximální množství přídavku do nápojů je 0,7 mg/kg [37].

Vyrábí se hydratací oxidu fosforečného a značí se jako E338. V malých množstvích je zdravotně nezávadná, může být zdrojem fosforu pro kosti a zuby (zde s vápníkem v poměru 1:2). Při větších dávkách dochází k vymývání vápníku z kostí, což může způsobit osteoporózu, svalové křeče, otoky sliznic různých orgánů, krvácivost nebo svědění kůže [36,38].

1.3.5 Oxid uhličitý

Oxid uhličitý (CO₂, E290) je používán v potravinářství nejenom pro uchování chuti a aroma nápoje, ale i pro snižování pH nápoje vznikem kyseliny uhličitě. Další vlastností je snižování aktivity a rozvoje aerobních mikroorganismů, které se mohou vyskytnout ve sladkém nápoji. Na plísně za normálních podmínek vliv nemá, ale bakterie psychrofilních druhů, jako jsou *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Escherichia coli* a některé bakterie rodu *Salmonella* jsou velmi citlivé na přítomnost oxidu uhličitěho. Za standardních podmínek je oxid uhličitý bezbarvý nehořlavý plyn lehce nakyslé chuti a bez zápachu. Za zvýšeného tlaku a snížené teploty může přecházet přes kapalný stav do tuhého skupenství známého jako „suchý led“. Při kontaktu s atmosférou suchý led spotřebovává teplo a může přecházet do plynného stavu bez přechodu na kapalně skupenství - tzn. sublimovat [20].

Organismus člověka denně vyrábí kolem 1 kg oxidu uhličitého v průběhu dýchání a metabolických pochodů [39]. Při malých koncentracích (0,2-0,4 % ve vzduchu) není oxid uhličitý toxický pro organismus, může vyvolávat pouze spavost a ochablost [40]. Při větších koncentracích (7-10 %) se projevují příznaky otravy - zvýšení krevního tlaku, bolesti hlavy, zvracení, dezorientace, zhoršení sluchu a ztráty vědomí. Při dlouhodobém působení velkých koncentrací může docházet k silné acidóze, astma, křečím a paralýze dýchacích cest, což může mít letální konec [41].

Nápoje s rozpuštěným oxidem uhličitým vyvolávají hyperemii sliznice a zvyšují sekreci, absorpci a motilitu gastrointestinálního systému [20].

1.3.6 Aromata a barviva

Coca. Jedním z důvodů, proč Coca-Cola získala svůj současný název, je její historická výroba. Původní recept obsahoval extrakt z listů koky, ve kterých bylo až 2 % kokainu [42].

V roce 1903 časopis New York Tribune obvinil společnost Coca-Cola, že z jejího nápoje opilí černoši z getta dělali nepořádek [43,44]. Po tomto incidentu firma upravila svůj recept a namísto čerstvých listů koky začala používat zpracované listy po vyextrahování kokainu [45].

Největšími distributory listů koky v současné době jsou Kolumbie, Peru a Bolívie, přičemž pouze poslední dvě země mají licence od amerického Úřadu pro potírání drog (Drug Enforcement Administration, DEA) být na mezinárodním trhu produkce koky a kokových listů pro lékařské a výzkumné účely [46,47]. Avšak v roce 2009 vypuknul skandál ohledně složení Coca-Coly a ruská pobočka firmy prohlásila, že jejich nápoj obsahuje pouze to, co je uvedeno na obale. Extrakt z koky a řada dalších sloučenin (například karmín - E120) mezi složky jejich nápoje nepatří [48,49].

Cola. Charakteristickou složkou kolových nápojů je extrakt ze semen stromů Cola rodiny *Sterculiaceae*. V potravinářství je jako aroma využíván extrakt plodů kolovníků *Cola nitida* a *Cola acuminata*, neboli kolových ořechů. Denní dávka extraktu by neměla přesahovat 0,68 mg/kg denně [50].

V současné době největším poskytovatelem kolových ořechů je Nigerie, po ní jsou to Pobřeží Slonoviny, Kamerun, Ghana, Sierra Leone a Benin (Jižní Afrika) [51]. Kolová semena jsou bohatá na kofein, theobromin, kolanin, D-katechin, L-epikatechin a další flavonoidy a taniny. Tyto složky měly dopad na využití plodů koky pro sociální a náboženské účely a taky v tradiční medicíně při léčbě černého kašle, depresí, astma a také jako afrodisiakální a protiparazitní prostředky [52].

Kolové ořechy *Cola nitida* jsou větší než *Cola acuminata*, mají lehce kakaovou vůni a v čerstvé podobě hořkou až trpkou chuť, která se po vysušení zjemní a projeví se vůně muškátového ořechu [53].

Pro vytvoření charakteristické vůně a chuti kolového nápoje má každý výrobce svou recepturu na přidávání kořenících složek k extraktu kolových ořechů. Podle účelu – buď maskování trpké chuti, zvýraznění aroma, anebo obohacení o určitou příchut' – mohou se přidávat vanilka, citrónová a pomerančová šťáva, skořice, a jim podobná koření [54].

Velmi oblíbenými potravinářskými barvivy jsou **karamely**: karamel E150a, kaustický sulfitový karamel E150b, amoniakový karamel E150c a amoniak-sulfitový karamel E150d [55]. V nealkoholických nápojích pro dosažení různých odstínů hnědé barvy se nejčastěji používají **amoniak-sulfitový karamel** (označovaný E150d) anebo **pálený cukr** (směs karamelů typu E150) [20].

Dle směrnice Evropské Komise č. 2008/128/ES platí: „Amoniak-sulfitový karamel se připravuje řízeným tepelným zpracováním sacharidů (komerčně dostupných výživných sladidel potravinářské čistoty, kterými jsou monomery glukózy, fruktózy a/nebo jejich polymery, například glukózové sirupy, sacharóza a/nebo sirupy invertního cukru a dextróza) s kyselinami nebo zásadami, nebo bez nich, v přítomnosti sloučenin siřičitanu i amoniaku (kyselina siřičitá, siřičitan draselný, disiřičitan draselný, siřičitan sodný a disiřičitan sodný, hydroxid amonný, uhličitan amonný, hydrogenuhličitan amonný, fosforečnan amonný, síran amonný, siřičitan amonný a hydrogensířičitan amonný).“ Pro ostatní typy karamelu platí stejné požadavky s výjimkou přítomnosti sloučenin amoniaku a siřičitanu u E150a, sloučenin amoniaku u E150b a sloučenin siřičitanu u E150c [56].

Karamely nemají karcinogenní ani genotoxický vliv na lidský organismus, ani na reprodukci nebo zdraví dítěte [55]. Pokusy na *Drosophila melanogaster* potvrdily informaci o bezpečnosti konzumace karamelů pro živý organismus [57].

Hodnoty přijatelného denního příjmu (ADI) pro karamely E150a, E150b, E150d jsou 300 mg/kg/den a jen pro E150c byla určena hodnota 100 mg/kg/den vzhledem k neurčitosti vlivu jedné ze složek (2-acetyl-4-tetrahydroxibutylimidazolu) na lidskou imunitu [55].

Pro potravinářské účely je karamel používán kvůli specifické barvě, chuti a vůni, kterou přidává potravinám, schopnosti stabilizace koloidních systémů, zpomalení změny chuti a prodloužení trvanlivosti potravin citlivým ke světlu [57].

1.4 TECHNOLOGIE VÝROBY KOLOVÝCH NÁPOJŮ

Výroba nealkoholických nápojů začíná **přípravou vody**, která je obecně používána z veřejné vodovodní sítě. Vzhledem k vysokým požadavkům na kvalitu a složení vody se zavádí několik technologických kroků pro její čištění a změkčování.

Celý postup začíná **sedimentací** suspendovaných částic v podélné obdélníkové usazovací nádrži s horizontálním průtokem, nebo usazovací nádrži s radiálním horizontálním průtokem, a zřídka (kvůli své vysoké stavební výšce) v kruhové usazovací nádrži s vertikálním průtokem. Průmyslově se využívají rezervoáry o velkém objemu [58,59].

Po sedimentaci následuje **filtrace** na pískových nebo antracitových filtrech pro odstranění jemných částic nečistot. Suspendované částice jsou zachycené do prostoru mezi zrny filtrové náplně a nepostupují dále. Jelikož čistota vody je závislá na velikosti částic náplně a tloušťky samotného filtru, tak se ve výrobě uplatňují nejlépe křemičitý písek (98% SiO₂) a rozmělněný antracit, a to díky jednoduché regeneraci vrstvy pomocí zpětného proplachu. Toto velmi snižuje náklady na údržbu zařízení a spotřebu energie [58,60].

Vzhledem ke skutečnosti, že ani sedimentace ani filtrace nemohou odstranit z vody disperzní-koloidní částice minerální nebo organické povahy, je při výrobě důležitým krokem **koagulace**. Jejím principem je po přidání koagulačních činidel (nejčastěji FeCl₃, Fe₂(SO₄)₃ nebo Al₂(SO₄)₃) vytvoření větších celků z jemných částic o separovatelné velikosti, které se pak odstraní při sedimentaci nebo koagulační filtraci. Po přidání koagulačního činidla do vody, nejčastěji solí železa nebo hliníku, je koagulace buď spouštěna přímo anebo až po hydrolyze koagulantu. Produkty se spojují s koloidními částicemi opačného elektrického náboje a shlukují se do vloček větší a větší velikosti (flokulace), až vzniknou přijatelné sedimentační formy pro filtraci anebo sedimentaci [58,61].

Velmi nežádoucí je přítomnost iontů kovů v pitné a technické vodě, zvláště železa a manganu, které se do ní dostanou hlavně z průmyslově znečištěných přírodních vodních zdrojů anebo podzemních vod přebírajících ionty a sloučeniny kovů z minerálů [20]. Proto se do technologického postupu zavádí **odželezňování** a **odmanganování**. Zatímco železo má slabě toxický účinek na organismus, mangan může vyvolávat vážné potíže CNS, plic, jater, cév, mozku, porušení koordinace a tremor. Přítomnost těchto kovů může také zvyšovat počet některých druhů bakterií ve vodě, což svým způsobem ovlivní náklady na další dezinfekci. Proto je velmi důležité zbavit se iontů kovů jednou z fyzikálně-chemických metod, jako jsou ultrafiltrace, koagulace a flokulace, sorpce na aktivní uhlí, biologické metody anebo pískové filtry [62]. Velmi oblíbeným postupem je aerace vody, při které jsou ionty železa a manganu oxidací převedené do svých nerozpustných forem, zpravidla Fe(OH)₃ a Mn(OH)₄. Po vysrážení následuje sedimentace a/nebo filtrace [58,62].

Dalším krokem je **změkčování vody na iontoměníči**. Filtr je naplněný speciální ionexovou pryskyřicí a vyměňuje ionty Na^+ a H^+ , obsažené v náplni, za ionty Ca^{2+} a Mg^{2+} , obsažené ve vodě. Na dezinfekci vody a odstranění nežádoucí mikrobiologické aktivity se používá UV záření [58].

Výroba cukerného sirupu. Při výrobě invertního cukru se do varných nádob přidává změkčená voda, která se zahřeje na 50-60 °C, do ní se přidá potřebné množství sacharózy za neustálého míchání. Směs je zahřívána na 68-72 °C, přidá se 10% roztok kyseliny citronové. Inverze probíhá po dobu dvou hodin a minimálně z 50 %. Také může být provedena inverze pomocí HCl nebo H_2SO_4 , popř. enzymaticky pomocí invertázy (E1130). Horký sirup je dále podáván na filtr, zchlazen na teplotu 20 °C a dále se uskládňuje do zásobníků [20,63].

Výroba kuléru. Karamel, neboli kulér, se používá k obarvení nápojů na žluto-hnědou až tmavě hnědou barvu. V kulérovárném přístroji se během 40 min ohřívá směs cukru s malým množstvím vody (1-2 % hm.) na 180 °C. Při 160 °C cukr začíná hnědnout. Doba vaření při 180-200 °C záleží na objemu varného přístroje a může trvat až několik hodin. Konec karamelizace se vyhodnotí organolepticky. Za dobře uvařený kulér je považován takový, který při nanesení na sklo a po krátkodobém ponoření do vody má tmavě hnědou barvu, nelepí se na prsty, a při seškrábání ze skla se láme. Uvařený kulér se ochladí na 60-65 °C a přidá se k němu horká voda pro upravení koncentrace na 79-81 %. Podle potřeby se provádí filtrace, po které je roztok předáván do další výroby [63].

Smíchání komponent. Procentuální podíl každé ze složek je předem určen. V uzavřených nádobách dochází ke smíchání cukerného sirupu, extraktů (pokud jsou součástí receptu), roztoku organických kyselin, kuléru a aroma v uvedeném pořadí. Pak následuje filtrace.

Nasycení vody pomocí oxidu uhličitého nastává buď před přidáním vody do sirupu anebo se provede sycení až naředěného sirupu. Hotový produkt je v konečné fázi výroby rozléván na transportních pásech do lahví [20,58,63].

1.5 METODY STANOVENÍ SLOŽEK NEALKOHOLICKÝCH NÁPOJŮ

1.5.1 Metody stanovení kyselých složek

Kyselost reagujících složek vyjadřuje celková kyselost. Ta se stanoví titrací odměrným roztokem hydroxidu na fenolftalein (vizuální indikace) nebo alkalimetry s potenciometrickou nebo konduktometrickou indikací (instrumentální indikace).

Při **potenciometrické titrační metodě** je závislost napětí elektrochemického článku na přídatku titračního činidla sledována pomocí elektrody citlivé na změny koncentrace titrované látky. Nejčastěji se používá skleněná elektroda. Po každém přídatku titračního činidla je zaznamenána změna pH roztoku. Z naměřených hodnot se sestaví titrační křivka a vyhodnotí se bod ekvivalence. U vícesytných kyselin dochází k několika „skokům“ ukazujících na několik bodů ekvivalence [64,65].

1.5.2 Metody stanovení sacharidů

Za redukující cukry jsou považované látky, které zredukovávají měďnaté ionty v alkalickém roztoku za horka na červenohnědou sraženinu oxidu měďného. Další metody jsou založené na určení množství vyloučeného Cu_2O , úměrného obsahu redukujících látek (např. gravimetrické stanovení), anebo na určení množství nezreagovaných měďnatých iontů (např. jodometrické stanovení).

Stanovení obsahu neredukujících cukrů (sacharózy) vedle redukujících (glukóza, fruktóza atd.) je založeno na stanovení veškerých redukujících látek po inverzi a bez inverze. Rozdíl hodnot odpovídá množství sacharózy ve vzorku.

Při **metodě dle Schoorla** je vzorek naředěn destilovanou vodou a vyčereán pomocí Carrezových činidel, které tvorbou sraženiny strhávají nečistoty a barviva. Část roztoku, získaného po filtraci, je odebrána na inverzi, která se provede přidáním kyseliny chlorovodíkové a zahřátím na teplotu do 70 °C. Další část z filtrovaného podílu je odebrána na analýzu bez inverze.

Cukerné roztoky reagují za varu s Fehlingovými činidly. Ty oxidují redukující cukry měďnatými ionty a vyloučí se oxid měďný. Po ochlazení a okyselení je přebytek měďnatých iontů stanoven jodometricky. To probíhá jejich reakcí s jodidem za vzniku jodu, který je dále titrován thiosíranem sodným podle rovnice (1) a (2) [66]:



2 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2.1 VZORKY, PŘÍSTROJE, CHEMIKÁLIE

2.1.1 Vzorky

- Vzorek č.1 – **Cola**, vyrobeno v EU, VESETA spol. s.r.o., Kyšice, ČR
- Vzorek č.2 – **Freeway**, vyrobeno v EU, Lidl Česká republika v.o.s., Praha, ČR
- Vzorek č.3 – **Kofola**, vyrobeno v EU, Kofola a.s., Krnov, ČR
- Vzorek č.4 – **Coca-Cola**, vyrobeno v EU, Coca-Cola HBC Česko a Slovensko s.r.o., Praha, ČR
- Vzorek č.5 – **Pepsi**, vyrobeno v EU, PEPSICO CZ s.r.o., Praha, ČR

V Tabulce 2 jsou uvedeny základní složky jednotlivých značek nápojů.

Tabulka 2 - Chemické složení zkoumaných limonád

	Coca-Cola	Pepsi-Cola	Kofola	Freeway	Cola
Voda	je	je	je	je	je
Oxid uhličitý	je	je	je	je	je
Cukr	Fruktózo-glukózový sirup	cukr	Fruktózo-glukózový sirup, cukr	cukr	není
Sladidlo	není	není	není	není	Acesulfam K, aspartam, sodná sůl sacharinu
Barvivo	E150d – amoniak sulfitový karamel	E150d – amoniak sulfitový karamel	E150 – palený cukr (karamel)	E150d – amoniak sulfitový karamel	E150d – amoniak sulfitový karamel
Kyselina	fosforečná	fosforečná	citronová	fosforečná	fosforečná, citronová
Aroma	Kofein, přírodní aroma	Kofein, přírodní aroma	Kofein, přírodní aroma	Kofein, přírodní aroma	Kofein, aroma
Další složky	neuvedeno	neuvedeno	Sirup Kofo	neuvedeno	Konzervanty – benzoan sodný, sorban draselný

2.1.2 Přístroje

- pH-metr SCHOTT CG-842 (Schott Instruments GmbH, Mainz, Německo)
- Váhy KERN 770-15 (KERN GmbH, Batinger, Německo)
- Magnetická míchačka a míchadlo (Color Squid IKAMAG, Staufen, Německo)
- Byreta digitální Titrette (Brand GmbH, Wertheim, Německo)
- Vaříč jednoplotýnkový SENCOR SCP 1503WH (Sencor, Říčany u Prahy, ČR)
- Ultrazvuková lázeň Sonorex TK 52 (Bandelin, Berlín, Německo)

2.1.3 Chemikálie

Výrobce Penta s.r.o., Praha, ČR: hydroxid sodný p.a., hydroxid sodný 30%, kyselina citronová p.a., kyselina fosforečná p.a., Carrezovo činidlo I, Carrezovo činidlo II, kyselina chlorovodíková p.a., Fehlingovo činidlo I, Fehlingovo činidlo II, jodid draselný p.a., kyselina sírová p.a., thiosíran sodný p.a., škrobový maz p.a., kalibrační pufrы pro kalibraci pH metru (pH = 4, pH = 7)

Výrobce Lach-Ner a.s., Neratovice, ČR: kyselina šťavelová p.a.

Výrobce Erba Lachema s.r.o., Brno, ČR: fenolftalein, dichroman draselný p.a.

Univerzita Pardubice, ČR: destilovaná voda

2.2 PRACOVNÍ POSTUPY

2.2.1 Stanovení H_3PO_4 a $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ve vzorcích potencimetrickou titrací

Z roztoků vzorků byl odstraněn oxid uhličitý pomocí ultrazvukové lázně.

2.2.1.1 Stanovení kyseliny fosforečné

Do 100ml kádinky bylo odměřeno 10 ml vzorku limonády zbavené oxidu uhličitého. Následně bylo přidáno 40 ml vody. Kádinka s míchadlem byla umístěna na elektromagnetickou míchačku a do roztoku byla ponořena elektroda a špička byrety. Byla zaznamenána počáteční teplota roztoku. Bylo nutné udržet roztok při konstantní teplotě, proto byla po dobu celého měření teplota sledována. Poté bylo zapnuto míchání a bylo zaznamenáno pH roztoku při nulovém přídávku 0,1M NaOH. Dále byl roztok hydroxidu přidáván po 0,5 ml, v okolí bodu ekvivalence po 0,1 ml. Pro každý přídavek byla zaznamenána hodnota pH. Měření bylo provedeno třikrát pro každý vzorek [64,65].

2.2.1.2 Stanovení kyseliny citronové

Do 50ml kádinky bylo převedeno 25 ml vzorku nápoje zbaveného oxidu uhličitého. Po umístění kádinky s míchadlem na elektromagnetickou míchačku byla do roztoku ponořena elektroda a špička byrety. Před zapnutím míchání byla zaznamenána počáteční teplota roztoku a ta byla sledována stejně jako při stanovení kyseliny fosforečné. Po zapnutí míchání byla zaznamenána hodnota pH roztoku při nulovém přídávku 0,1 M NaOH. Dále byl hydroxid přidáván po 0,5 ml, v okolí bodu ekvivalence po 0,1 ml a po každém přídávku byla hodnota pH zaznamenána. Měření bylo provedeno třikrát pro každý vzorek kolového nápoje [64,65].

2.2.2 Stanovení cukrů

Ze vzorku zbaveného oxidu uhličitého bylo odebráno 2,5 ml do 250ml odměrné baňky a následně zředěno 100 ml destilované vody. Poté bylo ke vzorku přidáno 5 ml Carrezova čířidla I a 5 ml Carrezova čířidla II. Směs byla důkladně protřepána. Obsah baňky byl doplněn po rysku destilovanou vodou. Suspenze byla zfiltrována přes skládaný filtr a prvních 25 ml bylo slito do odpadu.

Na analýzu bez inverze bylo odebráno 50 ml filtrátu, které byly převedeny do 100ml odměrné baňky a doplněny po rysku destilovanou vodou. Vzorky bez inverze budou dále označovány jako **vzorek A**.

Pro analýzu vzorku po inverzi bylo odebráno 50 ml filtrátu, které byly odměřeny do 100ml odměrné baňky a k tomu bylo přidáno 5 ml 20% kyseliny chlorovodíkové. Na vodní lázni za konstantní teploty 67-70 °C byla provedena inverze cukrů. Následně byl obsah baňky rychle zchlazen pod tekoucí vodou. Potom byl přidán fenolftalein a roztok zneutralizován 30% NaOH do slabě růžového zbarvení. Obsah baňky byl doplněn po rysku destilovanou vodou. Vzorky bez inverze budou dále označovány jako **vzorek B**.

Jodometrické stanovení. Do 250ml kuželové baňky bylo převedeno 10 ml Fehlingova roztoku I, 10 ml Fehlingova roztoku II, ihned potom 20 ml vzorku A a 10 ml destilované vody. Do baňky byly přidány varné kuličky, baňka byla přikryta malou nálevkou a zahřívána cca 3 minuty k varu. Pak byl vzorek mírně vařen přesně 2 minuty a poté rychle zchlazen pod tekoucí studenou vodou. K ochlazenému roztoku bylo přidáno 2 g tuhého jodidu draselného a 10 ml kyseliny sírové (1:6).

Uvolněný jod byl titrován 0,1M roztokem $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Ke konci titrace bylo přidáno 3 ml škrobového mazu (roztok zmodral) a titrace pokračovala do vzniku smetanové barvy. Stejným způsobem byla provedena titrace u vzorku B a slepého pokusu (namísto směsi vzorku a vody bylo k Fehlingovým činidlům přidáno 30 ml destilované vody) [66].

2.2.3 Standardizace odměrného roztoku NaOH

Na analytických vahách bylo naváženo cca 63 mg kyseliny šťavelové s přesností na 4 desetinná místa a převedeno do titrační baňky. Navážka byla rozpuštěna ve 100 ml destilované vody. Poté bylo vloženo míchadlo do baňky a ta umístěna na elektromagnetickou míchačku. Po opatrném ponoření elektrody a špičky byrety do roztoku bylo spuštěno míchání a byla zaznamenána hodnota pH před začátkem titrace. Zpočátku bylo titrováno po 0,5 ml, kolem bodu ekvivalence se přídavek zmenšil na 0,1 ml. Za potenciálovým skokem byl přídavek titračního činidla opět navýšen až do ustálení hodnoty pH. Standardizace byla opakována třikrát.

2.2.4 Standardizace odměrného roztoku $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$

Vypočtené množství dichromanu draselného, potřebné pro 1 titraci (cca 49 mg), s přesností na 4 desetinná místa bylo naváženo a kvantitativně převedeno do 50ml odměrné baňky. Po zředění přiměřeným množstvím vody bylo přidáno 3-5 ml 2M kyseliny sírové a cca 1 g tuhého jodidu draselného. Žluto-hnědý roztok byl titrován odměrným roztokem thiosíranu sodného do slabě nažloutlého odstínu. Po přidání 5 ml škrobového mazu (roztok zmodral) bylo pokračováno v titraci, až se indikátor odbarvil na slabě modrozelený odstín. Standardizace byla opakována třikrát [66].

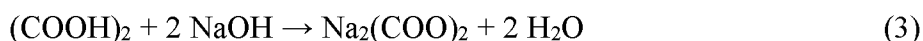
3 VÝSLEDKY A DISKUSE

V této bakalářské práci byly u vybraných nealkoholických kolových nápojů stanovovány celková kyselost alkalimetry s potenciometrickou indikací a obsah cukrů metodou dle Schoorla.

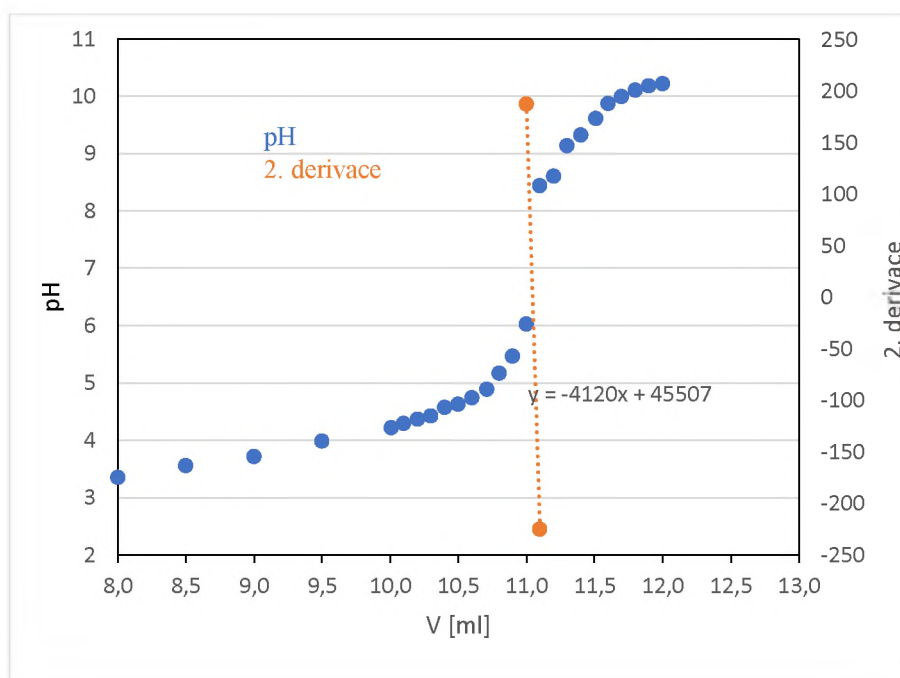
3.1 STANDARDIZACE ODMĚRNÝCH ROZTOKŮ

3.1.1 Standardizace odměrného roztoku 0,1 M NaOH

Standardizace 0,1M NaOH na kyselinu šťavelovou byla provedena třikrát dle postupu 2.2.3 a rovnice (3):



Obrázek 4 ukazuje titrační křivku pro 1. stanovení, kde je zároveň znázorněna 2. derivace, ze které byl vyhodnocen bod ekvivalence. Grafy pro 2. a 3. stanovení jsou uvedené v Příloze I na Obrázku I.1 a Obrázku I.2.

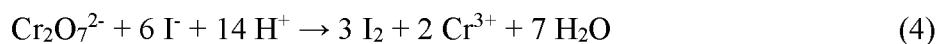


Obrázek 4 - Standardizace odměrného roztoku NaOH - 1. stanovení

Výsledná koncentrace vypočtena jako průměr ze 3 stanovení byla 0,0897 M NaOH.

3.1.2 Standardizace odměrného roztoku 0,1 M Na₂S₂O₃

Standardizace na K₂Cr₂O₇ byla provedena třikrát dle postupu 2.2.4 a rovnic (4) a (5):



V Tabulce 3 jsou uvedené navážky $K_2Cr_2O_7$ a spotřeba $Na_2S_2O_3$, ze kterých na základě stechiometrie byla vypočítána přesná koncentrace thiosíranu, která ve výsledku byla 0,1064 M $Na_2S_2O_3$.

Tabulka 3 - Tabulka navážek, spotřeby a vypočítané koncentraci pro standardizace $Na_2S_2O_3$

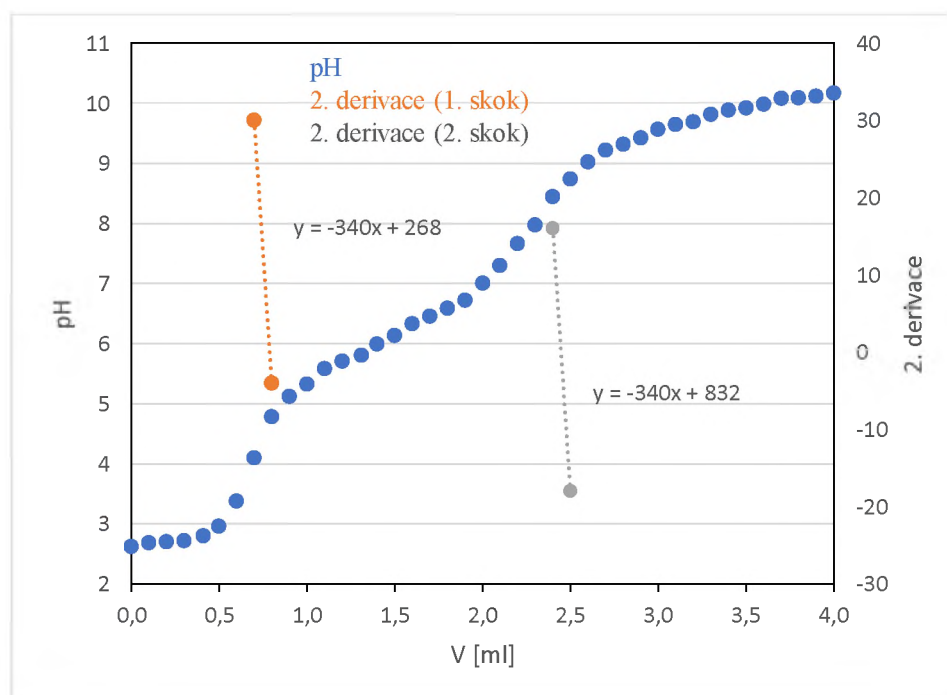
Navážka $K_2Cr_2O_7$ [g]	Spotřeba $Na_2S_2O_3$ [ml]	Koncentrace $Na_2S_2O_3$ [mol l ⁻¹]
0,0489	9,4	0,1061
0,0492	9,4	0,1063
0,4900	9,4	0,1067

3.2 STANOVENÍ H_3PO_4 A $C_6H_8O_7$ VE VZORCÍCH KOLOVÝCH NÁPOJŮ POTENCIOMETRICKOU TITRACÍ

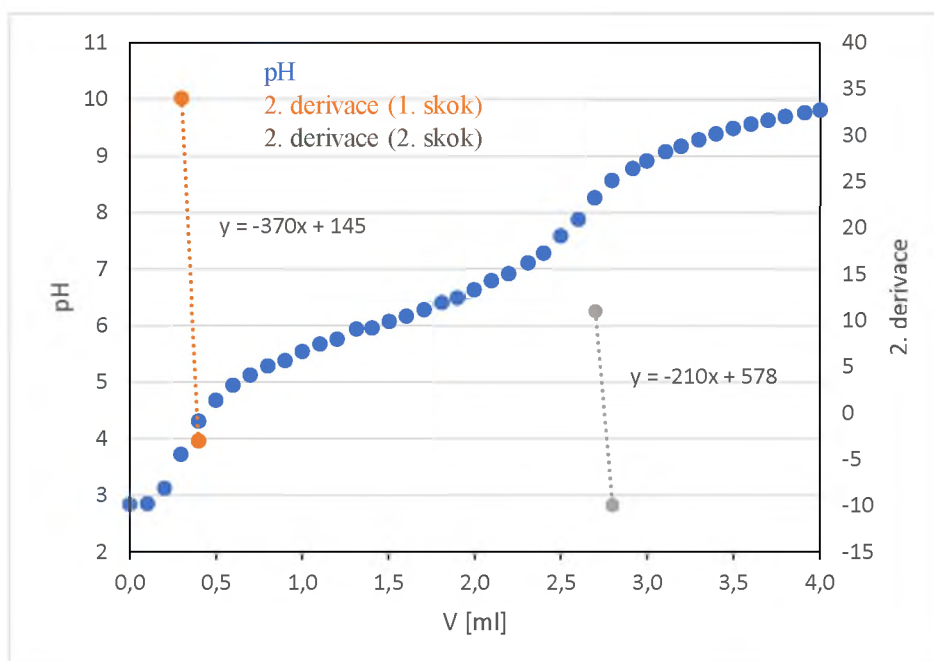
Byly analyzovány vzorky 5 nápojů, jejichž detailní popis je uveden v Tabulce 2. Analýza byla provedená dle postupu 2.2.1.

Pro každý vzorek byla na základě naměřených hodnot sestavena titrační křivka, provedena 1. a 2. derivace a z 2. derivace byl vyhodnocen bod ekvivalence.

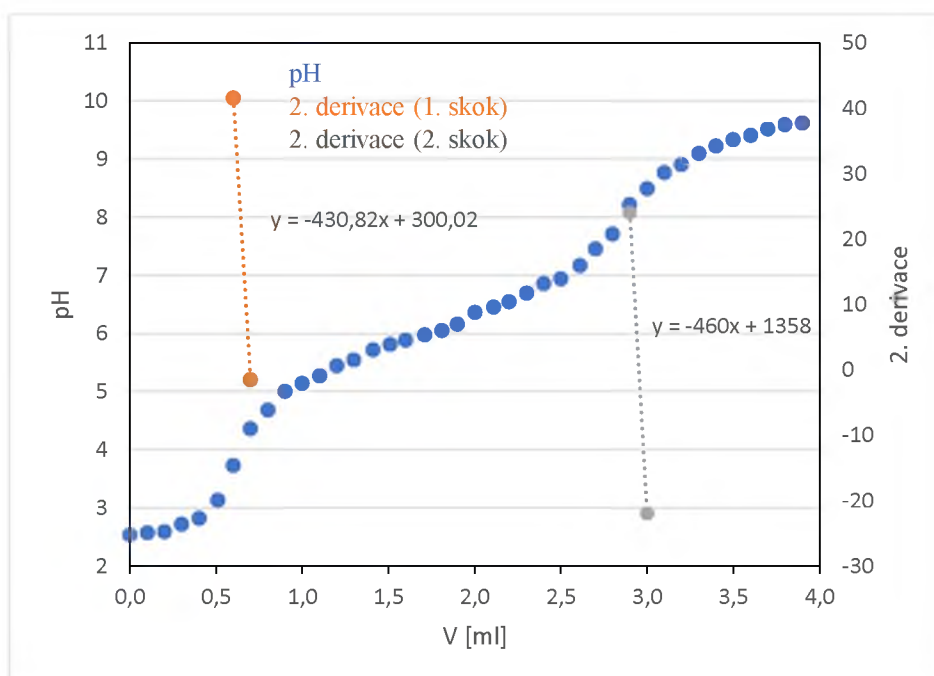
Podle údajů na obalech vzorky Pepsi-Coly, Freeway a Coca-Coly obsahovaly pouze kyselinu fosforečnou. Přítomnost kyseliny fosforečné potvrzují dva výrazné potenciálové skoky v okolí bodů ekvivalence na Obrázcích 5, 6 a 7.



Obrázek 5 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Pepsi-Coly - 1. stanovení



Obrázek 6 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Freeway - 1. stanovení

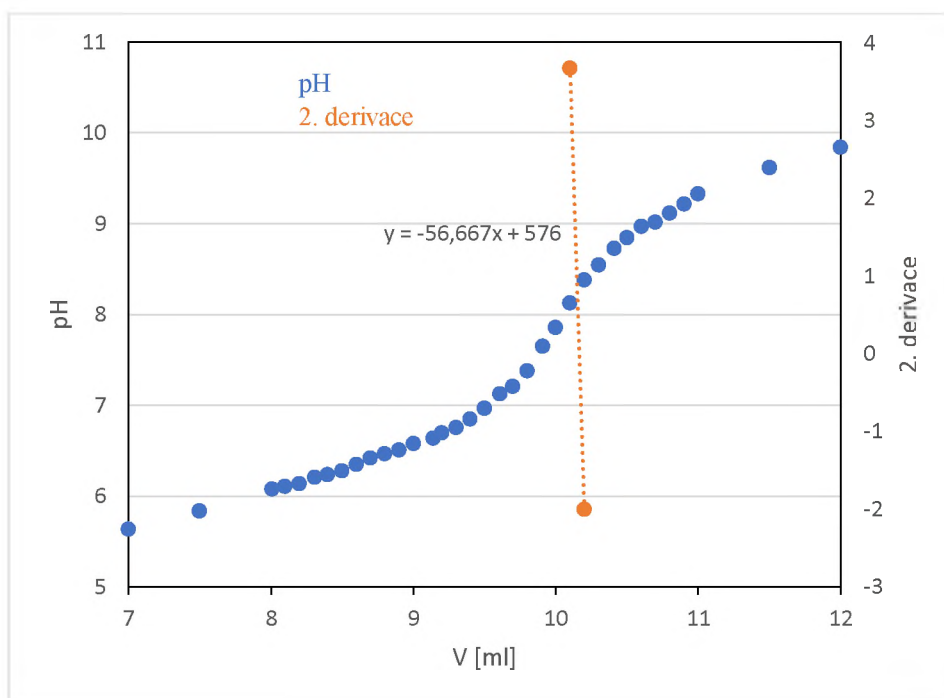


Obrázek 7 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Coca-Coly - 1. stanovení

Grafy pro 2. a 3. stanovení jsou uvedené v Příloze II na Obrázcích II.1-10.

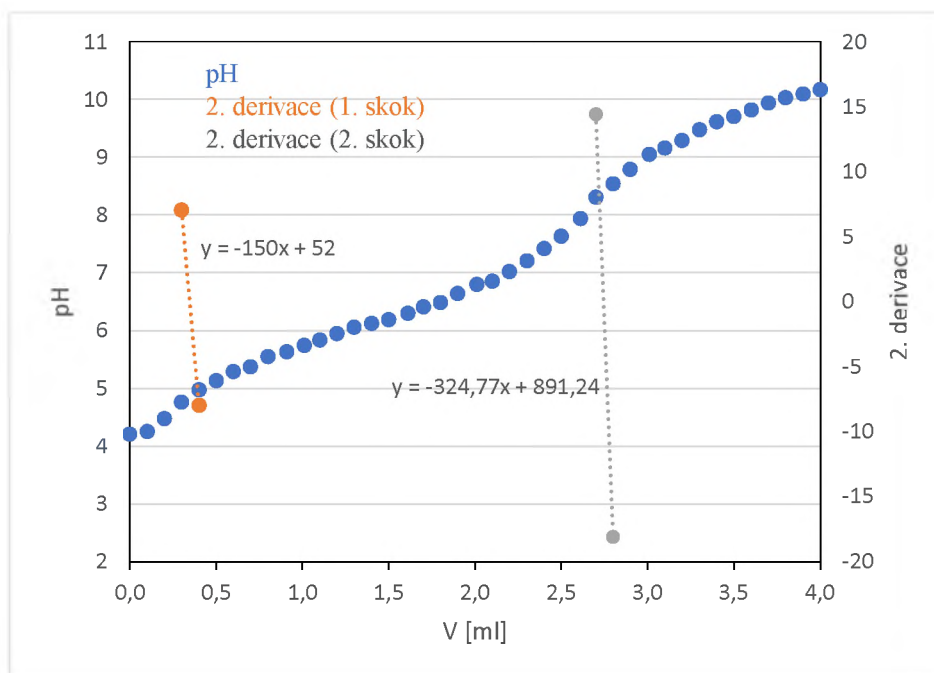
Z výše uvedených grafů je patrné, že uvedené vzorky neobsahují pouze kyselinu fosforečnou, což potvrzuje rozdíl mezi 1. a 2. titračním skokem. V případě samotné kyseliny fosforečné by 2. skok měl být při dvojnásobné spotřebě vůči skoku prvnímu, což v uvedených grafech neplatí.

Vzorek Kofoly obsahoval pouze kyselinu citronovou, proto je na titrační křivce Obrázku 8 pouze jeden skok.



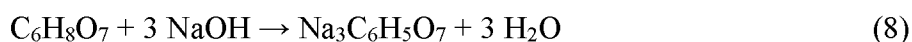
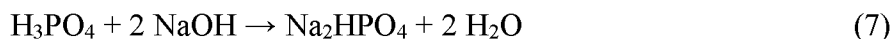
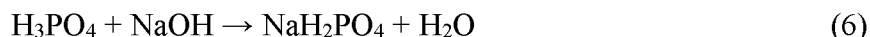
Obrázek 8 - Stanovení kyseliny citronové ve vzorku Kofoly - 1. stanovení

U vzorku Cola byly na obale uvedeny obě stanovované kyseliny, tedy kyselina fosforečná a citronová. Z grafu na Obrázku 9 jsou vidět dva méně výrazné skoky, první odpovídá samotné kyselině fosforečné, druhý pak směsi obou kyselin.



Obrázek 9 - Stanovení kyselin ve vzorku Coly - 1. stanovení

U kyselin citronové a fosforečné šlo sledovat potenciálové skoky dle reakcí (6), (7) a (8):



V Tabulce 4 jsou uvedeny průměrné výsledky stanovení obsahů vybraných kyselin ve vzorcích, vypočítané ze spotřeby 0,1M NaOH na titraci do jednotlivých bodů ekvivalence.

Tabulka 4 - Tabulka průměrných hodnot stanovení obsahu kyselin ve vzorcích ($n = 3$)

	Pepsi-Cola	Freeway	Coca-Cola	Kofola	Cola
H_3PO_4 [mg/100ml]	67,53 ± 2,00	37,61 ± 2,46	61,41 ± 2,90	–	26,30 ± 3,11
$\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ [mg/100ml]	–	–	–	223,92 ± 7,65	135,23 ± 4,23
titrační kyselost*	2,25 ± 0,16	2,42 ± 0,05	2,52 ± 0,06	2,38 ± 0,08	3,50 ± 0,12

* vyjádřeno jako mmol H^+ na 100 ml nápoje

Z uvedené tabulky plyne, že největší hodnotu titrační kyselosti vykazoval vzorek Cola, kde byla deklarovaná přítomnost jak kyseliny fosforečné, tak i kyseliny citronové. Nejmenší titrační kyselost byla naměřena u vzorku Pepsi-Cola. Tento vzorek však vykazoval největší obsah kyseliny fosforečné ze všech analyzovaných vzorků.

3.3 STANOVENÍ OBSAHU CUKRŮ

Byly analyzovány vzorky 5 nápojů, složení kterých je uvedeno v Tabulce 2. Analýza byla provedena dle postupu 2.2.2. V Tabulce 5 jsou uvedené spotřeby $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ze dvou stanovení pro každý vzorek kolového nápoje.

Tabulka 5 - Spotřeba titračního činidla u jednotlivých vzorků

	Spotřeba $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - BEZ inverze [ml]*	Spotřeba $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ - PO inverzí [ml]*
Pepsi-Cola	22,8	22,2
Freeway	22,4	21,1
Coca-Cola	22,5	22,2
Kofola	23,0	22,9
Cola	– **	– **

* Průměrné hodnoty tří stanovení; ** spotřeba odpovídala slepému vzorku

Průměrná spotřeba $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ pro titraci slepého vzorku činila 24,7 ml.

Množství veškerých cukrů bylo vypočítáno na základě spotřeby titračního činidla a odečtením příslušných hodnot z tabulek. Výsledky byli přepočítány na obsah sacharózy a jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6 - Výsledky stanovení cukrů ve vzorcích kolových nápojů ($n = 3$)

	Množství cukrů v nápoji [g/100 ml]		Množství cukrů dle obalů [g/100 ml]
	Vzorek A *	Vzorek B **	
Pepsi-Cola	6,30 ± 0,25	8,65 ± 0,13	11
Freeway	7,70 ± 0,38	12,20 ± 0,13	9,8
Coca-Cola	7,23 ± 0,25	8,81 ± 0,27	11,2
Kofola	5,68 ± 0,25	6,17 ± 0,27	8
Cola	— ***	— ***	< 0.5

* Vyjádřeno jako obsah glukózy; ** Vyjádřeno jako obsah invertního cukru; *** spotřeba odpovídala slepému vzorku (nelze určit)

Pepsi-Cola a Freeway obsahovaly cukr, což se potvrzuje větším rozdílem spotřeb $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ před a po inverzi. Coca-Cola obsahovala glukózo-fruktózový sirup, proto rozdíl objemů thiosíranu, využitého pro titraci před a po inverzi byl menší. Vzorek Kofoly obsahoval fruktózo-glukózový sirup a cukr. Z větší část směs tvořil Fru-Glu sirup, což potvrzuje fakt, že spotřeba titračního činidla před a po inverzi byla téměř stejná. Vzorek Coly obsahoval sladidla, proto spotřeba $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ byla stejná, jako u slepého pokusu.

Výsledné hodnoty obsahu cukrů vyjádřených jako invertní cukr se pohybovaly od 6,17 až do 12,20 g/100 ml nápoje. V případě vzorků Pepsi-Cola, Coca-Cola a Kofola byly nalezené obsahy cukrů nižší, než je deklarováno na obale, u vzorku Freeway to bylo naopak více. Vzorek Coly obsahoval pouze sladidla, což se potvrdilo i při samotném stanovení, kdy spotřeba na titraci vzorku byla shodná se spotřebou na titraci slepého vzorku.

4 ZÁVĚR

Bakalářská práce se zabývala stanovením obsahu kyselin fosforečné a citronové a také obsahu cukrů v 5 vzorcích vybraných nealkoholických nápojů kolového typu.

V teoretické části byla popsána problematika kolových nápojů, jejich historie, výroba, význam v potravinářství a jednotlivé složky a jejich vliv na lidské zdraví. Také byly popsány některé z metod pro stanovení vybraných složek.

V experimentální části byla provedena analýza 5 vybraných nealkoholických nápojů kolového typu s ohledem na obsah kyselin a cukrů. Na základě dosažených výsledků lze konstatovat, že největší hodnotu titrační kyselosti vyjádřené jako mmol H^+ na 100 ml nápoje vykazoval vzorek Cola, kde byla deklarována přítomnost jak kyseliny fosforečné, tak i kyseliny citronové. Největší obsah kyseliny fosforečné byl zjištěn u vzorku Pepsi-Cola, avšak tento vzorek současně vykazoval nejnižší hodnotu titrační kyselosti.

Obsahy cukrů vyjádřených jako invertní cukr se v analyzovaných vzorcích pohybovaly od 6,17 až do 12,20 g/100 ml nápoje. Pouze u vzorku Freeway byla zjištěná hodnota obsahu cukrů vyšší než hodnota deklarovaná na obale, v případě vzorků Pepsi-Cola, Coca-Cola a Kofola byly nalezené obsahy cukrů nižší. Vzorek Coly obsahoval pouze sladidla, což se potvrdilo i při samotném titračním stanovení.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] UNESDA, [cit. 2019-05-12], *Dostupné z: <https://www.unesda.eu/>*.
- [2] International Food Information Service: *Dictionary of Food Science and Technology*, 2. vyd., Chichester: Wiley-Blackwell, 2009, ISBN 978-1-4051-8740-4.
- [3] Vyhláška č. 248/2018 Sb.: *Vyhláška o požadavcích na nápoje, kvasný ocet a droždí*, [cit. 2020-02-07], *Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-248>*.
- [4] MACFARQUHAR, C., G. GLEIG: *Encyclopædia Britannica: Or, A Dictionary of Arts, Sciences, and Miscellaneous Literature*, Edinburgh: A. Bell and C. Macfarquhar, 1797.
- [5] 100+1 zahraniční zajímavost 13/14: *Válka limonád: drsné dějiny perlivého osvěžení*, [cit. 2020-02-16], *Dostupné z: <https://www.stoplusjednicka.cz/valka-limonad-drsne-dejiny-perliveho-osvezeni>*.
- [6] MORGENTHALER, J.: *The Bar Book: Elements of Cocktail Technique*, California: Chronicle Books LLS, 2014, ISBN 978-1-4521-1384-5.
- [7] World of Coca-Cola: *About Us, Coca-Cola history*, [cit. 2020-02-07], *Dostupné z: <https://www.worldofcoca-cola.com/about-us/coca-cola-history/>*.
- [8] Pinterest, [cit. 2020-04-09], *Dostupné z: <https://cz.pinterest.com/pin/253257179015538532/>*.
- [9] PepsiCo: *About the company*, [cit. 2020-02-11], *Dostupné z: <https://www.pepsico.com>*.
- [10] HRUDKOVÁ, A., J. MARKVART a kol.: *Nealkoholické nápoje*, Praha: SNTL, 1989.
- [11] ZON: *Historie*, [cit. 2020-02-20], *Dostupné z: <https://www.zon.cz>*.
- [12] Kofola: *Příběh Kofoly*, [cit. 2020-02-21], *Dostupné z: <https://www.kofola.cz>*.
- [13] Albert s.r.o.: *Hustorie a současnost*, [cit. 2020-03-01], *Dostupné z: <https://www.albert.cz>*.
- [14] Kaufland: *Historie firmy*, [cit. 2020-03-01], *Dostupné z: <http://www.kaufland-cz.cz/>*.
- [15] Lidl: *Historie*, [cit. 2020-03-01], *Dostupné z: <https://spolecnost.lidl.cz>*.
- [16] KADLEC, P., K. MELZOCH, M. VOLDŘICH: *Co byste měli vědět o výrobě potravin? Technologie potravin*, 1.vyd., Ostrava: Key Publishing, 2009, ISBN 978-80-7418-051-4.
- [17] Vyhláška č. 252/2004 Sb.: *Vyhláška, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody*, [cit. 2020-06-16], *Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-252>*

- [18] Vyhláška č. 70/2018 Sb.: *Vyhláška, kterou se mění vyhláška č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, ve znění pozdějších předpisů*, [cit. 2020-06-16], Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2018-70>
- [19] KADLEC, P. a kol.: *Technologie potravin I*, 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2008, ISBN 978-80-7080-509-1.
- [20] ОГАНЕСЯИЦ, Л.А., А.Л. ПАНАСЮК, М.В. ГЕРНЕТ: *Технология безалкогольных напитков*, Санкт-Петербург: ГИОРД, 2012, ISBN: 978-5-98879-145-4.
- [21] GABROVSKÁ, D., M. CHÝLKOVÁ: *Sladká fakta o cukrech a sladidlech, aneb, Čím si osladit život*, 1. vyd. Praha: Potravinářská komora České republiky, Česká technologická platforma pro potraviny, 2017, ISBN 978-80-88019-17-6.
- [22] ODSTRČIL, J., M. ODSTRČILOVÁ: *Chemie potravin*, Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2006, ISBN 80-7013-435-6.
- [23] LICHTENTHALER, F. W.: Carbohydrates: Occurrence, Structures and Chemistry. In: ULLMANN, F.: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2010, DOI: 10.1002/14356007.a05_079.
- [24] SCHENCK, F. W.: Glucose and Glucose-Containing Syrups, In: ULLMANN, F.: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, DOI: 10.1002/14356007.a12_457.
- [25] WACH, W.: Fructose, In: ULLMANN, F.: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2004, DOI: 10.1002/14356007.a12_047.
- [26] CF Consulting Services Ltd: *Consumption and impact of High Fructose syrups. Review of Scientific Evidence and Policies on Nutrition and Physical Activity—Objective Area B3: A comprehensive review of the scientific evidence and policies on the consumption, energy intake and impact of High Fructose syrups on overweight and obesity and health. Summary Report*, 2018, [cit. 2020-05-25], Dostupné z: https://ec.europa.eu/health/sites/health/files/nutrition_physical_activity/docs/2019_sciview_b3_sr_en.pdf.
- [27] Calorie Control Council: *Fructose*, [cit. 2020-04-08], Dostupné z: <https://caloriecontrol.org/fructose/>.

- [28] SCHIWECK, H., M. CLARKE, G. POLLACH: Sugar, In: ULLMANN, F.: *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2007, DOI: 10.1002/14356007.a25_345.
- [29] РОЖНОВ, Е.Д, Е.П. КАМЕНСКАЯ, М.В. ОБРЕЗКОВА: *Технология и производство кваса, безалкогольных напитков и минеральных вод*, Бийск: Издательство Алтайского государственного технического университета им. И.И.Ползунова, 2013.
- [30] LEE, TH. D.: Sweeteners, In: KIRK, R.E., D. OTHMER: *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*, New York: Wiley, 2006, ISBN: 9780471238966.
- [31] BEZPEČNOST POTRAVIN, [cit. 2020-04-09], *Dostupné z: <https://www.bezpecnostpotravin.cz>*.
- [32] Food and Agriculture Organization of the United Nations: *CHAPTER 3: CALCULATION OF THE ENERGY CONTENT OF FOODS – ENERGY CONVERSION FACTORS*, [cit. 2020-04-09], *Dostupné z: <http://www.fao.org/3/Y5022E/y5022e04.html>*.
- [33] MEHMOOD, K., Z. U. KHOKHAR: Estimation of caffeine in different caffeinated drinks of Gujranwala District (a case study), *Science International (Lahore)*, 2016, 28, 4529-4532.
- [34] EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA): Scientific Opinion on the safety of caffeine, *EFSA journal* 2015, 13(5), 4102.
- [35] VELÍŠEK, J., J. HAJŠLOVÁ: *Chemie potravin 2*, Tábor: OSSIS, 2009, ISBN: 978-80-86659-16-9.
- [36] WINTER RUTH, M.S.: *A Consumer's Dictionary of Food Additives, 7th Edition: Descriptions in Plain English of More Than 12,000 Ingredients Both Harmful and Desirable Found in Foods*, New York: Three Rivers Press, 2009, ISBN: 978-0-307-40892-1.
- [37] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č .1129/2011 ze dne 11. listopadu 2011, kterým se mění příloha II nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č .1333/2008 vytvořením seznamu potravinářských přídatných látek Unie. In: *Úřední věstník Evropské unie*, [cit. 2020-04-11], *Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:295:0001:0177:CS:PDF>*.
- [38] SKURRAY, G.: *Decoding food additives: a comprehensive guide to food additive codes and food labelling*, Sydney: Lothian Books, 2006, ISBN: 9780734409225.

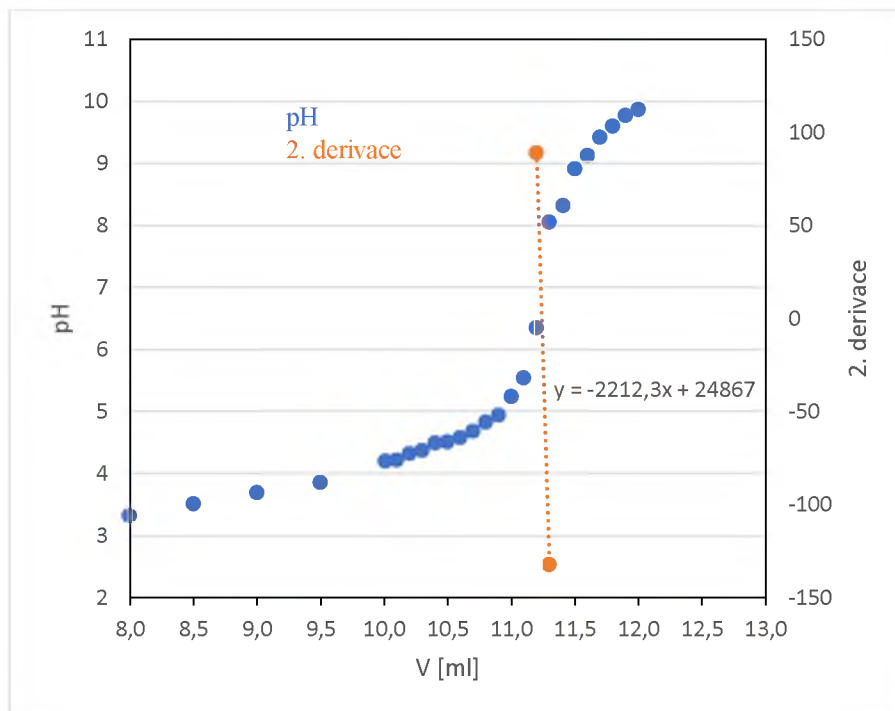
- [39] Carbon Dioxide Information Analysis Center: *Frequently Asked Global Change Questions*, [cit. 2020-04-11], *Dostupné z:* <https://web.archive.org/web/20110410142100/http://cdiac.ornl.gov/pns/faq.html>.
- [40] FRIEDMAN, D.: *Toxicity of Carbon Dioxide Gas Exposure, CO2 Poisoning Symptoms, Carbon Dioxide Exposure Limits, and Links to Toxic Gas Testing Procedures*, [cit. 2020-03-30], *Dostupné z:* https://inspectapedia.com/hazmat/Carbon_Dioxide_Hazards.php.
- [41] United States Environmental Protection Agency: *Carbon Dioxide as a Fire Suppressant: Examining the Risks*, [cit. 2020-03-12], *Dostupné z:* <https://web.archive.org/web/20151002093443/http://www.epa.gov/ozone/snap/fire/co2/co2report.html>.
- [42] ШВИЦЕР, Ю.: *Производство химико-фармацевтических и техно-химических препаратов*, Москва-Ленинград: Московская редакция химической литературы, 1934.
- [43] New-York Tribune from New York, [cit. 2020-03-14], *Dostupné z:* <https://www.newspapers.com/newspage/468734435/>.
- [44] The Straight Dope: *Is it true Coca-Cola once contained cocaine?* [cit. 2020-03-15], *Dostupné z:* <https://www.straightdope.com/columns/read/384/is-it-true-coca-cola-once-contained-cocaine/>.
- [45] LIEBOWITZ, M. R.: *The Chemistry of Love*, Boston: Little, Brown & Co., 1983.
- [46] SCNAC-96-1-9: *Cocaine: a major drug issue of the seventies; hearings before the Select Committee on Narcotics Abuse and Control, House of Representatives, Ninety-sixth Congress, first session, July 24, 25, October 10, 1979*, Washington: U.S. Govt. Print. Off., 1980, [cit. 2020-07-21], *Dostupné z:* <https://catalog.hathitrust.org/Record/002950112>
- [47] Bureau of International Narcotics and Law Enforcement Affairs: *2019 International Narcotics Control Strategy Report*, Washington States Department of State Bureau of International Narcotics Matters, 2019, [cit. 2020-03-16], *Dostupné z:* <https://www.state.gov/2019-international-narcotics-control-strategy-report/>.
- [48] ГАСПАРЯН, С.: *Соса-Кола червяков не использует*, *Взгляд: Деловая газета*, 2009, 29.01.2009, [cit. 2020-03-19], *Dostupné z:* <https://vz.ru/society/2009/1/29/251424.html>.
- [49] KARABULUT, M., *Cola'nın Sırrı ve Çişi*, Turkey: Gokboru Yayıncılık, 2007, ISBN: 9750167317.

- [50] AMADI, C. N., W. I. NWACHUKWU: The effects of oral administration of *Cola nitida* on the pharmacokinetic profile of metoclopramide in rabbits, *BMC Pharmacology & Toxicology* 2020, 21(1), 4.
- [51] Tridge: *Kola nut*, [cit. 2020-03-26], Dostupné z: <https://www.tridge.com/intelligences/kola-nut/production>.
- [52] ERUKAINURE, O., O. SANNI, O. M. IJOMONE, C. U. IBEJI, Ch. I. CHUKWUMA, Sh. M. ISLAM: The antidiabetic properties of the hot water extract of kola nut (*Cola nitida* (Vent.) Schott & Endl.) in type 2 diabetic rats, *Journal of Ethnopharmacology* 2019, 242, 112033.
- [53] BURDOCHKA, G., I. G. CARABIN, Ch. M. CRINCOLI: Safety assessment of kola nut extract as a food ingredient, *Food and Chemical Toxicology* 2009, 47(8), 1725-1732.
- [54] VONÁŠEK, F., E. TREPKOVÁ, L. NOVOTNÝ: *Látky vonné a chuťové*, Praha: SNTL, 1987.
- [55] EFSA: *EFSA reviews safety of caramel colours*, [cit. 2020-04-06], Dostupné z: <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/ans110308>.
- [56] SMĚRNICE KOMISE 2008/128/ES ze dne 22. prosince 2008, kterou se stanoví specifická kritéria pro čistotu týkající se barviv pro použití v potravinách, In: *Úřední věstník Evropské unie*, [cit. 2020-04-06], Dostupné z: <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:2008L0128:20110207:CS:PDF>.
- [57] MATEO-FERNÁNDEZ, M., P. ALVES-MARTÍNEZ, M.D.RÍO-CELESTINO, R. FONT, T. MERINAS-AMO, Á. ALONSO-MORAGA: *Food safety and nutraceutical potential of caramel colour class IV using in vivo and in vitro assays*, Spain: Agri-Food Laboratory, Council of Agriculture, Fisheries and Rural Development of Andalusia, 2019, DOI: 10.3390/foods8090392.
- [58] МАЛЬЦЕВ, П.М., М.В. ЗАЗИРНАЯ: *Технология безалкогольных и слабоалкогольных напитков*, Москва: Пищевая промышленность, 1970.
- [59] OCHOWIAK M., M. MATUSZAK, S. WLODARZAK, M. ANCUKIEWICZ, A. KRUPINSKA: The modified swirl sedimentation tanks for water purification, In: *Journal of Environmental Management* 2017, 189, 22-28.

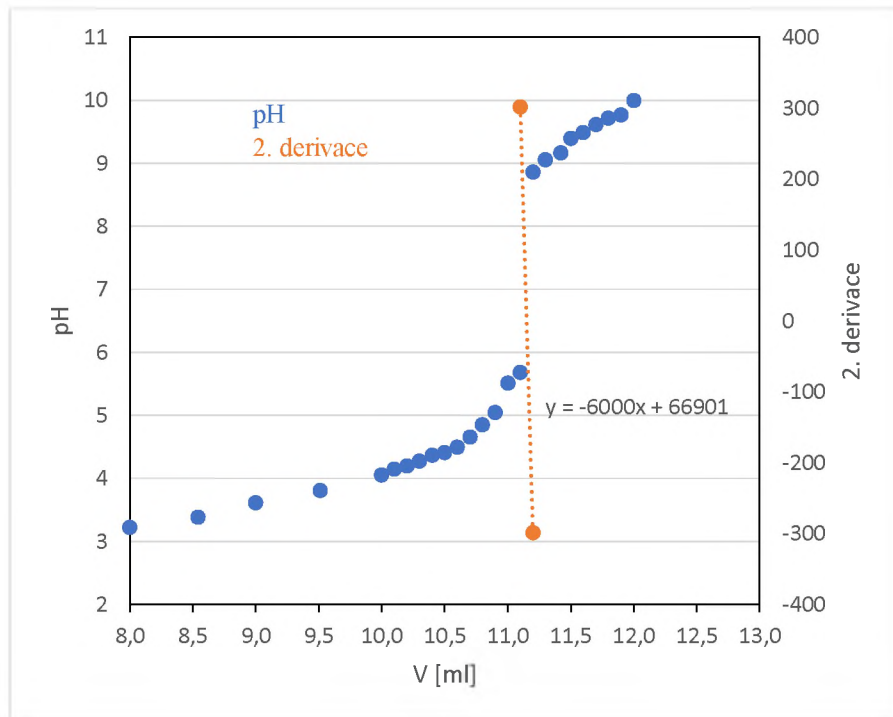
- [60] DOLEJŠ, P., K. ŠTRAUSOVÁ, P. DOBIÁŠ: *Výběr vhodných filtračních materiálů a jejich vliv na provoz filtrů*, [cit. 2020-04-30], *Dostupné z: <https://www.smv.cz/res/archive/051/005779.pdf?seek=1429083270>*.
- [61] BRATBY J.: *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*, 3. vyd., London: IWA Publishing, 2016, ISBN: 9781780407500 .
- [62] MARSIDI, N., A. H. HASSIMI, S.A. SITI ROZAIMAH: A review of biological aerated filters for iron and manganese ions removal in water treatment, *Journal of Water Process Engineering* 2018, 23, 1-12.
- [63] ЛОЩИНИНА, Л.П., М.К. САДЫГОВА, А.В. СУРАЕВА: *Технология производства безалкогольных напитков и кваса*, Саратов: ФГОУ ВПО „Саратовский ГАУ“, 2009.
- [64] VOLKA K. a kol: *Analytická chemie II*, skripta VŠCHT, 1. vyd., Praha, 1995, ISBN 80-7080-227-8.
- [65] KOTOUČEK M., J. SKOUPALOVÁ, P. ADAMOVSÝ: *Příklady z analytické chemie*, [cit. 2020-06-28], *Dostupné z: <http://ach.upol.cz/ucebnice/>*.
- [66] HÁLKOVÁ, J., M. RUMÍŠKOVÁ, J. RIEGLOVÁ: *Analýza potravin*, 1. vyd., Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2000, ISBN 80-902-7753-5.

PŘÍLOHY

PŘÍLOHA I: STANDARDIZACE NaOH

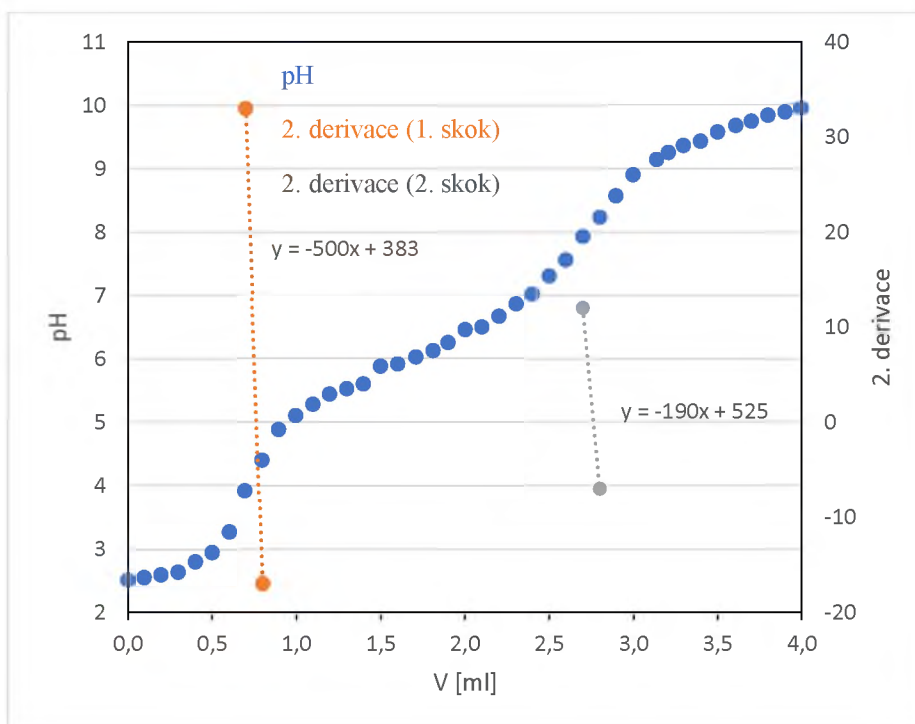


Obrázek I.1 - Standardizace odměrného roztoku NaOH - 2. stanovení

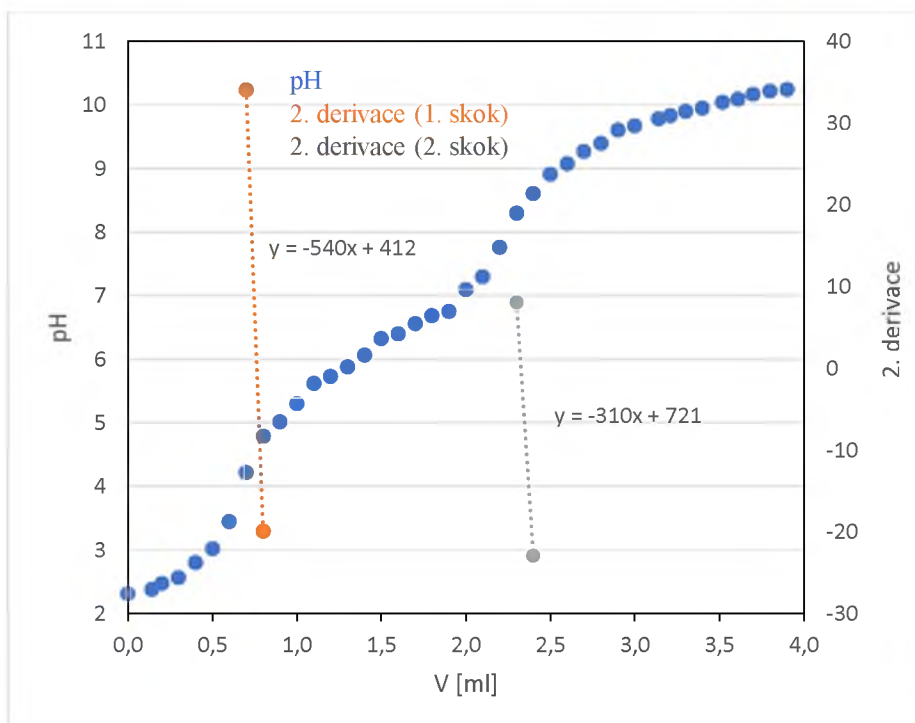


Obrázek I.2 - Standardizace odměrného roztoku NaOH - 3. stanovení

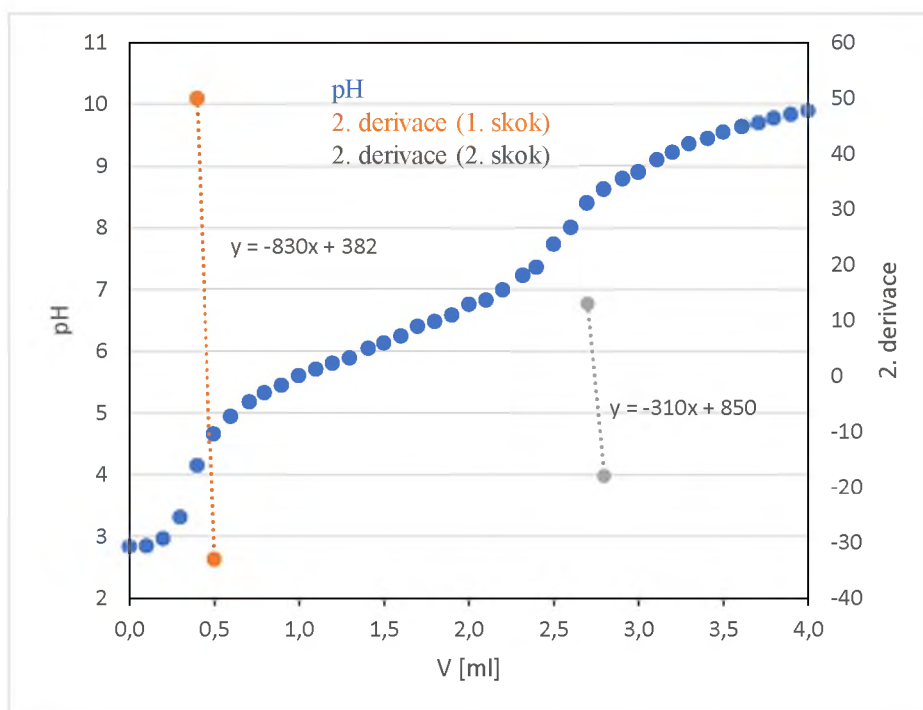
PŘÍLOHA II: STANOVENÍ KYSELIN VE VZORCÍCH



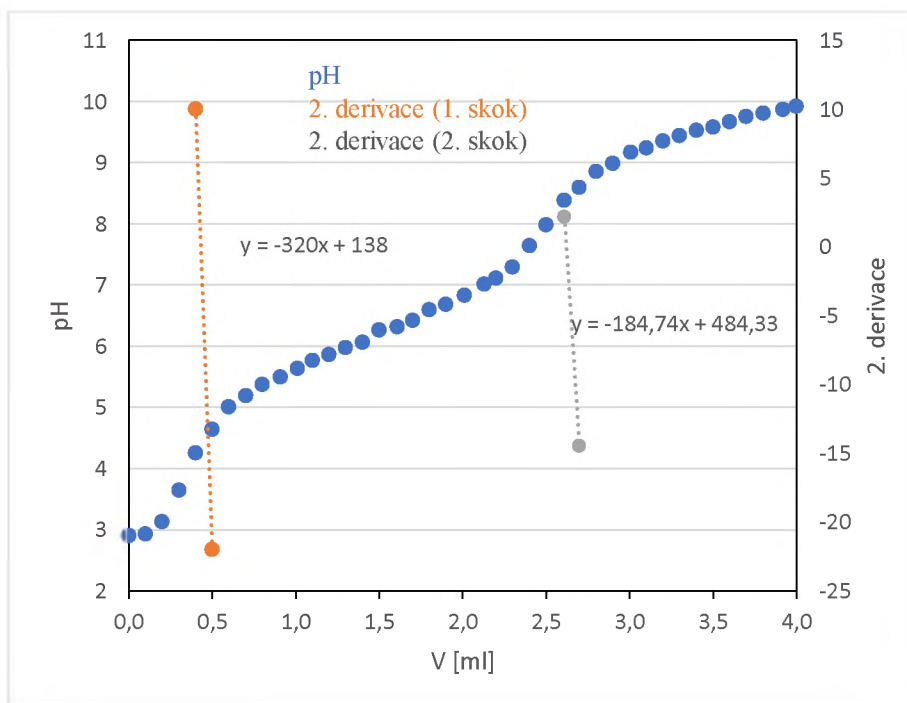
Obrázek II.1 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Pepsi-Coly - 2. stanovení



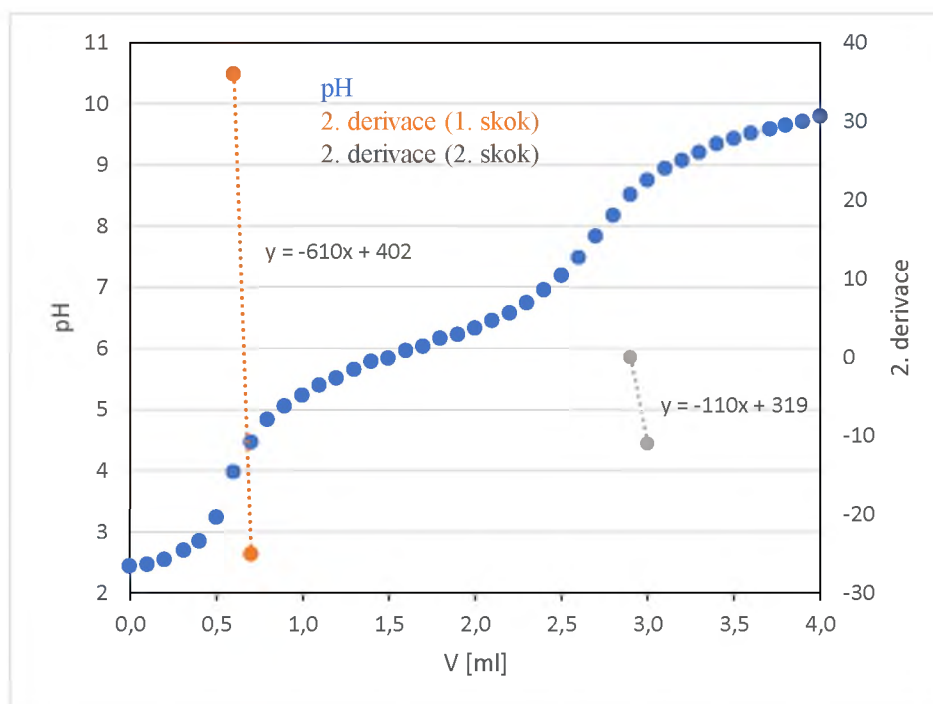
Obrázek II.2 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Pepsi-Coly - 3. stanovení



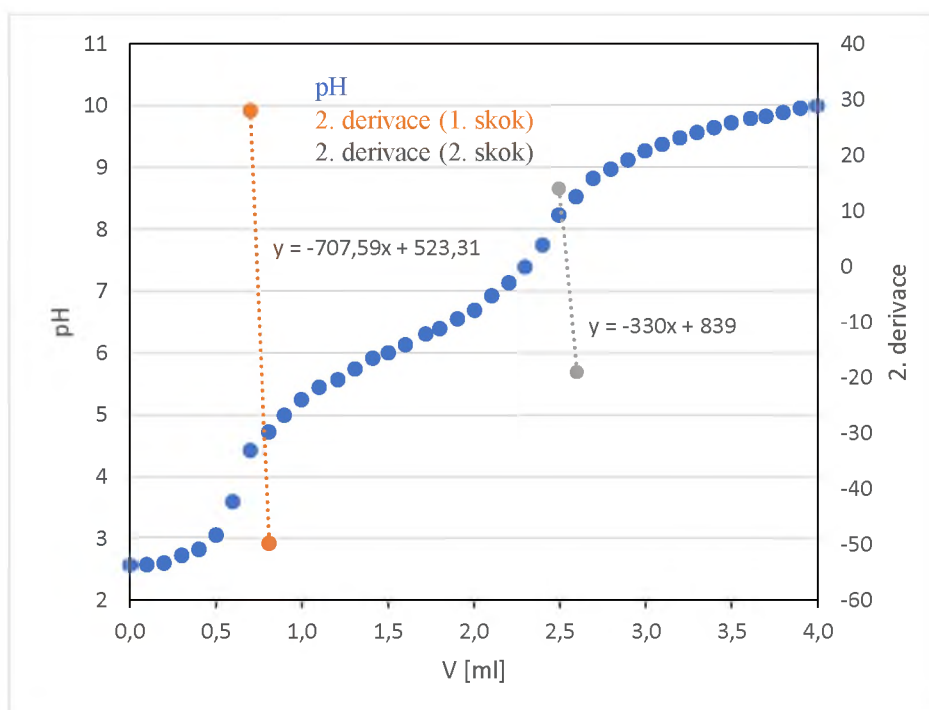
Obrázek II.3 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Freeway - 2. stanovení



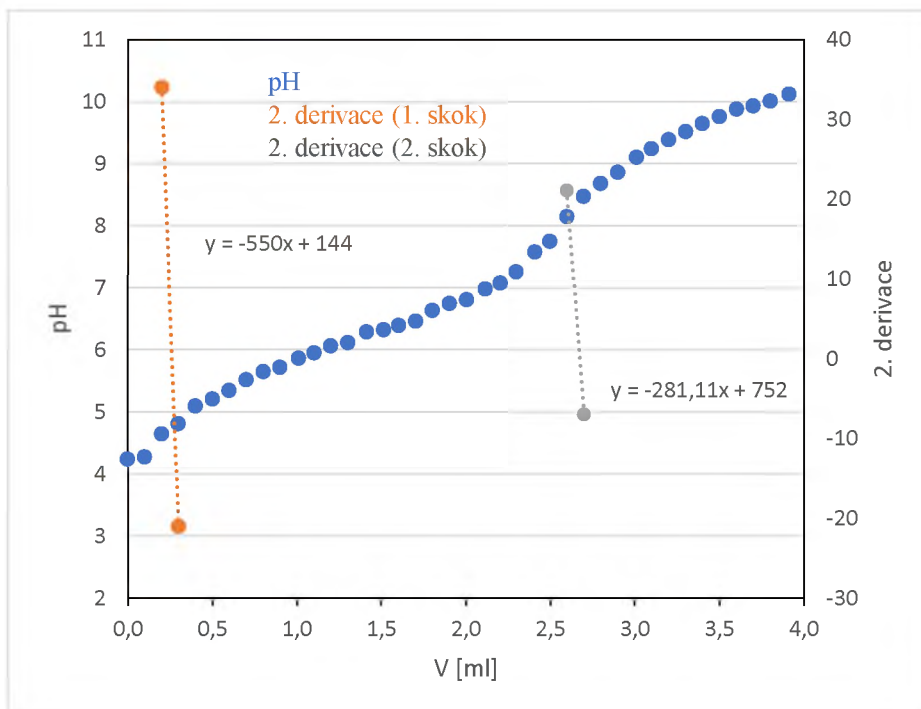
Obrázek II.4 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Freeway - 3. stanovení



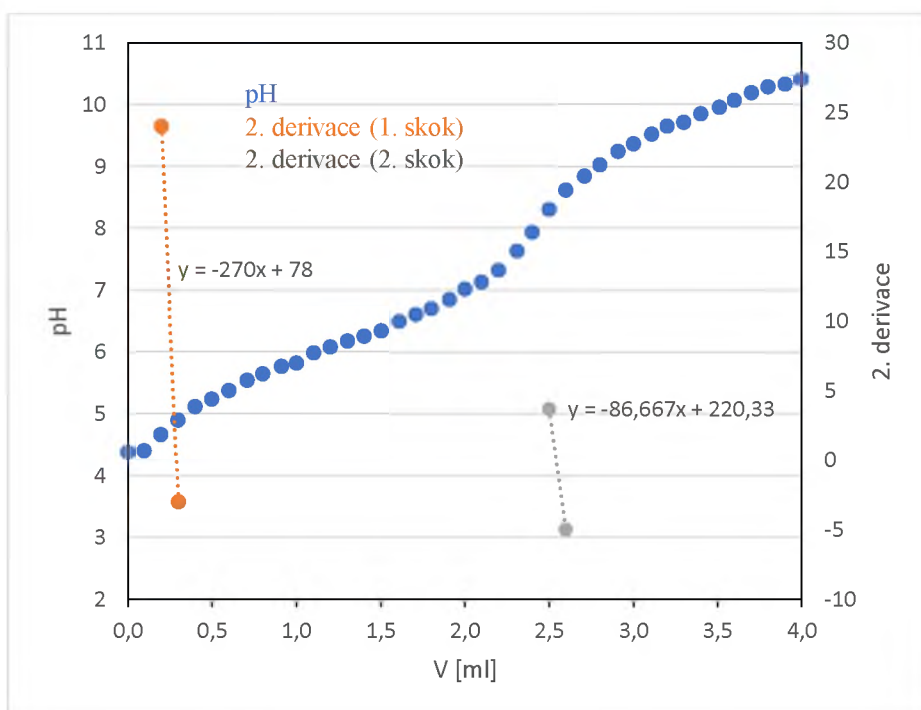
Obrázek II.5 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Coca-Coly - 2. stanovení



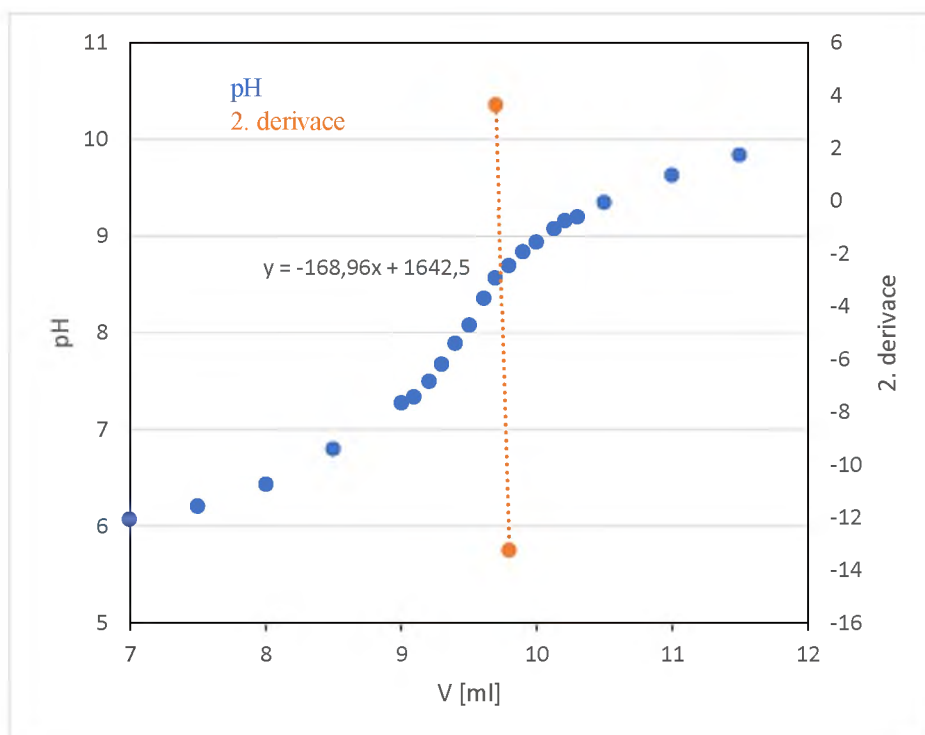
Obrázek II.6 - Stanovení kyseliny fosforečné ve vzorku Coca-Coly - 3. stanovení



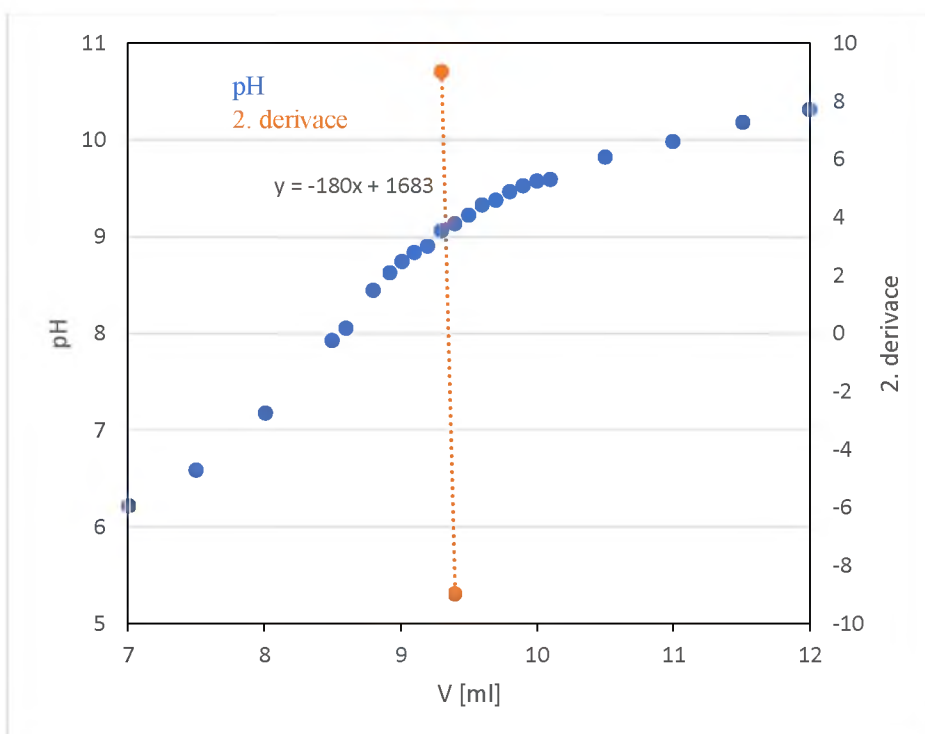
Obrázek II.7 - Stanovení kyselin ve vzorku Coly - 2. stanovení



Obrázek II.8 - Stanovení kyselin ve vzorku Coly - 3. stanovení



Obrázek II.9 - Stanovení kyselin ve vzorku Kofoly - 2. stanovení



Obrázek II.10 - Stanovení kyselin ve vzorku Kofoly - 3. stanovení