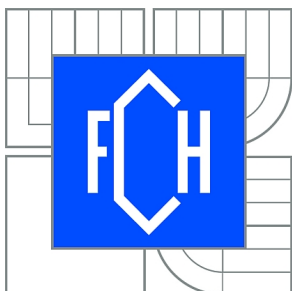


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

ZÁKLADNÍ CHEMICKÁ CHARAKTERISTIKA ŠŤÁVY Z ARONIE

BASIC CHEMICAL CHARACTERISTICS OF CHOKEBERRY JUICES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

VENDULA ZÁMORSKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

RNDr. MILENA VESPALCOVÁ, Ph.D.

BRNO 2015



Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0917/2014** Akademický rok: **2014/2015**
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Student(ka): **Vendula Zámorská**
Studijní program: Chemie a technologie potravin (B2901)
Studijní obor: Potravinářská chemie (2901R021)
Vedoucí práce: **RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.**
Konzultanti: PhDr. Miroslav Hrstka, Ph.D.

Název bakalářské práce:

Základní chemická charakteristika šťávy z aronie

Zadání bakalářské práce:

Literární část:

- 1) Stručný botanický popis aronie (*Aronia melanocarpa*)
- 2) Účinné látky obsažené v plodech
- 3) Využití plodů pro potravinářské účely
- 4) Metody stanovení vybraných chemických parametrů šťáv

Experimentální část:

- 1) Stanovení vybraných parametrů aroniové šťávy
- 2) Zpracování a vyhodnocení získaných dat
- 3) Diskuse získaných výsledků

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2015

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Vendula Zámorská
Student(ka)

RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 30.1.2015

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá charakterizací plodů a stanovením základních chemických a technologických parametrů šťáv a plodů aronie (*Aronia melanocarpa*).

Teoretická část práce pojednává o základním botanickém popise vybraných odrůd aronie a o jejím taxonomickém zařazení. Dále jsou uvedeny významné látky obsažené v plodech, význam těchto látek v lidské výživě a využití plodů pro potravinářské účely. Závěr teoretické části bakalářské práce uvádí principy metod stanovení nutričních parametrů plodů.

V experimentální části byl stanoven obsah sušiny v plodech. Dále byl v aroniové šťávě stanoven obsah rozpustné sušiny, pH, titrační kyselost, formolové číslo, obsah redukujících sacharidů a spektroskopicky stanoven obsah kyseliny askorbové. Na základě výsledků byly jednotlivé šťávy porovnány.

KLÍČOVÁ SLOVA

aronie, sušina, rozpustná sušina, pH, titrační kyselost, formolové číslo, redukující sacharidy, vitamin C

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with characteristics of berries and assessment of basic chemical parameters of chokeberry juices (*Aronia melanocarpa*).

The theoretical part is about the basic botanical description of selected varieties of Aronia and its taxonomic status. The following are important substances contained in fruits and their part in human nutrition and use for food purposes. The end of the theoretical part of bachelor thesis is about basic methods of determining the nutritional parameters of berries.

In the experimental part solids content of the fruit. Furthermore soluble dry matter content, pH, titratable acidity, formol number, reducing saccharides and ascorbic acid by spectrophotometry were determined. Based on the results, juices were compared.

KEY WORDS

chokeberry, dry matter, soluble solids, pH, titratable acids, formol number, reducing sugars, vitamin C

ZÁMORSKÁ, V. *Základní chemická charakteristika šťávy z aronie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2015. 54 s. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Milena Vespalcová, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucí bakalářské práce RNDr. Mileně Vespalcové za podporu a odborné vedení při zpracování práce. Dále bych chtěla poděkovat PhDr. Miroslavu Hrstkovi, Ph.D. za vstřícnost a cenné rady při měření v laboratoři.

OBSAH

1 ÚVOD	8
2 TEORETICKÁ ČÁST	9
2.1 Aronie (<i>Aronia melanocarpa</i>).....	9
2.1.1 Geografický původ.....	9
2.1.2 Taxonomické zařazení aronie.....	9
2.1.3 Botanická charakteristika	10
2.1.4 Význam v přírodě, krajinářské a ekonomické využití.....	11
2.2 Pěstování	11
2.3 Chemické složení plodů	13
2.3.1 Polyfenolické sloučeniny	13
2.3.2 Vitaminy.....	16
2.3.3 Minerální látky a vláknina.....	18
2.3.4 Základní živiny v aronii	19
2.3.5 Organické kyseliny, aromatické látky a třísloviny.....	19
2.4 Léčivé účinky	20
2.5 Využití plodů pro potravinářské účely	21
2.6 Další využití aronie	22
2.7 Metody stanovení vybraných chemických parametrů šťáv.....	23
2.7.1 Stanovení celkové sušiny	23
2.7.2 Refraktometrické stanovení rozpustné sušiny.....	23
2.7.3 Stanovení pH.....	24
2.7.4 Stanovení titrační kyselosti	25
2.7.5 Stanovení formolového čísla.....	26
2.7.6 Gravimetrické stanovení redukujících cukrů	26
2.7.7 Spektrofotometrické stanovení kyseliny askorbové.....	26
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	28
3.1 Analyzované vzorky	28
3.2 Laboratorní vybavení.....	28
3.3 Postupy	29
3.3.1 Příprava roztoků	29
3.3.2 Příprava vzorků	30
3.3.3 Postupy vybraných stanovení.....	30

3.3.4	Statistické zpracování výsledků	34
4	výsledky a diskuze	35
4.1	Stanovení výtěžnosti šťávy.....	35
4.2	Refraktometrické stanovení rozpustné sušiny	36
4.3	Stanovení sušiny sušením.....	37
4.4	Stanovení hodnoty pH	38
4.5	Stanovení titrační kyselosti.....	39
4.6	Stanovení formolového čísla	42
4.7	Gravimetrické stanovení redukujících cukrů.....	44
4.8	Stanovení vitamínu C	46
4.9	Shrnutí výsledků	49
5	závěr.....	50
6	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	51

1 ÚVOD

V dnešní společnosti se lidé začínají daleko více zajímat o složení své stravy. Do jídelníčku jsou stále častěji zařazovány potraviny s vysokým obsahem vitaminů, minerálů, vlákniny a antioxidantů. Mnoho těchto látek se nachází v ovoci a zelenině.

Díky trendu zdravého životního stylu se začínají pěstovat méně známé druhy ovoce. Aronie (*Aronia melanocarpa*) patří mezi drobné ovoce, které pochází ze Spojených států amerických a Kanady. Aronie obsahuje polyfenolické látky, minerály a vitaminy, které mohou pozitivně přispět k léčbě nejrůznějších onemocnění. Se stále vzrůstajícím počtem civilizačních chorob, které souvisejí s působením volných radikálů, se také zvedá snaha organismus proti nim chránit. K eliminaci jejich působení přispívá vyšší příjem exogenních antioxidantů, které se nacházejí v mnoha druzích ovoce včetně aronie.

Tato bakalářská práce se zabývá charakterizací aronie. V teoretické části je věnována pozornost botanické charakteristice, chemickému složení plodů a metodám používaných pro charakterizaci drobného ovoce. Experimentální část bakalářské práce se zaměřuje na stanovení vybraných fyzikálně-chemických parametrů u vzorků aronie. Mezi základní chemické charakteristiky ovocných šťáv patří stanovení výtěžnosti šťávy, obsahu rozpustné sušiny a celkové sušiny, pH, titrační kyselosti, formolového čísla, vitamínu C a obsahu redukcujících cukrů.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Aronie (*Aronia melanocarpa*)

Aronia melanocarpa je lidově rovněž nazývána černým jeřábem, český název je temnoplodec černý. Jedná se o méně známý a také trochu nedoceněný druh ovoce. Ovšem v současné době se tomuto ovoci začíná věnovat větší pozornost a vysazují se nové sady aronií. Její plody obsahují velké množství biologicky aktivních látek. Z plodů jsou vyráběny různé výrobky, které jsou k dostání zatím pouze v prodejnách „zdravé výživy“.

2.1.1 Geografický původ

Rod aronie, z čeledi růžovitých (*Rosaceae*) je zastoupen třemi vzájemně botanicky příbuznými druhy, podobnými jeřábům. Díky této podobnosti vznikl také její lidová název černý jeřáb. Druhy *Aronia arbutifolia* (Temnoplodec plankolistý) a *Aronia prunifolia* (Temnoplodec třešňolistý) pochází z oblasti Severní Ameriky. Třetím druhem je *Aronia melanocarpa* (Temnoplodec černý), který se nyní opět setkává s velkým pěstitelským zájmem. [1,2]

V Americe se vyskytuje jako volně rostoucí v oblasti Velkých jezer. V Evropě, kam se aronie dostala až kolem roku 1700, byla dříve pěstována pouze jako dekorativní keř. Nyní je pěstování aronie rozšířeno v mnoha státech severní polokoule. Pěstuje se zejména ve Finsku, Dánsku, USA, Kanadě, a státech bývalého Sovětského svazu. [3, 4, 5, 6]

Na území České republiky je dosud pěstována jediná šlechtěná odrůda Nero. Tato je schopna odolat i velmi nepříznivým klimatickým podmínkám, protože původ má v oblastech drsného severoamerického klimatu s chladnými zimami a horkými léty. [3]

2.1.2 Taxonomické zařazení aronie

Říše:	rostliny (<i>Plantae</i>)
Podříše:	vyšší rostliny (<i>Cormobionta</i>)
Oddělení:	krytosemenné (<i>Magnoliophyta</i>)
Třída:	vyšší dvouděložné (<i>Rosopsida</i>)
Řád:	růžotvaré (<i>Rosales</i>)
Čeleď:	růžovité (<i>Rosaceae</i>)
Rod:	<i>Aronia</i>
Druh:	<i>Aronia melanocarpa</i>



Obr. 1: *Aronia melanocarpa* [5]

2.1.3 Botanická charakteristika

Aronie je opadavý keř, který dorůstá do výšky tří až dvanácti stop (90 až 360 centimetrů). Jemně zoubkované listy jsou holé, středně zelené barvy s vystouplou žilnatinou podél středové rýhy. Na jaře kvetou oboupohlavní květy, které rostou ve shlucích. Květy mají 5 okvětních lístků, bílou barvu a růžové prašníky. Hlavními opylovači jsou malé včely. V průběhu sezóny mění listy barvu na lesklou tmavě zelenou. Plody se začínají formovat od půli a v pozdním létě. Po dozrání mají fialovo-černou barvu. Z keřů začínají opadávat krátce po dozrání. Plody jsou malvice obsahující velké množství šťávy, která však po dozrání rychle vysychá. Šťáva a semena jsou tmavě fialové barvy. Každý plod obsahuje asi 5 malých semínek. Rostlině se dobře daří na slunečním světle, ale do jisté míry toleruje i stín. Nejlepšího růstu a výnosnosti nabývá na přímém slunečním světle a nízké vlhkosti. [7]



Obr. 2: Květenství aronie [7]

2.1.4 Význam v přírodě, krajinářské a ekonomické využití

Aronie je opadavý keř používaný v krajinářské výsadbě vyznačující se na jaře bílými květy a červeně zbarvenými listy a temně fialovými plody na podzim.

Divoce rostoucí aronie jsou ohlodávány volně žijící zvěří, jako jsou jeleni a zajáci. Plody jsou v přírodě konzumovány zejména divokými husami

Plody je možno konzervovat celé nebo zpracovávat vylisovanou šťávu. Ta je vhodná na výrobu želé anebo různých zdravích prospěšných nápojů. Džusy z aronie obsahují flavonoidy a velké množství anthokyanů, které dávají šťávě specifickou červenou barvu. Silně stabilní přírodní červené barvivo bývá využíváno v potravinářském průmyslu. [5]

Aronia melanocarpa je díky vysokým koncentracím polyfenolů a anthokyanů využívána i ve zdravotnictví. Nové výzkumy ukazují, že napomáhá lepší cirkulaci a chrání vylučovací soustavu a posiluje srdce. Obsažené látky mají pravděpodobně také podpůrný vliv při léčbě rakoviny a kardiovaskulárních onemocnění. [9]

2.2 Pěstování

Odrůdy aronie

I když původní domovinou této rostliny je východ severní Ameriky, začala se pro produkci šťáv a výrobu vína pěstovat především v Evropě a Asii. Evropané vyšlechtili nové odrůdy, které jsou nyní dostupné i ve Spojených státech amerických a Kanadě.

Viking – odrůda pocházející ze Skandinávie dorůstající výšky 180 cm

Nero – dorůstá do menší výšky, asi 90 až 120 cm, má tmavě modré plody

McKenzie – byla vyšlechtěna v Severní Dakotě speciálně pro agronomické účely. Tato odrůda dorůstá až 3 metrů. [5]

Brilliant – pěstuje se pouze pro dekorativní účely [6]

Keř není příliš náročný na pěstování. Bohatě plodí i v méně úrodných půdách. Při dostatečném zalévání a hnojení lze dosáhnout úrody s většími plody. Aronie má sklon tvořit keře s mnoha výhony. Rozmnožování probíhá semeny. Lepší je ale odrůdy množit na začátku podzimu odklopkou nebo řízkováním. Keř není třeba zastříhávat či tvarovat. Svým vzhledem se hodí do nestříhaných živých plotů. Aronie je pěstována nejen kvůli plodům, ale také pro estetické důvody. Na jaře se vyznačuje drobnými bílými květy a na podzim poutá pozornost červeně zbarvenými listy. Aronie je velmi odolná i co se týče teplot. Snáší i teploty tak nízké, jako -25°C [6, 7]



Obr. 3: *Aronie na jaře*



Obr. 4: *Aronie na podzim [7]*

Choroby a škůdci

Plody aronie, podobně jako plody černého rybízu obsahují velké množství vitamínu C, avšak aronii nenapadá zvrát, rez ani vlnovník. Malvice jsou ovšem oblíbeným zdrojem potravy ptáků, proto je nutné opatřit keře sítěmi nebo úrodu zavčas sklídit. [5, 8, 9]

2.3 Chemické složení plodů

Chemické složení plodů je závislé na mnoha faktorech. Do určité míry ovlivňováno odrůdou, způsobem hnojení, mírou zralosti plodů, datem sklizně, či lokalitou pěstování. Plody tohoto ovoce obsahují oproti jiným velké množství sorbitolu a polyfenolů. Ze sacharidů obsahují zejména glukosu a fruktosu. Čerstvé plody obsahují poměrně malé množství vlákniny (0,3-0,6 %), stejně tak, jako nízké hodnoty bílkovin (0,7 %) a lipidů (0,14 %). Malvice ovšem obsahují velké množství anthokyanů, které způsobují tmavé zbarvení plodů. Těmto látkám se také připisují velké antioxidační účinky. Sušina představuje 17-29 % hmoty, z čehož 5-10 % je nerozpustná sušina. [10, 11, 12]

Tabulka 1: Některé chemické parametry aronie [10]

Složka	Plody	Šťáva (g·l ⁻¹)	
		čerstvá	pasterovaná
relativní hustota	-	1,081	0,064
sušina, v %	15,6	19,5	15,5
pH	3,3 - 3,7	3,6	3,3
glukosa	N/A	41	40
fruktosa	N/A	38	37
glukosa + fruktosa	66 - 100	79	77
vláknina	56*	N/A	N/A
- pektiny	3,4 - 5,8*	3,7*	N/A
tuk	0,14 %	N/A	N/A
bílkoviny	0,70 %	N/A	N/A

*hodnota je uvedena v jednotkách g·kg⁻¹

N/A – neanalyzováno

2.3.1 Polyfenolické sloučeniny

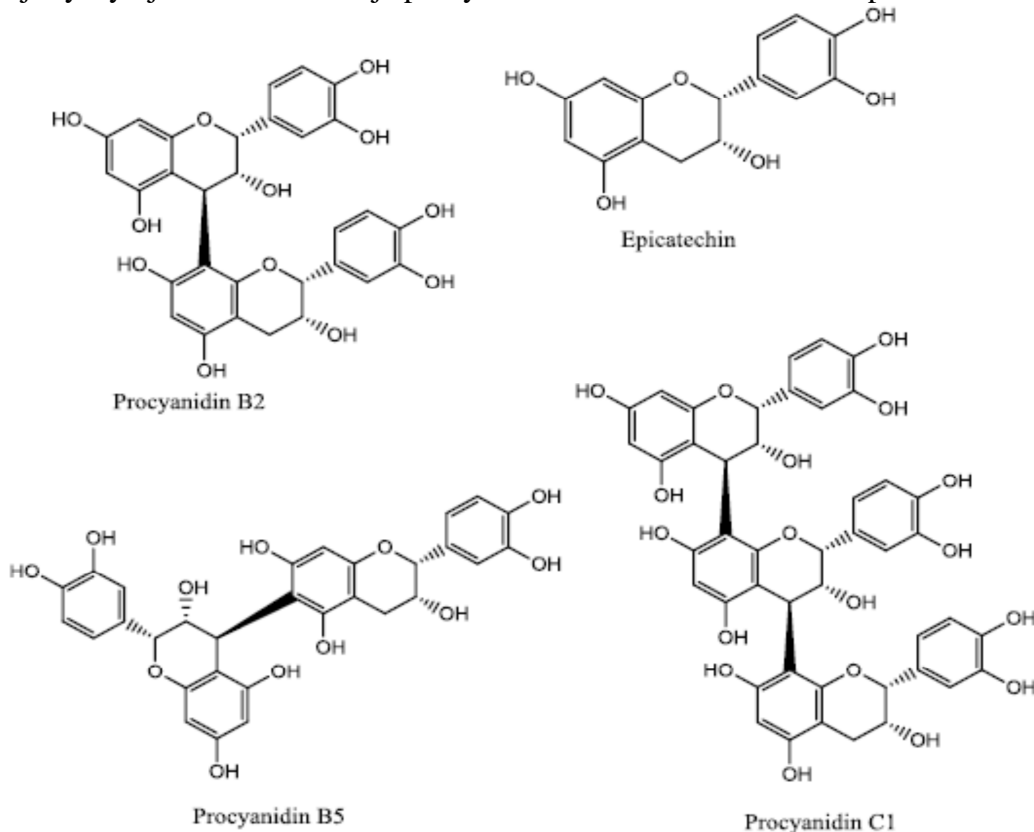
Jednou z významných komponent chemického složení plodů aronie jsou fenolické sloučeniny jako polyfenolické kyseliny, prokyanidiny, anthokyaniny a flavonoly. Jsou to přírodní látky vyskytující se jako sekundární metabolity ve všech rostlinách a jejich orgánech. Rostliny si vytvářejí tyto látky zejména na svou ochranu. Mají totiž fungicidní, baktericidní a virocidní účinky. [10, 11, 13]

Prokyanidiny

Prokyanidiny jsou látky patřící do skupiny flavonoidů nacházející se v běžně konzumovaných potravinách. Pozornost je jim věnována kvůli pravděpodobným zdravotním benefitům.

Po chemické stránce se jedná o sloučeniny s více než jedním aromatickým kruhem obsahující alespoň jednu fenolickou skupinu na každém kruhu. Prokyanidiny jsou látky mající jako základ monomer flavan-3-ol, který je běžně vázán 4→6 a 4→8 vazbami. [14]

Aronia melanocarpa obsahuje 667 mg prokyanidinů na 100 g čerstvé hmotnosti. Nejčastěji vyskytující se strukturou je prokyanidin B a to až v 81 % zastoupení.



Obr. 5: Některé prokyanidiny nalezené v plodech aronie [15]

Anthokyany

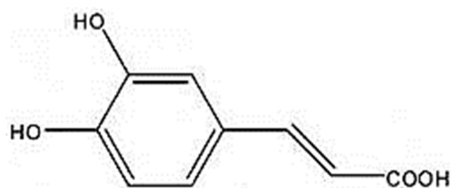
Anthokyany jsou jednou z nejpočetnějších a nejrozšířenějších skupin přírodních rostlinných barviv. Právě tyto pigmenty dodávají aronii, stejně tak jako i jiným druhům ovoce charakteristická zbarvení. Anthokyany se v rostlinných systémech nacházejí ve vakuolách vázány interakcemi ion-ion s organickými kyselinami.

Jsou to glykosidy aglykonů, všechny anthokyany jsou v poloze C-4' substituovány hydroxylovou skupinou a vzájemně se odlišují substituenty na dalších uhlících. [16]

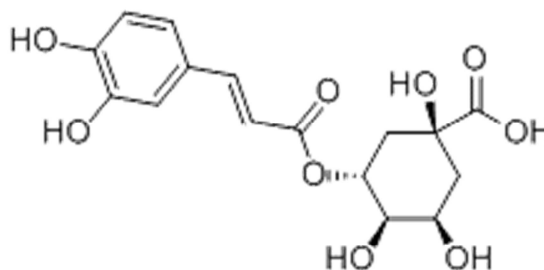
Množství anthokyanů v ovoci je značně ovlivněno dobou sklizně, způsobem pěstování, skladováním a dalšími faktory. [10]

Fenolické kyseliny

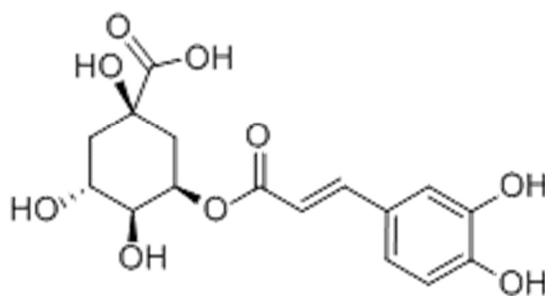
Tyto kyseliny, mezi které patří kyselina skořicová a kyselina benzoová a jejich deriváty, vykazují účinky primárních antioxidantů. Antioxidační aktivita závisí na počtu funkčních hydroxylových skupin. Mimo jiné se v aronii nacházejí kyselina chlorogenová, kyselina neochlorogenová a kyselina kávová, které jsou známé jako antioxidanty. V plodech ovoce byl zjištěn obsah kyseliny chlorogenové 301,85 mg na 100 g sušiny a kyseliny neochlorogenové 290,81 g na 100 g sušiny. [16, 10, 17]



kyselina kávová



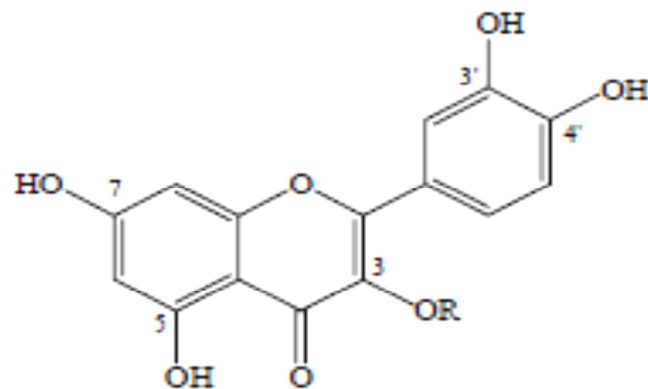
kyselina chlorogenová



kyselina neochlorogenová

Flavonoly

Plody aronie obsahují více než 71 mg flavonolů na 100 g čerstvé hmotnosti. Rostliny čeledi růžovitých (*Rosaceae*) obsahují deriváty kempferolu a kvercetinů. Derivátem kempferolu je kempferol-3-galaktosid, příkladem derivátu kvercetinů je kvercetin-3-galaktosid.[18]



- 2 R=6'-O-β-arabinosyl-β-glucoside = Quercetin 3-vicianoside
 3 R=6'-α-rhamnosyl-β-galactoside = Quercetin 3-robinobioside
 4 R=6'-α-rhamnosyl-β-glucoside = Quercetin 3-rutinoside
 5 R=β-galactoside = Quercetin 3-galactoside
 6 R=β-glucoside = Quercetin 3-glucoside

Obr. 6: *Struktura sloučenin kvercetinu [18]*

2.3.2 Vitaminy

Vitaminy jsou nízkomolekulární organické látky, které jsou syntetizované především autotrofními organismy. Jsou to sloučeniny s různou chemickou strukturou. Vitaminy jsou přijímány v potravě a urychlují některé procesy probíhající v organismech. Vitaminy se dělí podle rozpustnosti na dvě skupiny. Vitaminy rozpustné ve vodě jsou vitaminy B-komplexu a vitamin C, vitaminy rozpustné v tucích představují vitaminy A, D, E, K. [16]

Aroniové šťávy obsahují zejména vitamin C ($200 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), který se ovšem pasterizací ztrácí, a vitaminy skupiny B. Ze skupiny B-komplexu jsou to především B₁, B₂, B₅, B₆ a B₉. [11]

Tabulka 2: *Koncentrace vitaminů ve šťávě a čerstvých plodech aronie [10]*

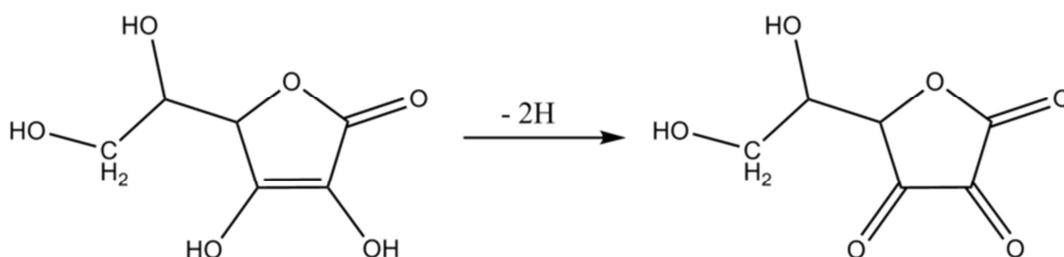
Vitaminy	Složka	Plody ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	Šťáva	
			Čerstvá ($\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)	Pasterovaná ($\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$)
	kyselina listová	200	N/A	35
	vitamin B1	180	500	N/A
	vitamin B2	200	600	N/A
	vitamin B6	280	550	N/A
	niacin	3 000	3 400	N/A
	kyselina pantotenová	2 790	2 200	N/A
	vitamin K	242	N/A	N/A

N/A – neanalyzováno

Vitamin C

Vitamin C představován kyselinou askorbovou je velmi rozšířen v rostlinných tkáních, ale jeho funkce zde není známá. Kyselina askorbová je syntetizována také všemi savci, s výjimkou primátů, morčat a některých ovoce konzumujících netopýrů. O tomto vitaminu je obecně známo nejvíce faktů. Nejlepším zdrojem tohoto vitaminu je ovoce. Velké množství ho ale bylo také nalezeno například v petrželi. Vůbec, nebo jen ve velmi malém množství se kyselina askorbová vyskytuje ve vyšších houbách.

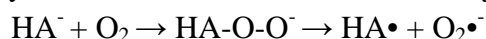
Látky vykazující účinky vitaminu C jsou kyselina askorbová a kyselina dehydroaskorbová. Tyto látky tvoří v těle oxidačně-redukční systém, který chrání organismus před atherogenesí a onkogenesí. Také slouží jako kofaktor enzymu prolylhydroxylasy, který má vliv na vznik struktury kolagenu, který zajišťuje funkci vazivové tkáně. Doporučená denní dávka vitaminu C je 50 – 70 mg, ale již 30 mg v denním příjmu stačí jako prevence před hypovitaminosou. Dlouhodobý nedostatek vitaminu C způsobuje onemocnění zvané kurděže. Toto onemocnění se projevuje selháním tvorby pojivové tkáně. Příznaky hypovitaminosy jsou únava a náchylnost k infekcím.



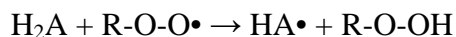
Obr. 7: Oxidace kyseliny askorbové

Kyselina askorbová se pro své vlastnosti používá v potravinářském průmyslu jako aditivum. Jako antioxidant se používá natrium-askorbát, který tvoří ve vodě rozpustnou sůl. Ta inhibuje tvorbu nitrosoaminů v mastných výrobcích. Jako prevence nežádoucích změn aromat vyvolaných při skladování a zpracování, se kyselina askorbová přidává do ovocných džusů, konzervovanému a mraženému ovoci. [19, 20, 16]

Autooxidace neboli oxidace vzdušným kyslíkem je nejvýznamnější reakcí kyseliny askorbové. Tato reakce způsobuje ztráty kyseliny v potravinách při zpracování. Reakce je závislá na hodnotě pH a probíhá za přítomnosti i nepřítomnosti tranzitních kovů, jako jsou ionty trojmocného železa a dvojmocné mědi. Reakce probíhá nejrychleji v alkalickém prostředí. Její pravděpodobný mechanismus lze znázornit následující rovnicí:



Kyselina askorbová, její izomery a deriváty reagují s volnými radikály, které brzdí řetězovou autooxidační reakci a tak působí jako antioxidanty. Příkladem je reakce peroxylovým radikálem mastné kyseliny: [16]



2.3.3 Minerální látky a vláknina

Minerální látky jsou anorganické látky, které zůstanou v popelu po úplné oxidaci na vodu a uhlík. U většiny potravin tvoří 0,5 až 3% hmotnostní podíl. Jsou nezbytné pro celou řadu životních procesů. Pro lidský organismus jsou důležité jako stavební složky a jsou součástí enzymových systémů. Dále se také podílejí na acidobazické a osmotické rovnováze organismu. [16]

Aronie je výborným zdrojem minerálů a to zejména draslíku a zinku. Obsah minerálních látek se ovšem různí u jednotlivých odrůd. Vliv mají i faktory jako hnojivo nebo datum sklizně. Zastoupení jednotlivých minerálů je uvedeno v *Tabulce 3*. [10]

Tabulka 3: Minerální látky nalezené v aronii [10]

Složka	Plody (mg·kg ⁻¹)	Šťáva (mg·l ⁻¹)	
		čerstvá	pasterovaná
popel	4 400	6 400	3 600
Na	26	5	5,7
K	2 180	2 850	1 969
Ca	322	150	185
Mg	162	140	160
Fe	9,3	2,0-8,0	0,4
Zn	1,47	0,8-2,5	0,6
I	N/A	N/A	< 0,005

N/A – neanalyzováno

Vlákninu představují především látky složené z neškrobových sacharidů a dalších složek rostlinných organismů jako je celulóza, hemicelulóza, ligniny, pektiny, vosky a oligosacharidy. V lidském organismu je nestravitelná a pomáhá pohybu potravy trávicí soustavou. Vstřebává vodu a váže na sebe některé látky, jako například cholesterol a některé kovy. [16]

Plody aronie obsahují 5,62 g vlákniny na 100 g čerstvého ovoce. Malvice obsahují poměrně málo pektinů (0,3 – 0,6 %). Z analýzy aroniové vlákniny získané bylo nukleární magnetickou resonancí (NMR) zjištěno, že se v aronii nachází monokrystalická celulóza, pektiny, ligniny a velké množství anthokyaninů. Aronie je považována za dobrý zdroj vlákniny a může působit i jako slabých sorbent kadmia. [10]

2.3.4 Základní živiny v aronii

Sacharidy

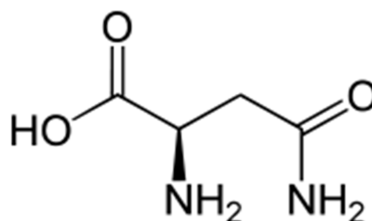
Celkový obsah redukujících cukrů v čerstvých plodech byl nalezen v rozmezí 16-18 %. Sacharóza nebyla v plodech detekována. Zároveň bylo enzymaticky stanoveno množství sorbitolu $80 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$. Sorbitol se často používá v potravinářství jako náhražka cukru v dietních potravinách. Zastoupení sacharidů v aronii je uvedeno v *Tabulce 1*. [10]

Lipidy

Po celkové analýze lipidů v čerstvých plodech aronie bylo nalezeno zastoupení 0,14 g na 100 g, z čehož vyplývá, že aronie obsahuje jen malé množství tuků. V semenech byl stanoven obsah glyceridů na $19,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Hlavním zástupcem mastných kyselin je kyselina linolová. Nejvíce zastoupenými fosfolipidy jsou fosfatidylcholin, fosfatidylnositol a fosfatidylethanolamin. Celkový obsah sterolů byl stanoven na 1,2 g na kilogram sušiny. [10]

Bílkoviny

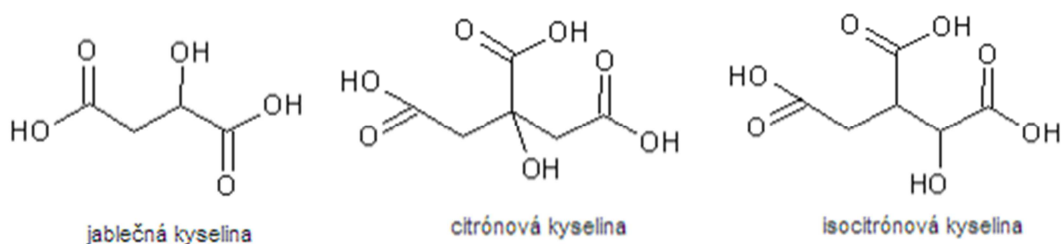
Proteiny čerstvých plodů byly stanoveny na 0,7 g ve 100 g. Hlavní aminokyselinou v čerstvých džusech z plodů rostliny aronie je asparagin. [10]



Aminokyselina asparagin

2.3.5 Organické kyseliny, aromatické látky a třísloviny

Celkový obsah organických kyselin je ve srovnání s jinými druhy ovoce poměrně nízký a pohybuje se mezi 1 a 1,5 % na hmotnost čerstvých plodů. Hlavními zástupci organických kyselin jsou kyselina jablečná a kyselina citronová. Ve šťávě připravené za laboratorních podmínek z různých kultivarů a různých lokalit bylo nalezeno $19 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ kyseliny jablečné jako hlavního zástupce organických kyselin. V menším množství byly nalezeny i další organické kyseliny jako například kyselina isocitronová. [10]



Obr. 8: Organické kyseliny vyskytující se v plodech aronie [16]

Látky zodpovědné za hořko-mandlovou vůni čerstvých plodů jsou amygdalin a kyanogenní glykosid. Amygdalin byl prosazován jako prevence proti rakovině. Lékařské výzkumy a doposud sesbíraná data tuto teorii nepotvrdily. [11]

Třísloviny neboli taniny jsou látky příznivě i nepříznivě ovlivňující organoleptické vlastnosti potravin. Jako příznivou trpkost můžeme považovat například u čajů, kakaa nebo červených vín, jako nepříznivou třeba u nedozrálého ovoce.

2.4 Léčivé účinky

Plody aronie mají nízkou kalorickou hodnotu a nízký obsah tuků. Energetická hodnota je 47 kcal. Aronie má doposud nejvyšší naměřené hodnoty ORAC (oxygen radical absorbency capacity) ze všech druhů bobulovitého ovoce. (ORAC se uvádí jako jedna z možností jak vyjádřit antioxidační kapacitu potravin). Přehled těchto hodnot je uveden v *Tabulce 4*.

Tabulka 4: Hodnoty ORAC u různých druhů ovoce [10]

Ovoce	ORAC [$\mu\text{mol TE}\cdot\text{g}^{-1}$]*
Aronie	160,2
Borůvky	87,8
Černý rybíz	56,7
Bezinky	145,0

*mikromoly Trolox ekvivalentu (TE) na gram čerstvého ovoce

Studie ukazují, že látky obsažené v aronii snižují riziko kardiovaskulárních onemocnění. Bylo prokázáno, že konzumace aronie napomáhá snížení krevního tlaku. Další studie se zabývají vlivem látek obsažených v aronii na redukci cholesterolu u lidí s diabetem druhého typu. Diskutuje se také podpurný vliv aronie při léčbě rakoviny nebo její prevenci. [11]

2.5 Využití plodů pro potravinářské účely

Od počátku pěstování aronie ve východní Evropě, byla používána pro přípravu šťáv, džemů, sirupů, vína a přírodních potravinářských barvi. V dnešní době se můžeme díky popularitě tohoto ovoce, kvůli jeho antioxidačním účinkům, setkat s velkým množstvím jeho výrobků. [17]

Šťáva

Šťáva z aronie má velmi specifickou chuť. Je velmi svíravá, méně sladká, než šťáva černého rybízu a trpká podobně, jako šťáva z brusinek. Čisté šťávy se právě kvůli nepříjemné trpkosti nesečkávají s velkým ohlasem u konzumentů, proto se častěji zpracovává s černým rybízem nebo jablky. Při zpracování je důležité dodržovat postupy za nízkých teplot, neboť při teplotách na 60°C ztrácí šťáva polyfenolické látky, díky kterým se vyznačuje vysokými antioxidačními schopnostmi. Ovšem i když dojde u šťávy k nadměrnému zahřátí, zůstává v ní stále vysoký podíl zdraví prospěšných látek [17, 22]

Sirup se vyrábí z bobulí zbavených od stopek s přidavkem kyseliny citronové. Po scezení a vymačkání plodů se přidává 1 kg cukru na každý litr tekutiny. Oblíbeným produktem je také aroniové víno, které se díky své specifické chuti hodí k mimořádným příležitostem. Dále se z aronie vyrábějí kompoty a džemy, do kterých se přidávají další druhy ovoce. [23]. S aronií se můžeme na trhu dále také setkat v podobě sušeného ovoce nebo čaje.



Obr. 9: Potravinářské produkty z aronie [24, 25]

2.6 Další využití aronie

Aronie je také hojně využívána ve farmaceutickém průmyslu. Právě výrobky z aronie jsou doporučovány konzumovat jako prevence a podpora léčby chorob jakými jsou vysoký krevní tlak, arterioskleróza, avitaminóza nebo hemeroidy. Produkty z aronie jsou prodávány jako doplňky stravy ve formě sirupů, lisovaných tablet nebo v práškové formě. Dalším využitím tohoto ovoce je kosmetika, kdy se výtažky z plodů přidávají do různých krémů a sér (Obr. 11). [26]



Obr. 10: Kosmetická řada s aronií [27]



Obr. 11: Aroniové tablety [28]

2.7 Metody stanovení vybraných chemických parametrů šťáv

2.7.1 Stanovení celkové sušiny

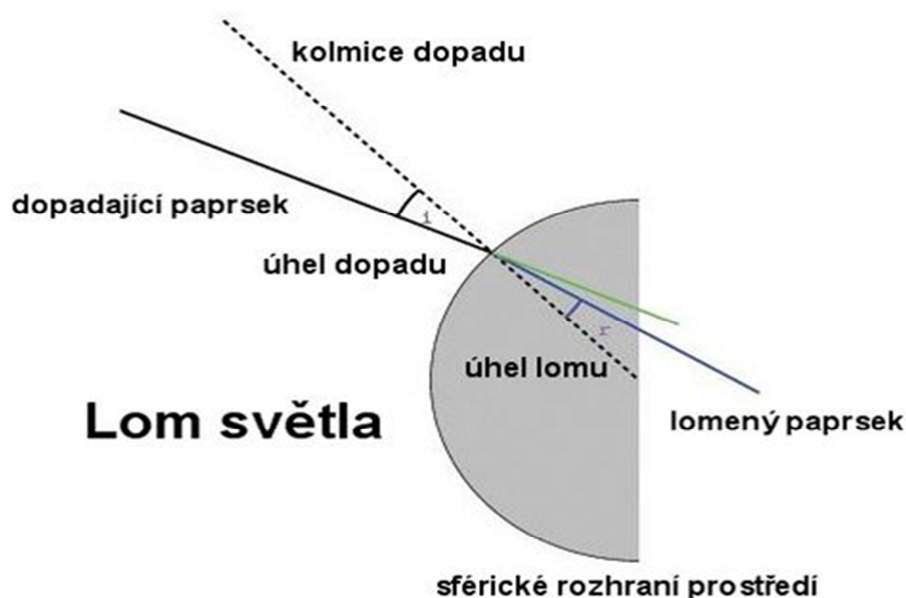
Voda je obsažena prakticky ve všech potravinách. Vyskytuje se v nich v různém množství. Obsah vody v potravinách určuje trvanlivost a kvalitu výrobků.

Jako sušina se označuje souhrn všech organických a anorganických složek obsažených v potravině, kromě vody. Celková sušina je součet sušiny rozpustné (organické kyseliny, sacharidy, ve vodě rozpustné vitaminy aj.) a nerozpustné (anorganické sloučeniny, vláknina a další). Stanovuje se nejčastěji sušením předem zváženého vzorku do konstantní hmotnosti. Vzorky suší při teplotě 105 °C po dobu několika hodin [29, 30]

2.7.2 Refraktometrické stanovení rozpustné sušiny

Podstatou této metody je měření indexu lomu. Využívá se jevu, který nastává při dopadu paprsku na fázové rozhraní. Tímto jevem je refrakce (lom). Díky rozdílné rychlosti světla v obou fázích se paprsek láme. Index lomu je poměr rychlostí světla v obou fázích (rovnice 1). Pro porovnávání látek se volí shodné prostředí, ze kterého paprsek dopadá. Za ideální je považováno vakuum, pro reálné určení indexu lomu postačí vzduch.

$$n = \frac{v_2}{v_1} \quad (1)$$



Obrázek 12: Lom světla

Pro index lomu platí Snellův zákon (rovnice 2), který nám dovoluje určit relativní indexy lomu dvou látek, známe-li relativní indexy lomu pro přechod paprsku ze vzduchu do těchto látek.[31]

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}, \quad (2)$$

Index lomu je ovlivňován množstvím rozpuštěných látek ve vzorku a zjišťuje se refraktometrem. Nejčastěji je používán Abbeho refraktometr. Index lomu je závislý na teplotě, proto je měření nutno provádět při 20°C. Při jiné teplotě se provádí korekce na teplotu.



Obrázek 13: *Abbeho refraktometr*

Ze vzorků se získá kapalný podíl. Poté se nanese kapka mezi dva hranoly refraktometru, nastaví se nitkový kříž přesně na rozhraní světla a stínu a odečte se hodnota na stupnici. Ta se přepočítá na procentuální obsah sacharózy podle tabulek.[29, 31]

2.7.3 Stanovení pH

Pro měření pH se používá skleněná elektroda, která je specifická na vodíkové ionty a je vysoce selektivní. Pro měření ovšem není důležitý materiál, ze kterého je elektroda vyrobena (můžeme se setkat i s plastovými), ale membrána, která je ve styku s roztokem. Tato membrána je složena z tenké vrstvy skla s vysokou sodíkovou koncentrací. Její povrch se hydratuje při kontaktu s vodou a vytváří strukturu podobnou gelu, zatímco uvnitř odpovídá pevné elektrodě. Toto sklo tvoří soli kyseliny orthokřemičité, které mají otevřenou strukturu se sodíkovými kationty, které umožňují přenos náboje z jedné strany membrány na druhou. Když je koncentrace H^+ iontů různá na obou stranách membrány, vytvoří se mezi nimi rozdíl potenciálů, který je spjat s aktivitou H^+ iontů v roztoku, tedy pH.

Koncentrace H^+ iontů je rozdílem potenciálů mezi skleněnou elektrodou a vnější referenční elektrodou (Ag/AgCl elektroda). Před použitím je pH elektroda kalibrována puřem o známém pH. [32]



Obrázek 14: *pH metr se skleněnou elektrodou*

V silně alkalických roztocích při pH větším než 10 dochází k odklonu od linearitu závislosti potenciálu skleněné elektrody na pH. Tento jev označujeme jako alkalická chyba skleněné elektrody. Odklon je způsoben mnohonásobně vyšší koncentrací sodných iontů v roztoku a lze jí zabránit použitím lithných skel. Jevu lze také využít ke stanovení sodných iontů, pokud se zvýší citlivost elektrody na sodné ionty. K odklonu od linearitu dochází i při pH menším než 1. Chyba je pak označována jako kyselá. Dochází k ní vlivem změny hydratace povrchové vrstvy skleněné membrány v silně kyselých roztocích, což ovlivňuje aktivitu vodíkových iontů. [33]

2.7.4 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselostí se rozumí celková koncentrace kyselin v potravinách. Kyselinami obsaženými v potravinách jsou zejména organické kyseliny jako kyselina vinná, kyselina jablečná, kyselina mléčná nebo kyselina citronová. Důležitou roli ovšem hrají i kyselina fosforečná a uhličitá. Organické kyseliny obsažené v potravinách mají vliv zejména na barvu, chuť, mikrobiální stabilitu a kvalitu. Stanovení titrační kyselosti je spolu s obsahem cukrů používáno jako indikátor zralosti ovoce.

Titrační kyselost se stanovuje neutralizací kyselin obsažených ve vzorku o známé hmotnosti nebo objemu standardizovanou bází. K detekci konce titrace je využíváno buďto cílového pH nebo barevného přechodu barviva citlivého na pH. Metoda, kdy se bod

ekvivalence určuje za pomoci pH elektrody se nazývá potenciometrická titrace. Bod ekvivalence nastává, je-li dosaženo úplné neutralizace kyseliny. Při stanovení titrační kyselosti pomocí barevného přechodu se nejčastěji používá jako indikátor fenolftalein, který v oblasti pH 8,0-9,6 mění barvu z čiré na fialovou. Barevný přechod z pravidla nastává při pH 8,2. Metoda detekce barevným přechodem je kvůli špatně viditelnému přechodu nevhodná pro barevné vzorky. V tomto případě se využívá potenciometrického stanovení.[34]

2.7.5 Stanovení formolového čísla

Formolové číslo udává celkový obsah aminokyselin ve vzorku. Nereaguje ovšem sekundární aminoskupina histidinu a guanidinová skupina argininu. Jen částečně reagují sekundární aminoskupiny prolinu a hydroxyprolinu.

Nejdříve jsou zneutralizovány všechny kyseliny ve vzorku (stanovení titrační kyselost), potom je k analytickému vzorku přidán roztok formaldehydu, kterým se zablokují aminoskupiny volných aminokyselin. Tento roztok je pak možné titrovat alkalickým činidlem (hydroxidem sodným) do pH 8,1.[30]

2.7.6 Gravimetrické stanovení redukcí cukrů

Redukující cukry jsou sacharidy, které obsahují aldehydickou skupinu. Tato funkční skupina má schopnost vzdát se elektronu ve prospěch oxidačního činidla, které je přijatým elektronem redukováno. Produktem oxidace aldehydické skupiny je karboxylová funkční skupina. V alkalickém prostředí se i ketosy chovají jako slabě redukující cukry, neboť dochází k částečné isomeraci na aldosity. Jejich přítomnost lze dokázat například Tollensovým činidlem (Ag^+ ve vodném roztoku amoniaku) nebo Fehlingovým činidlem (Cu^{2+} ve vodném alkalickém roztoku vlnanu sodného), kdy dojde k vyredukování kovového stříbra, resp. Cu_2O . Redukující sacharidy jsou schopny vyredukovat z Fehlingova roztoku oxid měďný, který je po filtraci vysušen a zvážen. Z jeho hmotnosti je vypočítán obsah redukcí cukrů, kdy 1 mg oxidu měďného odpovídá 0,462 mg redukcí cukrů. [34, 30]

2.7.7 Spektrofotometrické stanovení kyseliny askorbové

UV-VIS spektrofotometrie využívá jevu, kdy dochází při interakci záření s látkou k pohlcení části záření. Tento jev má za následek excitaci valenčních elektronů a úbytek záření. V praxi na vzorek v kyvetě o definované optické dráze dopadá světelné záření o dané vlnové délce a intenzitě světelného toku Φ_0 . Část záření je pohlcena. Detektorem je měřena intenzita záření prošlého vzorkem Φ . Záporný dekadický logaritmus poměru intenzity světelného toku Φ a Φ_0 se nazývá absorbance A. Absorbance udává míru absorpce záření

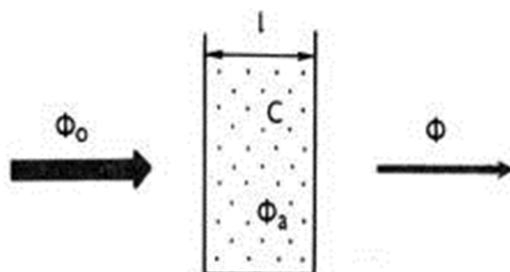
$$A = -\log \frac{\Phi}{\Phi_0} . \quad (5)$$

Čím je absorbance vyšší, tím méně světla projde vzorkem. Jedná se o aditivní veličinu. Absorbují-li záření dané vlnové délky dvě a více složek, určí se celková absorbance součtem

absorbancí jednotlivých složek. Absorbance je přímo úměrná koncentraci absorbující látky a tloušťce absorbující vrstvy. Platí pro ni Lambertův-Beerův zákon:

$$A = \varepsilon_{\lambda} \cdot c \cdot l, \quad (6)$$

kde ε_{λ} je molární absorpční koeficient, který je konstantou pro danou látku, vlnovou délku, za daných, c je látková koncentrace a l je tloušťka absorbující vrstvy. [31]



Obrázek 15: Lambert-Beerův zákon

Kyselina askorbová je vyextrahována ze vzorku kyselinou metafosforečnou a kyselinou octovou. Pro redukci kyseliny askorbové je používáno barvivo 2,6-dichlorfenolindofenol. Přebytná barevná sloučenina se poté extrahuje xylenem a její přebytek je spektrofotometricky stanoven při vhodné vlnové délce.

Pro stanovení kyseliny askorbové v nebarevných vzorcích je možno použít titrační metodu, kdy se vzorek vyextrahovaný do kyseliny metafosforečné titruje 2,6-dichlorfenolindofenolem do prvního růžového zbarvení. [30]

3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 Analyzované vzorky

K chemickým analýzám byly použity vzorky šťáv získaných z plodů aronie odrůdy Nero sklizených v letech 2013 a 2014. Plody byly vypěstovány na pozemních soukromé firmy u Štramberka. Vzorky byly dodány v podobě zmražených plodů. Dále byl k analýze použit vzorek 100% aroniové šťávy (Aronie z Podbeskydlí) a dva druhy aroniového džemu.

3.2 Laboratorní vybavení

Pomůcky:

- běžné laboratorní sklo Simax
- exsikátor
- filtrační papír
- plastové centrifugační kyvety
- mechanický odšťavňovač
- byreta
- odměrné baňky
- nedělené pipety
- dělené pipety
- filtrační kelímek S4
- skleněné zkumavky, stojan na zkumavky
- křemenné kyvety
- vodní vývěva
- Petriho misky

Přístroje:

- analytické váhy A&D Instruments HR-120 EC (A&D Instruments, Japonsko)
- předvážky A&D Instruments EK-600H (A&D Instruments, Japonsko)
- tyčový homogenizátor IKA Ultra Turrax T18 basic (IKA, Německo)
- sušárna Memmert UFE550 (Mettler, Německo)
- Abbeho refraktometr (Zeiss, Německo)
- pH metr Hanna Instruments HI 221 (Hanna Instruments, USA)
- elektrický vařič (ETA, ČR)
- laboratorní centrifuga MLW T52.1 (MLW, Německo)
- UV-VIS spektrofotometr Helios Gamma (Spectronic Unicam, USA)
- Lednička s mrazničkou (Gorenje, Slovinsko)

Chemikálie:

- kalibrační pufrы pH metru (Hanna Instruments, USA)
- hydroxid sodný (Lach-Ner, ČR)
- dihydrát kyseliny šťavelové (Penta, ČR)
- fenolftalein (Lachema, ČR)
- 35% roztok formaldehydu (Lach-Ner, ČR)
- pentahydrát síranu měďnatého (Lachema, ČR)
- tetrahydrát vlnanu sodno-draselného (Penta, ČR)
- ethanol (Penta, ČR)
- diethylether (Penta, ČR)
- kyselina metafosforečná (Sigma-Aldrich, USA)
- kyselina octová 80% (Penta, ČR)
- sodná sůl 2,6-dichlorfenolindofenolu (Sigma-Aldrich, USA)
- kyselina askorbová (Sigma-Aldrich, USA)
- bezvodý octan sodný (Penta, ČR)
- xylen (Sigma-Aldrich, USA)

3.3 Postupy

3.3.1 Příprava roztoků

- ***Odměrný roztok hydroxidu sodného o koncentraci $0,25 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$***
Na předvázkách bylo naváženo 10,00 g hydroxidu sodného, který byl kvantitativně převeden destilovanou vodou do odměrné baňky o objemu 1 l. Po úplném rozpuštění byla baňka doplněna vodou po rysku. Baňka byla uzavřena a obsah byl důkladně promíchán. Odměrný roztok byl před stanovením vzorku standardizován na kyselinu šťavelovou.
- ***Fehlingův roztok I***
Na předvázkách bylo naváženo 69,28 g pentahydrátu síranu měďnatého, který byl kvantitativně převeden destilovanou vodou do odměrné baňky o objemu 1 l. Baňka byla doplněna destilovanou vodou po značku a obsah byl promíchán.
- ***Fehlingův roztok II***
Bylo naváženo 346 g tetrahydrátu vlnanu sodno-draselného a 120 g hydroxidu sodného. Navážky byly převedeny do jedné odměrné baňky o objemu 1 l a po úplném rozpuštění byla baňka doplněna destilovanou vodou po značku. Obsah byl promíchán.
- ***Standartní roztok kyseliny šťavelové o koncentraci $0,1 \text{ mol}\cdot\text{l}^{-1}$***
Na analytických vahách bylo s přesností na 0,1 miligramu naváženo 1,26 g dihydrátu kyseliny šťavelové. Navážka byla pomocí destilované vody kvantitativně převedena do odměrné baňky na 100 ml. Odměrná baňka byla doplněna vodou po rysku a roztok

byl promíchán. Přesná koncentrace standardního roztoku kyseliny šťavelové byla vypočtena podle rovnice 13:

$$c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{m}{M \cdot V}, \quad (7)$$

, kdy $c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ je koncentrace kyseliny šťavelové ($\text{mol} \cdot \text{l}^{-1}$), m je přesná navážka dihydrátu kyseliny šťavelové, M je molární hmotnost dihydrátu kyseliny šťavelové ($126,07 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$) a V je konečný objem roztoku v odměrné baňce (100 ml).

- **Roztok kyseliny metafosforečné a kyseliny octové o koncentraci $30 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$**
Ve 20 ml vody bylo rozpuštěno 15 g kyseliny metafosforečné. Bylo přidáno 40 ml kyseliny octové a v odměrné baňce na 500 ml doplněno po rysku.
- **Roztok 2,6-dichlorfenolinofenolu o koncentraci $250 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$**
V odměrné baňce na 200 ml bylo rozpuštěno 50 mg sodné soli 2,6-dichlorfenolinofenolu se 150 ml teplé vody obsahující 42 mg hydroxidu sodného. Roztok byl doplněn vodou po rysku.
- **Tlumivý roztok octan sodný/kyselina octová pH 4**
150 g bezvodého octanu sodného bylo rozpuštěno v 350 ml vody a 630 ml 80% kyseliny octové.

3.3.2 Příprava vzorků

- **Příprava ovocné šťávy z plodů**

Plody aronie byly rozmrazeny a odstopkovány. Rozmražené plody byly zhomogenizovány homogenizátorem a uvolněná šťáva byla následně odstředěna v centrifuze při $3000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ a supernatant byl zfiltrován na analytické nálevce přes filtrační papír. Takto připravená šťáva byla použita pro jednotlivá stanovení.

- **Příprava vzorku z džemu**

Džem byl zhomogenizován tyčovým homogenizátorem, kvantitativně převeden do odměrné baňky na 250 ml a doplněn vodou po rysku. Šťáva byla odstředěna v centrifuze a supernatant byl zfiltrován přes filtrační papír. Šťáva byla použita pro jednotlivá stanovení.

- **Příprava vzorku ze 100% aroniové šťávy**

Šťáva uchovávána v chladničce v plastové lahvi byla přefiltrována a použita pro stanovení.

3.3.3 Postupy vybraných stanovení

3.3.3.1 Stanovení výtěžnosti šťávy

S přesností na 2 desetinná místa bylo naváženo potřebné množství plodů aronie. Hmotnost byla zaznamenána. Do ústí mlýnku byly vpraveny bobule a ručně pomlety.

Z bočního ústí byla do odměrného válce jímána šťáva. Z odměrného válce bylo odečteno množství šťavy a přepočítáno na výtěžnost definovanou jako množství šťavy ve ml na 100 g plodů. Výpočet byl proveden podle vztahu:

$$x = \frac{100}{m_n} \cdot V_n, \quad (8)$$

kde m_n je navážka bobulí (g) a V_n je objem šťavy (ml)

3.3.3.2 Stanovení sušiny sušením

Petriho miska byla vysušena v sušárně a po vychladnutí v exsikátoru byla zvážena na analytických vahách. Dále bylo naváženo asi 6 g aroniových plodů. Plody byly překrájeny a umístěny na petriho misku. Vzorky byly sušeny po dobu přibližně 48 hodin při teplotě 105°C v sušárně. Po uplynutí této doby byl vzorek vyjmut ze sušárny a vložen do exsikátoru. Po vychladnutí byl zvážen a následně opět vložen do sušárny. Po uplynutí 30 minut byl vzorek znovu vyjmut a zvážen. Postup byl opakován, dokud rozdíl mezi dvěma posledními hodnotami hmotnosti nebyl menší než 2 mg. Stanovení bylo provedeno třikrát.

Celkový obsah sušiny ve vzorku se určí z podílu hmotnosti vzorku po vysušení a hmotnosti před sušením a vyjádří se v hmotnostních procentech. Celkový obsah sušiny je vypočítán podle rovnice (8):

$$w_s = \frac{m_s}{m_n} \cdot 100 \%, \quad (9)$$

kde w_s je obsah sušiny v % hm., m_s je hmotnost sušiny m_n je hmotnost původní navážky plodů.

3.3.3.3 Refraktometrické stanovení rozpustné sušiny

Stanovení bylo provedeno podle normy ČSN EN 12143, jako návod byla použita literatura [28]. Před samotným měřením byly plochy hranolů nejprve důkladně vyčištěny destilovanou vodou a vytřeny do sucha. Destilovaná voda byla nanášena pasturovou pipetou a rozetřena po povrchu hranolu. Horní hranol byl přiklopen a zabezpečen klíčem. Sklon hranolů byl nastaven tak, aby rozhraní světla a stínu bylo v průsečíku nitkového kříže. Stupnice byla nastavena přesně na nulu. Hranoly byly odklopeny a na povrch bylo nanášeno a rozetřeno malé množství vzorku. Po ustálení teploty (asi 1 minuta) byl na stupnici odečten index lomu s přesností na čtyři desetinná místa.

K odečteném indexu lomu byla v tabulkách nalezena příslušná hodnota odpovídající množství sušiny vyjádřené v hmotnostních procentech sacharosy. Ze tří paralelních stanovení byla vypočítána průměrná hodnota obsahu rozpustné sušiny v ovocné šťávě.

3.3.3.4 Stanovení hodnoty pH

Pro stanovení byla použita normovaná metoda ČSN EN 1132 a návod byl převzat z literatury [28]. pH metr byl kalibrován tlumivými roztoky pH 7,00 a pH 10,00. pH bylo změřeno za stálého míchání vzorku. Měření bylo provedeno třikrát. Z naměřených hodnot byla vypočítána průměrná hodnota. Hodnota pH byla zaznamenávána na dvě desetinná místa.

3.3.3.5 Stanovení titrační kyselosti

Titrační kyselost byla stanovena přímou titrací hydroxidem sodným s potenciometrickou indikací bodu ekvivalence. Byl použit postup uvedený v normě ČSN EN 12147 a návodu z literatury [28].

- *Standardizace odměrného roztoku hydroxidu sodného*

Do titrační baňky bylo nedělenou pipetou pipetováno 10,0 ml roztoku kyseliny šťavelové. K roztoku byly přidány 3 kapky fenolftaleinu a roztok byl titrován odměrným roztokem hydroxidu sodného do trvale růžového zbarvení. Titrace byla provedena třikrát a z průměrné spotřeby byla vypočítána přesná koncentrace odměrného roztoku hydroxidu sodného podle vztahu:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{2 \cdot c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{NaOH}}}, \quad (10)$$

kde c_{NaOH} je koncentrace odměrného roztoku hydroxidu sodného, $c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ je koncentrace roztoku kyseliny šťavelové, $V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}$ je objem roztoku kyseliny šťavelové (10,0 ml) a V_{NaOH} je spotřeba odměrného roztoku hydroxidu.

- *Vlastní stanovení*

pH metr byl kalibrován tlumivými roztoky o pH 7,00 a 10,00. Nedělenou pipetou bylo pipetováno 25 ml filtrátu do kádinky. pH elektroda byla ponořena do roztoku a za stálého míchání bylo titrováno odměrným roztokem hydroxidu sodného do pH 8,1. Titrace byla provedena třikrát u každého vzorku. Titrační kyselost se vyjadřuje v mmol H^+ iontů na litr šťávy. Titrační kyselost byla vypočítána podle vztahu:

$$c_{\text{H}^+} = \frac{1000 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot V_c \cdot c_{\text{NaOH}}}{V_{\text{vz}} \cdot m_{\text{vz}}}, \quad (11)$$

kde V_{NaOH} je průměrná spotřeba odměrného roztoku hydroxidu sodného, V_c je celkový objem (250 ml), c_{NaOH} je přesná koncentrace odměrného roztoku, V_{vz} je objem při titraci (25 ml) a m_{vz} je navážka bobulí. Titrační kyselost může být také vyjádřena jako obsah převažující kyseliny vynásobením c_{H^+} faktorem pro odpovídající kyselinu.

3.3.3.6 Stanovení formolového čísla

Jedná se o stanovení podle normy ČSN EN 1133 podle návodu v [28]. 25 ml filtrátu bylo v kádince za stálého míchání upraveno odměrným roztokem hydroxidu sodného na pH 8,1. K takto zneutralizovanému roztoku bylo přidáno 10 ml roztoku formaldehydu. Asi po jedné minutě byl roztok za stálého míchání titrován odměrným roztokem do pH 8,1. Formolové číslo se vyjadřuje jako počet ml hydroxidu sodného o koncentraci $0,1 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$ na titraci 100 ml vzorku. Hodnota se vypočítá podle rovnice:

$$c_{\text{H}^+} = \frac{100 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot V_c \cdot c_{\text{NaOH}}}{V_{\text{vz}} \cdot m_{\text{vz}} \cdot c_{0,1\text{M NaOH}}}, \quad (12)$$

kde V_{NaOH} je spotřeba odměrného roztoku hydroxidu sodného, V_c je celkový objem, do kterého byl převeden homogenát (250 ml), c_{NaOH} je přesná koncentrace roztoku hydroxidu sodného, V_{vz} je objem při titraci (25 ml) a m_{vz} je navážka bobulí. Titrační kyselost může být také vyjádřena jako obsah převažující kyseliny vynásobením c_{H^+} faktorem pro odpovídající kyselinu.

3.3.3.7 Gravimetrické stanovená redukujících cukrů

Jako návod pro stanovení byla použita literatura [28]. Filtrační kelímky S4 byly vysušeny a po vychladnutí v exikátoru zváženy na analytických vahách. Do Erlenmeyerovy baňky bylo napipetováno 20 ml Fehlingova roztoku I a 20 ml Fehlingova roztoku II. Směs byla promíchána a na vařiči zahřána na teplotu 60 °C. Do baňky byl přidán 1 ml filtrátu a směs byla dále zahřívána k varu. Mírný var byl udržován přesně dvě minuty. Potom byla Erlenmeyerova baňka ochlazená proudem studené vody. Vzniklá sraženina oxidu měďného klesla ke dnu a poté se dekantovala přes filtrační kelímek. Oxid měďný byl v baňce i na kelímku neustále udržován pod hladinou kapaliny. Sraženina byla nakonec kvantitativně převedena na fritu a promyta horkou vodou. Potom byla sraženina promyta třikrát ethanolem a jednou diethyletherem. Filtrační kelímek byl umístěn na 45 minut do sušárny vyhřáté na 105 °C. Kelímek byl po vyjmutí ze sušárny a vychladnutí v exikátoru zvážen. Hmotnost 1 mg oxidu měďného odpovídá 0,462 mg redukujících cukrů.

3.3.3.8 Stanovení vitamínu C

- *Příprava kalibrační křivky*

Pro stanovení vitamínu C byla použita normovaná metoda ČSN ISO 6557. Byl připraven zásobní roztok kyseliny askorbové o koncentraci 1 g/l tak, že 100 mg kyseliny askorbové bylo rozpuštěno v odměrné baňce na 100 ml a doplněno extrakčním roztokem po rysku. Z tohoto roztoku byla připravena řada standardů o koncentracích 0,05 – 0,5 mg/ml. Do zkumavek bylo napipetováno vždy 0,25 ml standardu, 0,25 ml tlumivého roztoku a 1,5 ml 2,6-dichlorfenolindofenolu. Dále bylo přidáno 5 ml xylenu a zkumavky byly prudce protřepávány 10 sekund. Poté byly zkumavky odstředovány 3 minuty (2 000 otáček) a byla změřena absorbance xylenové vrstvy při 500 nm.

- *Vlastní stanovení*

Do 50 ml odměrné baňky bylo napipetováno 5 ml filtrátu a baňka byla doplněna extrakčním roztokem po rysku. Do připravených zkumavek bylo napipetováno 0,25 ml zředěného vzorku, dále pak 0,25 ml tlumivého roztoku, 1,5 ml 2,6-dichlorfenolindofenolu a 5 ml xylenu. Zkumavky byly 10 sekund prudce protřepány a byla změřena absorbance v xylenové vrstvě při 500 nm. Absorbance byla změřena třikrát v každém vzorku a z nich byla vypočtena průměrná hodnota.

Byl sestaven graf kalibrační křivky a z rovnice regrese byla vypočítána koncentrace zředěného vzorku. Po vynásobení faktorem zředění byla získána hodnota vitamínu C ve vzorku.

3.3.4 Statistické zpracování výsledků

Jako výsledek byl uveden vždy aritmetický průměr ze tří měření. Pro zpracování výsledků bylo použito MS Excel (Microsoft). Pomocí funkce SMODCH byla spočítána směrodatná odchylka.

4 VÝSLEDKY A DISKUZE

V této části jsou uvedeny a diskutovány výsledky stanovení vybraných chemických vlastností aroniových plodů a šťáv. Jako vzorky byly zpracovány a použity zmražené plody aronie vypěstované ve dvou letech (2013, 2014). Z aroniových výrobků byly k jednotlivým stanovením použity vzorky 100% aroniových šťáv a džemů od soukromého pěstitele.

4.1 Stanovení výtěžnosti šťávy

Byla stanovena výtěžnost šťávy ze zmražených plodů aronie podle kapitoly 3.3.3.1. Výtěžnost byla získána ze dvou vzorků aronie. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5 a vyneseny v grafu na obrázku 16.

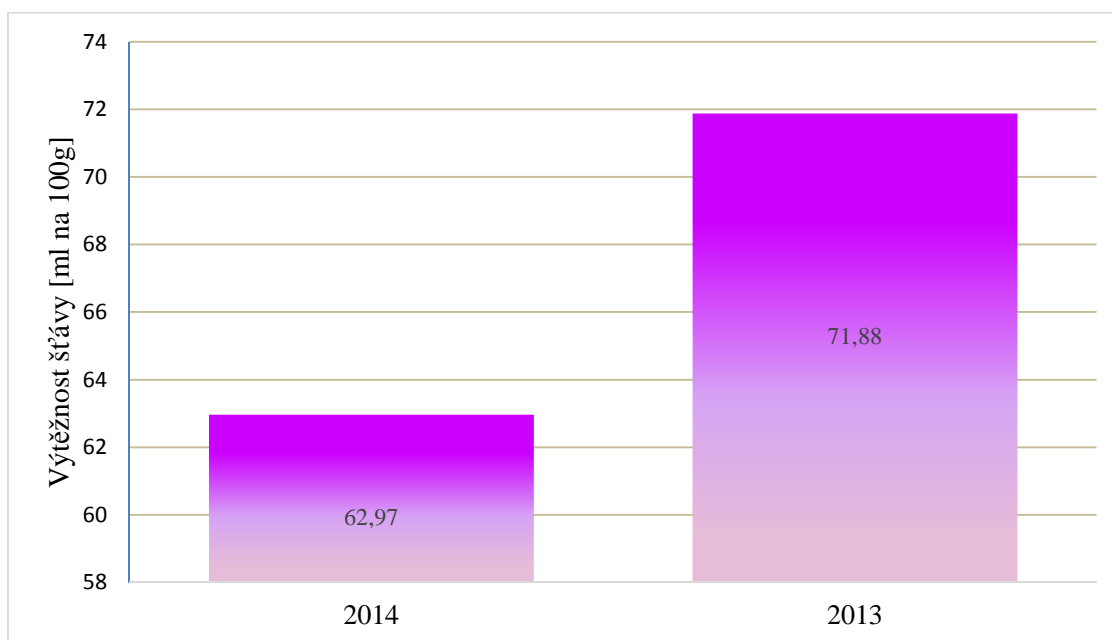
Tabulka 5: Výtěžnost šťávy

Vzorek	Navážka [g]	Objem šťávy [ml]	Výtěžnost [ml na 100g]
2013	100,05	63	62,97
2014	100,16	72	71,88

Příklad stanovení výtěžnosti šťávy pro vzorek z roku 2013:

$$x = \frac{100}{m_n} \cdot V_n$$

$$x = \frac{100}{100,05} \cdot 63 = \underline{\underline{62,97}} \text{ ml na 100g}$$



Obr. 16: Hodnoty výtěžnosti šťávy pro jednotlivé vzorky z let 2013 a 2014

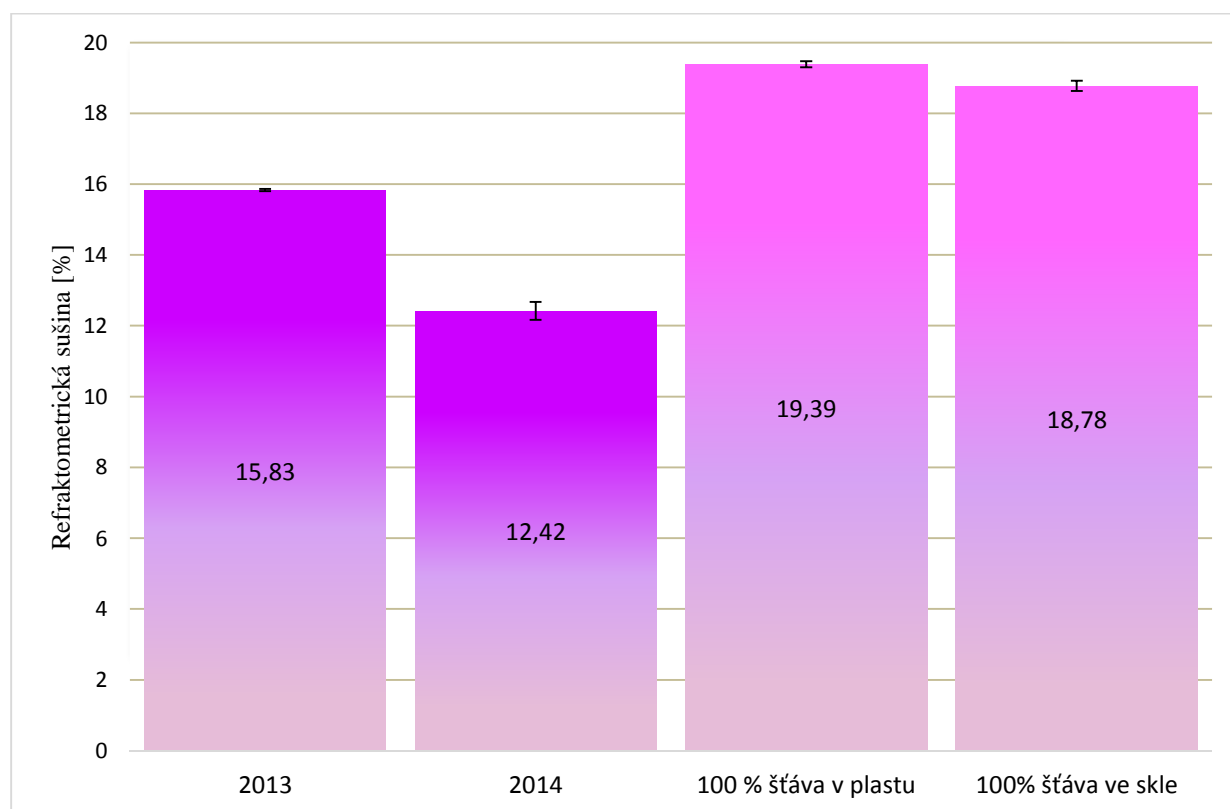
U plodů z roku 2013 byla naměřena daleko vyšší výtěžnost šťávy (71,88 ml na 100 g plodů), než tomu bylo u vzorku z roku 2014. Stanovení bylo provedeno pouze jednou a nejedná se o normovanou metodu, tudíž je možno tyto výsledky považovat pouze za orientační.

4.2 Refraktometrické stanovení rozpustné sušiny

Podle kapitoly 3.3.3.2 byla stanovena rozpustná sušina u dvou vzorků pasterizovaných šťáv a u filtrátu z plodů z let 2013 a 2014. Pro každý vzorek byl na refraktometru odečten index lomu třikrát a v tabulkách byla nalezena příslušná hodnota rozpustné sušiny. Ze získaných hodnot byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 6 a zobrazeny v grafu na obrázku 17.

Tabulka 6: Stanovení rozpustné sušiny aronie

Vzorek	Měření	Rozpustná sušina [%]	Průměr [%]	SD
2013	1	15,88	15,83	0,03
	2	15,81		
	3	15,81		
2014	1	12,60	12,42	0,26
	2	12,06		
	3	12,60		
100% šťáva v plastu	1	19,38	19,39	0,09
	2	19,50		
	3	19,28		
100% šťáva ve skle	1	18,68	18,78	0,14
	2	18,98		
	3	18,67		



Obr. 17: Obsah rozpustné sušiny [%]

Nejvyšší hodnota byla naměřena u 100% aroniové šťávy uchovávané v plastové lahvi (19,39 %). Nejnižší hodnota byla určena u šťávy vzorku bobulí z roku 2014 (12,42 %). Obecně byly u šťáv z rozmražených bobulí naměřeny nižší hodnoty než u vzorků aroniových džusů.

4.3 Stanovení sušiny sušením

Stanovení sušiny sušením bylo provedeno podle kapitoly 3.3.3.3 třikrát pro každý vzorek z let 2013 a 2014. Z naměřených hodnot byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Výsledky ze stanovení sušiny sušením jsou uvedeny v tabulce 7 a vyneseny v grafu na obrázku 18.

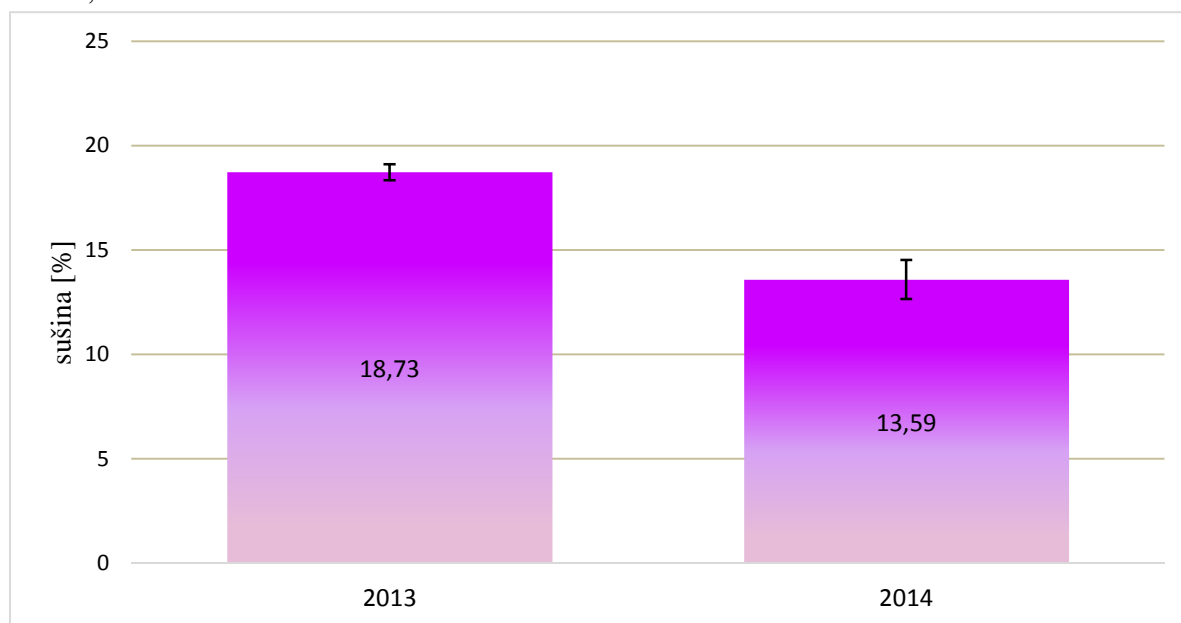
Tabulka 7: Stanovení sušiny plodů aronie

Vzorek	Měření	Navážka [g]	Po vysušení [g]	Sušina [%]	Průměr [%]	SD
2013	1	6,1536	1,1648	18,93	18,73	0,38
	2	6,3170	1,1490	18,19		
	3	6,3629	1,2127	19,06		
2014	1	6,0017	0,8710	14,51	13,59	0,94
	2	6,5057	0,9085	13,96		
	3	6,5955	0,8114	12,30		

Příklad výpočtu sušiny sušením pro vzorek z roku 2013 první měření:

$$w_s = \frac{m_s}{m_n} \cdot 100 \%$$

$$w_s = \frac{1,164}{6,1536} \cdot 100 \% = \underline{\underline{18,93 \%}}$$



Obr. 18: Obsah sušiny v odrůdě Nero sklizených v letech 2013 a 2014

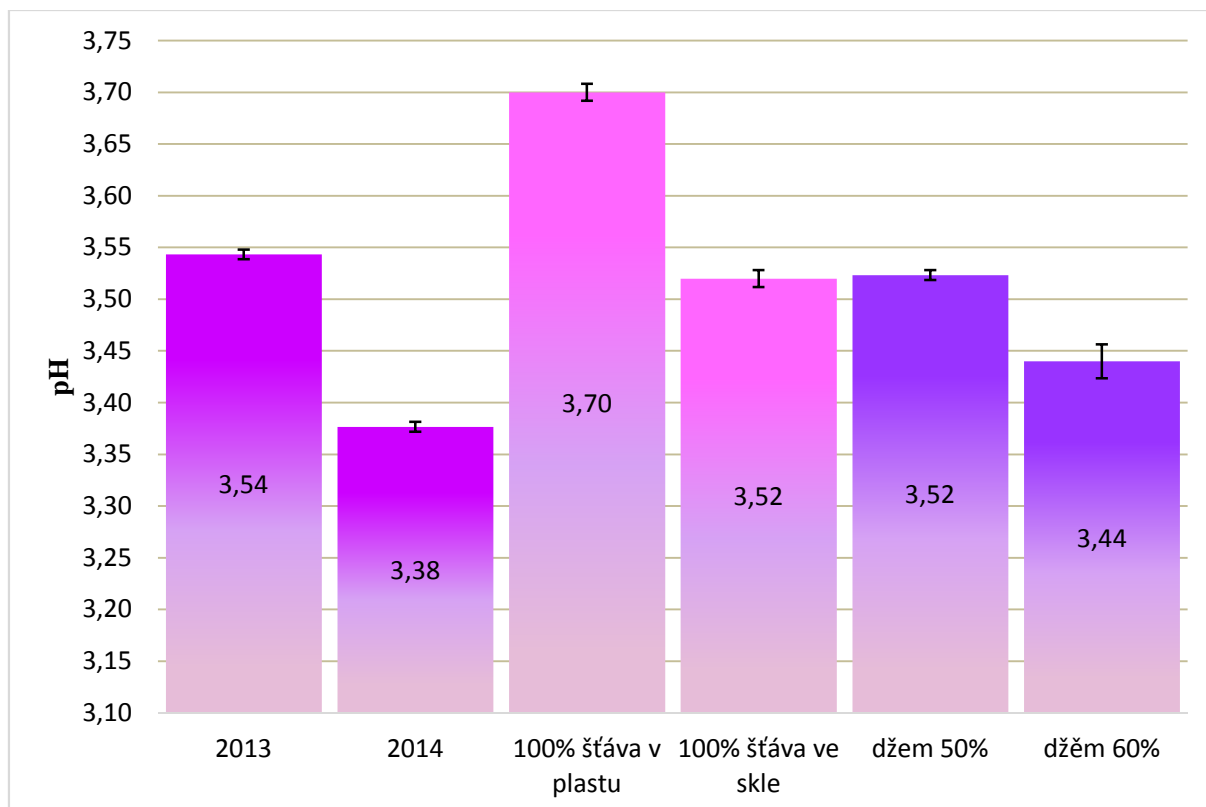
Při stanovení obsahu sušiny sušením byla vyšší z naměřených hodnot 18,73 % a patřila vzorku šťávy získaného z bobulí sbíraných v roce 2013. Méně sušiny pak bylo stanoveno ve vzorku z roku 2014 (13,59 %). Jednotlivé ročníky sběru se od sebe značně lišily.

4.4 Stanovení hodnoty pH

pH produktů z aronie bylo stanoveno podle postupu uvedeného v kapitole 3.3.3.4. Byly analyzovány 2 surové šťávy získané ze zmražených plodů, 2 pasterované šťávy dostupné v prodejní síti a dva džemy z prodejen se zdravou výživou. Každé měření bylo provedeno třikrát, ze získaných hodnot byl vypočítán aritmetický průměr a spočtena směrodatná odchylka. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 8 a vyneseny do grafu na obrázku 19.

Tabulka 8: Stanovení hodnoty pH

Vzorek	Měření	pH	Průměr	SD
2013	1	3,54	3,54	0,01
	2	3,55		
	3	3,54		
2014	1	3,37	3,38	0,01
	2	3,38		
	3	3,37		
100% šťáva v plastu	1	3,70	3,70	0,01
	2	3,69		
	3	3,71		
100% šťáva ve skle	1	3,53	3,52	0,01
	2	3,51		
	3	3,52		
džem s 50% obsahem šťávy z aronie	1	3,52	3,52	0,01
	2	3,52		
	3	3,53		
džem s 60% obsahem šťávy z aronie	1	3,42	3,44	0,02
	2	3,46		
	3	3,44		



Obr. 19: Hodnoty pH v jednotlivých vzorcích

Naměřené hodnoty pH se pohybovaly v rozsahu 3,38 a 3,70. Nejvyšší hodnotu vykazovala 100% Aroniová šťáva uchovávaná v plastovém obalu, nejnižší hodnota byla změřena u šťávy z bobulí sebraných v roce 2014.

4.5 Stanovení titrační kyselosti

Standardizace odměrného roztoku NaOH:

Navážka dihydrátu kyseliny šťavelové $m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 1,2792$

Koncentrace roztoku kyseliny šťavelové:

$$c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{m_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}; M_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = 126,07$$

$$c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} = \frac{1,2792}{126,07 \cdot 8,07} = 0,1015 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}$$

Koncentrace odměrného roztoku NaOH:

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{2 \cdot c_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4} \cdot V_{\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4}}{V_{\text{NaOH}}}$$

$$c_{\text{NaOH}} = \frac{2 \cdot 0,1015 \cdot 0,1}{8,07 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{0,2515 \text{ mol} \cdot \text{l}^{-1}}}$$

Vlastní měření:

Stanovení titrační kyselosti bylo provedeno podle kapitoly 3.3.3.5 třikrát pro každý vzorek ze zmražených plodů a pasterizovaných šťáv od soukromého pěstitele. Z nalezených hodnot byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Výsledky jsou vyneseny v grafu na obrázku 20 a uvedeny v tabulce 9.

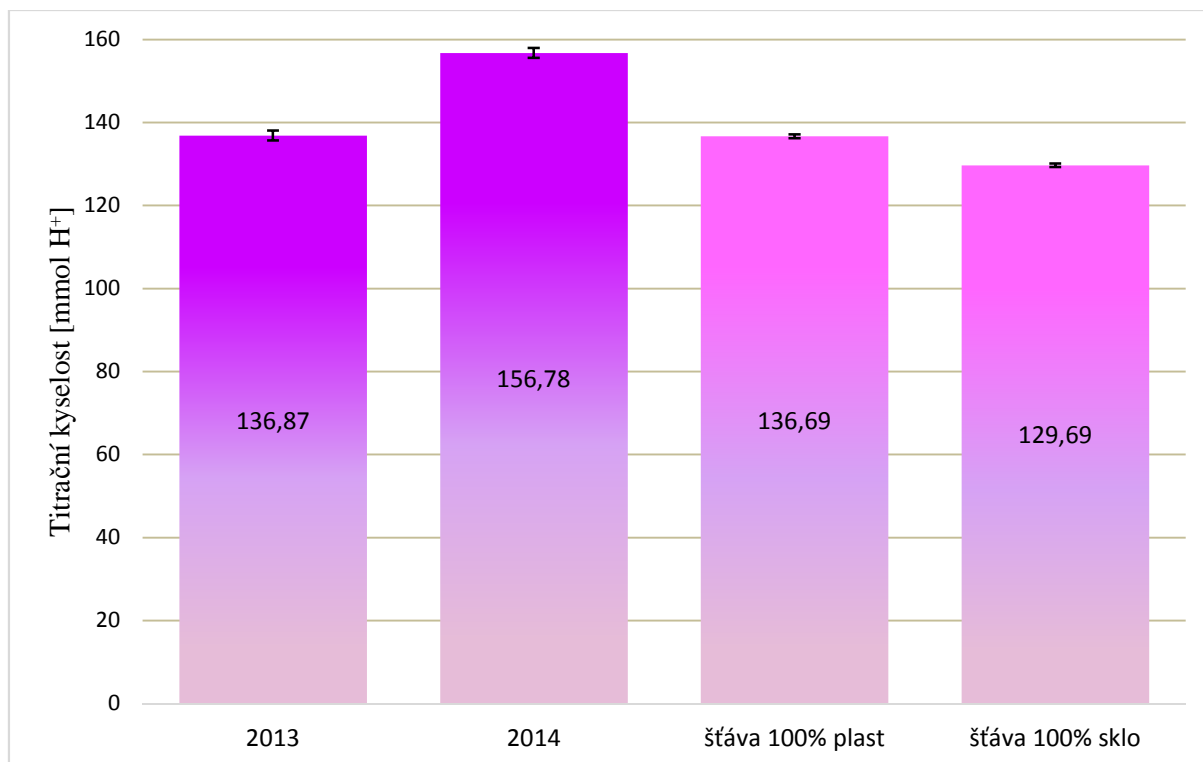
Tabulka 9: *Titrační kyselost aronie*

Vzorek	Měření	Titrační kyselost [mmol H ⁺ ·kg ⁻¹]	Průměr	SD
2013	1	136,03	136,87	1,19
	2	138,55		
	3	136,03		
2014	1	157,63	156,78	1,20
	2	155,09		
	3	157,63		
100% šťáva v plastu	1	136,38	136,69	0,44
	2	136,38		
	3	137,32		
100% šťáva ve skle	1	130,01	129,69	0,44
	2	129,07		
	3	130,01		

Příklad výpočtu titrační kyselosti pro první měření vzorku z roku 2013:

$$c_{\text{H}^+} = \frac{1000 \cdot V_{\text{NaOH}} \cdot V_c \cdot c_{\text{NaOH}}}{V_{\text{vz}} \cdot m_{\text{vz}}},$$

$$c_{\text{H}^+} = \frac{1000 \cdot 2,7 \cdot 10^{-3} \cdot 250 \cdot 0,2515}{25 \cdot 49,92} = \underline{\underline{136,0276}} \text{ mmol H}^+ \cdot \text{kg}^{-1}$$



Obr. 20: Hodnoty titrační kyselosti [mmol H⁺·kg⁻¹]

Hodnoty jednotlivých stanovení titračních kyselostí byly velmi podobné, ovšem nízké. Nejvyšší hodnotou se vyznačovala šťáva z ovoce z roku 2014 (156,78 mmol H⁺ na kilogram), nejnižší pak 100% aroniová šťáva z Podbeskydí uchovávaná ve skleněné nádobě. Nejvyšší naměřená hodnota titrační kyselosti byla stanovena u vzorku s nejnižším pH. Ovšem nejvyšší naměřené pH u vzorku 100% aroniové šťávy uchovávané v plastové lahvi nejnižší hodnota titrační kyselosti naměřena nebyla.

4.6 Stanovení formolového čísla

Hodnota formolového čísla byla měřena pro zmražené vzorky aroniových plodů a 100% šťávy třikrát. Stanovení bylo provedeno podle postupu uvedeného v kapitole 3.3.3.6. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce 10 a zobrazeny v grafu na obrázku 21.

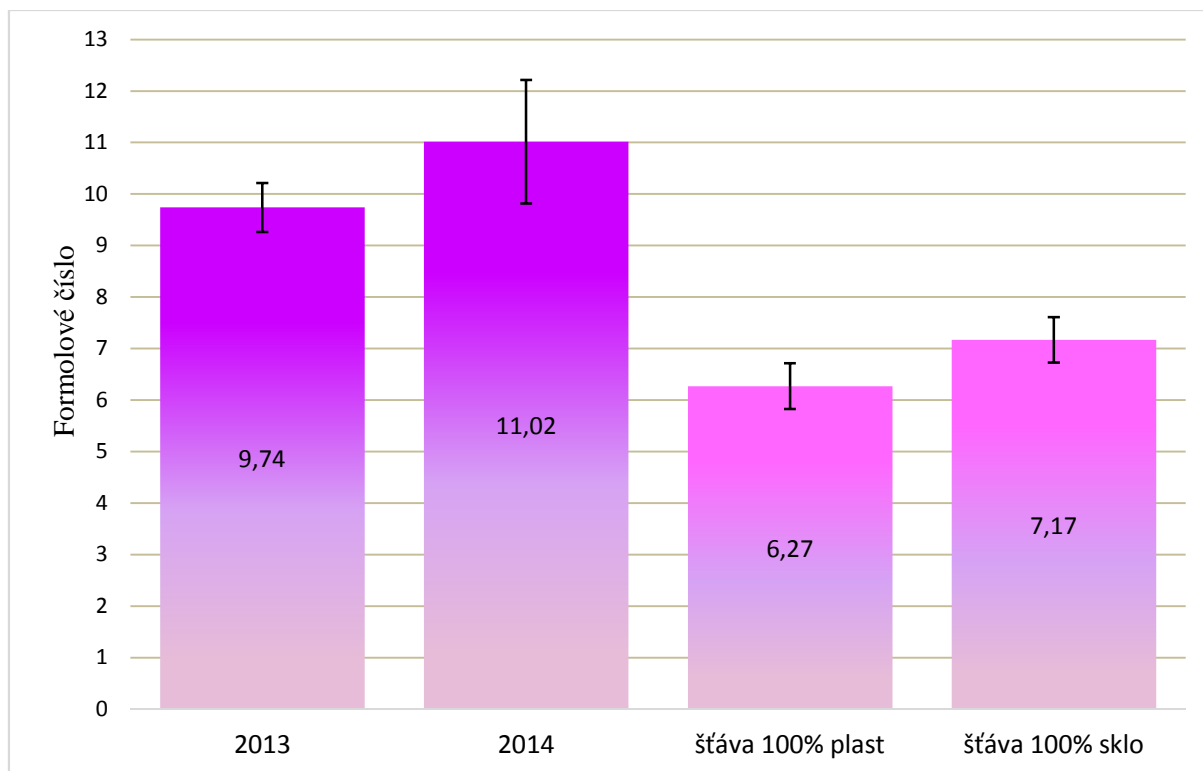
Tabulka 10: Formolové číslo

Vzorek	Měření	Formolové číslo [ml 0,1 M NaOH/100 g]	Průměr	SD
2013	1	10,08	9,74	0,47
	2	9,07		
	3	10,08		
2014	1	10,17	11,02	1,2
	2	12,71		
	3	10,17		
100% šťáva v plastu	1	5,64	6,27	0,44
	2	6,58		
	3	6,58		
100% šťáva ve skle	1	7,48	7,17	0,44
	2	6,55		
	3	7,48		

Příklad výpočtu formolového čísla pro vzorek 2013 první měření:

$$f_{\tilde{c}} = \frac{100 \cdot V_{NaOH} \cdot V_c \cdot c_{NaOH}}{V_{vz} \cdot m_{vz} \cdot c_{0,1 \text{ M NaOH}}},$$

$$f_{\tilde{c}} = \frac{100 \cdot 250 \cdot 0,2515 \cdot 0,2}{25 \cdot 49,92 \cdot 0,1} = \underline{\underline{10,08}} \text{ ml 0,1 M NaOH na 100 g vzorku.}$$



Obr. 21: Hodnoty formolového čísla [ml 0,1 M NaOH na 100 g]

Formolové číslo bylo stanoveno potenciometrickou titrací po přidavku formaldehydu. Nejvyšší formolové číslo bylo nalezeno u šťávy z plodů sklizených v roce 2014 (11,02 ml 0,1 M NaOH na 100 g). Nejnižší formolové číslo bylo stanoveno u šťávy v plastové lahvi (6,27 ml 0,1 M NaOH na 100 g). Obecně byly naměřeny nízké hodnoty formolových čísel, z čehož lze usuzovat, že šťávy z aronie mají poměrně nízký obsah aminokyselin.

4.7 Gravimetrické stanovení redukujících cukrů

Redukující cukry byly stanoveny třikrát u každého ze vzorků aronie a 100% aroniových šťáv. Analýzy byly provedeny podle postupu uvedeného v kapitole 3.3.3.7. Výsledky, spočítané aritmetické průměry a směrodatné odchylky, jsou uvedeny v tabulce 11 a vyneseny v grafu na obrázku 22.

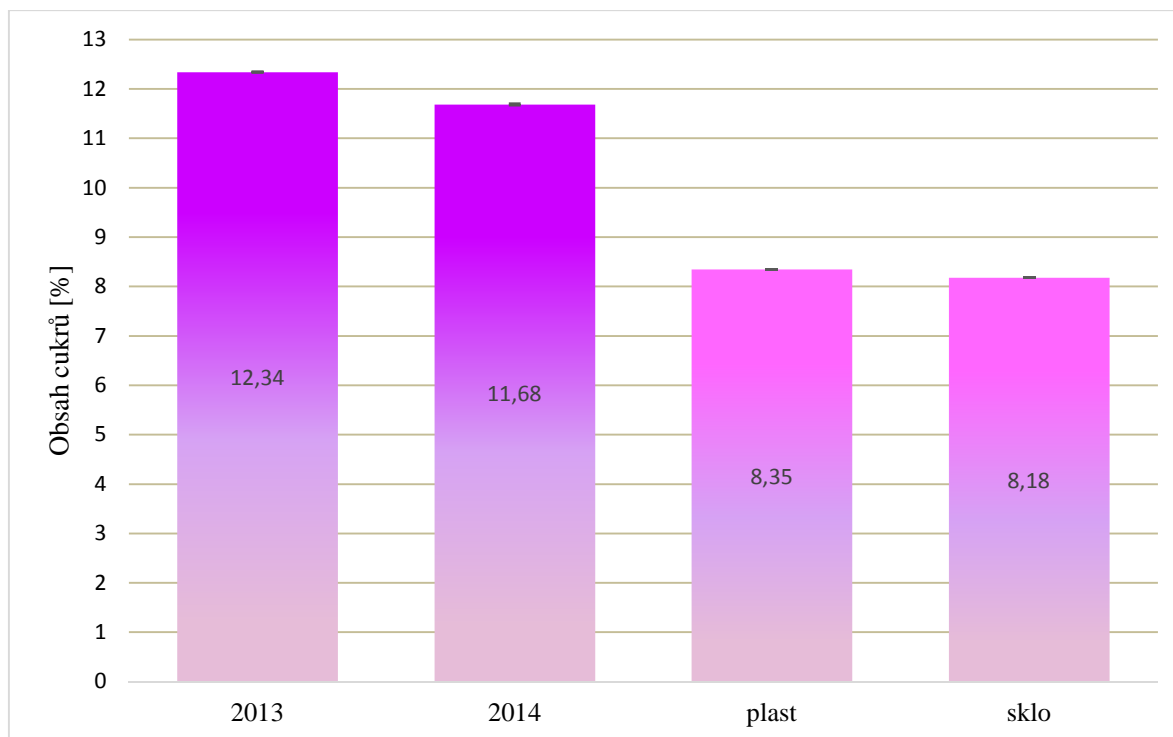
Tabulka 11: Gravimetrické stanovení redukujících cukrů

Vzorek	Měření	Obsah cukrů [%]	Průměr [%]	SD
2013	1	12,76	12,34	0,01
	2	10,98		
	3	13,27		
2014	1	10,99	11,68	0,01
	2	10,44		
	3	13,63		
100% šťáva v plastu	1	8,39	8,35	0,00
	2	8,23		
	3	8,42		
100% šťáva ve skle	1	8,14	8,18	0,00
	2	8,17		
	3	8,21		

Příklad výpočtu obsahu cukru pro vzorek z roku 2013 první měření:

$$w_{RC} = \frac{m_{Cu_2O} \cdot 0,462 \cdot f_{zf}}{m_{navážka}} \cdot 100 \%$$

$$w_{RC} = \frac{0,0279 \cdot 0,462 \cdot 10}{1,0098} \cdot 100 \% = \underline{\underline{12,34 \%}}$$



Obr. 22: *Obsah redukujících cukrů [%]*

Obsah redukujících sacharidů ve vzorcích byl stanoven gravimetrickou metodou a uveden v hmotnostních procentech. Nejnižší obsah cukrů byl stanoven u vzorku džusu uchovávaném ve skle (8,18 % hm.), nejvyšší obsah sacharidů měla šťáva z plodů z roku 2013 (12,34 % hm.). Výrobce lisované šťávy obsahovaly méně cukrů, než šťávy získané v laboratoři z rozmražených bobulí.

4.8 Stanovení vitamínu C

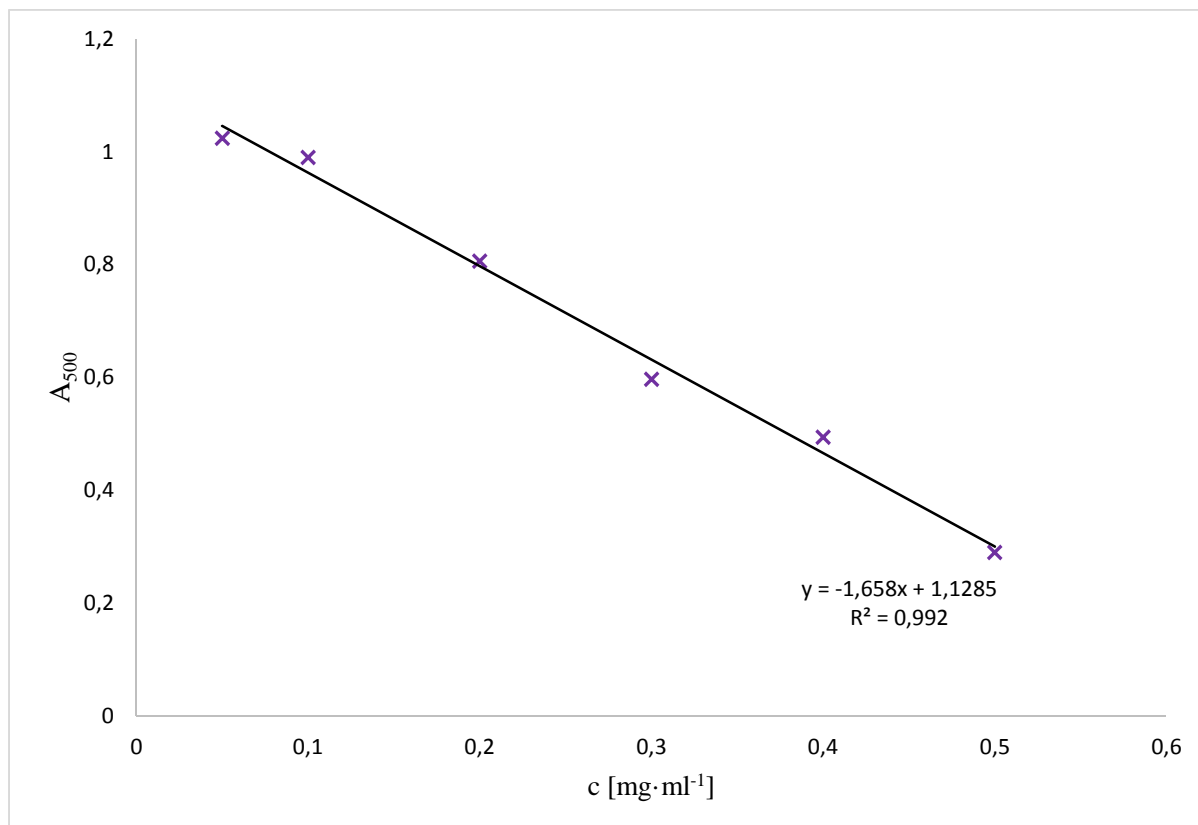
Vitamin C byl stanoven ve všech vzorcích a bylo k tomu použito postupu uvedeného v kapitole 3.3.3.8. Výsledné hodnoty obsahu vitamínu C byly vypočteny jako aritmetický průměr ze tří měření. Byly spolu se standartní odchylkou uvedeny v tabulce 13 a vyneseny do grafu na obrázku 24

Kalibrační řada:

Byla připravena řada standardů a změřena absorbance při 500 nm. Hodnoty použité pro kalibrační křivku jsou uvedeny v tabulce 12 a závislost byla vynesena v grafu na obrázku 23.

Tabulka 12: Hodnoty pro setrojení Kalibrační křivky

c [mg·l ⁻¹]	A ₅₀₀
0,05	1,024
0,1	0,990
0,2	0,806
0,3	0,597
0,4	0,494
0,5	0,290



Obr. 23: Kalibrační křivka

Vlastní stanovení:

U upravených vzorků ze zmražených plodů, z pasterizovaných šťáv a z džemů byla změřena absorbance při 500 nm. Absorbance byla změřena třikrát u každého vzorku. Z naměřených hodnot byl spočítán aritmetický průměr a směrodatná odchylka. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 13 a vyneseny v grafické závislosti na obrázku 24.

Tabulka 13: Stanovení vitamínu C

Vzorek	Měření	Koncentrace vitamínu C [mg·l ⁻¹]	Průměr	SD
2013	1	1022,32	1038,40	27,12
	2	1016,29		
	3	1076,60		
2014	1	762,97	775,03	8,54
	2	781,06		
	3	781,06		
100% šťáva v plastu	1	215,62	214,01	1,86
	2	211,40		
	3	215,02		
100% šťáva ve skle	1	156,51	159,33	2,48
	2	158,93		
	3	162,55		
džem s 50% obsahem šťávy z aronie	1	233,72	233,11	1,30
	2	231,30		
	3	234,32		
džem s 60% obsahem šťávy z aronie	1	221,65	222,05	0,57
	2	222,86		
	3	221,65		

Příklad výpočtu pro vzorek 2013 a měření jedna:

Kalibrační křivka 7. 12. 2014:

$$y = -1,658 + 1,1285x$$

$$c_{zř} = \frac{A_{500} - 1,1285}{-1,658}$$

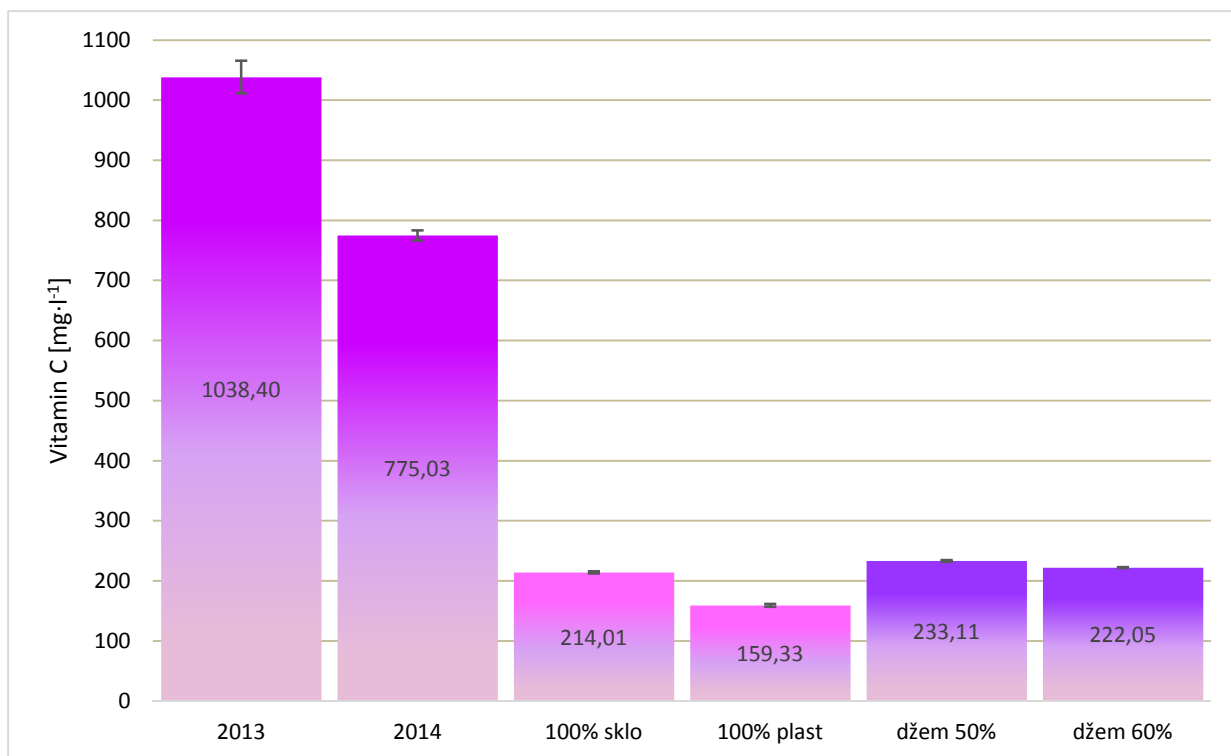
$$c_{zř} = \frac{0,959 - 1,1285}{-1,658} = 0,102232 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1}$$

Vzorek byl 10x zředěn:

$$c = c_{zř} \cdot 10;$$

$$c = 0,102232 \cdot 10$$

$$c = 1,02232 \text{ mg} \cdot \text{ml}^{-1} = \underline{\underline{1022,32 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}}}$$



Obr. 24: Koncentrace vitamínu C [mg·l⁻¹]

Nejvyšší koncentrace vitamínu C byla stanovena v bobulích z roku 2013 (1038,40 mg·l⁻¹). Hodnota u bobulí z roku 2014 byla nižší (775,03 mg·l⁻¹). Oproti šťávám ze zmražených bobulí měly džemy a džusy hodnoty vitamínu C velmi nízké. Nejnižší hodnota byla naměřena u šťávy uchovávané v plastové lahvi (159,33 mg·l⁻¹). O tolik nižší hodnoty byly naměřeny pravděpodobně proto, že tyto výrobky prošly tepelnou úpravou (pasterizací).

4.9 Shrnutí výsledků

Vzorek	Výtěžnost šťávy	Rozpustná sušina [%]	Sušina [%]	pH
2013	62,97	15,83 ± 0,03	18,73 ± 0,38	3,54 ± 0,01
2014	71,88	12,42 ± 0,26*	13,59 ± 0,94	3,38 ± 0,01*
100% šťáva v plastu	X	19,39 ± 0,09**	X	3,70 ± 0,01**
100% šťáva ve skle	X	18,78 ± 0,14	X	3,52 ± 0,01
džem 50%	X	X	X	3,52 ± 0,01
džem 60%	X	X	X	3,44 ± 0,01

* nejnižší hodnota

** nejvyšší hodnota

Vzorek	Titrační kyselost [mmol H ⁺ ·kg ⁻¹]	Formolové číslo [ml 0,1 M NaOH na 100 g]	Obsah cukrů [%]	Koncentrace vitamínu C [mg·l ⁻¹]
2013	136,877 ± 1,19	9,74 ± 0,48	12,34 ± 0,01**	1038,40 ± 27,12**
2014	156,78 ± 1,20**	11,02 ± 1,2**	11,68 ± 0,01	775,03 ± 8,54
100% šťáva v plastu	136,69 ± 0,44	6,27 ± 0,44*	8,35 ± 0,00	214,01 ± 1,86
100% šťáva ve skle	129,69 ± 0,44*	7,17 ± 0,44	8,18 ± 0,00*	159,33 ± 2,48*
džem 50%	X	X	X	233,11 ± 1,30
džem 60%	X	X	X	222,05 ± 0,57

* nejnižší hodnota

** nejvyšší hodnota

5 ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo shrnout informace o aronii (*Aronia melanocarpa*), drobném bobulovitém ovoci, které se pěstuje i v našich klimatických podmínkách, avšak není příliš rozšířené. Botanický popis, charakteristika významných látek obsažených v plodech a výrobců z tohoto ovoce je uvedena v teoretické části práce. Cílem experimentální části bylo stanovit výtěžnost šťávy, obsah sušiny, obsah rozpustné sušiny, pH, titrační kyselost, formolové číslo, obsah redukujících sacharidů a obsah vitamínu C ve šťávě získané ze zamražených bobulí a výrobců z aronie.

Vyšší výtěžnost ze dvou stanovovaných vzorků byla u bobulí odrůdy Nero sklizených v roce 2013. Konkrétně 62,97 ml na 100g čerstvých plodů.

U rozpustné sušiny byla nejvyšší hodnota stanovena u pasterizované 100% aroniové šťávy z Podbeskydí doručené v plastické lahvi (19,39 %). Nejnižší hodnotu (12,42 %) měl vzorek připravený z bobulí z roku 2014.

Z naměřených dat vyplývá, že obsah sušiny v aronii z roku 2013 je vyšší (18,73 %), než v aronii z roku 2014. Plody z roku 2014 tedy obsahují vyšší podíl vody. Pro podložení tohoto tvrzení by však bylo nutné provést stanovení opakovaně a u více vzorků.

Hodnota pH byla u čerstvě připravené šťávy i u aroniových výrobců velmi podobná. Nejvyšší hodnota (3,70) byla stanovena u pasterizovaného výrobku, 100% aroniového džusu v plastové lahvi. pH džemů připravených z aronie se pohybovalo ve středu naměřených hodnot. Vzorek džemu s 50% obsahem aronie měl hodnotu pH 3,52, která byla určena jako medián.

Nejvyšší hodnota titrační kyselosti byla vypočtena u vzorku z roku 2014 (156,78 mmol H⁺·kg⁻¹), nejnižší pak u šťávy z aronie prodávané ve skle (129,69 mmol H⁺·kg⁻¹). Všechny hodnoty titračních kyselostí jsou poměrně nízké a velmi podobné.

Z hlediska obsahu aminokyselin (formolového čísla) vykazují aroniové šťávy a výrobky z nich velmi nízké hodnoty. Hodnoty se pohybují v rozsahu 6,27 - 11,02 ml 0,1 M NaOH na 100 g.

Při stanovení redukujících cukrů byl nejvyšší obsah zjištěn u aronie sklizené v roce 2013 (12,34 %hm.). Nejnižší obsah byl stanoven u šťávy uchovávané ve skle.

Posledním sledovaným parametrem byla koncentrace vitamínu C. Z výsledků je patrné, že jsou velké rozdíly v obsahu vitamínu C u pasterizovaných výrobců a u šťáv získaných ze zmraženého ovoce. Nejvyšší hodnotou je 1038,4 mg·l⁻¹ u vzorku z roku 2014, nejnižší pak 159,33 mg·l⁻¹ u pasterizované 100% šťávy prodávané ve skleněné lahvi.

6 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOLEJŠÍ, A., KOTT, V., ŠENK, L. *Méně známé ovoce*. Vyd. 1. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1991, 149 s., 16 s. obr. příloh. Zahrádka. ISBN 80-209-0188-4
- [2] SINHA, N. K., SIDHU, J. S., BARTA, J., WU, J. S., CANO. M. *Handbook of fruits and fruit processing*. Second edition. Ames, Iowa: Wiley-Blackwell, 2012, xii, 694 pages. ISBN 08-138-0894-4
- [3] HRIČOVSKÝ, I. a kol. *Drobné ovoce a méně známé druhy ovoce*. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda, s.r.o., 2002
- [4] Black Chokeberry. *Plant Guide* [online]. 2005, s. 2 [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: http://plants.usda.gov/plantguide/pdf/pg_arme6.pdf
- [5] www.rareseeds.de. *Rareseeds* [online]. [cit. 2015-03-15]. Dostupné z: <http://www.rareseeds.de/1000-Samen-Aronia-melanocarpa-schwarze-Apfelbeere-sehr-hoher-Vitamingehalt>
- [6] Aronia-Aronia melanocarpa. *www.atlasrostlin.cz* [online]. 2013 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://ovoce-zelenina.atlasrostlin.cz/aronia>
- [7] BRITTON, N.L., and A. BROWN. 1913. *An illustrated flora of the northern United States, Canada and the British Possessions. 3 vols.* Charles Scribner's Sons, New York. Vol. 2: 291
- [8] Aronia melanocarpa. *Okrasné rostliny Jovi* [online]. [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://okrasnerostlinyjovi.webnode.cz/uzitkove-rostliny/aronia-melanocarpa/>
- [9] Black Chokeberry. *Raw Edible Plants* [online]. 2012 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://rawedibleplants.blogspot.cz/2012/12/black-chokeberry-aronia-melanocarpa.html>
- [10] KULLING, S., RAWEL, H. Chokeberry (Aronia melanocarpa) – A Review on the Characteristic Components and Potential Health Effects. *Planta Medica* [online]. 2008, vol. 74, issue 13, s. 1625-1634 [cit. 2015-03-22]. DOI: 10.1055/s-0028-1088306. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-0028-1088306>
- [11] Aronia melanocarpa. *Examine.com* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://examine.com/supplements/Aronia+melanocarpa/>

- [12] Temnoplodec černoplodý. *Ifauna.cz* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.ifauna.cz/okrasne-ptactvo/clanky/r/detail/5122/temnoplodec-cernoplody-aronia-melanocarpa/>
- [13] Polyfenolické sloučeniny - antioxidanty ovlivňující kvalitu osiva. *Www.agris.cz* [online]. [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://www.agris.cz/clanek/111118>
- [14] HAMMERSTONE, J. F., LAZARUS, S. E., SCHMITZ, H. H. Procyanidin content and Variation in some Commonly Consumed Foods. *The Journal of nutrition* [online]. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas, Publisher, 2000, 8 2086S-2092S [cit. 2015-03-22]. Dostupné z: <http://jn.nutrition.org/content/130/8/2086S.full#ref-list-1>
- [15] HO, G., BRÄUNLICH, M., AUSTARHEIM, I., WANGENSTEEN, H., ALTERUD, K., SLIMESTAD, R., a BARSETT, H. Immunomodulating Activity of Aronia melanocarpa Polyphenols. *International Journal of Molecular Sciences* [online]. 2014, vol. 15, issue 7, s. 11626-11636 [cit. 2015-03-22]. DOI: 10.3390/ijms150711626. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/1422-0067/15/7/11626/>
- [16] VELÍŠEK, J. *Chemie potravin 3*. 2. upr. vyd. Tábor: OSSIS, 2002, 331 s. ISBN 80-866-5903-8.
- [17] OSZMIANŃSKI, J., Aneta WOJDYLO, A. Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology* [online]. 2005, vol. 221, issue 6, s. 809-813 [cit. 2015-03-26]. DOI: 10.1007/s00217-005-0002-5. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-005-0002-5>
- [18] SLIMESTAD, R., TORSKANGERPOLL, K., NATELAND, H. S., JOHANNESSEN, T., GISKE, N. H. Flavonoids from black chokeberries, Aronia melanocarpa. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2005, vol. 18, issue 1, s. 61-68 [cit. 2015-03-23]. DOI: 10.1016/j.jfca.2003.12.003
- [19] COULTATE, T. *Food: The Chemistry of Its Components*. 3rd Ed. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 2001, 360 s. ISBN 08-540-4513-9
- [20] PÁNEK, J. *Základy výživy a výživová politika*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 219 s. ISBN 80-708-0468-8
- [21] RUDRAPPA, U. Chokeberry (aronia) nutrition facts. *Www.nutrition-and-you.com* [online]. 2009-15 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: <http://www.nutrition-and-you.com/chokeberry.html>
- [22] MAYER-MIEBACH, E., ADAMIUK, M., BEHSNILIAN, D. Stability of Chokeberry Bioactive Polyphenols during Juice Processing and Stabilization of a Polyphenol-Rich Material from the By-Product. *Agriculture* [online]. 2012, vol. 2, issue 4, s. 244-258 [cit.

2015-03-26]. DOI: 10.3390/agriculture2030244. Dostupné z: <http://www.mdpi.com/2077-0472/2/3/244/>

[23] Temnoplodec černoplodý: zdravotní přínos černých jeřabin. *Www.kaduseus.cz* [online]. 2011 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.kaduceus.cz/online/zdravi/372/temnoplodec-cernoplody-zdravotni-prinos-cernych-je-rabin.aspx#top>

[24] *Tamaras trade* [online]. 2014 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://shop.tamarastrade.com/>

[25] *Czboží.cz* [online]. © 2013 - 2015 [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.czbozi.cz/www-czbozi-cz/Aronioiva-100-stava-600-ml-Aronie-z-Podbeskydi-d27.htm>

[26] KOKOTKIEWICZ, A., JAREMICZ, Z., LUCZKIEWICZ, M. Aronia Plants: A Review of Traditional Use, Biological Activities, and Perspectives for Modern Medicine. *Journal of Medicinal Food* [online]. 2010, vol. 13, issue 2, s. 255-269 [cit. 2015-04-26]. DOI: 10.1089/jmf.2009.0062. Dostupné z: <http://www.liebertonline.com/doi/abs/10.1089/jmf.2009.0062>

[27] *Aronia cosmetics* [online]. [cit. 2015-03-26]. Dostupné z: <http://www.aroniaoriginal.cz/aronia/eshop/8-1-ARONIA-COSMETICS>

[28] RAAB VITALFOOD - potraviny a potravinové doplňky. *Lobiove.com* [online]. copyright 2012 - 2015 [cit. 2015-04-26]. Dostupné z: <http://www.lobiove.com/znacky/raab-vitalfood-potraviny-a-potravinove-doplňky/82-aronia-bio-flavonoidy-aronie-250-tab.html>

[29] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. *Analýza potravin: laboratorní cvičení*. 2. vyd. Újezd u Brna: Ivan Straka, 2001, 109 s. ISBN 80-864-9403-9.

[30] HRSTKA, M., SOMROVÁ, L. *Praktikum z analytické chemie potravin*. Brno, 2013. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/elearning/course/view.php?id=146244>

[31] KLOUDA, P. *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003, 132 s. ISBN 80-863-6907-2

[32] ROUESSAC, F., ROUESSAC. *Chemical analysis: modern instrumentation methods and techniques*. Chichester. ISBN 978-0-470-85903-2

[33] OPEKAR, F., JELÍNEK, I., RYCHLOVSKÝ, P., PLZÁK, Z. *Základní analytická chemie*. Praha: Karolinum, 2003, s. 144-145. ISBN 80-246-0553-8

[34] NIELSEN, S. *Food analysis* [online]. 4th ed. Dordrecht: Springer, c2010, xiv, 602 p. [cit. 2015-04-01]. ISBN 978144191478