

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra zahradnictví**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Vliv způsobu zpracování ovoce na obsah vitamínu C  
v produktech z plodů rakytníku řešetlákového  
(*Hippophaë rhamnoides*)**

**Diplomová práce**

**Bc. Aneta Štěpánová**

**Kvalita potravin a zpracování zemědělských produktů**

**Ing. Lukáš Zíka, Ph.D.**

**© 2022 ČZU v Praze.**

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci Vliv způsobu zpracování ovoce na obsah vitamínu C v produktech z plodů rakytníku řešetlákového (*Hippophaë rhamnoides*) jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 14.04.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Lukášovi Zíkovi, Ph. D. za odborné rady, vstřícný přístup, ochotu, trpělivost a věnovaný čas, který mi po celou dobu vypracování této práce poskytl.

# Vliv způsobu zpracování ovoce na obsah vitamínu C v produktech z plodů rakytníku řešetlákového (*Hippophaë rhamnoides*)

## Souhrn

Diplomová práce se zabývá obsahem vitamínu C v plodech rakytníku řešetlákového v čerstvém stavu, a jak se jeho obsah mění po zpracování (konkrétně se jedná o džem a kompot). Zahrnuje i vzorky zmražených produktů. Z hlediska těchto obsahů byly v rámci práce zkoumané vybrané odrůdy rakytníku, které mezi sebou byly porovnané. Konkrétně šlo o odrůdy Askola, Botanika, Hergo, Orange energy, Krasavice, Sirola a Sluníčko. Do pokusu bylo zahrnuto i stanovení obsahu vitamínu C v produktech vyrobených z rakytníku dostupných na českém trhu, kterými byly produkty džemu a kompotu od českého výrobce Rakytník cvrček s.r.o..

Práce se skládá ze zpracování literární rešerše i experimentální části. Pomocí odborných zdrojů jsou detailně popsány charakteristiky rakytníku (jako botanický popis, historie používání, pěstování, sběr, škůdci a choroby). Dále je práce zaměřená na významné obsahové látky vyskytující se v rakytníku. Velká část je věnována vitamínu C (tedy kyselině askorbové). Té se věnuje i kapitola, která informuje o různých metodách stanovení vitamínu C, mezi které patří fluorimetrie, chromatografie, spektrometrie, voltarimetrie a titrační metody. Práce naznačuje různé možnosti zpracování rakytníku na produkty, jako jsou například sušené plody, olej, tinktura a šťáva, informace čerpá z aktuálních vědeckých článků.

Hlavní část práce je praktické provádění pokusů s laboratorním měřením konkrétních obsahů vitamínu C, sušiny, ale i refraktometrické sušiny v plodech rakytníku. Měření předcházelo sběr plodů na lokalitě pokusném pozemku České zemědělské univerzity v Praze na Demonstrační a výzkumné stanici Katedry zahradnictví v Troji, kde se vyskytovaly všechny odrůdy. K vlastnímu měření byly použity plody v čerstvém stavu, v konzumní zralosti a kvalitě. Poté byly vzorky zmrazeny a zpracovány na produkty, u kterých se provedla měření obsahu vitamínu C také.

Celkovým vyhodnocením jsou souhrnné tabulky naměřených hodnot a grafy porovnávající tyto údaje z hlediska statistického zhodnocení. Tyto zjištěné skutečnosti potvrzují hypotézy, že rakytník obsahuje vysoký obsah vitamínu C a jeho obsah se po zpracování změní. A v průběhu skladování jeho obsah také klesá.

**Klíčová slova:** rakytník, vitamín C, zpracování, kompot, džem

# **Influence of different way of fruit processing on vitamin C content in products from fruits of sea-buckthorn**

## ***(Hippophaë rhamnoides)***

### **Summary**

The diploma thesis deals with the content of vitamin C in sea buckthorn fruits in a fresh state, and how its content changes after processing (specifically jam and compote). Also includes samples of frozen products. In terms of these contents, selected varieties of sea buckthorn were examined in the work, which were compared with each other. Specifically, the varieties were Askola, Botanika, Hergo, Orange energy, Krasavice, Sirola and Sluníčko. The experiment also included the determination of vitamin C content in products made from sea buckthorn available on the Czech market, which were jam and compote products from the Czech manufacturer Rakytník cvrček s.r.o..

The thesis consists of the processing of literary research and experimental part. Sea buckthorn characteristics (such as botanical description, history of use, cultivation, collection, pests and diseases) are described in detail with the help of professional sources. Furthermore, the work focuses on important constituents occurring in sea buckthorn. A large part is devoted to vitamin C (ascorbic acid). This is also covered in the chapter, which provides information on various methods for the determination of vitamin C (including fluorimetry, chromatography, spectrometry, voltarimetry and titration methods). The thesis suggests various possibilities of processing sea buckthorn into products such as dried fruits, oil, tincture and juice, the information draws from current scientific articles.

The main part of the work is the practical implementation of experiments with laboratory measurement of specific contents of vitamin C, dry matter, but also refractometric dry matter in sea buckthorn fruits. The measurement was preceded by fruit collection on the site of the experimental plot of the Czech University of Life Sciences in Prague at the Demonstration and Research Station of the Department of Horticulture in Troja, where all varieties were found. The fruits were used fresh, in ripeness and quality for consumption. The samples were then frozen and processed into products for which vitamin C content measurements were also made.

The overall evaluation is summary tables of measured values and graphs comparing these data in terms of statistical evaluation. These findings confirm the hypothesis that sea buckthorn contains a high content of vitamin C and its content will change after processing. And during storage, its content also decreases.

**Keywords:** sea buckthorn, vitamin C, processing, compote, jam

# Obsah

<b>1 Úvod</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce</b> .....	<b>10</b>
<b>3 Literární rešerše</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 Rakytník řešetlákovitý</b> .....	<b>11</b>
3.1.1 Botanický popis a taxonomická klasifikace.....	11
3.1.2 Historie používání .....	12
3.1.3 Prostředí a pěstování rakytníku.....	13
3.1.4 Choroby a škůdci.....	15
3.1.5 Sklizeň ovoce .....	16
<b>3.2 Chemické složení plodů</b> .....	<b>18</b>
3.2.1 Sacharidy .....	18
3.2.2 Proteiny a aminokyseliny .....	18
3.2.3 Lipidy a mastné kyseliny .....	19
3.2.4 Vitamíny .....	19
3.2.4.1 $\beta$ -karoten (provitamín A).....	20
3.2.4.2 Vitamíny skupiny B .....	20
3.2.4.3 Vitamín C .....	21
3.2.4.4 Vitamín D.....	24
3.2.4.5 Vitamín E .....	24
3.2.4.6 Vitamín K.....	25
3.2.5 Minerální látky .....	25
3.2.6 Bioaktivní látky.....	26
3.2.7 Chuťový profil .....	27
<b>3.3 Zpracování plodů</b> .....	<b>27</b>
3.3.1 Džem a želé.....	28
3.3.2 Kompot .....	28
3.3.3 Tinktura, likér a alkoholické nápoje.....	28
3.3.4 Mražené plody.....	29
3.3.5 Olej .....	29
3.3.6 Sušené plody a čaj .....	30
3.3.7 Šťáva.....	30
<b>3.4 Různé metody stanovení vitamínu C</b> .....	<b>31</b>
3.4.1 Fluorimetické stanovení .....	31
3.4.2 Chromatografické stanovení .....	32
3.4.3 Spektrofotometrické stanovení .....	33
3.4.4 Titrační metody .....	33
3.4.5 Voltametrie .....	35

3.4.6	Stanovení pomocí reflektometru.....	35
<b>4</b>	<b>Metodika .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Metody stanovení sušiny .....</b>	<b>36</b>
4.1.1	Metoda použitá v pokusu.....	36
4.1.1.1	Pomůcky .....	36
4.1.2	Pracovní postup měření sušiny .....	36
<b>4.2</b>	<b>Metody stanovení kyseliny askorbové .....</b>	<b>37</b>
4.2.1	Metoda použitá v pokusu.....	37
4.2.2	Přístroj RQflex.....	37
4.2.3	Pomůcky .....	37
4.2.4	Pracovní postup měření kyseliny askorbové .....	37
4.2.5	Rovnice.....	38
<b>4.3</b>	<b>Refraktrometrické stanovení cukrů .....</b>	<b>38</b>
4.3.1.1	Pomůcky ke stanovení.....	39
4.3.2	Pracovní postup měření refraktrometrické sušiny.....	39
<b>4.4</b>	<b>Statistické vyhodnocení.....</b>	<b>39</b>
<b>4.5</b>	<b>Popis vzorků .....</b>	<b>39</b>
4.5.1	Vybrané odrůdy rakytníku.....	40
4.5.2	Výroba džemu.....	42
4.5.2.1	Pomůcky.....	42
4.5.3	Výroba kompotu .....	42
4.5.3.1	Pomůcky.....	42
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>51</b>
6.1.1	Diskuze nad konkrétními výsledky.....	51
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>54</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>55</b>
<b>9</b>	<b>Přehled grafů, obrázků a tabulek.....</b>	<b>61</b>





# 1 Úvod

Rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides* L.) je u nás řazený mezi netradiční druhy ovoce, i když jeho spotřeba a obliba v posledních letech stoupá. Mezi spotřebiteli je označován jako „superpotravina“, nebo „vitamínová bomba“, a to z důvodu vysokého obsahu vitamínů (Salo et al. 2021). Jde především o vitamín C, který je též nazývaný jako kyselina askorbová. Lidský organismus si jej nedokáže vytvořit, proto je důležité ho přijímat potravou. Jedná se vitamín rozpustný ve vodě, má důležitou roli v několika biochemických procesech, a je tedy důležitý pro správnou funkci organismu.

Doporučený příjem vitamínu C je stanovený na 100 mg/den. Takové množství zabraňuje vzniku hypovitaminózy (nebo avitaminózy), které je také u vitamínu C známá jako nemoc kurděje. Projevuje se krvácením dásní a následným padáním zubů, snížením odolnosti vůči nemocem a poruchou krvetvorby. Ve vyspělých zemích je však toto onemocnění spíše vzácné. Hypervitaminóza u vitamínu C nehrozí jelikož jde o vitamín rozpustný ve vodě, a je dobře vylučován močí (Carr & Maggini 2017).

Užitkovou částí rakytníku je v ovocnářství plod, ve farmácii list a semeno. Ze semen se získává olej, který je velmi účinnou složkou léčiv v kožním a očním lékařství. Pro potravinářské účely se plody zpracovávají na želé, džemy a sirupy. Rakytník svými účinky pomáhá například pro zlepšení imunitního systému, podporuje správné fungování trávicího traktu, funkci krevního oběhu, pružnost a průchodnost cév a podobně. Na spotřebitelském trhu existují mnohé formy produktů vyrobených z rakytníku, například čaj, tinktura, džem, kompot, sirup, sušené plody, či olej.

Vitamín C je velmi nestálý, rychle se ztrácí při úpravě, či skladování. Proto je lepší z hlediska obsahu vitamínu C konzumace čerstvého ovoce než upraveného. Práce se zabývá obsahem vitamínu C, který je obsažen ve vybraných druzích rakytníku. Z nichž jsou vyrobené produkty. Jde o kompot a džem, ve kterých je stanovený vitamín C. Obě stanovení by se měly lišit právě kvůli degradaci vitamínu, kvůli mechanickým vlivům (mixování), chemickým vlivům (teploty), a skladování. Pro srovnávací účely byly odrůdy i zmrazeny, kvůli sledování ztráty vitamínu i vlivem nízkých teplot. V práci dochází tedy ke srovnání vitamínu C mezi odrůdami, ale i ke stanovení ztrát po zpracování. Měla by sloužit k výběru správné odrůdy pro určitý druh výrobku a zpracování.

## **2 Vědecká hypotéza a cíle práce**

Rakytník řešetlákovitý obsahuje značný obsah vitamínu C. Vlivem zpracování ovocných plodů dojde k významné ztrátě. Cílem práce bylo stanovit obsah vitamínu C ve sklizených plodech rakytníku a v produktech z rakytníkových plodů vyrobených. Každá odrůda byla i zamražena, poté se u ní stanovil vitamín C z důvodu zjištění, jak velký vliv mají i nízké teploty. Produkty byly připraveny ze sklizených plodů různých odrůd. Výsledky se porovnaly, jak mezi vybranými odrůdami, produkty, tak s jedním komerčním produktem dostupným na spotřebitelském trhu.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Rakytník řešetlákovitý

Rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides* Linné, 1753) v některé literatuře se setkáme i s označením *Elaeagnus rhamnoides* (Linné, 1753) patří do čeledi hlošínovitých (*Elaeagnaceae*), je trnitý opadavý keř se žlutými až oranžovými plody, které jsou známé také jako mořské plody, nebo sibiřský ananas (Olas et al. 2018). Je rozšířený v severozápadní Evropě, Asii do pohoří Altaj až po západní a severní Čínu a severní Himáláje (Wang et al. 2021). Rakytník zdomácnil v několika zemích jako je například Čína, Rusko, Velká Británie, Česká republika, Německo, Finsko, Rumunsko, Francie, Nepál, Pákistán a Indie. Řadí se mezi ovoce a je ceněný zejména pro své plody, především dužinu a semena (Selvamuthukumarán et al. 2007).

Rostlinu lze využít i při ochraně vody a půdy, nebo pro rekultivaci půdy díky kořenovým uzlinám, ve kterých se nachází bakterie fixující a tvořící dusík (Zhou et al. 2017). Někdy je rakytník označován jako multifunkční rostlina a přitahuje velkou pozornost zejména kvůli rozmanité škále živin a fytochemikálií v bobulích a listech, jako jsou polyfenoly, karotenoidy a vitamíny. O těchto sloučeninách se tvrdí, že mají mnoho vlastností podporující zdraví, zejména v souvislosti s protizánětlivými účinky, buněčnými antioxidačními aktivitami a také mají pozitivní účinky na kardiovaskulární systém (Ma et al. 2020a). Rakytník je také někdy označován jako „superpotravina“. Takové superpotraviny oproti například funkčním potravinám (které bývají obohaceny, vylepšeny za účelem zvýšení nutričních vlastností), se předpokládají, že jsou ze své podstaty plné dobrých živin. Mnohé z nich jsou používány po staletí domorodými kulturami k prevenci onemocnění, ale nyní se staly globálními zemědělskými komoditami a jsou velmi populární mezi střední a vysokopříjmovými skupinami společnosti (Magrach & Sanz 2020). Navzdory uvedeným vlastnostem podporující zdraví, jsou plody rakytníku méně často konzumovány z důvodu jejich sensorických vlastností. Mezi ty, které byly popsány, patří silná kyselost, svíravost a hořkost s velmi nízkou úrovní sladké chutě (Ma et al. 2020a). V potravinářském průmyslu jsou bobule rakytníku široce využívány, jako například doplněk stravy, surovina pro výrobu džemu, šťáv, ale i potravinářského barviva (Zhou et al. 2017).

#### 3.1.1 Botanický popis a taxonomická klasifikace

Rod rakytník (*Hippophaë*), z čeledi hlošínovitých (*Elaeagnaceae*), jehož domovem je Evropa a Asie, zahrnuje několik druhů opadavých keřů a stromů. Kromě rakytníku řešetlákového existuje například rakytník vrbovitý (*Hippophaë sallicigolia* D. DON, 1825). Odlišuje se převislými větvemi bez trnů a listy má na líci matně zelené. Dorůstá do výšky 15 metrů, ale je méně odolný vůči mrazu, proto se pěstuje například v Anglii. Rakytník tibetský (*Hippophaë tibetana* SCHLECHTD, 1863) je 10-80 cm vysoký keřík s plazivým vzrůstem, který se objevuje v Tibetských horách ve výškách až 4 000 metrů nad mořem. Rakytník řešetlákový (*Hippophaë rhamnoides*) je podle některých botaniků jediný uznávaný druh (Valíček & Havelka 2008). Zajímavostí jsou lidové názvy v různých částech světa, které se obecně vztahují k dané oblasti, vždy vystihují místo, přítomnost trnů, barvu plodů

nebo jejich působení na člověka. Například Holanďané je drasticky nazývali „projímavé ovoce“, protože kyseliny v ovoci stimulují střevní průchod. Anglický název sea buckthorn (trn of sea goat) je o něco originálnější – příznivci rakytníku si ho tak ponechávají, protože jsou proti asociaci s backgeruchem (kozí pach). V Rumunsku je známý jako tzv. „ovoce Matky Boží“ (Gâtlan & Gutt 2021).

Rakytník řešetlákový je hustě větvený keř dorůstající výšky 1,5-2 m, s rozestálými, kolcovitými a v mládí stříbřitě šupinatými větvemi. Koruna, která bývá často s trnitými větvemi, má různé tvary a kůru obvykle barvy od šedé do tmavě hnědé. Jde o velmi poddajný druh, který citlivě reaguje na rozdílné geografické a půdní i klimatické podmínky. Tím, že rostlina je polymorfní, projevuje se rozdílnou výškou, velikostí a tvarem koruny, zbarvením a charakterem větví, listů, plodů, trnitostí apod. (Valíček & Havelka 2008). Samičí rostlina nese plody (různě zbarvené bobule barvy od červené po žlutou) na dvouletých trnitých větvičkách. K opylení dochází pomocí větru. Pro komerční produkci bobulí je samičí rostlina rozhodující. Pouze 10 % rostlin musí být samčího původu, aby produkovaly dostatek pylu. Pohlaví sazenic nelze určit, dokud nekvetou, což obvykle probíhá po 3-4 letech na poli. Existují metody pro určení založené na morfologických, fyziologických a biochemických vlatnostech. Ty však nejsou úplně spolehlivé (Korekar et al. 2012).

Keř má 2–6 cm dlouhé listy a větve pokryté několika tuhými trny. Listy jsou uspořádané střídavě, úzké, kopinaté se stříbrošedou barvou. Květy jsou anemofilní, zelenožluté. Rostlina se liší ve velikosti samčích a samičích poupat, a to dvakrát až třikrát. Plodem rakytníku je exkrémně oranžová bobule, která je 6–9 mm dlouhá oválného tvaru. Někdy je tvar uváděn jako kulovitý, či elipsoidní. Šťavnaté bobule se skládají z dužiny, ve které jsou zabaleny semena. Délka semen je 2,8–4,2 mm a mají oválný tvar s leskle hnědou barvou (Pundir et al. 2021). Nejcenějším produktem rakytníku řešetlákového je právě plod se semenem. Hmotnost semena tvoří až 10 % hmotnosti plodu a obsahují biologicky účinné látky a jejich škála je široká (Valíček & Havelka 2008). Kořenový systém je značně organizovaný, jsou na ně navázané uzliny, které pomáhají při fixaci dusíku pomocí mikroorganismů (Pundir et al. 2021). Rostlina se využívá i jako ochrana půdy a vody při rekultivaci. Právě kvůli zmíněným kořenovým uzlíkům fixující dusík. V uzlicích jsou obsažené mykorhizní houby (například *Frankia*), které mají k rostlině symbiotický vztah. Dokáží interagovat s rostlinou, od které přijímají živiny, a naopak jí dávají zmíněný dusík. Kořeny poskytnou biologicky transformované makroživiny z půdy odvozené od fotosyntézy (například fosfor a minerální látky) a houby jim naopátku poskytnou fixovaný atmosférický dusík, který rakytník už dále transformuje (Zhou et al. 2017).

### 3.1.2 Historie používání

Pozitivní a jedinečné vlastnosti rakytníku jsou známé od VII. století před naším letopočtem. Rostlina se používala nejen v přírodní medicíně, ale také ve veterinární medicíně jako například prostředek ke zmírnění helmintiózy (Olas et al. 2018). Všestranné vlastnosti rakytníku se využívaly v každodenním životě k nejrůznějším účelům, od léčby mnoha nemocí až po zdroj dřeva k topení. Kromě toho má tato rostlina bohatou historii v přírodní medicíně (Olas 2016). Ve starověku byl rakytník proslulý svou lékařskou hodnotou. Jeho léčivá hodnota byla uznána Theophrastem a Dioscoridesem v čínském a indickém léčebném systému

před několika tisíci lety a dokumentována v ajurvédě, neboli v klasickém staroindickém systému medicíny napsaném v letech 5 000–500 př. n. l. (Wang et al. 2021).

Staří Řekové začali používat jednotlivé části rakytníku k různým účelům. Mladé výhonky a listy jako krmivo pro zvířata, zejména pro rychlejší nabývání na váze a kvalitnější srst, například u koní (Olas 2016). Odkud právě dostal své latinské jméno. Doslovný překlad z latiny zní „hippos“=kůň a „phaes“=lesk (Valíček & Havelka 2008). V čínské literatuře je popsáno více než 300 přípravků proti radiačnímu poškození, popáleninám, orálním zánětům a žaludečním vředům. Kromě léčebného použití se bobule hojně zpracovávají na různé produkty, jako jsou například džusy, džemy (Negi et al. 2005). V Rusku se používal k léčbě gastrointestinálního onemocnění, hepatitidy, kožních onemocnění a při léčbě astmatu. V Evropě a střední Asii lidé používali všechny části rostliny (plody, listy, kořen i kůru), jako potravu, doplněk stravy, palivové dřevo, krmivo, dokonce i jako dekorativní prvek, například k oplocení svého majetku (Olas 2016).

Velkého rozmachu se tato rostlina dočkala v období druhé světové války (1941-1945). Pro své široké léčebné účinky, a protože se dala rostlina použít i v polních podmínkách, hojně jej využívala například Rudá armáda. Zajímavostí je, že nacisté v Německu prováděli masivní sběr pro průmyslovou výrobu, ale první továrna na zpracování byla postavena v SSSR, a to v roce 1949. V současné době má pěstování rakytníku oblibu v několika zemích (Valíček & Havelka 2008). Nejnověji byla v roce 2001 celosvětově založena Mezinárodní asociace rakytníku (ISA), první mezinárodní instituce pro propagaci a rozvoj rakytníku. První kongres rakytníku se konal ve dnech 14. až 18. září 2003 v Berlíně v Německu a pořádaly jej Německá asociace rakytníků, Humboldtova univerzita a Technická univerzita Berlín (Gätlan & Gutt 2021).

### **3.1.3 Prostředí a pěstování rakytníku**

Půdní podmínky jsou jednou ze zásadních podmínek pro dobrý růst a plodnost rakytníku. Ideálním prostředím pro růst by se mohlo zdát prostředí okolo břehů řek a moří ve šterkovitých a písčících nánosech a ve vysokých horách, kde se také rakytník vyskytuje. Ale v těchto podmínkách chudých na živiny rakytník málo plodí. Jde o světlomilnou rostlinu a do těchto vegetačních podmínek jej vytlačily vysoké keře a stromy (převážně jehličnany). Špatný růst a možný úhyn se objevuje i pokud je rakytník vysazený ve stínu, ale i pokud je vsazený v bažinách, těžkých a zamokřených půdách (Bajer 2014). Klimatické podmínky včetně světla a průměrné teploty mají silný vliv na chemické složení. Přestože světlo není pro syntézu vitamínu C v rostlinách nezbytné, množství a intenzita světla během vegetačního období má na množství vytvořeného vitamínu jednoznačný vliv. Vitamín C se syntetizuje z cukrů dodávaných fotosyntézou v rostlinách. Vnější plody vystavené maximálnímu slunečnímu záření obsahují vyšší množství vitamínu C, než vnitřní a zastíněné plody na stejné rostlině. Obecně platí, že čím nižší je intenzita světla během růstu, tím nižší je obsah vitamínu C v plodech (Lee & Kader 2000).

Sucho snižuje růst rostlin, který je ovlivněn řadou klíčových fyziologických a biochemických procesů, včetně fotosyntézy, dýchání, transportu živin a hormonální rovnováhy. Rostliny také hynou, pokud čelí extrémnímu nedostatku vody. Rakytník je široce rozšířen na euroasijském kontinentu a byl využíván k ochraně půdy a vody v řadě zemí.

Je to vynikající modelová rostlina pro zkoumání účinnosti vody, užití a odolnost proti suchu, navíc známá pro své živiny (He et al. 2016). Půdy s bohatým obsahem humusu, minerálních látek (především s obsahem fosforu a draslíku) a dostatečně zásobené vodou jsou ideální podmínky pro růst a plodnost rakytníku, ale je přizpůsobený i mělkým a chudým písčitým půdám. Pokud je do takových podmínek vysazen musí být přizpůsobená dostatečná závlaha, aby správně zakořenil. Poté je schopný odolávat velkému suchu (Bajer 2014). Teplota také ovlivňuje složení rostlinných pletiv během růstu a vývoje. Celkové dostupné teplo a rozsah nízkých a vysokých teplot jsou nejdůležitějšími faktory při určování rychlosti růstu a chemického složení plodů (Lee & Kader 2000).

Rakytník patří mezi aktinorhizální rostliny tvořící kořenové uzlíky fixující  $N_2$  pomocí aktinomycety *Frankia*. V závislosti na rodu rostliny mohou být aktinomycety infikovány jedním ze dvou způsobů: buď se jedná o infekci kořenových vlasů nebo mezibuněčné pronikání. Rakytník patří mezi druhou skupinu (mezibuněčné pronikání). V rostlině je *Frankia* vždy obklopena membránou hostitelské buňky a kapslí (modifikovanou stěnou rostlinné buňky) (Gentili & Huss-Danell 2002). Právě pomocí aktinomycet je rakytník schopen odolávat nedostatku dusíku. Pro růst a množení mikroorganismů fixující dusík je nutné dbát na dostatek fosforu v půdě (Bajer 2014). V práci Gentili & Huss-Danell, (2002) zkoumali, jak se mění poměr dusíku a fosforu v rostlině po podání hnojiva. Autoři došli k závěru, že koncentrace dusíku v uzlech byla vždy vyšší než v kořenech a listech. Když ale byla na jednu stranu kořenového systému podána vysoká koncentrace fosforu, v listech a kořenech se zvýšila, zejména na kořenové straně s vysokým obsahem fosforu, ten pak na obou kořenových stranách poskytl nejvyšší koncentraci fosforu ve všech částech rostlin (Gentili & Huss-Danell 2002). Pomocí arbuskulární mykorrhizy hub rodu *Glomus* je schopen doplňovat minerální látky. Pro zjednodušení lze říct, že ideální půda pro růst a plození rakytníku by měla být lehká, písčitá, s obsahem humusu a pH 6,5-7. Obsah živin by se měl pohybovat u fosforu alespoň 10-50 mg, draslíku 250 mg, vápníku 1000 mg a horčíku 100 mg na 100 g půdy. Dostatek vláhy by měl být alespoň pro správné zakořenění vsazených rostlin. Doporučení pro přidání hnojiv před výsadbou se uvádí 200-250 kg/ha fosforečných a 150-180 kg/ha draselných hnojiv a upravit pH. Při jarní výsadbě je vhodné doplnit i dusíkatého hnojiva (40-60 kg/ha). Mladé výsadby první 3-4 roky je vhodné na jaře přihnojovat zmíněnými hnojivy (Bajer 2014). Při aplikaci vysokých dávek dusíkatých hnojiv, může dojít ke snížení obsahu vitamínu C v plodech. Růst rostlin je obecně podporován hnojením dusíkem, takže v rostlinných pletivech může dojít k relativnímu zředění. O dusíkatých hnojivech je také známo, že zvyšují olistění rostlin, a tak mohou snižovat intenzitu světla a hromadění vitamínu C jen ve zastíněných částech. Protože nadměrné používání dusíkatých hnojiv zvyšuje koncentraci  $NO_3$  a současně snižuje koncentraci vitamínu C, může mít dvojnásobný negativní vliv na kvalitu plodů (Lee & Kader 2000).

Rakytník obvykle dorůstá do výšky 3-6 m. Jeho pěstování je poměrně komplikované z důvodu, že vytváří kořenové výmladky vyrůstající z kořenů v různé vzdálenosti od kmene. Problém nastává při obdělávání meziřadí, a to při aplikaci herbicidů tak, aby nedošlo k poškození hlavní rostliny (Sus & Nečas 2011). Rakytník se vysazuje ideálně na slunné místo na podzim i na jaře. Protože se jedná o dvoudomou rostlinu, musíme samčí a samičí rostlinu vysazovat pohromadě ideálně v poměru 1:6. Samčí rostliny vysazujeme do nechráněných míst z důvodu, že jde o zdroj pylu a návětrnou stranu vysazujeme samičí rostliny, abychom zvýšili

účinek opylení (Dolejší et al. 1991). Spon výsadby je obvykle 3 m mezi řádky × 0,5-2,5 m v řádku (Sus & Nečas 2011). Ke kvetení a plazení rakytníku dochází 3 rok po výsadbě, ale jedná se o dlouhověkovou rostlinu, která se dožívá i sta let. Plodí pouze na jednoletém dřevě, proto je vhodné občas hlubším řezem zmladit rostlinu (provádí se po 15. roku plodnosti), abychom jí udrželi v dobré kondici a plodnosti (Dolejší et al. 1991). Dalším řezem je výchovný řez, který se provádí v průběhu 3-5 let, aby se vytvořil kompaktní tvar, který se v dalších letech už jen udržuje. V předjaří se provádí udržovací řez, aby se odstranily nevhodné a poškozené větve po zimě. Obecně platí pravidlo, že řežeme méně než více. V celém porostu koruny stromu je důležité odstraňovat kořenové výmladky (Sus & Nečas 2011). Plody dozrávají 90-100 dní po odkvětu a sklízí se od srpna do září, podle druhu odrůdy (Dolejší et al. 1991).

### 3.1.4 Choroby a škůdci

Skutečnou výhodou rakytníku v našich podmínkách, že prakticky netrpí žádnými chorobami. Za fyziologickou chorobu lze považovat usychání rakytníku, které je způsobeno například nevhodnými půdními a klimatickými podmínkami, nebo napadením houbovými chorobami, projevující se vadnutí větví i celých rostlin. Dále pak může docházet k zasychání plodů z důvodu špatné výživy. Prevencí onemocnění je dbát na optimální podmínky růstu a odstranění nemocných větví. Popřípadě lze použít fungicidní prostředky, ale jen za předpokladu, že jsou schválené a povolené (Valíček & Havelka 2008).

**Endomykóza plodů** se projevuje v době vyzrání plodů (červenec-srpen), kdy se objevují světlé skvrny na osvětlené straně větví. Lze si jí splést s úpalem plodů, ale pod mikroskopem se objevují mycelia, která se dostávají do dužniny. Plody se zmenšují, dužnina se stává blátivá a hnije (Valíček & Havelka 2008).

**Fuzariové vadnutí** se objevuje také v období července až srpna, která je způsobená houbami rodu *Fusarium* a *Verticillium*. Listy na větvích začínají žloutnout a rychle opadávají, naopak plody se rychleji vybarvují a vadnou. Větve ztrácejí životaschopnost a v následujícím roce usychají (Valíček & Havelka 2008).

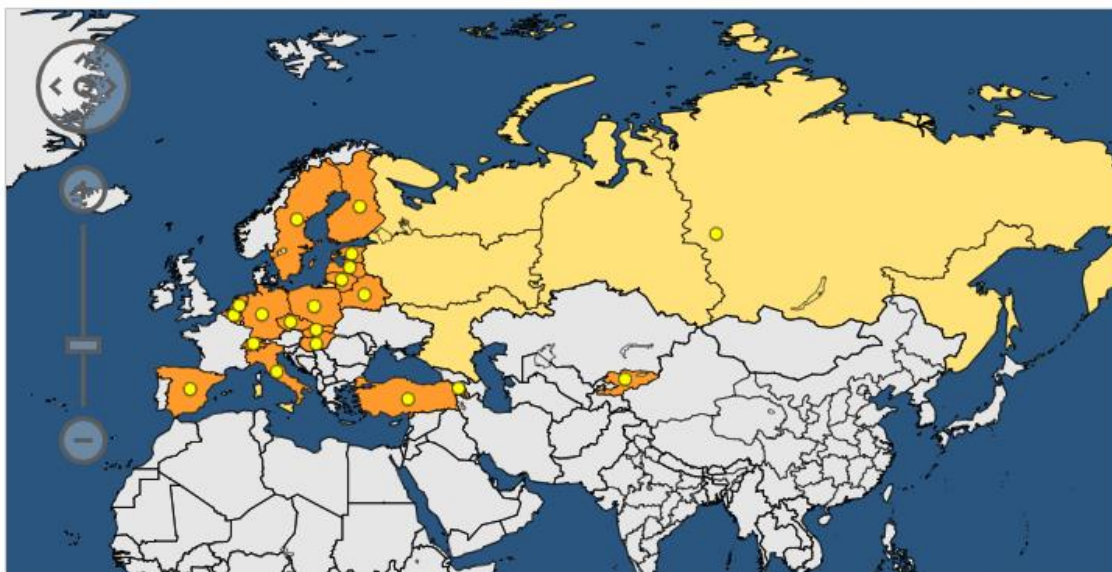
**Strupovitost rakytníku** se objevuje v létě na listech, výhonech a plodech temně šedými skvrnami, které se postupně zbarvují do černa. Listy žloutnou a opadávají, plody munifikují a tím jsou zdrojem infekce další rok (Valíček & Havelka 2008).

**Zelená rakytníková mšice** (*Capithophorus hippophaes*, Walker 1852) klade 40 vajíček jejichž líhnutí nastává při rašení pupenů, protože larvy sají mladé výhonky. To vede ke zkrcování listů, jejich žloutnutí a opadávání. V červenci se objevují okřídlení jedinci, kteří kladou vajíčka, která přezimují na větvích v blízkosti pupenů (Valíček & Havelka 2008).

**Rakytníkový mol** se objevuje počátkem června, který požírá listy. V červenci se spouští na zem a tam se kuklí, poté vylétává motýl, který klade vajíčka pod kůru, kde také přezimují (Valíček & Havelka 2008).

**Vrtule rakytníková** (dřívější název Rakytníková moucha, *Rhagoletis batava*, Hering, 1958) se řadí mezi nebezpečné škůdce. Jde o bílou, beznohou larvu, která je schopná zničit až 90 % plantáží, pokud se nepoužijí ochranné prostředky (Valíček & Havelka 2008). Mouchy se objevují na listech a plodech hostitelské rostliny, kde se dvoří a páří. Poté kladou vajíčka pod povrchovou vrstvu plodů. Larvy vyžírají dužninu, která se postupně zmenšuje a ve třetím stádiu opouští larvy plody a kuklí se v půdě. Dospělé mouchy se uzavřou a vylézají z půdy

až na jaře (Hamerlinck et al. 2016). Byla popsána v Nizozemí a byla známa pouze v několika zemích, po jejím rozšíření, a hlavně ničení velkých ploch se stala jedním z obávaných škůdců. K metodám snížení jejich výskytu se řadí například vábení do pastí, nebo zabíjení. Byla vyvinutá metoda izolace a nástřiku kvasinek, vyskytujících se na povrchu plodů, společně s těkavými látkami. Tato směs velmi přitahovala samce, ale už méně samice a mohla by být použita v ochraně proti rakytníkové mouše, ale zatím je stále ve fázi vývoje (Mozūraitis et al. 2020). Na obrázku č. 1 je znázorněný výskyt Vrtule rakytníkové ve státech Evropy pomocí žlutých teček (EPPO 2022).



*Obrázek 1 - aktuální výskyt Vrtule rakytníkové (EPPO 2022)*

### **3.1.5 Sklizeň ovoce**

Největším problémem u rakytníku je sběr plodů. Důvodem je ten, že velikost plodů je relativně malá, na krátkých stopkách, které velmi pevně drží plod na větvích, jež navíc často mají trny. Plody se nesmějí rozmačkat a musí se v nich zachovat co nejvíce cenných látek (Valíček & Havelka 2008). Podle ranosti se volí doba sklizně. Stupeň zralosti je ovlivněn několika faktory. Jde například o obsah cukrů a dalších produktů, pro něž se následně zpracovává. Na začátku zralosti převládá obsah kyselin a vitamínu C, s postupným úplným dozráváním se zvyšuje obsah cukrů a oleje v dužnině. V podstatě rozlišujeme sklizňovou a spotřebitelskou zralost, ale u většiny odrůd se tyto kvality shodují v jedné sklizňové době (Bajer 2014). Na obsah vitamínu C (který je jednou ze žádaných látek u rakytníku) má dále vliv genotypová variace, klimatické podmínky, způsob sklizně, zralost při sklizni a následná manipulace (Lee & Kader 2000).

Jednou z možností, která je využívána u zahrádkářů, je ruční sklizeň, a to na počátku botanické zralosti. Protože v plné zralosti plod měkne, dužina získává svůj typický pach, který se těžko odstraňuje a je způsobený kyselinou máselnou. Jedná se ale o práci namáhavou a zdoluhavou (Valíček & Havelka 2008). Zkušeni sběrači mohou sklízet neporušené bobule rychlostí 1,0-1,5 kg/hod, proto je tento proces velmi náročný na práci. Pro ruční sklizeň



je pro představu zapotřebí přibližně 1 500 hod/ha (Dong et al. 2021). Kromě klasického sběru, lze využívat několik pomůcek s nimiž se zvýší efektivnost (Valíček & Havelka 2008). Pro tento sběr lze použít například vidličky, škrabky i nůžky a jednotlivé plody s nimi sesbírat. Ruční sběr je jedním ze základních způsobů sklizně, ale při stále vzrůstající poptávce a spotřebě produktů, vyrobených z rakytníku se stále více nahrazuje sklizeň za mechanickou, která využívá různých technologií (Bajer 2014). V posledních letech se rakytník pěstuje v dobře rozmístěných sadech, kde lze použít mechanické sklízeče, což výrazně zlepšuje efektivitu sklizně (Dong et al. 2021). Mechanické sklízeče ovoce mohou být buď jako přímé, nebo nepřímé sklízeče. Přímý sklízeč se spoléhá na přímý kontakt s ovocem, zatímco nepřímý sklízeč způsobí, že je ovoce odstraněno, aniž by se ho někdo dotkl. Přímé kombajny mohou být velmi účinné při odstraňování plodů, například vakuový odsávací kombajn. Nepřímé sklizně se obvykle dosahuje třepáním částí rostliny. Síly aplikované buď na kmen nebo větev rostliny způsobí, že se plod oddělí od stonku. To zahrnuje hlavně vibrační sklizeň a sekání sklizně (Fu et al. 2014).

Hmotnost bobulí se obvykle pohybuje v rozmezí 4-60 g na 100 kusů, výjimečně je vyšší, a to převážně u ruských odrůd. Produktivita plodin je asi 4-5 t/ha v některých případech až 20-25 t/ha. Kvůli obtížím při sklizni, které vyplývají z délky stopky a trnů, je další možností sklizně stříhání výhonků (Ciesarová et al. 2020). Pro odstříhnutí se využívají pneumatické nůžky, větve se následně zmrazí při -18 °C po dobu 24 hodin. Poté se plody oklepou a následně zpracují. V tomto případě je nutné ořezávat větve a zasahuje se tak do životního cyklu rakytníku, a proto se doporučuje takto sklidit pouze 30 % větví. Jinak se v následujících letech může projevit nižší nebo střídavá sklizeň. Zregenerované větve začnou opět plodit po dvou letech (Valíček & Havelka 2008).

Průmyslová sklizeň se provádí pomocí sklízecích kombajnů, které setřásávají plody přímo z keřů. Nejjednodušší se zdá být vibrační kombajn, který přímo na plantáži sbírá plody, bez odřezávání větví. Avšak při mechanizované sklizni jsou větve často poškozovány, proto je vhodná dbát na odolnost rostliny (Bajer 2014). Například na Sibiři provádějí sběr plodů tím, že počkají na první zimní mrazy a plody pak setřesou na plachty, anebo seberou strojem fungujícím na principu vysavače. V našich podmínkách tento sběr není využíván (Valíček & Havelka 2008).

Výhodnější sklizní je seřezávání lištou, odřezání celých větví z keřů 1,5 metrů nad zemí. Řez se provádí do rovna, větve se pak rozmístí ve sklizňové hale a na dopravním páse projíždějí tunelem, kde jsou šokově zmrazeny. To stačí na oddělení stopky od plodu, směs projde přes ventilátor, kde jsou zbytky (jako stopky, větve, lístky) odstraněny pomocí ventilátoru. Tímto sběrem se počítá sklizeň druhý až třetí rok (Bajer 2014). Závěrem je nutno říci, že způsob sklizně může určit míru variability ve zralosti a fyzických poškozeních a následně ovlivnit nutriční složení plodů. Mechanická poranění, jako jsou otlaky, povrchové oděrky a řezné rány, mohou vést k urychlené ztrátě vitamínu C. Výskyt a závažnost takových poranění je ovlivněna způsobem sklizně a manipulací. Správné řízení pro minimalizaci fyzického poškození komodity je nutností, ať už se sklizeň provádí ručně nebo strojově (Lee & Kader 2000).

## 3.2 Chemické složení plodů

Výživové a bioaktivní sloučeniny rakytníku se liší podle zralosti plodů, velikosti, druhu, zeměpisné polohy, podnebí, způsobu extrakce, anebo metody detekce. Obsah vody v plodech se pohybuje okolo 70,6–76,9 %, na sušinu tedy připadá 23,5–33,8 % a 0,4–0,02 % připadá na popelové látky (Wang et al. 2021). Plody, listy, olej a další produkty z rakytníku jsou zdrojem bioaktivních látek včetně fenolických součenin jako jsou flavonoidy (tj. rutin, kvercetin, kaemperol, myrecitin), vitamíny (zejména tokoferoly, karotenoidy, kyselina askorbová, vitamíny B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> a K), bílkoviny, aminokyseliny a minerály (Fe, Ca, P a K). Kromě toho rostlina obsahuje organické kyseliny (kyselina chinová, jablečná, šťavelová a vinná), mastné kyseliny (kyselina olejová, linolová, linolenová) a fytosteroly ( $\beta$ -sitosterol, ergosterol) (Olas 2016). V rakytníku byl objeven také alkaloid hippophein, z něhož vzniká biologicky aktivní amin serotonin, který patří do skupiny endorfinů. Je ceněný ve farmakologickém průmyslu, neboť pozitivně ovlivňuje centrální nervovou soustavu, působí jako antidepresivum a má protinádorový účinek, protože omezuje patologický růst tkání (Valíček & Havelka 2008).

### 3.2.1 Sacharidy

Celkový obsah sacharidů se v rakytníku pohybuje okolo 0,48–2,87 % (není zahrnutá vláknina). Jedná se tedy hlavně o monosacharidy zejména glukóza, fruktóza, xylóza, zatímco z disacharidů je obsažena například sacharóza anebo maltóza (Wang et al. 2021). Obsah cukru se liší v závislosti na době sklizně, původu, populaci a genetických faktorech rostliny. V bobulích rakytníku jsou také přítomny cukerné alkoholy (polyoly) mannitol, sorbitol a xylitol, stejně tak se nacházejí nižší množství sacharózy a ethylglukózy, jako je methyl inositol, jedinečný derivát sacharidů, který má potenciální úlohu při vychytávání hydroxylových radikálů (Ciesarová et al. 2020). Obecně obsah cukrů a kyselin, zejména poměr cukr/kyselina, hraje důležitou roli při určování chuti a přijatelnosti bobulí a produktů z nich spotřebitelem. Spolu s glukózou a fruktózou obsahují bobule některé méně běžné deriváty cukru, například etyl- $\rho$ -D-glukopyranosid, cukerné alkoholy (jako je 1-L-2-O-methyl-chiro-inositol) a další deriváty inositolu v různých množstvích, které mohou přispívat k sensorickým vlastnostem (Ma et al. 2020a). Obsah rozpustného cukru stanovený refraktometricky se u rakytníkové šťávy pohybuje od 9,3 do 22,74 °Brix (Gätlan & Gutt 2021).

Polysacharidy bobulí rakytníku jsou zvláště polysacharidy neškrobového typu, které se skládají z celulózy, hemicelulóz, pektinu a hydrokoloidů, které jsou spolu s ligninem hlavními složkami vlákniny. Vysoký obsah vlákniny je jedním z důležitých aspektů rakytníku podporujících zdraví. Hladina surové vlákniny se pohybuje mezi 62-100 g/kg v závislosti na povětrnostních podmínkách a zralosti bobulí. Rozložení sacharidů v jednotlivých morfologických částech plodů rakytníku je velmi specifické. Škrob je z hlediska vysoké stravitelnosti v lidském tenkém střevě převládajícím dietním polysacharidem a byl nalezen pouze v semenech v množství 49 g/kg (Ciesarová et al. 2020).

### 3.2.2 Proteiny a aminokyseliny

Ve srovnání s jinými odrůdami bobulí se bobule rakytníku vyznačují poměrně vysokým obsahem bílkovin. Kromě toho jsou hladiny bílkovin v rakytníkové šťávě na ovocnou šťávu

poměrně vysoké, což se odráží ve skutečnosti, že rakytníková šťáva je zakalený nebo opalescentní produkt. Zdroj opalescence ve většině šťáv je způsoben přítomností buněčných zbytků, ale z velké části kvůli přítomnosti buněčných membrán, které obsahují značné množství proteinů a poskytují šťávě stabilní zákal (Gätlan & Gutt 2021). Obsah bílkovin v rakytníku se pohybuje od 0,4 do 2,5 %, přičemž obsah volných aminokyselin se pohybuje od 0,77 do 2,19 %. Složením se identifikovalo 19 aminokyselin, z toho všech 8 esenciálních aminokyselin, přičemž mezi nejpočetnější patří kyselina glutamová, kyselina asparagová a serin (Wang et al. 2021). Leucin a lysin přítomné v rakytníku mají nedostatek ve většině ostatních rostlinných krmiv. Methionin a cystein byly pozorovány jako limitující aminokyseliny. Dominantní aminokyselinou v rakytníku je asparagin následovaný kyselinou glutamovou a alaninem. Jelikož celá řada proteinogenních aminokyselin a obsahu esenciálních aminokyselin v rakytníku je vysoká, řadí se do třídy relativně kvalitních zdrojů rostlinných bílkovin (Ciesarová et al. 2020).

### 3.2.3 Lipidy a mastné kyseliny

Obsah lipidů se v rakytníku pohybuje okolo 1,2–7,8 %. Mezi výživově hodnotnější esenciální mastné kyseliny patří převážně kyselina  $\alpha$ -linolenová a kyselina linolová. Kromě toho je obsažena i  $\omega$ -7 mastná kyselina, jako je kyselina palmitoolejová, kyselina hexadecatrienová, kyselina heptadecenová (Wang et al. 2021). Zajímavostí je, že olej z rakytníku je jediný, který přirozeně poskytuje poměr 1:1 omega-3:omega-6 (linolenové a linolové kyseliny) (Suryakumar & Gupta 2011). Pro bobule rakytníku je typický vysoký obsah kyseliny palmitolejové, ale skutečný obsah se liší v širším rozmezí (20–45 %) v závislosti na původu rostliny. Palmitolejová mastná kyselina tvoří velkou část epidermálních lipidů lidské kůže, a proto se buničínový olej z rakytníku často používá v kosmetické emulzi. V nedávných studiích lokální aplikace oleje z dužiny rakytníku zlepšila hojení popálenin, hojení ran a ozařovací dermatitidu (Ciesarová et al. 2020). Olej z rakytníku zlepšuje hydrataci a pružnost pokožky, redukuje vrásky a snižuje zánět. Pokud je aplikován lokálně, zmírňuje popáleniny kůže (způsobené slunečním zářením a radiační terapií), podráždění, vředy a změny kůže (Suryakumar & Gupta 2011).

Rakytník je velmi dobrým zdrojem fytosterolů, které hrají důležitou roli v profylaxi kardiovaskulárních chorob vyvolaných hypercholesterolemií. Sitosterol byl v poslední době intenzivně zkoumán z hlediska jeho fyziologicky příznivých účinků na člověka. V rakytníku bylo identifikováno nejméně 17 druhů sterolů, z nichž je kvantitativně nejdůležitější  $\beta$ -sitosterol. Rakytník je lepším zdrojem  $\beta$ -sitosterolu než jiné velmi oblíbené oleje, jako je slunečnicový olej nebo panenský olivový olej (Ciesarová et al. 2020).

### 3.2.4 Vitamíny

Vitamíny jsou mikroživiny nezbytné pro různé metabolické procesy, z nichž většina nemůže být syntetizována člověkem, a proto je jich třeba přijímat prostřednictvím stravy (Uğur et al. 2020). Rakytník je bohatý na vitamíny, například B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>11</sub>, C, E, K. Hlavními vitamíny B jsou B<sub>1</sub> (0,16-0,35 mg/kg), B<sub>2</sub> (0,30-5,0 mg/kg) a B<sub>11</sub> (0,1-7,9 mg/kg). Vitamínu C v čerstvém rakytníku je průměrně 7 950 mg/kg, což je asi 5krát více než například ve žlutém kiwi. Obsahuje také vitamíny rozpustné v tucích, například vitamín E a K. Mezi sloučeniny

tokoferolu (vitamínu E) obsahuje isomery  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\rho$ ,  $\sigma$  a tokotrienolů (vitamínu K)  $\alpha$ ,  $\gamma$ ,  $\rho$ ,  $\sigma$  isomery, které vykazují antioxidační aktivitu a jsou nutričně hodnotné (Wang et al. 2021).

#### 3.2.4.1 $\beta$ -karoten (provitamín A)

$\beta$ -karoten je provitamin rozpustný v tucích, který se v tenkém střevě a játrech mění na retinol, vitamín A (Bajer 2014). Barva bobulí rakytníku sahá od žlutých po červené odstíny. Jeho barva je závislá na karotenoidových pigmentech. Obsah karotenoidů se pohybuje od 0,02 do 0,17 g/kg. Mezi ně patří například  $\alpha$ -karoten,  $\rho$ -karoten. V buničině je nejhojněji zastoupený  $\beta$ -karoten (Wang et al. 2021). Jeho obsah je odlišný v odrůdách a závisí na jejich barevnosti. Platí obecné pravidlo, čím více bude bobule vybarvená do červena, tím více bude obsahovat vitamínu. V průběhu zrání se mění obsah vitamínů a dalších užitečných látek. Zatím co u vitamínu C je nejvíce na začátku botanické zralosti, u  $\beta$ -karotenu platí opak, tedy největší obsah koreluje s vysokým obsahem olejnatých látek a to až v plné zralosti (Bajer 2014). Vitamín A je nezbytný pro stabilitu buněčných a subcelulárních membrán, ovlivňuje růst a obnovu epiteliálních buněk. Nedostatek vitamínu ovlivňuje dýchací cesty, protože dochází ke snížení tvorby hlenu. Tím se narušuje normální bariérová funkce dýchacích cest, které jsou náchylnější k infekcím (Arora et al. 2002). Vitamín A byl tradičně považován za sloučeninu s antioxidačními účinky a hraje roli při udržování vyšších funkcí centrální nervové soustavy u seniorů. Průřezová studie provedaná v Nizozemsku ukázala, že vyšší příjem  $\beta$ -karotenu je spojen s lepšími kognitivními výkony u starších lidí (Ono & Yamada 2012). Dále hraje důležitou roli nejen v očním lékařství, ale i v kožních a infekčních nemocech. Také bylo zjištěno, že  $\beta$ -karoten brání vzniku rakovinných onemocnění (Bajer 2014).

#### 3.2.4.2 Vitamíny skupiny B

Vitamíny skupiny B hrají zásadní roli ve vývoji, údržbě a fungování mozku, zatímco závažné nedostatky jsou spojeny se zvýšenými psychickými poruchami. Jsou nezbytné pro optimální fungování mozku a produkci neurotransmiterů. Nedostatek těchto vitamínů, zejména folátu a B<sub>6</sub> souvisí s několika neurologickými poruchami, včetně deprese, úzkosti a stresu. Deprese, úzkost a stres jsou nejvyššími běžnými psychologickými poruchami, které představují velkou zátěž pro systém zdravotní péče, a mají nejvyšší úmrtnost. Vitamíny skupiny B jsou rozpusté ve vodě, neukládají se v těle, a proto je vhodné je doplňovat (Mahdavifar et al. 2021).

**Vitamín B<sub>1</sub>** (zvaný jako thiamín) v rakytníku značně kolísá, ale hraje důležitou roli v metabolismu sacharidů. Nedostatek ho mají právě lidé trpící nadváhou. Jeho nedostatek také vzrůstá při intenzivní fyzické a psychické práci (Bajer 2014). Nedostatek thiamínu způsobuje nemoc zvanou Beri-beri, která ovlivňuje správné fungování centrálního nervového systému. Dále také může způsobovat Wernicke-Korsakovův syndrom, způsobený závažným nedostatkem thiaminu v důsledku podvýživy, nebo alkoholismu. Zde existují dvě formy. V akutním stádiu dochází ke změnám duševního stavu, optalmoplegii a ataxii chůze. V podání vysokých dávek thiamínu se vyřeší nejen problémy, ale zachrání se život pacienta. Po přežití akutní fáze pacienti přechází do druhé fáze tzv. chronického stádia (Gibson et al. 2016).

**Vitamín B<sub>2</sub>** (riboflavin) má klíčovou roli v oxidačním metabolismu. Jeho nevýhoda je, že se rozkládá slunečním světlem. Projevem nedostatku je například snížená imunita a vlasy bez lesku (Bajer 2014). Nedostatek riboflavinu je známý jako ariboflavinóza a je u lidí spojen s popraskáním kůže v koutcích úst, vaskularizací rohovky doprovázenou s citlivostí očí na světlo, svědění a odlupování kůže na obličeji. Navzdory rozmanitosti dostupných potravin bohatých na riboflavin je nedostatek vitamínu endemický v mnoha populacích, včetně starších lidí a dospívajících žen v západních zemích jako jsou Spojené státy a evropské země. U mužů může být nedostatek spojován s několika chorobami například neuromuskulárních a neurologických poruch a rakovinami (Schramm et al. 2014).

**Kyselina nikotinová** (též vitamín PP, nebo B<sub>3</sub>) je součástí nejvýznamnějšího koenzymu, který se účastí mnoha reakcí v lidském těle. Například při buněčném dýchání, nebo přenosu vodíku při látkové výměně. Přítomností ostatních vitamínů skupiny B se zvyšuje obsah kyseliny nikotinové v bobulích (Bajer 2014). Nedostatek vitamínu u těhotných žen může způsobovat potrat. Vitamín hraje roli při syntéze nikotinamidadenin dinukleotidu (NAD), kofaktoru zapojeného do klíčových metabolických procesů, jako je produkce ATP (adenosintrifosfátu), oprava DNA (kyseliny deoxyribonukleové) a makromolekulární syntézy. Při včasné syntéze vitamínu lze potratu předejít (Yakob et al. 2021).

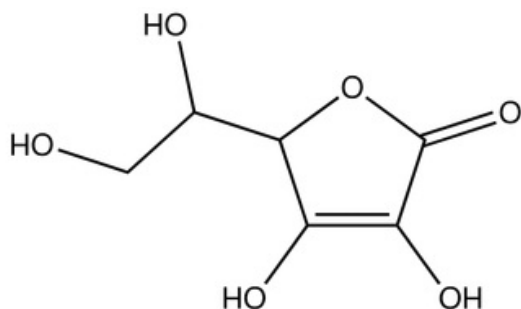
**Pyridoxin** (vitamín B<sub>6</sub>) se účastní metabolismu aminokyselin, kde sehraává důležitou úlohu. V plodech rakytníku se nachází ve třech podobách, jako pyridoxin, pyridoxal a pyridoxamin (Bajer 2014). Syntéza vitamínu B<sub>6</sub> prostřednictvím střevní mikroflóry může významně přispět k našemu příjmu a může vysvětlovat, proč je dietní nedostatek velmi vzácný. Může k němu dojít v prvním roce života, kdy není střevní mikroflóra plně vytvořena (Wilson et al. 2019).

**Vitamín B<sub>9</sub>** (též kyselina listová, nebo folát) se účastní mnoho syntetických procesů v těle. Aktivně se účastní při krvetvorbě, proto při nedostatku vitamínu se snižuje počet červených krvinek. Je velmi důležitý doplňovat při úrazech (Bajer 2014). Kyselina listová je nositelem hydroxymethylových a formylových skupin. Podílí se na syntéze purinů a tyminu, nezbytných pro tvorbu DNA. Konverze homocysteinu na methionin vyžaduje enzym methioninsyntetázu, který používá methyltetrahydrofolát jako donor metylu a vitamínu B<sub>12</sub> jako kofaktoru. Kyselina listová podporuje buněčný růst a zrání červených krvinek a nedostatek kyseliny listové je spojen se sníženým růstem a anémií. Nízké hladiny kyseliny listové v séru a červených krvinkách u žen ve fertilním věku zvyšují riziko vrozených vad plodu. U mužů a žen jsou nízké hladiny kyseliny listové spojeny se zvýšeným homocysteinem a zvýšeným rizikem kardiovaskulárních onemocnění (Norris & Pratt 1974).

### 3.2.4.3 Vitamín C

Acidum ascorbium (kyselina askorbová) je oficiálně uvedený název v Evropském lékopisu a je popsán jako přesně definovaný ve vodě rozpustný vitamín (Gutzeit et al. 2008). Je málo rozpustný v alkoholu, a nerozpustný v chloroformu, etheru a benzenu (Pathy 2018). Obecnou přírodní sloučeninou s aktivitou vitamínu C je kyselina L-askorbová. Také oxidovaná forma kyseliny L-dehydroaskorbová má aktivitu vitamínu C v důsledku redukce (Gutzeit et al. 2008). Vitamín C je silný antioxidant, který omezuje volné radikály, stejně jako vitamín A a E (Uğur et al. 2020). Sumárním vzorcem kyseliny askorbové je C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>6</sub>, její molekulová

hmotnost je 176,1 kg/mol. Syntézu kyseliny askorbové poprvé dosáhl Reichstein v roce 1933 a o dva roky později došlo k průmyslové výrobě firmou Rosche (Pathy, 2018).



**Obrázek 2** - struktura vitamínu C (Shim et al. 2018)

Chemická struktura L-askorbové kyseliny je 1-keto-1-threo-hexono- $\gamma$ -lakone-2,3-endiol, jde o skupinu endiolu, která je zodpovědná za kyselé a redukční vlastnosti molekuly (Nejati-Yazdinejad 2007). Díky své schopnosti pohotově darovat elektrony chrání důležité biomolekuly (bílkoviny, lipidy, sacharidy a nukleové kyseliny) před poškozením oxidanty generovanými během normálního buněčného metabolismu a expozicí toxinům a škodlivým látkám (např. cigaretový kouř). Vitamín C je také kofaktorem biosyntetických a genově regulačních monooxygenázových a dioxygenázových enzymů. Vitamín je již dlouho znám jako kofaktor lyzylových a prolylhydroxyláz potřebných pro stabilizaci terciární struktury kolagenu a je kofaktorem dvou hydroxyláz zapojených do biosyntézy karnitinu, molekuly potřebné pro transport mastných kyselin do mitochondrií pro generování metabolické energie. Také je kofaktorem enzymů hydroxylázy, které se podílejí na syntéze katecholaminových hormonů, např. norepinefrinu, a amidovaných peptidových hormonů, např. vazopresinu, které jsou klíčové pro kardiovaskulární reakci na závažnou infekci (Carr & Maggini 2017). Současné s vitamínem K a bioflavonoidy posiluje stěny krevního řečiště. Dále pozitivně působí při ateroskleróze a napomáhá snižovat vysoký krevní tlak. Množství 50-70 g plodů rakytníku pokryje denní dávku vitamínu C (Bajer 2014). Je také známo, že vitamín C má mnoho biologických funkcí při absorpci anorganického železa, snižování hladiny cholesterolu v plazmě, nebo inhibici tvorby nitrosoaminů (Lee & Kader 2000).

Z biochemického hlediska všechny zelené rostliny dokáží syntetizovat kyselinu askorbovou. Naopak u živočichů tato schopnost syntetizace chybí jen u hmyzu, bezobratlých, u většiny ryb, několika druhů ptáků a savců. Důležitost vitamínu C je pouze u člověka a další savce jsou primáti, morčata a netopýři živící se ovocem (Velíšek & Hajšlová 2009).

Vitamín C je základní živinou, kterou si lidé nemohou syntetizovat kvůli ztrátě klíčového enzymu v biosyntetické dráze. Závažný nedostatek vitamínu C vede k potenciálně smrtelné nemoci zvané kurděje. Kurděje se vyznačují oslabením kolagenních struktur, což má za následek špatné hojení ran a zhoršenou imunitu. Jedinci s kurdějemi jsou vysoce náchylní k potenciálně smrtelným infekcím, jako je zápal plic. Infekce mohou zase významně ovlivnit hladiny vitamínu C v důsledku zvýšeného zánětu a metabolických požadavků (Carr & Maggini 2017). Vitamín C může pomoci při prevenci a léčbě běžného nachlazení, duševních chorob, neplodnosti, kurdějí, rakoviny a syndromu získaného selhání imunity (AIDS). Uvádí se, že snižuje riziko rakoviny a také se uvádí, že má důležité interakce s jinými vitamíny.

Například, nadměrný příjem vitamínu A je pro tělo méně toxický, když je vitamin C snadno dostupný (Pathy 2018).

Kyselina askorbová v ovocných šťávách se však snadno oxiduje a ztrácí během zpracování šťáv, a to rychlostí závislou na podmínkách skladování. Je tedy evidentní, že kvalita jakékoli ovocné šťávy a její hodnota jako zdroje vitamínu C závisí na jejím obsahu a rychlosti ztráty při zpracování. Existuje mnoho studií pro stanovení obsahu kyseliny askorbové v ovocných šťávách, ale jen několik se zaměřuje na stanovení množství této kyseliny ztracené z různých ovocných šťáv za různých skladovacích podmínek. Tato skutečnost má velký význam pro spotřebitele, který musí vědět, jak skladovat nádoby se šťávou a kdy je konzumovat, aby získal maximální užitek z obsahu vitamínu C (Kabasakalis et al. 2000). Kyslík, světlo, drcení, krájení, sekání, praní, vaření nebo konzervování způsobují významné ztráty vitamínu C. Při neutrálním nebo zásaditém pH kyselina askorbová snadno oxiduje na formu kyseliny L-dehydroaskorbové. Tato forma nevratně oxiduje za vzniku kyseliny 2,3-dikergulonové. V důsledku takového zpracování v ovoci a zelenině dochází k významným ztrátám právě zmíněného vitamínu (Uğur et al. 2020). Hydroxymethylfurfural je jedním z produktů rozkladu vitamínu C a působí jako prekurzor hnědých pigmentů. Dalšími faktory ovlivňující degradaci vitamínu C je skladovací teplota, pH, hladina rozpuštěného kyslíku, zbytkové množství peroxidu vodíku a peroxidu po sterilaci obalového materiálu a stopové množství iontů kovů. V důsledku toho jsou studie o obsahu vitamínu C v potravinách důležité ve vztahu ke kontrole nutričních označení, aktualizaci databází potravin a stanovení referenčního příjmu ve stravě (Pathy, 2018).

Doporučenou denní dávkou postačující k prevenci skorbutu (jiný název pro kurděje) je 10 mg kyseliny askorbové. Dříve byla dávka 30 mg vitamínu denně u dospělých osob. Výjimku tvořili adolescenti (50 mg) a těhotné ženy (60 mg). V dnešní době je doporučený denní příjem 60-200 mg. A mohou být i vyšší, a to například u pacientů s respiračními chorobami, nebo při rekonvalescenci. Dávky se mohou pohybovat v množství 400-1000 mg, ale i více. Příklady obsahů vitamínu C ve vybraných druzích ovoce znázorňuje tabulka č. 1 (Velíšek & Hajšlová 2009). Vitamin C se v plodech rakytníku pohybuje okolo 360-450 mg/100 g (tedy 3 600-4 500 mg/kg), pouze u šípku (z růže šípkové, *Rosa canina*, Linné 1753) a aktinidie lahodné (*Actinidia deliciosa*, A. J. B. Chevalier 1984) ze které jsou plody, kterým se říká kiwi, je obsah vyšší. Jenže hodnoty vitamínu kolísají, a to z důvodu stupně zralosti, kvůli vnějším podmínkám, ale také existují rozdíly mezi odrůdami. Plody neobsahují enzym askorbázu, který by inaktivoval právě vitamin C, a proto se velké množství vitamínu objevuje i ve zpracovaných produktech. Pomoci stabilizovat může i obsah vitamínu E, to ale neplatí při dlouhodobém zmrazování, a tím pádem se účinek snižuje (Bajer 2014).

*Tabulka 1 - přehled vitamínu C ve vybraných druzích ovoce (Velíšek & Hajšlová 2009)*

Přehled vitamínu C ve vybraných druzích ovoce	
Potravina	mg/kg v jednom podílu
Jablka	15–50
Hrušky	20–40
Švestky	25–45
Broskve	70–100
Višně, třešně	60–300
Angrešt	330–480
Rybíz červený	200–500
Rybíz černý	1 100-3 000
Jahody	400–700
Borůvky	90
Pomeranče	300–600
Citrony	300–640
Kiwi	700–1270
Šípky	2 500 - 10 000

#### 3.2.4.4 Vitamín D

Pro správný růst a vývoj kostí je nezbytný vitamín D. V dužnině rakytníku najdeme obsažený provitamín D, který se přeměňuje na vitamín D. Přispívá také k regulaci hladiny vápníku a fosforu v krvi (Valíček & Havelka 2008). Sloučeniny vitamínu D patří do skupiny sekosteroidů, které se přirozeně vyskytují jako vitamín D<sub>3</sub> u savců a D<sub>2</sub> v rostlinách. Základní role vitamínu D při mineralizaci kostí a absorpci vápníku/fosfátu, křivici u dětí a osteoporóze a souvisejících projevech u dospělých je známa téměř 100 let. Následné studie odhalily další přínosy vitamínu D pro zdraví, včetně snížení rizika diabetu, rakoviny, autoimunitních, neurodegenerativních, duševních a kardiovaskulárních chorob (Volmer et al. 2015).

#### 3.2.4.5 Vitamín E

Vitamín E (též tokoferol) je skupina antioxidantů rozpustných v tucích, hrají důležitou roli v našem zdraví tím, že chrání mastné kyseliny před škodlivou oxidací v našem těle. Termín vitamín E je používán k označení celé skupiny tokoferolů a tokotrienolů. Chrání nenasycené mastné kyseliny před oxidací a zajišťuje stabilitu lipidových membrán. Tokoferoly, což jsou nenasycené formy vitamínu E, se nacházejí v částech buněk bohatých na tuky (mitochondriální membrány), v tukových zásobách, cholesterolu a lipoproteinech s nízkou hustotou (Aksoz et al. 2020). Tokoferol patří mezi aktivní antioxidanty, brání usazování toxinů, podporuje krevtvorbu a stabilizuje červené krvinky. Při zvýšené námaze stoupá jeho potřeba (Bajer 2014). Kromě svých antioxidačních aktivit se podílí na interakcích protein-membrána, transdukcí signálu a genové expresi. Díky svým antioxidačním a protizánětlivým účinkům mají tokoferoly ochrannou roli v prevenci obezity, kardiovaskulárních chorob, rakoviny, cukrovky a Alzheimerovy choroby (Aksoz et al. 2020).



Bylo zjištěno, že velké rozdíly v množství a složení tokoferolů a tokotrienolů jsou dány geneticky a dobou sklizně. Bobule mají vyšší hladinu  $\alpha$ -tokoferolu v časném období zrání, zatímco v pozdějších obdobích se zvyšuje hladina  $\delta$ -tokoferolu. Koncentrace  $\gamma$ -tokoferolu je vyšší v zelených bobulích, ale obsah rychle klesá na stopové množství, když se bobule mění ze zelené na žlutou (Ma et al. 2020a). Vitamín E je v rakytníku obsažen hlavně v oleji dužiny, ale i v oleji semene. Jeho obsah kolísá od 8,0 do 16 mg/100 g plodů. Obsah se může měnit kvůli oxidaci, či záření, ale nedegraduje ho tepelné zpracování (Bajer 2014). Zajímavostí je, že vitamín E ovlivňuje degradaci kyseliny askorbové. Pokud jsou oba přítomné ve vzorku, tak oxidace vitamínu C probíhá pomaleji a to z důvodu, že vitamín E stabilizuje právě vitamín C (Pathy, 2018).

#### 3.2.4.6 Vitamín K

Fylochinon (vitamín K<sub>1</sub>) patří mezi vitamíny rozspurné v tucích. Jeho obsah v rakytníku je vyšší než u jiných rostlin (v plodech 5 mg/100 g, za to v oleji až 200 mg/100 g). Vstřebávání probíhá v horní části tenkého střeva za účasti žluči. Při nedostatečném obsahu vitamínu v těle hrozí vykrvácení, z důvodu porušení koagulační kaskády. S vitamíny C a F posiluje stěny krevního řečiště (Bajer 2014). V přírodě se vitamíny třídy K vyskytují ve dvou strukturálních formách. Biosyntéza fylochinonu (vitamín K<sub>1</sub>) v rostlinách probíhá v chloroplastech, zatímco skupina menachinonů (vitamínu K<sub>2</sub>) jsou metabolity od bakterií a probíhá ve střevech. Úloha vitamínu K je důležitá v kostním metabolismu a ateroskleróze. Zpracováním rakytníku vede ke ztrátám vitamínu (Gutzeit et al. 2007).

#### 3.2.5 Minerální látky

Rakytník se doporučuje jako dobrý zdroj esenciálních minerálních prvků. Obsah popela v plodech rakytníku je 4 500 mg/kg. Vzhledem k vysokému obsahu vody (82,6 %) odpovídá obsah popela 2,59 % na bázi suché hmotnosti. Alkalické kovy a kovy alkalických zemin významně přispívají k celkovému obsahu minerálů (Gâtlan & Gutt 2021). Jednotlivý obsah minerálních látek se velmi liší podle jeho rozmanitosti, oblasti a podnebí, ve kterém roste. Podle obsahu se dělí na makroelementy a mikroelementy. Mezi makroelementy patří fosfor, draslík, vápník a hořčík. Železo, měď, zinek, mangan, nikl patří mezi mikroelementy, které jsou také obsažené v rakytníku (Wang et al. 2021). Celková koncentrace železa v rakytníku je nízká, avšak jeho biologická dostupnost je s největší pravděpodobností dobrá kvůli pozitivnímu vlivu vysokého obsahu kyseliny askorbové na absorpci železa. Kromě toho je pozoruhodný vysoký obsah selenu, známý pro své antioxidační vlastnosti a roli při posilování imunity a plodnosti (Gâtlan & Gutt 2021).

**Tabulka 2 - nutriční složení (%) v bobulích rakytníku (Wang et al. 2021)**

Látka		Obsah
Sacharidy		0,48-2,87
Monosacharidy (% suché hmoty)	Glukóza	0,42-2,70
	Fruktóza	0,03-1,3
Disacharidy (% čerstvé hmoty)	Sacharóza	0,01-0,18
Celková vláknina (% čerstvé hmoty)		4,2
	Pektin	0,21-0,68
Bílkoviny (% čerstvé hmoty)		0,4-2,5
	Volné aminokyseliny	0,77-2,19
Tuky (% čerstvé hmoty)		1,20-7,8
Celkové karotenoidy (g/kg)		0,02-0,17
Tokoferoly (mg/kg čerstvé hmoty)	α-tokoferol	45-223
	β-tokoferol	1,3-17
	γ-tokoferol	0,50-15
Vitamíny (mg/kg čerstvé hmoty)	K	90-120
	C	400 – 15 500
	B 1	0,16-0,35
	B 2	0,3-5,0
	B 11	0-7,9
Minerální látky (mg/kg suché hmoty)	Vápník	0,27-3,12
	Hořčík	0,47-2,22
	Fosfor	1,50-1,71
	Železo	22-282
	Měď	0,14-12,0
	Zinek	0,04-28,00
	Níkl	0,41-0,49

### 3.2.6 Bioaktivní látky

Bioaktivní sloučeniny jsou rostlinné sloučeniny bez živin se zdravotními přínosy, v rakytníku jsou především polyfenoly, polysacharidy a cukerné alkoholy, organické kyseliny a fytosteroly (Wang et al. 2021). Extrakt z rakytníku působí proti rakovině jater. Přírodní fenoly rakytníku odstraňují peroxidové volné radikály produkované lipidy během jaterního metabolismu a chrání hepatocyty před poškozením volnými radikály. Jeho flavonoidy mají antioxidační účinky, snižují hypertenzi, snižují vysoké hladiny krevních lipidů a posilují rozklad jaterního tuku. Triterpenoidy indukují jaterní tkáň a vytvářejí metalothioneiny se silnou schopností zachycovat volné radikály, aby se zabránilo nadměrnému hromadění volných radikálů v játrech a chránily hepatocyty před poškozením (Ran et al. 2021).

### 3.2.7 Chut'ový profil

K nejstarším metodám posouzení hodnocení jakosti potravin patří sensorická analýza, při které se v hodnocení používají lidské smysly za přesně definovaných podmínek, aby bylo hodnocení co nejvíce objektivní, spolehlivé, přesné a opakovatelné. K hodnocení je využíván například zrak (pro barvu, čistotu a celkový vzhled), čich (pro posouzení aromatických látek a pachů), hmat (pro hodnocení textury) a chuť (pro posouzení chuťových vlastností, či texturu) a někdy je využíván i sluch. Požadavky na sensorickou analýzu jsou uvedeny v mezinárodních normách a u nás je využívána ČSN, zkratka pro českou státní normu (Dostálová 2014). Sensorické vlastnosti šťáv z rakytníku nebyly mnoha autory rozsáhle studovány. Je známo, že chuť je ovlivněna různými faktory, jako je genotyp, stupeň zralosti, povětrnostní podmínky, místo růstu a zeměpisná šířka a datum sklizně (Ciesarová et al. 2020). Chemické složky bobulí mají silný dopad na sensorickou kvalitu, což ovlivňuje oblíbenost u spotřebitele a přijetí bobulí a bobulových produktů. Poměr mezi sladkostí (cukry) a kyselostí (kyseliny) byl považován za kritický faktor ovlivňující sensorickou kvalitu bobulí (Ma et al. 2020b). Sladkou chuť může ovlivnit obsah glukózy, fruktózy, inositolu, alkylovaných cukrů, ethyl- $\beta$ -D-glukopyranózy. Vzhledem k základní struktuře glukózy může ethyl-glukóza přispívat ke sladkosti, ale může také přispívat k hořkosti v důsledku přítomnosti ethylové části v molekule. Cukrové alkoholy, jako je mannitol, sorbitol a xylitol, jsou přítomny ve velmi nízkých hladinách (Ciesarová et al. 2020).

Bobule rakytníku se vyznačují intenzivní kyselostí díky vysokému obsahu kyseliny jablečné. Kyselina askorbová a chinová také přispívají ke kyselosti. Se svíravostí úzce souvisí kyselina chinová. Intenzita kyselosti negativně souvisí se sladkostí, ale pozitivně se svíravostí štávy (Ma et al. 2020a). Například intenzivní kyselost vyvolanou převážně množstvím kyseliny jablečné měla negativní dopad na vliv příjemnosti. Uvádí se, že adstringentní a hořké bobule mají korelaci s obsahem ethyl- $\beta$ -D-glukopyranosidu, flavonolů a proantokyanidů. Ethyl- $\beta$ -D-glukopyranosid je považován za negativní faktor pro příjemnost. Jeho obsah byl vysoký ve zralé šťávě, která byla současně výrazně hořká a měla nízké hodnocení oblíbenosti. Vyšší poměr cukr/kyselina v kombinaci s nižším obsahem ethyl- $\beta$ -D-glukopyranosidu zřejmě přispívá k vyšší příjemnosti šťávy. Glukóza navíc může snížit hořkost šťávy. Kromě těchto netěkavých sloučenin mají těkavé látky se zápachem zásadní vliv na sensorickou kvalitu bobulí. Množství ethanolu korelovalo s intenzitou štiplavého zápachu a koncentrací propyl-2-methylbitanoátu související s fermentačním zápachem. Pomocí aroma lze indikovat čerstvost, kvalitu a pravost produktů (Ma et al. 2020b).

### 3.3 Zpracování plodů

Čerstvé ovoce a zelenina podléhají po sklizni neustálým změnám. Takové změny nelze zastavit, ale lze je v určitých mezích kontrolovat pomocí různých postupů po sklizni. Obecně platí, že čerstvě sklizené ovoce obsahuje více vitamínu C než skladované (Lee & Kader 2000). Ovoce jsou barevné, chuťové a výživné složky naší stravy a jsou často nejatraktivnější a nejzdravější, když jsou sklizeny v nejvyšší zralosti. Bohužel v našich podmínkách, nelze sklízet všechny druhy po celý rok. Kromě toho ovoce obvykle obsahuje více než 90 % vody a jakmile jsou sklizeny, začnou podléhat vyšší rychlosti dýchání, což má za následek ztrátu

vlhkosti, zhoršení kvality a potenciální mikrobiální kažení. Technologie skladování a zpracování se používají po staletí k přeměně tohoto rychle se kazícího ovoce na bezpečné, chutné a stabilní produkty. Cílem zpracování ovoce je zajistit bezpečný produkt, ale zpracovatelé se také snaží vyrábět produkty nejvyšší kvality. To vede k možnosti konzumace ovoce po celý rok (Rickman et al. 2007). Vitamin C je nejcitlivější na zničení, když je komodita vystavena nepříznivým podmínkám manipulace a skladování. Ztráty jsou zvýšeny delším skladováním, vyššími teplotami, nízkou relativní vlhkostí, fyzickým poškozením a poraněním způsobeným mrazem (Lee & Kader 2000).

### **3.3.1 Džem a želé**

I přes kyselou a exotickou chuť lze bobule rakytníku použít k výrobě džemů a želé. Jeho intenzivní aroma lze neutralizovat smícháním šťávy nebo rakytníkové pasty a jiného ovoce s mnohem jemnější chutí, v různém poměru (Gätlan & Gutt 2021). U džemu se jedná o pomazánku s rosolovitou konzistencí vyrobenou z ovocné dužniny, cukru, okyselujících a želírujících látek. Někdy je špatně označována jako marmeláda, která dle legislativy je vyrobená pouze z citrusových plodů (Dostálová 2014). Džem se od zavařeniny liší v měkkosti a menší rozvařenosti plodů. Po natření, by se hotový džem neměl roztékat. Připravuje se buď jen rakytníkový džem a nebo kombinace s dalším ovocem. Vyrábí se z dřene, kterou získáme propasírováním přes síto a poté povařením s cukrem. V závislosti na textuře můžeme džem buď sterilovat a nebo povařit se želírujícím přípravkem (Bajer 2014). Výzkumy, které shrnuli Gätlan & Gutt (2021) prokázaly, že plody rakytníku jsou pro svůj vysoký obsah biologicky aktivních látek cenným ovocem pro výrobu džemů. Dále pak sensorická analýza ukázala, že hodnotitelé nejvíce ocenili rakytníkové džemy s přídavkem jahod a malin (Gätlan & Gutt 2021).

Rakytníkové želé se vyrábí ze šťávy, cukru a želatiny, která by měla být 6 hodin předem namočená ve vodě. Šťávu nejprve na mírném plameni zahustíme na 1/3 původního objemu. Necháme lehce zchladnout a poté plníme do formiček. Pro delší uchování se doporučuje želé nalít do forem za horka a ještě pasterizovat při 90 °C/8 min (Bajer 2014).

### **3.3.2 Kompot**

Je celé nebo dělené ovoce obvykle zalité cukerným roztokem a konzervované sterilací (tepelným záhřevem). Výrobek musí být hermeticky uzavřen (víčkem se nesmí dostat vzuch do výrobku), aby byla zajištěna mikrobiální stabilita (Dostálová 2014). Pro přípravu se používají pevné, ne ještě příliš zralé plody. Při plnění musíme dbát na to, aby po zalití cukerným roztokem plody neutlačovaly hrdlo. Proto je lepší plnit sklenice méně plody. Po zavíčkování se sklenice pasterizují, aby ve sklenicích bylo dosaženo teploty 85 °C (Bajer 2014).

### **3.3.3 Tinktura, likér a alkoholické nápoje**

Rakytníková tinktura připravená z rakytníku se odedávna používá jako adjuvans při mnoha onemocněních trávicího systému, např. syndromu pomalého střeva. Dokáže zlepšit fungování žaludku a udržet normální činnost gastrointestinálního traktu (Gätlan & Gutt 2021). Moderní studie prokázaly, že rakytník má řadu účinných chemických složek a že tinktura

z rakytníku působí proti rakovině jater. Přírodní fenoly rakytníku odstraňují volné peroxidové radikály produkované lipidy během jaterního metabolismu a chrání hepatocyty před poškozením volnými radikály. Jeho flavonoidy mají antioxidační účinky, snižují hypertenzi, snižují vysoké hladiny krevních lipidů a podporují rozklad jaterního tuku. Triterpenoidy indukují jaterní tkáň k tvorbě metalothioneinů se silnou schopností pohlcovat volné radikály, aby se zabránilo nadměrné akumulaci volných radikálů v játrech a chránily hepatocyty před poškozením. Dále pak studie ukázaly, že triterpenoidy mohou chránit před alkoholickým onemocněním jater zlepšením nerovnováhy střevní mikroflóry regulací počtu *Escherichia coli*, *Lactobacillus acidophilus* a bifidobakterií (Ran et al. 2021).

Likér se připravuje ze zralých a omytých plodů rakytníku, ke kterým se přidá stejný poměr cukru. Nechá se měsíc kvasit v demižónu s přirozeně vyskytujícími kvasinkami. Poté je likér hotový, stačí ho jen slít (Bajer 2014).

Využití zralých plodů nebo jejich šťáv k výrobě vína je považováno za atraktivní způsob využití přebytečných a přezrálých plodů (Gâtlan et al. 2020). Rakytníkové víno získalo největší oblibu v České republice, kde se hojně vyrábí. Rakytníkové víno je charakteristické svou zlatavou barvou a příjemnou vůní (Gâtlan & Gutt 2021). Také zvýšený zájem o lidské zdraví, výživu a prevenci nemocí zvýšil poptávku spotřebitelů po funkčních potravinách včetně ovoce a produktů z nich, jako je víno. Kromě toho, že ovoce přináší produktu různé chutě a barvy a je odpovědné za hlavní sensorické atributy nápojů vyplývající z jejich fermentace, je bohaté na vlákninu, vitamíny a fenolické sloučeniny. s výhodnými funkčními vlastnostmi pro výrobu potravin. Fermentace probíhá pomocí kvasinek *Sacharomyces cerevisiae*, a vytváří se víno s nízkým obsahem alkoholu (Gâtlan et al. 2020).

### 3.3.4 Mražené plody

Zmrazování je jedna ze starších metod konzervace potravin, jedná se o šetrnou metodu, při které dochází k minimálním ztrátám výživových a sensorických hodnot. Zmrazenými produkty se rozumí hluboce zmrazené, které byly zmrazovány co nejrychleji. Teplota -30 °C je nejčastěji využívána v průmyslu, při které se zmrazují produkty až je dosažena hodnota -18 °C i méně v konečném celém plodu. Během procesu dochází pouze ke zastavení mikrobiálního růstu, který se aktivuje zpět po rozmrznutí, a proto jsou na zmražené produkty kladeny vysoké hygienické nároky (Dostálová 2014). Plody před zmražením očistíme, zbavíme je zbytků větví, listů a trnů, poté rozdělíme do mikrotenových sáčků a můžeme je rychle zmrazit. Skladovat je lze 6-7 měsíců (při teplotě -16 až -18 °C) aniž by se změnil obsah cenných látek, hlavně vitamínu C (Bajer 2014). Retence kyseliny askorbové se může ve všech produktech velmi lišit, mimo jiné v závislosti na kultivaru a podmínkách zpracování. Obecně se ztráty v důsledku celého procesu zmrazování mohou pohybovat od 10 do 80 %, s průměrem kolem 50 % při dlouhodobém mražení, tedy delší než 1 rok (Rickman et al. 2007).

### 3.3.5 Olej

Rostlinný olej je získávaný ze semen, plodů a jader olejnatých rostlin v jehož složení jde o směs triacylglycerolů, které se v závislosti na navázaných mastných kyselinách vyskytují v normálním stavu buď v tekutém nebo tuhém skupenství (Dostálová 2014). Rakytníkový olej je významný produkt, který vykazuje řadu příznivých účinků na lidský organismus. Urychluje

hojení ran (zejména popálenin) tím, že stimuluje regeneraci tkání. Dále podporuje růst vlasů, chrání buňky před poškozením (chemickými látkami i radioaktivním zářením), zlepšuje metabolismus tuků a jiné. Celkový obsah oleje je nejvíce zastoupený v dužině (80 %), dále pak v semenech (12 %) a ve slupkách (8 %). Ale také je obsažen v listech a kůře. Obsah oleje se liší podle odrůd (Bajer 2014).

### 3.3.6 Sušené plody a čaj

Jedná se o plody nebo jejich části, které byly konzervované osmoanabiosou, tedy snížením aktivity vody v důsledku sušením. Tím je zajištěná mikrobiální stabilita při skladování. Plody nesmí obsahovat přidaný cukr (Dostálová 2014). Dong et al. (2021) ve své práci srovnával tři metody sušení (lyofilizace, konveční sušení a zrychlené sušení na slunci). Ukázalo se, že lyofilizace je nejlepší metodou k získání sušených plodů, které obsahují nejmenší podíl vlhkosti a snadno se dají umlýt až na prášek. Výhodou lyofilizace je také lepší udržení živin. Zrychlené sušení na slunci bylo nejrychlejší metodou, aniž by došlo ke znehodnocení cenného obsahu antioxidantů. Konvenční sušení je běžně používaná metoda v mnoha průmyslových odvětvích, ale může způsobit změny barvy, struktury, vůně a nutričních látek. Někteří průmyslová odvětví však používají osmotickou dehydrataci jako alternativu ke konvenčnímu sušení. Tato metoda zachovává nutriční složky ovoce než jiné metody díky nízkým teplotám a nedostatku kyslíku během procesu. Na druhou stranu také zvyšuje organoleptické vlastnosti bobulí tím, že kontroluje příjem cukru. Osmotická dehydratace není vhodná pro dlouhodobé konzervování z důvodu částečného odstranění vlhkosti (Dong et al. 2021).

U čaje se jedná o ovocný čaj, tedy výrobek obsahující sušené ovoce a části rostliny, kde podíl ovoce je vyšší než 50 % hmotnosti. Může být i aromatizovaný, tedy může obsahovat látky určené k aromatizaci, což jsou silice, extrakty koření a syntetická aromata (Dostálová 2014). Sušení rozprašováním je jednotková operace široce používaná v potravinářském průmyslu a jedna z nejpraktičtějších metod, kterou lze dehydratovat roztok pevných látek ve vodě za vzniku pevného konečného produktu. Je to jeden z nejúčinnějších procesů při prodlužování trvanlivosti finálního produktu. Tento proces má výhodu dlouhodobého uchování, pohodlí při manipulaci, skladování, a spotřebě (Selvamuthukumarán & Khanum 2014).

### 3.3.7 Šťáva

Bobule rakytníku se skládají z 24 % hmotnosti semen, 68 % dužiny a 8 % slupky. Když se syrové bobule rakytníku lisují, aby se extrahovala šťáva, rozdělí se na tři vrstvy. V horní vrstvě je hustý žlutý až oranžový krém, v prostřední je olejová vrstva, zatímco ve spodní vrstvě je šťáva se sedimentem (Dong et al. 2021). Šťávou se rozumí výrobek zkvašený nebo nezkašený, získaný z čerstvého, zdravého ovoce s charakteristickou barvou, vůní a chutí. V průběhu zpracování jsou buňky ze šťávy a dužina odstraněny (Dostálová 2014). Plody se po sklizni musí hned očistit od větví a listů, dále se odstraní nemocné a zaschlé plody a ovoce se propere. Nejúčinnější formou využití rakytníku je čerstvá šťáva, která je přirozeným koncentrátem vitamínů a dalších biologicky aktivních látek (Bajer 2014). Šťávu můžeme rozdělit na dva druhy, a to buď zakalenou, nebo čistou šťávu. Výroba zakalené šťávy

je jednoduchá, a to vmačkání bobulí, odstranění semen, poté se celá buničina homogenizuje. Čirá šťáva se vyrábí ve dvou krocích. Nejprve se původní hmota buničiny rakytníku zahřeje na 50-55 °C a vmačká se na šťávu. Ve druhém kroku šťáva prochází ultrafiltračním čiřením. Čistá šťáva se často míchá s jinými druhy šťáv pro výrobu ovocných nápojů (Dong et al. 2021). Skladování šťávy je vždy v temnu, aby neztrácela svojí původní chuť a obsahové látky. Šťáva může být buď vyrobená za studena, nebo pasterizovaná a slazená, nebo neslazená. Pasterizace probíhá při teplotách 80-85 °C/20 min. Poslední možností je příprava šťávy za tepla, kdy se plody zahřejí na 40 °C, poté se přepasírují přes síto. Tato varianta je vhodná pro přípravu šťávy, ale i džemů, nebo zavařenin (Bajer 2014).

### 3.4 Různé metody stanovení vitamínu C

Kyselina L-askorbová je sloučenina podobná sacharidům, jejím vlastností (kyselosti a redukci) přispívá 2,3-endiolová část. Tato sloučenina je vysoce polární; tedy je snadno rozpustná ve vodném roztoku a nerozpustná v méně nepolárních rozpouštědlech. Má kyselý charakter v důsledku ionizace hydroxylové skupiny C<sub>3</sub> (pK<sub>a1</sub> = 4,04 při 25 °C). Druhá ionizace, disociace hydroxyly C<sub>2</sub> je mnohem méně příznivá (pK<sub>a2</sub> = 11,4). Obsahuje dvě opticky aktivní centra na pozicích C<sub>4</sub> a C<sub>5</sub>. Optický izomer C<sub>5</sub> a optický izomer C<sub>4</sub> se chovají chemicky podobně. Dvouelektronová oxidace a disociace vodíku přeměňují kyseliny L-askorbovou na L-dehydroaskorbovou kyselinu, ta vykazuje přibližně stejnou vitamínovou aktivitu jako kyselina L-askorbová. Kyselina askorbová je vysoce náchylná k oxidaci, zejména pokud je katalyzována přechodnými ionty kovů, jako je jako Cu<sup>2+</sup> a Fe<sup>3+</sup>. Teplo a světlo také urychlují proces, zatímco faktory jako pH, kyslík, koncentrace a aktivita vody silně ovlivňují rychlost reakce (Srinivasan 2008).

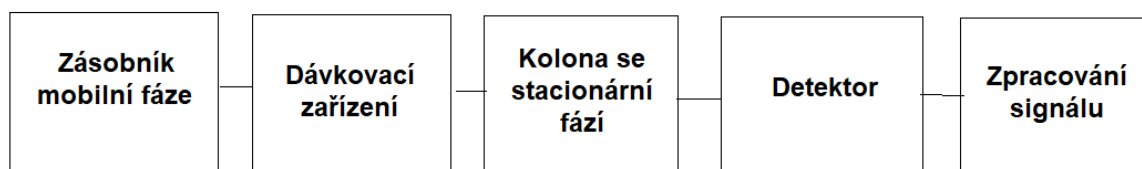
Obsah vitamínu C (tedy i kyseliny askorbové) lze stanovit několika různými analytickými metodami a výběr vhodné metody je základem pro získání správných výsledků. Jde například o metody kolorimetrické dále pak nespektrofotometrické metody jako je voltarimetrie, fluorimetrie, potenciometrie, průtoková injekční analýza, nebo chromatografie. Metody se liší z hlediska jednoduchosti, rychlosti, citlivosti a selektivity (Arya et al. 2000).

#### 3.4.1 Fluorimetické stanovení

Fluorimetrie patří mezi luminiscenční analýzy a lze využít i při extrémně nízkých hodnotách vitamínu C ve vzorku na mezi stanovitelnosti. Využívá fluorescenci, což je vyzáření přijaté energie po dobu svitu max 10<sup>-5</sup> s. Jako zdroj záření se využívá halogenová, nebo rtuťová výbojka. Záření dopadá na kyvetu se vzorkem. Vyzáření záření se měří pomocí fotoelektrického čidla. Měření se vyhodnocuje z kalibračního grafu, což je proměření řady standardů (Dolejšková et al. 2009). Intenzita fluorescence je založena na reakci mezi kyselinou askorbovou a methylenovou modří. Je měřena při excitaci a emisi při 664 a 682 nm. Koncentrace methylenové modře se snižuje (od počátečné barvy) v důsledku právě reakce s kyselinou askorbovou. Lineárním vztahem mezi intenzitou fluorescence a koncentrací kyseliny askorbové, a to v rozmezí 3,0×10<sup>-7</sup> – 6,0×10<sup>-6</sup> mol/l. Detekčním limitem je hodnota 2,5×10<sup>-7</sup> mol/l. Metoda je vhodná spíše pro farmaceutické přípravky (tablety), než v použití na potravinářské výrobky (Dilgin & Nişli 2005).

### 3.4.2 Chromatografické stanovení

Chromatografie je dělicí metoda založená na distribuci látek mezi nepohyblivou (stacionární) a pohyblivou (mobilní fází). Stacionární fáze může být tuhá látka nebo kapalina. Mobilní fáze může být buď plyn nebo kapalina (podle toho se označují metody stanovení) (Dolejšková et al. 2009). Pro separaci a stanovení kyseliny askorbové se běžně používá kapalinová chromatografie, pod názvem LC, liquid chromatography (Arya et al. 2000). Tokem mobilní fáze jsou složky vzorku unášeny do stacionární fáze. Při postupování složky jsou buď zabrzdovány stacionární fází, nebo jsou přímo unášeny mobilní fází. Vzájemné interakce mezi složkami, mobilní a stacionární fází jsou založeny na působení slabých molekulových sil (např. van der Waalovy síly, vodíkové můstky). Každá složka při průchodu separačním systémem přejde mnohokrát z mobilní fáze do stacionární a zpět. Po průchodu stacionární fáze se složky dostávají do detektoru, který vytváří časový záznam signálu. Výstup se označuje jako chromatogram a jednotlivé záznamy složek se označují jako chromatografické píky (Záruba et al. 2016).



*Obrázek 3 - blokové schéma chromatografu (Záruba et al. 2016)*

Existuje několik postupů, které se liší v použití vysoce polárních kolon a mobilních fází. Dále se liší v poměrech acetonitrilu a metanolu v přítomnosti zředěných pufrů (fosforečnan-kyselina citronová, nebo kyselina octová). Oxidované a redukované formy kyseliny askorbové jsou stanoveny LC za použití acetonitril-voda, nebo acetonitril-zředěný dihydrogenfosforečnan draselný jako mobilní fáze. Obvykle se připojuje UV detektor a sleduje se při absorpenci 210, nebo 254 nm. Lze použít různé modifikace metody jako je použití LC s elektrochemickou detekcí, nebo s fluorimetrickou detekcí (Arya et al. 2000).

Mezi kapalinovou chromatografií patří vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC, high performance liquid chromatograph), která patří mezi nejrozšířenější techniky (Záruba et al. 2016). Mnoho metod HPLC umožňuje přesné a citlivé měření celkového obsahu kyseliny askorbové a některé metody umožňují přímé měření kyseliny L-askorbové a dehydroxyaskorbové. Spojení chromatografické separace se spektrofotometrickou, fluorometrickou nebo elektrochemickou detekcí činí analýzu HPLC mnohem specifitější než tradiční redoxní metody. HPLC metody, které umožňují současné stanovení askorbických a isoaskorbové kyseliny a jejich dehydrované formy. Nevýhodou metod je rozsáhlá příprava vzorků (Srinivasan 2008). Kapalinová chromatografie je úspěšnou metodou pro stanovení vitamínu C, pokud jde o selektivitu a specificitu. HPLC s elektrochemickou detekcí se ukázala jako selektivní a citlivá metoda pro hodnocení kyseliny askorbové v potravinách a biologických tekutinách (Danet et al. 2008). HPLC a ultravýkonná kapalinová chromatografie (UHPLC, ultra high performance liquid chromatograph) se široce používají pro stanovení kyseliny L-askorbové v různých produktech, jako je mléko, zelenina a ovoce, ovocné nápoje a farmaceutické



přípravky. Ve srovnání s HPLC vykazuje UHPLC vyšší citlivost, účinnost a rozlišení, kratší čas a náklady na analýzu, a nižší spotřebu rozpouštědla (Pizzo et al. 2022).

### 3.4.3 Spektrofotometrické stanovení

Využívá absorpce světelného záření v ultrafialové až viditelné oblasti světla (Dolejšková et al. 2009). Jde o novou citlivou a jednoduchou metodu pro stanovení kyseliny askorbové na základě jejího aktivovaného účinku na oxidaci trisodného-2-hydroxy-1-(4-sulfonato-1-naftylazo)naftaleno-6,8-disulfonátu (neboli červeného umělého barviva Ponceau) peroxidem vodíku za přítomnosti mědi jako katalyzátoru. Ke vzorku se přidává boritanový pufr. Oxidace probíhá při 478 nm během 1 minuty po přidání peroxidu vodíku. Obsah kyseliny askorbové je stanoven pomocí lineárního kalibračního grafu, vytvořeného proměřením řady standardů. Metoda se používá pro obsah kyseliny askorbové ve farmaceutických vzorcích, nebo jako srovnávací metoda (Grahovac et al. 2008).

### Nepřímé stanovení kyseliny askorbové spektrofotometrickou metodou

Postup založený na redukčním účinku kyseliny askorbové na iontu mědi a chelatační schopnosti alizarinové červeně s přebytkem iontu mědi za vzniku barevného roztoku. Nejprve je důležité připravit si zkoumaný vzorek (ovocnou šťávu), do kterého se přidá 10 ml 10% roztoku kyseliny trichlorooctové, aby se zabránilo oxidaci kyseliny askorbové. Vzorek je následně filtrován a ke stanovení se bere 25 ml. Stanovení je vhodné pro vzorky, které obsahují 15-205 µg kyseliny askorbové. Do odměrné baňky se krom vzorku přidá známý větší obsah roztoku mědi, 5 ml roztoku alizarinové červeně, 5 ml 7 M roztoku thiokyanátu a 1 ml tlumivého roztoku. Baňka se zamíchá a nechá se několik minut v klidu a následně se odměrná baňka doplní destilovanou vodou po rysku. Nakonec se měří absorbance při 510 nm. V baňce dochází k reakci kyseliny askorbové a mědi, která se redukuje z dvojmocného kationtu na jednomocný kationt. Stanoví se přebytek nezreagované mědi. Jedná se o metodu rychlou, přesnou a citlivou oproti jiným metodám (Nejati-Yazdinejad 2007).

### 3.4.4 Titrační metody

Titrační metody patří do odměrné analýzy a spadají do skupiny kvantitativních analytických metod. Pojem odměrná analýza lze vysvětlit na stanovení látek založené na měření objemu titračního roztoku činidla potřebného k dosažení tzv. bodu ekvivalence (tedy potřebného k reakci stanovené složky v analyzovaném roztoku. Výpočet je založený na stechiometrické reakci, ze které lze vypočítat množství nebo koncentrace sledované složky, pokud známe přesnou koncentraci odměrného činidla (Záruba et al. 2016). Tradiční analytické postupy zahrnují redoxní titraci vzorku barvivem, jako je 2,6-dichlorfenolindophenol. Během oxidace kyseliny askorbové doprovází redukci barviva až do bezbarvé formy. Omezení přístupu je rušeno jinými redukčními činidly a chybějící odezva na kyseliny dehydroxyaskorbové. Lze využít sekvenční analýzu vzorku před a po nasycení plynem H<sub>2</sub>S nebo ošetření thiolovým činidlem k redukci kyseliny dehydroxyaskorbové až na L-askorbovou kyselinu, což umožňuje měření celkového obsahu vitamínu C, to ale omezuje přesnost přímého stanovení (Srinivasan 2008).

### Titrace 2,6-dichlorfenolindofenolem (DCIP)

Jde o oblíbené činidlo pro přímou titraci kyseliny askorbové. Tato metoda je založená na redukci kyseliny askorbové v kyselém prostředí pomocí DCIP. Barvivo bylo dříve často označováno jako „Tillimansovo činidlo“. V oficiální metodě se používá roztok obsahující 2 mg kyseliny askorbové a 5 ml směsi kyseliny metafosforečné a kyseliny octové. Titračním roztokem je právě DCIP, který funguje jako samoindikátor. Látky přirozeně přítomné v ovoci (taniny, betaniny) jsou barvivem oxidovány také. Nevýhodou metody je její použitelnost pouze v případě, že koncentrace kyseliny dehydroaskorbové je zanedbatelná a nebrání nám ke stanovení alkalita vzorku (Arya et al. 2000).

### Titrace tetrachlorbenzochinonem

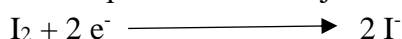
Pro stanovení kyseliny askorbové se doporučuje titrace pomocí tetrachlorbenzochinonem. Titrace se provádí za přítomnosti činidla EDTA (etyléndiamíntetraoctová kyselina), která působí jako indikátor ale také jako maskovací činidlo pro přidružené nečistoty kovových iontů. Bodem ekvivalence je označován přechod barvy na zlatožlutou (Arya et al. 2000).

### Jodometrie

Metoda patří mezi oxidačně-redukční titrace založená na oxidaci titračního činidla, kterým je u jodometrie jód. Průběh je značně ovlivňován reakčními podmínkami (jako je pH roztoku, teplota, přítomností jiných látek sloužících například jako katalyzátory, nebo indikátory reakce). Z toho důvodu je důležité dodržovat podmínky stanovení. U jodometrické titrace nesmí pH roztoku být vyšší než 8 (mohlo by dojít k disproportionaci jódu až na jodičnan) a ani nesmí probíhat v silně kyselém prostředí. Dále roztok jódu je méně stabilní, proto se musí standardizovat, nebo přidat jodid. Pro stanovení se používá roztok jódu s jodidem o koncentraci 0,1 až 0,01 M (Jančář & Jančářová 1997). Jako indikátor lze použít škrobový máz vytvoření z 1 g škrobu povařeného s 50 ml destilované vody, poté se převede do 500 ml odměrné baňky a doplní se destilovanou vodou po rysku. Pro titraci se používá 5 ml roztoku. K titraci se používá odměrný roztok dithionanu sodného ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ). Ten je pro výpočet nutný standardizovat za pomoci dichromanu draselného (Šrámek & Kosina 1996). Bodem indikace je změna barvy na žlutou, nebo při použití indikátoru škrobu je změna barvy z modré do odbarvení (Jančář & Jančářová 1997).

Naznačený princip jodometrie v rovnicích:

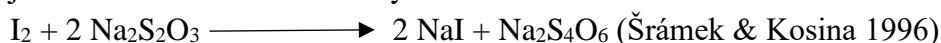
Jednak probíhá redukce jódu na jodid v neutrálním prostředí

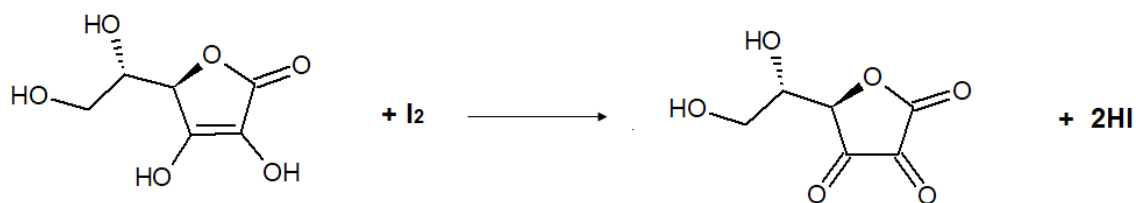


A oxidace jodidu v kyselém prostředí na  $\text{I}_2$



Vyloučený jód se dále titruje odměrným roztokem dithionanem sodným za vzniku jodidu sodného a tetrathionany disodného





**Obrázek 4** - schéma oxidace vitamínu C v jodometrii (Bartoš et. al. 2014)

### 3.4.5 Voltametrie

Voltametrie je stále oblíbenější metodou aplikovanou ke stanovení kyseliny askorbové v reálných vzorcích, protože nabízí nízké detekční limity, a to i ve srovnání s dražšími technikami. Vyžaduje malou nebo žádnou přípravu vzorku. Tato technika poskytuje výhodu rychlé analýzy a také jednoduchosti a rychlosti aplikace standardní metody sčítání. Vzhledem k nízkým nákladům na potřebné vybavení a také k jednoduchosti použitých postupů nezbytných ke stanovení vitamínu C se zdá, že voltametrie nabízí atraktivní alternativu k výše uvedeným titrimetrickým nebo instrumentálním metodám, zejména při kontrole kvality potravin. Nevyžaduje složité, drahé vybavení a dobře kvalifikovaný personál (Danet et al. 2008). Metoda je založená na měření závislosti protékajícího elektrického proudu na vloženém napětí. Tato závislost je označována jako voltametrická křivka. Používá se dvou nebo tříelektrodové zapojení. Metody jsou podobné, akorát u tříelektrodové metody prostřední elektroda reguluje napětí mezi referenční a pracovní elektrodou. V závislosti na potenciálu k referenční metodě může pracovní elektroda sloužit buď jako katoda nebo anoda (Záruba et al. 2016). Metoda není pracná ani časově náročná jako výše uvedené instrumentální techniky. Vrchol anodické oxidace pro kyselinu askorbovou nastává při asi 490 mV na pracovní Pt elektrodě. Ke vzorku se přidává roztok KCl jako podpurný elektrolyt. Pro měření se používá potenciál snímání v rozsahu -100 až - 1000 mV s rychlostí skenování 50 mV/s. Získaný kalibrační graf ukazuje lineární závislost mezi výškou píku a koncentrací kyseliny askorbové v doméně (0,1–10 mmol). Obsah kyseliny askorbové se odečte z kalibračního grafu, vytvořeného řadou standardů (Danet et al. 2008).

### 3.4.6 Stanovení pomocí reflektometru

Pro hodnocení potravin u roztoků, které jsou silně zakalené, lze využít právě reflektometrickou metodu. Stanovení probíhá na měření poměru záření dopadajícího a odraženého. Změna barvy se srovnává s tzv. srovnávacím proužkem, na kterém může být nanesen například oxid hořečnatý, který je považován za absolutně bílý (Davídek et al. 1977). Při reflektometrické analýze jsou testovací proužky vkládány do přístroje, což je vysoce citlivý reflektometrický přístroj. Reflektometr využívá systém dvojité optiky, který pracuje ve spojení s dvojitou reakční zónou na testovacích proužcích, což umožňuje dvojitě měření v jednom kroku. Jedná se o vysoce rychlou analýzu, další výhodou je, že jde o velmi malé a přenosné zařízení, tedy je vhodné nosit i do terénu. Stále ale poskytuje přesné a reprodukovatelné výsledky. Reflektometr je dobrou alternativní metodou ve srovnání s některými vysoce nákladnými přístrojovými metodami (Pathy, 2018).

## 4 Metodika

### 4.1 Metody stanovení sušiny

Voda se prakticky vyskytuje ve všech potravinách, v různém množství a formách. Výrazným ukazatelem jakosti a trvanlivosti, popřípadě ukazatelem porušení potravin (falšování) může být stanovení vody (či vlhkosti) (Davídek et al. 1977). Obecně se sušinou rozumí celkový obsah látek, které zbydou po odstranění volné vody (Zolmanová 1990). Jde vlastně o zvážení pevného podílu po odstranění vody a látek těkajících při určitých teplotách. Pro stanovení se používají metody přímé a nepřímé. U přímého stanovení lze využít například destilační metody s různými modifikacemi. Více jsou ale uplatňovány nepřímé metody. Například sušení v sušárně, ve vakuu, nebo při použití infračerveného záření. U potravin obsahující velké množství cukru, lze sušinu vyčíst z tabulek po zjištění refraktometrickém stanovení sacharidů, nebo lze využít piknometrické stanovení sušiny. Z moderních metod lze použít plynovou chromatografii, nukleární magnetickou rezonanci, či spektrofotometrii v blízké infračervené oblasti (NIR). Jde o metody přesné, ale finančně náročné (Davídek et al. 1977).

#### 4.1.1 Metoda použitá v pokusu

Vzorek, který je zhomogenizovaný o známé hmotnosti se suší při 105 °C až do konstatní hmotnosti. Hliníkovou misku nejprve je důležité vysušit v sušárně při 105 °C půl hodiny a poté se nechá vychladnout v exsikátoru. Na analytických vahách se pak přesně zváží hmotnost vychladlé misky, poté se do ní naváží vzorek a zapíšu se přesně oboje hmotnosti. Následně vložíme misku se vzorkem sušit do sušárny při teplotě 105 °C na 1-4 hodiny (dle vzorku do konstatní hmotnosti). Poté se kleštěmi přenesou do exsikátoru a po vychladnutí se přesně zváží (Jančář & Jančářová 1997).

##### 4.1.1.1 Pomůcky

K pokusu je potřeba analytické váhy, váženky, sušárny a vzorku.

#### 4.1.2 Pracovní postup měření sušiny

Nejprve se zvážila hliníková váženka a hmotnost se zapsala na 3 desetinná místa. Celé plody zbavené lístečků a stopek se po vytárování váženky navázilo 10 g vzorku a hmotnost se zapsala. Celá váženka se vložila do sušicí pece vyhřáté na 105 °C a nechala se sušit do konstatní hmotnosti vzorku. Poté se váženka nechala vychladnout a zvážila se. Pro výpočet se použili všechny hmotnosti.

#### Výpočet

$$X = \frac{(\text{vzorek před sušením} - \text{po sušení}) * 100}{(\text{vzorek před sušením} + \text{hliníková váženka})}$$

## 4.2 Metody stanovení kyseliny askorbové

Pro stanovení vitamínu C je možné využít mnoho metod, lišící se v rychlosti a přenosti stanovení. Jde například o titrační metody, které nejsou specifické a mohou být rušeny přítomností dalších látek ve vzorku. Dále pak spektrofotomerické metody, které jsou založené na měření barevných produktů. Specifickou metodou pro stanovení vitamínu C ve všech potravinách je například polarografická metoda, která využívá oxidaci na rtuťové kapkové elektrodě. V poslední řadě lze využít chromatografické metody (Davídek et al. 1977). Příklady metod pro stanovení vitamínu C jsou více rozebrány v kapitole 3.4.

### 4.2.1 Metoda použitá v pokusu

Metoda použitá k pokusu byla reflektometrie (neboli remisní fotometrie), která se řadí k metodám spektrální analýzy. Stanovení vitamínu C je založeno na redukci molybdenofosforečnané kyseliny způsobené kyselinou L-askorbovou za vzniku fosfomolybdenovou modří, jejíž koncentrace je měřena reflektometricky. Analytický použek je namočený do vzorku, je vložen do přístroje, kde se měří odražené světlo. Analýza vzorků probíhala na přístroji reflektometru RQflex plus 10 od firmy MERCK.

### 4.2.2 Přístroj RQflex

Přístroj RQflex plus 10 je součástí systému Reflectoquant. Systém zahrnuje přístroj RQflex, specifický čárový kód, nulové (blank strips) a analytické proužky (ascorbic acid test). Rozsah měření přístroje je 25 až 450 mg/l.

### 4.2.3 Pomůcky

Ke stanovení je potřeba přístroje RQflex, nulovacích papírků, měřících papírků pro stanovení kyseliny askorbové, kyselina octová (ocet 8%), destilovaná voda, mixér, stopky na měření času mixování.

### 4.2.4 Pracovní postup měření kyseliny askorbové

Pracovní postup byl zvolen podle metodiky od výrobce firmy MERCK. Jako první bylo potřeba si připravit zásobní roztok 1% kyseliny octové. Pro pokus byla připravená zředěním 8% octové kyseliny destilovanou vodou v poměru 1:7. Zředěný roztok byl přidáván k čerstvému vzorku, jako antioxidační činidlo. Jako základní poměr byl použitý 60 ml zředěné kyseliny octové a 20 g čerstvého vzorku (s přesností na 3 desetinná místa). Pokud nebyl přístroj schopen změřit obsah kyseliny L-askorbové, z důvodu vyšší nebo nižší koncentrace, než byl rozsah měření přístroje (25–450 mg/l), upravil se poměr objemu a navážky. Nejčastěji objem zůstal, ale navážka se zmenšila.

Vzorek ke stanovení byl odebírán tak, aby byl co nejvíce reprezentativní. Vážení probíhalo na tři desetinná místa, poté se přidal roztok zředěné kyseliny octové a směs byla homogenizována pomocí ručního mixéru po dobu 1,5 minuty.

Před samotným měřením se vložit do přístroje příslušný kód pro dané měření (pro naše stanovení kód pro kyselinu L-askorbovou) a provedla se kalibrace přístroje. Samotné měření

probíhalo pomocí dvou typů indikačních proužků. Jako první byl vkládán nulový proužek, který odhaloval možné interagující složky, které by mohly zkreslovat měření. Poté ze stejného roztoku bylo měřeno pomocí měřící proužku.

Samotné měření probíhalo po zapnutí přístroje. Měření se spustilo pomocí tlačítka start, po druhém stisknutí tlačítka start naběhlo odpočítávání 15 sekund. Během prvních 2 sekund se musel papírek namočit do roztoku vzorku tak, aby byly pod hladinou redukční zóny papírku, poté byl papírek vyjmut, lehce osušen, krom redukční zóny a na posledních 5 sekund časového limitu vložený do přístroje, který poté zobrazil hodnotu vitamínu C v jednotkách mg/l.

Po každém měření bylo potřeba detekční hranol opláchnout destilovanou vodou a udržovat ho neustále čistý. Pokud přístroj ukázal hodnotu LO, byla hodnota interferujících složek, nebo obsah vitamínu C velmi nízký pod rozsah měření. V opačném případě (tedy kdy byl rozsah velmi vysoký nad rozsah měření) ukázal přístroj místo hodnoty HI. V takových případech se upravovala hodnota navážky nebo obsahu kyseliny octové a měření se opakovalo. U nulovacího proužku (pokud ukázal hodnotou LO) se navážka ani objem neupravovaly, z důvodu, že nebyl zaznamenán případ, kdy obsah interferujících látek ve vzorku překračoval oblast měřitelnosti v hodnotách HI.

Měření každého dílčího pokusu bylo opakováno celkem pětkrát z důvodu lepší vypovídající hodnoty a statistické zpracovatelnosti naměřených dat. Menší počet opakování (přesněji ke třem) bylo použito u zmrazeného rakytníku.

Pro stanovení obsahu vitamínu C po zpracování, tedy ve výrobcích (džemu, kompotu), byl postup stanovení stejný. Jen docházelo ke změnám navážky, z důvodu rozsahu měření. Počet opakování měření dílčího pokusu bylo opakováno celkem čtyřikrát.

#### 4.2.5 Rovnice

$$AA = \frac{(\text{naměřená hodnota} - \text{nulovací proužek}) \times \text{objem kyseliny octové}}{\text{Hmotnost navážky}}$$

nulový proužek.....mg/l

objem kyseliny octové.....ml

hmotnost navážky.....g

AA = ascorbic acid.....mg/kg

Zdroj: <http://www.merckmillipore.com>

### 4.3 Refraktrometrické stanovení cukrů

Refraktometrické stanovení je založeno na vztahu mezi indexem lomu světla a koncentrací látkem. Tedy různé množství rozpuštěných látek v roztoku vykazují různý index lomu. Je důležité použít monochromatické zdroje světla, protože index lomu je závislý na vlnové délce. Použití refraktometrů v potravinářství (například pro stanovení obsahu cukrů ve šťávě) slouží jako rychlá orientační analýza (Davídek et al. 1977). Je důležité dodržovat teplotu pracovního prostředí, tedy hranoly refraktometru se temperují na teplotu 20 °C, poté se může na matovaný hranol nanést vzorek (Zolmanová 1990). Malé množství roztoku (například sirupu, nebo ovocné šťávy) se nanese na hranol refraktometru, ten se poté uzavře.

Po minutě (aby došlo k ustálení teploty) se na stupnici odečítá obsah cukrů ve vzorku. Pro výpočet se používá aritmetický průměr několika měření (Davídek et al. 1977). Metodu lze využít i pro stanovení obsahu vody ve vzorku, kdy se k zjištěnému indexu lomu vyhledá příslušná hodnota v tabulkách, tedy odpovídající množství sušiny. Obsah vody se poté vypočte odečtením hodnoty sušiny od 100 a výsledek se uvádí v % (Zolmanová 1990).

#### 4.3.1.1 Pomůcky ke stanovení

K pokusu je potřeba refraktometr a vzorek.

#### 4.3.2 Pracovní postup měření refraktometrické sušiny

Z ovoce, které bylo umyté a osušené, byl odebrán směsný vzorek s odpovídající hodnotou plodu. Lisováním se získalo dostatečné množství vzorku, který byl nanesen na měřicí plochu refraktometru. K měření byl použitý ruční refraktometr. Ze stupnice byla odečtená naměřená hodnota v odpovídajících jednotkách, pro tento pokus byla sledována Brixova stupnice, a tedy uvedené hodnoty jsou ve °Brix. Měření bylo prováděno v opakování (desetkrát) z důvodu lepší vypovídající hodnoty a statistického zpracování naměřených dat.

### 4.4 Statistické vyhodnocení

K vyhodnocení průkaznosti rozdílů byla použita vícefaktorová analýza variance s následným testováním metodou minimální průkazné difference na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Kontrétně se u ANOVY jednalo o Fisherův LSD test (least significant difference test) jehož výstupy jsou uvedené ve výsledcích. ANOVA byla vypracována v programu Statistica 13 (Statsoft).

### 4.5 Popis vzorků

Sklizeň čerstvých vzorků rakytníku probíhala na pokusném pozemku České zemědělské univerzity v Praze na Demonstrační a výzkumné stanici Katedry zahradnictví v Troji, kde rostly všechny odrůdy (Askola, Botanika, Hergo, Krasavice, Orange energy, Sirola a Sluníčko).

Pokusy byly zaměřené především na zkoumání obsahu vitamínu C ve vybraných odrůdách rakytníku v čerstvém stavu hned po sklizni, proto bylo nutné minimalizovat časovou prodlevu mezi dobou sklizně a měřením, a provést experiment hned po sklizni, který přesněji probíhal od srpna do září roku 2021. Sklizeň plodů probíhala v jejich sklizňové zralosti (konzumní), ručním sběrem i podle toho se volila jejich doba sklizení. Pro stanovení byl vybrán vzorek s co nejvíc odpovídající hodnotou. Sběr u ranných odrůd Botanika, Krasavice, Sirola a Sluníčko probíhal 02.08.2021. Středně pozdní odrůdy Askola a Orange energy se sklízely 18.08.2021. Odrůda Hergo se sklízela 09.09.2021 a to z důvodu, že odrůda je řazena mezi pozdní. Po každé sklizni byla stanovena sušina a cukernatost dané odrůdy. Poté byly vzorky zavařeny na džem a kompot a část čerstvých vzorků byla vložena do mrazáku ke zmrazení. Produkty byly poprvé měřeny až 16.09.2021 společně se zmraženými vzorkami. U vzorků džemů a kompotů se měření opakovalo 14.12.2021, tedy po 3 měsících. Vzorky mezitím byly skladovány v lednici při teplotě 4 °C.

V roce 2021, kdy byly pokusy prováděny, došlo u vzorků rakytníku k napadení škůdcem (Vrtule rakytníková). Napadené byly všechny odrůdy, ale každá v jiné míře. Nejvíce napadení bylo u raných odrůd, tedy odrůd sklízených nejdříve, jako byla odrůda Botanika, Krasavice, Sirola a Sluníčko. V menší míře bylo u odrůd Askola a Orange energy. Nejmenšího napadení bylo pozorováno u odrůdy Hergo, ale je možné, že napadení bylo z důvodu nižšího výskytu škůdce než u ostatních odrůd. Dalším důvodem by mohl být fakt zmiňovaný v publikaci od Bajera (2014), který u odrůdy Hergo zmiňuje, že je odolná vůči právě zmíněnému škůdci. V předešlém roce, dle informací na místě sběru, byly napadené pouze pozdní odrůdy rakytníku. Jako ochrana před škůdcem byla použita pouze mechanická ochrana v podobě metody lepových desek, a to z faktu, že zatím žádný povolený chemický přípravek nebyl doposud schválený. Jedním z řešení bez použité chemických přípravků, by mohla být metoda, kterou ve své práci uvádí Mozūraitis et. al (2020). Metoda je zatím ve fázi vývoje, ale šlo by o nástřik přirozeně vyskytujících kvasinek na povrchu rakytníku společně s těkavými látkami. Metoda zatím přinesla pozitivní vliv na samce, které přilákala a tak by se nemohli zúčastnit oplození samic.

Pokusy byly prováděné na jednom místě, tedy na školním pokusném pozemku. Z meteorologických podmínek v daném roce bylo oproti předešlým létům méně extrémně vykyvující se počasí a rok patřil z pohledu teplot spíše k podprůměrným. Ale i tak mohlo mít počasí v daném roce vliv na zdravotní stav dřevin a na obsah látek v plodech. Sběr plodů probíhal vždy v dopoledních hodinách (okolo 9 hodiny) za slunečného počasí, bez deště a větru, to z důvodu, aby výsledky nebyly ovlivněné dobou sklizně. K přesnějším výsledkům by bylo vhodné opakovat měření v několika po sobě jdoucích letech a rozšířit měření i na další stanoviště, popřípadě využít pěstitele a výrobce zaměřující se na produkty z rakytníku. V návaznosti na tuto práci by bylo vhodné také použít i jiné metody stanovení vitamínu C a porovnat, jak se odlišuje jejich citlivost.

K experimentu bylo zahrnuto i porovnání s komerčním produktem dostupným na českém trhu. K tomuto účelu byl použitý pouze jediný výrobce, který splňoval podmínku výroby produktů, které byly zahrnutý do experimentu a v jejich složení byl použitý jen jedniný druh ovoce, tedy rakytník. Jednalo se o českého výrobce (malou rodinou firmu – Rakytník cvrček s.r.o.), se sídlem ve Lhotě pod Libčany ve východočeském kraji, zaměřujícího se také na produkty z rakytníku, ale v jejich portfoliu jsou i další druhy ovoce. Složení džemu použitého ke stanovení: 53 % rakytníku, fruktóza a pektin. Složení kompotu: 55 % rakytníku, pitná voda a fruktóza.

#### 4.5.1 Vybrané odrůdy rakytníku

**Askola** – je odrůda vyšlechtěná v Německu, která byla poprvé prodejná v roce 1990. Jedná se o keř, který dorůstá do výšky až 6 metrů. Má středně velké oranžové plody (bobule) s vysokým obsahem vitamínu C (obsahuje ho až 2600 mg/kg). Zajímavostí je, že bobule dlouho udrží oranžovou barvu na keři. Jde o velmi trnitý keř, proto se pro sklizeň hodí odřezávání větví s plody (Bajer 2014).

**Botanika** – jiným označením Botaničeskaja ljubitělskaja je odrůda získaná z náhodného opylení v Moskevském botanickém ústavu. Poprvé uvedená na trh v roce 1993, velmi vhodná pro naše klimatické podmínky. Dorůstá do výšky 4 metrů, koruna má pyramidální tvar se světle



hnědými větvemi, které mají řídké trny. Odrůda vyznačující se velkými světle zelenými listy, které jsou silně ojíňené. Velké, oválné, oranžovo-žluté plody, vážící až 1,3 g čímž jsou řazeny mezi největší. Tím, že mají dlouhou stopku se usnadňuje jejich sklizeň. Pevná slupka, jenž dozrává až po odtrhnutí zajišťuje také snadnější sklizeň. Bobule je spíše kyselá a obsahuje 101 mg/100 g vitamínu C. Jedná se o zimovzdornou odrůdu odolnou vůči chorobám. Sklizeň lze provádět mechanicky (například vibračními setřesadly) v určitém stupni zralosti. Se sklizní je nutno spěchat z důvodu rychlého dozrávání, aby nedošlo k pomačkání plodů (Bajer 2014).

**Hergo** – odrůda pocházející z bývalé Německé demokratické republiky, která dozrává v polovině září a řadí se mezi podznní. Jedná se o velmi vzrostlý, trnitý keř, který velmi dobře regeneruje. Tudíž je vhodný pro sklizeň řezem větví a opět plodí druhým rokem. Větve se pod tíhou plodů mohou ohýbat z důvodu, že jsou slabší. Oranžově-žluté plody, střední velikosti se vyznačují vysokým obsahem vitamínu C (v průměru 1600–2600 mg/kg), ale větší kyselostí. Tento druh se vyznačuje velkou odolností vůči chorobám, zvláště proti napadení rakytníkovou mouchou. Při přezrání ztrácí barvu a vyběluje se, k tomu dochází začátkem října (Bajer 2014). Výhodou této odrůdy je nenáročná a snadná sklizeň, proto je široce rozšířena. Má podobné vlastnosti, jako například odrůdy Polmix, Altaja, nebo třeba Leicora (Řezníček & Salaš 2015).

**Krasavice** - jiným názvem je patrně Krasavica nečernozejmja. Jedná se o středně rostoucí keř s pevně rozloženými větvemi, které obsahují mírné trny. Mrazuvzdorná odrůda netrpící na choroby. Oválné, oranžovo-červené plody, obsahující 248 mg/100 g vitamínu C. Zajímavostí je, že odrůda obsahuje vysoké množství rutinu (519 mg/100 g) (Bajer 2014). Rutin je flavonoid, známý také jako vitamín P nebo rutosid a má širokou škálu farmakologických vlastností. Obvykle se používá jako antimikrobiální, antifungální a antialergické činidlo (Narasagoudr et al. 2020). Tento flavonoid zvyšuje účinek vitamínu C, také má antioxidantní účinky a zlepšuje pružnost cév. Odrůda Krasavice obsahuje velké množství oleje, proto je vhodná pro potravinářské zpracování (Bajer 2014).

**Orange energy** – jiným názvem Habego patří mezi nejlepší německé odrůdy. Zraje od poloviny září. Jedná se o silně vzrůstnou odrůdu, která je méně trnitá než ostatní německé odrůdy. Velké, oválné, žlutooranžové plody mající kyselou chuť. Zajímavostí je, že barva se udrží do plného dozrání a vitamínu C obsahuje 289 mg/100 g čerstvé hmoty. Je vhodná pro sběr seřezáváním, protože velmi dobře regeneruje a po dvou letech bohatě plodí. Využívá se na komerční pěstování, ale i jako užitková a okrasná rostlina v zahradách (Bajer 2014).

**Sirola** – německá odrůda, která vznikla opylením altajské odrůdy evropským opylovačem Polmix. Jedná se o ranou odrůdu dozrávající v srpnu. Vyznačuje se vzpřímeným růstem s méně trny. Je spíše vhodná pro hobby pěstování, kvůli vzrůstu a vzhledu. Červeno-oranžové, oválné plody, jsou hustě osázené i když se stále dají snáze sklízet. Obsahuje 127-180 mg/100 g vitamínu C a oproti ostatním odrůdám má větší obsah cukrů. Pokud se plody budou sklízet metodou odřezáváním větveček, má dvouletý sklizňový cyklus (Bajer 2014).

**Sluníčko** – středně pozdně zrající odrůda, dozrávající koncem srpna. Jedná se o ruskou odrůdu, vytvářející široký středně vysoký keř s velmi málo trny. Na trh byla uvedena v roce 2002, je odolná a dobře roste i v našich podmínkách. Velké, oválné, svítivé oranžové plody jsou velmi poutavé a atraktivní. Dužina odrůdy se vyznačuje výbornými chuťovými znaky jako je jemnost, aromaticnost a sladkokyselost. Plody mají univerzální použití a obsahují 130 mg/100 g vitamínu C (Bajer 2014).

#### **4.5.2 Výroba džemu**

Pro výrobu džemu bylo použito 150 g rakytníku, 1,5 g pektinu, 1 g kyseliny citrónové a 150 g krystalového cukru. Čisté plody rakytníku zbavené stopky se nejprve povařily ve vodě, aby změkly. Poté byly rozmixovány a přepasírovány z důvodu, aby výsledný džem neobsahoval semena. Do šťávy byl přidán cukr a přivedlo se k varu. Poté se přidaly ostatní suroviny a za stálého míchání se povařilo 5 minut. Džem byl za horka nalitý do čisté sklenice, zavřený a otočený víčkem dolů, aby se lépe víčko přichytilo. Měření vitamínu C probíhalo 16.09.2021 a po 3 měsících (tedy 14.12.2021).

##### **4.5.2.1 Pomůcky**

K pokusu je potřeba vzorek (rakytník), pektin, kyselina citrónová, krystalový cukr a vodu. Dále pak vařič, síto, plátýnko a čisté sklenice s víčkem.

#### **4.5.3 Výroba kompotu**

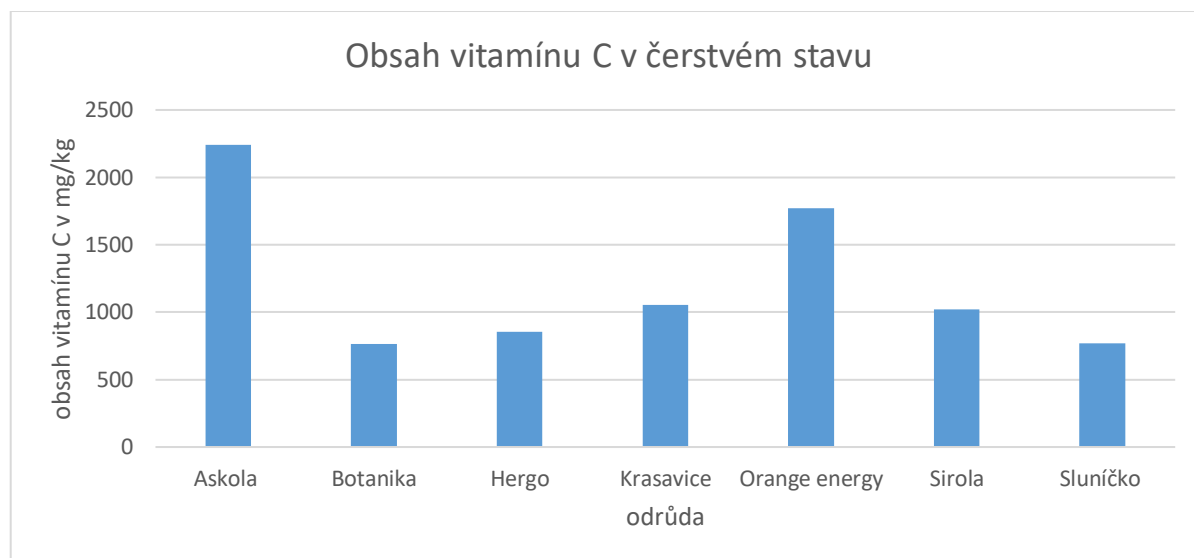
Na výrobu kompotu bylo použito 200 g rakytníku. Nejprve byl připraven cukerný roztok ze 700 g krystalového cukru, 3 g kyseliny citrónové a 1 l vody. Vše se společně svařilo. Do čisté sklenice se navážil rakytník poté se zalil až po víčko cukerný roztokem a zavřela se sklenička. Následovala sterilizace při teplotě vodní lázně 90 °C 15 minut. Měření vitamínu C probíhalo 16.09.2021 a po 3 měsících (tedy 14.12.2021).

##### **4.5.3.1 Pomůcky**

K pokusu je potřeba vzorku (rakytníku), cukr, kyselina citrónová a voda. Čistá sklenice s víčkem, hrnec a vařič.

## 5 Výsledky

*Graf 1 - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu*

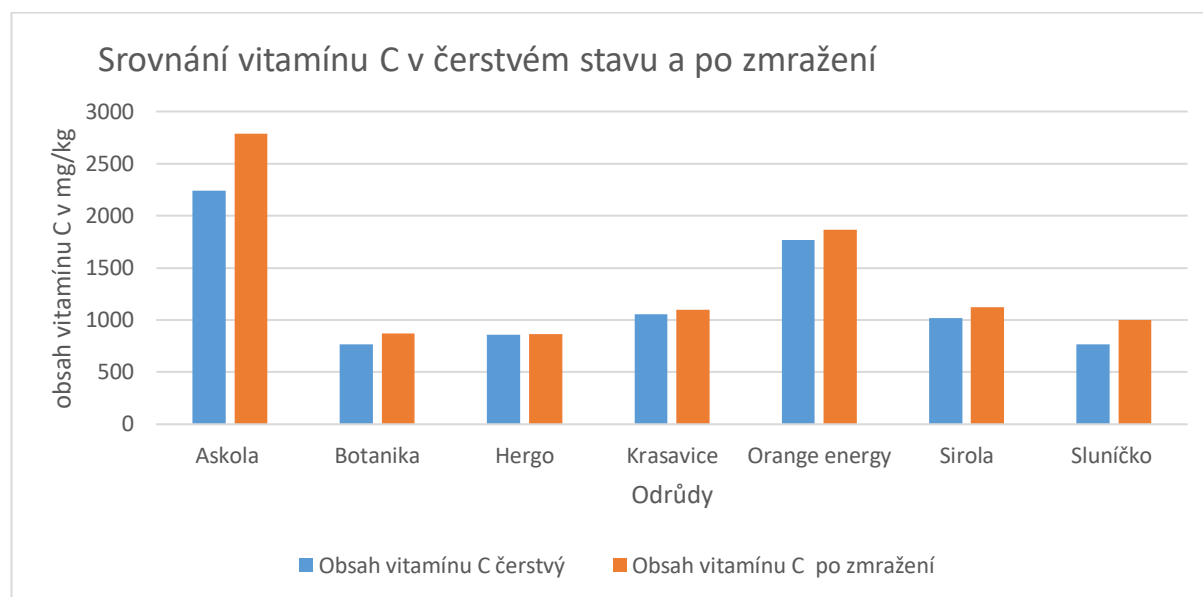


Na grafu č. 1 je znázorněný průměrný obsah vitamínu C v čerstvém stavu. Jedná se o sloupcový graf, který mezi sebou porovnává jednotlivé odrůdy. Nejvyšší obsah vitamínu C obsahovaly odrůdy Askola (2241,26 mg/kg) a Orange energy (1779,35 mg/kg), obě tyto odrůdy patřily mezi středně pozdní. U raných odrůd Botanika (763,84 mg/kg) a Sluníčko (769,14 mg/kg) byl naměřený nejnižší obsah vitamínu C, dále mezi rané odrůdy patřily Krasavice a Sirola u kterých byl, ale obsah vitamínu C vyšší. Nižších hodnoty obsahovala i pozdní odrůda Hergo. Zajímavé jsou výsledky cukernatosti. Kde nejvyšší obsah měla odrůda Askola (8,36 °Brix), ale naopak nejnižší hodnota byla naměřená u odrůda Orange energy (5,90 °Brix). Na grafu je vidět, že mezi odrůdami existuje rozdíl v obsahu vitamínu C. Přesnější výsledky jsou uvedené v tabulce 3.

*Tabulka 3 - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu*

Odrůda	Obsah vitamínu C v čerstvém stavu (mg/kg)	Cukernatost (°Brix)	Sušina (%)
Askola	2241,26	8,36	11,51
Botanika	763,84	7,04	13,92
Hergo	855,51	7,70	15,62
Krasavice	1055,89	7,44	13,47
Orange energy	1770,35	5,90	13,03
Sirola	1019,88	6,82	13,51
Sluníčko	769,14	6,50	14,13

**Graf 2 - srovnání vitamínu C v čerstvém stavu a po zmražení**

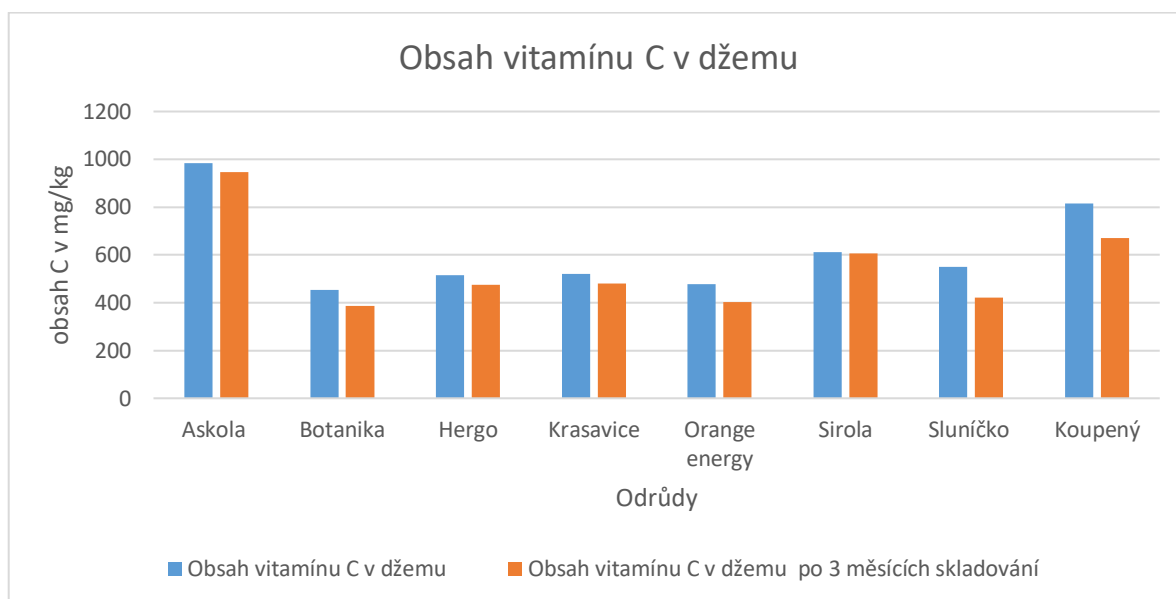


Na grafu č. 2 jsou znázorněny obsahy vitamínu C v čerstvém stavu a po zmražení u každé z odrůd. Tento graf je zajímavý z pohledu obsahu vitamínu C po zmražení, který ve všech případech neklesal, ale jeho hodnota se buď mírně nebo více zvýšila. K nejvyššímu nárůstu došlo u odrůdy Askola (o 545,84 mg/kg). K dalšímu velkému nárůstu došlo u odrůdy Sluníčko, která patří mezi rané odrůdy, následně odrůdy Botanika, Sirola a Orange energy. Hergo (o 11,35 mg/kg) a Krasavice (o 44,68 mg/kg) měly nárůst jen menší. Všechny hodnoty jsou přesněji zaznamenány v tabulce 4.

**Tabulka 4 - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu a po zmražení**

Odrůda	Obsah vitamínu C v čerstvém stavu (mg/kg)	Po zmražení (mg/kg)	Rozdíl (mg/kg)	Nárůst (%)
Askola	2241,26	2787,09	+ 545,84	24,35
Botanika	763,84	869,41	+ 105,58	13,82
Hergo	855,51	866,86	+ 11,35	1,34
Krasavice	1055,89	1100,57	+ 44,68	4,23
Orange energy	1770,35	1866,50	+ 96,16	5,43
Sirola	1019,88	1123,49	+ 103,62	10,16
Sluníčko	769,14	1000,70	+ 231,56	30,11

**Graf 3 - srovnání naměřených hodnot vitamínu C v džemu**

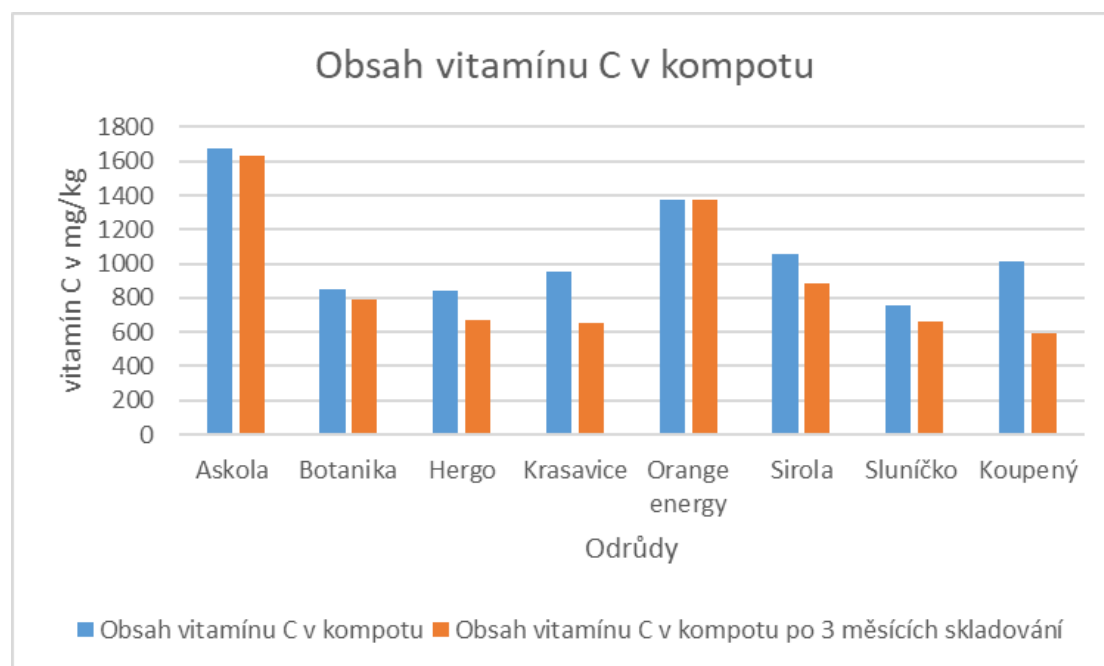


Graf č. 3 srovnává průměrné hodnoty vitamínu C v džemu a po 3 měsících skladování. K nejvyšším hodnotám patřila odrůda Askola, která si svůj vysoký obsah vitamínu C udržela i po 3 měsících skladování (tedy z 982,87 na 946,42 mg/kg). Překvapující na tomto grafu je odrůda Orange energy, která v čerstvém stavu obsahovala vysoký podíl vitamínu C, ale po zpracování na džem jeho obsah klesl na nejnižší hodnotu. Té nejnižší dosáhla odrůda Botanika (přesněji z 452,17 na 286,76 mg/kg). Koupený džem obsahoval poměrně vysoký obsah vitamínu C. Podle předpokladu, obsah vitamínu C po 3 měsících u všech odrůd klesl, nejvíce je to vidět na koupeném produktu, dále pak na odrůdě Sluníčko, Orange energy a Botanika. Nejnižšímu rozdílu došlo u odrůdy Sirola. Na grafu je vidět úbytek vlivem skladování. Přesnější výsledky jsou znázorněny v tabulce 5.

**Tabulka 5 - obsah vitamínu C v džemu a jeho obsah po 3 měsících skladování**

Odrůda	Obsah vitamínu C v džemu (mg/kg)	Po 3 měsících skladování (mg/kg)	Rozdíl (mg/kg)	Úbytek (%)
Askola	982,87	946,42	- 36,50	3,71
Botanika	452,17	386,76	- 65,40	14,46
Hergo	514,96	474,71	- 40,25	7,82
Krasavice	520,81	479,90	- 40,91	7,86
Orange energy	477,82	402,46	- 75,37	15,77
Sirola	610,38	606,88	- 3,50	0,57
Sluníčko	550,85	421,63	- 129,22	23,46
Koupený	814,12	670,23	- 143,89	17,67

**Graf 4 - srovnání naměřených hodnot vitamínu C v kompotu**



Na grafu č. 4 jsou vidět průměrné naměřené hodnoty vitamínu C v kompotu, jak se jeho obsah liší po 3 měsících skladování. Nejvyšší obsah vitamínu C byly naměřeny u odrůd Askola (z 1674,82 na 1629,02 mg/kg) a Orange energy (z 1373 na 1372,67 mg/kg), naopak nejnižší obsah byl naměřený u odrůdy Sluníčko (a to z 754,84 na 662,68 mg/kg). Ostatní odrůdy i koupený kompot obsahovaly podobné hodnoty vitamínu C. Hodnoty vitamínu C po 3 měsících skladování byly překvapující. Nejvyššímu poklesu došlo u koupeného kompotu, dále pak u odrůdy Krasavice. O menší pokles, ale stále výrazný byl u odrůdy Hergo a Sirola. K nejnižšímu poklesu došlo u odrůdy Orange energy. Na grafu je vidět ubýtek vlivem skladování. Přesnější hodnoty jsou znázorněné v tabulce 6.

**Tabulka 6 - obsah vitamínu C v kompotu a jeho obsah po 3 měsících skladování**

Odrůda	Obsah vitamínu C v kompotu (mg/kg)	Po 3 měsících skladování (mg/kg)	Rozdíl (mg/kg)	Úbytek (%)
Askola	1674,82	1629,02	- 45,80	2,73
Botanika	846,57	789,86	- 56,72	6,70
Hergo	841,39	666,43	- 174,96	20,79
Krasavice	954,92	653,46	- 301,45	31,57
Orange energy	1373,91	1372,67	- 1,23	0,09
Sirola	1053,61	887,02	- 166,59	15,81
Sluníčko	754,84	662,68	- 92,16	12,21
Koupený	1016,45	593,90	- 422,54	41,57

Tabulka 7 - statistický výstup – LSD test pro všechny čerstvé produkty

Odrůda	Způsob zpracování	Hodnoty vitamínu C	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Botanika	Džem	452,17	**												
Orange energy	Džem	477,82	**	**											
Hergo	Džem	514,96	**	**											
Krasavice	Džem	520,81	**	**											
Sluníčko	Džem	550,85	**	**											
Sirola	Džem	610,38		**	**										
Sluníčko	Kompot	754,84			**	**									
Botanika	Čerstvý	763,84				**									
Sluníčko	Čerstvý	769,14				**									
Hergo	Kompot	841,39				**	**								
Botanika	Kompot	846,57				**	**								
Hergo	Čerstvý	855,51				**	**								
Hergo	Zmražený	866,86				**	**	**							
Botanika	Zmražený	869,41				**	**	**							
Krasavice	Kompot	954,92					**	**	**						
Askola	Džem	982,87					**	**	**	**					
Sluníčko	Zmražený	1000,70					**	**	**	**					
Sirola	Čerstvý	1019,88						**	**	**					
Sirola	Kompot	1053,61							**	**					
Krasavice	Čerstvý	1055,89							**	**					
Krasavice	Zmražený	1100,57							**	**					
Sirola	Zmražený	1123,49								**					
Orange energy	Kompot	1373,91									**				
Askola	Kompot	1674,82										**			
Orange energy	Čerstvý	1770,35										**	**		
Orange energy	Zmražený	1866,50											**		
Askola	Čerstvý	2241,25												**	
Askola	Zmražený	2787,09													**

Z tabulky č. 7 lze vyčíst, zda mezi vzorky byly statistické rozdíly. Tabulka je komplexní, proto nejdříve bude popsána v rámci odrůd a poté způsobem zpracování.

U odrůd Askola a Orange energy byla potvrzena statisticky významná rozdílnost v obsahu vit. C mezi čerstvým rakytníkem a všemi možnostmi zpracování (kompot a džem). V případě těchto dvou odrůd tedy došlo k průkaznému snížení obsahu vitamínu oproti čerstvému stavu. U odrůd Botanika, Hergo a Sirola byla prokázána odlišnost pouze u vzorků džemů, ostatní vzorky se mezi sebou nelišily (tedy čerstvý, zmražený a kompot) tedy spíše nebyla potvrzená statistická významná rozdílnost mezi vzorky. Odrůdy Orange energy a Krasavice se odlišovaly mezi vzorky kompotu a džemu, kde došlo ke statistickému snížení vit. C, ale mezi čerstvými a zmraženými vzorky nebyla prokázána odlišnost.

Všechny odrůdy vykazovaly vyšší obsah vit. C po zmražení, statisticky průkazně však pouze u odrůd Sluníčko a Askola.

U čerstvých vzorků Botanika, Hergo a Sluníčko se odlišovaly Askola, Orange energy, Krasavice a Sirola. Ale mezi vzorky Askola a Orange energy se nevyskytovaly významné statistické odlišnosti. Mezi zmraženými vzorky Botanika, Hergo a Sluníčko nebyly zjištěné rozdíly, ale tyto odrůdy se odlišovaly od všech ostatních. Mezi dalšími zmraženými vzorky odrůd mezi, kterými se nevyskytovaly rozdíly byly odrůdy Krasavice a Sirola, ty se ale také statisticky odlišovaly od všech.

U vzorku džemů se nejvíce odlišovala odrůda Askola, která se významně statisticky lišila od všech. Odrůdy Botanika a Sirola se od sebe lišily také, ale mezi ostatními vzorky se nevyskytovaly statistické prokazatelné rozdíly. Obecně vzorky džemů mají nejnižší hodnoty vit. C a proto jsou řazené v horní části tabulky.

Kompot od odrůd Askola a Orange energy se významně statisticky odlišoval od všech vzorků kompotů. Mezi vzorkami Botanika, Hergo a Krasavice se neobjevily významné statistické odlišnosti, dále nebyly odlišnosti mezi odrůdami Krasavice a Sirola, také se neobjevil statisticky průkazný rozdíl mezi Botanicou, Hergem a Sluníčkem.

Závěrem, lze říci, že mezi odrůdami byly prokazatelně statisticky odhalené rozdíly.



Tabulka 8 - statistický výstup - LSD test pro džem

Odrůda	Způsob zpracování	Hodnota vitamínu C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Botanika	Džem po 3 měs. skladování	386,76	**								
Orange energy	Džem po 3 měs. skladování	402,46	**								
Sluníčko	Džem po 3 měs. skladování	421,64	**	**							
Botanika	Džem	452,17		**							
Hergo	Džem po 3 měs. skladování	474,71			**	**					
Orange energy	Džem	477,82			**	**					
Krasavice	Džem po 3 měs. skladování	479,90			**	**					
Hergo	Džem	514,96				**					
Krasavice	Džem	520,81				**	**				
Sluníčko	Džem	550,85					**				
Sirola	Džem po 3 měs. skladování	606,88						**			
Sirola	Džem	610,38						**			
Koupený	Džem po 3 měs. skladování	670,23							**		
Koupený	Džem	814,12								**	
Askola	Džem po 3 měs. skladování	964,42									**
Askola	Džem	982,87									**

Z tabulky č. 8 lze vyčíst rozdíly mezi vzorky džemů bezprostředně po zpracování a džemů po 3 měsících skladování. Tyto rozdíly jsou způsobené vlivem délky skladování při teplotě 8 °C. Vzorky, které se mezi sebou v obsahu vit. C odlišovaly vlivem skladování byly odrůdy Botanika, Orange energy, Sluníčko a Koupený džem. Proto se u těchto odrůd prokázala statistická odlišnost mezi džemem a džemem, který byl 3 měsíce skladován. U odrůd Askola, Hergo, Krasavice a Sirola se nevyskytovala statisticky významná odlišnost mezi vzorky vlivem skladováním. U těchto odrůd se tedy neprokázalo významné snížení obsahu vitamínu C během tří měsíců skladování produktu.

Tabulka 9 - statistický výstup – LDS test pro kompot

Odrůda	Způsob zpracování	Hodnota vitamínu C	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Koupený	Kompot po 3 měs. sklad.	593,90	**								
Krasavice	Kompot po 3 měs. sklad.	653,46	**								
Sluníčko	Kompot po 3 měs. sklad.	662,68	**								
Hergo	Kompot po 3 měs. sklad.	666,43	**								
Sluníčko	Kompot	754,84		**							
Botanika	Kompot po 3 měs. sklad.	789,86		**	**						
Hergo	Kompot	841,39			**	**					
Botanika	Kompot	846,57			**	**					
Sirola	Kompot po 3 měs. sklad.	887,02				**	**				
Krasavice	Kompot	954,92					**	**			
Koupený	Kompot	1016,45						**	**		
Sirola	Kompot	1053,61							**		
Orange energy	Kompot po 3 měs. sklad.	1372,67								**	
Orange energy	Kompot	1373,91								**	
Askola	Kompot po 3 měs. sklad.	1629,02									**
Askola	Kompot	1674,82									**

Na tabulce č. 9 lze vidět odlišnosti kompotů a kompotů, které byly skladovány 3 měsíce při teplotě 8 °C. Významné statistické rozdíly se objevily u odrůd Krasavice, Sirola, Sluníčko a koupeného kompotu, kdy vždy při skladování po dobu třech měsíců došlo k významnému snížení obsahu vit. C. Naopak u odrůd Askola, Botanika a Orange energy nebyly prokázány významné odlišnosti.

## 6 Diskuze

V následující kapitole jsou porovnány výsledky z měření s daty dostupných literárních zdrojů a dílčí výsledky mezi sebou.

Zjištěná variabilita výsledků je ovlivněna faktory (jako je odrůda, stáří dřeviny, doba sklizně, klimatické a geografické podmínky, či agrotechnické zásahy u dřevin). Nelze dále vyloučit, že drobná variabilita v měření mohla být způsobena technologickým limitem použitého přístroje a jeho přesností, i z toho důvodu má tedy opakované měření smysl.

### 6.1.1 Diskuze nad konkrétními výsledky

Z pohledu vitamínu C v čerstvém stavu v experimentu vyšly rozdílné hodnoty mezi odrůdami. Odrůdy Botanika a Hergo lze srovnat s výsledky od Papršteina et al. (2009), kde právě tyto odrůdy sledovaly ve 2 letech. Obsah vit. C v roce 2005 u odrůdy Hergo byl 1256,20 mg/kg a o rok později klesl na hodnotu podobnou naměřené v této práci a tedy 896,30 mg/kg. Poté lze porovnat i odrůdu Botanika, která se ale velmi výrazně s naměřenými hodnotami odlišuje. Navíc mezi lety 2005 a 2006 jsou vidět u této odrůdy nárůsty, ale hodnoty naměřené v experimentu značně klesly. Zde by vhodným vysvětlením poklesu bylo napadení škůdcem, či stanovení vit. C jinou metodou s větší citlivostí. Hodnoty pro představu jsou zobrazené níže.

*Tabulka 10 - srovnání odrůd s dostupnou literaturou (Papršteina et al. 2009)*

Vybrané odrůdy	(Papršteina et al. 2009)				Naměřené hodnoty
	Rok 2005		Rok 2006		Rok 2021
	°Rf sušina	Vitamín C (mg/kg)	°Rf sušiny	Vitamín C (mg/kg)	Vitamín C (mg/kg)
Aromat	12,20	1113,40	13,60	1008,10	
Botanika	11,80	1278,30	11,90	1296,20	763,83
Hergo	12,60	1256,20	11,80	896,30	855,51
Leicora	12,90	1566,40	12,10	1570,10	
Novost Altaje	12,80	1472,10	12,90	1260,30	

Možný výkyv v obsahu vit. C v různých odrůdách rakytníku by mohl být způsobený vysokými dávkami dusíkatého hnojiva, jak ve své práci uvádí Lee & Kader (2000). Dusík tedy podporuje růst rostlin a mohlo by dojít k relativnímu zředění obsahových látek. Dále pak zvyšují olistění rostliny a tedy by mohlo dojít k zastínění plodů a dalšímu snížení vit. C. Tuto teorii lze vyloučit z důvodu, že ani jeden keř rakytníku nebyl přihnojován.

Další metodou porovnání výsledků je možné s publikací od Bajera (2014), který ve své práci uvádí průměrné složení vit. C u všech odrůd, které byly použité v experimentu. Názorně jsou zpracované v tabulce níže. Ve srovnání s naměřenými hodnotami

v experimentu je vidět značný rozdíl. V experimentu byly naměřené nižší hodnoty, které by mohly být způsobené napadením škůdce, nebo jinou metodou měření vit. C, a tedy nižší citlivostí přístroje. Ale podle další studie, kterou provedl Wang et al. (2021) je průměrný obsah vit. C v rakytníku 400-15 500 mg/kg čerstvé hmoty. Toto rozmezí by splňovaly všechny odrůdy, produkty i po 3 měsících skladování provedené v pokusu.

*Tabulka 11 - srovnání odrůd s dostupnou literaturou (Bajer 2014)*

Obsah vitamínu C v rakytníku v mg/kg		
Odrůda	(Bajer 2014)	Výsledky pokusu
Askola	2600	2241
Botanika	1010	764
Hergo	1600-2600	856
Krasavice	2480	1056
Orange energy	2890	1770
Sirola	1270-1800	1020
Sluničko	1300	769

Cukernatost se v jednotlivých odrůdách měnila a nesouvisela s obsahem vit. C. Hodnoty se pohybovaly od 5,9 do 8,36 °Bx. Gätlan & Gutt (2021) ve své práci uvádějí obsah rozpustného cukru (tedy cukernatosti) stanoveného refraktometricky. Hodnoty, které uvádějí se pohybovaly od 9,3 do 22,74 °Bx. Tedy o dost více než byly naměřené hodnoty v experimentu.

Při srovnání čerstvých hodnot a zmražených plodů rakytníku měřených po krátkém skladování v mrazáku bylo zajímavé, jak hodnoty byly podobné a v některých případech i obsah vit. C po zmražení vzrostl. Jednalo se o odrůdy Askola, Botanika, Orange energy, Sirola a Sluničko. Lee & Kader (2000) ve své práci uvádějí, že vit. C je nejcitlivější na zničení, které by mohlo být způsobené například mrazem. Rickman et al. (2007) uvádí ve své práci obecný úbytek vit. C při zmražení. Obecně platí, že úbytek by se měl pohybovat v rozmezí 10-80 %. To se ale v experimentu nepotvrdilo, protože naopak hodnoty vit. C vzrostly v průměru od 1-30 %. Možný důvod nárůstu mohl být vyvinutý stresový faktor (chlad) na plody, či obsah vitamínu E v rakytníku, který by podle studie, kterou provedl Pathy (2018), mohl zmíněný vitamín E fungovat jako stabilizátor, lépe řečeno zpomalovat oxidaci vitamínu C a fungovat jako jeho ochránce. Dále by k možnému zvýšení vitamínu C mohl pomoci fakt o uvolnění více šťávy po zmražení, a tedy větší množství možného stanovení. Tento zjištěný fakt lze brát jako pozitivní fakt, v tom směru, že pokud bude rakytník sklizen metodou odštížení větví, které se nechají zmrazit a sběr plodů probíhá poté setřesením z větví, je vhodná metoda, při které se vit. C neztrácí. Zajímavé by bylo srovnání s dlouhodobým skladování plodů rakytníku v mrazáku delší než 1 rok a mohl by to být jako další prostor k prozkoumání.

Bajer (2014) ve své práci také zmiňuje, že hodnoty vit. C značně kolísají, a to z důvodu stupně zralosti, vnějším podmínkám, ale také existují rozdíly mezi odrůdami. Dále pak také poukazuje na fakt, že plody neobsahují enzym askorbázu, který by právě vit. C inaktivoval, proto se velké množství vitamínu objevuje i ve zpracovaných produktech. Také poukazuje na možnost stabilizace vit. C pomocí vitamínu E, ale při dlouhodobém zmrazování tento fakt neplatí, a tím pádem se účinek snižuje. Uğur et al. (2020) ve své práci zminuje,

že právě kyslík, světlo, drcení, krájení, sekání, praní, vaření, konzerování způsobují velmi významné ztráty vit. C.

Závěrem je vhodné říci, že doporučený obsah vit. C je 60–200 mg/den ale i více (zmiňovaný v publikaci od Velíšek & Hajšlová (2009)). Po převedení hodnot z mg/kg na mg/100 g vzorku, by tento doporučený příjem splňovaly všechny 100 g vzorky rakytníku, ať už v čerstvém, mraženém stavu, ale i produkty jako džem a kompot.

## 7 Závěr

Rakytník řešetlákovitý obsahuje vysoký obsah vitamínu C a někdy je označován jako superpotravinu. Na základě cílů byly v rámci praktické části práce realizovány pokusy na zjištění vitamínu C v plodech rakytníku ve vybraných odrůdách, a to jak v čerstvém a zmraženém stavu. Konkrétně se jednalo o odrůdy Askola, Botanika, Hergo, Orange energy, Krasavice, Sirola a Sluníčko. Dále byly realizované pokusy na zjištění vitamínu C v džemu a kompotu. A to, jak se změnil jeho obsah po 3 měsících skladování. Obsah vitamínu C v jednotlivých odrůdách se lišil. Mimo to se stanovovala i cukernatost jednotlivých odrůd, která byla nižší než v dostupné literatuře.

Nejvyšší obsahy vitamínu C v čerstvém stavu byly naměřené u odrůdy Askola (2241,26 mg/kg), tyto vysoké obsahy vynikaly i u produktů. Nejnižší hodnoty v čerstvém byly naměřené u odrůdy Botanika (763,84 mg/kg). To by mohlo být způsobené nejvyšším napadením škůdci, právě u této odrůdy. K zajímavým výsledkům patřily naměřené hodnoty vitamínu C po zmražení, kdy jeho obsah u některých odrůd lehce vzrostl. Nejvíce se to projevilo u odrůdy Askola a Sluníčko. Naopak nejméně u odrůdy Hergo, Krasavice a Orange energy, kde nebyla statisticky prokázána odlišnost. Obecně vlivem zpracování plodů na produkty, obsah vitamínu C klesl. Nejvyšší hodnoty vitamínu C i při zpracování měla odrůda Askola (v džemu i kompotu). Po 3 měsících skladování u vzorků džemu a kompotu byly naměřené různé rozdíly poklesu vitamínu. U džemů se jednalo v průměru o 1-23 % (kdy nejvyšší pokles byl u odrůdy Sluníčko a Koupeného džemu), u vzorků kompotů o 1-41 % (nejvíce u odrůdy Krasavice a Koupeného džemu). Koupené produkty, které byly dostupné na českém trhu, jejichž obsah vitamínu C patřil k vyšším hodnotám, vynikaly právě velkými ztrátami po 3 měsících skladování.

V této práci jsou potvrzené vysoké obsahy vitamínu C v rakytníku, které dle hypotézy klesají vlivem zpracování. Tedy způsob zpracování průkazně ovlivňuje obsah vitamínu C. K přesnějším výsledkům by bylo vhodné měření opakovat, nebo by také práce mohla být prvotním impulsem pro budoucí výzkumy, které by mohly být zaměřené na širší okruh odrůd, jiných metod stanovení vitamínu C, anebo dalším metodám porovnání obsahu vitamínu po zpracování na jiné produkty.

## 8 Literatura

- Aksoz E, Korkut O, Aksit D, Gokbulut C. 2020. Vitamin E ( $\alpha$ -,  $\beta$  +  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherol) levels in plant oils. *Flavour and Fragrance Journal* **35**:504–510.
- Arora P, Kumar V, Batra S. 2002. Vitamin A status in children with asthma. *Pediatric Allergy and Immunology* **13**:223–226.
- Arya SP, Mahajan M, Jain P. 2000. Non-spectrophotometric methods for the determination of Vitamin C. *Analytica Chimica Acta* **417**:1–14.
- Bajer J. 2014. *Rakytník - zázračná rostlina, oranžový poklad*. Mladá fronta, Praha.
- Bartoš M, Švančara I, Šrámková J. 2014. *Laboratorní cvičení z Analytická chemie I.3*. Univerzita Pardubice, Pardubice.
- Carr AC, Maggini S. 2017. Vitamin C and immune function. *Nutrients* **9**:1–25. Available from <https://www.mdpi.com/2072-6643/9/11/1211/htm>.
- Ciesarová Z et al. 2020. Why is sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) so exceptional? A review. *Food Research International* **133**:109170. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109170>.
- Danet AF, Pisoschi AM, Kalinowski S. 2008. Ascorbic acid determination in commercial fruit juice samples by cyclic voltammetry. *Journal of Automated Methods and Management in Chemistry* **2008**.
- Davídek J, Hrdlička J, Karvánek M, Pokorný J, Seifert J, Velíšek J. 1977. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. Nakladatelství technické literatury, Praha.
- Dilgin Y, Nişli G. 2005. Fluorimetric determination of ascorbic acid in vitamin C tablets using methylene blue. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin* **53**:1251–1254.
- Dolejší A, Kott V, Šenk L. 1991. *Méně známé ovoce*. Editace zahrádka, Praha.
- Dolejšková J, Marek Z, Hejtmánková A, Mader P. 2009. *Chemie I. - vybrané kapitoly z obecné, anorganické a analytické chemie*. Česká zemědělská univerzita, Praha.
- Dong K, Binosh Fernando WMAD, Durham R, Stockmann R, Jayasena V. 2021. Nutritional Value, Health-promoting Benefits and Food Application of Sea Buckthorn. *Food Reviews International* **00**:1–16. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/87559129.2021.1943429>.
- Dostálová J a PK. 2014. *Potravinářské zbožíznalství: technologie potravin*. Key Publishing, Ostrava.
- EPPO. 2022. EPPO Global Database. Available from <https://gd.eppo.int/>.

- Fu L, Su H, Li R, Cui Y. 2014. Harvesting technologies for sea buckthorn fruit. *Engineering in Agriculture, Environment and Food* **7**:64–69. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.eaef.2013.10.002>.
- Gâtlan AM, Gutt G. 2021. Sea buckthorn in plant based diets. An analytical approach of sea buckthorn fruits composition: Nutritional value, applications, and health benefits. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **18**.
- Gâtlan AM, Gutt G, Naghiu A. 2020. Capitalization of sea buckthorn waste by fermentation: Optimization of industrial process of obtaining a novel refreshing drink. *Journal of Food Processing and Preservation* **44**:1–14.
- Gentili F, Huss-Danell K. 2002. Phosphorus modifies the effects of nitrogen on nodulation in split-root systems of *Hippophaë rhamnoides*. *New Phytologist* **153**:53–61.
- Gibson GE, Hirsch JA, Fonzetti P, Jordan BD, Cirio RT, Elder J. 2016. Vitamin B1 (thiamine) and dementia. *Annals of the New York Academy of Sciences* **1367**:21–30.
- Grahovac ZM, Mitić SS, Pecev TG, Pecev ET, Pavlović AN. 2008. Kinetic spectrophotometric determination of ascorbic acid in pharmaceutical samples by oxidation of ponceau 4R by hydrogen peroxide. *Journal of the Chinese Chemical Society* **55**:137–142.
- Gutzeit D, Baleanu G, Winterhalter P, Jerz G. 2007. Determination of processing effects and of storage stability on vitamin K1 (Phylloquinone) in sea buckthorn berries (*Hippophaë rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) and related products. *Journal of Food Science* **72**.
- Gutzeit D, Baleanu G, Winterhalter P, Jerz G. 2008. Vitamin C content in sea buckthorn berries (*Hippophaë rhamnoides* L. ssp. *rhamnoides*) and related products: A kinetic study on storage stability and the determination of processing effects. *Journal of Food Science* **73**:615–620.
- Hamerlinck G, Hulbert D, Hood GR, Smith JJ, Forbes AA. 2016. Histories of host shifts and cospeciation among free-living parasitoids of *Rhagoletis* flies. *Journal of evolutionary biology* **29**:1766–1779.
- He CY, Zhang GY, Zhang JG, Duan AG, Luo HM. 2016. Physiological, biochemical, and proteome profiling reveals key pathways underlying the drought stress responses of *Hippophae rhamnoides*. *Proteomics* **16**:2688–2697.
- Jančář L, Jančářová I. 1997. *Analytická chemie - laboratorní cvičení 1*. Masarykova univerzita v Brně, Brno.
- Kabasakalis V, Siopidou D, Moshatou E. 2000. Ascorbic acid content of commercial fruit juices and its rate of loss upon storage. *Food Chemistry* **70**:325–328. Available from <https://www.sciencedirect.com/infodroje.czu.cz/science/article/pii/S0308814600000935?via%3Dihub>.



- Korekar G, Sharma RK, Kumar R, Meenu, Bisht NC, Srivastava RB, Ahuja PS, Stobdan T. 2012. Identification and validation of sex-linked SCAR markers in dioecious *Hippophae rhamnoides* L. (Elaeagnaceae). *Biotechnology Letters* **34**:973–978.
- Lee SK, Kader AA. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* **20**:207–220.
- Ma X, Yang W, Kallio H, Yang B. 2020a. Health promoting properties and sensory characteristics of phytochemicals in berries and leaves of sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides*). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **0**:1–19. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1869921>.
- Ma X, Yang W, Marsol-Vall A, Laaksonen O, Yang B. 2020b. Analysis of flavour compounds and prediction of sensory properties in sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) berries. *International Journal of Food Science and Technology* **55**:1705–1715.
- Magrach A, Sanz MJ. 2020. Environmental and social consequences of the increase in the demand for ‘superfoods’ world-wide. *People and Nature* **2**:267–278.
- Mahdavifar B, Hosseinzadeh M, Salehi-Abargouei A, Mirzaei M, Vafa M. 2021. Dietary intake of B vitamins and their association with depression, anxiety, and stress symptoms: A cross-sectional, population-based survey. *Journal of Affective Disorders* **288**:92–98. Elsevier B.V. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jad.2021.03.055>.
- Mozūraitis R, Aleknavičius D, Vepškaitė-Monstavičė I, Stanevičienė R, Emami SN, Apšegaitė V, Radžiūtė S, Blažytė-Čereškienė L, Servienė E, Būda V. 2020. *Hippophae rhamnoides* berry related *Pichia kudriavzevii* yeast volatiles modify behaviour of *Rhagoletis batava* flies. *Journal of Advanced Research* **21**:71–77.
- Narasagoudr SS, Hegde VG, Chougale RB, Masti SP, Vootla S, Malabadi RB. 2020. Physico-chemical and functional properties of rutin induced chitosan/poly (vinyl alcohol) bioactive films for food packaging applications. *Food Hydrocolloids* **109**:106096. Elsevier Ltd. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106096>.
- Negi PS, Chauhan AS, Sadia GA, Rohinishree YS, Ramteke RS. 2005. Antioxidant and antibacterial activities of various seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) seed extracts. *Food Chemistry* **92**:119–124.
- Nejati-Yazdinejad M. 2007. Indirect determination of ascorbic acid (vitamin C) by spectrophotometric method. *International Journal of Food Science and Technology* **42**:1402–1407.
- Norris JW, Pratt RF. 1974. Folic Acid Deficiency and Epilepsy. *Drugs* **8**:366–385.
- Olas B. 2016. Sea buckthorn as a source of important bioactive compounds in cardiovascular diseases. *Food and Chemical Toxicology* **97**:199–204. Elsevier Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2016.09.008>.

- Olas B, Skalski B, Ulanowska K. 2018. The anticancer activity of sea buckthorn [*Elaeagnus rhamnoides* (L.) A. Nelson]. *Frontiers in Pharmacology* **9**:1–8.
- Ono K, Yamada M. 2012. Vitamin A and Alzheimer's disease. *Geriatrics and Gerontology International* **12**:180–188.
- Paprštein F, Kosina J, Jiří S. 2009. Technologie pěstování a množení rakytníku řešetlákového (*Hippophae rhamnoides* L.) Mendelova. Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., Brno.
- Pathy K. 2018. Process for Preparation of Vitamin C and Method for Determination of Vitamin C in Tablets. *Surgery & Case Studies: Open Access Journal* **1**.
- Pizzo JS, Cruz VHM, Rodrigues CA, Manin LP, Visentainer L, Santos OO, Maldaner L, Visentainer JV. 2022. Rapid determination of L-ascorbic acid content in vitamin C serums by ultra-high-performance liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *International Journal of Cosmetic Science* **44**:131–141.
- Pundir S, Garg P, Dwiwedi A, Ali A, Kapoor VK, Kapoor D, Kulshrestha S, Lal UR, Negi P. 2021. Ethnomedicinal uses, phytochemistry and dermatological effects of *Hippophae rhamnoides* L.: A review. *Journal of Ethnopharmacology* **266**:113434. Elsevier B.V. Available from <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113434>.
- Ran B, Guo CE, Li W, Li W, Wang Q, Qian J, Li H. 2021. Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) fermentation liquid protects against alcoholic liver disease linked to regulation of liver metabolome and the abundance of gut microbiota. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **101**:2846–2854.
- Řezníček V, Salaš P. 2015. Gene pool of less widely spread fruit tree species. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **52**:159–168.
- Rickman JC, Barrett DM, Bruhn CM. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **87**:930–944. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2825>.
- Salo HM, Nguyen N, Alakärppä E, Klavins L, Hykkerud AL, Karppinen K, Jaakola L, Klavins M, Häggman H. 2021. Authentication of berries and berry-based food products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*.
- Schramm M, Wiegmann K, Schramm S, Gluschko A, Herb M, Utermöhlen O, Krönke M. 2014. Riboflavin (vitamin B2) deficiency impairs NADPH oxidase 2 (Nox2) priming and defense against *Listeria monocytogenes*. *European Journal of Immunology* **44**:728–741.
- Selvamuthukumaran M, Khanum F. 2014. Effect of modified atmosphere packaging on physicochemical, sensory and microbiological properties of spray-dried sea buckthorn fruit juice powder. *Journal of Food Quality* **37**:149–156.

- Selvamuthukumar M, Khanum F, Bawa AS. 2007. Development of sea buckthorn mixed fruit jelly. *International Journal of Food Science and Technology* **42**:403–410. Available from <https://ifst-onlinelibrary-wiley-com.infozdroje.czu.cz/doi/10.1111/j.1365-2621.2006.01233.x>.
- Shim H et al. 2018. SENSITIVE SPECTROPHOTOMETRIC METHOD FOR DETERMINATION OF VITAMINS (C AND E). *Advanced Optical Materials* **10**:1–9. Available from <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.101.089902>  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.nantod.2015.04.009>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-018-05514-9>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-019-13856-1>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2>  
<http://dx.doi.org/10.1038/s41467-020-14365-2>
- Šrámek V, Kosina L. 1996. *Chemie analytická 1*. FIN, Olomouc.
- Srinivasan D. 2008. *Fennema's Food Chemistry-CRC Press (2008) - 4th Edition.pdf*. Apple Academic Press Inc.
- Suryakumar G, Gupta A. 2011. Medicinal and therapeutic potential of Sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*). *Journal of Ethnopharmacology* **138**:268–278. Elsevier Ireland Ltd. Available from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2011.09.024>.
- Sus J, Nečas T. 2011. *Řez ovocných dřevin*. Grada Publishing a.s., Praha.
- Uğur H, Çatak J, Mızrak ÖF, Çebi N, Yaman M. 2020. Determination and evaluation of in vitro bioaccessibility of added vitamin C in commercially available fruit-, vegetable-, and cereal-based baby foods. *Food Chemistry* **330**:127166. Elsevier. Available from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127166>.
- Valíček & Havelka. 2008. *Rakytník řešetlákový: rostlina budoucnosti.*, 2017th edition. Start, Benešov.
- Velíšek J, Hajšlová J. 2009. *Chemie potravin I.3*. OSSIS, Tábor.
- Volmer DA, Mendes LRBC, Stokes CS. 2015. Analysis of vitamin D metabolic markers by mass spectrometry: Current techniques, limitations of the “gold standard” method, and anticipated future directions. *Mass Spectrometry Reviews* **34**:2–23.
- Wang K, Xu Z, Liao X. 2021. Bioactive compounds, health benefits and functional food products of sea buckthorn: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **0**:1–22. Taylor & Francis. Available from <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1905605>.
- Wilson MP, Plecko B, Mills PB, Clayton PT. 2019. Disorders affecting vitamin B6 metabolism. *Journal of Inherited Metabolic Disease* **42**:629–646.
- Yakob NA, Peek MJ, Quinlivan JA. 2021. Vitamin B3 levels in women who experience first-trimester miscarriage. *Australian and New Zealand Journal of Obstetrics and Gynaecology* **61**:478–483.

- Záruba K, Král V, Mestek O, Řezanka P, Urban Š, Volka K. 2016. Analytická chemie (1. díl)1. Vysoká škola chemicko-technologická, Praha.
- Zhou X, Tian L, Zhang J, Ma L, Li X, Tian C. 2017. Rhizospheric fungi and their link with the nitrogen-fixing Frankia harbored in host plant Hippophae rhamnoides L. Journal of Basic Microbiology **57**:1055–1064.
- Zolmanová B. 1990. Chemické kontrolní metody II. pro střední průmyslové školy studijní obor výroba cukru a cukrovinek. Redakce literatury potravinářského průmyslu, Praha.

## 9 Přehled grafů, obrázků a tabulek

<b>Obrázek 1</b> - aktuální výskyt Vrtule rakytníkové (EPPO 2022) .....	16
<b>Obrázek 2</b> - struktura vitamínu C (Shim et al. 2018) .....	22
<b>Obrázek 3</b> - blokové schéma chromatografu (Záruba et al. 2016).....	32
<b>Obrázek 4</b> - schéma oxidace vitamínu C v jodometrii (Bartoš et. al. 2014) .....	35
<b>Tabulka 1</b> - přehled vitamínu C ve vybraných druzích ovoce (Velíšek & Hajšlová 2009) ....	24
<b>Tabulka 2</b> - nutriční složení (%) v bobulích rakytníku (Wang et al. 2021).....	26
<b>Tabulka 3</b> - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu .....	43
<b>Tabulka 4</b> - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu a po zmražení.....	44
<b>Tabulka 5</b> - obsah vitamínu C v džemu a jeho obsah po 3 měsících skladování.....	45
<b>Tabulka 6</b> - obsah vitamínu C v kompotu a jeho obsah po 3 měsících skladování .....	46
<b>Tabulka 7</b> - statistický výstup – LSD test pro všechny čerstvé produkty .....	47
<b>Tabulka 8</b> - statistický výstup - LSD test pro džem .....	49
<b>Tabulka 9</b> - statistický výstup – LDS test pro kompot.....	50
<b>Tabulka 10</b> - srovnání odrůd s dostupnou literaturou (Paprštein et al. 2009) .....	51
<b>Tabulka 11</b> - srovnání odrůd s dostupnou literaturou (Bajer 2014).....	52
<b>Graf 1</b> - obsah vitamínu C v mg/kg v čerstvém stavu .....	43
<b>Graf 2</b> - srovnání vitamínu C v čerstvém stavu a po zmražení .....	44
<b>Graf 3</b> - srovnání naměřených hodnot vitamínu C v džemu .....	45
<b>Graf 4</b> - srovnání naměřených hodnot vitamínu C v kompotu.....	46