

UNIVERZITA PARDUBICE  
FAKULTA CHEMICKO-TECHNOLOGICKÁ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2022

Barbora Hlaváčová

Univerzita Pardubice

Fakulta chemicko-technologická

Moderní trendy ve výživě - mikrozelenina

Bakalářská práce

2022

Barbora Hlaváčová

University of Pardubice

Faculty of Chemical Technology

Modern trends in nutrition - microgreens

Bachelor thesis

2022

Barbora Hlaváčová

Univerzita Pardubice  
Fakulta chemicko-technologická  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Barbora Hlaváčová**  
Osobní číslo: **C19353**  
Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**  
Studijní obor: **Hodnocení a analýza potravin**  
Téma práce: **Moderní trendy ve výživě – mikrozelenina**  
Zadávací katedra: **Katedra analytické chemie**

## Zásady pro vypracování

1. Provedte literární rešerši zabývající se problematikou mikrozeleniny (microgreens), tedy jedné z kategorií označovaných jako superpotraviny budoucnosti.
2. Popište základní charakteristiku microgreens a prezentujte nejvýznamnější zástupce této kategorie potravin.
3. Diskutujte zdravotní aspekty související s konzumací potravin spadajících do kategorie microgreens, a to nejen benefity, ale i případná rizika spojená především s nevyváženou stravou.

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

Seznam doporučené literatury:

Podle pokynů vedoucího práce.

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

Datum zadání bakalářské práce: **7. února 2022**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **1. července 2022**

L.S.

---

**prof. Ing. Petr Kalenda, CSc.**  
děkan

---

**prof. Ing. Karel Ventura, CSc.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 21. února 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Moderní trendy ve výživě - mikrozelenina jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

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

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

V Pardubicích dne 28. 6. 2022

Barbora Hlaváčová

## **Poděkování**

Ráda bych zde poděkovala vedoucímu mé bakalářské práce doc. Ing. Martinu Adamovi, Ph.D. za užitečné informace, odborné vedení, ochotu a vstřícný přístup při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat celé své rodině a blízkým přátelům za podporu během studia.

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá moderními trendy ve výživě, a to konkrétně mikrozeleninou, jejím pěstováním, nutriční charakteristikou a chemickým složením. Popisuje základní druhy mikrozeleniny, stanovení mikronutrientů a jednotlivé bioaktivní látky, které se v mikrozelenině vyskytují. Zabývá se problematikou nevyvážené stravy a jak může mikrozelenina pomoci v udržení zdravého životního stylu.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Mikrozelenina, mikronutrienty, výživa, vyvážená strava

## **ANNOTATION**

This bachelor thesis deals with modern trends in nutrition, specifically microgreens, their cultivation, nutritional characteristics, and chemical composition. It describes the basic types of microgreens, the determination of micronutrients, and the different bioactive substances found in microgreens. Addresses the issue of unbalanced diets and how microgreens can help maintain a healthy lifestyle.

## **KEYWORDS**

Microgreens, micronutrients, nutrition, balanced diet



<b>ÚVOD</b> .....	<b>14</b>
<b>1 MICROGREENS</b> .....	<b>15</b>
1.1 Pěstování mikrozeleniny.....	16
1.2 Trvanlivost mikrozeleniny.....	17
1.3 Vliv světla.....	18
1.4 Jídlo budoucnosti.....	18
<b>2 ZÁKLADNÍ DRUHY MICROGREENS</b> .....	<b>19</b>
2.1 Ředkev Daikon .....	19
2.2 Ředkev China Rose.....	20
2.3 Hrách.....	20
2.4 Růžičková kapusta .....	21
2.5 Brokolice.....	21
2.6 Hořčice.....	22
<b>3 NUTRIČNÍ CHARAKTERISTIKA A CHEMICKÉ SLOŽENÍ</b> .....	<b>23</b>
3.1 Makroživiny (makronutrienty) .....	23
3.1.1 Sacharidy .....	23
3.1.2 Bílkoviny .....	23
3.1.3 Tuky.....	24
3.2 Mikroživiny (mikronutrienty).....	24
3.2.1 Minerální látky a stopové prvky v mikrozelenině .....	25
3.2.1.1 Draslík.....	25
3.2.1.2 Vápník.....	26
3.2.1.3 Hořčík .....	26
3.2.1.4 Železo .....	26
3.2.1.5 Mangan .....	26
3.2.1.6 Fosfor .....	27

3.2.2	Vitaminy vyskytující se v mikrozelenině .....	27
3.2.2.1	Vitamin A .....	27
3.2.2.2	Vitamin D .....	28
3.2.2.3	Vitamin E .....	28
3.2.2.4	Vitamin K .....	28
3.2.2.5	Vitamin C .....	29
3.2.3	Fytochemikálie .....	29
<b>4</b>	<b>STANOVENÍ SLOŽEK V MICROGREENS.....</b>	<b>31</b>
4.1	Instrumentální metody stanovení složek v microgreens.....	31
4.1.1	Atomová absorpční spektroskopie.....	31
4.1.2	Vysokoúčinná kapalinová chromatografie .....	31
4.1.3	Spektrofotometrická analýza .....	32
4.2	Stanovení obsahu minerálních látek v microgreens .....	33
4.2.1	Gravimetrické stanovení minerálních látek .....	33
4.2.1.1	Stanovení vápníku .....	33
4.2.1.2	Stanovení hořčíku .....	33
4.2.2	Titrační stanovení minerálních látek.....	34
4.2.2.1	Stanovení vápníku manganometrickou titrací .....	34
4.2.2.2	Stanovení vápníku a hořčíku komplexometrickou titrací.....	34
4.2.3	Spektrofotometrické stanovení minerálních látek .....	34
4.2.3.1	Spektrofotometrické stanovení manganu formaldioximem.....	34
4.2.3.2	Spektrofotometrické stanovení železa 2,2'-dipyridylem .....	34
4.2.3.3	Stanovení draslíku a vápníku plamenovou fotometrií .....	34
4.3	Stanovení obsahu vitaminů v microgreens .....	35
4.3.1	Odběr a příprava vzorku .....	35
4.3.2	Stanovení vitamínu K .....	36

4.3.3	Stanovení vitamínu E.....	36
4.3.3.1	Spektrofotometrické stanovení celkových tokoferolů .....	36
4.3.3.2	Stanovení vitamínu E pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie....	36
4.3.4	Stanovení vitamínu C .....	36
4.3.4.1	Titrace pomocí jodu (jodometricky).....	36
4.3.4.2	Titrace pomocí bromu (bromátometricky) .....	37
4.3.4.3	Titrace pomocí 2,6-dichlorfenolindofenolu.....	37
4.4	Stanovení karotenoidů .....	38
<b>5</b>	<b>VLIV MICROGREENS NA ZDRAVÍ.....</b>	<b>39</b>
5.1	Mikrozelenina bohatá na antioxidanty a vliv na oxidační stres.....	39
5.2	Mikrozelenina zelí a kardiovaskulární onemocnění .....	40
5.3	Způsoby stravování a diety .....	40
5.3.1	Vegetariánství .....	40
5.3.2	Veganství .....	40
5.3.3	Nízkosacharidová strava s vysokým obsahem tuků .....	41
5.3.4	Nízkotučná strava .....	41
5.4	Vyvážená strava.....	42
5.5	Důsledky nevyvážené stravy .....	42
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>44</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>45</b>

## SEZNAM ZKRATEK

AAS	atomová absorpční spektroskopie
ATP	adenosintrifosfát
DDD	doporučená denní dávka
GMO	geneticky modifikované potraviny
GTP	guanosintrifosfát
HDL	high density lipoprotein, lipoprotein o vysoké hustotě
HPLC	vysokoúčinná kapalinová chromatografie
LADA	latent autoimmune diabetes in adults, latentní autoimunitní diabetes u dospělých
LDL	low density lipoprotein, lipoprotein o nízké hustotě
LED	Light-Emitting Diode
MK	mastné kyseliny

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Microgreens .....	15
Obrázek 2: <i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>longipinnatus</i> Bailey .....	19
Obrázek 3: <i>Raphanus sativus</i> L. var. China Rose .....	20
Obrázek 4: <i>Pisum sativum</i> L. ....	20
Obrázek 5: <i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>gemmifera</i> .....	21
Obrázek 6: <i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck .....	21
Obrázek 7: <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern .....	22
Obrázek 8: Vitamin E – $\alpha$ -tokoferol .....	28
Obrázek 9: Vitamin K <sub>1</sub> .....	29
Obrázek 10: Kyselina L-askorbová .....	29
Obrázek 11: Některé typické struktury bioaktivních látek v mikrozeleňině <i>Brassicaceae</i> .....	30
Obrázek 12: Schéma atomového absorpčního spektrometru .....	31
Obrázek 13: Základní schéma vysokoúčinného kapalinového chromatografu.....	32
Obrázek 14: Schéma spektrofotometru .....	33
Obrázek 15: Schéma oxidace kyseliny L-askorbové jódem .....	37
Obrázek 16: Schéma oxidace kyseliny L-askorbové bromem .....	37

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Obsah vybraných minerálů, stopových prvků a vitaminů v mikrozeleňině .....	25
---	----

## ÚVOD

Mezi základy zdravé a vyvážené stravy neodmyslitelně patří rozmanitost přijímaných potravin. Ve správném jídelníčku by měly být zařazeny jak produkty živočišné, tak i ty rostlinné. Hlavním cílem je zajištění přísunu minerálů, vitaminů, nenasycených mastných kyselin, vlákniny a biologicky aktivních nenutritivních látek, které hrají klíčovou roli v prevenci vzniku chronických onemocnění. Mikrozelenina může být jedním ze zdrojů těchto živin.

Mikrozelenina si v posledních letech získává stále větší pozornost jako nová kulinářská specialita, vyznačující se širokou škálou barev, chutí a textur. Díky své nezralosti mají obvykle koncentrovanou chuť, jemnou strukturu, zářivou barvu a mají vysoký obsah živin. Na trhu jsou k dispozici různé druhy mikrozelenin, jako jsou brokolice, kapusta, celer, opálová bazalka nebo červená řepa. Díky své silné chuti a atraktivním senzoryckým vlastnostem si mikrozelenina získala v posledních několika letech velkou oblibu a je často používána špičkovými kuchaři k ozdobení polévek a sendvičů. Jejich funkční přínosy přitahují také pozornost výzkumníků v oblasti výživy a otevírají dveře pro využití v oblasti výživy a zdraví.

## 1 MICROGREENS

Mikrozelenina, neboli microgreens (obr. 1), jsou malé výhonky zeleniny ze semen mnoha druhů. Z hlediska chuti jsou miniaturní verzí plnohodnotné zeleniny.

Tyto rostliny se sklízí a konzumují v první fázi růstu rostliny, tedy hned po vyklíčení, kdy jsou listy plně vyvinuté a mohou se objevit první pravé listy. Přesněji se jedná o rostliny 2,5 až 15 cm vysoké plné aromatické chuti, s vysokou koncentrací živin, vitamínů a antioxidantů. Mikrozelenina, na rozdíl od klíčků, je považována za listovou zeleninu. Konzumace je možná 6 až 21 dní od zasetí.

Je to superpotravinu, která se dá různě kombinovat jak v teplých, tak i ve studených pokrmech. Mikrozelenina má ve skutečnosti mnohem více živin a zdravých prospěšných látek než samotné dospělé verze jednotlivých druhů. Ukázalo se například, že mikrozelenina má vysoký obsah vitamínů nebo jejich prekurzorů, včetně karotenoidů, kyseliny askorbové, tokoferolů a tokotrienolů, fylochinonu a folátu [1].



Obrázek 1: Microgreens [2]

V současné době jsou produkty z mikrozeleniny spotřebitelům k dispozici jak v řetězcích obchodů s potravinami, tak na místních farmách. Růstové prostředí a metody sklizně se však značně liší. Farmy pěstují mikrozeleninu v půdě nebo hydroponicky. Na druhou stranu

komerční mikrozelenina se obvykle pěstuje hydroponicky, což zvyšuje produktivitu mikrozeleniny, ale může zhoršit její nutriční a sensorickou kvalitu. Kromě toho je mikrozelenina zakoupená na místních farmách obvykle čerstvější než mikrozelenina z obchodů s potravinami, a to z důvodu kratší doby přepravy, což může dále ovlivnit nutriční a sensorické vlastnosti rostlin [1].

Díky svým charakteristickým zvláštnostem představují mikrozelenina bohatý zdroj potravin pro zvláště náročné kategorie spotřebitelů, jako jsou vegetariáni a vegani, kteří si mohou zpestřit a obohatit svůj jídelníček pomocí velkého množství dostupných mikrozelenin. Navíc vzhledem k tomu, že se mikrozelenina obvykle konzumuje v syrovém stavu, může uspokojit i specifické potřeby takzvaných „raw foodistů“ [3].

Přidáváním microgreens do jídelníčku se do těla dostane množství vitamínů, prvků a živin ve své původní podobě bez chemických příměsí. Jsou bohaté např. na draslík, železo, zinek, hořčík a měď. Z vitamínů lze v microgreens nalézt jak vitaminy rozpustné v tucích (E a K), tak i ty rozpustné ve vodě (B a C). Konzumací microgreens se posiluje přirozená imunita organismu.

### **1.1 Pěstování mikrozeleniny**

Mikrozeleninu je možné pěstovat v jakýchkoli podmínkách. Jsou to nenáročné rostlinky, které první týden nepotřebují ani světlo a je možné je umístit třeba na okno. Jakákoli semena ať už hrachu nebo brokolice jsou vložena do zahradnického substrátu v klíčící misce (může být i plastová krabička s otvory na dně). Vyvíjejícím se rostlinkám je třeba zajistit konstantní klima o teplotě 18–24 °C a první týden je zavlažovat rozprašovačem. Další týden je klíčící miska přemístěna na světlo a musí se čekat až se plně vyvinou děložní lístky a začnou růst pravé. Poté už se mikrozelenina zastříhne těsně nad substrátem a může se již konzumovat.

Velikost se u jednotlivých druhů liší, obvykle však dosahují výšky 2,5 až 15 cm. Vegetační cyklus je krátký a pohybuje se mezi 7 a 21 dny od vzejití semenáčků. Výhonky se sklízí seříznutím těsně nad kořeny a konzumují se syrové buď samostatně, nebo ve směsných salátech, případně se používají jako ozdoba pokrmů. Mikrozeleninu lze také komerčně pěstovat v truhlících se substrátem, bez sklizně. Tato strategie umožňuje delší skladovatelnost a široké možnosti komercializace. Jedním z hlavních problémů mikrozeleniny je rychlé zhoršení její kvality, ke které dochází brzy po sklizni [4].

Z hlediska techniky pěstování jsou mikrogreeny velmi vhodné pro produkci ve vnitřních prostorech. Často se pěstují v hydroponických systémech na různých substrátech.



**Hydroponický systém** je metoda pěstování rostlin bez půdy v živném roztoku např. na substrátech jako je kokosové vlákno. Je důležité zdůraznit, že hydroponické systémy by mohly být udržitelnou alternativou ke konvenčnímu zemědělství, protože vyžadují méně vody, hnojiv, pesticidů a prostoru pro pěstování plodin. V posledních letech se navíc vertikální zemědělské systémy objevily jako potenciální řešení pro městské zahradnictví se zajímavými pozitivními důsledky z hlediska snížení dopadu na životní prostředí, a to díky zkrácení řetězce dodávek potravin, snížení množství odpadu a fosilních zdrojů pro přepravu s následným snížením emisí CO<sub>2</sub>. Tyto systémy jsou také méně ovlivněny změnou klimatu, protože se realizují v chráněném prostředí [4].

Pěstební médium hraje velmi důležitou roli při určování výnosu a kvality mikrozelenin a udržitelnosti výrobního procesu. S tím souvisí i zvýšený počet vědeckých prací, které v posledních několika letech informovaly o příznivých účincích LED světla (Light-Emitting Diode) v zemědělství s řízeným prostředím na růst a kvalitativní znaky rostlin, včetně akumulace významných sloučenin, jako jsou karotenoidy, fenolické látky a glukosinoláty [4].

V současné době se pro pěstování mikrozelenin používají především substráty na bázi rašeliny, které jsou však drahé a neobnovitelné. Alternativou k rašelině může být kokosové vlákno, které je organickým a obnovitelným zdrojem. Kokosové vlákno má však některé nevýhody, pokud jde o možnou vysokou koncentraci solí a také vysoký počet plísní a bakterií. Levnou a obnovitelnou alternativou by mohlo být použití vláknitých materiálů, např. polyesteru, bavlny nebo jutových vláken. Dalšími dostupnými anorganickými médii jsou například perlit, vermikulit a minerální vlna. Tato média jsou však velmi drahá, jejich výroba je energeticky náročná a na konci výroby je nelze snadno zlikvidovat [4].

## **1.2 Trvanlivost mikrozeleniny**

Jako čerstvě řezané produkty se mikrozelenina vyznačuje relativně krátkou dobou skladovatelnosti, která nepřesahuje 10–14 dní. Protože je složena z mladých tkání, je čerstvě řezaná mikrozelenina vysoce respirující produkt, jehož úbytek souvisí spíše s reakcí vyvolanou stresem než s přirozeným stárnutím. Za proměnné ovlivňující trvanlivost čerstvě řezané mikrosklizně se považují jak ošetření před sklizní a po sklizni, tak i různé obalové materiály a balení v modifikované atmosféře [5].

Bylo zjištěno, že ve fázích před sklizní zlepšuje ošetření postřikem CaCl<sub>2</sub> jejich posklizňovou kvalitu s lepší celkovou vizuální kvalitou a delší skladovatelností [6].

Trvanlivost mikrozeleniny může pozitivně ovlivnit např. mytí ozonem, potahování a balení v modifikované atmosféře. Tyto postupy se řadí mezi posklizňové zásahy a obvykle se používají k zajištění bezpečnosti a prodloužení trvanlivosti microgreens. Ošetření kyselinou askorbovou, kyselinou citronovou nebo ethanolovými parami poskytuje správné podmínky posklizňové manipulace. Způsob balení, teplota skladování a osvětlení mají vliv na složení a koncentraci živin v rostlinách [6,7].

Nicméně teplota skladování je faktorem, který nejvíce ovlivňuje trvanlivost produktu [5]. Za optimální teplotu skladování se považuje 5 °C a čerstvě sklizená mikrozelenina tak vydrží 10 dní [6].

### **1.3 Vliv světla**

Bylo prokázáno, že zásahy před a po sklizni mikrozeleniny mají vliv na její nutriční kvalitu. Obecně se předsklizňové zásahy zaměřují na zvýšení výnosu, eliminaci patogenu a minimalizaci bezpečnostních rizik. Byl porovnáván obsah živin v mikrozelenině v tmavé místnosti nebo při stálém osvětlení (100  $\mu\text{mol}$  fotonů/ $\text{m}^2\text{s}$ ) a byl zaznamenán významně vyšší obsah karotenoidů, chlorofylu a kyseliny askorbové ve skupině ošetřené světlem.

Červené světlo stimuluje tvorbu červené absorpční formy světlocitlivého pigmentu v receptorech rostlin. Proto je vystavení světlu před sklizní jedním z nejdůležitějších zásahů pro akumulaci živin a růst rostlin [7].

### **1.4 Jídlo budoucnosti**

Pro začlenění mikrozeleniny do globálního potravinového systému jsou důležité faktory zahrnující čerstvost a trvanlivost.

Možnost pěstovat mikrozeleninu velmi jednoduchým způsobem, a to i na velmi malém prostoru, znamená, že mikrozelenina má obrovský potenciál pro přizpůsobení produkce listové zeleniny v mikroměřítku a pro zlepšení nutriční hodnoty v lidské stravě. Díky tomu lze o mikrozelenině uvažovat jako o ideálním kandidátovi na funkční saláty pro astronauty, a tedy jako o součásti systémů podpory života ve vesmíru [3].

## 2 ZÁKLADNÍ DRUHY MICROGREENS

Ačkoli zpočátku bylo nabízeno jen málo druhů, v současné době jsou na trhu komerčně dostupné různé druhy. Například amarant, řepa, špenát, švýcarský mangold a quinoa z čeledi *Amaranthaceae*; česnek, pórek a cibule z čeledi *Amaryllidaceae*; mrkev, celer, koriandr, kmín, kopr a fenykl z čeledi *Apiaceae*; čekanka, endivie, hlávkový salát, čekanka a slunečnice z čeledi *Asteraceae*; rukola, brokolice, zelí, květák, ředkvička, roketa a řeřicha z čeledi *Brassicaceae*; okurky, melouny a dýně z čeledi *Cucurbitaceae*; ječmen, kukuřice, oves, rýže a pšenice z čeledi *Gramineae*; fazole, cizrna, pískavice, čočka a hrách z čeledi *Fabaceae*; jsou běžné druhy používané k pěstování mikrozelenin. Mezi nejprodávanější druhy patří ředkev, hrách, brokolice, růžičková kapusta nebo hořčice.

### 2.1 Ředkev Daikon

Ředkev setá bílá, známá též jako Daikon pochází z Asie. Má různé názvy a je známá také jako japonská a čínská ředkev. Ředkev Daikon (*Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey) patří k nejrychleji rostoucím druhům mikrozeleniny, tudíž je jedním z nejoblíbenějších druhů a její pěstování je snadné. Ředkev Daikon má jemnou chuť, která se v dospělé formě vyznačuje dlouhým bílým kořenem. Jako mikrozelenina (obr. 2) má odlišný vzhled, ale stejnou pepřnou ředkvičkovou chuť. Tuto mikrozeleninu lze také sklízet již 6. den pro křupavější chuť. Tento druh má nízký obsah kalorií a vysoký obsah vitaminů A, B, C, E a K. Dále obsahují kyselinu listovou, vápník, hořčík, niacin, draslík, kyselinu pantotenovou, železo, fosfor, zinek a karoteny [8].



Obrázek 2: *Raphanus sativus* L. var. *longipinnatus* Bailey [9]

## 2.2 Ředkev China Rose

Ředkev China Rose (*Raphanus sativus* L. var. China Rose) pochází z Číny, ale také z Japonska a západní části Asie. Je to jeden z nejstarších druhů ředkviček. Do Evropy ji přivezli jezuitští misionáři v roce 1850. Tato odrůda mikrozeleniny má zelené listy s růžovým stonkem. Pokrmům dodává nejen výraznou barvu, ale i pikantní a zároveň sladkou chuť. Tento druh mikrozeleniny (obr. 3) je plný výživných látek a vitaminů. Obsahuje vitaminy A, B, C, E a K, dále kyselinu listovou, niacin, draslík, železo, fosfor, kyselinu pantotenovou, vápník, hořčík, zinek a karoteny. Všechny tyto látky přispívají k prevenci nebo léčbě zdravotních problémů, jako jsou podpora trávení, zlepšení imunitního systému a podpora zdravé pokožky [10].



Obrázek 3: *Raphanus sativus* L. var. China Rose [11]

## 2.3 Hrách

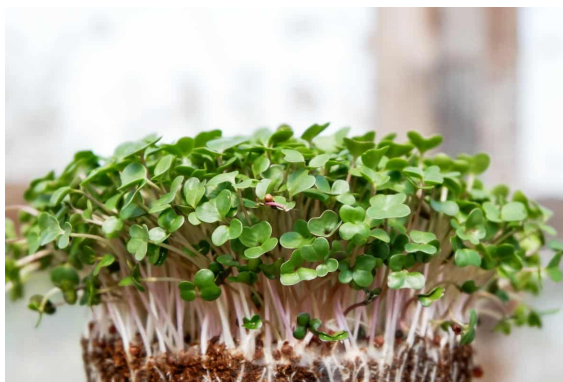
Hrách setý (*Pisum sativum* L.) byl jednou z prvních rostlin, které člověk pěstoval, a dodnes je důležitou potravinářskou plodinou. Je znám již velmi dlouho a dodnes patří mezi nejběžnější potraviny, které se pěstují. Hrách patří spolu s fazolemi a arašídy do čeledi bobovitých, *Fabaceae*. Tyto vysoké výhonky s olistěným vrcholem dodají většině pokrmů sladkou a jemnou chuť. Hrách (obr. 4) je zajímavý díky svým nutričním hodnotám, má vysoký obsah živin a hlavně mnoho kvalitních bílkovin. Je také dobrým zdrojem sacharidů, vitaminu A, C, E a kyseliny listové [12].



Obrázek 4: *Pisum sativum* L. [13]

## 2.4 Růžičková kapusta

Růžičková kapusta (*Brassica oleracea* L. convar. *gemmifera*) patří do skupiny zelí *Gemmifera*. Jedná se o zelenou verzi miniaturního zelí. Mikrozelenina růžičkové kapusty (obr. 5) má malé zelené listy s bílými stonky a jemnou chuť. Obsahuje velké množství výživných látek. Má nízký obsah kalorií, ale vysoký obsah vlákniny, vitamínů, minerálů a antioxidantů. To z ní dělá zdravý doplněk každodenních jídel. Růžičková kapusta je bohatá na vitaminy A, C a hlavně K. Obsahuje také kyselinu listovou a menší množství vitamínu B<sub>6</sub> a minerálů jako draslík, hořčík, železo a fosfor. Pro pěstování je možné použít buď půdní, nebo hydroponickou metodu.



Obrázek 5: *Brassica oleracea* L. convar. *gemmifera* [14]

## 2.5 Brokolice

Brokolice (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) patří do čeledi kapustovitých (*Brassicaceae*, rod *Brassica*) a pochází z Itálie. Má jemnější brokoliceovou chuť, přítomnost sloučeniny zvané sulforafan může způsobovat nahořklou chuť. Sulforafan působí jako antioxidant a stimulátor přirozených enzymů, které zajišťují detoxikaci organismu. Brokolice (obr. 6) v podobě mikrozeleniny je velkým zdrojem bílkovin a podporuje imunitní systém díky vysokému obsahu vitamínu C a A [15].



Obrázek 6: *Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck [15]

## 2.6 Hořčice

Hořčice česky Brukev sítinovitá (*Brassica juncea* (L.) Czern) je druh rostliny z rodů *Brassica* a *Sinapis* z čeledi *Brassicaceae*. Historicky se používala jako koření pěstované v Asii, Evropě i Americe. Hořčičné mikrohlízy dodávají jídlu jemnou, ale sladce pikantní chuť.

Hořčice (obr. 7) jako mikrozelenina je plná výživných látek a má vysoký obsah vitaminů A, B<sub>6</sub>, C, E a K. Obsahuje také antioxidanty a má vysoký obsah sacharidů, bílkovin, vlákniny, kyseliny listové, vápníku, železa a sodíku [16].



Obrázek 7: *Brassica juncea* (L.) Czern [17]

## 3 NUTRIČNÍ CHARAKTERISTIKA A CHEMICKÉ SLOŽENÍ

### 3.1 Makroživiny (makronutrienty)

Makroživiny jsou základní složky potravy, které lidský organismus potřebuje pravidelně ve velkém množství. Makronutrienty dodávají tělu energii k provedení základních tělesných funkcí. Většina energie a kalorií v těle pochází právě z makroživin. Makroživiny jsou obsaženy v mnoha potravinách, ale je obtížné určit jejich správné množství. Určení množství závisí na mnoha faktorech, jako jsou hmotnost jedince, věk a zdravotní stav. Vždy by ale měl být dodržen vyvážený poměr mezi jednotlivými makroživinami. Sacharidy, bílkoviny a tuky obsahující mastné kyseliny jsou tři hlavní makroživiny s důležitými fyziologickými funkcemi.

#### 3.1.1 Sacharidy

Sacharidy jsou pro tělo primárním zdrojem energie. Lidský organismus rozkládá sacharidy z velkých a složitých molekul pomocí řetězce reakcí až na cyklickou hexózu zvanou glukóza. Tento celý proces rozkládání sacharidů je znám pod názvem glykolýza. Vzniklá glukóza putuje krevním řečištěm až k jednotlivým buňkám, kde plní funkci zdroje energie.

Obsah škrobu ve většině mikrozelenin je obecně velmi nízký a sacharidy v mikrozeleninách jsou běžně uváděny jako rozpustné cukry (glukóza, fruktóza a sacharóza) a vláknina (rozpustná a nerozpustná vláknina) [6]. Na obsah sacharidů mají vliv také různé světelné podmínky během výsadby. Například při ošetření brokolice (*Brassica oleracea* L. var. *italica* Plenck) přidavným žlutým světlem (595 nm) se obsah rozpustných sacharidů výrazně zvýšil [6].

#### 3.1.2 Bílkoviny

Bílkoviny jsou složeny z dlouhých řetězců aminokyselin. Jsou základní stavební jednotkou svalů a tkání. Hrají důležitou roli při správném vývoji organismu. Bílkoviny také tvoří enzymy, které podporují mnoho chemických reakcí v těle. Významnou bílkovinou je hemoglobin, který přenáší molekuly kyslíku v krvi.

### 3.1.3 Tuky

Tuky jsou důležitou součástí stravy a ze všech tří makroživin mají největší energetickou hodnotu. Jejich příjem je důležitý pro správnou funkci a tvorbu hormonů, růst buněk a především pro vstřebávání vitaminů. Tuky chrání vnitřní orgány v těle a zajišťují tepelnou izolaci.

## 3.2 Mikroživiny (mikronutrienty)

Mikroživiny je označení pro vitaminy, minerální a stopové prvky. Pro správné fungování organismu jsou ve stravě zastoupeny velmi malým množstvím. Pokud však není přijímáno ani jejich malé množství, mohou nastat různé zdravotní potíže. Mikroživiny je nutné přijímat z potravy, proto jsou často označovány jako esenciální složky potravy. Mikrozelenina je vhodnou součástí potravy, jelikož je plná mikroživin.

Kromě rozmanitosti barev a chutí vykazuje mikrozelenina zajímavé nutriční vlastnosti, zejména pokud jde o obsah minerálních živin a bioaktivních látek (tab. 1). Pokud jde o minerální látky, mikrozelenina salátu vykazovala vyšší obsah některých prvků (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se a Mo) ve srovnání se zralou zeleninou a tyto obsahy nebyly ovlivněny změnami vlastností a složení půdy. Mikrozelenina *Brassicaceae* byla rovněž uváděna jako dobrý zdroj K, Ca, Fe a Zn [5, 18].

Vitaminy a jejich prekurzory jsou další skupinou živin, které dodávají mikrozelenině nutriční hodnotu. V nedávných výzkumech bylo zjištěno významné množství  $\alpha$ -tokoferolu (vitaminu E),  $\beta$ -karotenu (provitaminu A), kyseliny askorbové (vitaminu C) a fylochinonu (vitaminu K<sub>1</sub>). Dalšími fytochemikáliemi uváděnými v mikrozelenině jsou fenolické antioxidanty, antokyany, glukosinoláty a karotenoidy [5, 18].

Vzhledem k příznivému obsahu mikroživin a bioaktivních látek byly mikrozeleniny navrženy jako „superpotraviny“, a byly navrženy pro velmi náročné konzumenty, jako jsou raw foodisté, vegetariáni a vegani. Jsou také indikovány pro pěstování v městském a příměstském prostředí a byly navrženy dokonce jako součást vesmírných systémů podpory života [5].

Některé vitaminy a stopové prvky hrají důležitou roli při podpoře buněk imunitního systému, a zvyšují tak odolnost vůči infekcím. Další živiny, jako jsou omega-3 mastné kyseliny, pomáhají udržovat optimální funkci imunitního systému.



Tabulka 1: Obsah vybraných minerálů, stopových prvků a vitaminů v mikrozelenině [6, 18, 20]

Druh	Latinský název	K	Ca	P	Mg	Fe	Kyselina askorbová	β-karoten	α-tokoferolu
		mg na 100 g živé hmoty							
Ředkev Daikon	<i>Raphanus sativus</i> L. var. <i>Longipinnatus</i> Bailey	176	66	86	60	0,57	57,6	7,4	3,8
Ředkev China Rose	<i>Raphanus sativus</i> L. var. China Rose	270	54	71	48	0,62	49,0	6,7	3,4
Růžičková kapusta	<i>Brassica oleracea</i> L. convar. <i>gemmifera</i>	293	81	57	49	0,57	89,5	6,9	2,5
Brokolice	<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>italica</i> Plenck	326	88	69	51	0,67	107,2	7,3	2,3
Hořčice	<i>Brassica juncea</i> (L.) Czern	289	47	52	28	0,62	35,8	6,5	2,0

### 3.2.1 Minerální látky a stopové prvky v mikrozelenině

Minerální látky se dělí podle zastoupení na majoritní (tisíce mg/kg), minoritní (desítky až stovky mg/kg) a stopové (desítky mg/kg a méně).

#### 3.2.1.1 Draslík

Draslík je pro lidský organismus základní živinou, která se podílí na rovnováze tekutin, kyselin a elektrolytů a je nezbytná pro normální buněčné funkce, jako jsou syntéza DNA a bílkovin [3]. Hlavní funkcí draslíku je aktivace glykolytických enzymů a enzymů dýchacího řetězce. Draslík také významně ovlivňuje aktivitu srdeční a svalovou. Doporučená denní dávka (DDD) draslíku je pro dospělého jedince 2000 mg [19, 20].

### **3.2.1.2 Vápník**

Vápník tvoří základní strukturu kostí a zubů ve formě fosforečnanu vápenatého. Má velký význam v neuromuskulární činnosti a srdeční aktivitě, především je nezbytný pro srážlivost krve. Má ze všech minerálů největší zastoupení v lidském organismu, přičemž nejvíce ho lze najít v kostech. Vápník je nejvíce obsažen v mléce, sýrech a vejcích. DDD se pohybuje do 400 mg až do 1200 mg, záleží na věku jedince [19, 20].

### **3.2.1.3 Hořčík**

Hořčík je nezbytný stavební prvek všech organismů. Ionty hořčíku slouží jako katalyzátory mnoha enzymových reakcí, včetně reakcí souvisejících s ATP (adenosintrifosfát), který je základním zdrojem energie. Mezi nejznámější reakce patří Krebsův cyklus a dýchací řetězec. Napomáhá také ke správné činnosti svalů a nervů, mírní nervozitu. Obsah hořčíku v těle dospělého jedince je asi 25–40 g, z toho asi 60 % je obsah v kostře [19, 20]. Zdrojem hořčíku mohou být banány, listová zelenina, ořechy a živočišné bílkoviny. DDD je přibližně 350 mg pro dospělého jedince.

### **3.2.1.4 Železo**

Železo, jako jeden z nejdůležitějších prvků v lidském organismu, je nezbytné pro funkci buněk. Je součástí hemoglobinu, a účastní se tak transportu kyslíku v krvi. Vysoká koncentrace železa je i v játrech ve formě ferritinu. Při nedostatku železa hrozí anémie (chudokrevnost). Hlavním zdrojem v potravinách je maso, hlavně játra, srdce a slezina, ale i luštěniny nebo listová zelenina. DDD činí 10–15 mg od období dospívání. U vegetariánů, jejichž strava neobsahuje hemové železo, je DDD až 50 mg u žen a 30 mg u mužů [19, 20].

### **3.2.1.5 Mangan**

Mangan je důležitý pro správnou funkci centrální nervové soustavy a ve struktuře kostí. Dobrým zdrojem manganu jsou hlavně ovesné vločky a celozrnné pečivo, obecně obiloviny. Vysoký obsah manganu mají např. lesní plody, jako maliny a borůvky. DDD se pohybuje od 2 až do 5 mg v dospělosti [20].

### 3.2.1.6 Fosfor

Fosfor plní v lidském organismu hlavně funkci stavební (anorganické fosfáty v kostech a zubech), regulační a katalytickou. Je součástí biosyntetických reakcí v těle např. hydrolýza makroergických fosfátů jako jsou ATP, GTP (guanointrifosfát), kreatinfosfát a fosfoenolpyruvát. Dále se fosfor účastní katabolických procesů (glykolýza). Bohatým zdrojem fosforu jsou ořechy, sýry a některé mléčné výrobky. DDD je 1200 mg pro dospělého člověka [19, 20].

### 3.2.2 Vitaminy vyskytující se v mikrozelenině

Vitaminy jsou organické látky přijímány ve stopovém množství, které si tělo neumí samo vytvořit a musí je proto přijímat v potravě. Jejich nejdůležitější funkcí je katalytický účinek v řadě metabolických reakcí, které usnadňují řadu biochemických reakcí, a kde některé vitaminy působí jako koenzymy. Další vitaminy tvoří v organismu důležité oxidačně redukční systémy, čímž mimo jiné působí i jako ochranné faktory, které kompenzují negativní účinky zevních faktorů na organismus. S těžkými formami nedostatku vitaminů (avitaminózy) se specifickými příznaky (například beri-beri, pelagra a kurděje) se v našich podmínkách lze setkat jen velice zřídka, lehčí formy (hypovitaminózy) se však vyskytují. Projevy nedostatku se léčí podáváním příslušného vitamínu.

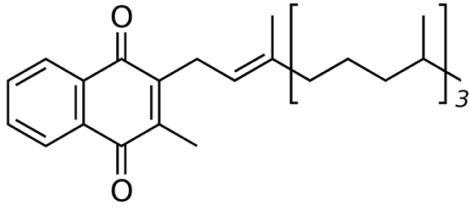
**Vitaminy rozpustné v tucích** (A, E, D a K) se ukládají v tělesných tkáních a kvůli tomu hrozí předávkování, na rozdíl od vitaminů rozpustných ve vodě, jejichž případný nadbytek se vyloučí močí. V mateřském mléce je těchto vitaminů dostatek až na vitaminy D a K, tudíž je potřeba tyto vitaminy suplementovat. Vitamin K slouží k prevenci hemoragické nemoci novorozenců a podává se krátce po narození. Vitamin D předchází rachitidě a podává se denně od druhého týdne života.

**Vitaminy rozpustné ve vodě** jsou mnohem snáz absorbovány než ty rozpustné v tucích.

#### 3.2.2.1 Vitamin A

Vitamin A zahrnuje sloučeniny retinol, retinal a kyselinu retinovou. V organismu se tvoří z  $\beta$ -karotenu (je jeho prekurzor) a dalších jiných karotenoidů. K resorpci vitamínu A je nutná tvorba žluči. Nejbohatším zdrojem v potravinách jsou játra, zdrojem  $\beta$ -karotenu je zelená a červená zelenina a některé ovoce např. mango. Tento vitamin má velký význam pro zrak a zároveň snižuje riziko zánětů [19].



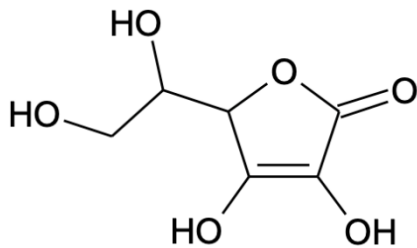


Obrázek 9: Vitamin K<sub>1</sub> [22]

### 3.2.2.5 Vitamin C

Vitamin C, označován jako kyselina L-askorbová (obr. 10), je látka se silnými redukčními účinky. Organismus si ji není schopen sám syntetizovat a musí být přijímána v potravě. Kyselina askorbová je silný antioxidant a je nezbytná pro řadu biologických funkcí, jako je hojení ran, syntéza kolagenu a regulace imunitního systému [7, 18]. Nedostatek se může projevit únavou, prodlouženou rekonvalescencí nebo větší náchylností k infekcím. Vitamin C lze nalézt hlavně v ovoci a zelenině.

Kyselina askorbová je kofaktorem enzymů, podílí se na regulaci fotosyntézy, má zásadní roli v biosyntéze hormonů, reguluje buněčné dělení a růst, podílí se na přenosu signálů, kromě toho hraje roli při detoxikaci těžkých kovů a spouští různé radikálové reakce. Kyselina askorbová může působit jako prooxidant a zvyšovat absorpci železa redukcí  $\text{Fe}^{3+}$  na  $\text{Fe}^{2+}$  z nehemových zdrojů železa [23].

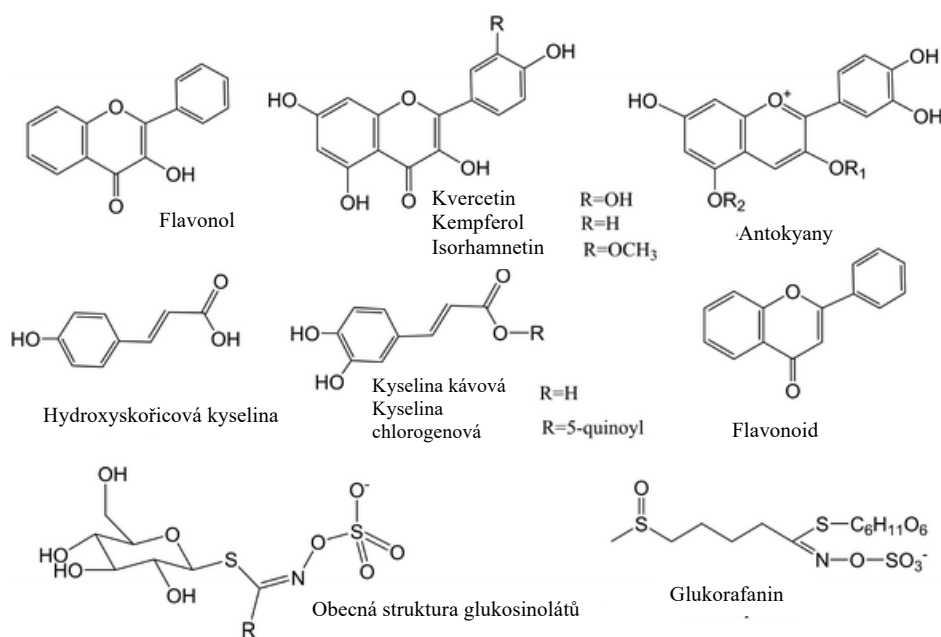


Obrázek 10: Kyselina L-askorbová [24]

### 3.2.3 Fytochemikálie

Fytochemikálie, jako jsou karotenoidy a fenolické látky, se v hojné míře nacházejí také v mikrozelenině (obr. 11). **Karotenoidy** jsou skupinou lipofilních rostlinných pigmentů vykazujících žlutou, oranžovou a červenou barvu, včetně karotenů (např.  $\beta$ -karotenu a lycopenu) a xantofilů (např. luteinu a zeaxanthinu). Karotenoidy mají antioxidační aktivitu a hrají v lidském organismu důležitou fyziologickou roli. Zelenina, zejména jasně zbarvená,

může být hlavním zdrojem karotenoidů ve stravě. **Fenolické sloučeniny** jsou nejhojnějšími sekundárními metabolity rostlin, od malých molekul, např. fenolových kyselin, přes flavonoidy s více kruhy až po vysoce polymerizované sloučeniny, např. třísloviny. Fenolické látky jsou pro rostliny antioxidanty, které napravují poškození způsobené volnými radikály a vykazují mnoho zdravotních přínosů pro člověka [7, 25]. **Chlorofyly** jsou důležité pigmenty, které dodávají mikrozelenině zelenou barvu. Hrají významnou roli ve fotosyntéze, slouží jako prekurzory tokoferolů a souvisejí s antioxidačním potenciálem a podporou zdraví. **Antokyany**, což jsou ve vodě rozpustné rostlinné pigmenty, hrají důležitou roli v barevných rostlinách a byly popsány jejich protizánětlivé a antioxidační účinky v boji proti různým onemocněním. Obsah těchto látek také ovlivňují světelné podmínky při pěstování. **Polyfenoly** jsou jedním z nejhojnějších zdrojů antioxidantů v lidské stravě. Patří mezi rostlinné sekundární metabolity a v současné době jich bylo identifikováno více než 8000 druhů. Většina rozpustných fenolů je syntetizována v intracelulárním endoplazmatickém retikulu a vázané fenoly vznikají transportem rozpustných fenolů a jejich konjugací s makromolekulami buněčné stěny. Polyfenoly jsou velmi důležitými chemickými složkami v mikrozelenině. Zaprvé jsou zodpovědné za barvu (antokyany) některých mikrozelenin. Za druhé jsou zodpovědné za sensorické vlastnosti, například celkový obsah fenolů úzce souvisí s chuťovými vlastnostmi, jako je trpkost a hořkost. Kromě toho jsou polyfenoly díky své antioxidační kapacitě a antikarcinogenní povaze považovány za preventivní látky proti nemocem souvisejícím s věkem [6, 25].



Obrázek 11: Některé typické struktury bioaktivních látek v mikrozelenině *Brassicaceae* [6]

## 4 STANOVENÍ SLOŽEK V MICROGREENS

### 4.1 Instrumentální metody stanovení složek v microgreens

#### 4.1.1 Atomová absorpční spektroskopie

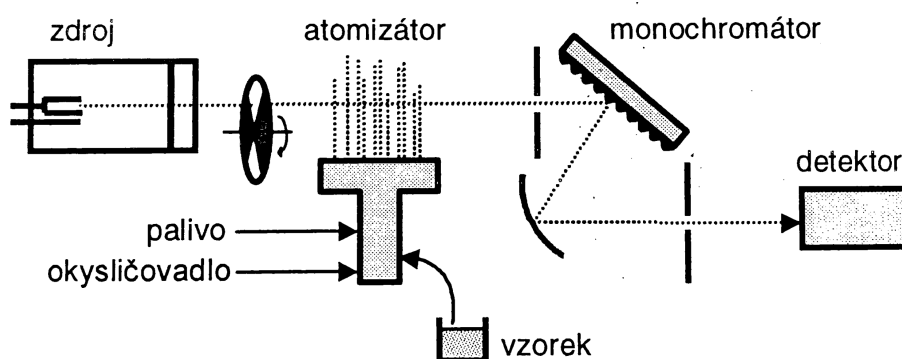
Atomová absorpční spektroskopie (AAS) slouží v analýze potravin primárně ke stanovení esenciálních prvků a díky této metodě je možné stanovit téměř celou periodickou tabulku prvků.

Atomová absorpční spektroskopie spočívá ve specifické absorpci monochromatického záření volnými atomy sledovaného prvku v základním energetickém stavu. Přejít valenčního elektronu ze základní energetické vrstvy na některou vyšší odpovídá energii pohlceného fotonu.

Zdrojem záření obvykle bývá výbojka s dutou katodou z kovu, který se má stanovit. Polychromatické záření prochází plamenem a vzorek se do plamene přivádí ve formě aerosolu.

Pro stanovení minerálních látek obsažených v microgreens je v atomizátoru plamen ve složení acetylen a vzduch. Tato metoda slouží ke zjištění množství jednotlivých prvků ve vzorku na základě naměřených hodnot absorbance, která udává množství pohlceného světla.

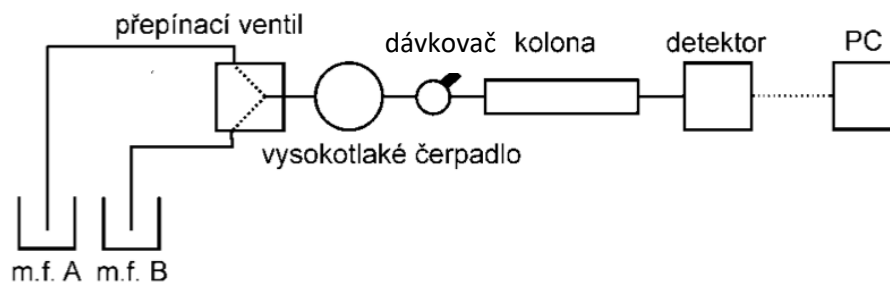
Hlavními součástmi atomového absorpčního spektrometru jsou zdroj monochromatického záření, atomizátor, monochromátor, detektor a zařízení pro zpracování a záznam absorpčního signálu. Schéma atomového absorpčního spektrometru je uvedeno za obr. 12.



Obrázek 12: Schéma atomového absorpčního spektrometru [26]

#### 4.1.2 Vysokoučinná kapalinová chromatografie

Vysokoučinná kapalinová chromatografie (HPLC) funguje na principu mnohonásobně opakovaného procesu distribuce látek mezi kapalnou mobilní fází a většinou tuhou stacionární fází. Základní schéma pro kapalinovou chromatografii je uvedeno na obr. 13.



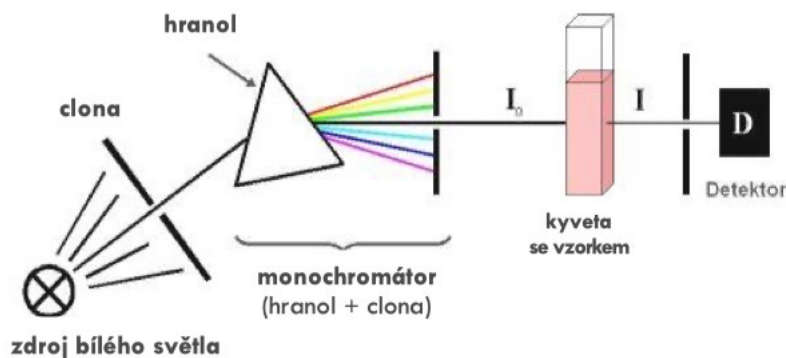
Obrázek 13: Základní schéma vysokoúčinného kapalinového chromatografu [27]

Při probíhající separaci se analyt rozděluje mezi fázi mobilní a stacionární. Čas analytu, jaký stráví v jednotlivých fázích, závisí na jeho afinitě ke každé z nich. Záznam z detektoru je označován jako chromatogram, což je závislost odezvy detektoru na retenčním čase, tvořená jednotlivými píky. Kvalitativní parametr u této metody je čas a kvantitativní parametr určuje plocha nebo výška píku.

#### 4.1.3 Spektrofotometrická analýza

Spektrofotometrii v ultrafialové a viditelné oblasti lze použít jak pro kvantitativní, tak i pro kvalitativní analýzu. Při této analýze se porovnává intenzita vysílaného záření s intenzitou záření dopadajícího na detektor, přičemž část světelného záření je absorbována roztokem a rozpuštěnými látkami. Množství absorbovaného záření je úměrné koncentraci látky v analyzovaném vzorku. Spektrofotometr se skládá ze zdroje bílého světla (halogenová žárovka), který poskytuje světlo ve vlnových délkách od infračerveného záření až po UV. Za žárovkou je monochromátor, kde dochází k rozpadu polychromatického záření na monochromatické, tj. záření zvolené vlnové délky. Za monochromátorem se nachází kyveta s měřeným roztokem, kde se procházející záření částečně absorbuje a zbytek prochází roztokem na detektor záření, měřící intenzitu. Schéma je vyobrazeno na obr. 14.





Obrázek 14: Schéma spektrofotometru [28]

## 4.2 Stanovení obsahu minerálních látek v microgreens

### 4.2.1 Gravimetrické stanovení minerálních látek

Vybraný vzorek se vysuší do konstantní hmotnosti v sušárně s nuceným sušením při 65 °C. Poté je vzorek zvážen a stanoví se koncentrace sušiny. Dále je stanoven gravimetrickou metodou popel, kdy se vysušený vzorek zpopelní v porcelánové misce v elektrické nebo muflové peci při 550–600 °C [3]. Dále se může vážkově stanovit tzv. písek. Písek je podíl popela nerozpustný v 10% kyselině chlorovodíkové.

#### 4.2.1.1 Stanovení vápníku

U této metody se popel vyluhuje v kyselině chlorovodíkové. Potom je směs zalkalizována amoniakem a přidavkem šťavelanu amonného se vyloučí sraženina šťavelanu vápenatého. Tato sraženina se odfiltruje, promyje a následně je odpařována se zředěnou kyselinou sírovou do sucha. Šťavelan se odpařením převede na síran a po vyžihání se váží jako síran vápenatý.

#### 4.2.1.2 Stanovení hořčíku

Kyselý výluh popela se upraví na požadované pH amoniakem. Dále se přidá fosforečnan sodný nebo amonný a vyloučí se sraženina  $\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Po odfiltrování a žihání se tato sraženina převede na vážitelnou formu difosforečnanu hořečnatého.

## **4.2.2 Titrační stanovení minerálních látek**

### **4.2.2.1 Stanovení vápníku manganometrickou titrací**

Tato metoda spočívá ve vysrážení vápníku ve formě šťavelanu vápenatého. Sraženina se odfiltruje a rozpustí v kyselině sírové a následuje titrace uvolněné kyseliny šťavelové odměrným roztokem manganistanu draselného v kyselém prostředí.

### **4.2.2.2 Stanovení vápníku a hořčíku komplexometrickou titrací**

K připravenému vzorku je přidán amoniakální pufr a nadbytek roztoku chelatonu 3 (disodná sůl kyseliny ethylendiamintetraoctové), jako indikátor se používá eriochromová čerň T. Ionty  $Mg^{2+}$  a  $Ca^{2+}$  jsou titrací kvantitativně převedeny na cheláty a následuje zpětná titrace nadbytku chelatonu 3 odměrným roztokem hořečnaté soli.

## **4.2.3 Spektrofotometrické stanovení minerálních látek**

### **4.2.3.1 Spektrofotometrické stanovení manganu formaldioximem**

Nejprve je nutno zamaskovat některé rušící prvky tironem a upravit pH. Následně se mangan společně s dalšími těžkými kovy sráží diethylthiokarbamidem sodným a vzniklá sraženina se vyextrahuje do benzenu. Poté se z benzenu reextrahuje mangan amoniakálním roztokem formaldioximu, se kterým mangan dává vínově červené zbarvení. Díky tomuto zbarvení je možno mangan spektrofotometricky stanovit [29].

### **4.2.3.2 Spektrofotometrické stanovení železa 2,2'-dipyridylem**

Dvojmocné železo poskytuje v slabě kyselém prostředí s 2,2'-dipyridylem ve vodě rozpustný červeně zbarvený komplex, jehož intenzita zbarvení se proměří spektrofotometricky při vlnové délce 520 nm [29].

### **4.2.3.3 Stanovení draslíku a vápníku plamenovou fotometrií**

Sloučeniny alkalických kovů zbarvují nesvítivý vzduchový plamen obsahující acetylen. Pomocí filtru nebo monochromátoru plamenového fotometru lze izolovat výseky spekter a jejich maximální emise. Změřením relativní intenzity záření se dá zjistit koncentrace

stanovovaných prvků. Charakteristická spektrální čára je pro draslík 768 nm, pro vápník 622 nm [29].

### **4.3 Stanovení obsahu vitaminů v microgreens**

#### **4.3.1 Odběr a příprava vzorku**

Odběr vzorku a jeho další úprava je stěžejním krokem v analytickém stanovení vitaminů. Vitaminy jsou náchylné na oxidaci a u některých případů i na světelné záření. Proto je při odběru vzorku důležité dbát na reprezentativnost vzorku.

Ze vzorků kapalných a nehomogenních tuhých se nejdříve odebírají tzv. dílčí vzorky, které je nutno odebrat z různých míst materiálu. Dílčí vzorky se dále tzv. kvartací mísí a zmenšují až na požadovanou velikost vzorku, který se nazývá laboratorní. K vlastní analýze je pak ještě odebrán vzorek analytický. U již vysušených vzorků se vzorky dále drtí a homogenizují v hmoždířích nebo třecích miskách.

Při stanovení vitaminů musí být vzorek předchlazen, aby se zabránilo vystavení vysokým teplotám. Vzorky jsou analyzovány ihned, tzn. bez zbytečně velké prodlevy a jsou chráněny před světlem.

Vlastní stanovení vitaminů v potravinách je díky jejich nízké koncentraci v analyzovaném vzorku velmi složitým úkolem. Vitaminy jsou citlivé na oxidaci a u některých případů i na světelné záření. Je tedy nutné analýzu provádět s maximální opatrností v inertním prostředí a za snížené intenzity denního světla [29].

Vitaminy je nutné před vlastním stanovením izolovat. Vzorky obsahující vitaminy rozpustné v tučích se většinou předpřipravují na ionexech a je nutné je před vlastním stanovením zmýdelnit. Zmýdelnění je alkalická hydrolyza za použití ethanolického roztoku hydroxidu draselného. Hydrolyza probíhá pod zpětným chladičem, teplota a čas se u jednotlivých vitaminů liší. Následuje jejich přečištění kvůli nízké polaritě. Veškeré operace je nutné provádět v inertní atmosféře, eventuálně s přidavkem vhodného antioxidantu např. kyseliny L- askorbové.

U vzorků s vitaminy rozpustnými ve vodě se nejdříve provede extrakce vodou, zředěnými minerálními kyselinami nebo roztoky pufru. Poté je možné provést chromatografické přečištění na vhodných adsorpčních materiálech, např. celulóze, silikagelu nebo ionexech [29].

Vitaminy jsou chemicky heterogenní sloučeniny, nelze tedy použít univerzální metodu stanovení většího počtu vitaminů nebo celých skupin.

### **4.3.2 Stanovení vitamínu K**

Stanovení vitamínu K v potravinách je velmi málo používaná metoda. Pro stanovení vitamínu K je třeba vzorek nejdříve vyextrahovat do acetonu a následně roztřepat do n-hexanu. U vitamínu K se místo alkalické hydrolyzy využívá hydrolyza enzymová pomocí lipáz. Poté probíhá opět extrakce n-hexanem a přečištění např. na silikagelu. Následuje HPLC s UV nebo elektrochemickou detekcí.

### **4.3.3 Stanovení vitamínu E**

Při stanovení vitamínu E je potřeba, aby vzorek nejprve prošel alkalickou hydrolyzou. Takto upravený vzorek může být následně analyzován.

#### **4.3.3.1 Spektrofotometrické stanovení celkových tokoferolů**

Tato metoda je založena na oxidaci tokoferolů ionty trojmocného železa v ethanolovém roztoku. Tokoferoly se oxidují na tokoferylchinony a vzniklé ionty dvojmocného železa se stanovují spektrofotometricky po reakci s 2,2'-dipyridylem při vlnové délce 520 nm [29].

#### **4.3.3.2 Stanovení vitamínu E pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie**

U této metody po zmýdelnění vzorku následuje extrakce n-hexanem a vlastní analytické stanovení metodou HPLC. U této metody dochází k separaci vitamínu E na silikagelu jako stacionární fázi za použití hexan-1,4-dioxanu jako fáze mobilní. Po separaci lze použít fluorescenční detekci [30].

### **4.3.4 Stanovení vitamínu C**

#### **4.3.4.1 Titrace pomocí jodu (jodometricky)**

Kyselinu askorbovou lze stanovit jodometrickou titrací, kdy se v kyselém prostředí oxiduje jodem na kyselinu dehydroaskorbovou. Jako indikátor reakce se používá škrobový maz. Základní princip stanovení lze popsat následující chemickou rovnicí (viz obr. 15):



#### 4.4 Stanovení karotenoidů

Analýza karotenoidů je ze své podstaty obtížná vzhledem k jejich tepelné a chemické citlivosti a také k jejich různé polaritě. Z tohoto hlediska je extrakce nejkritičtější krokem ve srovnání s chromatografickou separací a detekcí.

Karotenoidy patří mezi fytochemikálie přítomné v mikrozelenině ve značném množství, které může být významně ovlivněno různými endogenními a exogenními faktory. Karotenoidy jsou jednou z hlavních tříd fytochemikálií a jejich význam ve stravě souvisí nejen s jejich úlohou jako prekurzorů vitamínu A, ale také s jejich antioxidačními a protinádorovými aktivitami a jejich úlohou v regulaci genových funkcí, komunikaci mezi nervovými spoji a hormonální a imunitní modulaci. Navíc je metabolismus člověka nedokáže syntetizovat a musí je přijímat stravou. V této souvislosti získávají velký zájem rostlinné zdroje karotenoidů [32, 33].

Zelené listy vykazují poměrně konstantní kvalitativní strukturu karotenoidů, označovanou jako chloroplastová karotenoidní struktura, s luteinem (asi 45 %),  $\beta$ -karotenem (25–30 %), violaxantinem (10 %) a neoxantinem (10 %) jako nejvíce zastoupenými karotenoidy. Zejména lutein, nejvíce zastoupený xantofil, byl stanoven v mikrozelenině v množství od 13 do 191 mg/kg čerstvé hmotnosti. Ve většině případů jsou tyto obsahy poměrně vyšší než obsahy zjištěné v běžném ovoci a zelenině [32].

Široké rozpětí obsahu karotenoidů v zelenině lze vysvětlit genetickou variabilitou (vnitrodruhovou a mezidruhovou biodiverzitou) a také různými podmínkami pěstování. Přesto by se neměly opomíjet analytické problémy, zejména při extrakci karotenoidů. Karotenoidy jsou totiž snadno degradovatelné různými faktory a vykazují různou afinitu k extrakčním rozpouštědlům, což je dáno jejich širokou škálou polarity. Jako příklad lze uvést xantofyly, které jsou kyslíkatými molekulami, a lze je extrahovat polárními rozpouštědly, jako jsou alkoholy, aceton a směsi acetonu a vody, zatímco karoteny se snáze extrahují nepolárními rozpouštědly [33].

## 5 VLIV MICROGREENS NA ZDRAVÍ

Denní konzumace ovoce a zeleniny obecně je spojena s nižším rizikem mnoha onemocnění. Je to pravděpodobně díky vysokému množství vitaminů, minerálních látek a prospěšných rostlinných sloučenin, které obsahují. V případě mikrozeleniny jde konkrétně o obohacení o mikroživiny i bioaktivní složky.

Bylo prokázáno, že některá konzumovaná mikrozelenina má podobné nebo dokonce vyšší množství zdraví prospěšných mikroživin než jejich zralá verze zeleniny, z čehož nepřímo vyplývá jejich potenciál v prevenci některých chronických onemocnění. Přidáním mikrozeleniny do zdravého stravování se snižuje riziko civilizačních a chronických onemocnění, kdy tato onemocnění představují celosvětově závažný zdravotní problém. Vzhledem k toxicitě a vedlejším účinkům spojených s léky se jako regulátory zdraví zdůrazňují bioaktivní složky stravy. Do současné doby byly příznivé účinky několika druhů mikrozeleniny přímo potvrzeny pouze na buněčných a zvířecích modelech, nikoli však v klinických studiích na lidech [6, 34].

Studie na zvířatech dokazují, že mikrozelenina může snižovat hladinu triglyceridů a tzv. „špatného“ LDL cholesterolu (low density lipoprotein), který je příčinou mnoha srdečních onemocnění. Potraviny bohaté na antioxidanty a polyfenoly jsou spojovány s nižším rizikem Alzheimerovy choroby a onemocnění rakovinou. Antioxidanty obecně mohou pomoci snižovat stres, který může bránit správnému vstupu glukózy do buněk. Hrozí tedy riziko vzniku Diabetes mellitus (cukrovky).

### 5.1 Mikrozelenina bohatá na antioxidanty a vliv na oxidační stres

Oxidací vyvolané poškození biomolekul, které je možnou příčinou onemocnění souvisejících s věkem, bylo například prokázáno, že oxidační stres přispívá k Alzheimerově chorobě. Přírodně se vyskytující polyfenolické sloučeniny s antioxidační kapacitou mohou tlumit oxidační stres přítomný v mozku při Alzheimerově chorobě [6]. Proto by mikrozelenina bohatá na antioxidanty, včetně těch, které obsahují vysoké koncentrace polyfenolů, mohla mít potenciální ochranné účinky proti Alzheimerově chorobě, a dokonce i proti dalším chorobám souvisejícím s věkem, jako jsou kardiovaskulární choroby, cukrovka a rakovina.

## **5.2 Mikrozelenina zelí a kardiovaskulární onemocnění**

Kardiovaskulární onemocnění jsou jednou z hlavních příčin úmrtí na celém světě a konzumace zeleniny může snížit riziko kardiovaskulárních onemocnění. Bylo zjištěno, že mikrozelenina červeného zelí upravuje hladinu lipidů a cholesterolu. Přídavkem mikrozeleniny z červeného zelí se může zmírňovat přírůstek hmotnosti a snižovat hladina LDL cholesterolu.

## **5.3 Způsoby stravování a diety**

### **5.3.1 Vegetariánství**

Vegetariánství je moderní způsob stravování, kdy se jedinec rozhodne vyřadit ze svého jídelníčku konzumaci masa a masných výrobků. Hlavními důvody vegetariánského stravování mohou být zdravotní aspekty jedince, etické otázky nebo obavy ze zhoršujícího životního prostředí. Častým argumentem vegetariánů je zabíjení a chov zvířat a s tím spojené zhoršující se životní prostředí.

Z výživového hlediska je výhodou vegetariánství vyšší příjem vlákniny, ale na druhou stranu chybí dostatek živočišných bílkovin a tuků. Nedostatek bílkovin je možné doplnit konzumací mléčných výrobků, vajec nebo kvalitními luštěninami a obilovinami. Vegetariáni kvůli vyřazení masa z jídelníčku trpí nedostatkem železa. Železo je nezbytným stopovým prvkem pro krvetvorbu, přesněji pro tvorbu červených krvinek.

### **5.3.2 Veganství**

Veganství je životní styl založený na stravě čistě rostlinného původu. Jedinci zvaní vegani nekonzumují jakékoli živočišné produkty jako maso, ryby, mléčné výrobky, máslo apod. Snahou veganů je vyloučení veškerých forem využívání zvířat a krutosti páchané na zvířatech kvůli jídlu nebo oblečení.

Pro vegany je charakteristické, že jejich strava je více provázána s jejich identitou. Vnímají také pozitivněji ostatní vegany a více podporují veganský životní styl ve srovnání s angažovaností neveganských vegetariánů. Jsou však náchylnější k odsuzování přívrženců jiných stravovacích skupin a zažívají, že je ostatní lidé kvůli jejich stravě odsuzují negativněji. Obecně mají vegani silnější motivy k přísné konzumaci své stravy ve srovnání s nevegetariány.



Být veganem znamená víc než jen dodržovat bezmasou stravu. Je to ideologie, způsob života a hodnotová perspektiva pro veškeré rozhodování. Při zvládání každodenního hospodaření s potravinami si vegani vytvořili různé strategie. Charakteristické je, že vegani pečlivě studují etikety na obalech a v případě potřeby bojkotují potraviny, například geneticky modifikované potraviny (GMO). Mnoho veganů si také v různých situacích nosí s sebou vlastní potraviny. Částečně kvůli těmto stravovacím strategiím čelí vegani a někdy i nevegani vegetariáni větším problémům ve společenském životě [35, 36]. Rostlinná strava má pozitivní vliv na redukci hmotnosti a cholesterolu, ale z dlouhodobého hlediska není udržitelná ve zdravé formě pro lidský organismus.

### **5.3.3 Nízkosacharidová strava s vysokým obsahem tuků**

Nízkosacharidové diety jsou v poslední době jedny z nejpůvodnějších diet. Tyto diety spočívají v příjmu potravin s nízkým obsahem sacharidů (<100 g/den) a jsou založeny převážně na konzumaci tuků (>60 %). Jídla s vysokým obsahem sacharidů vedou ke zvýšení hladiny glukózy, tedy i inzulínu v krvi a ke snížení hladiny HDL cholesterolu (high density lipoprotein) v lipoproteinech. Vysoká hladina inzulínu inhibuje uvolňování serotoninu, což vede ke snížení pocitu sytosti. Omezení sacharidů podporuje metabolický jev zvaný ketóza, která mobilizuje tuky. Hlavním znakem těchto diet je snížení hladiny glukózy a inzulínu v krvi a tím dojde k potlačení chuti k jídlu. Ketogenní dieta může také zvyšovat koncentraci kyseliny močové v krvi. Vzhledem k tomu, že nízkosacharidové diety obsahují méně ovoce, zeleniny a vlákniny, mohly by z dlouhodobého hlediska zvyšovat riziko vzniku rakoviny. Tyto diety mohou také podporovat zánětlivé procesy v těle a oxidační stres.

### **5.3.4 Nízkotučná strava**

Nízkotučné diety jsou spojeny s vysokým příjmem sacharidů. Důraz je kladen na příjem komplexních sacharidů a vysoký obsah vlákniny. Základem těchto diet je konzumace ovoce, zeleniny, celozrnných obilovin a netučných mléčných výrobků. Nízkotučné diety krátkodobě snižují hladinu celkového cholesterolu, konkrétně LDL cholesterolu.

## 5.4 Vyvážená strava

Výživa člověka je jedno z nejkontroverznějších témat poslední doby. To, že výživa a zdraví spolu úzce souvisejí, je již známé dlouhá staletí. Na internetu a sociálních sítích koluje tisíce výživových mýtů. Pro běžného člověka je opravdu složité se ve všech informacích o vyvážené stravě vyznat a vyhodnotit, co je pravda a co je lež.

Pro správné fungování organismu je důležité přijímat vyváženou stravu s dostatečným množstvím energie. Energii lidské tělo získává z makroživin a neméně důležitých mikroživin.

Vyvážená alternativa stravování je se sníženým obsahem kalorií, mírným obsahem tuků (30 %) a sacharidů (50 %) a s přiměřeným množstvím bílkovin (20 %) společně s dostatkem zelené listové zeleniny např. v podobě mikrozeleniny.

## 5.5 Důsledky nevyvážené stravy

Hlavním důsledkem nevyvážené stravy je jednoznačně obezita, která je dříve nebo později příčinou zdravotních problémů v populaci. Výskyt a prevalence obezity rychle roste. Přiřítá se to několika faktorům včetně globalizace, urbanizace a rychlých změn životního stylu, které vedou k nezdravému stravování a sedavému způsobu života. Obezita vede k cukrovce 2. typu, hypertenzi, kardiovaskulárním onemocněním, nealkoholickému ztukovatění jater, žlučnickovým kamenům, osteoartritidě, spánkové apnoe a dokonce i některým formám rakoviny [37].

**Cukrovka** (*Diabetes mellitus*) je autoimunitní chronické onemocnění. Hlavním projevem cukrovky je chronická hyperglykémie. Příčinou je buď porucha sekrece inzulínu nebo porucha účinku inzulínu, v mnoha případech nastává porucha obou. Rozlišují se dva typy tohoto onemocnění a to diabetes I. typu a diabetes II. typu. Diabetes I. typu způsoben destrukcí  $\beta$ -buněk slinivky břišní, což vede k absolutnímu nedostatku inzulínu. Je označováno jako latentní autoimunitní diabetes u dospělých (LADA). Diabetes II. typu je inzulínová rezistence a později i porucha sekrece inzulínu a může docházet až k inzulínové deficienci [38, 39].

Výše uvedené zdravotní problémy i kosmetické důvody vedou k tomu, že je dnes ve společnosti potřeba hubnout. V léčbě obezity hraje nepochybně významnou roli dietní režim a v této souvislosti se staly populárními diety. Ty jsou bohužel také kontroverzní. Většina diet doporučuje omezení kalorií a velikosti porcí, což vede k pomalému úbytku hmotnosti. Mnohé diety však podporují rychlý úbytek hmotnosti, ty se označují jako extrémní diety. Některé dietní plány doporučují extrémní omezení příjmu sacharidů, zatímco jiné kladou velký důraz na omezení tuků.

Namísto krátkodobých extrémních diet je mnohem vhodnější změnit životní styl a nastavit vyváženou stravu v boji proti obezitě. Princip vyvážené redukční diety spočívá v udržování záporné energetické bilance, čímž dochází k úbytku hmotnosti. Energetický deficit se pohybuje v rozmezí 500-1000 kcal/den. Cílem je konzumace širokého výběru potravin a dodržování těchto stravovacích návyků. Diety sloužící k redukci hmotnosti musí být individuální, žádná dieta nemůže být vhodná pro každého. Existuje obecné pravidlo, že pro dosažení a udržení úbytku hmotnosti je stejně důležité zvýšení fyzické aktivity [37].

## ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo představit moderní trend ve výživě v podobě mikrozeleniny a její vliv na lidské zdraví.

Souhrnně lze mikrozeleninu považovat za dobrý zdroj nutričních a bioaktivních látek a za rozumnou volbu pro splnění požadavků na základní prvky stravy. Mohly by být alternativou k listové zelenině a přizpůsobit její produkci mikroměřítku. Pro budoucí perspektivu by mikrozelenina měla vysokou aplikační a výzkumnou hodnotu. Mikrozelenina je slibným cílem a zeleným účinným způsobem, jak zvýšit obsah esenciálních minerálních látek, nutriční hodnoty a obsah fenolických sloučenin pro dietní potraviny, a to řízením metabolických procesů pomocí různých kultivačních technik, jako je aplikace LED světla a biofortifikace. Kromě toho mohou mikrozelené rostliny sloužící jako potravina budoucnosti nejen obohatit každodenní stravu, ale mají také potenciál při vývoji funkčních produktů a také přispět k fyzickému i duševnímu zdraví účastníků vesmírné mise. Vzhledem k tomu, že mikrozelenina hraje stále důležitější roli, je před námi ještě mnoho práce, kterou stojí za to realizovat. K lepšímu pochopení příznivých účinků mikrozeleniny na člověka jsou zapotřebí další studie. Kromě toho, pokud se mikrozelenina bohatá na účinné látky používá v potravinářském průmyslu, je třeba ještě dále studovat účinky různých úprav, jako je tepelné zpracování, na kvalitu jak mikrozeleniny, tak příslušných potravinářských výrobků. Kromě toho, ať už by kombinace různých druhů mikrozelenin byla smíchána v salátu nebo použita v hlavním jídle, mohla by mít synergické příznivé účinky, které jsou rovněž hodny dalšího zkoumání. V neposlední řadě by měly být dále zkoumány vhodné strategie před a po sklizni, za kterých mohou podmínky růstu jednotlivých druhů mikrozelenin dosáhnout nejlepších nutričních a funkčních vlastností, které by měly být poskytovány jako systematické a standardizované pokyny. Úsilí v těchto oblastech by podpořilo využití mikrozelenin v potravinářském průmyslu a vedlo by lidi ke zdravější budoucnosti.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Tan L., Nuffer H., Feng J., Kwan S. H., Chen H., Tong X., Kong L., Antioxidant properties and sensory evaluation of microgreens from commercial and local farms, *Food Science and Human Wellness*. 9(1). 45–51, 2020.
- [2] Feasting at home. *How to grow microgreens* [online] [cit. 12.06.2022]. Dostupné z: <https://www.feastingathome.com/how-to-grow-microgreens/>
- [3] Renna M., Castellino M., Leoni B., Paradiso V.M., Santamaria P. Microgreens Production with Low Potassium Content for Patients with Impaired Kidney Function, *Nutrients*. 10(6), 675, 2018.
- [4] Bulgari R., Negri M., Santoro P., Ferrante A., Quality Evaluation of Indoor-Grown Microgreens Cultivated on Three Different Substrates, *Horticulturae*. 7(5). 96, 2021.
- [5] Paradiso V.M., Castellino M., Renna M., Gattullo C. E., Calasso M., Terzano R., Allegretta I., Leoni B., Caponio F., Santamaria P. Nutritional characterization and shelf-life of packaged microgreens, *Food & Function*. 9(11). 5629–5640, 2018.
- [6] Teng J., Liao P., Wang M. The role of emerging micro-scale vegetables in human diet and health benefits-an updated review based on microgreens, *Food & Function*. 12(5). 1914–1932, 2021.
- [7] Zhang Y., Xiao Z., Ager E., Kong L., Tan L., Nutritional quality and health benefits of microgreens, a crop of modern agriculture, *Journal of Future Foods*. 1(1). 58–66, 2021.
- [8] Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Xie Z., Yu L., Wang Q., Effect of light exposure on sensorial quality, concentrations of bioactive compounds and antioxidant capacity of radish microgreens during low temperature storage, *Food Chemistry*. 151. 472–479, 2014.
- [9] Freepik. [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: [https://www.freepik.com/premium-photo/daikon-radish-microgreen-sprouts-organic-microgreen-concept-vegan-food-growing-home\\_22573296.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/daikon-radish-microgreen-sprouts-organic-microgreen-concept-vegan-food-growing-home_22573296.htm)
- [10] Gamba M., Asllanaj E., Raguindin P. F., Glisic M., Franco O. H., Minder B., Bussler W., Metzger B., Kern H., Muka T., Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review, *Trends in Food Science & Technology*. 113. 205–218, 2021.

- [11] Microgreen types. *Microgreens corner* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: <https://www.microgreenscorner.com/radish-china-rose/>
- [12] Dahl W. J., Foster L. M., Tyler R. T. Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.), *British Journal of Nutrition*, 108(S1). S3–S10, 2012.
- [13] How to grow Pea Microgreens. *Home Microgreens* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: <https://homemicrogreens.com/how-to-grow-pea-shoots/>
- [14] Microgreen types. *Microgreens corner* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: <https://www.microgreenscorner.com/brussels-sprouts/>
- [15] Le T.N., Chiu C. H., Hsieh P. C. Bioactive Compounds and Bioactivities of Brassica oleracea L. var. Italica Sprouts and Microgreens: An Updated Overview from a Nutraceutical Perspective, *Plants*. 9(8). 946, 2020.
- [16] Xiao Z., Lester G. E., Park E., Saftner R. A., Luo Y., Wang Q., Evaluation and correlation of sensory attributes and chemical compositions of emerging fresh produce: Microgreens, *Postharvest Biology and Technology*. 110. 140–148, 2015.
- [17] Microgreen types. *Microgreens corner* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: <https://www.microgreenscorner.com/mustard/>
- [18] Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q., Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(31). 7644–7651, 2012.
- [19] Velíšek J., Hajšlová J. *Chemie potravin 1*, Vyd. 3, OSSIS, Tábor 2009. ISBN 978-80-86659-15-2.
- [20] Xiao Z., Codling E. E., Luo Y., Nou X., Lester G. E., Wang Q., Microgreens of Brassicaceae: Mineral composition and content of 30 varieties, *Journal of Food Composition and Analysis*. 49. 87–93, 2016.
- [21] Vitamin E. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Vitam%C3%ADn\\_E#/media/Soubor:VitaminEstructure.png](https://cs.wikipedia.org/wiki/Vitam%C3%ADn_E#/media/Soubor:VitaminEstructure.png)
- [22] Vitamin K. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online] [cit. 14.06.2022]. Dostupné z: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Phylloquinone\\_structure.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/93/Phylloquinone_structure.svg)

- [23] Samuolienė G., Brazaitytė A., Viršilė A., Miliauskienė J., Vaštakaitė-Kairienė V., Duchovskis P. Nutrient Levels in Brassicaceae Microgreens Increase Under Tailored Light-Emitting Diode Spectra, *Frontiers in Plant Science*. 10. 1475, 2019.
- [24] Kyselina askorbová. *Wikipedie: otevřená encyklopedie* [online] [cit. 14.06.2022].  
Dostupné z:  
[https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina\\_askorbov%C3%A1#/media/Soubor:L-Ascorbic\\_acid.svg](https://cs.wikipedia.org/wiki/Kyselina_askorbov%C3%A1#/media/Soubor:L-Ascorbic_acid.svg)
- [25] Marchioni I., Martinelli M., Ascrizzi R., Gabbrielli C., Flamini G., Pistelli L., Pistelli L. Small Functional Foods: Comparative Phytochemical and Nutritional Analyses of Five Microgreens of the Brassicaceae Family, *Foods*. 10. 427, 2021.
- [26] Klouda P., *Moderní analytické metody*. 2., upr. a dopl. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. ISBN 80-86369-07-2.
- [27] Eisner A., Studijní materiál Instrumentální metody analytické. Dostupné z:  
<https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
- [28] Švancara I., Studijní materiál Laboratoř z instrumentálních metod analytických.  
Dostupné z: <https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
- [29] Davídek J., *Laboratorní příručka analýzy potravin.*: SNTL Praha 1977.
- [30] Hosmanová R., Douša M., HPLC stanovení obsahu vitamínu E v krmných surovinách, krmivech a potravinách. *Chemické listy* 101, 578–583, 2007.
- [31] Adam M., Studijní materiál Laboratoř analýzy potravin. Dostupné z:  
<https://portal.upce.cz/portal/studium/moje-studium/studijni-materialy.html>
- [32] Paradiso V. M., Castellino, M., Renna M., Santamaria P., Caponio F. Setup of an Extraction Method for the Analysis of Carotenoids in Microgreens, *Foods*. 9. 459, 2020
- [33] Mir S. A., Shah M. A., Mir M. M. Microgreens: Production, shelf life, and bioactive components, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 57(12). 2730–2736, 2017.
- [34] Ebert A.W. Sprouts and Microgreens—Novel Food Sources for Healthy Diets, *Plants*. 11(4). 571, 2022.
- [35] Elorinne A. L., Niva M., Vartiainen O., Väisänen P. Insect Consumption Attitudes among Vegans, Non-Vegan Vegetarians, and Omnivores, *Nutrients*. 11(2). 292, 2019.

- [36] Sutter D. O., Bender N. Nutrient status and growth in vegan children, *Nutrition Research*. 91. 13–25, 2021.
- [37] Joshi S., Mohan V. Pros & cons of some popular extreme weight-loss diets, *The Indian Journal of Medical Research*. 148(5). 642–647, 2018.
- [38] Vrlíková D., Mokáň M. Diabetes mellitus 1. typu a autoimunita, *Vnitřní Lékařství*. 51(11). 1297–1302, 2005.
- [39] Petersmann A., Müller-Wieland D., Müller U. A., Landgraf R., Nauck M., Freckmann G., Heinemann L., Schleicher E. Definition, Classification and Diagnosis of Diabetes Mellitus, *Experimental and Clinical Endocrinology & Diabetes*. 127(S1). S1–S7, 2019.