



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

STANOVENÍ NUTRIČNÍCH HODNOT A ANTIOXIDAČNÍ KAPACITY RŮZNÝCH JEDLÝCH OKOPANIN

DETERMINATION OF NUTRITIONAL VALUES AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF DIFFERENT EDIBLE
ROOTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Karolína Cifrová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Andrea Němcová, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1794/2022 Akademický rok: 2022/23
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií
Studentka: **Karolína Ciffrová**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Studijní obor: Potravinářská chemie a technologie
Vedoucí práce: **Ing. Andrea Němcová, Ph.D.**

Název bakalářské práce:

Stanovení nutričních hodnot a antioxidační kapacity různých jedlých okopanin

Zadání bakalářské práce:

V rámci práce budou řešeny následující dílčí úkoly:

- 1) Rešerše na dané téma, především přehled různých jedlých okopanin (brambory, topinambur, batáty a jiné), jejich deklarované výživové hodnoty a vliv na zdraví
- 2) Stanovení základních nutričních parametrů a antioxidační kapacity pomocí analytických metod
- 3) Vyhodnocení výsledků a z nich plynoucí doporučující závěry v oblasti zdravé výživy

Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Karolína Ciffrová
studentka

Ing. Andrea Němcová, Ph.D.
vedoucí práce

prof. RNDr. Ivana Márová, CSc.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2023

prof. Ing. Michal Veselý, CSc.
děkan

ABSTRAKT

Bakalářská práce pojednává o vybraných okopaninách. Konkrétně se zabývá jejich nutričním složením, antioxidační kapacitou a využitím ve zdravém stravování. Bylo zkoumáno osm vybraných okopanin, jako zástupci brambor byly vybrány brambory varného typu A, B a C, červené brambory, batáty a fialové brambory. Zbylé dvě okopaniny zastupují topinambury a maniok.

Bakalářská práce obsahuje teoretickou část, kde se nachází základní charakteristika okopanin a brambor. Popis a složení nutričních látek, které obsahují. Zejména to jsou bílkoviny, sacharidy, tuky, vitamíny a antioxidační vlastnosti. Dále obecné charakteristiky použitých metod pro analýzu.

Experimentální část je založena na konkrétních analýzách, jsou zde uvedeny postupy, výsledky, použité chemikálie a laboratorní vybavení na stanovení základních nutričních hodnot a antioxidační kapacity těchto vybraných okopanin.

Stanovuje se tedy celkový obsah sušiny, který se ve vybraných okopaninách pohybuje okolo 23 %. Vyšší obsah sušiny byl stanoven u manioku a to na 35 %. Obsah hrubých bílkovin stanovených metodou podle Kjeldahla se pohybuje v rozmezí 6,5–9,9 %. Gravimetricky stanovená vláknina v daných okopaninách vyšla v rozmezí 0,27–0,91 %. Dále je stanoven obsah škrobu, který je výrazně vyšší u manioku (46 %) než u ostatních okopanin. V batátech a topinamburech místo obsahu škrobu byl stanoven obsah inulinu, tato hodnota je výrazná u topinamburu (258,58 g/kg). Extrakcí podle Soxhleta byl stanoven obsah tuků v gramech na 100 gramů sušiny. Výrazný obsah tuků byl stanoven u batátů (12,6 g/100 g). Z vyextrahovaných tuků byl stanoven profil mastných kyselin, jako obsah nasycených (SFA), mononenasycených (MUFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Celkové a redukující sacharidy stanovené spektrofotometrickou metodou byly měřeny zvlášť ve slupce a dužině okopanin.

Antioxidační kapacita byla stanovena pomocí hodnot antioxidační aktivity, koncentrace polyfenolů a flavonoidů. Z vitamínů byl stanoven vitamín C, vitamín E pouze u brambor varného typu B, C a fialových brambor. Pro batáty byl stanoven betakaroten na 540,56 µg/g.

Naměřené a vypočítané výsledky jsou vyneseny do grafů. Nakonec je pojednání o závěrech jednotlivých metod.

KLÍČOVÁ SLOVA

Okopanina, brambor, batát, maniok, topinambur, sušina, škrob, vláknina, hrubá bílkovina, redukující sacharidy, polyfenoly, flavonoidy, vitamín C, vitamín E.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with selected edible roots, their nutritional composition, antioxidant capacity and use in healthy eating. Eight selected edible roots were analyzed: type A, B and C potatoes, red potatoes, sweet potatoes, and purple potatoes were selected as representatives of potatoes. Jerusalem artichoke and cassava represent the other two root crops.

The theoretical section of the thesis describes the basic characteristics of root crops, as well as the description and composition of the nutritional substances they contain, i.e. proteins, carbohydrates, fats, vitamins and antioxidant properties. The general characteristics of the methods used for analysis are also described here.

The experimental part is based on specific analyses, procedures, results, chemicals and laboratory equipment used to determine the basic nutritional values and antioxidant capacity of these selected root vegetables.

First, the total dry matter content was established to be about 23 % in the selected root crops. Higher dry matter content was determined for the cassava at 35 %. Crude protein content determined by the Kjeldahl method ranges from 6.5-9.9 %. The gravimetrically determined fiber in the given root crops was in the range of 0.27–0.91 %. The starch content is significantly higher in the cassava (46 %) than in other root crops. The inulin content was determined in sweet potatoes and Jerusalem artichokes instead of starch content; this value is significant for the Jerusalem artichoke (258.58 g/kg). Fat content in grams per 100 grams of dry matter was determined by Soxhlet extraction. Significant fat content was determined for sweet potatoes (12.6 g/100 g). From the extracted fats, the fatty acid profile was determined for individual root vegetables, such as the content of saturated (SFA), monounsaturated (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA). Total and reducing carbohydrates, determined by the spectrophotometric method, were measured separately in the peel and pulp of the root crops.

Antioxidant capacity was determined using antioxidant activity values, polyphenol and flavonoid concentrations. Of the vitamins, vitamin C was determined, vitamin E only in type B, C and purple potatoes. For sweet potatoes, beta-carotene was determined to be 540.56 µg/g.

The measured and calculated results are plotted in graphs. Finally, there is a discussion of the conclusions of the individual methods.

KEYWORDS

Root vegetable, potato, sweet potato, cassava, Jerusalem artichoke, dry matter, starch, fiber, crude protein, reducing carbohydrates, polyphenols, flavonoids, vitamin C, vitamin E.

CIFFROVÁ, Karolína. *Stanovení nutričních hodnot a antioxidační kapacity různých jedlých okopanin* [online]. Brno, 2023 [cit. 2023-05-19]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/148943>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie potravin a biotechnologií. Vedoucí práce Andrea Němcová.

PROHLÁŠENÍ

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

.....

podpis studenta

OBSAH

1	ÚVOD.....	8
2	TEORETICKÁ ČÁST.....	9
2.1	Okopaniny	9
2.2	Základní charakteristika a původ brambor	9
2.2.1	Původ a historie	9
2.2.2	Botanické vlastnosti.....	9
2.2.3	Hospodářské využití brambor.....	9
2.3	Nutriční (výživová) hodnota.....	10
2.4	Chemické složení brambor	10
2.4.1	Voda.....	10
2.4.2	Bílkoviny	10
2.4.3	Lipidy.....	11
2.4.4	Sacharidy	11
2.4.5	Vitamíny	12
2.4.6	Minerální látky	12
2.4.7	Organické kyseliny	13
2.4.8	Antinutriční látky.....	13
2.4.9	Antioxidanty	13
2.5	Odrůdy brambor a okopanin	14
2.5.1	Varné typy: A, B, C	14
2.5.2	Členění brambor	15
2.5.3	Fialové brambory.....	16
2.5.4	Batáty	16
2.5.5	Topinambury	16
2.5.6	Maniok.....	17
2.6	Změny nutrientů při technologických úpravách brambor	17
2.6.1	Předběžná úprava.....	17
2.6.2	Tepelná úprava	17
2.7	Brambory v dietním stravování	19
2.8	Jakost brambor.....	19
2.9	Metody pro stanovení nutričních charakteristik	20
2.9.1	Stanovení bílkovin.....	20
2.9.2	Stanovení tuků	21
2.9.3	Stanovení sacharidů.....	21
2.9.4	Stanovení vlákniny	22
2.9.5	Stanovení vitamínů	22
3	CÍLE.....	23
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	24
4.1	Použité přístroje a pomůcky	24
4.2	Použité chemikálie.....	24
4.3	Seznam použitých okopanin	25
4.4	Použité metody a experimentální postupy	25

4.4.1	Příprava vzorků pro spektrofotometrická stanovení	25
4.4.2	Stanovení celkových sacharidů podle Duboise	26
4.4.3	Stanovení redukujících sacharidů podle Somogyi-Nelsona	26
4.4.4	Stanovení tuků extrakcí podle Soxhleta	26
4.4.5	Stanovení mastných kyselin metodou plynové chromatografie	27
4.4.6	Stanovení antioxidační aktivity pomocí ABTS*	27
4.4.7	Stanovení polyfenolů	28
4.4.8	Stanovení flavonoidů	28
4.4.9	Gravimetrické stanovení sušiny	28
4.4.10	Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna	28
4.4.11	Polarimetrické stanovení škrobu podle Ewerse	29
4.4.12	Stanovení hrubé bílkoviny podle Kjeldahla	29
4.4.13	Stanovení lipofilních vitamínů a karotenoidů pomocí HPLC	29
4.4.14	Stanovení vitamínu C pomocí HPLC	31
4.4.15	Stanovení fruktooligosacharidů a inulinu pomocí HPLC.....	31
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	32
5.1	Stanovení obsahu sušiny ve vzorcích	32
5.2	Stanovení celkového dusíku a hrubé bílkoviny ve vzorcích	33
5.3	Stanovení celkových sacharidů ve vzorcích	34
5.4	Stanovení redukujících sacharidů ve vzorcích	35
5.5	Stanovení obsahu škrobu ve vzorcích	36
5.6	Stanovení obsahu vlákniny ve vzorcích	37
5.7	Stanovení obsahu tuků a profil mastných kyselin ve vzorcích.....	38
5.8	Stanovení koncentrace lipofilních vitamínů a karotenoidů ve vzorcích.....	39
5.9	Stanovení vitamínu C ve vzorcích.....	41
5.10	Stanovení antioxidační aktivity ve vzorcích.....	42
5.11	Stanovení polyfenolů ve vzorcích	43
5.12	Stanovení flavonoidů ve vzorcích	44
5.13	Stanovení fruktooligosacharidů a inulinu	45
6	ZÁVĚR	46
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	48

1 ÚVOD

Okopaniny jsou často využívanou přílohou v našich jídelnících. Především brambory, které se v kuchyni mohou připravit na mnoho způsobů. V České republice zkonzumujeme ročně průměrně 70 kg brambor na jednoho obyvatele. Obsahují totiž řadu nutričně významných látek. Jsou bohaté na minerály, vitamíny, bílkoviny a jsou téměř bez tuku. Podle dietologů brambory obsahují vyvážené zastoupení tří hlavních nutričních složek: sacharidů, tuků a bílkovin, přičemž více než polovina energetického příjmu by měla být hrazena sacharidy, méně než jedna třetina tuky a kolem 15 % bílkovinami.

Vedle klasických žlutomasých brambor se ve zdravé výživě často připravují sladké brambory neboli batáty, a to nejen díky své chuti, ale i pro svou výživovou hodnotu. Batáty jsou především vyzdvihovány jako nízkokalorické s vysokým obsahem vitamínů.

Ve zdravých jídelnících se také setkáme s fialovými brambory, které jsou žádané pro svou antioxidační aktivitu a vysoký obsah vitamínu C.

Topinambury a maniok jsou další zajímavé okopaniny. Topinambury jsou ceněné pro obsah dietně příznivého polysacharidu inulinu jako zásobní látky namísto škrobu. Nejznámější je jejich význam pro diabetiky, jelikož inulin nezvyšuje hladinu krevního cukru. Maniok je základní potravinou, především v rozvojových zemích, a je tam třetím největším zdrojem sacharidů v potravě po rýži a kukuřici. Hlízy manioku jsou bohaté na škrob a zpracovává se z nich manioková mouka.

Tato bakalářská práce se zabývá těmito zmíněnými okopaninami, jejich nutričním složením a vlivem na zdraví.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 Okopaniny

Okopaniny jsou polní plodiny poskytující produkty s nízkým obsahem sušiny (10–30 %). Jejich význam je dán především vysokými produkčními schopnostmi organických látek (cukr, škrob, insulin), které se jako zásobní látky ukládají ve zdužnatělých rostlinných orgánech (stoncích, oddencích, kořenech) a zabezpečují energetickou složku výživy lidí a krmení zvířat. Obsah bílkovin má naproti tomu většina okopanin nízký. Nízký je také obsah vlákniny, tuku a minerálních látek, z nichž se v nadbytku vyskytuje pouze draslík [1].

K okopaninám se řadí například řepa, topinambur, čekanka, mrkev, brambor a tuřín [1].

2.2 Základní charakteristika a původ brambor

2.2.1 Původ a historie

Lilek brambor, též brambor obecný či brambor hlíznatý, je botanicky zařazený do čeledi lilkovitých (*Solanacea Pers.*), do rodu lilků (*Solanum tourn*). Patří společně s kukuřicí a tabákem k významným plodinám, které byly po objevení Ameriky dovezeny do Evropy [2][3].

Brambor je původem z Jižní Ameriky. Na území Čech jsou první záznamy o polním pěstování brambor z poloviny 17. století. Od počátku 19. století dochází k navýšení ploch na pěstování brambor. V polovině 19. století již u nás brambory patřily mezi základní potraviny. V současnosti existuje více než 1 300 odrůd brambor, které jsou oblíbenou a všestranně využívanou potravinou v různé podobě podávanou jako příloha k různým pokrmům [2] [3] [4].

2.2.2 Botanické vlastnosti

Bramborová rostlina je složena z nadzemní a podzemní části. Nadzemní část tvoří stonek, listy, květy, květenství a plody. K podzemní části patří kořenová soustava, stolony, hlízy, klíček. Hlíza je hospodářsky nejvýznamnější částí bramborové rostliny [1].

2.2.3 Hospodářské využití brambor

Brambory jsou jednou z nejvýznamnějších zemědělských plodin, jsou důležitou potravinou, průmyslovou surovinou a významnou zemědělskou plodinou. Za svoji oblibu vděčí nenáročnosti na přírodní podmínky, a především pak mimořádně vysokým hektarovým výnosům [1].

Brambory rozdělujeme podle komerčního využití na užitkové směry:

- 1) Sadbové brambory (důraz na zdravotní stav vypěstovaných hlíz)
- 2) Konzumní brambory
 - a. Stolní rané (velmi rané odrůdy sklizené před dosažením úplné zralosti, tzv. nové brambory)
 - b. Stolní pozdní (hlízy určené k přímému konzumu v průběhu celého roku)

- c. Na potravinářské výrobky (technologie se speciálními požadavky na kvalitu hlíz)
- 3) Průmyslové brambory (technologie zaměřena na vyšší produkci škrobu, hlízy určené pro zpracování na škrob, líh apod.)
- 4) Krmné brambory (hlízy pěstované ke krmení hospodářských zvířat) [1].

2.3 Nutriční (výživová) hodnota

Nutriční hodnota potraviny vyjadřuje pomocí údajů o množství obsažených látek, do jaké míry je potravina pro výživu člověka významná, do jaké míry je prospěšná či nežádoucí. K základním parametrům patří údaj o obsažené energii (kalorie) a údaje o množství obsažených základních živin/nutrientů (bílkoviny, tuky, sacharidy), vitamínů, minerálních a stopových prvků, vlákniny, ale také karotenoidů, polyfenolů, fytosterolů aj [5] [6].

2.4 Chemické složení brambor

Brambory jsou chutnou a zároveň výživově hodnotnou potravinou, neboť obsahují celou řadu nutričně významných látek. Množství jednotlivých látek v hlízách se mění v závislosti na odrůdě, půdě, klimatu, způsobu a délce skladování, významný je i způsob jejich technologické úpravy. Mají vysoký podíl vody – asi 76 %. Zbýlých 24 % zaujímá sušina, toto zastoupení je převážně tvořeno škrobem, dusíkatými látkami, tuky, cukry, organickými kyselinami, minerálními látkami, vitamíny a vlákninou [7] [8] [9].

K základním látkám obsaženým v bramborové hlíze patří voda, škrob, cukry, dusíkaté látky, tuk a minerální látky. Brambory obsahují také ještě další významné složky, které ovlivňují jejich chuť, nutriční a biologickou hodnotu např. vitamíny, organické kyseliny, alkaloidy a barviva [7] [8].

2.4.1 Voda

Voda zaujímá v bramborové hlíze největší podíl (zhruba 76 % hmotnosti) a plní v rostlině významné metabolické funkce, jako je například biosyntéza organických sloučenin, doprava asimilátů a metabolitů a slouží také jako teplotní regulátor [7].

2.4.2 Bílkoviny

Bílkoviny zaujímají v průměru polovinu z celkového množství dusíkatých látek (2 %) v bramborových hlízách. Zbytek tvoří amidy a volné aminokyseliny. Brambory jsou ceněny zejména pro vysoké zastoupení lyzinu, kterého je obvykle v rostlinných bílkovinách nedostatek. Limitujícími aminokyselinami jsou cystein a methionin [7] [8] [10].

Bílkoviny se dělí podle rozpustnosti na: albuminy, globuliny, protaminy a gluteliny. Bramborová bílkovina je tvořena především globuliny (tuberin). Přítomné jsou albuminy (tuberinin) a malý podíl protaminů a glutelinů, proto je po biologické stránce vysoce hodnotná. Při skladování se obsah N-látek výrazněji nemění. Vysoké dávky dusíku při hnojení plodiny mohou způsobit zvýšený obsah dusičnanů [7] [8].

2.4.3 Lipidy

Tuky zaujímají přibližně 0,1 až 0,15 % celkové hmotnosti bramborové hlízy, jejich podíl na nutriční hodnotě je minimální. Největší množství tuků se nachází ve slupce. Jsou tvořeny především esenciálními nenasycenými mastnými kyselinami linolovou, α -linolenovou, palmitovou a stearovou, které se snadno rozkládají při vyšších teplotách. Celkově jsou však lipidy poměrně stabilní, jen u sušených výrobků, kde se jeho koncentrace zvyšuje čtyřnásobně, a při špatném skladování dochází ke znehodnocení produktu změnou vůně a chuti. Proto se při sušení brambor přidávají aditivní látky – antioxidanty [7] [8].

2.4.4 Sacharidy

Brambory obsahují průměrně 18 % sacharidů, z nichž největší podíl zaujímá škrob. Polysacharidy brambor jsou nejvýznamnější složkou sušiny hlíz, které slouží jako zdroj energie pro růst a vývoj rostliny. Dalšími polysacharidy přítomné v bramborových hlízách vedle škrobu jsou například celulóza, hemicelulózy, pentozany a pektinové látky – tedy vláknina. Sacharidy jsou v hlíze rozloženy nerovnoměrně, v jádru hlízy je množství sacharidů dvakrát větší než v povrchových částech brambor. Nejvíce vlákniny je obsaženo v nových bramborách. S rostoucí dobou skladování se snižuje množství pektinů a brambory se rychleji a snadněji rozvaří [11][12].

Kromě škrobu a vlákniny jsou v hlízách přítomny v malém množství (kolem 0,3–0,5 %) i jednoduché sacharidy, konkrétně glukóza, fruktóza a sacharóza. Varem, případně jinou tepelnou úpravou brambor z nich vznikají těkavé sloučeniny, které mají vliv na chuť a vůni brambor. Čím nižší je teplota skladování, tím více cukrů vzniká. Jejich koncentrace se začíná zvyšovat při teplotách pod 10 °C a při teplotě blízké se 0 °C dochází vlivem nahromaděných cukrů ke sládnutí hlíz. Brambory by měly být skladovány optimálně v rozmezí 4–6 °C a při relativní vlhkosti vzduchu kolem 93–98 % [7] [9] [13] [14].

2.4.4.1 Škrob

Škrob je hlavní zásobní látkou rostliny, je pohotovou zásobou glukózy a tvoří obvykle 11–16 % hlízy, kde je rozložen nerovnoměrně. Středně velké hlízy mají většinou nejvíce škrobu. Z výživového hlediska plní sytící funkci. Bramborový škrob patří obecně k méně stravitelným, a to kvůli přítomnosti tzv. rezistentního škrobu. Rezistentní škrob se vyskytuje jak v syrových, tak ve vařených bramborách. Stravitelnost škrobu se zvyšuje jeho mazováním při vyšších teplotách. V důsledku tepelné úpravy se množství rezistentního škrobu snižuje na 1,2 % [7].

Množství škrobu je různé, závisí na odrůdě, klimatických podmínkách, půdních podmínkách a agrotechnice. Obsah škrobu a velikost škrobových zrn má značný význam při průmyslovém zpracování brambor. Při zpracování na potravinářské výrobky vyšší obsah škrobu snižuje náklady na sušení a spotřebu oleje při smažení [7].

2.4.4.2 Fruktooligosacharidy

V bramborách jsou také přítomné fruktooligosacharidy, které se řadí mezi nestravitelné oligosacharidy a jsou považovány za nekalorické látky, protože jsou odolné vůči hydrolytickému působení trávicích enzymů. Fruktooligosacharidy vykazují prebiotické účinky, příznivě působí na střevní flóru, napomáhají pro ni tvořit příznivé prostředí, případně slouží jako její potrava. Regulují gastrointestinální trakt, zlepšují metabolismus lipidů a zvyšují minerální absorpci. Také snižují hladinu glukózy při diabetu, moduluji imunitní systém, snižují výskyt rakoviny tlustého střeva a syntézu triglyceridů, a jiné [15] [16].

Prebioticky také působí polysacharid inulin, který se ve větším množství (16–20 %) nachází v topinamburách, kde nahrazuje bramborový škrob jako zásobní látku. Ve střevě se inulin chová jako rozpustná vláknina [17] [18].

2.4.5 Vitamíny

V bramborách se vyskytuje významné množství vitamínu C, který je vysoce účinným antioxidantem. Hlízy obsahují v průměru 15 mg/100 g vitamínu C, což znamená, že 1 porce brambor (250 g) představuje téměř 50 % jeho denní potřeby. Avšak vitamín C, kvůli své rozpustnosti ve vodě a citlivosti k vyšším teplotám, snižuje svůj obsah v průběhu kulinární přípravy brambor. Jeho obsah rovněž klesá i při dozrávání, takže jeho konečný podíl činí 40–70 % původně přítomného množství. Čím je hlíza vyzrálejší, tím je chudší na obsah vitamínu C. Během skladování také obsah vitamínu C klesá [7] [12] [19].

Brambory jsou také zdrojem některých vitamínů skupiny B, konkrétně to jsou B₁, B₂, B₃ a B₆. Dále se v hlízách brambor také vyskytuje kyselina listová, kyselina pantotenová, provitamíny A, vitamín E a vitamín K [7] [12] [19].

2.4.6 Minerální látky

Minerální látky (popeloviny) jsou obsaženy v hlíze v průměru 1 %, a to převážně ve slupce. Brambory jsou významným zdrojem draslíku, který tvoří přibližně polovinu z celkového množství všech minerálních látek. V malém množství se v hlízách vyskytují i další minerální látky jako například fosfor, vápník, hořčík, železo, zinek, mangan a měď [7] [12].

Biologický význam minerálních látek v bramborách spočívá v převaze složek zásaditých (K, Na, Ca, Mg), jež jsou zastoupeny asi ze 70 %, oproti složkám kyselým (P, S, Cl, Si), asi z 30 %, čímž přispívají, podobně jako ovoce a zelenina, k vyrovnaní acidobazické rovnováhy v organismu. Ztráty na minerálních látkách jsou závislé na způsobu kuchyňské přípravy brambor [7] [12].

2.4.7 Organické kyseliny

Průměrný obsah organických kyselin je do 1 % hmotnosti hlíz. Mezi ně patří kyselina citronová, isocitronová, jablečná, vinná aj. Podmiňují aciditu buněčné šťávy (pH 5,6–6,5) a její pufrovací funkci. Vstupují do biochemických reakcí rostliny, jako substráty, katalyzátory nebo inhibitory. Největší podíl připadá na kyselinu citronovou a jablečnou (až 1 % v čerstvé hmotě), jejichž obsah se během skladování protichůdně mění, což naznačuje možnost jejich vzájemné přeměny [7] [20].

2.4.8 Antinutriční látky

V hlízách brambor se kromě nutričně významných látek vyskytují i látky zdraví škodlivé. Mezi nejvýznamnější látky s antinutričním charakterem patří glykoalkaloidy, z nichž nejznámější je solanin. V nízké koncentraci nepoškozují zdraví, vyskytují se ve všech hlízách a dodávají jim typickou nahořklou chuť [7] [12] [19].

Zelené brambory by se neměly vůbec konzumovat, právě kvůli zvýšenému obsahu rizikového solaninu. Již množství nad 20 mg/100 g působí toxicky a může vyvolat neklid, tachykardii, zvracení, křeče, průjem, krvácení do GIT až ztráty vědomí. Při vysokých hladinách solaninu dochází k závažným orgánovým poškozením, která mohou končit smrtí. Solanin je termostabilní, a proto se neničí vařením, pečením ani mikrovlnným ohřevem. Teprve při dlouhodobém působení vysoké teploty (při smažení) dochází k jeho značným, více než 50% ztrátám [7] [12] [19].

Dalším rizikem brambor je akrylamid, který vzniká při smažení, grilování, pečení nebo fritování brambor při vysokých teplotách. Je to potenciálně mutagenní látka a vzniká jako vedlejší produkt „hnědnutí“ ze sacharidů a aminokyseliny asparaginu Maillardovou reakcí [7] [12] [19].

2.4.9 Antioxidanty

Brambory jsou jedním z nejbohatších zdrojů antioxidantů v lidské výživě, a to vzhledem k jejich zkonsumovanému množství. Antioxidanty v lidské výživě snižují aterosklerotické procesy, inhibují hromadění cholesterolu v krevním séru a zvyšují rezistenci cévních stěn. Některé antioxidanty snižují riziko koronárních srdečních chorob. Antioxidanty zpomalují, blokují nebo zabraňují oxidačním změnám látek v lidském těle a buňkách. Představují obranný systém proti účinkům volných radikálů na lidský organismus. Podle chemické struktury lze antioxidanty rozdělit na polyfenoly (flavonoidy, anthokyany, fenolkarboxylové kyseliny, kumariny), karotenoidy (karoteny – prekursorů vitamín A, xanthofyly), tokoferoly (vitamín E), silnou antioxidační aktivitu má i vitamín C (kyseliny L – askorbové) a selen. Nejvíce bioaktivních látek, včetně vitamínů a minerálních látek, se nachází ve slupce a těsně pod ní [7] [19] [21].

2.4.9.1 Polyfenolické látky

Řadí se mezi sekundární metabolity, které vznikají během normálního vývoje rostlin a pomáhají rostlinu chránit před napadením bakteriemi, viry a houbami. Polyfenolické sloučeniny v hlízách brambor reprezentují substráty pro enzymové hnědnutí brambor, které se objevuje během loupání nebo krájení syrových hlíz brambor. Z těchto látek nejvíce zastoupenou sloučeninou v bramborových hlízách je aminokyselina L-tyrosin a dále to jsou kávová kyselina, skopolin, chlorogenová kyselina, ferulová kyselina a kryptochlorogenová kyselina. Běžný obsah celkových polyfenolů se pohybuje v rozmezí 422-834 mg/kg, ve slupkách však může být obsaženo až dvojnásobné množství. Chlorogenová kyselina je hlavní polyfenolickou složkou brambor s bílou až žlutou dužninou, může představovat až 90 % celkového obsahu polyfenolů [7].

2.4.9.2 Anthokyany

Jsou hlavně obsaženy v červeně a modře zbarvených odrůdách brambor, ve slupkách a dužině bramborových hlíz. Bylo prokázáno, že brambory s červeně nebo modře zbarvenou dužninou mají 2,5krát vyšší antioxidační aktivitu než brambory s bílou, žlutou či oranžovou barvou dužiny. Obsah anthokyanů je odhadován na 20-400 mg/kg čerstvé hmotnosti hlíz [7].

2.4.9.3 Karotenoidy

Také rostlinné pigmenty karotenoidy, které propůjčují typické zbarvení, jsou účinnými antioxidanty v antioxidačním systému. Mezi nejvíce zastoupené karotenoidy v bramborách patří: lutein, β -karoten, zeaxanthin, violaxanthin a antheraxanthin. Celkový obsah karotenoidů je nejvyšší v raném stádiu vývoje hlízy, se zvyšováním sušiny se jeho obsah snižuje a koreluje exponenciálně s intenzitou žlutého zbarvení dužiny [7].

2.5 Odrůdy brambor a okopanin

Každá odrůda svými vlastnostmi rozhoduje o výši výnosu, kvalitě, produkci, uplatnění a využití sklizně. Z tohoto důvodu je pro pěstitele důležitá znalost jejich znaků a vlastností. *Stolní hodnota* hlíz je odrůdovým parametrem vařených hlíz, která je charakterizována konzistencí hlíz, jejich strukturou, moučnatostí, vlhkostí, nedostatky v chuti a tmavnutím hlíz po uvaření. *Varný typ* charakterizuje jednotlivé odrůdy s ohledem na jejich konzumní využití a zároveň dokládá, že odrůda splňuje kvalitativní parametry. Z tohoto pohledu můžeme rozlišit 3 základní skupiny odrůd – varný typ A, varný typ B a varný typ C [22] [23].

2.5.1 Varné typy: A, B, C

Varný typ A (zelené značení) se hodí hlavně do salátů, pro vaření ve slupce a jako příloha – brambory mají hlízy po varu pevné, tuhé, lojovité – nemoučnatí a nerozváří se ani delší dobou varu. Odrůda Anuschka a Belana, odrůda Antonie představuje brambory rohlíčkovité. Patří sem odrůda Camel, často se označuje za typ AB, má žlutou dužinu a červenou dvojrstvou slupku [7].

Varný typ B (červené značení) je vhodný jako univerzální přílohový, hodí se do salátů, gulášů, polévek a pro restování – po varu se hlízy částečně rozsypávají a mírně moučnatí. Jsou ideální přílohou i na hranolky. Odrůda Red Anna je poloraná, má příjemnou chuť i vůni [7].

Varný typ C (modré značení) jsou brambory vhodné na přípravu bramborové kaše a bramborová těsta. Používá se na hranolky, do bramboráků a bramborových placek – hlízy po varu moučnatí, rozsypávají se a středně se rozvaňují. Mají polohrubou strukturu [7].

2.5.2 Členění brambor

Brambory můžeme rozdělit podle různých hledisek, ať už se jedná o rozdělení podle barvy dužiny, barvy slupky, tvaru jako odrůdového znaku, tak podle způsobu jejich využití. Pro pěstitele je důležité znát délku vegetační doby od výsadby do plné fyziologické zralosti porostu, z toho pohledu rozlišujeme odrůdy: Velmi rané, Rané, Polorané a Pozdní [24].

2.5.2.1 Velmi rané brambory

Velmi rané brambory jsou brambory s dobou vegetace 90 až 100 dní, pěstované zpravidla pro okamžitou spotřebu, s dynamickým nárůstem hlíz a obsahují nízké množství sacharidů. Preferují je hlavně lidé trpící cukrovkou. Třeba odrůda brambor Adora je vhodná pro diabetiky, má hladkou slupku s mělkými očky a její chuť je máslová. Odrůdy Korina, Impala a Colette nebo Anuschka jsou vhodné i ke skladování [1].

2.5.2.2 Rané brambory

Rané brambory s vegetačním obdobím na 100 až 110 dní je nutné sázet v termínu od 20. do 31. března. Odrůdy jsou Belana, Malvina, Sunita, Rosara, Elfe a Dali. Nejvyhledávanější je v posledních letech odrůda Marabel, která je chuťově bezkonkurenční. Má nasládlou chuť a krémovou texturu. Vysokou konzumní kvalitou se chlubí odrůda Julinka [1].

Rané brambory jsou charakterizované nedozrálou loupající se tenkou slupkou a určité rychlé spotřebě. Jsou zdravější, obsahují méně škrobu a více bílkovin než brambory pozdní. Konzumní brambory rané zahrnují rané a velmi rané odrůdy, které dávají možnost rychlému růstu hlíz [1].

2.5.2.3 Polorané brambory

Polorané odrůdy sadbových brambor dozrávají za 110 až 130 dní. Hodí se především k dlouhodobému uskladnění. Nyní je asi nejoblíbenější odrůdou je Agria, která má vysokou úrodnost a je vhodná na vaření, pečení i smažení bramborových lupínků a hranolek. Mezi polorané brambory patří i odrůda brambor Princess, Ditta, Finessa, Soraya a Red Lady [1].

2.5.2.4 Pozdní brambory

Poslední skupinou odrůd jsou pozdně rané brambory. Jejich vegetační období je delší než 130 dní. Patří sem odrůdy Antonia, Jelly a Tosca, která pochází z Dolního Rakouska. Oblíbená je i odrůda brambor Laura. Pokud chcete červenou slupku, vhodná je odrůda Belanosa. Jsou vhodné spíše pro průmyslové pěstování [1].

2.5.3 Fialové brambory

Brambory odrůdy Valfi, jejichž dužnina je fialově zbarvena přítomnými anthokyany. Tato fialová barviva patří mezi flavonoidy a jsou přírodními antioxidanty. Chuťově se fialové brambory neliší od žlutomasých odrůd a dají se z nich tak připravit obvyklá jídla. Jen je třeba pamatovat na to, že se jedná o varný typ BC, který se při delším vaření vcelku snadno rozváří [7].

Výrazná fialová barva není jen vizuálně pěkná, ale i plná výživných látek. Fialovou barvu způsobuje zvýšený obsah přírodních barviv s vysokými antioxidačními účinky. Obsah antioxidantů ve fialových bramborách je několikanásobně vyšší než v klasických bramborách. Fialové brambory dokonce obsahují i 5krát více vitamínu C než bílá varianta brambor. Doporučuje se připravovat je ve slupce, právě v ní se nachází nejvíce vitamínu C.

Zdraví prospěšné antokyany působí protizánětlivě a antibakteriálně. Tímto způsobem nám mohou pomoci při prevenci různých onemocnění jako jsou rakovina, diabetes, ale i při kardiovaskulárních onemocněních [7].

2.5.4 Batáty

Batáty jsou hlízy povíjnice jedlé známé pod označením sladké brambory. Po celém světě je dnes pěstována široká řada odrůd batátů. Bílé a světlé odrůdy mají karamelově kaštanovou chuť a moučnatou strukturu. Žluté a oranžové druhy jsou sladké a vodnaté. Batátové hlízy jsou bohaté na sacharidy a vlákninu. Přestože se batáty označují jako „sladké brambory“, mohou být vhodnou potravinou pro diabetiky. Pomáhají stabilizovat hladinu cukru v krvi a snižovat odolnost vůči inzulínu. Obsahují značné množství beta-karotenu, vitamínů B₆ a C. Proteiny a tuky jsou však v hlízách zastoupeny minimálně [25] [26] [27].

2.5.5 Topinambury

Topinambur hlíznatý je tradiční plodina v Mexiku, odkud také pochází. Složením topinambury připomínají brambory. Hlízy obsahují 22 % sušiny, čehož sacharidy tvoří 12-20 % (inulin, glukóza, fruktóza) a vláknina 1,6 %. Bílkoviny se pohybují okolo 2,5 %. Obsah inulinu je důležitý pro své příznivé metabolické účinky na lidský organismus (při podpoře trávení, případně redukční dietě). Hlízy jsou také bohatým zdrojem vitamínů, především vitamínu A, B₁, B₂ a C. Z minerálních látek jsou významné železo a křemík [28].

2.5.6 Maniok

Maniok jedlý, známý též pod jmény cassava či yuca, je kulturní tropická rostlina. Někdy se manioku podobně jako jamům a batátům přezdívá sladké brambory. Rozlišují se dva hlavní druhy manioku. Bílá odrůda je sladká, měkká a používá se jako hodnotný zdroj pro získávání škrobu. Žlutá odrůda má více hořkou chuť a zpravidla se pěstuje jako zelenina. Celá rostlina manioku v syrové formě (včetně hlíz) obsahuje vysoce toxický kyanid, který je možno odbourat vařením. Hořké odrůdy je potřeba před vlastní přípravou opakovaně povařit v několika vodách. Vyšlechtěné sladké odrůdy mají většinu kyanidu koncentrovanou pod pokožkou hlíz a většinou stačí jen jedno povaření [25] [26].

Nutriční hodnota manioku je dosti nevyvážená. Hlízy manioku jsou především zdrojem sacharidů, avšak obsah škrobu je až o 2/3 nižší než u rýže. Maniok je dobrým zdrojem vápníku, fosforu a vitamínu C, ale v hlízách chybí ostatní důležité živiny [25] [26].

2.6 Změny nutrientů při technologických úpravách brambor

2.6.1 Předběžná úprava

Již během předběžné úpravy často dochází k negativním změnám, k nimž patří zejména snížení nutriční hodnoty brambor. K nejvýznamnějším ztrátám živin dochází vyluhováním, oxidací a působením světla a týkají se především vitamínů rozpustných ve vodě, tj. vitamínu C a většinu vitamínů skupiny B, dále některých minerálních a chuťových látek a cukrů. Ztráty se zvyšují použitím většího množství vody, při větším povrchu potraviny i při delším setrvání v tekutině [12] [29].

Ztráty oxidací vznikají v důsledku krájení brambor, kdy se k nim dostává vzdušný kyslík. Nejvíce náchylné jsou vitamíny C a B₁, karoteny a nenasycené mastné kyseliny. Ztráty lze omezit použitím nerezového náčiní a vkládáním brambor do vařící vody. Oxidace způsobuje rovněž hnědnutí a modrání syrových hlíz. Lze tomu zabránit bezprostřední tepelnou úpravou nebo vložením do okyselené vody [12] [29].

Působením světelného záření dochází k rozkladu fotosenzibilní vitamínů C, B₂ a karotenů. Proto by se brambory měly tepelně zpracovat co nejdříve a neměly by zůstat delší dobu na světle ani v průhledných nádobách [12] [29].

2.6.2 Tepelná úprava

Nutriční ztráty závisí především na způsobu zvolené technologie, na teplotě a délce kulinární úpravy. Vitamín C je citlivý na působení vysokých teplot [29] [30].

Při tepelné úpravě brambor vařením se zvyšuje stravitelnost obsažených bílkovin, které se rozkládají a jsou snáze štěpitelné trávicími enzymy. Zlepšuje se rovněž využitelnost jednotlivých aminokyselin. Ze škrobu vzniká působením tepla škrobový maz, který je pro nás rovněž lépe stravitelný [29] [30].

Naopak brambory pečené na tuku anebo smažené, které byly upravovány za vysokých teplot, jsou podstatně hůře stravitelné. Snížení výživové hodnoty je dále způsobeno ztrátami esenciálních aminokyselin, hlavně lyzinu [29] [30].

Během smažení, fritování, pečení a grilování brambor, zejména při nedodržení správné technologie, se vytváří toxický akrylamid, který se řadí do skupiny pravděpodobných lidských karcinogenů. Vzniká jako vedlejší produkt reakce sacharidů s aminokyselinou asparaginem již při zahřívání nad 120 °C. Vytvořené množství závisí na výši teploty, délce jejího působení a obsahu cukrů. S rostoucí teplotou a délkou tepelné úpravy roste jeho obsah [29] [30].

2.6.2.1 Výhody tepelné úpravy

Výhody tepelné úpravy potravin spočívají ve třech základních aspektech:

a) Mikrobiální

Tepelným ošetřením především zahubíme živé (nesporulující) mikroorganismy, bohužel nejen ty škodlivé, „choroboplodné“, ale i ty přátelské, „ušlechtilé“. Ke zničení těchto mikrobů zcela dostačuje var, v průmyslu např. pasterace [29] [30].

Nesporulující bakterie nevytvářejí za nepříznivých podmínek spóry, takže je vyšší teploty (při vaření nebo pečení) zahubí. Sporulujícím mikrobům však neublíží díky sporám, které vysoké teploty vydrží, a jakmile přestanou působit, vyklíčí ze spor opět živé bakterie, které se dále pomnožují. Aby bylo možné potraviny dlouhodobě uchovávat, je třeba zničit jak živé sporulující bakterie, tak i jejich spóry. Za tímto účelem se používají různé technologie, např. opakované tepelné ošetření nebo vysoké teploty, kombinace tlaku a teploty a další [29] [30].

b) Eliminace antinutričních a toxických látek

Některé potraviny v syrovém stavu obsahují různé antinutriční a dokonce i toxické látky. U brambor je to například toxický glykoalkaloid solanin, který se vyskytuje v zelených částech a klíčcích. I přes to že je solanin termostabilní, tak při dlouhodobém působení vysoké teploty (při smažení) dochází k jeho značným, více než 50 % ztrátám. Z brambor by se přesto měly i při šetrné úpravě odstranit klíčky i se zbylými očky a nazelenalé části [29] [30].

c) Zvýšení stravitelnosti a výživové hodnoty.

Působením tepla dochází k řadě fyzikálních i chemických změn potravin. Tyto změny závisejí nejen na konkrétní potravíně (jejím složení, pH prostředí, přítomnosti vody apod.), ale i na metodě tepelného zpracování a na dalších faktorech [29] [30].

Pozitivní působení tepla na potraviny se týká především bílkovin, tuků a sacharidů. Další složky stravy tepelnými a jinými způsoby úpravy ale spíše trpí. Jedná se zejména o vitamíny a minerální látky, které jsou pro člověka nepostradatelné [29] [30].

2.6.2.2 Nevýhody tepelné úpravy

Výživová hodnota stravy sestává z hodnoty energetické a biologické. Právě hodnota biologická může být nešetrným způsobem přípravy stravy vážně narušena. Tepelná úprava může výchozí, původně nutričně cennou potravinu do značné míry znehodnotit. Některé cenné složky, zejména vitamíny, mohou být narušeny a dokonce ztraceny [29] [30]. Tabulka 1 znázorňuje, jak různé způsoby tepelné úpravy ovlivňují obsah vitamínu C v bramborách.

Tabulka 1: Zachování vitamínu C u brambor při tepelné úpravě [3]

Způsob tepelné úpravy	Obsah vitamínu C
Vaření ve slupce v páře	73 %
Vaření ve slupce, vložené do vařící vody	68 %
Vařené ve slupce, vložené do studené vody	62 %
Vařené loupané krájené, vložené do vařící vody	50 %
Vařené loupané krájené, vložené do studené vody	44 %

2.7 Brambory v dietním stravování

Pokud při kulinárním zpracování brambor zvolíme šetrnou tepelnou úpravu – vaření, je jejich konzumace prospěšná a lze je použít pro stravování zdravých i nemocných jedinců, a to téměř ve všech dietách s výjimkou diet při onemocnění ledvin, kde je potřeba snížit příjem přijatého draslíku [29].

Vařené brambory jsou lehce stravitelné, a proto je lze doporučit při nemocech trávicího ústrojí. Díky nízkému obsahu alergenních látek jsou všeobecně dobře snášeny. Brambory ani bramborový škrob neobsahují lepek a lze je zařadit do jídelníčku osob nemocných celiakií [29].

Brambory vařené či pečené „nasucho“ mají nízký obsah energie i tuků, a proto jsou vhodnou přílohou pro osoby, které se snaží snížit svou tělesnou hmotnost. Tyto výhody konzumace brambor se však netýkají smažených hranolků, chipsů, bramborového salátu s vyšším podílem majonézy, ani brambor pečených na velkém množství tuku. Právě kvůli přidavku volného tuku se stávají špatně stravitelnými a výrazně se zvyšuje jejich energetická hodnota [29].

2.8 Jakost brambor

Jakost brambor je dána jednak hodnotou vnitřní a jednak hodnotou vnější. Požadavky na jakost jsou různé. Jakost brambor je určena jejich vzhledem, chutí, vůní, komplexem kuchařských vlastností a sloučenin, které brambory obsahují [1].

Vnější znaky jakosti hlíz jsou:

- Velikost a velikostní vyrovnanost hlíz
- Tvar hlíz
- Hloubka oček (ovlivňuje vzhled i čistotu hlíz, výtěžnost při loupání a zužitkování v kuchyni)
- Síla slupky (má vliv na odpad při zpracování hlíz)
- Jemnost slupky (u konzumních odrůd se vyžaduje jemná slupka)
- Mechanické poškození slupky (hlavní podíl má pevnost dužniny)
- Barva dužniny (odrůdový znak, zjišťuje se na řezu hlízou, po uvaření i po rozkrájení má být stálá)

Velikost hlíz je znakem rozhodujícím o výtěžnosti tržního zboží. Tvar hlíz může být kulovitý, krátce oválný, oválný, dlouze oválný, dlouhý, velmi dlouhý [1].

Podle konzistence brambor po uvaření rozeznáváme hlízy brambor s texturou vodnatou (sušina pod 15 %), lojovitou až neutrální (sušina do 24 %) a texturou moučnatou (obsah sušiny nad 24 %) [1].

Vnitřní znaky jakosti hlíz určují nutriční, kalorickou a zpracovatelskou a technologickou hodnotu hlíz. Nutriční hodnota je určena obsahem nutričně důležitých látek, jejich využitelností ve stravě a spolu se zpracovatelskou hodnotou tvoří stolní hodnotu. Pro průmyslové využití se posuzuje technologická hodnota, která je dána množstvím a kvalitou obsahových látek a zpracovatelností hlíz. Vnitřní znaky jakosti souvisí s chemickým složením hlízy [1].

2.9 Metody pro stanovení nutričních charakteristik

2.9.1 Stanovení bílkovin

Metody stanovení bílkovin lze rozdělit do dvou základních skupin. První skupina je vhodná pro detekci stanovení bílkovin ve směsi s jinými složkami potravin, druhá skupina metod je vhodná pro čisté bílkovinné preparáty. Častěji používané jsou metody první skupiny, které mají být rychlé, spolehlivé a mají zaručovat dostatečnou reprodukovatelnost. Druhá skupina metod je ve většině případů časově náročnější a vyžaduje speciální zařízení [31].

Pro orientaci o obsahu bílkovin v potravinách je postačující stanovení celkového obsahu dusíku, vyjádřeného tzv. hrubou bílkovinou. Hodnoty hrubé bílkoviny v sobě zahrnují i dusíkaté látky nebílkovinné povahy a neříkají nic o nutriční hodnotě analyzovaného vzorku [31].

2.9.1.1 Stanovení hrubých bílkovin metodou podle Kjeldahla

Ke stanovení bílkovin v potravinách a potravinářských surovinách se nejčastěji používá metody založené na stanovení množství přítomného dusíku podle Kjeldahla. Organická látka se mineralizuje koncentrovanou kyselinou sírovou při teplotě varu kyseliny. Rozklad se urychluje zvýšením teploty varu (např. síranem draselným) a vhodným katalyzátorem (např. oxidem měďnatým, síranem měďnatým, rtuť, peroxidem vodíku, selenem). Dusík, který byl v bílkovinách nebo aminokyselinách ve formě aminoskupiny nebo iminoskupiny, se mineralizací převede na síran amonný [31] [32] [33] [34].

Ze síranu amonného se potom uvolní amoniak 30% roztokem hydroxidu sodného a přehání se vodní párou v Parnas-Wagnerově destilačním přístroji do předlohy se známým nadbytečným množstvím odměrného roztoku kyseliny sírové. Přebytek této kyseliny se pak titruje odměrným roztokem hydroxidu sodného na indikátor methylčerveně nebo Tashiro. Následně se vypočte obsah celkového dusíku w_N (%) ve vzorku, který se přepočítá na obsah hrubé bílkoviny vynásobením univerzálním faktorem 6,25 [31] [32] [33] [34].

2.9.2 Stanovení tuků

Tuky patří k významným složkám potravin a ve výživě tvoří jednu z hlavních živin nezbytnou pro zdraví a vývoj organismu.

V potravinářské analýze se označuje pojmem tuk zpravidla netěkavý extrakt získaný lipofilním rozpouštědlem (např. diethylether, petrolether, chlorované uhlovodíky) a sušený 1 hodinu při 105 °C. Nejčastěji jde o směs jednoduchých lipidů, znečištěných uhlovodíky, organickými kyselinami, éterickými oleji, barvivy apod [31].

2.9.2.1 Stanovení tuků extrakcí podle Soxhleta

Vzorek se dokonale rozemele nebo rozdrťí v třecí misce a ihned po rozemletí se odváží do extrakční patrony. Extrakční patrona se vloží do extraktoru.

K extraktoru se připojí baňka se zábrusem, předem vysušená a zvážená s několika kousky pemzy. Napojí se zpětný vodní chladič. Do extraktoru se nalije rozpouštědlo, nejvhodnějším je n-pentan nebo n-hexan. Výsledek vždy závisí na rozpouštědle, proto je nutné vždy uvést, jakým rozpouštědlem bylo extrahováno. Při zahřívání elektrickou vodní lázní by mělo rozpouštědlo mírně vřít. Extrahuje se asi 4 – 6 hodin. Z baňky se oddestiluje rozpouštědlo. Poté se baňka suší v elektrické sušárně předehřáté na 105 ± 2 °C, nechá se ochladit v exsikátoru a zváží se. Tento postup se opakuje tak dlouho, až rozdíl mezi dvěma následujícími váženými je menší než 10 mg. Hmotnost extraktu se vztáhne na hmotnost nebo sušinu vzorku [31] [32] [33].

Obsah celkového tuku w_t (%) ve vzorku se vypočítá podle vzorce (1):

$$w_t = \frac{m_{ext}}{m} \cdot 100, \quad (1)$$

kde m_{ext} je hmotnost vyextrahovaného tuku (g) a m je hmotnost čerstvého vzorku (g) [31].

2.9.3 Stanovení sacharidů

Sacharidy mají v buňkách různé funkce. Využívají se jako zdroj energie, jsou základními stavebními jednotkami mnoha buněk, chrání buňky před působením různých vnějších vlivů, jsou biologicky aktivními látkami nebo složkami mnoha biologicky aktivních látek, jako jsou glykoproteiny, některé koenzymy, hormony, vitaminy [32].

2.9.3.1 Čiření cukerných extraktů

U optických metod (refraktometrie, polarimetrie, spektrofotometrie) musí být cukerné roztoky vyčiřené a odbarvené. Účelem čiření je odstranit opticky aktivní látky z roztoků cukrů a odbarvení roztoku [35].

2.9.3.2 Stanovení celkových sacharidů

Pro stanovení celkového množství sacharidů se využívá jejich rozkladu v silně kyselém prostředí. Většina metod je založena na dehydrataci sacharidů koncentrovanou kyselinou sírovou a následné kondenzaci vzniklých derivátů s reakčním činidlem (fenol, anthron, orcinol) za vzniku barevných kondenzačních produktů, které lze stanovit spektrofotometricky. Jednou z takových metod je metoda dle Duboise [35].

2.9.3.3 Spektrofotometrické stanovení redukujících sacharidů

K nejrozšířenějším metodám stanovení redukujících sacharidů patří metoda Nelson–Somogyiho. Využívá schopnosti redukujících sacharidů vyredukovat z alkalického prostředí měďnatých solí oxid měďný, který s arsenomolybdenanovým činidlem poskytuje barevný komplex, jehož zabarvení se proměří spektrofotometricky [35].

2.9.4 Stanovení vlákniny

Vláknina je nestravitelná část rostlinné potravy, která napomáhá pohybu potravy trávicí soustavou a vstřebává vodu [31] [32].

Při stanovení vlákniny se využívají metody chemické a enzymové. Nejrozšířenější je metoda Hennenbergova-Stohmannova. Při ní se působením 5% roztoku kyseliny sírové a 5% roztoku hydroxidu sodného převedou balastní látky do roztoku a získá se vláknina, která se stanoví vážkově [31] [32].

2.9.5 Stanovení vitamínů

Vitamíny se rozdělují na vitamíny rozpustné ve vodě (hydrofilní) a vitamíny rozpustné v tucích (lipofilní). Vitamíny rozpustné ve vodě se extrahují z potravin nejčastěji vodou, zředěnými roztoky minerálních kyselin a tlumivých roztoků. K extrakci vitamínů rozpustných v tucích se používají běžná organická rozpouštědla (např. petrolether, diethylether). Ke stanovení obou skupin vitamínů se používají různé metody, v poslední době převažují metody chromatografické (kapalinová a plynová chromatografie) [32].

3 CÍLE

V rámci této bakalářské práce bylo cílem experimentální části splnit následující dílčí úkoly:

- Stanovit základní nutriční parametry a antioxidační kapacitu vybraných okopanin pomocí analytických metod.
- Vyhodnotit výsledky a z nich navrhnout plynoucí doporučující závěry v oblasti zdravé výživy.

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

4.1 Použité přístroje a pomůcky

Magnetická míchačka s ohřevem Chromservis
Chromatografická sestava Dionex UltiMate 3000 s DAD detektorem řady Vanquish, Thermo Fischer (USA)
Centrifuga BioTech, (ČR)
Automatický extrakční systém Soxtherm
Automatické pipety, Discovery
Destilační systém VAPODEST® 200, VWR
Analytická váha Pioneer PX224, Ohaus (USA)
Předvážky CS200, Ohaus (USA)
Mini Vortex Mixer, Fixed Speed, Ohaus (USA)
Termostat blokový digitální, VWR international (USA)
Termostat blokový digitální, Ohaus
Thermo Spectronic Helios Delta Visible Spectrofotometr
Běžné laboratorní sklo
Struhadlo

4.2 Použité chemikálie

Metanol HPLC grade, Chem-Lab (BEL)
Ethanol 96%, Sigma-Aldrich (USA)
Chloroform stabilizovaný ~ 1 % ethanolu p.a., Penta (ČR)
Acetonitril, HPLC gradient grade, Chem-Lab (BEL)
Ethylacetát, ROTISOLV® HPLC, Carl Roth (DE)
Kyselina sírová $\geq 96\%$, Penta (ČR)
n-Hexan 99 % p.a., Penta (ČR)
D-glukóza monohydrát p.a., Lach-Ner s r.o. (ČR)
Hydroxid sodný, PENTA Chrudim, (ČR)
Hexakynoželeznatan draselný, LACH-NER Neratovice, (ČR)
Síran zinečnatý heptahydrát p.a., Lach-ner, S.r.o. (ČR)
Kyselina chlorovodíková p.a., PENTA, Chrudim, (ČR)
Trolox, Sigma-Aldrich (Německo)
(-)-Katechin, Sigma-Aldrich (Německo)
Fruktooligosacharidy, Sigma-Aldrich (Německo)
Fenolftalein, LACHEMA Brno, (ČR)
Kyselina gallová, Sigma-Aldrich (Německo)
Folin-Ciocalteu činidlo, Sigma-Aldrich (Švýcarsko)
Uhlíčan sodný, Lachema, (ČR)
Chlorid hlinitý, p.a. Lachema (ČR)
Dusitan sodný, p.a., Lachema (ČR)
Fenol, p.a. Lachema (ČR)

4.3 Seznam použitých okopanin

- Brambory varný typ A (odrůda: Erika a Musica, Země původu: Česká republika)
- Brambory varný typ B (odrůda: Georgina a Musica, Země původu: Česká republika)
- Brambory varný typ C (odrůda: Corzica a Krone, Země původu: Česká republika)
- Batáty (Země původu: Egypt, Spojené státy americké)
- Červené brambory (odrůda: Baltic Rose, varný typ B, Země původu: Slovensko)
- Fialové brambory (odrůda: Blue Star, varný typ B, Země původu: Slovensko)
- Topinambur (Země původu: Česká republika)
- Maniok (Země původu: Nigérie, Brazílie)

4.4 Použité metody a experimentální postupy

4.4.1 Příprava vzorků pro spektrofotometrická stanovení

Na přípravu vzorků pro analýzu byly odebrány dvě různé části daných okopanin (slupka a dužina). Tabulka 2 obsahuje průměrné šířky slupek použitých okopanin. Odebrané vzorky byly zhomogenizovány pomocí třecí misky s tloučkem. Bylo odebráno 10 g zhomogenizovaného materiálu do Erlenmayerových baněk, přidáno 100 ml destilované vody a extrahováno na třepačce při laboratorní teplotě. Poté byla směs přefiltrována přes gázu a čiřena za použití Carrezových roztoků. K 10 ml vodné fáze bylo přidáno 0,5 ml Carrezova roztoku I, následně bylo přidáno za stálého míchání 0,5 ml Carrezova roztoku II. Směs byla centrifugována, vyčiřená fáze byla odebrána do zkumavky a vzorky byly uchovány v mrazáku pro následující stanovení.

Carrezovo činidlo I: 15% roztok hexakvanoželeznatanu draselného

Carrezovo činidlo II: 30% síran zinečnatý

Tabulka 2: Průměrné šířky slupek použitých okopanin

Okopanina	Průměrná šířka slupky [cm]
Brambory – varný typ A	0,23
Brambory – varný typ B	0,21
Brambory – varný typ C	0,22
Batáty	0,22
Červené brambory	0,23
Fialové brambory	0,21
Topinambury	0,29
Maniok	0,33

4.4.2 Stanovení celkových sacharidů podle Duboise

Principem spektrofotometrické metody podle Duboise je rozklad cukrů kyselinou sírovou, přičemž vznikající deriváty furfuralu kondenzují s fenoly za vzniku barevných produktů.

Pro kalibraci byl připraven standardní vodný roztok glukózy o koncentraci 100 µg/ml a z něj bylo pipetováno 1; 3; 5; 7 a 9 ml a doplněno destilovanou vodou na 10 ml. K 1 ml všech vyčiřených vzorků a 1 ml všech standardů byl přidán 1 ml 5 % fenolu a 5 ml koncentrované kyseliny sírové. Směs byla promíchána a ponechána volně 30 minut při laboratorní teplotě. Poté byla změřena absorbance na spektrofotometru při 490 nm proti slepému vzorku. Na přípravu slepého vzorku byl použit 1 ml destilované vody.

4.4.3 Stanovení redukujících sacharidů podle Somogyi-Nelsona

Principem metody je reakce redukujících sacharidů s měďnatými ionty, kdy dochází k vyredukování oxidu měďnatého, který je pomocí hydrogenarseničnanu převeden do modrozeleného komplexu. Ten lze stanovit spektrofotometricky při vlnové délce 720 nm.

Pro kalibraci byl připraven standardní vodný roztok glukózy o koncentraci 0,1 g/l, z něj bylo pipetováno 1; 3; 5; 7; 9 a 10 ml a doplněno destilovanou vodou na 10 ml. Z takto připravených kalibračních roztoků a ze všech vzorků byl odpipetován vždy 1 ml, ke kterému bylo přidáno 0,5 ml roztoku I a 0,5 ml roztoku II. Zkumavky byly umístěny na vroucí vodní lázeň po dobu 10 minut. Poté byly zkumavky ochlazené vodou, bylo přidáno 0,5 ml roztoku III a dobře promícháno na vortexu. Objem byl doplněn destilovanou vodou na 10 ml a byla měřena absorbance proti slepému vzorku při 720 nm. Slepý vzorek byl připraven stejným způsobem, akorát místo vzorku byl použit 1 ml destilované vody.

Somogyi-Nelsonova činidla I, II a III:

Roztok I: 24 g bezvodého Na_2CO_3 , 16 g NaHCO_3 , 144 g bezvodého Na_2SO_4 a 12 g vinanu sodno-draselného v 800 ml destilované vody.

Roztok II: 4 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a 24 g bezvodého Na_2SO_4 v 200 ml destilované vody.

Roztok III: 25 g molybdenanu amonného v 450 ml destilované vody a 21 ml koncentrované H_2SO_4 , poté přidat 3 g $\text{Na}_2\text{HAsO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ v 25 ml destilované vody. Roztok se nechá stát 48 hodin při laboratorní teplotě.

4.4.4 Stanovení tuků extrakcí podle Soxhleta

Vybrané okopaniny byly nastrouhány najemno na struhadle a vzorek byl vysušen v lyofilizátoru. 5 g vysušeného vzorku bylo odváženo do extrakční patrony. Patrona byla umístěna do skleněné nádoby a opatřena vatou, přes vatou bylo do nádoby nalito 140 ml n-hexanu. Extrakce podle Soxhleta probíhala přibližně 3,5 hodiny, nastavené parametry jsou uvedeny v Tab. č. XY. Po skončení programu byla vyextrahovaná složka se zbytkem rozpouštědla převedena do předem zvážené destilační baňky. Zbytek rozpouštědla byl odpařen na vakuové odparce. Poté byla baňka umístěna v exsikátoru a byla zvážena.

Tabulka 3: Parametry extrakce dle Soxhleeta

Teplota extrakce	170 °C	Vypařování A	17 min 30 s
Redukční interval	3 min 30 s	Vypařování B	7 min
Redukční pulz	3 s	Vypařování C	10 min
Horká extrakce	90 min	Čas extrakce	60 min
T-klasifikace	300 °C	Délka programu	184 min

4.4.5 Stanovení mastných kyselin metodou plynové chromatografie

K tukům v baňce získané z extrakce podle Soxhleeta bylo přidáno 1,8 ml transesterifikační směsi (15% roztok kyseliny sírové v methanolu pro HPLC s obsahem inertního standardu kyseliny heptadekanové o koncentraci 0,5 mg/ml) a roztoky byly kvantitativně převedeny do vialek. Vialky byly uzavřeny a umístěny na termoblok na 2 hodiny při teplotě 85 °C. Poté se vialky nechaly vychladnout a obsah vialky byl kvantitativně převeden do 5 ml vialky. Ke vzorku bylo přidáno 0,5 ml NaOH a 1 ml HPLC hexanu. Vialky byly uzavřeny a protřepány na vortexu po dobu 5 minut. Po ustálení fází bylo odebráno 100 µl z horní nepolární fáze do šroubovací vialky a bylo přidáno 0,9 ml HPLC hexanu. Následně byly vialky umístěny do plynového chromatografu.

Pro analýzu byl použit plynový chromatograf TRACE 1300 s plamenovým ionizačním detektorem a autosamplerem AI 1310. Použitá kolona byla kapilární LION column. Doba analýzy jednoho vzorku byla 22,3 min. Autoinjektor dávkoval vždy 1 µl vzorku a ředící poměr byl 1:10.

Tabulka 4: Parametry GC

Kolona	Délka [m]	30
	Průměr [mm]	0,25
	Tloušťka filmu [µm]	0,20
MF (H₂)	Průtok [ml/min]	1
Paliva FID	Průtok vzduchu [ml/min]	350
	Průtok H ₂ [ml/min]	30
	Průtok N ₂ [ml/min]	40

V softwaru TRACE byly v chromatogramech upraveny plochy píků pro zanalyzované vzorky.

4.4.6 Stanovení antioxidační aktivity pomocí ABTS*

ABTS byla rozpuštěna v destilované vodě na koncentraci $c = 7 \text{ mM}$ (0,036 g v 10 ml vody). Radikálový kation ABTS^{•+} byl získán reakcí s 2,45 mM peroxodisíranem draselným. Roztok byl ponechán ve tmě při laboratorní teplotě po dobu nejméně 12 hodin. Radikálový kation ABTS^{•+} byl před použitím zředěn etanolem pro UV-VIS na absorbanci $0,7 \pm 0,2$ při 734 nm.

Měření probíhalo proti čistému etanolu pro UV-VIS. Nejdříve byla změřena hodnota absorbance pro substrát: 1 ml ABTS^{**} + 10 µl destilované vody, měřeno v čase 0 min (A0). Dále byly měřeny hodnoty absorbance se vzorky (1 ml ABTS^{**} + 10 µl vzorku) ve skleněné kyvetě v čase 10 min (A1).

Pro výpočet celkové antioxidační aktivity byla použita kalibrační křivka standardu Troloxu v rozmezí koncentrací 80–400 µg/ml. Standard Trolox byl rozpuštěn v 60 % ethanolu, který byl použit jako blank.

4.4.7 Stanovení polyfenolů

Nejdříve byl napipetován 1 ml zředěného Folin-Ciocalteuova činidla (1:9) a 1 ml destilované vody. Bylo přidáno 50 µl vzorku, promícháno a ponecháno stát 5 minut. Poté byl přidán 1 ml nasyceného Na₂CO₃, promícháno a ponecháno stát 15 minut. Následně byla změřena absorbance při 750 nm proti slepému vzorku, kde bylo použito 50 µl destilované vody místo vzorku.

Pro kalibrační křivku byla připravena koncentrační řada v rozsahu koncentrací 0,25-0,5 mg/ml ze zásobního roztoku kyseliny gallové.

4.4.8 Stanovení flavonoidů

Ve zkumavce bylo promícháno 0,5 ml vzorku, 1,5 ml destilované vody a 0,2 ml 5% roztoku NaNO₂ a ponecháno stát 5 minut. Poté bylo přidáno 0,2 ml 10% roztoku AlCl₃, promícháno a ponecháno stát 5 minut. Nakonec bylo přidáno 1,5 ml 1 M NaOH a 1 ml destilované vody a promícháno. Po 15 minutách byla měřena absorbance při 510 nm proti slepému vzorku, kde byla použita destilovaná voda.

Jako standard pro stanovení kalibrační křivky byl použit katechin v rozsahu koncentrací 0,15-0,3 mg/ml.

4.4.9 Gravimetrické stanovení sušiny

Do vysušených a zvážených hliníkových misek s víčkem bylo naváženo 3-5 g nastrohaných vzorků okopanin a misky byly vloženy do sušárny vyhřáté na 105 °C po dobu 2-3 hodin. Poté byly misky uzavřeny víčkem a po vychladnutí v exsikátoru zváženy. Misky byly opět vloženy do sušárny na 30 minut a po vychladnutí zváženy. Tento postup byl opakován, dokud rozdíl mezi posledními dvěma váženými nebyl menší než 2 mg.

4.4.10 Stanovení vlákniny podle Henneberga a Stohmanna

Do 500 ml destilačních baněk byly naváženy 2-3 g nastrohaných vzorků okopanin, bylo přidáno 200 ml 5% kyseliny sírové a vzorky byly vařeny 30 minut pod zpětným chladičem. Poté byly ještě za horka roztoky filtrovány přes filtrační kelímek M2 a promyty horkou vodou. Zbytek ve filtračním kelímku byl převeden zpět do destilační baňky 200 ml 5% hydroxidem sodným. Roztok byl vařen 30 minut pod zpětným chladičem. Po skončeném varu byl roztok filtrován přes čistý, suchý a zvážený filtrační kelímek M2, dobře promyt vodou a následně ethanolem. Obsah filtračního kelímku byl vysušen v sušárně při 105 °C a po vychladnutí byl

kelímek zvážen. Po zvážení byl kelímek vložen do muflové pece, obsah byl spálen při teplotě 650 °C a následně po vychladnutí zvážen.

4.4.11 Polarimetrické stanovení škrobu podle Ewerse

10 g nastrohaných vzorků okopanin bylo vpraveno do 100 ml odměrných baněk. Ke vzorkům bylo přidáno 20 ml 0,422% kyseliny chlorovodíkové. Obsah baňky byl promíchán a stěny baňky byly opláchnuty dalšími 25 ml kyseliny chlorovodíkové. Baňka byla vložena do vroucí vodní lázně na 15 minut a průběžně byl obsah baňky promícháván. Po 15 minutách byla baňka z vodní lázně vyjmuta a bylo přidáno dalších 20 ml kyseliny chlorovodíkové a baňka byla ochlazena proudem studené vody. Obsah baňky byl vyčereň přidáním 1 ml Carrezova činidla I a 1 ml Carrezova činidla II. Po vyčereň byla doplněna destilovaná voda po rysku a směs byla promíchána a zfiltrována přes filtrační papír. Optická rotace filtrátu byla měřena v polarizační trubici délky 200 mm.

4.4.12 Stanovení hrubé bílkoviny podle Kjeldahla

Do mineralizačních trubic bylo naváženo po 1 g lyofilizovaných vzorků. Dále bylo ke každému vzorku přidáno 10 ml koncentrované kyseliny sírové a 2 g Weiningerova katalyzátoru. Trubice byly vloženy do mineralizačního bloku a nechaly se mineralizovat, dokud nebyl vzorek čirý. Následně byl standardizován odměrný roztok hydroxidu sodného. 10 ml roztoku kyseliny šťavelové o koncentraci 0,05 mol/l bylo pipetováno do titrační baňky, byly přidány tři kapky roztoku fenolftaleinu a roztok byl titrován hydroxidem sodným ($c = 0,1 \text{ mol/l}$) do růžového zbarvení.

Pro standardizaci odměrného roztoku kyseliny sírové bylo pipetováno 10 ml této kyseliny ($c = 0,05 \text{ mol/l}$) do titrační baňky, byly přidány tři kapky Tashirova indikátoru a roztok byl titrován standardizovaným odměrným roztokem hydroxidu sodného do žlutého zbarvení.

Pro vlastní stanovení vzorků bylo k mineralizátům v mineralizační trubici přidáno několik kapek fenolftaleinu a trubice byla připojena k destilačnímu systému VAPODEST, kde byl do trubice přikapáván 33% roztok hydroxidu sodného a uvolněný amoniak byl předestilován s vodní parou do předlohy s 25 ml standardizovaného roztoku kyseliny sírové.

Po ukončení destilace byly do předlohy s destilátem přidány tři kapky Tashirova indikátoru a titrovalo se odměrným roztokem hydroxidu sodného do žlutého zbarvení.

4.4.13 Stanovení lipofilních vitamínů a karotenoidů pomocí HPLC

Byla provedena extrakce tuků Folchovou metodou. 1 g všech lyofilizovaných vzorků byl smíchán s 20 ml extrakční směsí, která byla tvořena chloroformem a methanolem v poměru 2:1. Vzorky byly extrahovány v uzavíratelné pyrex kádince po dobu 60 minut na magnetické míchačce. Po 60 minutách bylo přidáno 24 ml destilované vody, vše bylo promícháno a nechaly se ustálit dvě fáze.

Chloroformová část byla odpipetována do odpařovacích zkumavek a vzorky byly dány do termobloku vyhřátého na 40 °C, kde byly odpařovány dusíkem. Po odpaření byl do zkumavek přidán 1 ml směsi ethylacetátu a acetonitrilu v poměru 2:1 a zkumavky byly protřepány na

Vortexu. Následně byly vzorky přefiltrovány přes PTFE filtr do vialek, kde byly připraveny k měření na HPLC.

Měření probíhalo na chromatografické sestavě Dionex UltiMate 3000 s DAD detektorem řady Vanquish a kolonou C18. Betakaroten byl identifikován při vlnové délce 435 nm, tokoferol při 285 nm. Složení mobilní fáze a gradientová změna je uvedena v tabulkách.

Tabulka 5: Složení mobilních fází

Mobilní fáze	Složení	% zastoupení
A	acetonitril	84
	methanol	2
	trisHCl, pH=8	14
B	ethylacetát	40
	methanol	60

Tabulka 6: Gradientová změna mobilní fáze

Retenční čas [min]	Mobilní fáze A [%]	Mobilní fáze B [%]
0	100	0
13	0	100
19	0	100
20	100	0
25	100	0

4.4.14 Stanovení vitamínu C pomocí HPLC

Extrakty připravené v kapitole 4.4.1 byly přefiltrovány přes PTFE filtry. Takto přefiltrované roztoky vzorků byly postupně měřeny pomocí HPLC.

Tabulka 7: Parametry nastavení HPLC

Objem nástřiku:	0,1 ml	
Typ eluce:	Gradientová	
Složení MF:	Čas	Složení
	3 min.	100:0 octan sodný:acetonitril
	6 min.	90:10 octan sodný:acetonitril
	12 min.	30:70 octan sodný:acetonitril
	15 min.	30:70 octan sodný:acetonitril
	16 min.	100:0 octan sodný:acetonitril
	20 min.	100:0 octan sodný:acetonitril
Průtok MF:	1 ml/min	
Teplota termostatu:	35 °C	
Celkový čas analýzy:	20 min.	
Název a typ kolony:	Kinetex® 2.6 µm Polar C18 100 Å (150 x 4,6 mm)	
Detektor:	Detektor diodového pole DAD	
Detekce:	267 nm	

4.4.15 Stanovení fruktooligosacharidů a inulinu pomocí HPLC

Fruktooligosacharidy byly stanoveny HPLC za použití roztoků připravených stejným způsobem jako v kapitole 4.4.14. Měření probíhalo na chromatografické sestavě Dionex Ultimate 3 000. Vzorky byly naneseny na kolonu pomocí dávkovací smyčky o objemu 50 µl. Dělení směsi probíhalo na koloně Rezex™ ROA-Organic Acid H+ (8%), LC Column 300 x 7,8 mm při 55 °C. Jako mobilní fáze byla použita 5 mmol kyselina sírová a průtok byl zvolen 0,3 ml/min. Pro detekci byl použit refraktometrický detektor. Samotná analýza probíhala 15 minut.

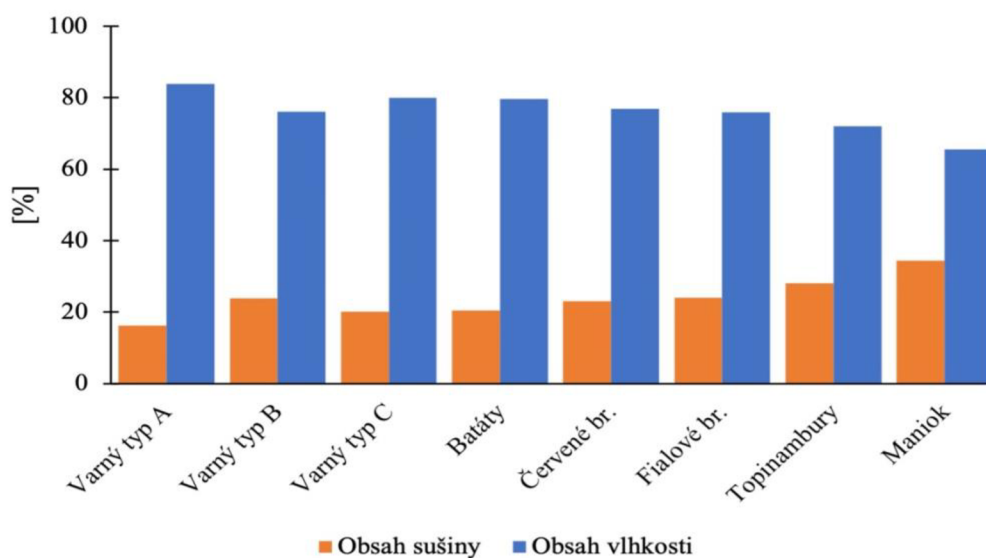
Kalibrační sada byla přichystána z fruktooligosacharidů a roztoku mobilní fáze (5mmol kyselina sírová) o koncentracích 2; 4; 6 a 8 g/l.

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Tato bakalářská práce se zabývá studiem nutričního složení vybraných jedlých okopanin. Z této skupiny byly vybrány různé odrůdy brambor, které jsou často konzumovanou přílohou, a dále jim podobné hlízy topinambur a maniok. Cílem bylo stanovit nutriční parametry a antioxidační kapacitu daných okopanin a závěrem vyvodit doporučení v oblasti zdravé výživy.

5.1 Stanovení obsahu sušiny ve vzorcích

Obsah sušiny ve vzorcích byl stanoven gravimetricky po vysušení vzorků. Současně s obsahem sušiny byl stanoven i obsah vlhkosti.

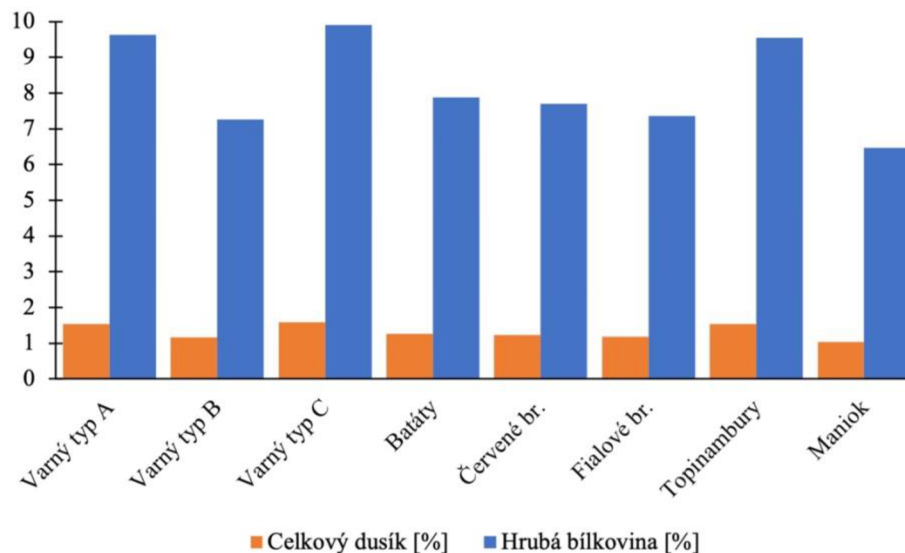


Obrázek 1: Graf obsahu sušiny a vlhkosti v okopaninách

Podíl sušiny se v bramborách pohybuje okolo 24 %, jak je uvedeno v kapitole 2.4. Obsah vlhkosti naměřené v bramborách byl v průměru 77 %, tato hodnota odpovídá statistikám uvedených v literatuře, která tvrdí, že hlízy brambor obsahují 75–80 % vody. Maniok se v obsahu sušiny od ostatních stanovovaných okopanin liší. Procentuální zastoupení sušiny se v manioku pohybuje okolo 35 %, což souhlasí i s literaturou, která uvádí že obsah vody v manioku je přibližně 60 % [14].

5.2 Stanovení celkového dusíku a hrubé bílkoviny ve vzorcích

Procentuální zastoupení celkového dusíku ve vybraných okopaninách bylo stanoveno metodou podle Kjeldahla. Následně byl obsah celkového dusíku přepočten na obsah hrubé bílkoviny pomocí univerzálního faktoru 6,25.



Obrázek 2: Graf procentuálního zastoupení celkového dusíku a hrubé bílkoviny v daných okopaninách

Při stanovení hrubé bílkoviny byl nejvyšší obsah zjištěn v bramborách varného typu A, C a v topinamburách, ten se v sušině pohybuje okolo 9,7 %. Tato hodnota odpovídá zdrojům, které uvádí obsah hrubých bílkovin v sušině hlíz brambor 10 %. Brambory však všeobecně mají velmi nízký obsah bílkovin, ale jsou ceněny zejména pro vysoké zastoupení lyzinu, kterého je obvykle v rostlinných bílkovinách nedostatek [7] [8] [10].

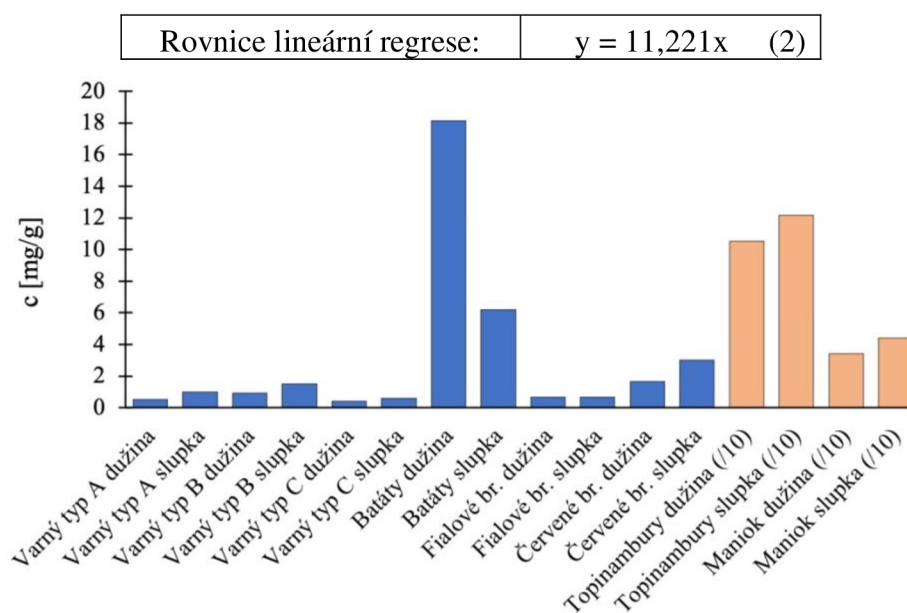
Důležitost bílkovin spočívá v tom, že jsou součástí nejen svalové hmoty, ale i enzymů, protilátek, hormonů, faktorů srážení krve, zajišťují také transport látek a jsou zdrojem energie. Živočišné bílkoviny mají vyšší obsah a zároveň zastoupení všech esenciálních aminokyselin.

K nejvýznamnějším zdrojům bílkovin ve výživě člověka patří obiloviny a výrobky z nich. Mají sice střední obsah bílkovin, ale jejich spotřeba je vysoká. Doplnění bílkovin právě ze zdrojů okopanin, může mít vliv na lepší hojení různých poranění nebo po operacích, právě díky dobrému zdroji již zmiňované esenciální aminokyselině lyzinu.

5.3 Stanovení celkových sacharidů ve vzorcích

Koncentrace celkových sacharidů byla v okopaninách stanovena podle postupu uvedeného v kapitole 4.4.2 spektrofotometrickou metodou podle Duboise. Z kalibrační řady standardního vodného roztoku glukózy byla sestavena kalibrační závislost, z níž byly dopočítány neznámé koncentrace celkových sacharidů ve vzorcích.

Tabulka 8: Rovnice lineární regrese



Obrázek 3: Graf koncentrací celkových sacharidů ve vzorcích

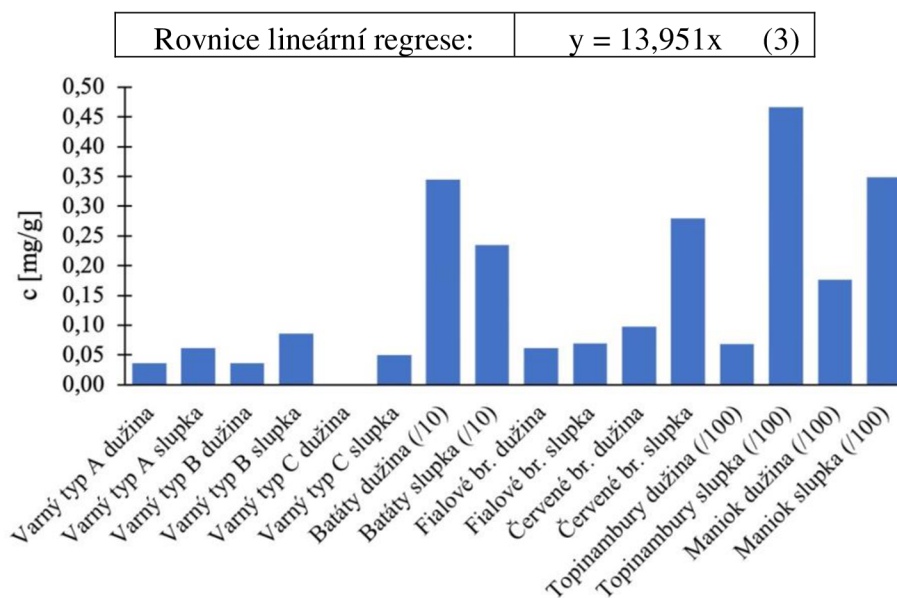
Nejvyšší množství sacharidů vykazovaly okopaniny přezdívané sladké – batáty, topinambur a maniok. Běžně užívané brambory v kuchyni mají velmi nízký obsah sacharidů, jak je vidět z uvedeného grafu. Tohoto faktu je využíváno i v různých redukčních dietách. Brambory jsou doporučované jako častá sacharidová příloha v jídelníčku.

Obsah cukrů má velký význam u potravinářských výrobků, kde nepříznivě ovlivňuje barvu, chuť a skladovatelnost. Podílí se na tom Maillardova reakce, při které redukující cukry reagují s aminokyselinami za vyšší teploty, které je dosaženo například při smažení nebo pečení brambor. Při této reakci vznikají tmavé polymerizované nerozpustné melanoidiny.

5.4 Stanovení redukujících sacharidů ve vzorcích

Podle postupu uvedeného v kapitole 4.4.3 byla změřena kalibrační závislost pro stanovení koncentrace redukujících sacharidů v jednotlivých vzorcích okopanin.

Tabulka 9: Rovnice lineární regrese



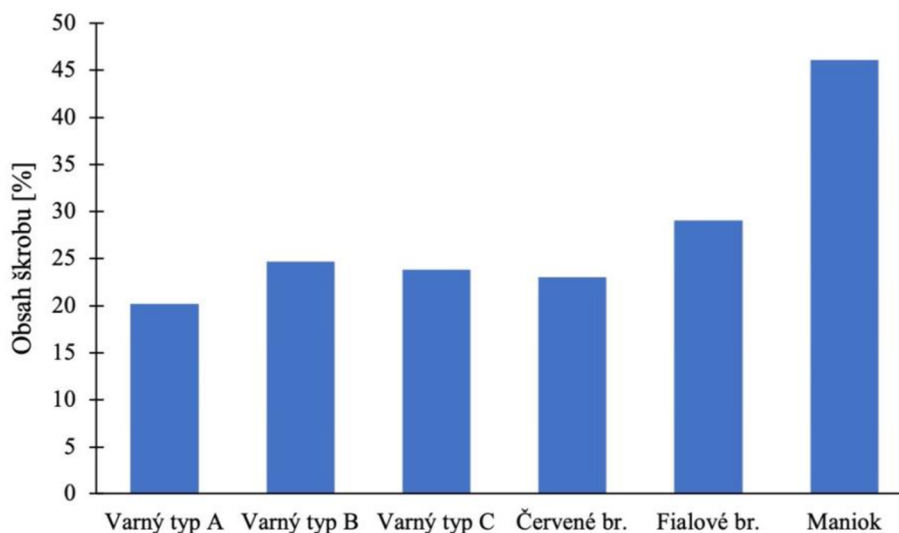
Obrázek 4: Graf koncentrací redukujících sacharidů ve vzorcích

Nejvyšší obsah redukujících sacharidů vykazují topinambury a maniok, tyto hodnoty korelují s výsledky měření obsahu celkových sacharidů. Naopak v dužině brambor varného typu C nebyly identifikovány žádné redukující sacharidy.

Vysoký obsah tzv. redukujících cukrů (glukóza, fruktóza a dalších převážně monosacharidů) je nežádoucí při zpracování brambor na potravinářské výrobky. U smažených lupínků a hranolků dochází vlivem vysokého obsahu redukujících cukrů k reakci s aminokyselinami za tvorby hnědých produktů. Zhoršuje se kvalita výrobků, a to nejen barvy, ale i chuti.

5.5 Stanovení obsahu škrobu ve vzorcích

Pomocí metody podle Ewarse uvedené v kapitole 4.4.11 byl polarimetricky stanoven škrob v jednotlivých okopaninách. Stupně optické rotace odečtené z polarimetru byly přepočteny na obsah škrobu pomocí přepočítávacích faktorů pro kruhové stupně a pro bramborový škrob.



Obrázek 5: Graf obsahu škrobu v okopaninách

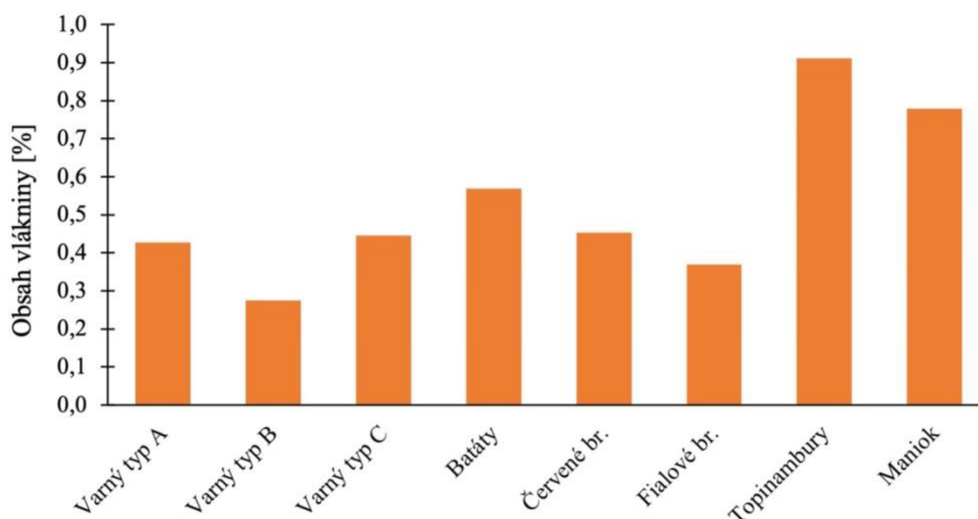
Nejvyšší obsah škrobu byl detekován u manioku, který je významný pro vysoký obsah rezistentního škrobu. Tento škrob je významným prebiotikem pro naši mikrobiotu ve střevech. Maniokový neboli tapiokový škrob je přirozeně bezlepkový neutrální chuti a využívá se pro zahušťování i jako náhrada za klasickou pšeničnou mouku.

Škrob nebyl stanoven u všech daných okopanin. V topinamburách jako zásobní látka slouží inulin místo škrobu, proto u topianmbur a batátů byl následně stanoven inulin. Výsledky měření inulinu a fruktooligosacharidů jsou zmíněné v kapitole 5.13.

Obecně se bramborový škrob využívá v potravinářství jako zahušťovadlo a plnidlo, náhrada tuků, nosič vonných látek, stabilizátor emulzí a látka poutající vodu. Je možné se s ním setkat ve výrobcích studené kuchyně (majonézy, dressingy), při výrobě kečupů a tomatových omáček, marmelád, v instantních směsích (omáčky, polévky, náplně, krémy) či ve výrobcích zdravé výživy (extrudované výrobky). V mlékárenském průmyslu se využívá při výrobě zakysaných smetan, pomazánkových másel, jogurtů, omáček, tvarohových krémů, pudingů, tavených sýrů a pomazánek. Široké uplatnění získal také v masném průmyslu, a to při výrobě jemně mělněných výrobků, šunkových výrobků, uzených mas a obalových výrobků. Použití bramborového škrobu má své opodstatnění i v pekárenském průmyslu, zejména do pekařských náplní, krémů, slaných tyčinek a crackerů.

5.6 Stanovení obsahu vlákniny ve vzorcích

V okopaninách byla stanovena vláknina podle postupu popsaného v kapitole 4.4.10.



Obrázek 6: Graf obsahu vlákniny v okopaninách

Obsah vlákniny v bramborách se nejčastěji pohyboval okolo 0,4 %. Nejvyšší podíl vlákniny zaznamenaly topinambury s 0,9 %. Literatura uvádí, že v čerstvých hlízách brambor se rozpětí obsahu vlákniny vyskytuje mezi 0,2–3,5 %. Naměřené hodnoty tomuto tvrzení odpovídají [36].

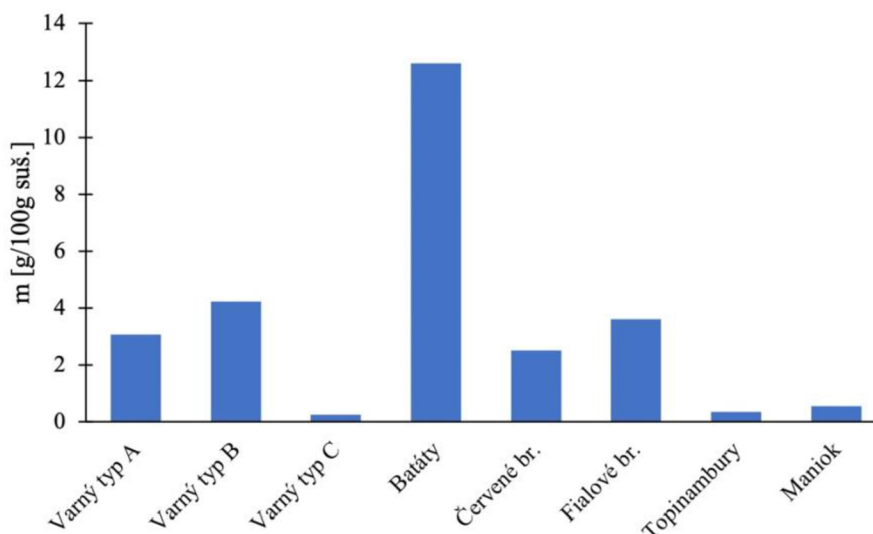
Vláknina příznivě ovlivňuje trávení a resorpci živin, zvyšuje objem stolice, čímž snižuje koncentraci toxických látek a urychluje pasáž potravin trávicím traktem. Tak omezuje kontakt a zároveň i vstřebávání toxických látek buňkami tlustého střeva. Proto řada studií považuje účinek vlákniny za protinádorový. Snižuje potíže typu zácpy a nemoci trávicí trubice.

Některé z vláknin působí i jako probiotika, například fruktooligosacharidy, podporující růst lidskému organismu prospěšných bifidobakterií produkujících látky s antibiotickými a imunomodulačními účinky, které brání růstu nežádoucí mikroflóry.

S vyšší informovaností o příznivých účincích vlákniny na lidský organismus se stále více konzumentů zajímá o svou skladbu jídelníčku. Zvyšuje se zájem o potraviny s vyšším obsahem vlákniny. Lidé, kteří konzumují potraviny s vyšším obsahem vlákniny, zároveň přijímají méně tuků a cukrů ve srovnání s lidmi, kteří tyto výrobky nekonzumují. Tato hypotéza byla potvrzena i řadou výzkumů v oblasti potravinářství. Pokud má výrobek na obalu tvrzení „s vysokým obsahem vlákniny“, měl by obsahovat nejméně 6 g vlákniny na 100 g výrobku [37].

5.7 Stanovení obsahu tuků a profil mastných kyselin ve vzorcích

Obsah tuků v okopaninách byl stanoven extrakcí podle Soxhleeta. Tuky byly stanoveny přímo v sušině vzorků, která byla získána lyofilizací.

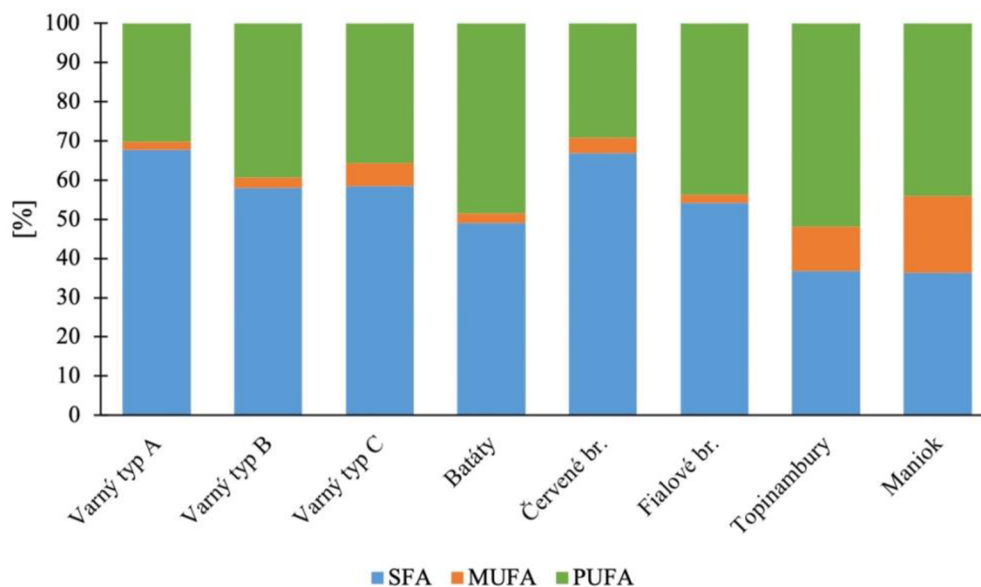


Obrázek 7: Graf obsah tuku ve 100 gramech sušiny okopanin

Brambory se vyznačují nízkým obsahem tuků, tato hodnota se pohybuje přibližně mezi 0,1 až 0,15 % celkové hmotnosti bramborové hlízy. Stanovený vysoký obsah tuků v batátech mohl být výrazně ovlivněn přítomností karotenoidů, které jsou v tucích rozpustné. Jelikož batáty se vyznačují svým nízkým obsahem tuků, který se pohybuje okolo 0,14 g tuku na 100 g čerstvé váhy batátu. Ovšem jsou i studie, podle kterých může suchá váha batátů obsahovat 4–5 % tuku [7] [38].

Z vyextrahovaných lipidů byly připraveny roztoky pro stanovení profilu mastných kyselin na plynovém chromatografu. Příprava roztoků a nastavení chromatografu je popsáno v kapitole 4.4.5.

Hlavní součástí tuků jsou mastné kyseliny, které mohou být nasycené (SFA), mononenasycené (MUFA) a polynenasycené (PUFA). Pomocí GC bylo stanoveno jejich procentuální zastoupení v daných okopaninách. Výsledky měření byly zaznamenány do níže uvedeného grafu (Obrázek 8: Graf zastoupení mastných kyselin v okopaninách).



Obrázek 8: Graf zastoupení mastných kyselin v okopaninách

Nejvyšší podíl SFA vykazují brambory varného typu A, B, C, batáty, červené a fialové brambory. Zvýšená konzumace těchto mastných kyselin ovlivňuje hladinu celkového cholesterolu a LDL cholesterolu v krvi, což může mít za následky kardiovaskulární komplikace. Ovšem například u batátů součet MUFA a PUFA převyšuje obsah SFA, tyto nenasycené mastné kyseliny naopak pomáhají snížit hladinu cholesterolu v krvi a mají protizánětlivý účinek.

Přítomnost vyššího množství MUFA a PUFA byla zjištěna u topinambury a manioku.

5.8 Stanovení koncentrace lipofilních vitamínů a karotenoidů ve vzorcích

Tuky byly ze zlyofilizovaných vzorků extrahovány Folchovou metodou. Následně byly podle postupu zmíněném v kapitole 4.4.13 připraveny pro HPLC stanovení. Po analýze vzorků byly ve výsledných chromatogramech vyhodnoceny píky. Tabulka 10 obsahuje rovnice lineárních regresí, ze kterých byly vypočteny koncentrace jednotlivých vitamínů.

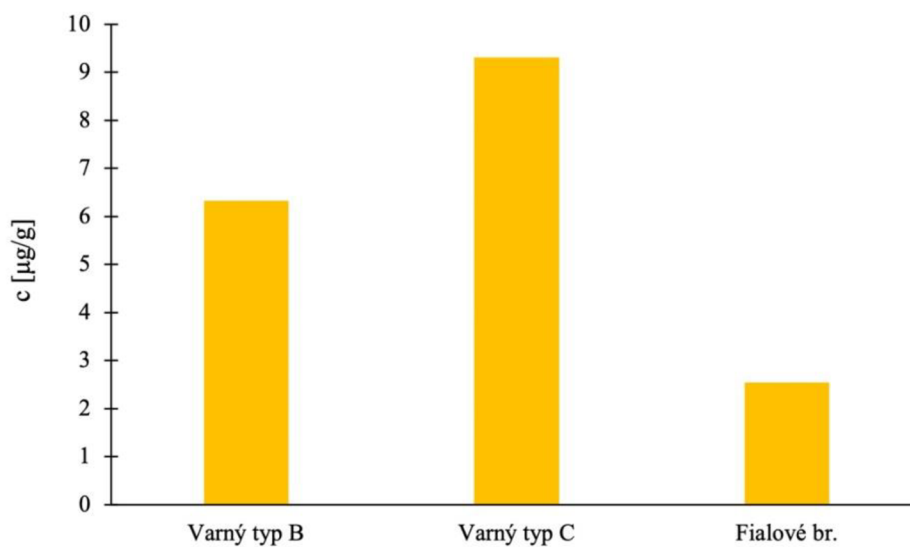
Tabulka 10: Rovnice lineárních regresí

Tokoferol	$y = 0,669x + 0,3371$	(4)
Betakaroten	$y = 3,9153x + 1,0108$	(5)

Tabulka 11: Koncentrace betakarotenu v batátech

Batáty	
Betakaroten	
c [$\mu\text{g/g}$]	540,56

Betakaroten byl jako jediný ve vyšší hodnotě přítomen v batátech, kterým dává tak jasně oranžovou barvu. Koncentrace byla přepočtena na obsah betakarotenu v sušině. V ostatních okopaninách byla také prokázána přítomnost betakarotenu, ovšem ve velmi nízké koncentraci.

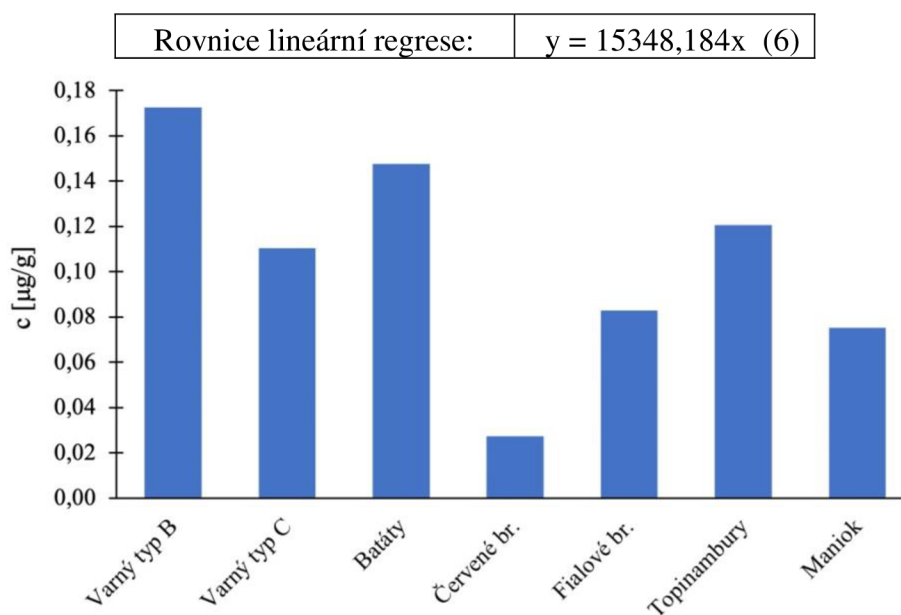


Obrázek 9: Koncentrace tokoferolu (vitamínu E)

Koncentrace vitamínu E byla přepočtena na suchou váhu okopanin. Ve většině vzorků byla koncentrace příliš malá. Nejvyšší zastoupení vitamínu E prokázaly brambory varného typu C. Dále byla přítomnost vitamínu E zjištěna i v bramborách varného typu B a fialových bramborách.

5.9 Stanovení vitamínu C ve vzorcích

Tabulka 12: Rovnice lineární regrese



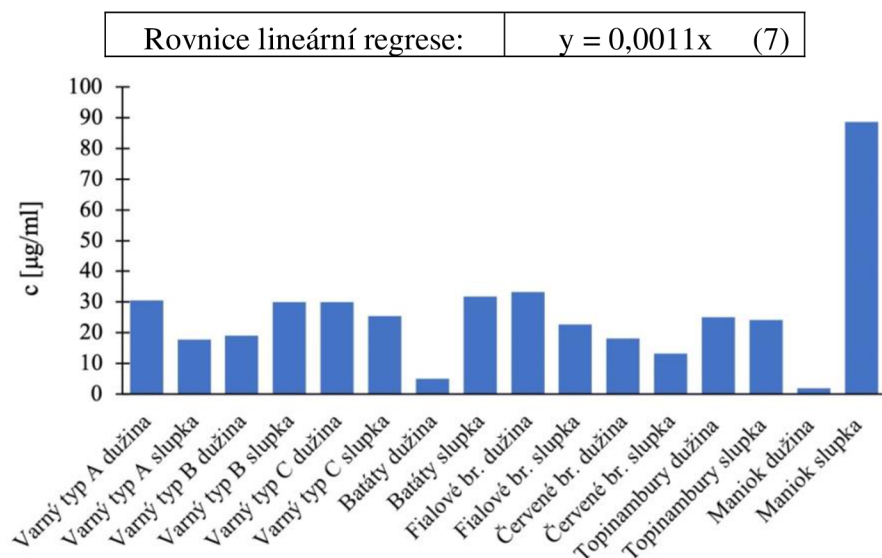
Obrázek 10: Graf množství vitamínu C ve vzorcích

Koncentrace vitamínu C byla přepočtena na čerstvou hmotu okopanin. V bramborách varného typu A nebyl vitamín C stanoven, koncentrace byla velmi nízká. Nízká koncentrace vitamínu C mohla být zapříčiněna dlouhodobým skladováním extraktů vzorků, také mohlo dojít ke ztrátám vitamínu při přípravě vzorků, jelikož vitamín C je citlivý na teplo a oxidaci.

5.10 Stanovení antioxidační aktivity ve vzorcích

Antioxidační aktivita byla ve vzorcích stanovena pomocí radikálového kationtu ABTS^{•+}. Pro sestavení kalibrační řady byl použit zásobní roztok Troloxu, postup je uveden výše v kapitole 4.4.6.

Tabulka 13: Rovnice lineární regrese



Obrázek 11: Graf koncentrace antioxidační aktivity v daných okopaninách

Slupka manioku vykazuje nejvyšší antioxidační aktivity, ovšem v dužině je tato aktivita mnohem nižší. Slupka manioku ale svým vzhledem spíše připomíná kůru než slupku, které se při zpracování zbavuje.

Z naměřených hodnot v dužinách byla nejvyšší antioxidační aktivita u fialových brambor, které patří mezi známé antioxidanty, díky přítomnosti barviv s vysokou antioxidační aktivitou.

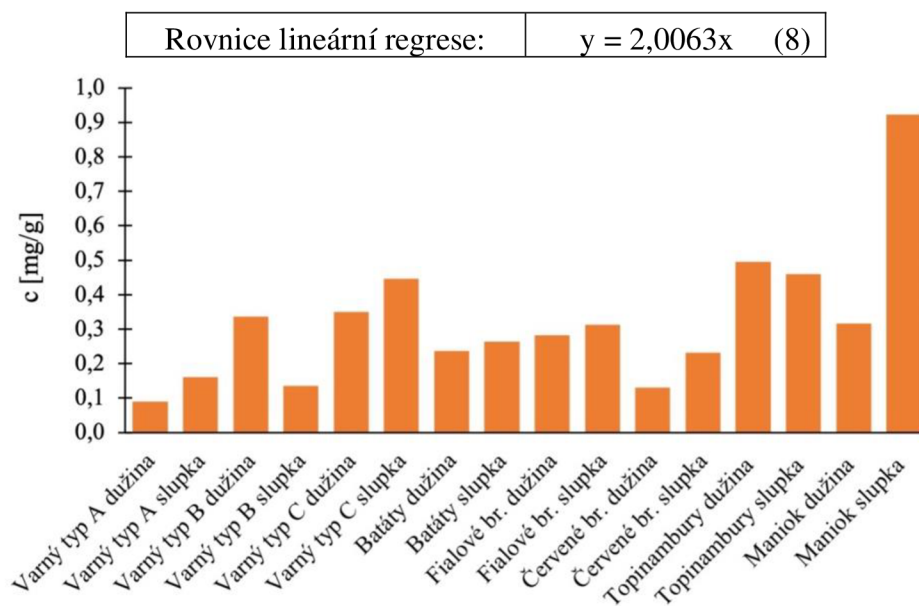
Hlízy brambor v lidské výživě vzhledem ke konzumovanému množství představují významný zdroj antioxidantů. V současné době jsou prováděny šlechtitelské pokusy s cílem zvýšit antioxidační aktivitu brambor navýšením obsahu fenolových látek a karotenoidů jako hlavních složek přispívající k jejich antioxidační aktivitě nebo zvýšením obsahu selenu navýšením jeho obsahu ve výživě brambor [39].

5.11 Stanovení polyfenolů ve vzorcích

Brambory obsahují sekundární metabolity – polyfenolické sloučeniny, které jsou substráty reakcí enzymového hnědnutí bramborových hlíz, objevujícího se při loupání a krájení. Toto hnědnutí je umocněno působením polyfenoloxidas.

Tyto látky byly stanoveny spektrofotometricky při vlnové délce 750 nm. Jako standard pro kalibrační závislost byl použit zásobní roztok kyseliny gallové.

Tabulka 14: Rovnice lineární regrese



Obrázek 12: Graf koncentrace polyfenolů ve vzorcích

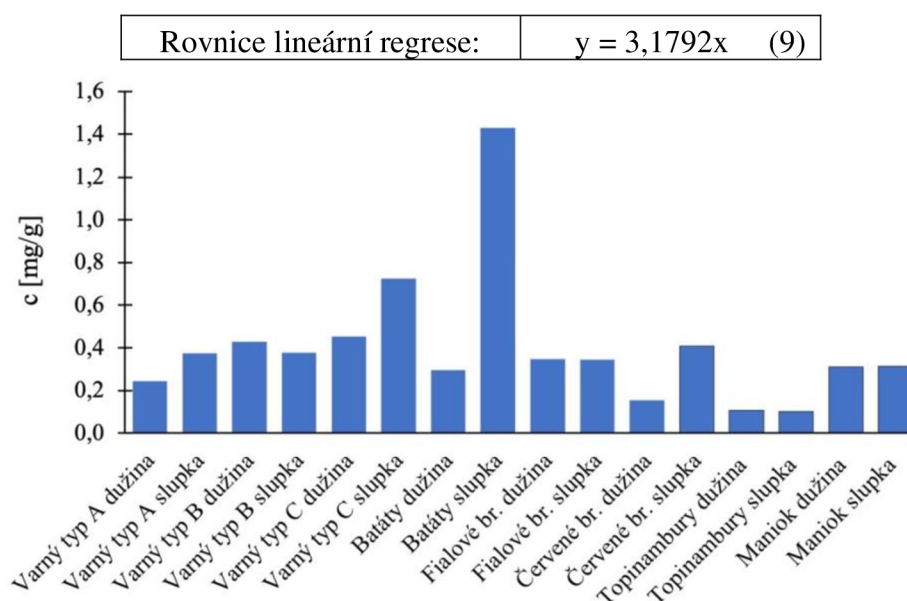
Polyfenoly obecně působí jako antioxidanty, jelikož nejvyšší antioxidační aktivita byla naměřena u slupky manioku, odpovídá tomu i obsah polyfenolů v ní. Vysoký obsah polyfenolů byl také zjištěn v dužině ale i slupce topinamburu. Naopak nejnižší obsah polyfenolů vykazují dužina brambor varného typu A a červených brambor.

5.12 Stanovení flavonoidů ve vzorcích

Flavonoidy vznikají v rostlinách za účelem jejich ochrany před nežádoucími vlivy z okolí. V lidském organismu mají podobný účinek jako vitamíny. Jejich protektivní účinky pomáhají v boji proti volným radikálům, virům, nádorovým buňkám, dále pomáhají v prevenci proti srdečním onemocněním, rakovině a zánětlivým reakcím (díky ovlivnění metabolismu kyseliny arachidonové). Flavonoidy jsou schopné vázat a inaktivovat některé kovové ionty (Fe^{3+} , Cu^{2+}) odpovídající za oxidační aktivitu [40] [41] [42].

Pro stanovení flavonoidů ve vzorcích byla použita spektrofotometrická metoda s hlinitou solí a dusitanem. Postup použité metody je popsán v kapitole 4.4.8.

Tabulka 15: Rovnice lineární regrese



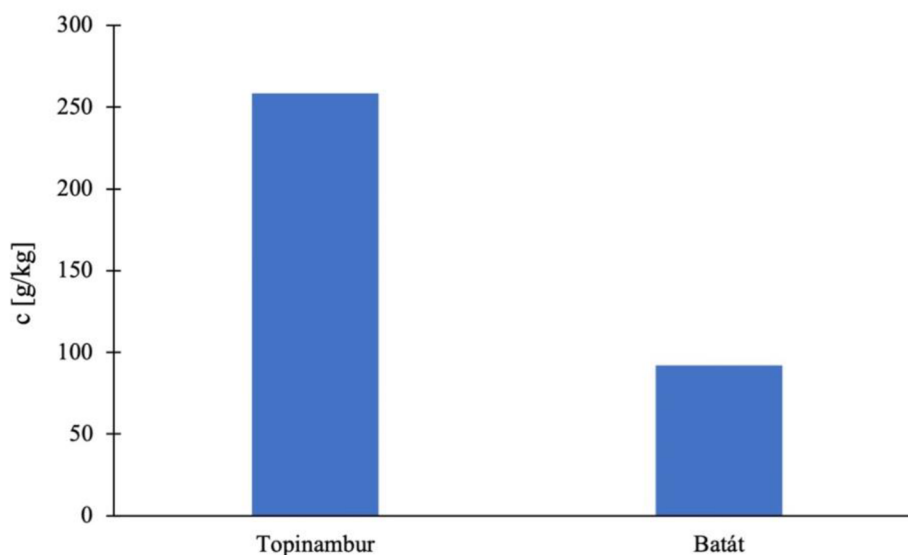
Obrázek 13: Graf koncentrace flavonoidů ve vzorcích

Z naměřených hodnot koncentrace flavonoidů obsahuje batátová slupka výrazně vyšší množství flavonoidů než její samotná dužina. U většiny dalších analyzovaných okopanin se množství flavonoidů pohybuje na stejné úrovni v jejich slupkách i dužině. Celkově nejnižší koncentrace byla zjištěna u topinambur, jak v jejich slupce, tak i dužině.

5.13 Stanovení fruktooligosacharidů a inulinu

Jak bylo zmíněno v kapitole 5.5 v topinamburech a batátech namísto škrobu byl stanoven inulin. U všech vzorků byla zjištěna přítomnost fruktooligosacharidů. V rámci UV spekter byla změřena odezva při 284 nm, což je absorpční maximum inulinu. Tato odezva byla nalezena pouze u topinamburu a batátu. U batátu s menší odchylkou při 287 nm.

Pro kvantifikaci byla sestavena kalibrační závislost pro standard fruktooligosacharidů, podle návodu v kapitole 4.4.15.



Obrázek 14: Graf koncentrace inulinu ve vzorcích

Naměřená koncentrace inulinu byla přepočtena na množství inulinu v gramech na 1 kilogram čerstvé váhy okopanin. V topinamburech se podle použitých zdrojů množství inulinu pohybuje v rozmezí 14–19 % v čerstvé hmotě, u batátů je tato hodnota okolo 4,6 % [18] [43] [44].

Přítomnost fruktooligosacharidů v okopaninách má velký význam pro zdraví. Patří totiž mezi prebiotika, která příznivě působí na střevní flóru, regulují gastrointestinální trakt, také snižují hladinu glukózy při diabetu a výskyt rakoviny tlustého střeva.

Prebiotický účinek vykazuje také inulin, který je ve velkém množství obsažen v topinamburách.

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo stanovit nutriční hodnoty a antioxidační kapacitu různých jedlých okopanin a z výsledků vyvodit doporučující závěry v oblasti zdravé výživy. Analyzovanými vzorky bylo osm vybraných okopanin, především různé odrůdy brambor.

Byl stanoven celkový obsah sušiny, který se ve vybraných okopaninách pohybuje okolo 23 %. Vyšší obsah sušiny byl stanoven u manioku a to na 35 %.

Obsah hrubých bílkovin stanovených metodou podle Kjeldahla se pohybuje v rozmezí 6,5–9,9 % v sušině okopanin. Hodnota bílkovin je nízká, dlouhodobá konzumace by způsobila nedostatek bílkovin. Brambory jsou však ceněné pro obsah esenciální aminokyseliny lyzinu, který může mít vliv na lepší hojení různých poranění nebo po operacích.

Gravimetricky stanovená vláknina z mokré váhy daných okopanin vyšla v rozmezí 0,27–0,57 %, vyšší hodnoty vlákniny byly stanoveny u manioku na 0,78 % a pro topinambur 0,91 %.

Obsah škrobu je výrazně vyšší u manioku a to 46 %, u ostatních okopanin se obsah škrobu pohybuje v rozmezí 20–29 %. V batátech a topinamburech místo obsahu škrobu byl stanoven obsah inulinu, tato hodnota je výrazná u topinamburu (258,58 g/kg), pro batáty je obsah inulinu stanoven na 91,94 g/kg. Při stanovení inulinu byla u všech vzorků okopanin zjištěna přítomnost fruktooligosacharidů, známých prebiotik, která příznivě působí na střevní flóru, regulují gastrointestinální trakt, také snižují hladinu glukózy při diabetu a výskyt rakoviny tlustého střeva.

Extrakcí podle Soxhleta byl stanoven obsah tuků v gramech na 100 gramů sušiny. Výrazný obsah tuků byl stanoven u batátů (12,6 g/100 g), u ostatních okopanin se obsah tuků pohyboval v rozmezí 0,25–4,22 g/100 g. Z vyextrahovaných tuků byl stanoven profil mastných kyselin pro jednotlivé okopaniny, jako obsah nasycených (SFA), mononenasycených (MUFA) a polynenasycených mastných kyselin (PUFA). Většina okopanin obsahovala nejvyšší zastoupení SFA v rozmezí 49,06–67,67 %. Maniok a topinambury mají nejvyšší zastoupení PUFA. U topinamburů je tato hodnota 51,89 % a u manioku 44,00 %. Ovšem u většiny okopanin součet MUFA a PUFA přesahuje hodnotu SFA, což má pozitivní vliv na hladinu cholesterolu v krvi.

Celkové sacharidy stanovené spektrofotometrickou metodou byly měřeny zvlášť ve slupce a dužině okopanin. Tyto hodnoty se pohybují v širokém rozpětí od 0,41 mg/g pro brambory varného typu C, po 121,77 mg/g pro topinambury. Dále byl stanoven obsah redukcujících sacharidů, který se pohybuje v rozpětí od 0 mg/g pro brambory varného typu C, po 46,64 mg/g pro topinambury. U valné většiny vzorků jsou hodnoty jak celkových, tak redukcujících sacharidů vyšší ve slupkách než dužině. Pro spektrofotometrické stanovení bylo nutno některé vzorky ředit až 1000x.

Antioxidační kapacita byla stanovena pomocí hodnot antioxidační aktivity, koncentrace polyfenolů a flavonoidů. Všechny tyto parametry byly měřeny spektrofotometricky. Antioxidační aktivita se pohybuje v širokém rozmezí od 1,82 $\mu\text{g/ml}$ pro dužinu manioku až po 88,64 $\mu\text{g/ml}$ u jeho slupky. Obsah polyfenolů byl v okopaninách stanoven na 0,09–0,92 mg/g, flavonoidy na 0,10–1,43 mg/g.

Z vitamínů byl stanoven vitamín C v rozmezí 0,027–0,173 $\mu\text{g/g}$ a vitamín E pouze u brambor varného typu B, C a fialových brambor v rozsahu 2,54–9,31 $\mu\text{g/g}$. Vitamín C je silný

antioxidant, který pomáhá posílit přirozenou obranyschopnost našeho těla. Jedna porce brambor (150–180 g) obsahuje v průměru 10 mg vitamínu C, tedy 12 % doporučené denní dávky. Pro batáty byl stanoven betakaroten na 540,56 $\mu\text{g/g}$. Betakaroten byl přítomen i u ostatních vzorků, ovšem ve velmi nízkých koncentracích. Betakaroten je důležitý provitamin přeměňující se v lidském těle na vitamin A, který pomáhá udržovat zdravou pokožku a zdravý zrak.

Z výše uvedených výsledků vyplývá, že konzumace brambor je velice výhodná pro naše zdraví. Také doplnění jídelníčku o jiné druhy okopanin, jako je maniok a topinambur, může obohatit naše stravování o další důležité látky. Díky obsahu fruktooligosacharidů jsou skvělou potravinou i pro náš mikrobiom.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JŮZL, Miroslav; ELZNER, Petr. 2014. Pěstování okopanin. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7509-196-3.
- [2] MANDŽUKOVÁ, J. Výživa dětí chutně, pestře, moderně. První vydání. Jindřich Brožek, nakladatelství START, Benešov, 2010. 166 stran. ISBN 978-80-86231-50-1.
- [3] JŮZL, Miroslav; PULKRÁBEK, Josef; DIVIŠ, Jiří. 2000. Rostlinná výroba. III, (Okopaniny). Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. ISBN 80-7157-446-5.
- [4] KUTNAR, F. Malé dějiny brambor. 2. vyd. Pelhřimov: Havlíčkův Brod: [Praha]:Nová tiskárna Pelhřimov. Výzkumný ústav bramborářský, Etnologický ústav AVČR, 2005. 216 s.
- [5] HRUBÝ, S. Výživa v kostce. Praha: Ratio, 1995. 113 s. ISBN sine.
- [6] MACHOVÁ, J. a KUBÁTOVÁ, D. Výchova ke zdraví: 2. 2. vydání. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5351-5.
- [7] ČEPL, Jaroslav a kol., 2012: Máme rádi brambory: proč jsou brambory zdravé, jak je správně nakupovat i pěstovat, úspěšné projekty PRV a několik osvědčených receptů [online]., Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 111 s. [cit. 1.2.2023]. ISBN 978-80-7434-060-4.
- [8] PRUGAR, Jaroslav, 2008: Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Praha: Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV, 327 s. ISBN 978-80-86576-28-2.
- [9] VREUGDENHIL, D. a kol., 2007: Potato biology and biotechnology, advances and perspectives. Oxford: Elsevier, s. 772. ISBN 978-0-444-51018-1.
- [10] DIVIŠ, J. a kol., 2010: Pěstování rostlin. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, fakulta zemědělská. s. 218. ISBN 978-80-7394-216-8
- [11] BULKOVÁ, V. Rostlinné potraviny. 1. vyd. Národní centrum ošetřovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, Brno 2011. 162 s. ISBN 978-80-7013-532-7.
- [12] HRABĚ J., BUŇKA F, HOZA I. Technologie výroby potravin rostlinného původu pro kombinované studium. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Fakulta technologická. Zlín 2007. 189 s. ISBN 978-80-7318-520-6.
- [13] VACEK, J. Hodnocení kvality hlíz ke zpracování na potravinářské výrobky. Bramborářství. 1993. Str. 6–7.

- [14] VACEK, J., BARTÁČKOVÁ, V. Skladování brambor – Skladování konzumních brambor pro zpracování na smažené výrobky zbrambor. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod a Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Vydal Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2012. Číslo 37, vydání první. ISBN 978-80-86940-39-7. Dostupné z: <http://www.vubhb.cz/cs/knihovna/prakticke-informace/skladovani-brambor-skladovani-konzumnich-hliz-pro-zpracovani-na-smazene-vyrobky-zbrambor>
- [15] DELGADO, G.T.CH.; DA SILVA CUNHA TAMASHIRO, W.M.; MARÓSTICA JUNIOR, M.R.; MORENO, Y.M.F.; PASTORE, G.M. (2011): The putative effects of prebiotics as immunomodulatory agents. *Food research international* 44: 3167- 3173
- [16] Česká lékařská společnost Jana Evangelisty Purkyně [online]. Vlákna. [cit. 11.5.2023]. Dostupné z: <https://www.nzip.cz/clanek/614-vlakna>
- [17] KAUR, N., GUPTA, A., K.: Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition. *Journal of Bioscience* 27 (2001) 703-714
- [18] SVOBODOVÁ, A., ŠIMKOVÁ, D., KASAL, P. a MERUNKOVÁ, A. Pěstování a užití topinamburu a jakonu u malopěstitelů a na zahrádkách. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o., 2019. ISBN 978-80-86940-83-0.
- [19] ČEPL, J., a kol. Konzumní brambory na poli, zahradě a v kuchyni. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, 2009. 206 s.
- [20] HŘIVNA, Luděk, 2014: Technologie sacharidů. Vyd. 1. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 157 s. ISBN 978-80-7509-022-5.
- [21] DOMKÁŘOVÁ, J., HORÁČKOVÁ, V., 2013: Biologická charakteristika bramboru. Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., s. 1.
- [22] DOMKÁŘOVÁ, J. a kol., 2018b: Odrůdy bramboru a topinamburu Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod. Výzkumný ústav Bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o., s. 2. ISBN 978-80-86940-77-9.
- [23] VOKÁL, B. a kol., 2013: Brambory – šlechtění, pěstování, užití, ekonomika. Praha. s. 160. ISBN 978-80-86726-54-0.
- [24] JŮZL, M., ELZNER, P., 2015: Brambory jsou stále naší základní a zdravou potravinou. *Výživa a potraviny*. sv. 70, č. 2, s. 4ř-53. ISSN 1211-846X.
- [25] ESKIN N. A. M., SHAHIDI F. *Biochemistry of foods*. [online] [cit. 1.2.2023]. Dostupné z: https://books.google.cz/books?id=cl3Pq5YzPxgC&dq=978-0-12-242352-9&hl=cs&source=gbs_navlinks_s
- [26] BIGGS M., MCVICAR J., FLOWERDEW B. *Velká kniha zeleniny, bylin a ovoce*. Praha: Volvox Globator, 2004. 640 s. ISBN 80-7207-537-3.

- [27] THOTTAPPILLY, G. 2009. Introductory Remarks. In Loebenstein, G., Thottapilly, G. 2009. The Sweetpotato. Dordrecht: Springer, p. 3-8. ISBN 978-1-4020-9474-3.
- [28] PETŘÍKOVÁ K., HLUŠEK J. Zelenina: pěstování, výživa, ochrana a ekonomika. Praha: Profi Press, 2012. ISBN 978-80-86726-50-2.
- [29] DOSTÁLOVÁ, J. Co se děje s potravinami při přípravě pokrmů. Svazek II. 1.vydání, Forsapi. 53 s. ISBN 978-80-903820-8-4
- [30] MUDr. TUREK, B., CSc., RNDr. ŠÍMA, P., CSc., Ing. MICHALOVÁ. I.Vliv kulinární úpravy potravin na jejich nutriční hodnotu, edice Jak poznáme kvalitu?, svazek 24, 1. vydání. Sdružení českých spotřebitelů, z. ú. a Potravinářská komora ČR, 2017. ISBN 978-80-88019-23-7 Dostupné z: <https://www.konzument.cz/users/publications/4-publikace/299-vliv-kulinarni-upravy-potravin-na-jejich-nutricni-hodnotu.pdf>
- [31] HRSTKA, Miroslav, Lenka SOMROVÁ a Pavel DIVIŠ. Praktikum z analytické chemie potravin. Brno, 2019. Skripta. Vysoké učení technické v Brně, fakulta chemická.
- [32] HÁLKOVÁ, J., RUMÍŠKOVÁ, M., RIEGLOVÁ, J. Analýza potravin. 2. vyd. Újezd u Brna: RNDr. Ivan Straka, 2001. 101 s. ISBN 80-86494-02-0.
- [33] PRÍBELA A. Analýza potravin. 2. vyd. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 1991. 394 s. ISBN 80-227-0398-2.
- [34] OWUSU-APENTEN, R. K. Food protein analysis: Quantitative effects on processing. 1st ed. New York: CRC Press, 2002. pp. 463. ISBN 0824706846.
- [35] MÁROVÁ, I., VRÁNOVÁ, D. Praktikum z biochemie. Ústav chemie potravin a biotechnologií FCH VUT v Brně, 2016.
- [36] Mendelova univerzita v Brně [online]. Technologie zpracování brambor a výroba škrobu. [cit.11.5.2023]. Dostupné z: https://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=6889&typ=html
- [37] SLUKOVÁ, M., RAKOVÁ, L. Vláknina potravy a cereální výrobky. Výživa a potraviny, 2010, č.5, s.131-133.
- [38] Waidyarathna, G.R. & Ekanayake, Sagarika & Chandrasekera, A. (2017). Quantitative analysis of selected fatty acids in sweet potato (*Ipomoea batatas*) tuber flour.
- [39] LACHMAN, J., HAMOUZ, K., ORSÁK, M. Červeně a modře zbarvené brambory – významný zdroj antioxidantů v lidské výživě. Katedra chemie, Katedra rostlinné výroby, fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. Chemické listy 99, str. 474-482. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2005_07_474-482.pdf

- [40] Handique J.G., Baruah J.B., Polyphenolic compounds: an Overview. *Reactive and functional polymers* 52, 163-188, 2002.
- [41] Rice-Evans C.A., Miller N.J., Paganga G., Structure-Antioxidant Activity Relationships of Flavonoids and Phenolic Acids. *Free Radical Biology and Medicine*, Vol. 20, No. 7, pp 933-956, 1996.
- [42] van Acker F.A.A.(ed.). *New synthetic flavonoids as protectors against doxorubicin-induced cardiotoxicity (from synthesis to clinic)*. Vrije universiteit Amsterdam, Academisch proefschrift, 2001. ISBN 90-6464-347-4. 175 s.
- [43] SVOBODOVÁ, A., ŠIMKOVÁ, D. a KASAL, P. Vliv genotypu topinamburu s ohledem na obsah inulinu v hlízách. *Vědecké práce – Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod*, 2020, 26: 57-63.
Dostupné z: https://www.vubhb.cz/Userfiles/Files/Vědecké%20práce/2020/vedecke_prace_26_2020_sep_svobodova.pdf
- [44] Yudhistira, B., Saputri, K.E. a Prabawa, S. (2022). The effect of white sweet potatoes (*Ipomea batatas* L.) inulin extract addition on the characteristics of white bread with soybean flour substitution. *Food Research* 6 (4): 218-227. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agriculture, Sebelas Maret University, Surakarta, Indonesia. Dostupné z: https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_24_fr-2021-360_yudhistira.pdf
- [45] DOMKÁŘOVÁ, J. a kol., 2018a: *České odrůdy konzumních brambor 2018*. Vydala ČMŠSA, Praha; Poradenský svaz „Bramborářský kroužek“, z. s. a Výzkumný ústav bramborářský Havlíčkův Brod, s. r. o. s. 1-2.
- [46] Singh, Jaspreet Kaur, Lovedeep. (2009). *Advances in Potato Chemistry and Technology - 1.1 Introduction*. Elsevier. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt00BJMT51/advances-in-potato-chemistry/potato-ori-introduction>
- [47] Singh, Jaspreet Kaur, Lovedeep. (2016). *Advances in Potato Chemistry and Technology (2nd Edition) - 4.2.3 Functional Properties*. Elsevier. Dostupné z: <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010WKDE3/advances-in-potato-chemistry/functional-properties>