

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra chemie



**Vliv stresu suchem na obsah vitamínu C a antioxidační
kapacity v hlízách brambor**

Bakalářská práce

Autor práce: Tereza Kvapilová

Obor studia: Výživa a potraviny

Vedoucí práce: Ing. Matyáš Orsák, Ph.D.

© 2017 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Vliv stresu suchem na obsah vitamínu C a antioxidační kapacity v hlízách brambor" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21.dubna 2017

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala panu Ing. Matyáši Orsákovi, Ph.D. za pomoc při vedení této bakalářské práce, odborné rady, připomínky a vstřícný přístup.

Vliv stresu suchem na obsah vitamínu C a antioxidační kapacity v hlízách brambor

Souhrn

Bakalářská práce je zaměřena na studium obsahu vitamínu C a antioxidačních látek v hlízách brambor a čím jsou ovlivněny, zejména jaký vliv má na koncentraci vitamínu C stres suchem. První část je zaměřena na úvod do problematiky, je zde více rozveden celosvětový význam brambor jako plodiny, odkud brambory pocházejí a základní morfologie hlízy.

Dále na základě studia odborné literatury byly vymezeny abiotické faktory ovlivňující růst rostliny a růstové podmínky, které jsou pro brambory nejvhodnější. Nejlépe rostou brambory v klimatických podmínkách podobných Jižní Americe, odkud původem pocházejí. Ideální jsou teploty v rozmezí 15–20 °C, roční úhrn srážek 700–800 mm a dlouhý den.

Bramborové hlízy jsou z hlediska chemického složení bohatým zdrojem energie (energetická hodnota je 340,00 kJ na 100 g). Mají významný obsah minerálních látek, vitaminů, bílkovin, sacharidů a téměř nulový obsah tuků. Velice bohaté jsou na škrob, ve 100 g hlízy obsahují v průměru kolem 16 g. Také jsou nezanedbatelným zdrojem vitaminů, především vitamínu C a vitaminů skupiny B, v menších koncentracích se v hlízách vyskytuje i vitamin A, E a K. Z barviv jsou nejvýznamnější karotenoidy a u červeně a fialově zbarvených odrůd anthokyany. Dalšími složkami sušiny jsou organické kyseliny, aromatické látky, toxické glykoalkaloidy, fenoly a antioxidanty.

Nejdůležitějšími antioxidanty v bramborách jsou polyfenoly, askorbová kyselina, karotenoidy, α -tokoferol, α -lipoová kyselina a selen. Navzájem na sebe působí pozitivně a zvyšují svůj celkový účinek. Askorbová kyselina se ze 13,3 % podílí na celkové antioxidační aktivitě brambor a její obsah je ovlivněn především odrůdou. Pro stanovení antioxidační aktivity byly vybrány a popsány metody měřící inaktivaci volných radikálů – TEAC s použitím ABTS, DPPH, ORAC a metody sledující redukční schopnosti antioxidantů – HPLC neboli vysokoúčinná kapalinová chromatografie.

Ze studií vyplývá, že stres suchem, nijak významně neovlivňuje obsah vitamínu C. Antioxidační kapacita je především ovlivněna obsahem polyfenolů a ani ten není výrazně ovlivněn suchem. Podle studií brambory stresované suchem vykazují obsah polyfenolů téměř stejný nebo lehce zvýšený.

Klíčová slova: Brambory, ABTS, Antioxidant, HPLC, Spektrofotometrie, Askorbová kyseliny, Fenolické sloučeniny

Effect of stress caused by drought on the content of vitamin C and antioxidant capacity in potato tubers

Summary

The bachelor thesis aims to study content of vitamin C and antioxidants in potato tubers and the factors that influence their concentration, especially stress caused by drought. First part of the text gives insight into the problematics, depicts the importance of potatoes as a crop, clarifies their origin and basic morphology of the tuber.

Based on the literary research the abiotic factors affecting the growth and growth conditions that are best suiting potatoes were defined. The best climate conditions were found to be similar to the ones in South America, where potatoes originally come from. The temperature is ideal between 15 and 20 °C, with annual rainfall between 700 to 800 mm with long daylight coverage.

The potato tubers are a rich source of energy from the chemical point of view (energy value is 340,00 kJ on 100 g). They have high content of mineral substances, vitamins, proteins, carbohydrates and almost zero content of fat. Potatoes are very rich on starch, whereas 100 g of tuber contains at average 16 g of starch. They are also a considerable source of vitamins, mainly vitamin C and B category vitamins, in smaller concentrations the tubers also contain vitamin A, E and K. Considering the pigment values, the most important are carotenoids and in the red and violet coloured species also anthocyanins. Other components of the dry matter are organic acids, aromatic substances, toxic glycoalkaloids, phenols and antioxidants.

The most important antioxidants in potatoes are polyphenols, ascorbic acid, carotenoids, α -tocopherol, α -lipoic acid and selenium. They have mutual benefits to each other and strengthen their effect. The ascorbic acid participates on the overall antioxidant activity of the potatoes by 13.3 % margin and its levels are influenced primarily by the species of the potato. To set the levels of antioxidant activity, methods measuring inactivity of free radicals were chosen and described - TEAC with the use of ABTS, DPPH, ORAC and methods tracking reduction capability of the antioxidants - HPLC or high-performance liquid chromatography.

In conclusion the studied materials imply, that the drought stress factor does not in any considerable way affect the levels of vitamin C in the potato tubers. Antioxidant capacity is mainly affected by the content of polyphenols and that is also not affected by the drought stress factor in any significant way. According to the studies, potatoes stressed by drought show similar or slightly higher levels of polyphenols.

Keywords: Potatoes, ABTS, Antioxidants, HPLC, Spectrofotometry, Ascorbic acid, phenolic compounds

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Přehled literatury (literární rešerše)	3
3.1	Brambory (Solanum tuberosum)	3
3.1.1	Historie brambor	4
3.1.2	Morfologie hlízy bramboru.....	5
3.1.3	Rozmnožování	5
3.1.4	Faktory ovlivňující růst brambor	6
3.1.4.1	Světlo	6
3.1.4.2	Teplota	6
3.1.4.3	Voda.....	7
3.1.4.4	Vzduch.....	8
3.1.4.5	Půda	8
3.2	Chemické složení brambor	8
3.2.1	Sacharidy	10
3.2.2	Dusíkaté látky	11
3.2.3	Lipidy.....	12
3.2.4	Vitaminy	13
3.2.5	Barviva.....	13
3.2.6	Minerální látky.....	14
3.2.7	Organické kyseliny	15
3.2.8	Aromatické látky.....	15
3.2.9	Glykoalkaloidy.....	15
3.2.10	Fenoly	16
3.3	Antioxidanty	16
3.3.1	Polyfenoly	19
3.3.2	Anthokyany.....	20
3.3.3	Karotenoidy	21
3.3.4	α -lipoová kyselina	22
3.3.5	Selen.....	22
3.3.6	Askorbová kyselina (vitamin C).....	22
3.3.6.1	Ztráty a navýšení vitamínu C v bramborách.....	24
3.4	Stres suchem	26
3.5	Antioxidační aktivita	28
3.5.1	Metody stanovení antioxidační aktivivy.....	28
3.5.1.1	Metody sledující inaktivaci volných radikálů.....	29
3.5.1.2	Metody měřící redukční schopnost antioxidantů.....	30

4 Závěr	31
5 Seznam použitých zkratk a symbolů	32
6 Seznam literatury	33

1 Úvod

Brambory byly dříve vzácnou rostlinou zdobící stoly při významných hostinách, dnes jsou jednou z nejdůležitějších světových plodin, která se pěstuje v širším rozmezí geografických oblastí než ostatní základní plodiny. Bramborové hlízy jsou pro člověka nejen zdrojem sacharidů, které tvoří zdroj energie, ale také ostatních látek a sloučenin důležitých pro lidské zdraví.

Práce je zaměřena především na antioxidanty obsažené v hlízách. Antioxidanty obecně prodlužují údržnost potravin tím, že zabráňují oxidaci látek obsažených v hlízách a inaktivují volné radikály. Volné radikály vznikají v organismu, do jisté míry jsou prospěšné a mají důležitou roli v procesech probíhajících v těle. Při vysokých koncentracích mají karcinogenní účinky a vliv na vznik různých onemocnění.

Brambory jsou pro člověka velmi významnou plodinou, především pro vysoký obsah vitamínu C a také proto, že mohou být dlouhodobě skladovány, což vede k jejich trvalé dostupnosti pro konzumenty. Vitamin C je přímo spojen s tvorbou kolagenu, pomáhá při vstřebávání železa, je důležitý pro správnou funkci nervů a chrání vitamin E a lipidy před oxidací. Nedostatek vitamínu C je v dnešním světě velice ojedinělý, a to i v rozvojových zemích, přesto k němu může dojít a vede k onemocnění zvaném kurděje.

Cílem této práce bylo zajistit dostatečné množství odborné literatury a zjistit, jaký vliv má na obsah vitamínu C v bramborách stres suchem, protože nedostatek vody se v současnosti stává velkým problémem pro moderní zemědělství a do jisté míry ovlivňuje i výnosy a kvalitu určité plodiny. V současné době je známo více jak 4000 odrůd brambor, které jsou přizpůsobeny rozdílným klimatickým podmínkám, a proto mohou být projevy na různé abiotické a biotické stresory značně odlišné.

2 Cíl práce

- 1) Z literární rešerše najít dostatek podkladů pro vypracování literárního přehledu o vlivu stresu suchem na obsah vitamínu C a látek ovlivňujících antioxidační kapacitu hlíz brambor.
- 2) Zjistit vhodné metody stanovení antioxidační aktivity.

3 Přehled literatury (literární rešerše)

3.1 Brambory (*Solanum tuberosum*)

Brambory patří mezi jednu z nejvýznamnějších zemědělských plodin. V celosvětovém měřítku mají větší význam pro lidskou výživu pouze pšenice, rýže a kukuřice. V našich přírodních podmínkách jsou po pšenici druhou nejdůležitější potravinou. Pěstují se téměř na celé zeměkouli, za což vděčí nenáročnosti na přírodní podmínky a vůči ostatním zemědělským plodinám mají vysoké hektarové výnosy (Čepl, 2005). Po celém světě je výnos brambor v průměru 17,67 t/ha, ale značně se liší podle jednotlivých zemí, a to od 4 t/ha v některých rozvojových zemích až po 45 t/ha ve vyspělých zemích. V roce 2009 se pěstovaly na celkové ploše 18 651 838 ha a bylo jich vyprodukováno 325 302 445 tun. Podle dat z roku 2009 jsou největšími celosvětovými producenty Čína, Indie, Rusko, USA a Německo (Schuler et Spooner, 2013).

Od samého počátku jejich potravinářského využití jsou u nás označovány jako „druhý chléb“. Toto označení zdůrazňuje potravinářský sytící účinek škrobu, který v sušině bramborových hlíz, stejně jako v sušině chlebové mouky, tvoří největší podíl (Rybáček et al., 1988).

Kvalita brambor je ve většině publikací posuzována jako soubor znaků a kritérií, která jsou vyžadována od hlíz určených ke konkrétnímu užití spotřebitelem. Obecně je kvalita hlíz dělena na kvalitu „vnější“ a „vnitřní“ (Bárta et Bártová, 2012).

- a) Vnější kvalita - zahrnuje soubor vnějších znaků, kterými jsou tvar hlíz a jeho vyrovnanost a vlastnosti slupky (barva, jemnost). U konzumních brambor též hloubka oček, barva dužiny, intenzita jejího zbarvení, rozsah poškození apod. (Bárta et Bártová, 2012).
- b) Vnitřní kvalita - u konzumních brambor se posuzuje nutriční a zpracovatelská hodnota, která úzce souvisí s chemickým složením hlíz (Bárta et Bártová, 2012).

U konzumních brambor jsou také důležité texturní vlastnosti vařených hlíz (konzistence, moučnatost, struktura, vlhkost) vyjádřené souhrnně varným typem, dále brava dužiny a rozsah jejich barevných změn, případně odchylky od typické bramborové chuti (Bárta et Bártová, 2012). S vyšší životní úrovní obyvatel se postupně snižuje spotřeba brambor, ale nároky na kvalitu se zvyšují. Samozřejmostí je praní hlíz určených ke konzumaci, zabalení, uvedení odrůdy a označení varného typu (Vokál et al., 2003).

Konzumace brambor v lidské výživě plní funkci ochranou, kdy na lidské zdraví pozitivně působí vhodný obsah vitaminů, minerálních látek a ostatních biologicky aktivních látek, funkci objemovou a přísunem energie zejména díky škrobu funkci sytící (Bárta et Bártová, 2012).

3.1.1 Historie brambor

Brambor je rostlinou Nového světa, konkrétně pochází ze západní části Jižní Ameriky (Kutnar, 1963). V jižní Americe domorodci pěstovali brambory nejméně 2000 let před příjezdem Španělů. Ti se s bramborami poprvé setkali na území dnešního Peru v první třetině 16. století. Podle všech okolností se brambory do Evropy dostaly dvěma hlavními směry (Hruška, 1974). Jižní cestou, která vedla přes španělský přístav v Seville a odtud dál do jižní a střední Evropy. A severní cestou přes Londýn a britské ostrovy a dále do severní Evropy a severní Ameriky (Kutnar, 1963).

Do Španělska byly přivezeny v šedesátých letech 16. století (Kutnar, 1963). Zápisy z klášterního špitálu v Seville z roku 1573 hovoří o nákupu hlíz pro nemocné z okolí města, neobsahují však údaje o způsobu pěstování (Rybáček et al., 1988). Do střední Evropy se dostaly už koncem 16. století, kdy se brambory považovaly za zahradní a vcelku vzácné rostliny, které zdobily panovnické a učenecké zahrady, byly pochoutkou při vybraných hostinách a doporučovaným lékem (Kutnar, 1963). Severní cestou se brambory z Chile dostaly do Evropy přes Anglii a Irsko, kam jako první přivezl dnes známý druh *Solanum Tuberosum* slavný admirál Sir Francis Drake (Jůzl et Jůzl ml., 2006). Zde se díky podobnému podnebí rychle rozšířily a již v polovině 17. století se staly polní plodinou (Kutnar, 1963). Na naše území se brambory pravděpodobně dostaly v prvních třech desetiletích 17. století, ovšem není známo, kterou cestou (Kutnar, 1963). Rozsáhlejší pěstování se rozšířilo až v druhé polovině 18. století, (Vokál et al., 2003) přičemž více než půl století byly bramborové hlízy nouzovou potravinou, u které nebylo mnoho zkušeností s výrobou ani kuchyňskou úpravou (Rybáček et al., 1988).

Jejich rozšíření v evropském zemědělství na přelomu 18. a 19. století zajistilo dostatek potravin a díky vysokému obsahu vitamínu C chránilo obyvatelstvo před kurdějemi. Toto spoléhání na brambory, jako na lehce dostupnou potravinu, se v Evropě ale vymstilo. V polovině 19. století napadla v Irsku porosty plíseň bramboru, v důsledku hladomoru zemřel milión obyvatel a další milión emigroval do USA. Podobná situace nastala v Německu během 1. světové války (Čepl, 2005).

Spotřeba brambor pro lidskou výživu u nás rychle stoupala. V roce 1800 činila 50 kg na osobu a rok a již v roce 1850 se spotřeba zvýšila na 170 kg na osobu a rok. Od tohoto maxima pak spotřeba postupně klesala tak, že v letech 1934-1938 činila 120 kg na osobu a rok (Rybáček et al., 1988). V roce 2015 se spotřeba brambor pohybovala kolem 66,3 kg na osobu a rok. (ČSÚ, 2015) Doporučená denní dávka je 300 g a ta je dosažena při roční spotřebě 110 kg hlíz bez oloupaných slupek (Rybáček et al., 1988). České bramborářství zažilo v uplynulých dvaceti letech řadu změn. Mezi nejvýznamnější změny se řadí postupný pokles pěstitelských ploch, pokles celkové produkce a pokles počtu pěstitelů. Na druhé straně došlo ke zvýšení hektarových výnosů, ke zkvalitnění agrotechniky a ochrany rostlin (Bárta et Bártová, 2012).

3.1.2 Morfologie hlízy bramboru

Jako první brambory důkladněji popsal vídeňský přírodopisec Charles d'Ecluse, latinsky psaný Carolus Clusius, roku 1601 ve svém díle „Dějiny vzácných rostlin“ a dal jim latinský název *Papas Peruanorum* (Kutnar, 1963). Hlíza bramboru funguje jako zásobník látek rostliny. Je to oddenek, který se dělí na část pupkovou a část korunkovou. Na povrchu hlízy je periderm (slupka), složený ze zkorovatělých buněk. Chrání hlízu před plísněmi a ztrátou vody. Pod peridermem se nachází korová vrstva, která se dělí na vnější vrstvu, ta je bohatá na bílkoviny, ale obsahuje poměrně málo škrobu a vnitřní vrstvu, která sahá až k cévním svazkům a je bohatá na škrob. Dále do středu hlízy je vrstva cévních svazků tvořena floémem a xylémem. Floém vede organické látky a xylém opatřuje transport vody. Střed hlízy je tvořen vnější dřeví z vodnatých buněk a vnitřní dřeví (Pelikán et Sáková, 2001).

3.1.3 Rozmnožování

Brambory se můžou rozmnožovat dvěma způsoby, vegetativně hlízami nebo generativně semeny. U nás se využívá převážně vegetativní rozmnožování, naopak v některých teplých oblastech (např. v USA, Číně) s dlouhou generační dobou se užívá i generativního rozmnožování. Generativního množení se využívá převážně ve šlechtění. Při vegetativním rozmnožování pokračuje v potomstvu život stále stejné odrůdy (Vokál et al., 2000). Genetický základ rostliny se nemění, tudíž nová generace je geneticky shodná s mateřskou rostlinou. Mění se ale vlastnosti negenetické, které ovlivňují vitalitu nově vzniklých jedinců (Rybáček et al., 1988). Zatímco u generativního množení začíná život nové odrůdy (Vokál et al., 2000).

3.1.4 Faktory ovlivňující růst brambor

Brambory jsou původem z Jižní Ameriky, proto jsou pro ně nejideálnější podobné přírodní podmínky. Nejlépe rostou a nejvyšší výnosy mají v oblastech, kde průměrná teplota nejteplejšího měsíce během růstu nepřesáhne 18,5 °C, roční srážky dosahují 700-800 mm a jsou pravidelně rozvržené. Ideální je dlouhý den, ne příliš vysoké teplotní výkyvy mezi dnem a nocí a pěstování na lehké až středně těžké půdě (Hruška, 1974).

3.1.4.1 Světlo

Pro brambor je typické, že co se týče tvorby květu, je dlouhodobní rostlinou, ale co se týče tvorby hlíz, je rostlinou krátkodenní. Dlouhý den zpomaluje dlouhivý růst klíčků, naopak podporuje růst vzešlých rostlin, ale neovlivňuje počet stonků. Dále podporuje zakvétání a prodlužuje délku vegetační doby. Hlízy mají vyšší škrobnatost. Krátký den podporuje růst klíčků do délky, po vzejití brzdí růst natě, potlačuje počátek květu a podporuje opad poupat. Zároveň zkracuje vegetační dobu. Hlízy mají nižší škrobnatost. Působení délky dne je závislé na teplotě. Délka dne nemá žádný vliv na tvorbu hlíz při teplotě 14°C.

Tvorbu hlíz urychluje:

- a) Teplota – při nízkých teplotách pod 14 °C.
- b) Délka dne – při teplotách na 14 °C (Vokál et al., 2000).

3.1.4.2 Teplota

Společně se zářením je teplota nejdůležitějším vnějším faktorem ovlivňujícím růst i vývin rostlin. Brambor je k výkyvům teploty poměrně citlivý (Procházka et Macháčková, 1998). Rozlišujeme tyto tři hlavní teplotní body:

- a) Teplota pro růst optimální – teplota, při níž je rychlost růstu nejvyšší. Pro růst klíčků se pohybuje v rozmezí 15-20 °C, pro růst natě je to 20-25 °C (Šimon, 1958).
- b) Teplota pro růst minimální – teplota, při které růst začíná. Klíčky začínají růst při teplotách 8-10 °C, natě rostou už při 5-6 °C (Šimon, 1958).
- c) Teplota pro růst maximální – teplota, při které se růst zastavuje (nad 30 °C).

Tyto kardinální body teploty se mění se stářím rostliny. Zároveň se rostliny adaptují na teploty, ve které delší dobu rostou, tudíž s dlouhodobějším působením vyšších či nižších teplot se tyto body mohou posunout (Procházka et Macháčková, 1998). Pro růst hlíz je optimální teplota ve dne kolem 20 °C a v noci přibližně 14 °C, a to kvůli různým fyziologickým funkcím rostlin za světla a tmy. Za světla probíhá převážně fotosyntéza a za tmy se uskutečňuje transport látek a jejich ukládání do zásobních orgánů a pletiv při růstu (Vokál et al., 2003).

3.1.4.3 Voda

Vodní stres je nejvíce limitujícím faktorem pro rostliny. V důsledku vodního stresu klesá aktivita všech enzymů a zpomaluje se růst rostliny. Voda v rostlině udržuje turgor, který působí při růstu a prodlužování buněk. Pokud klesá turgor, redukuje se růst listů a následně fotosyntéza v důsledku uzavírání průduchů a následnému omezení příjmu CO₂. Velký vliv má na rostlinu také to, jestli sucho nastalo během vegetace, nebo zda je rostlina v suchém prostředí od počátku. Pokud je rostlina v suchu od začátku vegetace, její kořenový systém proniká hlouběji, má silnější kutikulu, nemá tak velkou listovou plochu a takové množství průduchů. Při nedostatku vodní vláhy se většinou zvyšuje aktivita hydrolytických enzymů a nesnižuje se transport v rostlině. Zásobní látky jsou v tomto případě přesouvány do generativních orgánů (Bláha et al., 2003).

Brambory spadají mezi plodiny, které mají středně velké nároky na vodu, ale velmi citlivě reagují na rozdělení srážek. Požadavky na vláhu v půdě jsou podmíněny fází růstu, výživou, teplotou, odrůdou a mnoha jinými faktory. Voda je v bramborách volná nebo vázaná (kapilární, inhibiční a konstituční). Nejmenší potřeba vláhy je při klíčení hlízy, zcela postačí zásoba vody v hlíze a relativní vzdušná vlhkost pohybující se okolo 80 %. V období od sázení do vzejití rostlin působí nedostatek vláhy příznivě. Vytvoří se více kořenů, díky tomu pak rostlina ve vegetaci lépe hospodáří s vodou. Od fáze tvorby pupat, v tuto dobu se začínají tvořit i hlízy, do začátku fyziologické zralosti porostu, období nejintenzivnějšího růstu hlíz, reaguje rostlina velmi citlivě na nedostatek půdní vláhy (Vokál et al., 2000). V první polovině vegetace působí srážky hlavně na růst natě a počet hlíz a ve druhé polovině vegetace mají vliv převážně na hmotnost hlíz (Vokál et al., 2003). Nároky brambor na vodu se vyjadřují různými způsoby. Nejvíce se uvádějí pomocí transpiračního koeficientu, což je spotřeba vody v kilogramech na vytvoření jednoho kilogramu sušiny biomasy rostliny. Různí autoři uvádějí transpirační koeficienty rozdílně. Obecně se pohybují v rozmezí od 260 do 530 kg. Další, méně používaný způsob, vyjadřující nároky bramboru na vodu, udává spotřebu vody na vytvoření jednoho kilogramu sušiny sklizených brambor a ten se pohybuje na písčité půdě v rozmezí od 523 do 614 kg, na hlinité půdě od 333 do 534 kg (Vokál et al., 2000). Hlavním a většinou jediným zdrojem půdní vláhy jsou v našich podmínkách atmosférické srážky. Ovšem pouze část vody ze srážek je využitelná rostlinami (Litschmann et al., 2014). Procento využití závisí na fyzikálních vlastnostech půdy, stavu půdního povrchu, stupni nasycení půdy vodou a svažitosti pozemku (Havlíček et al., 1986).

3.1.4.4 Vzduch

Složení a obsah vzduchu v půdě má vliv hlavně na růst kořenů. Složení vzduchu a jeho čistota také ovlivňují rychlost fotosyntézy, dýchání a transpiraci rostlin. V kypré a provzdušněné půdě rostliny tvoří další kořeny zasahující více do hloubky, čímž lépe odolávají nedostatku vláhy v půdě (Vokál et al., 2000).

3.1.4.5 Půda

Nejvhodnějšími bramborářskými půdami jsou půdy lehké až střední s propustnou spodinou. V případě pěstování brambor na písčité půdě, je potřeba, aby půda obsahovala 8-10 % jílnatých částic a humusu. Hlinitopísčité půdy by měly obsahovat 10-20 % jílnatých částic, měly by být hlubší a vespodu vlhčí. Čím lépe půda vyhovuje požadavkům podzemních částí rostlin na vzduch a dokáže vyrovnávat kolísání půdní vláhy, tím je vhodnější (Vokál et al., 2000). Z toho vyplývá, že nejvhodnější jsou půdy humózní (obsah humusu je nad 2 %) písčitohlinité s propustnou spodinou a s pH 5,5-6,5 (Vokál et al., 2003). Naopak těžké půdy, které se snadno zamokřují a jsou málo propustné, ztěžují růst hlíz, zvyšují zapelevelenost a podporují rozvoj chorob (Hruška, 1974). Důležitým faktorem je i teplota půdy, ovlivňuje dobu setí nebo sázení, klíčení, vzcházení a přezimování rostlin. Pokud se teplota půdy pohybuje pod 0 °C, přestává příjem vody a živin, a to i v případě, že je půda dostatečně vlhká (Litschmann et al., 2014).

3.2 Chemické složení brambor

Brambory jsou považovány za nejlepší potravinový koncentrát na světě a zároveň levný zdroj energie a nutričně významných látek. Čerpáme z nich asi 14 % pokrmové energie. Jsou bohaté na minerály, vitaminy, bílkoviny, sacharidy a jsou téměř bez tuků (Čepl, 2005). Složení hlíz je ovlivněno pěstebními podmínkami a obzvláště odrůdou (Schulzová et Hubert, 2004). Důležitou hodnotou je obsah sušiny, který je z 81,58 % ovlivněn odrůdou, z 10,85 % prostředím a ze 7,3 % je ovlivněn interakcí odrůda × prostředí. Brambory obsahují zpravidla mezi 20 až 25 g sušiny v hlíze o hmotnosti 100 g a zbytek je voda (Rybáček et al., 1988). Vysoký obsah vody odlišuje hlízy od obilovin a projevuje se zkrácenou možností skladování oproti zrninám (Prugar et al., 2008). Voda plní v celé rostlině důležité metabolické funkce, jako jsou biosyntéza organických sloučenin, přeprava asimilátů a metabolitů a reguluje teplotu (Pelikán et Sáková, 2001). Z tabulky č.1 je patrné, že hlavní složkou sušiny jsou sacharidy a zejména škrob, kterého je ve 100 g hlízy průměrně obsaženo 16,13 g. Látky obsažené v sušině hlíz se rozlišují na:

- a) Látky, které svým obsahem podmiňují nutriční i technologickou hodnotou hlíz (kalorické látky) (Rybáček et al., 1988).
- b) Látky, které svými fyzikálně chemickými vlastnostmi spoluvytvářejí vzhled a vlastnosti výrobku (nekalorické a pochutinové látky) (Rybáček et al., 1988).

Mezi látky kalorické patří sacharidy, dusíkaté látky a tuk. Škrob, dusíkaté látky a tuk se ale také řadí mezi látky nekalorické a pochutinové, protože vytváří nutriční hodnotu brambor, ale zároveň se významně podílejí na konečné chuti a vůni hotového produktu. Proto se nekalorické látky ještě dále mohou dělit na látky, které jsou v hlíze přítomné, často to bývají látky balastní, vůni a chuť nijak neovlivňující. Jsou to všechny polysacharidy (vyjma škrobu), vitaminy, enzymy a barviva (Rybáček et al., 1988).

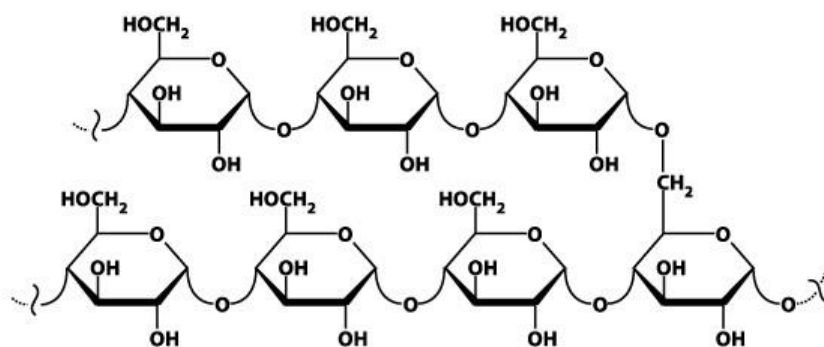
Mezi látky pochutinové, které ovlivňují chuť a vůni a zároveň mají význam z hlediska nutričního, spadají cukry, minerální látky, organické kyseliny, aromatické látky, fenoly a glykosidy (Rybáček et al., 1988). Jednotlivé složky nejsou v hlíze rovnoměrně rozloženy. V korové vrstvě se nachází především tuk, organické kyseliny a alkaloidy ve slupce vláknina a v oblasti cévních svazků se vyskytují cukry. Pod slupkou dusíkaté látky a po obou stranách cévních svazků (kambiálního kruhu) se nachází škrob (Pelikán et Sáková, 2001).

Tabulka 1 Průměrný obsah makronutrientů v hlízách brambor (Burlingame et al., 2009)

Hlavní složka	Průměrná hodnota (v hlíze o hmotnosti 100 g)	Rozmezí (v hlíze o hmotnosti 100 g)
Energetická hodnota	340,00 kJ	240–423 kJ
Voda	78,50 g	62,68–87,00 g
Tuky	0,20 g	0,05–0,51 g
Bílkoviny	2,12 g	0,85–4,20 g
Celková vláknina	2,04 g	0,3–3,67 g
Rozpustná vláknina	1,04 g	0,87–1,22 g
Ner rozpustná vláknina	1,31 g	0,41–2,53 g
Škrob	16,13 g	9,10–22,60 g
Glukóza	0,12 g	0,015–0,34 g
Fruktóza	0,07 g	0,00–0,18 g
Sacharóza	0,40 g	0,08–1,39 g
Amylóza	3,86 g	3,5–4,3 g

3.2.1 Sacharidy

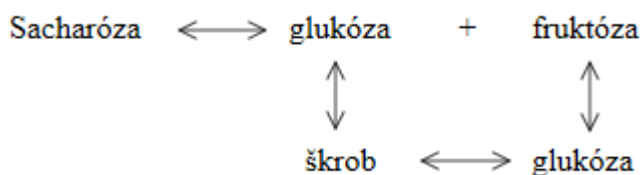
V této skupině je nejvíce zastoupený škrob, v němž si rostlina ukládá zásobu potenciální energie (Pelikán et Sáková, 2001). Tvoří přibližně 60-80 % celkového energetického obsahu sušiny (Lutaladio et Castaldi, 2009). Jeho obsah v hlíze je geneticky fixován, tedy závisí na odrůdě. Zároveň ale platí, že čím delší je doba vegetace, tím větší je obsah škrobu. (Rybáček et al., 1988). Největší přírůstek bývá v období mezi plným květem a odkvětem. Škrob je tvořen dvěma základními složkami – amylosem a amylopektinem (obrázek 1). Základem obou složek škrobu je monosacharid D-glukóza. Odlišné uspořádání řetězce D-glukózy v amylosem a v amylopektinu má za následek jejich rozdílné fyzikálně chemické vlastnosti. Amylose má nerozvětvený řetězec tvořený glukózovými monomery spojenými vazbou 1,4, zatímco amylopektin tvoří jednotky amylose spojené navzájem vazbou 1,6. Poměr amylose k amylopektinu je přibližně 1:5, ale tato hodnota je nestálá, protože je z malé části ovlivněna odrůdou, místem pěstování, hnojením a dalšími faktory (Hruška, 1974). Škrob je v bramborových hlízách uložen ve formě škrobových zrn elipsovitého tvaru o velikosti 1-100 μm . Ta se v průběhu vegetace spíše zvětšují, než aby se vytvářela nová (Rybáček et al., 1988). Škrobová zrna jsou hygroskopická, ve vodním prostředí bobtnají a při teplotách mezi 58,7-62,5 $^{\circ}\text{C}$ mazovají (Hruška, 1974). Tvorba škrobu je fotosyntetický děj, při kterém se z oxidu uhličitého a vody, za přítomnosti sluneční energie, tvoří cukry, z kterých se následně vytváří asimilační škrob v listech. Z listů se dále převádí do hlíz a tam se ukládá v amyloplastech jako zásobní škrob. Během vegetace se v hlízách obsah škrobu zvyšuje a za optimálních podmínek dosahuje maxima při fázi fyziologické zralosti hlíz (Rybáček et al., 1988).



Obrázek 1 Amylopektin (Steinbüchel et Oppermann-Sanio., 2011)

Mimo škrob se v bramborách vyskytují polysacharidy tvořící buněčné stěny a mezibuněčné složky (Rybáček et al., 1988). Sem se řadí celulóza a hemicelulóza (vláknina), pektin a pentozany (Prugar et al., 2008). Celulóza je stavební složka stěn rostlinných buněk, tvořena glukózovými zbytky s vazbou $\beta - 1,4$. Zaujímá přibližně 10–20 % z celkových neškrobových polysacharidů. Hemicelulóza, také stavební složka buněčných stěn, obsahuje kyselinu uronovou, která se váže s pentozany. Její podíl z celkových neškrobových polysacharidů činí 1 % (Rybáček et al., 1988). Podíl pentozanů se uvádí 5,5-8,5 % z celkových neškrobových polysacharidů. Podíl pektinů se uvádí v rozmezí 0,21-0,41 % (Pelikán et Sáková, 2001). Pektiny jsou polysacharidy tvořeny α -galaktosidicky sřetěženými estery kyseliny galakturonové, ve kterých je v různém množství vázán vápník (Rybáček et al., 1988).

Obsah cukrů ve vyzrálé hlíze je poměrně nízký, okolo 0,5 %, přesto je významný z hlediska technologického, i co se týče chuti a vůně brambor (Pelikán et Sáková, 2001). Nejvýznamnější cukry jsou sacharóza, glukóza a fruktóza. Glukóza a fruktóza jsou také označovány jako redukující cukry. Jejich obsah bývá v těchto rozmezích: sacharóza 0,09-0,25 %, glukóza 0,02-0,2 %, fruktóza 0,11-0,4 % z čerstvé hmoty (Hruška, 1974). Nevyzrálé brambory mají poměrně vysoký obsah cukrů, převážně sacharózy. Ta po sklizni nezralých hlíz několik dní klesá, zatímco obsah glukózy a fruktózy se zvyšuje. Množství cukrů ve vyzrálých hlízách závisí na teplotě skladování. Pokud se teploty pohybují pod 10 °C obsah cukrů stoupá (Rybáček et al., 1988).



Obrázek 2 Dynamická rovnováha mezi sacharidy ve vyzrálých hlízách (Burton, 1989)

V hlízách brambor byly prokázány i jiné cukry např. manóza, xylóza, rafinóza, které ovšem z hlediska kvality, chutě a vůně nejsou významné (Rybáček et al., 1988).

3.2.2 Dusíkaté látky

Do této skupiny se řadí bílkoviny, aminokyseliny, amidy, anorganické sloučeniny, různé báze. V čerstvé hmotě hlíz zaujímají kolem 2 %, jejich obsah je závislý na odrůdě. Tuto odrůdovou fixaci ale mohou výrazně ovlivnit vnější podmínky, ve kterých rostlina roste (Rybáček et al.,

1988). Největší podíl tvoří čistá bílkovina, obsah se pohybuje kolem 50 % celkového dusíku (Hruška, 1974). Ostatní nebílkovinné dusíkaté látky jsou členěny na volné aminokyseliny (15 %), amidy asparagin a glutamin (23 %) a ostatní dusíkaté látky (12 %). Dříve se hlízové bílkoviny rozlišovaly podle rozpustnosti na albuminovou, globulinovou, prolaminovou a gluteinovou frakci. V 80. letech se jejich poměr udával v poměru 60 % albuminová frakce a 20 % globulinová frakce. Nyní je preferováno dělení hlízových bílkovin podle jejich molekulové hmotnosti (Bárta et Čurn, 2004). Tato klasifikace člení bílkoviny na tři základní skupiny:

- a) Patatin neboli patatinový komplex. Jedná se o skupinu imunologicky identických glykoproteinů a tvoří 20–40 % rozpustných bílkovin v hlízách brambor. Považuje se za zásobní bílkovinu, při skladování a klíčení hlíz dochází k poklesu jeho obsahu. Bylo zjištěno, že patatin má také velmi významnou antioxidační aktivitu, jejímž významem se řadí hned za askorbovou kyselinu (Bárta et Čurn, 2004).
- b) Bramborové inhibitory proteas, zastupují 20–30 % extrahovatelných hlízových bílkovin. Působí v obranných mechanismech proti mikroorganismům a hmyzu napadající rostlinu tím, že inhibují jejich specifické proteasy (Bárta et Čurn, 2004).
- c) Ostatní bílkoviny, převážně bílkoviny s enzymovou účastí na syntéze škrobu (Bárta et Čurn, 2004).

Bramborové bílkoviny jsou považovány za nejhodnotnější bílkoviny rostlinného původu, a to v důsledku skladby aminokyselin, přičemž nejvýznamnější jsou aminokyseliny esenciální. Za limitující aminokyseliny v hlízách je považován hlavně methionin, cystein a případně izoleucin (Bárta et Čurn, 2004).

3.2.3 Lipidy

Lipidy se v hlízách brambor vyskytují ve velmi malém množství, v průměru okolo 0,2 % hrubého tuku (Burlingame et al., 2009). Hrubý tuk se rozčleňuje na volné mastné kyseliny, neutrální tuk a fosfolipidy. Tyto tři frakce se ale ve složení nějak zásadně neliší (Rybáček et al., 1988). Nejvíce jsou zastoupeny nenasycené mastné kyseliny – linolová (50 %), linolenová (20 %), palmitová (20%) a stearová (5 %), v důsledku tohoto složení je tuk v bramborách nestabilní a jeho oxidací může docházet ke změnám vůně a chuti u výsledného produktu (Pelikán et Sáková, 2001).

3.2.4 Vitaminy

Hlavním vitamínem bramborových hlíz je vitamin C neboli askorbová kyselina. Z 200 g vařených hlíz člověk přijímá přibližně 47 % jeho doporučené denní dávky. Po sklizni může koncentrace vitaminu C dosahovat až 50 mg ve 100 g hlízy (Skrabule et al., 2013). Ta ale skladováním klesá, jak je vidět v tabulce č. 2, průměrně hlízy obsahují 16,7 mg na 100 g (Burlingame et al., 2009). Koncentrace vitaminu C je dána především genotypem, je ale ovlivněna i růstovými a skladovacími podmínkami, zralostí hlízy, způsobem tepelné úpravy apod. (Skrabule et al., 2013).

Dalšími významnými vitaminy jsou vitaminy ze skupiny B – vitamin B₁ (thiamin), vitamin B₂ (riboflavin), vitamin B₃ (niacin), vitamin B₆ (pyridoxin), vitamin B₅ (pantotenová kyselina), vitamin B₇ (biotin) a listová kyselina (Burlingame et al., 2009). Jejich obsah v hlízách není příliš vysoký, přesto 150-175 g uvařených hlíz dokáže pokrýt z 10 % doporučenou denní dávku vitaminu B₁. Vitamin B₁ totiž po uvaření z 86-95 % zůstává v hlízách. Vyšší koncentrace je pozorována v hlízách s červenou slupkou a barevnou dužinou (Skrabule et al., 2013). Mimo vitamin C a vitaminy skupiny B jsou nedílnou součástí hlízy bramboru též vitamin A, vitamin E a vitamin K (fylochinon) (Rybáček et al., 1988).

Tabulka 2 Průměrná hodnota vitaminů v hlízách brambor (Burlingame et al., 2009)

Vitamin	Průměrná hodnota (v hlíze o hmotnosti 100 g)	Rozmezí (v hlíze o hmotnosti 100 g)
B ₁ Thiamin	0,09 mg	0,08–0,11 mg
B ₂ Riboflavin	0,07 mg	0,022–0,36 mg
B ₃ Niacin	1,26 mg	0,62–2,07 mg
B ₆ Pyridoxin	0,24 mg	0,15–0,30 mg
Listová kyselina	12,42 µg	10,30–15,30 µg
Vitamin E	0,22 mg	0,07–0,52 mg
Vitamin C	16,70 mg	6,50–34,00 mg

3.2.5 Barviva

Bílá až sytě žlutá barva hlíz brambor je připisována obsahu karotenoidů a jejich různých forem. Světlé odrůdy jich obsahují 50-100 µg ve 100 g čisté hmotnosti a odrůdy se sytě žlutou dužinou dosahují hodnot až 2000 µg ve 100 g čisté hmotnosti (Brown, 2005). Karotenoidy jsou lipofilní barviva rostlin, hub, řas a mikroorganismů a nově také některých živočichů. Jsou rozšířené převážně ve žluté a oranžové barvě, zřídka ve žlutozelené a červené. Nachází se ve

fotosyntetizujících rostlinných pletivech, jako fotochemicky aktivní složka plastidů zvaných chromoplasty. Je známo přibližně 700 přirozeně se vyskytujících karotenoidních pigmentů. Karotenoidy můžeme dělit na dvě skupiny:

- a) Karoteny – uhlovodíky
- b) Xanthofyly – kyslíkaté sloučeniny např. alkoholy, aldehydy, ketony aj., které jsou odvozené od karotenů (Velíšek et Hajšlová, 2009).

V bramborách se vyskytují v jednotkách mg na kg ale ve většině druhů ovoce a zeleniny jsou přítomny v desítkách až stovkách mg na kg (Velíšek et Hajšlová, 2009).

Působením světla se hlízy zbarvují do zelena, to je způsobeno tvorbou chlorofylu, tedy přeměnou leukoplastů na chloroplasty v bezprostřední blízkosti slupky. Tvorba chlorofylu je ovlivněna teplotou. Zatímco při teplotě kolem 4 °C a při osvětlení skoro nedochází k jeho tvorbě, 20 °C je nejprůzračnější teplota pro jeho vznik (Rybáček et al., 1988).

Dalšími významnými barvivy jsou flavonoidy, světle žlutá až tmavě žlutá barviva, jejichž nositeli jsou v hlízách brambor flavonoly a flavony. (Velíšek et Hajšlová, 2009). Červené a modré zbarvení některých odrůd je způsobeno obsahem anthokyanů (též se řadí mezi flavonoidy), sytě červené hlízy mají vyšší obsah pelargonidinu a u sytě modrých převládá petunidin (Hruška, 1974). Stabilita a barva anthokyanů nebývají vysoké, což z technologického hlediska není příznivé. Bývají ovlivněny strukturou molekuly, přítomností některých enzymů (glykosidasy a polyfenoloxidas), pH prostředí, teplotou, přítomností kyslíku a působením záření (Velíšek et Hajšlová, 2009).

3.2.6 Minerální látky

Obsah minerálních látek se určuje z popeloviny, které bývá v sušině kolem 5 % (Hruška, 1974). Některé minerální látky jsou esenciální katalyzátory metabolismu rostlin a některé jsou z půdy absorbovány společně s esenciálními prvky z půdního roztoku (Rybáček et al., 1988). Životně důležité prvky a jejich obsah v hlízách je vyobrazen v tabulce č. 3. Kovy – hořčík, železo, zinek, měď, mangan, se podílí na aktivaci určitých enzymů a mají účinek i v menším množství. Fosfor a síra jsou prvky nezaměnitelné, protože jsou velmi podstatné v buněčném základu (Hruška, 1974). Draslík vyvažuje poměr K:Na ve stravě, zároveň snižuje enzymatické zbarvení způsobené mechanickým poškozením hlíz. Působí v hlíze převážně jako iont (Rybáček et al., 1988). Obsah minerálních látek se v průběhu vegetace mění (Burlingame et al., 2009).

Tabulka 3 Průměrná hodnota minerálních látek v hlízách brambor (Burlingame et al., 2009)

Minerální látka	Průměrná hodnota (v hlíze o hmotnosti 100 g)	Rozmezí (v hlíze o hmotnosti 100 g)
Vápník	10,59 mg	1,35–27,80 mg
Fosfor	71,43 mg	33,00–126,00 mg
Sodík	2,89 mg	0,10–7,70 mg
Draslík	443,30 mg	239,00–693,80 mg
Hořčík	20,21 mg	10,80–37,60 mg
Mangan	0,13 mg	0,05–0,39 mg
Železo	1,04 mg	0,14–10,40 mg
Zinek	0,41 mg	0,22–0,76 mg
Měď	0,11 mg	0,05–0,15 mg

3.2.7 Organické kyseliny

Mimo aminokyselin a mastných kyselin je v hlízách obsaženo mnoho dalších organických kyselin, jako jsou: citrónová kyselina, isocitrónová kyselina, jablečná kyselina, pyrohroznová kyselina, vinná kyselina, šťavelová kyselina, fytinová kyselina a mnohé další. Hodnota pH hlíz se pohybuje mezi 5,6-6,5 a má význam z hlediska vůně i chuti. Podporuje enzymatické pochody, které probíhají při vaření, a způsobuje uvolňování chuťových látek. Citrónová kyselina a jablečná kyselina činí až 1 % čisté hmotnosti hlíz. Některé organické kyseliny se účastní fyziologických reakcí rostlin a některé jsou pouze přechodného charakteru (Rybáček et al., 1988).

3.2.8 Aromatické látky

Pro aroma syrových brambor má význam převážně 2-isopropyl-3-methoxypyrazin a 2,5-dimethylpyrazin, který tvoří zemité aroma. Mimo tyto sloučeniny se na aroma podílejí zároveň různé karbonylové sloučeniny a alkoholy. Pro aroma vařených brambor je důležitý methional (Velíšek et Hajšlová, 2009). Mnoho sloučenin ovlivňujících aroma se objevuje až po určitém způsobu úpravy brambor. V syrových hlízách jsou tedy jiné aromatické látky než v hlízách tepelně upravených (Hruška, 1974).

3.2.9 Glykoalkaloidy

Hlavní glykoalkaloidy obsažené v bramborách jsou α , β a γ -solanin a α , β a γ -chaconin. Tyto formy se liší počtem a druhem sacharidů. Všechny sloučeniny jsou často uváděny pod jednotným názvem solanin (Pelikán et Sáková, 2001). Jsou to přirozené toxiny a mají hořkou

chut' (Zrůst et al., 2000). Nejvýznamnějšími jsou α -chaconin a α -solanin, které představují 95 % celkových GA v hlíze brambor (Pelikán et Sáková, 2001).

GA mají tři hlavní části:

- a) Hydrofilní sacharidickou část.
- b) Lipofilní steroidní část.
- c) Heterocyklickou dusíkatou bazickou část (Pelikán et Sáková, 2001).

α -chaconin a α -solanin se liší složením sacharidické části, zatímco část lipofilní a dusíkatou bazickou mají shodnou, a tím je to necukerný aglykon solanidin (Pelikán et Sáková, 2001). Hladina GA většinou nebývá vysoká a nijak nepříznivě neovlivňuje kvalitu potravin (Zrůst et al., 2000), většinou se pohybuje od 12 do 150 mg na kg čerstvé hmoty, přičemž hygienický limit je 200 mg na kg čerstvé hmoty (Pelikán et Sáková, 2001). Jejich obsah se může zvyšovat vlivem podmínek růstu, intenzity osvětlení, mechanickým poškozením a rozdílnou fyziologickou zralostí hlíz během sklizně (nezralé hlízy mají vyšší obsah GA). Hladina GA je zároveň odrůdově fixovaná. V rostlině jsou rozloženy nerovnoměrně, nejvyšší obsah GA je v květech, nezralých bobulích a mladých listech. V hlíze se jich nejvíce (30–40 %) vyskytuje ve slupce, okolo oček a po naklíčení především v klíčcích (Zrůst et al., 2000).

3.2.10 Fenoly

Fenoly způsobují hnědé a modrošedé zbarvení zpracovaných brambor. Mimo tyrosin a fenolická barviva (antokyanidin, flavon a flavonol) se do této skupiny řadí chlorogenová kyselina, kávová kyselina, p-kumarová kyselina a deriváty laktonu kumarové kyseliny (Pelikán et Sáková, 2001). Při zpracování brambor se vyskytují tři různá zbarvení:

- a) Zbarvení způsobené enzymy - vyskytuje se jen v syrovém stavu při krájení, kdy jsou buňky v hlíze poškozeny a působí na ně vzduch. Hnědnutí je způsobeno oxidací tyrosinu na melanin (Rybáček et al., 1988).
- b) Tmavnutí hlíz po uvaření - probíhá díky přítomnosti železa, kávové kyseliny, chlorogenové kyseliny a citrónové kyseliny. Zároveň je ovlivněno hodnotou pH (Rybáček et al., 1988).
- c) Zbarevnění neenzymatické – Maillardova reakce (reakce redukujících cukrů s volnými aminokyselinami), projevuje se při sušení nebo smažení (Rybáček et al., 1988).

3.3 Antioxidanty

Antioxidanty jsou látky zabraňující oxidaci potravin zachycením volných radikálů, a tím prodlužují údržnost potravin. Oxidační poškození se projevuje žluknutím přítomných tuků a

dalších snadno se oxidujících složek potravin (např. vonných látek). Antioxidanty interferují s procesem oxidace lipidů a jiných oxylabilních sloučenin tak, že:

- a) Reagují s volnými radikály (v tomto případě jsou to antioxidanty primární), nebo redukují vzniklé hydroperoxydy (tedy antioxidanty sekundární).
- b) Váží se do komplexů katalyticky působících kovů.
- c) Eliminují přítomný kyslík (Velíšek et Hajšlová, 2009).

Další významné rozdělení je podle původu na antioxidanty přírodní a syntetické (Velíšek et Hajšlová, 2009). Antioxidantem může být každá látka, která se, oproti oxidovatelné složce, vyskytuje v malém množství a oddaluje nebo zabraňuje oxidaci této složky, zároveň dokáže již napadené molekuly opravit. Jeden antioxidant může chránit před oxidací v jednom systému, ve druhém systému může naopak působit jako pro-oxidant. Jak se bude látka chovat, určuje její standardní jedno-elektronový redukční potenciál. Látka s nižším potenciálem je antioxidantem látky s vyšším potenciálem (tabulka č.4) (Kvasnička et Ševčík, 2009).

Tabulka 4 Standardní jedno-elektronové redukční potenciály při pH 7,0 pro vybrané radikálové páry (Kvasnička et Ševčík, 2009)

Radikálový pár	Redukční potenciál (mV)
HO·, H+ / H ₂ O	2310
RO·, H+ / ROH	1600
ROO·, H+ / ROOH	1000
RS· / RS-(cystein)	920
PUFA·, H+ / PUFA	600
katechin·, H+ / katechin	530
α-tokoferoxyl·, H+ / α-tokoferol	480
H ₂ O ₂ , H+ / H ₂ O, HO·	320
Asorbát·-, H+ / askorbát	282
Lipoová / dihydrolipoová kyselina	-320
O ₂ / O ₂ ^{-·}	-330
RSSR / RSSR·- (GSH)	-1500
H ₂ O + e- / e-aq (hydratovaný elektron)	-2870

GSH = redukovaný glutathion
PUFA = polynenasycené mastné kyseliny

Volné radikály jsou velmi aktivní molekuly nebo atomy. Vysoká schopnost reakce je způsobena nepárovým elektronem ve valenční vrstvě, který si volný radikál snaží doplnit na elektronový pár. Volný radikál reaguje s molekulami s kompletními elektronovými páry, a tím se spustí

řetězec reakcí, z kterého vzejdou sloučeniny, nemající formu radikálů (Hřebíčková, 2009). Existují dvě skupiny volných radikálů:

- a) Reaktivní formy kyslíku (ROS) – mají ve své molekule kyslík (Hřebíčková, 2009).
- b) Reaktivní formy dusíku (RNS) – mají ve své molekule dusík (Hřebíčková, 2009).

Mezi ROS a RNS se řadí volné radikály, ale i látky, ze kterých se volný radikál může vytvářet (Hřebíčková, 2009). Tyto látky produkuje každá živá buňka, v organismu vznikají reakcí prooxidačních látek z potravy. Stabilní volné radikály bývají součástí potravy, jsou přítomny v tabákovém kouři, v UV záření slunce, na jejich příjmu se podílí i znečištění životního prostředí, znečištění ovzduší, nevhodná tepelná úprava potravy a konzumace alkoholu (Kvasnička et Ševčík, 2009). Jejich původ může být zároveň i endogenní. Do určité výše obsahu působí v organismu pozitivně. Ideální poměr antioxidantů a volných radikálů je 3:1 (Hřebíčková, 2009). ROS se účastní protizánětlivých reakcí, uplatňují se při přestavbě kostní tkáně a společně s RNS působí při přenosu buněčného signálu. RNS mají vliv na kontrakce žaludku a střevní svalovinu. Spoluúčastní se udržování napětí cév, mají vliv na krevní tlak, kontrakce srdce a regulují uvolňování hormonů štítné žlázy (Štípek, 2000). Narušení rovnováhy mezi antioxidanty a volnými radikály, kdy převládají volné radikály, se nazývá oxidační stres. Nastane vyrovnávací reakce, při které se začnou vyplavovat zásoby antioxidantů z jater, tukové tkáně apod. (Kvasnička et Ševčík, 2009). Při oxidačním stresu oxidují i lipidy, sacharidy, proteiny a DNA. Působení volných radikálů na DNA může mít za následek karcinogenní a mutagenní účinky. Nejčastější onemocnění spojená s oxidačním stresem jsou srdečně-cévní choroby, nádorová onemocnění, poruchy imunitního systému, vznik diabetu, šedý zákal, neurodegenerativní choroby, plicní choroby a mužská neplodnost (Hřebíčková, 2009). Mezi ROS se řadí především singletový kyslík, hydroxylový radikál, peroxid vodíku, hydroxylový anion, superoxidový anion a ozon. Do RNS patří oxidy a peroxidy dusíku, reaktivní halogenové částice a reaktivní sírné částice (Kvasnička et Ševčík, 2009).

Nejdůležitějšími antioxidanty brambor jsou polyfenoly, askorbová kyselina, karotenoidy, α -tokoferol, α -lipoová kyselina a selen. Polyfenoly a askorbová kyselina jsou hydrofilní, zatímco karotenoidy, tokoferoly a α -lipoová kyselina jsou lipofilní. Navzájem si zlepšují pozitivní účinky a působí synergicky. Polyfenoly ochraňují vitamin C a karotenoidy, které zase chrání obsah tokoferolu (vitaminu E) (Lachman et al., 2000). U červeně a modře zbarvených hlíz jsou významnými antioxidanty též anthokyany (Lachman et Hamouz, 2004).

V případě, že je organismus zdravý, dokáže si mezi prooxidanty a antioxidanty udržovat rovnováhu. Mimo účinky antioxidantů se organismus dokáže bránit škodlivým účinkům ROS také pomocí enzymu superoxid-dismutasy (EC 1.15.1.1), který ze dvou molekul superoxidového aniontu udělá jednu molekulu peroxidu vodíku a jednu kyslíku. Dále enzymem glutathion peroxidasa (EC 1.11.1.9), který pomocí glutathionu dokáže katalyzovat redukci peroxidu vodíku na vodu. A také eliminací vznikajícího peroxidu vodíku na kyslík a vodu pomocí enzymu katalasy (EC 1.11.1.6) (Kvasnička et Ševčík, 2009).

Tabulka 5 Průměrný obsah antioxidantů v hlízách brambor (Burlingame et al., 2009)

Antioxidant	Průměrná hodnota (v hlíze o hmotnosti 100 g)	Rozmezí (v hlíze o hmotnosti 100 g)
Askorbová kyselina	17,1 mg	2,8–42 mg
Polyfenoly	74,1 mg	0,2–580 mg
Karotenoidy	328 µg	0,0–2690 µg
α-tokoferol	0,22 mg	0,07–0,52 mg
Anthokyany	41,3 mg	0,0–508 mg

3.3.1 Polyfenoly

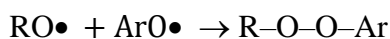
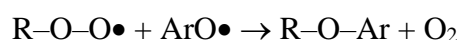
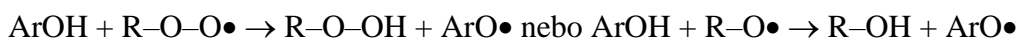
Lewis et al. (1998) uvádí, že ve slupkách brambor je obsaženo v průměru 2-5 mg na 1 g fenolických kyselin a 0,2-0,3 mg na 1 g flavonoidů, přičemž fialově a červeně zbarvené slupky obsahují až dvakrát více fenolických kyselin, než světlé odrůdy. Co se týče hlíz, obsahují výrazně méně fenolických kyselin, a to okolo 0,1-0,2 mg na 1 g a 0-0,03 mg na 1 g flavonoidů. Hlízy fialově a červeně zbarvených odrůd obsahují dvakrát více flavonoidů a až čtyřikrát více fenolických kyselin než hlízy světlé.

Nejvíce se vyskytující polyfenoly v bramborových hlízách jsou aminokyselina tyrozin, chlorogenová kyselina (90 %), kávová kyselina, skopolin, ferulová kyselina a kryptochlorogenová kyselina. V menším množství jsou zastoupeny neochlorogenová kyselina, p-kumarová kyselina, sinapová kyselina a 3,4-dikávoylchinová kyselina (Lachman et al., 2001). Převládající flavonoidy jsou katechin a epikatechin (Lewis et al., 1998). Kávová kyselina může vznikat hydrolyzou chlorogenové kyseliny a stejně jako sloučeniny odvozené od hydrokvořicové kyseliny má silnou antioxidační aktivitu (Chen et Ho, 1997).

Obsah polyfenolů je ovlivněn lokalitou, ve které jsou brambory pěstovány, povětrnostními podmínkami, způsobem pěstování, stupněm zralosti, obdobím sklizně a ze všeho nejvíce

odrůdou (Křišťůfek et al., 2001). Aktivita fenolových kyselin je závislá na počtu hydroxylových skupin v molekule. Mezi vysoce aktivní antioxidanty se řadí skořicová kyselina, kávová kyselina a chlorogenová kyselina (Velíšek et Hajšlová, 2009). Deriváty skořicové kyseliny jsou silné antioxidanty a mohou zpomalit nebo zastavit růst rakovinných buněk. Polyfenoly ochraňují vitamin C a β-karoten, které pomáhají funkcím vitamínu E. Flavonoidy zachycují a neutralizují volné radikály mastných kyselin a kyslíku v tělních tkáních, dokáží vázat kovové ionty, regulují aktivitu antioxidantních enzymů v těle a zvyšují účinnost askorbové kyseliny (Lachman et al., 2001).

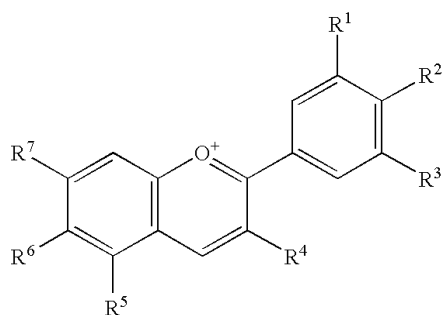
Fenolové sloučeniny působí jako primární antioxidanty při oxidaci lipidů, reagují s radikály hydroperoxidů, které vznikají oxidací lipidů nebo reagují s alkoxylovými radikály vznikajícími rozkladem hydroperoxidů. Řetězovou radikálovou reakci přerušují tím, že radikálům poskytují atom vodíku a následně tak vzniká produkt fenoxylový (aryloxylový) radikál antioxidantu. Ten dále reaguje s volnými hydroperoxylovými nebo alkoxylovými radikály oxidované mastné kyseliny v terminační fázi reakce. (Velíšek et Hajšlová, 2009).



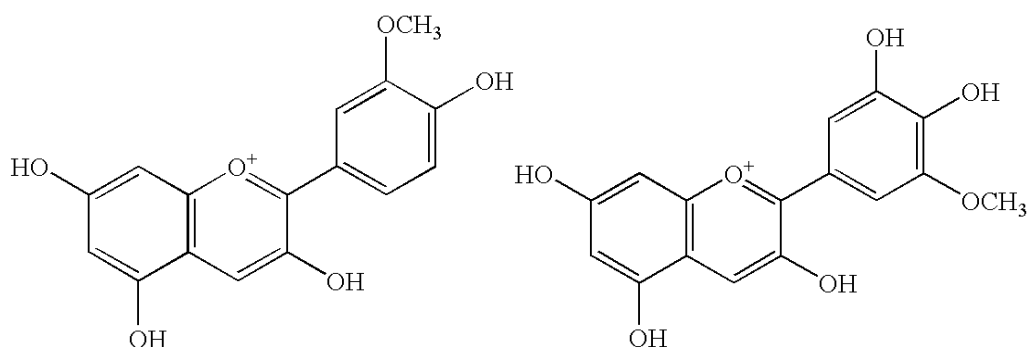
Při vysoké koncentraci antioxidantů může fenoxylový radikál vstoupit do řetězové radikálové reakce nebo iniciovat štěpení dalších molekul lipidů, což není žádoucí a v tomto případě se chová jako prooxidant (Velíšek et Hajšlová, 2009).

3.3.2 Anthokyany

Způsobují červené a fialové zbarvení brambor. Ochraňují tělo před volnými radikály, oxidanty a LDL cholesterolem. Anthokyany mohou barvit pouze slupku, částečně dužinu, nebo může být pigmentována celá dužina. Pokud je pigmentována celá brambora, tedy slupka i s dužinou, obsahuje až 40 mg anthokyanů na 100 g. Červeně zbarvené hlízy obsahují převážně acylované glykosidy pelargonidinu, fialové hlízy mají navíc acylované glykosidy malvidinu, petunidinu, peonidinu a delphinidinu (Brown, 2005). Acylované pigmenty tvoří přes 98 % obsahu všech anthokyanů v bramborách (Lachman et Hamouz, 2004).



Obrázek 3 Obecná forma anthokyanů (Biggs et al.)



Obrázek 4 Porovnání antioxidační aktivity peonidinu (vlevo) a petunidinu (vpravo) (Biggs et al.)

Antioxidační aktivita anthokyanů je určena počtem volných hydroxylových skupin v molekule (Lachman et Hamouz, 2004). Na obrázku 4 je znázorněn počet volných hydroxylových skupin u peonidinu a petunidinu. Lze teda říci, že petunidin má vyšší antioxidační účinky oproti peonidinu.

Při skladování ve 4 °C obsah anthokyanů stoupá a akumuluje se spíše v části očka. V průběhu růstu je obsah stálý, ale shromažďuje se v u stonkové částí hlízy, až když je hlíza plně zralá, rozmístí se anthokyaniny rovnoměrně v celé hlíze (Lachman et Hamouz, 2004).

3.3.3 Karotenoidy

Karotenoidy jsou obsaženy v hlízách všech odrůd brambor v průměru 328 µg na 100 g čisté hmotnosti (Burlingame et al., 2009). Jejich obsah je velmi závislý na pěstované odrůdě a ročníku (Lachman et al., 2001). Karotenoidy převážně se vyskytující v hlízách jsou lutein, zeaxanthin a violaxanthin, všechny se řadí mezi xanthofyly. Obsah β-karotenu a α-karotenu není tak vysoký, z toho vyplývá, že brambory nejsou velkým zdrojem provitaminu A (Brown, 2005). Za antioxidační účinky se považuje zvyšování imunitní odpovědi a ochrana buněk pokožky proti UV záření. Tím, že jsou komplexně zastoupeny (12 karotenoidů) se zvyšuje

jejich antioxidační účinnost (Lachman et al., 2000). β -karoten dokáže chránit sám sebe před oxidační destrukcí (Lachman et al., 2001).

3.3.4 α -lipoová kyselina

Řadí se mezi antioxidanty sekundární a je také známá jako růstový faktor brambor (Lachman et Hamouz, 2004). Regeneruje vitamin C a E a prodlužuje jejich působení v organismu (Lachman et al., 2001). V buňkách se redukuje na dihydrolipoovou kyselinu a ničí nebo neutralizuje volné radikály (superoxidové, hydroperoxylové a hydroxylové) (Lachman et al., 2000).

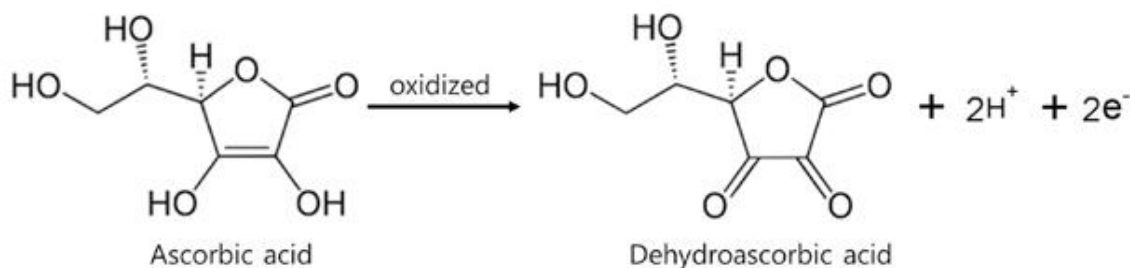
3.3.5 Selen

K látkám s antioxidačními účinky se řadí, protože je součástí antioxidačního enzymu glutathion peroxidázy (EC 1.11.1.9). Posiluje imunitní systém organismu, ochraňuje tělo před předčasným stárnutím a eliminuje nepříznivé následky kouření. Jeho obsah v rostlinách je závislý na obsahu selenu v půdě a na chemické formě v půdním roztoku. Rostliny ho zasazují do aminokyselin místo síry a vzniklé aminokyseliny jsou zabudovány do bílkovin. V bramborách je jeho obsah v rozmezí 0,011-0,265 mg na kg sušiny (Jůzl et al., 2006). Dohromady s vitaminem E zastavují reakce volných radikálů, které by mohly poškodit živé buněčné struktury (Lachman et al., 2001).

3.3.6 Askorbová kyselina (vitamin C)

Spadá mezi primární antioxidanty, tedy reaguje s volnými radikály. Vitamin C je složen ze čtyř stereoisomerů, z nichž pouze L-askorbová kyselina je aktivní. Isomer této kyseliny D-askorbová kyselina a dvojice enantiomerů L-isoaskorbová kyselina a D-isoaskorbová kyselina skoro neprojevují aktivitu vitaminu C. Askorbovou kyselinu dokážou syntetizovat všechny zelené rostliny, které získávají energii pomocí fotosyntézy, a téměř všichni živočichové. Výjimkou je jen hmyz, bezobratlí, většina ryb a některé druhy ptáků a savců. U rostlin probíhá syntéza askorbové kyseliny z GDP-D-mannosy, u savců je syntetizována z UDP-D-glukosy. V lidském organismu se podílí na hydroxylačních reakcích, podporuje absorpci iontových forem železa a jeho transport, podněcuje transport sodných a chloridových iontů, účastní se metabolismu cholesterolu, napomáhá zvyšovat tvorbu kolagenu, působí preventivně proti rakovině a udržuje normální funkci nervů. Z hlediska antioxidačních vlastností vitamin C reaguje s volnými radikály a chrání vitamin E a membrány lipidů před oxidací tím, že vstupuje do reakce s oxidovanými formami vitaminu E (Velíšek et Hajšlová, 2009). Podle výsledků

studie Chu et al. (2002) vitamin C přispívá z 13,3 % k celkové antioxidační aktivitě hlíz brambor.

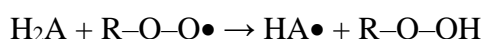


Obrázek 5 Oxidace askorbové kyseliny na dehydroaskorbovou kyselinu (Yunjeong et Min-Gul, 2016)

Askorbová kyselina je hlavní biologicky aktivní forma, zároveň ale i dehydroaskorbová kyselina vykazuje biologickou aktivitu a může být v těle snadno redukována na askorbovou kyselinu. Taktéž může docházet k oxidaci askorbové kyseliny na dehydroaskorbovou kyselinu (obrázek 5) působením enzymů oxidoreduktas řadící se k antivitaminu C. Oxidace askorbové kyseliny také může být způsobena vzdušným kyslíkem, peroxidem vodíku a dalšími oxidačními činidly. Tyto redoxní reakce mezi askorbovou kyselinou a dehydroaskorbovou kyselinou jsou vratné procesy (Velíšek et Hajšlová, 2009). Poměr koncentrace dehydroaskorbové kyseliny a askorbové je identifikátor oxidačního stresu. (Yunjeong et Min-Gul, 2016) Potraviny rostlinného původu mají 90–95 % vitamínu C ve formě askorbové kyseliny a zbylých 10–5 % je tvořeno k dehydroaskorbovou kyselinou (Lee et Kader, 2000). Vitamin C je rozpustný ve vodě a v lidském organismu se neukládá, proto je potřeba ho pravidelně přijímat v potravě (Yunjeong et Min-Gul, 2016). Ihned po sklizni může obsah vitamínu C v hlízách dosahovat koncentrace až 50 mg na 100 g čerstvé hmotnosti. Nicméně v několika studiích je rozsah koncentrací vitamínu C uveden mezi 11 a 30 mg na 100 g čerstvé hmotnosti (Skrabule et al., 2013). V průběhu skladování po dobu 8–9 měsíců může obsah vitamínu C klesnout z 30 mg na pouhých 8 mg na 100 g čerstvé hmotnosti (Love et Pavek, 2008). Doporučená denní dávka vitamínu C je mezi 60 a 200 mg. Zvýšený příjem 400–1000 mg se doporučuje při respiračních onemocněních, rekonvalescenci a pro těhotné ženy. Tato doporučení jsou založena na studiích, jejichž cílem je zabránit příznakům kurdějí. Nejlepším zdrojem je čerstvá zelenina a ovoce (Love et Pavek, 2008). Přibližně 200 g vařených brambor pokryje ze 47 % doporučený denní příjem vitamínu C (Skrabule et al., 2013). Živočišné potraviny nejsou velkým zdrojem vitamínu C, pouze játra mají nezanedbatelný obsah a to 50-340 mg na kg čisté hmotnosti. Oxidoreduktasy, které se uplatňují v metabolismu vitamínu C (např. askorbát oxidasa,

askorbátperoxidáza (EC 1.10.3.3), monodehydroaskorbátreduktasa (EC 1.6.5.4) aj.) se považují za antivitaminy C. Dále také enzymy polyfenolasy mají podíl na ztrátách askorbové kyseliny z organismu (Velíšek et Hajšlová, 2009).

Na schématu je znázorněna reakce askorbové kyseliny – H₂A s volnými radikály: peroxylovým radikálem mastné kyseliny – R–O–O• nebo alkoxylovým radikálem – R–O•, za vzniku hydroperoxidu mastné kyseliny – R–O–OH a askorbyradikálu – HA•, ten se dále disproportionuje na askorbovou kyselinu nebo dehydroaskorbovou kyselinu (Velíšek et Hajšlová, 2009).



Obsah vitamínu C v hlízách závisí na několika faktorech, včetně odrůdy, postupech při pěstování, sklizni a skladování, úrodnosti, vlhkosti a teplotě půdy, zralosti hlízy, způsobu tepelné úpravy při vaření. Bylo zjištěno, že nadměrná koncentrace dusíkatých hnojiv v půdě má negativní dopad na obsah vitamínu C v hlízách (Brown, 2005). Příliš velké množství přijatelného dusíku zpomaluje zrání hlízy a reguluje nárůst obsahu vitamínu C (Love et Pavek, 2008). Větší koncentrace je v dřeni hlízy než ve slupce (Brown, 2005).

3.3.6.1 Ztráty a navýšení vitamínu C v bramborách

Koncentrace vitamínu C je poměrně nízká u nově vyrostlých hlíz v aktivní růstové fázi. Nejvyšších hodnot dosahuje během posledního měsíce před uhynutím nati. Od tohoto okamžiku vitamin C nepřetržitě klesá po celou dobu skladování. Na počátku, během prvních čtyř týdnů skladování, je pokles velice rychlý, až dvojnásobný (Love et Pavek, 2008). Obecně platí, že obsah vitamínu C se v průběhu prvních tří měsíců skladování snižuje přibližně o 30–45 %. Hlízy s vyšším počátečním obsahem askorbové kyseliny utrpí větší ztráty na jejím obsahu při dlouhodobém skladování než hlízy s nízkým počátečním obsahem. Zároveň opoždění sklizně vede k postupnému snižování obsahu askorbové kyseliny (Augustin et al., 1978). U většiny druhů zeleniny při poškození, ořezávání nebo krájení dochází ke snižování obsahu vitamínu C (Lee et Kader, 2000), ale u brambor bylo prokázáno, že poškození hlízy a následném skladování naopak zvyšuje obsah vitamínu C. Asselberg a Francis (1952) prokázali navýšení o 300 % obsahu askorbové kyseliny v plátcích brambor uchovávaných při 23 °C. Podobný pokus provedli Mondy a Leja (1986), kdy byl prokázán nárůst obsahu askorbové kyseliny o 400 % v plátcích brambor ponechaných 2 dny při 20 °C a o 250 % v bramborových hranolkách. Některé studie (Arkoudilos et Crean, 1978) nezjistily významné rozdíly v obsahu vitamínu C

v bramborách skladovaných 6 a 8 měsíců při teplotách od 2,9 °C do 12,7 °C. Další studie (Linnemann et Hartmans, 1985) prokázala, že při skladování po dobu 3 měsíců při teplotách 16 °C a 28 °C se obsah vitamínu C zvýšil o 20 %, ale při 7 °C se snížil o 15 %. Navýšení obsahu vitamínu C při vyšších teplotách může být způsobeno větší ztrátou vlhkosti (Love et Pavek, 2008). Na obsah vitamínu C má jistý vliv i půdní druh, přičemž brambory pěstované v písčité půdě mají vyšší hladinu vitamínu C v době sklizně oproti bramborám pěstovaným v půdě hlinitopísčité. Hnojení organickou hmotou přidávanou ve formě hnoje nebo kompostu nemá na koncentraci vitamínu C významný vliv (Love et Pavek, 2008).

Bylo zkoumáno (Tudela et al., 2002), jaký vliv má na obsah vitamínu C v hranolkách krájení a skladování brambor na vzduchu, balení v ochranné atmosféře a hluboké zmrazení. Askorbová kyselina byla měřena v bramborových proužcích získaných z 5 odrůd, které byly dlouhodobě skladovány a ze 2 odrůd nových brambor. Čerstvě nakrájené bramborové proužky byly skladovány po dobu 6 dnů při 4 °C, zatímco hluboko zmrazené bramborové proužky se skladovaly 5 týdnů při -22 °C. Všechny čerstvě nakrájené bramborové proužky skladované na vzduchu, po 2–4 dnech při 4 °C prokázaly zvýšený obsah askorbové kyseliny (o 16–108 %). Na konci skladování, tedy po 6 dnech měly všechny tyto vzorky stejnou nebo vyšší koncentraci askorbové kyseliny, než jaká byla počáteční. Jedinou výjimkou byla jedna z odrůd nových brambor (Spunta), která prokázala pokles o 26 %. Bramborové proužky skladované v ochranné atmosféře měly ve srovnání se vzorky na vzduchu pokles obsahu askorbové kyseliny o 14–34 %. U hluboko zmrazených proužků po 5 týdnech skladování se u jedné odrůdy (Spunta) projevil pokles askorbové kyseliny o 23 % a u druhé odrůdy (Agria) nenastaly žádné změny. Jako nejlepší se projevilo skladování na vzduchu při 4 °C.

Řada studií mapovala ztráty vitamínu C v průběhu vaření a zpracování. Část vitamínu C je tímto procesem zničena. Na znehodnocení vitamínu C v průběhu vaření mají vliv tři vnější faktory – vystavení horku, vyluhování a vystavení vzduchu (oxidaci). U metod přípravy brambor, které ponechají slupku nedotčenou, minimalizuje se krájení nebo drcení brambor, užívá se omezené množství vody, je u nich zkrácená doba ohřevu nebo za použití nižší teploty, nedochází k takovým ztrátám vitamínu C (Love et Pavek, 2008). Pokud se brambory blanšírují, je ztráta vitamínu C v důsledku difuze do vodní lázně 20–45 %. Při této úpravě se ztráty nejvíce zmírní snížením doby blanšírování a zvýšením teploty (Artz et al., 1983). V průměru nejmenší ztráty byly detekovány u brambor vařených ve slupce (Brown, 2005).

Tabulka 6 Ztráty vitamínu C (%) u různých metod kulinářské úpravy (Love et Pavek, 2008)

Způsob úpravy	Rozsah ztráty (%)
Pečené	15–28
Mikrovlnný ohřev	12–27
Vařené ve slupce	16–21
Vařené bez slupky	23–34
Smažené	15–49
Předsmažené/zmražené/ohřáté	41–55
Rozmačkané	20–67
Dehydratované	50–81

3.4 Stres suchem

Voda je nezbytná pro růst rostliny a s jejím nedostatkem jsou ovlivněny mnohé fyziologické procesy (Barra et al., 2013). Tolerance rostlin k omezenému přísunu vody je velmi studované téma a je úzce spojeno s fotosyntézou a metabolismem sacharidů. Odpověď rostlin na nedostatek vody je řízena intenzitou, dobou trvání a rychlostí přizpůsobení rostliny na omezené množství vody, sestávajícího z fyziologických a buněčných adaptací. Nedostatek vody, podobně jako mnoho jiných stresových faktorů, může vést k navýšení reaktivních forem kyslíku (ROS), které vedou k oxidačnímu poškození uvnitř buněk. (Drapal et al., 2017). Hlavními příznaky nedostatku vody z hlediska morfologie jsou úbytky listové plochy, menší počet listů, nižší výška rostliny, menší počet hlíz a kořenů (Barra et al., 2013).

Wegener et al. (2015) provedli studii, ve které byla použita jedna žlutá odrůda (Agave) a dva fialové šlechtitelské klony (St 89403, St 3792). Pokus probíhal dva po sobě jdoucí roky 2010 a 2011, a to od dubna do září. Brambory byly pěstovány ve skleníku v květináčích naplněných zeminou (95 %) a pískem (5 %). Po sklizni byly zvlášť zaznamenány výnosy každé odrůdy a varianty. Než proběhla analýza, hlízy byly skladovány při 5 °C. Kontrolní rostliny měly dostatečný příjem vody a byly zalévány denně, zatímco rostliny stresované byly zalévány denně po dobu sedmi týdnů od vysazení a po zahájení růstu nových hlíz byla na šest dní naprosto přerušena dodávka vody. Po tomto období sucha byla každá rostlina denně zalévána pouze 50 ml vody a od poloviny srpna se dávka vody snížila na 30 ml na den. Přítomné antioxidanty byly stanoveny analýzou založenou na fotochemiluminescenci, která stanovuje antioxidační kapacitu antioxidantů rozpustných ve vodě (ACW) a antioxidantů rozpustných v tucích (ACL) a HPLC analýza byla provedena na kapalinovém chromatografu. Výnos hlíz všech odrůd byl

v důsledku stresu suchem sníženo v prvním roce o 44 % a ve druhém roce o 34 %, což dokazuje, že stres suchem byl úspěšně aplikován. Tři zkoumané odrůdy se výrazně lišily v obsahu askorbové kyseliny. Fialové klony výrazně převyšovaly antioxidační aktivitu žluté odrůdy. V prvním testovacím roce byl obsah askorbové kyseliny vyšší než v roce druhém, ale ani v jednom testovacím období nebyly zaznamenány významné výkyvy v obsahu vitamínu C mezi kontrolou a stresovanými variantami. Stresované varianty vykazují nižší obsah vitamínu C, ale tyto hodnoty se pohybují pouze v setinách mikrogramů na miligram čerstvé hmoty. Fialové klony také prokazovaly výrazně větší koncentraci polyfenolů oproti odrůdě žluté. Nebyly zaznamenány příliš velké rozdíly v obsahu polyfenolů v prvním a druhém testovacím roce. Také rozdíly mezi kontrolou a stresovanými variantami nebyly nijak významné. V některých případech byl obsah polyfenolů ve stresovaných variantách dokonce vyšší, ale jednalo se pouze o desetiny gramu na kilogram čerstvé hmotnosti. Tato studie tedy prokázala, že stres suchem nemá významný vliv na obsah askorbové kyseliny, ani polyfenolů a anthokyanů v hlízách brambor.

Lin et al. (2006) zkoumali vliv záplav a na druhé straně vliv sucha na složení antioxidantů ve sladkých bramborách. Po srovnání tří variant (záplavy, sucho, normálně zalévané brambory), vyšel nejvyšší obsah polyfenolů u normálně zalévaných brambor. Nicméně rozdíly v koncentracích opět nebyly nijak významné.

Výsledky studie (Andre et al., 2009), která se také zabývá vlivem sucha na obsah antioxidantů v hlízách brambor, ukazují, že obsah antioxidantů byl velice slabě ovlivněn u žlutých odrůd (Sipancachi, SS-2613), zatímco u červené odrůdy (Sullu) a fialové odrůdy (Guincho Negra) byl zjištěn významný pokles anthokyanů a dalších polyfenolů. U odrůdy s fialovou slupkou a žlutou dužinou (Huata Colorada) byl naopak sledován nárůst polyfenolů. Antioxidační kapacita vzájemně souvisí s obsahem polyfenolů, klesá tedy s klesajícím obsahem polyfenolů a naopak. Obsah karotenoidů, vitamínu E a vitamínu C zůstává stabilní, nebo má tendenci lehce stoupat.

Naproti tomu Lachman et al. (2006) pozorovali, jaký vliv má na obsah antioxidantů výběr lokality, tedy nadmořská výška, úhrn srážek a další. Lokalitou s nejmenším úhrnem ročních srážek byla Praha – Suchdol s nadmořskou výškou 286 m a ročními srážkami 510 mm a s nejvyšším úhrnem srážek to byly Stachy v nadmořské výšce 860 m, kde roční srážky činí 755 mm. U pokusného stanoviště Stachy, byl celkový obsah polyfenolů v průměru o 11,4 % vyšší. Bylo tedy potvrzeno, že výše položené stanoviště s větším úhrnem ročních srážek a

chladnějším počasím má pozitivní vliv na obsah polyfenolů. Ovšem zde se mísí několik faktorů dohromady, nelze tedy říci, že na zvýšený obsah polyfenolů má vliv pouze vyšší úhrn srážek.

Nebylo tedy prokázáno, že by sucho mělo významný vliv na obsah vitamínu C. Ten se suchem zůstává stabilní, nebo dokonce mírně stoupá. Stejně tak tomu je u obsahu polyfenolů, které mají spíše tendenci zvyšovat svůj obsah. Tendenci výrazně klesat nemá ani antioxidační kapacita.

3.5 Antioxidační aktivita

Antioxidační aktivita je schopnost sloučenin zabránit oxidační degradaci jiných sloučenin (např. lipidů) (Šulc et al., 2007). Je ovlivněna obsahem anthokyanů i fenolových kyselin, převážně isomerních chlorogenových kyselin. Pokud jsou anthokyany acylovány skořicovou kyselinou, zbarvení jde více do modra a zvyšuje se antioxidační účinnost. Naopak je snižována glykosidickou substitucí v poloze 5 nebo v poloze 3. K antioxidační aktivitě také přispívají karotenoidy (Lachman et Hamouz, 2004). V případě tepelné úpravy brambor (vaření) zůstává antioxidační aktivita zachována ve stejné míře, jako před vařením (Lachman et Hamouz, 2004).

Antioxidační kapacita je ukazatelem délky trvání antioxidačního účinku. Až třikrát vyšší je antioxidační kapacita u červeně a fialově zbarvených brambor, oproti bramborám se světlou dužinou. Anthokyany a další antioxidanty projevují synergický účinek, což dokazuje, že antioxidační kapacita je vyšší v přírodních extraktech než v čistých látkách (Lachman et Hamouz, 2004). Převážně polyfenoly a anthokyany mají vliv na antioxidační kapacitu brambor. Hlavně díky vysokému obsahu anthokyanů mají brambory s červeně a fialově zbarvenou dužinou až třikrát vyšší antioxidační kapacitu (Lachman et al., 2006).

Ševčík et al. (2009) zkoumali vliv tepelné úpravy brambor na změny antioxidační kapacity u 12 odrůd. Zaměřili se na brambory vařené ve slupce (12 minut), brambory vařené bez slupky (12 minut), brambory vařené v páře (se slupkou, 30 minut), mikrovlnný ohřev (5 minut), smažené hranolky (5 minut v rostlinném leji). Výsledky ukázaly, že antioxidační kapacita s kulinární úpravou zůstává stejná nebo narůstá a nejlepší výsledky prokázalo vaření brambor i se slupkou. Výjimkou je jen vaření brambor bez slupky, kdy antioxidační kapacita mírně klesá.

3.5.1 Metody stanovení antioxidační aktivity

Pro stanovení antioxidační aktivity existují dvě hlavní metody. Metody sledující inaktivaci volných radikálů nebo metody měřící redukční schopnost antioxidantů. Jedná se tedy o přímou reakci s volnými radikály nebo s přechodnými kovy. Aby se mohly porovnávat antioxidační

účinky směsí převážně potravinových vzorků, zavedl se pojem celková antioxidační aktivita - TAA (Paulová et al., 2004). Pro stanovení askorbové kyseliny v potravinách, léčivech a biologických vzorcích byly vyvinuty různé analytické metody, včetně spektrofotometrie a amperometrie (Yunjeong et Min-Gul, 2016).

3.5.1.1 Metody sledující inaktivaci volných radikálů

Hodnotí se schopnost měřeného vzorku vychytat volné radikály, které se do reakční směsi přidávají nebo jsou v ní generovány. Jedná se o kyslíkové radikály – peroxy, hydroxyl, superoxidový anion-radikál, nebo syntetické radikály – DPPH, ABTS (Paulová et al., 2004).

Téměř nepoužívanější metodou pro stanovení TAA je metoda TEAC (Trolox equivalent antioxidant capacity). Troloxem se měří síla antioxidantů, ekvivalent antioxidační kapacity je antioxidační síla Troloxu (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina). Inaktivace radikálu ABTS se sleduje spektrofotometricky na základě změn absorpčního spektra ABTS, nejčastěji při vlnové délce 734 nm. Kation-radikál $ABTS^{\cdot+}$ vzniká v reakční směsi oxidací ABTS nejčastěji peroxidem vodíku, méně často oxidem manganičitým nebo peroxidisíranem draselným. Antioxidant se může přidat do reakční směsi, kde už je vytvořen Kation-radikál $ABTS^{\cdot+}$, nebo je přítomen při oxidaci ABTS na $ABTS^{\cdot+}$. TEAC se pro čisté látky definuje jako milimolární koncentrace Troloxu, která vykazuje totožnou antioxidační aktivitu jako látka testovaná o koncentraci 1mmol/l. Tato metoda stanovení TAA není složitá na provedení, je rychlá a dá se uplatnit jak u čistých látek různého původu, tak u různých směsí (Paulová et al., 2004).

Také základní a jednoduchá metoda pro stanovení antiradikálové aktivity čistých látek i směsí je metoda DPPH. Reaguje zde stabilní radikál DPPH (1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl) s testovanou látkou a radikál se redukuje za vzniku DPPH-H (difenylpikrylhydrazin). Reakce se sleduje spektrofotometricky. Pokles absorbance při vlnové délce 517 nm se může měřit v kinetickém režimu nebo po uplynutí konstantního času. Pokud se měří směsný vzorek radikálová aktivita je vyjádřena v ekvivalentu askorbové kyseliny (Paulová et al., 2004).

Metoda ORAC (Oxygen radical absorbance capacity) má jednoduchý reakční mechanismus, který je založen na klasickém přenosu vodíku. U testované látky se sleduje schopnost zastavit nebo zpomalit radikálovou reakci (Paulová et al., 2004).

3.5.1.2 Metody měřící redukční schopnost antioxidantů

Antioxidanty neenzymového původu mohou být popsány jako redukční činidla reagující s oxidanty. Tím, že je redukují, se oxidanty inaktivují a antioxidační aktivita se může posuzovat podle redukčních schopností látek (Paulová et al., 2004).

Metoda HPLC (high performance liquid chromatography, vysokoúčinná kapalinová chromatografie) je založena na dělení složky mezi dvěma fázemi. Fází stacionární (částičky tuhé fáze, tenká vrstva kapaliny nanosená na tuhých částicích, film kapaliny na vnitřní straně kapiláry) - sorbent a mobilní fázi (kapalina). Kapalinová chromatografie má metody v plošném uspořádání – papírové a tenkovrstvé chromatografie a metody v kolonové chromatografii - sloupcová chromatografie. Sorbent je tedy umístěn plošně ve vrstvě nebo v uzavřené trubici (koloně). Pro orientační a rychlé výsledky se používá metoda plošného uspořádání – HPTLC (vysokoúčinná tenkovrstvá chromatografie), pro výsledky čisté substance v gramových až miligramových množstvích se nejčastěji používá běžná sloupcová chromatografie. Vysokoúčinná kapalinová kolonová chromatografie se využívá pro účely výzkumné s přesnou kvantitativní analýzou (Churáček, 1990).

ZÁKLADNÍ PRINCIP CHROMATOGRAFICKÉHO POSTUPU

Chromatografická kolona přes kterou prostupuje fáze mobilní je naplněna sorbentem. Vzorek se vsřikuje do mobilní fáze na začátku kolony a ta ho unáší na konec kolony. Molekuly složek se mohou pohybovat stejně rychle jako mobilní fáze, nebo můžou určitou dobu setrvat na povrchu sorbentu. Doba, po kterou složka setrvá na povrchu sorbentu je dána velikostí interakce mezi složkou a sorbentem. Postupně tak dojde k separaci látek a lze je charakterizovat na základě retenčního času (Churáček, 1990).

SPEKTROFOTOMETRIE

Spektrofotometrie je optická metoda sloužící k UV detekci látek, které za daných vlnových délek absorbují elektromagnetické záření. Kolik záření bude absorbováno je závislé na množství a povaze látek. Spektrofotometr pracuje v oblasti viditelného, ultrafialového nebo infračerveného spektra (Volka, 1997).

Askorbová kyselina se detekuje vysokoúčinnou kapalinovou chromatografií a UV detektorem (HPLC-UV) o vlnové délce 240 až 265 nm, kdy askorbová kyselina vykazuje absorpční maximum. Jako mobilní fáze se používá 2,5 mM kyselina sírová (Yunjeong et Min-Gul, 2016).

4 Závěr

Brambory patří celosvětově mezi čtyři nejvýznamnější plodiny společně s pšenicí, rýží a kukuřicí. Nejsou příliš náročné na pěstební podmínky, tudíž rostou téměř ve všech oblastech světa. Nicméně přírodní podmínky, ve kterých jsou pěstovány, mají vliv na jejich kvalitu, výnos a chemické složení.

Nedostatek vody je limitujícím faktorem pro růst rostlin, včetně brambor. Pokud rostlina nemá dostatek vláhy, zpomaluje se její růst, redukuje se růst listů, uzavírají se průduchy a omezuje se fotosyntéza. Brambory mají středně vysoké nároky na vláhu, ale jsou citlivé na rozdělení srážek. Ideální stav je roční úhrn srážek 700–800 mm a jejich rovnoměrné rozložení. Transpirační koeficient (potřeba vody na vznik kilogramu sušiny biomasy) se pohybuje od 260 do 530 kg vody.

Z uvedené literatury vyplývá, že na obsah vitamínu C v bramborách má nejvýznamnější vliv odrůda. Dále je to doba sklizně, délka skladování a podmínky při skladování, kulinářská úprava a pěstební podmínky. Stres suchem neměl v žádné studii výrazný vliv na obsah vitamínu C a antioxidační kapacity. Suchem byl nejvíce ovlivněn výnos, obsah sušiny, který se zvyšoval a obsah prolinu, který měl také tendenci stoupat.

5 Seznam použitých zkratek a symbolů

PUFA	polynenasycené mastné kyseliny
GSH	redukovaný glutathion
ROS	reaktivní formy kyslíku
RNS	reaktivní formy dusíku
DNA	deoxyribonukleová kyselina
GA	glykoalkaloidy-
LDL	low density lipoproteins – lipoproteiny s nízkou hustotou
K	draslík
Na	sodík
HO·	hydroxylový radikál
H ⁺	kation vodíku
H ₂ O	voda
RO·	alkoxylový radikál
ROH	alkohol
ROOH	peroxid
H ₂ O ₂	peroxid vodíku
O ₂	kyslík
O ₂ ⁻	molekulární kyslík
RSSR	disulfid
B ₁	thiamin
B ₂	riboflavin
B ₃	niacin
B ₆	pyridoxin
ABTS	2,2'-azinobis(3-ethyl-2,3-dihydrobenzothiazol-6-sulfonát)
TAA	total antioxidant activity – celková antioxidační aktivita
DPPH	1,1-difenyl-2-(2,4,6-trinitrofenyl)hydrazyl
DPPH -H	difenylpikrylhydrazin
ORAC	Oxygen radical absorbance capacity
HPLC	high performance liquid chromatography, vysokoúčinná kapalinová chromatografie
Trolox	6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-karboxylová kyselina
UV	ultrafialové

6 Seznam literatury

Andre, C. M., Schafleitner, R., Guignard, C., Oufir, M., Aliaga, C. A. A., Nomberto, G., Hoffmann, L., Hausman, J. -F., Evers, D., Larondelle, Y. 2009. Modification of the Health-Promoting Value of Potato Tubers Field Grown under Drought Stress: Emphasis on Dietary Antioxidant and Glycoalkaloid Contents in Five Native Andean Cultivars (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57 (2). 599-609.

Arkoudilos, I. S., Crean, D. E. 1978. Effect of reconditioning on the ascorbic acid content of potato cultivars. *Research circular*. 240. 46-48.

Artz, W. E., Pettibone, C. A., Augustin, J., Swanson, B. G. 1983. Vitamin C retention of potato fries blanched in water. *Journal of Food Science*. 48. 272-273.

Asselbergs, E. A. M., Francis, F. J. 1952. Studies on the formation of vitamin C in slices of potato tissue. *Canadian Journal of Botany*. 30 (6). 665-673.

Augustin, J., Johnson, S. R., Teitzel, C., Toma, R. B., Hogan, J. M., Deutsch, R. M. 1978. Vitamin composition of freshly harvested and stored potatoes. *Journal of Food Science*. 43. 1566-1570.

Barra, M., Correa, J., Salazar, E. 2013. Response of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Germplasm to Water Stress Under In Vitro Conditions. *American Journal of Potato Research*. 90 (6). 591-606.

Bárta, J., Bártová, V. 2012. Kvalita rostlinných produktů - brambory. *Agromanuál*. 7 (8). 76-79.

Bárta, J., Čurn, V. 2004. Bílkoviny hlíz bramboru (*Solanum tuberosum* L.) - klasifikace, charakteristika, význam. *Chemické listy*. 98 (7). 373-378.

Biggs, D., Ruane, P., Ruane, P. Medical devices and methods for local delivery of elastin-stabilizing compounds. USA. 20070282422 A1. Uděleno 6.12.2007. Dostupné také z: <<http://google.com/patents/US20070282422?cl=ko>>

Bláha, L., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. Rostlina a stres. Výzkumný ústav rostlinné výroby. Praha. 156 s. ISBN: 80-86555-32-1.

- Brown, C. R. 2005. Antioxidants in potato. *American Journal of Potato Research*. 82 (2). 163-172.
- Burlingame, B., Mouillé, B., Charrondiére, R. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22. 494-502.
- Burton, W. G. 1989. *The potato*. 3rd ed. Wiley. New York. ISBN: 978-0470211915.
- Čepl, J. 2005. Brambory - zdravá potravina. *Bramborářství*. 13 (6). 20-21.
- Drapal, M., Farfan-Vignolo, E. R., Gutierrez, O. R., Bonierable, M., Mihovilovich, E., Fraser, P. D. 2017. Identification of metabolites associated with water stress responses in *Solanum tuberosum* L. clones. *Phytochemistry*. 135. 24-33.
- Havlíček, V., Uhrecký, I., Kožnarová, V. 1986. *Agrometeorologie*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 260 s.
- Hruška, L. 1974. *Brambory*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 416 s.
- Hřebíčková, Š. 2009. Antioxidanty a volné radikály: rozdělení, jejich kapacita a aktivita. *Výživa a potraviny*. 64 (2). 30-32.
- Chen, J. H., Ho, C. T. 1997. Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 45. 2374-2378.
- Chu, Y. -H., Sun, J., Wu, X., Liu, R. H. 2002. Antioxidant and antiproliferative activities of common vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 50. 6910-6916.
- Churáček, J. 1990. *Analytická separace látek*. Státní nakladatelství technické literatury. Praha. 384 s. ISBN: 80-03-00569-8.
- Jůzl, M., Hlušek, J., Elzner, P., Lošák, T. 2006. Pokusné pěstování brambor s vyšším obsahem selenu. *Úroda*. 54 (6). 22-23.
- Jůzl, M., Jůzl ml., M. 2006. Brambory náš druhý chléb. *Výživa a potraviny*. 61 (6). 142-145.
- Křišťufek, V., Pelikánová, L., Diviš, J., . 2001. Obsah polyfenolických látek ve slupce hlíz brambor ve vztahu k výskytu strupovitosti. *Bramborářství*. 9 (5). 4-7.
- Kutnar, F. 1963. *Malé dějiny brambor*. Východočeské nakladatelství. Havlíčkův Brod. 153 s.

- Kvasnička, F., Ševčík, R. 2009. Antioxidanty potravin. *Výživa a potraviny*. 64 (5). 136-138.
- Lachman, J., Hamouz, K. 2004. Anthokyany v hlízách brambor s červeně až modře zbarvenou dužninou - významný zdroj antioxidantů ve výživě. *Bramborářství*. 12 (2). 12-15.
- Lachman, J., Hamouz, K., Čepl, J., Pivec, V., Šulc, M., Dvořák, P. 2006. Vliv vybraných faktorů na obsah polyfenolů a antioxidační aktivitu hlíz brambor. *Chemické listy*. 100 (7). 522-527.
- Lachman, J., Hamouz, K., Orsák, M., Pivec, V. 2001. Polyfenoly, askorbová kyselina a karotenoidy - významné antioxidanty v hlízách brambor. *Bramborářství*. 9 (2). 6-7.
- Lachman, J., Orsák, M., Pivec, V. 2000. Antioxidant contents and composition in some vegetables and their role in human nutrition: Obsah a složení antioxidantů ve vybraných zeleninách a jejich role v lidské výživě. *Zahradnictví*. 27 (2). 65-78.
- Lee, S. K., Kader, A. A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20. 207-220.
- Lewis, C. E., Walker, J. R. L., Lancaster, J. E., Button, K. H. 1998. Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes: Coloured cultivars of *Solanum tuberosum*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 77. 45-47.
- Lin, K. -H., Chao, P. -Y., Yang, C. -M., Cheng, W. -C., Chang, T. -R. 2006. The effects of flooding and drought stresses on the antioxidant constituents in sweet potato leaves. *Botanical Studies*. 47. 417-426.
- Linnemann, A. R., Hartmans, K. J. 1985. Changes in the content of L-ascorbic acid, glucose, fructose, sucrose and total glycoalkaloids in potatoes stored at 7, 16 and 28 °C. *Potato research*. 28. 271-278.
- Litschmann, T., Doležal, P., Hausvater, E. 2014. Sledování meteorologických faktorů v rostlinné výrobě. Výzkumný ústav bramborářský. Havlíčkův Brod. 13 s. ISBN: 978-80-86940-61-8.
- Love, S. L., Pavek, J. J. 2008. Positioning the Potato as a Primary Food Source of Vitamin C. *Journal of Proteome Research*. (85). 277-285.

- Lutaladio, N. B., Castaldi, L. 2009. Potato: The hidden treasure. *Journal of Food Composition and Analysis*. 22. 491-493.
- Mondy, N. I., Leja, M. 1986. Effect of Mechanical Injury on the Ascorbic Acid Content of Potatoes. *Journal of Food Science*. 51 (2). 355-357.
- Paulová, H., Bochořáková, H., Táborská, E. 2004. Metody stanovení antioxidační aktivity přírodních látek in vitro. *Chemické listy*. 98 (4). 174-179.
- Pelikán, M., Sáková, L. 2001. *Jakost a zpracování rostlinných produktů*. Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. České Budějovice. 233 s. ISBN: 80-7040-502-3.
- Procházka, S., Macháčková, I. 1998. *Fyziologie rostlin*. Academia. Praha. 484 s. ISBN: 80-200-0586-2.
- Prugar, J., Perlín, C., Čepl, J., Dostálová, J., Kopec, K. 2008. *Kvalita rostlinných produktů na prahu 3. tisíciletí. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský ve spolupráci s Komisí jakosti rostlinných produktů ČAZV*. Praha. 327 s. ISBN: 978-80-86576-28-2.
- Rybáček, V., Čača, Z., Fric, V., Fricová, E., Šroller, J. 1988. *Brambory*. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 360 s.
- Schuler K., Spooner, D.M. 2013. *Solanum tuberosum (Potatoes)*. *Brenner's Encyclopedia of Genetics*. 2nd edition. Elsevier. Madison. s. 481-483. ISBN: 978-0-08-096156-9.
- Schulzová, V., Hubert, J. 2004. *Kvalita produktů organického zemědělství ve vazbě na stav agrárního ekosystému ve skladech a na polích: Vědecká práce VVF-14-03: PROJ/2003/14deklas*. s. 54.
- Skrabule, I., Muceniece, R., Kirhnere, I. 2013. Evaluation of Vitamins and Glycoalkaloids in Potato Genotypes Grown Under Organic and Conventional Farming Systems. *Potato Research*. (56). 259-276. ISBN: 10.1007/s11540-013-9242-0.
- Steinbüchel, A., Oppermann-Sanio., F. B. 2011. *Mikrobiologisches Praktikum: Versuche und Theorie; mit .. 106 Tabellen*. Nachdr., Studienausg. Springer. Berlin. ISBN: 978-364-2177-026.

- Ševčík, R., Kvasnička, F., Jirušková, M., Vacek, J., Hamouz, K., Voldřich, M., Čížková, H., Kondrashov, A., Holasová, M., Fiedlerová, V. 2009. Vliv odrůdy brambor a kulinární úpravy na jejich antioxidační kapacitu. *Výživa a potraviny*. 64 (6). 161-163.
- Šimon, J. 1958. Pěstování rostlin. Státní zemědělské nakladatelství. Praha. 308 s.
- Štípek, S. 2000. Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci. Grada. Praha. ISBN: 80-716-9704-4.
- Šulc, M., Lachman, J., Hamouz, K., Orsák, M., Dvořák, P., Horáčková, V. 2007. Výběr a zhodnocení vhodných metod pro stanovení antioxidační aktivity fialových a červených odrůd brambor. *Chemické listy*. 101 (7). 584-591.
- Tudela, J. A., Espín, J. C., Gil, M. I. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology*. 26. 75-84.
- Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. *Chemie potravin 2. 3.* OSSIS. Tábor. 644 s. ISBN: 978-80-86659-16-9.
- Velíšek, J., Hajšlová, J. 2009. *Chemie potravin 1. 3.* OSSIS. Tábor. 602 s. ISBN: 978-80-86659-15-2.
- Vokál, B., Cvrček, M., Čepl, J., Čížek, M., Domkářová, J., Fér, J., Hausvater, E., Králíček, J., Prugar, J., Rasocha, V., Zrůst, J. 2000. *Brambory*. Agrospoj. Praha.
- Vokál, B., Čepl, J., Hausvater, E., Rasocha, V. 2003. *Pěstujeme brambory*. Grada Publishing. Praha. 104 s. ISBN: 80-247-0567-2.
- Volka, K. 1997. *Analytická chemie II*, Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha. 236 s. ISBN: 978-80-7080-227-4
- Wegener, C. B., Jansen, G., Jürgens, H. -U. 2015. Bioactive compounds in potatoes: Accumulation under drought stress conditions. *Functional Foods in Health and Disease*. 5 (3). 108-116.
- Yunjeong, K., Min-Gul, K. 2016. HPLC-UV method for the simultaneous determinations of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in human plasma. *Translational and Clinical Pharmacology*. 24 (1). 37-42.

Zrůst, J., Přichystalová, V., Rejlková, M. 2000. Obsah glykoalkaloidů v hlízách odrůd bramboru registrovaných v ČR. Bramborářství. 8 (4). 11-13.