

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Vliv odrůdy brambor na žluknutí smažicího média**

**Diplomová práce**

**Autor práce: Bc. Aneta Blažková**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Lenka Kouřimská, Ph.D.**

© 2020 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv odrůdy brambor na žluknutí smažicího média" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24. 7. 2020

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní doc. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za cenné připomínky, trpělivost a odborné rady. Paní Ing. Monice Sabolové, Ph.D. a panu Ing. Ivu Doskočilovi, Ph.D. za pomoc s laboratorní prací, dále pak Experimentální stanici Výzkumného ústavu bramborářského v Havlíčkově Brodě za poskytnutí brambor k praktické části a v neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za velkou podporu během studia.

# Vliv odrůdy brambor na žluknutí smažicího média

## Souhrn

Lilek brambor je hlíznatá rostlina, pěstovaná jako významná zemědělská plodina, hlízy jsou výborným zdrojem energie, obsahují krom jiného vitamin C, provitamin A, vlákninu a další bioaktivní látky. Fialové odrůdy brambor mají vyšší obsah fenolových látek a antokyanů, naopak nižší obsah vitaminu C a karotenoidů oproti žlutým odrůdám.

Předložená práce se zabývá vlivem odrůd brambor na žluknutí smažicího média a sensorickými vlastnostmi hranolek z fialových a žlutých odrůd brambor. Sensorický dotazník byl složen z 8 parametrů, předloženo bylo celkem 12 dotazníků k hodnocení 6 odrůd brambor. Hranolky byly smaženy na sádle a jednalo se o 3 odrůdy fialových a 3 odrůdy žlutých brambor. Byl proveden Schaalův test, kdy byly vzorky sádla před a po smažení skladovány při konstatní teplotě 60 °C a sledovány relativní změny hmotnosti a určena indukční perioda. Dále byla měřena antioxidační kapacita sádla pomocí metody DPPH, antioxidační kapacita brambor metodou ABTS a celkové množství fenolů v bramborách pomocí Folin-Ciocalteuova činidla.

Statistická data prokázala, že není statisticky průkazný rozdíl v celkové chuti hranolek z odlišných odrůd brambor. Naopak byl zaznamenán statisticky průkazný rozdíl ve žluté chuti mezi fialovými a žlutými odrůdami. Získané výsledky ze Schaalova testu dokazují, že fialové odrůdy brambor oddálily oxidaci, neboť indukční perioda smažicího média byla 10,1; 11 a 11,5 dní oproti indukční periodě sádla po smažení žlutých odrůd, která byla 2,4; 5 a 5,8 dní. U sádla, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému záhřevu, došlo k výraznému zvýšení oxidace 9,6 den. Stanovená antioxidační aktivita byla nízká, konkrétně sádlo, které bylo použito na smažení hranolek ze žlutých brambor, mělo antioxidační kapacitu 3,2-32,5 mg  $\alpha$ -tokoferolu/kg (0,08-5,11 %) a fialové brambory 11-40,8 mg  $\alpha$ -tokoferolu/kg (0,23-3,89 %). Sádlo, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému vlivu, mělo nejvyšší antioxidační kapacitu a to 76,1 mg  $\alpha$ -tokoferolu/kg (5,85 %).

Celkový obsah fenolů byl u žlutých odrůd 4,53–5,79 mg gallové kyseliny/ml a u fialových odrůd 4,11–8,57 mg gallové kyseliny/ml bramborové šťávy. U žlutých odrůd byly naměřeny hodnoty antioxidační kapacity 3,14–7,94  $\mu$ g askorbové kyseliny/ml. U fialových odrůd brambor byla naměřeno od 2,12–19,39  $\mu$ g askorbové kyseliny/ml bramborové šťávy.

Lze tedy předpokládat, že obsah biologicky aktivních látek ve fialových odrůdách brambor má pozitivní vliv na inhibici oxidace sádla při smažení. Konkrétně to může být připisováno obsahu fenolových sloučenin, které jsou významnými antioxidanty. Hranolky z fialových odrůd brambor by se daly využít jako možná alternativa i přes to, že nebyly sensoricky hodnoceny tak pozitivně v parametrech vzhledu a barvy jako hranolky ze žlutých brambor.

**Klíčová slova:** brambory, olej, antioxidanty, degradace, smažení, sensorické vlastnosti

# The effect of potato variety on frying medium rancidity

## Summary

Potato (*Solanum tuberosum*) is a tuberous plant, grown as an important agricultural crop, tubers are a great source of energy, they also contain vitamin C, provitamin A, fiber and other bioactive substances. Purple potatoes have higher content of phenolics and anthocyanins, on the contrary lower content of vitamin C and carotenoids compared to yellow potatoes.

This thesis deals with the influence of different potato varieties on the rancidity of the frying medium and the sensoric properties of french fries from purple and yellow potatoes. The sensoric questionnaire consisted of 8 parameters and total of 12 questionnaires were submitted to evaluate 6 varieties of potatoes. The french fries were fried in lard and it was used 3 varieties of purple potatoes and 3 varieties of yellow potatoes. A Schaal test was done. Lard samples were stored at constant temperature of 60 °C before and after frying and the relative weight changes were monitored and the induction period was determined. Then it was measured the antioxidant capacity of lard using the DPPH method, also antioxidant capacity of potatoes using the ABTS method and the total amount of phenols in potatoes using the Folin-Ciocalteu reagent.

Statistical data showed that there is no statistically significant difference in the overall taste of french fries from different potato varieties. On the other hand, there was a statistically significant difference in rancid taste between purple and yellow varieties. The results obtained from the Schaal test shown that the purple potato varieties delayed the oxidation, since the induction period of the frying medium was 10,1; 11 and 11,5 days compared to the induction period of lard after frying of the yellow varieties, which was 2,4; 5 and 5,8 days. In lard, which was not exposed to any heating, there was a significant increase in oxidation for 9,6 days. The determined antioxidant activity was low, namely lard, which was used for fry yellow potato chips, had an antioxidant capacity of 3,2-32,5 mg  $\alpha$ -tocopherol/kg (0,08-5,11 %) and purple potatoes 11-40,8 mg  $\alpha$ -tocopherol/kg (0,23-3,89 %). Lard, which was not exposed to any heat, had the highest antioxidant capacity of 76,1 mg  $\alpha$ -tocopherol/kg (5,85 %).

Total amount of phenols was 4,53–5,79 mg gallic acid/ml for yellow varieties and 4,11–8,57 mg gallic acid/ml for purple varieties. Antioxidant capacity were measured for yellow varieties, values 3,14–7,94  $\mu$ g ascorbic acid/ml and values for purple varieties were 2,12–19,39  $\mu$ g ascorbic acid/ml.

Results suggest that the content of biologically active substances in purple potato varieties has a positive effect on the inhibition of lard oxidation during frying. In particular, this can be attributed to the content of phenolic compounds, which are an important antioxidants. French fries from purple potatoes could be used as a possible alternative, despite the fact that they were not sensoric evaluated as positively in terms of look and color as french fries from yellow potatoes.

**Keywords:** Potatoes, oil, antioxidants, degradation, frying, sensoric properties

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>8</b>
<b>2 Vědecká hypotéza a cíle práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Lilek brambor .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Biologicky aktivní látky brambor.....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Fenolové sloučeniny .....	11
3.2.1.1 Fenolové sloučeniny jako antioxidanty .....	11
3.2.2 Antokyany.....	12
3.2.3 Karotenoidy .....	13
3.2.4 Glykoalkaloidy .....	13
<b>3.3 Vitamin C.....</b>	<b>15</b>
<b>3.4 Vliv kulinářské úpravy .....</b>	<b>16</b>
<b>3.5 Lipidy .....</b>	<b>19</b>
3.5.1 Oxidace lipidů.....	19
3.5.2 Akrylamid.....	20
<b>4 Materiál a metody .....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Smažení hranolek.....</b>	<b>22</b>
4.1.1 Materiál ke smažení .....	22
4.1.2 Postup .....	22
<b>4.2 Senzorické hodnocení .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3 Schaalův test .....</b>	<b>23</b>
4.3.1 Materiál na Schaalův test.....	23
4.3.2 Postup .....	23
4.3.3 Výpočty.....	24
<b>4.4 Antioxidační kapacita sádla DPPH .....</b>	<b>24</b>
4.4.1 Materiál na DPPH.....	24
4.4.2 Příprava.....	25
<b>4.5 Antioxidační kapacita brambor ABTS .....</b>	<b>26</b>
4.5.1 Materiál.....	26
4.5.2 Chemikálie.....	26
4.5.3 Postup .....	26
<b>4.6 Stanovení celkových polyfenolů TPC .....</b>	<b>27</b>
4.6.1 Postup .....	27
<b>4.7 Statistické metody .....</b>	<b>27</b>

<b>5</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Senzorické zhodnocení hranolků</b> .....	<b>28</b>
5.1.1	Statistické vyhodnocení .....	31
<b>5.2</b>	<b>Schaalův test</b> .....	<b>33</b>
<b>5.3</b>	<b>Antioxidační kapacita sádla DPPH</b> .....	<b>35</b>
<b>5.4</b>	<b>Antioxidační kapacita brambor ABTS</b> .....	<b>37</b>
<b>5.5</b>	<b>Stanovení celkového množství fenolů TPC</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>42</b>
<b>7</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>45</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů</b> .....	<b>51</b>

# 1 Úvod

Brambory patří mezi nejčastěji konzumované plodiny na světě. Využívají se mimo jiné jako zdroj krmiva pro hospodářská zvířata, ale také jako průmyslová surovina k výrobě lihu a škrobu. Jsou zdrojem sacharidů, vysoce kvalitních bílkovin, minerálních látek, jako jsou draslík, fosfor a hořčík, dále pak vitamínu B<sub>6</sub> a vitamínu C. Brambory jsou i významným zdrojem antioxidantů, které zpomalují nebo zabraňují oxidačním změnám v lidském těle a v buňkách.

Populární úprava brambor v podobě hranolek je datována v Evropě k 17. století (Randall 2014). Tradičně se hranolky vyrábějí ze žlutomasých odrůd brambor a hotový produkt vykazuje charakteristickou barvu a chuť. Fialové odrůdy brambor by mohly být potenciálním novým zdrojem pro výrobu hranolek se širší rozmanitostí barev.

Smažení je jednou z nejpůlárnějších metod přípravy jídla. Jedná se o běžný a rychlý postup přípravy, který zvyšuje smyslové vlastnosti, zejména chuť a tvorbu křupavé hnědavé kůrky. Během procesu smažení se oleje podrobují opakovaným zahřívacím cyklům při vysokých teplotách, což způsobuje vznik nežádoucích toxických sloučenin. Ty mohou být absorbovány do potravin a přijímány spolu s potravinou. V restauracích rychlého občerstvení je olej zahříván delší dobu a opakovaně, čímž mohou některé toxické sloučeniny v olejích dosahovat i nadlimitních hodnot.

Působením vzdušného kyslíku na mastné kyseliny dochází k oxidaci tuků, což je nežádoucí jev ovlivňující senzorickou i nutriční hodnotu lipidů. Nepříjemný pach i chuť způsobuje především přítomnost některých aldehydů a ketonů.

Ačkoliv jsou fialové brambory spotřebiteli méně zařazovány do jídelníčku, z hlediska obsahu příznivých látek s antioxidačními vlastnostmi jsou prospěšnější pro lidské zdraví než žluté odrůdy. Vzhledem k tomu, že konzumenti mají nedostatečné povědomí o pozitivních zdravotních účincích těchto hlíz a cena těchto brambor je často vyšší než brambor žlutých, je tudíž po fialových bramborách i nízká poptávka na trhu.



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

Hypotéza práce byla, že bramborové hranolky z fialových hlíz obsahujících fenolové sloučeniny sníží rychlost degradace smažicího média.

Cílem práce bylo:

1. porovnat vliv odrůdy a různé barevnosti hlíz brambor na stabilitu smažicího média,
2. porovnat senzorické vlastnosti hranolků připravených z fialových a žlutých odrůd brambor.

## 3 Literární rešerše

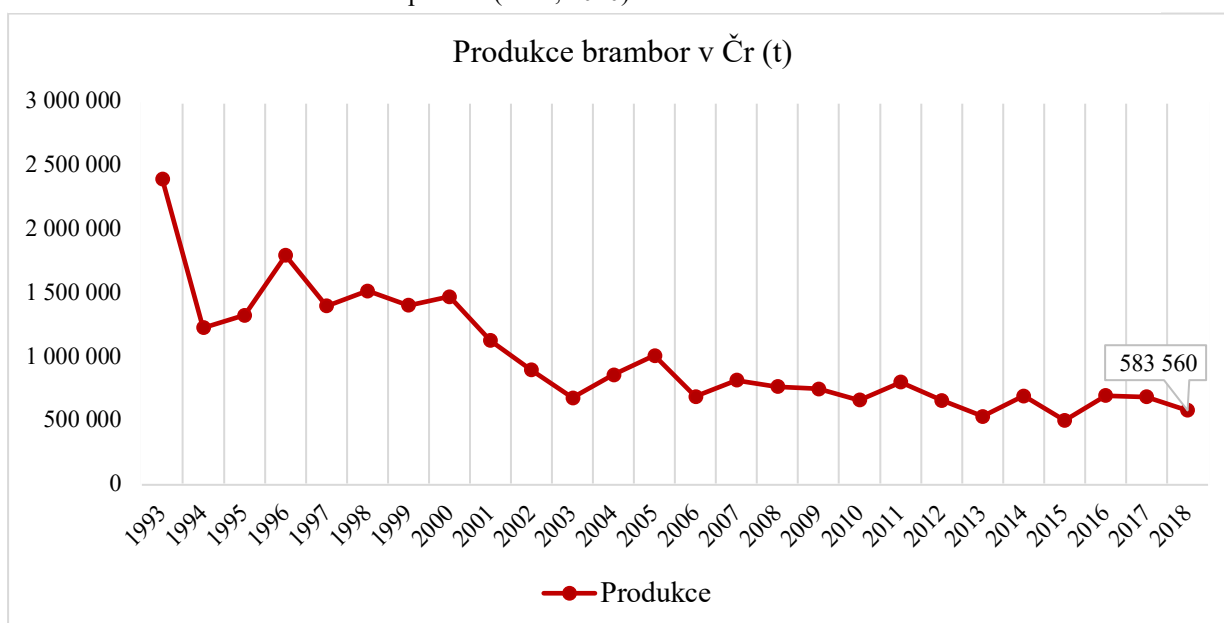
### 3.1 Lilek brambor

Původ brambor je z oblasti And v Jižní Americe, kde se kultivovaly již zhruba před 2 000 lety. Do Evropy se lilek brambor (*Solanum tuberosum* Linné 1753) dostal koncem 16. století, hlízy se ale jako potravina začaly používat až o 200 let později. Jedná se o jednoletou bylinu s podzemními hlízami. Díky vysokému obsahu škrobu brambory poskytují velké množství energie. Bramborová hlíza je mimo jiné vynikajícím zdrojem vlákniny, proteinů s vysokou biologickou hodnotou a obsahuje značné množství vitamínu C, vitamínu B<sub>6</sub>, vitamínu B<sub>3</sub>, draslíku, fosforu, magnézia, železa a dalších biologicky aktivních látek. Mnoho sloučenin v hlízách přispívá k jejich antioxidační aktivitě a z toho důvodu stále roste zájem o barevné odrůdy brambor (Camire et al. 2009; Andre et al. 2014).

Složení brambor však může ovlivnit mnoho faktorů, včetně genotypu, podmínek pěstování a tepelné úpravy. Kultivary lze klasifikovat na základě skladovacích vlastností. Některé kultivary musí být konzumovány nebo zpracovány neprodleně po sklizni, jiné kultivary si uchovávají své vlastnosti škrobu déle i při skladování (Camire et al. 2009). Pozitivní, nebo negativní účinky bramborových složek na zdraví člověka jsou výsledkem jejich biologické dostupnosti, která závisí obecně na interakcích složek přítomných v bramborách nebo v potravině (Andre et al. 2014).

V roce 2017 bylo světově vyprodukováno 388 milionů tun brambor (FAO 2020), což řadí brambory na páté nejdůležitější místo hned po cukrové třtině, kukuřici, pšenici a rýži. V roce 2018 byla produkce v České republice 583 560 tun. Celková produkce brambor v České republice (Graf 1) za posledních 20 let výrazně klesá, naopak roční spotřeba brambor obyvateli zůstává za posledních 10 let zcela konstantní. Celková spotřeba brambor na jednoho obyvatele za rok je 67,7 kg (ČSÚ 2020). Snižující se produkci brambor lze vysvětlit zvýšenou produkcí řepky, u které se pěstování v posledních 20 letech zvýšilo z 844 milionů tun na 1,410 milionů tun.

Graf 1: Produkce brambor v České republice (ČSÚ, 2020)



## 3.2 Biologicky aktivní látky brambor

### 3.2.1 Fenolové sloučeniny

V bramborových kultivarech s různými barvami hlíz a slupce jsou přítomny fenolové sloučeniny. V hlízách brambor jsou značně zastoupeny polyfenoly, fenolové kyseliny (např. chlorogenová kyselina, kofeová kyselina, skořicová kyselina, p-kumarová kyselina, sinapová kyselina a ferulová kyselina) a flavonoidy, jako je antokyanin (Perla et al. 2012; Jayanty et al. 2019). Koncentraci a stabilitu těchto složek ovlivňuje několik faktorů, jako jsou agronomické faktory, genotyp, posklizňové skladování, podmínky vaření a zpracování (Ezekiel et al. 2013).

Získané výsledky ze studie Hejtmánková et al. (2009) ukazují, že vysoká antioxidační aktivita barevných brambor je způsobena nejen antokyany, ale také další polyfenolovou sloučeninou – chlorogenovou kyselinou (Hejtmánková et al. 2009). Chlorogenová kyselina je nejrozšířenějším antioxidantem v bramborových hlízách, která chrání před degenerativními chorobami, jež jsou spojené s vyšším věkem jak u lidí, tak u zvířat (Lachman et al. 2008). Na druhé straně může chlorogenová kyselina dramaticky snížit absorpci železa, což způsobí nedostatek tohoto mikronutrientu (Andre et al. 2014). Studie Wegener et al. (2009) prokázala, že množství chlorogenové kyseliny bylo výrazně vyšší u fialových odrůd než u žlutých kultivarů. Fialové odrůdy brambor obsahovaly 227–845 mg celkových polyfenolů na 100 g brambor (Kita et al. 2013). Navarre et al. (2010) uvádí, že u raných odrůd brambor je vyšší obsah chlorogenové kyseliny i některých dalších fytonutrientů, v porovnání s pozdními odrůdami brambor.

Fenolové sloučeniny jsou obsaženy jak ve slupce, tak v dužině brambor. Obsah chlorogenové kyseliny v hlízách je prokazatelně nižší (30–900 mg/kg) než obsah ve slupkách (1000–4000 mg/kg). Fialové brambory obsahují oproti žlutým odrůdám dvojnásobné množství fenolových sloučenin (Ezekiel et al. 2013).

Celkový obsah fenolů v bramborách se během vaření obecně výrazně snižuje. Největší ztrátu dosáhlo smažení na malém množství tuku (stir-frying) celkem o 72,44 %, následovalo pečení (40,51 %) a smažení (14,08 %). Vaření a napařování si udržely nejvyšší celkový obsah fenolů, který se snížil pouze o 7,09 % a 11,93 %, zatímco po mikrovlnném záhřevu nebyly pozorovány žádné zjevné rozdíly v celkovém obsahu fenolů (Tian et al. 2016).

#### 3.2.1.1 Fenolové sloučeniny jako antioxidanty

Fenolové sloučeniny jsou jednou z nejdůležitějších skupin přírodních antioxidantů a chemopreventivních látek, které se vyskytují v lidské stravě (Kim et al. 2019). Jejich hlavním zdrojem v potravě jsou rostlinné nápoje a ovoce, k celkovému příjmu fenolů také přispívá zelenina, obiloviny, čokoláda a luštěniny (Scalbert et al. 2005). Fenolové sloučeniny lze rozdělit do několika podskupin podle jejich strukturálních charakteristik, avšak ty, které se běžně vyskytují v rostlinné potravě, lze rozdělit do tří hlavních podskupin: fenolové kyseliny, flavonoidy, stilbeny a lignany (Neveu et al. 2010). Fenolové sloučeniny mají aromatický kruh nesoucí jednu hydroxylovou skupinu, zatímco polyfenoly, mohou mít jeden nebo více aromatických kruhů nesoucích více než jednu hydroxylovou skupinu. Tyto dva termíny se však ve většině literatury často používají zaměnitelně (Tsao 2010).

Fenoly, jsou silnými antioxidanty proti reaktivním formám kyslíku a jsou schopny vychytávat volné radikály (Zhang & Tsao 2016). Volné radikály jsou částice s nepárovým elektronem, kdy alespoň jeden orbital není obsazen. Radikály dokáží reagovat s různými biologickými strukturami v lidském těle a mohou se stát i toxickými s následným poškozením organismu vedoucí až k smrti jedince (Štípek 2000). Na druhou stranu, fenoly mohou mít i opačný účinek, tyto sloučeniny mohou při vysokých dávkách působit jako prooxidanty (Zhang & Tsao 2016). Jako prooxidanty mohou vyvolat apoptózu a zabránit růstu nádoru (Lambert et al. 2005). Schopnost snížit hodnoty volných radikálů závisí na počtu poloh – OH skupin v molekule polyfenolů (Lupea et al. 2008). Antioxidanty s aromatickým nebo fenolovým kruhem efektivně předávají atom vodíku volným radikálům a dočasně se tak stávají samy volnými radikály. Tvorbou chinonových struktur a vlivem delokalizace elektronů v aromatickém kruhu stabilizují svou radikálovou povahu (Baiano & Del Nobile 2016).

Fenolové sloučeniny mají pozitivní vliv na lidské zdraví a působí jako prevence před nástupem degenerativních chorob, o nichž je známo, že jsou způsobeny oxidačním stresem (Zhang & Tsao 2016), jedná se například o rakovinu, kardiovaskulární choroby, nadváhu, hyperglykémii a inzulínovou rezistenci (Scalbert et al. 2005; Guo et al. 2019).

V laboratorních studiích bylo prokázáno, že mnoho rostlinných polyfenolových sloučenin má preventivní účinky na rakovinu. Ukázalo se, že inhibují tumorigenezi na zvířecích modelech. Inhibice byla patrná u kůže, plic, dutiny ústní, jícnu, žaludku, jater a dalších orgánů dutiny břišní. V *in vitro* podmínkách bylo prokázáno, že mnoho z těchto fenolových sloučenin ovlivňuje signální transdukční dráhy, což vede k inhibici růstu a transformaci buněk, zesílení apoptózy, snížení invazivního chování a zpomalení angiogeneze. Koncentrace použité ve studii na buněčných kulturách však byly mnohem vyšší než koncentrace zjištěné *in vivo* (Lambert et al. 2005).

### 3.2.2 Antokyany

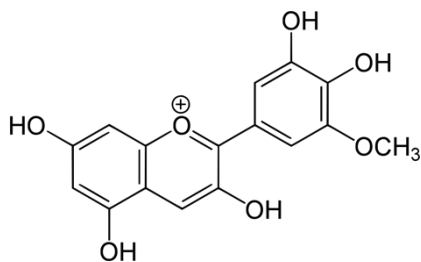
Antokyany patří do skupiny polyfenolů, což jsou přírodně se vyskytující látky v rostlinách a jsou rozděleny do tří hlavních skupin: flavonoidy (antokyany), fenolové kyseliny a taniny. Antokyany jsou přírodní pigmenty zodpovědné za zbarvení ovoce, zeleniny a květin, jedná se o růžové, červené, fialové a modré zbarvení (Fan et al. 2008).

Antokyany můžeme rozdělit do šesti běžných antokyanidinů – kyanidin, delphinidin, petunidin, pelargonidin, malvidin a peonidin (Šulc et al. 2017). Brambory s fialovou hlízou jsou dobrým zdrojem antokyanů (Kita et al. 2013). Ve studii Rytel et al. (2018) analyzovali petunidin (Obrázek 1) a malvidin jako hlavní antokyany ve fialových hlízách. To potvrzuje i studie Šulc et al. (2017), kde byl petunidin hlavním detekovaným typem v purpurových kultivarech, zatímco pelargonidin byl hlavním detekovaným antokyanem v červených kultivarech. V žádném z kultivarů nebyl nalezen ani kyanidin ani delphinin. Ve fialových kultivarech Blaue de la Mancha a Valfi byly identifikovány tři antokyany. V obou kultivarech byl hlavním typem petunidin, který v průměru tvořil až 84 % z celkového množství, následovaný malvidinem (13,5 %) a peonidinem (2,5 %) (Šulc et al. 2017).

Z údajů studie Kita et al. (2013) lze vyvodit závěr, že červené a purpurové brambory jsou bohatým zdrojem polyfenolových sloučenin, zejména acylovaných antokyanů. Hlízy

s fialovou dužinu mají nejvyšší nalezený obsah antokyanů 0,5–1 cm od povrchu hlízy (Fossen et al. 2003).

Zájem o potraviny bohaté na antokyaniny se zvýšil v důsledku jejich potenciálního účinku na lidské zdraví. Jiang et al. (2016) zkoumali účinky antokyanů z fialových brambor na poškození jater vlivem alkoholu. Pokus byl prováděn na myších. U myší, které krmili antokyaniny z fialových brambor došlo k vyšším hladinám superoxid dismutázy a redukovaných enzymů glutathionu, jakož i ke snížení tvorby malondialdehydu. Studie tedy naznačuje, že bramborové antokyaniny by mohly být účinným terapeutickým činidlem při poškození jater vyvolaným alkoholem (Jiang et al. 2016). Kromě antioxidační účinnosti a podpory zdraví se antokyaniny stále častěji zkoumají z hlediska jejich možného použití jako přírodních potravinových barviv (Fan et al. 2008; Tian et al. 2016).



Obrázek 1: Petunidin

### 3.2.3 Karotenoidy

Karotenoidy jsou isoprenoidní molekuly, které se vyskytují v přírodě a vykazují širokou škálu funkcí díky jejich biologickým antioxidantům (tj. chrání před degenerací související s věkem a snižují onemocnění, včetně kardiovaskulárních chorob a rakoviny) (Tian et al. 2016).

Karotenoidy jsou jednou z hlavních lipofilních složek přispívajících k celkové antioxidační aktivitě a provitaminovému obsahu brambor (Lachman et al. 2016). Obsah celkových karotenoidů v kultivarech je ovlivněn genotypem, lokalitou a přírodními vlivy (Hamouz et al. 2016). Karotenoidy v lidské výživě mají mimo antioxidační aktivity i významnou provitaminovou funkci. Vitamin A má asi 50 provitaminů, nejznámějším a nejrozšířenějším provitaminem A je  $\beta$ -karoten. Karotenoidy musí obsahovat alespoň jeden nesubstituovaný  $\beta$ -iononový kruh na konci molekuly (Kotíková et al. 2007).

Ve srovnání se žlutými kultivary obsahovaly fialové a červené kultivary v průměru méně karotenoidů, konkrétně ve žlutých odrůdách bylo naměřeno 26,22  $\mu\text{g}$ , v červených a fialových odrůdách 5,69  $\mu\text{g}$ . V obsahu karotenoidů ve fialových a červených hlízách brambor dominoval neoxanthin, který představoval 35 % všech zastoupených karotenoidů, následovaný anteraxantinem (26 %), violaxantinem (14 %), luteinem (13 %). Další karotenoidy byly detekovány v zanedbatelném množství a u  $\beta$ -karotenu a luteoxanthinu byl obsah méně než 2 % z celkového obsahu karotenoidů (Kotíková et al. 2016).

### 3.2.4 Glykoalkaloidy

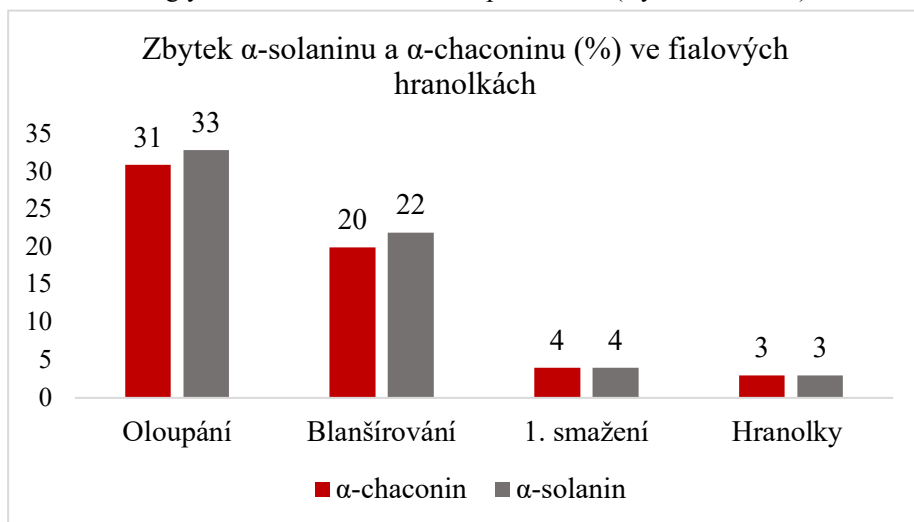
Glykoalkaloidy jsou toxické přírodní dusíkaté látky, jedná se o sekundární metabolity rostlin, které poskytují ochranu krom jiného i před hmyzem a houbami (Aniszewski 2007).

Během doby, po kterou jsou brambory uvedené do prodeje, se obvykle vystavují pod umělým světlem. Tím může dojít ke značnému zvýšení glykoalkaloidů, což může zhoršit kvalitu hlíz (Machado et al. 2007). Syntéza chlorofylu a glykoalkaloidů v hlízách brambor se vyskytuje v přímé reakci na světlo. Oba procesy jsou souběžné, nezávislé ale také nezávadné, jak z hlediska zdravotního, tak i marketingového (Grunenfelder et al. 2006).

Během zpracování hranolek připravených z barevných odrůd brambor se významně snížil obsah glykoalkaloidů ( $\alpha$ -solanin a  $\alpha$ -chaconin). Brambory s fialovou hlízou mohou být použity ke zpracování hranolek kvůli jejich nízkému obsahu glykoalkaloidů. Obsah glykoalkaloidů u barevných odrůd se snížil v průměru asi o 50 % poté, co byla slupka oloupana, zatímco blanšírování snížilo obsah glykoalkaloidů v průměru asi o 58 % ve srovnání se syrovým bramborem. Nejvyšší pokles obsahu glykoalkaloidů byl způsobem vlivem smažení. Průměrné hodnoty poklesu byly kolem 97,5 % (Tajner-Czopek et al. 2014).

Největší ztráty  $\alpha$ -chaconinu a  $\alpha$ -solaninu byly pozorovány (Graf 2) po loupání hlíz o 70 % a po smažení (cca 95 %). Hranolky obsahovaly 3 % a chipsy 16 % počátečního množství celkových glykoalkaloidů. Ztráty  $\alpha$ -chaconinu a  $\alpha$ -solaninu v analyzovaných polotovarech a hotových výrobcích byly na stejné úrovni, bez ohledu na použitou technologii zpracování (Rytel et al. 2018).

Graf 2: Obsah glykoalkaloidů v bramborách po smažení (Rytel et al. 2018)



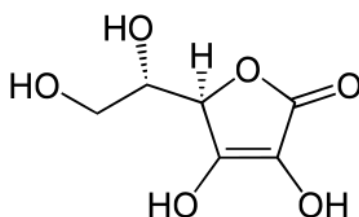
Výsledky studie potvrdily, že obsah glykoalkaloidů byl významně nižší v oloupaných bramborách než v neloupaných a proces smažení výrazně snížil obsah glykoalkaloidů v hranolkách. Dále studie uvedla, že přidání octové kyseliny během výrobního procesu neovlivnilo obsah glykoalkaloidů v bramborách (Nie et al. 2018).

Ve studii Friedman (2006) hodnotili glykoalkaloidy a produkty hydrolyzy z hlediska jejich schopnosti inhibovat růst lidských rakovinných buněk tlustého střeva a jater. Srovnávací hodnocení byla provedena se čtyřmi koncentracemi (0,1; 1; 10 a 100  $\mu\text{g} / \text{ml}$ ) bramborových glykoalkaloidů R-chaconinu a R-solaninu. Výsledek byl takový, že všechny testované sloučeniny inhibovaly růst nádorových buněk (Friedman 2006).

### 3.3 Vitamin C

Vitamin C (L-askorbová kyselina) je pro člověka esenciálním mikronutrientem (Carr & Maggini 2017) a zároveň působí jako antioxidant schopný účinně vychytávat volné radikály. Zejména v cytosolu je vitamin výhodně distribuován do vodného prostředí a přispívá k ochraně imunity (Kohlmeier 2020). Denní doporučená dávka vitaminu je 100–200 mg/den, zvýšené potřeby se vyskytují v důsledku znečištění, kouření, boje proti infekcím a chorobám s oxidačními a zánětlivými složkami (Carr & Maggini 2017).

L-askorbová kyselina (Obrázek 2) je také nezbytným kofaktorem pro několik enzymaticky katalyzovaných reakcí pro proteinové modifikace, aminokyseliny, steroidy a lipidy, metabolismus železa a sulfátů, modifikace DNA a reaktivace oxidovaného vitaminu E. Vaření a dlouhodobé skladování snižuje obsah vitaminu C v potravinách (Kohlmeier 2020).



Obrázek 2: Askorbová kyselina

Nerovnováha oxidantů a antioxidantů, které zvýhodňují oxidanty v biologickém systému, se nazývá oxidační stres. Přestože je tělo vybaveno obrannými enzymy a antioxidačními sloučeninami, existuje mnoho zdrojů oxidantů nebo volných radikálů, které mohou rozvrátit rovnováhu oxidantů vůči antioxidantům. Dodávání dalších antioxidantů potravou proto může pomoci udržet rovnováhu ve prospěch antioxidantů a působit jako prevence proti nemocím a poruchám (Huang & Ahn 2019). Naopak rizikem doplňování askorbátu je tvorba ledvinových kamenů, protože oxalát je produktem rozkladu dehydroaskorbové kyseliny. Zvýšené riziko ledvinových kamenů bylo pozorováno u jedinců, kteří užívají více než 1000 mg vitaminu C denně, což je mnohem více, než je množství, které lze získat ze zdrojů potravy (Singer 2011).

Obsah vitaminu C v bramborách závisí na několika faktorech včetně kultivaru, pěstitelských postupů, sklizně a podmínek skladování. Včasnost sklizně má za následek vyšší obsah askorbové kyseliny v hlízách brambor, zatímco opožděná sklizeň zapříčiňuje postupné snižování obsahu vitaminu C. Obecně se obsah vitaminu C během prvních 3 měsíců skladování snižuje o 30–45 % a hlízy s vysokým počátečním obsahem vitaminu C trpí při dlouhodobém skladování většími ztrátami než kultivary s nízkým počátečním obsahem tohoto vitaminu (Tudela et al. 2002). Obsah askorbové kyseliny poklesl během skladování brambor při nízkých teplotách u všech odrůd. Míra poklesu se pohybovala od 16 % do 78 % (Goyer et al. 2019).

Dle Lachman et al. (2005) je obsah vitaminu C v hlízách brambor 170–990 mg/kg sušiny. I ve vařených bramborách byla naměřená průměrná hodnota 130 mg askorbové kyseliny na kilo brambor. Ve studii Valcarcel et al. (2016) byla naměřena askorbová kyselina u šedesáti různých druhů brambor v hodnotách 78–798 mg/kg v sušině.

Ve studii Hejtmánková et al. (2009) měřili obsah askorbové kyseliny v osmi různě barených hlízách pomocí HPLC-DAD. Nejvíce askorbové kyseliny bylo naměřeno ve žlutých hlízách (904–1190 mg/kg). V barevných odrůdách brambor bylo stanoveno od 573 do 925 mg/kg.

### 3.4 Vliv kulinářské úpravy

Různé odrůdy brambor jsou vhodné pro odlišné tepelné zpracování (Camire et al. 2009; Wang et al. 2017). Při teplotě smažení dochází v oleji k četným chemickým reakcím, včetně oxidace, hydrolyzy a polymerace, které vedou k produkci oxidovaných tuků, trans mastných kyselin, hydrolyzovaných tuků, derivátů sterolu, polymerů, polárních sloučenin, akrylamidu a heterocyklických sloučenin. Tyto chemické změny jsou doprovázeny změnami vzhledu oleje (Ghobadi et al. 2018). Vzorky oleje byly odebrány z rychlého občerstvení v Íránu ze 42 restaurací. Olej se odebíral v době největší návštěvnosti podniku rychlého občerstvení kolem 12 h. Hodnoty čísla kyselosti a peroxidového čísla byly měřeny vyšší u 27 vzorků, než je povolený limit pro zdravotně nezávadný olej (Ghobadi et al. 2018).

Ve studii Oner & Wall (2012) byly vyhodnocovány hranolky dle způsobu přípravy senzorem panelem. Nejchutnější hranolky byly ty, které byly ošetřeny po dobu deseti minut blanširováním a následně fritovány. Hranolky, které byly ošetřené desetiminutovým blanširováním, smažením a následným pečením v troubě mohou být zdravější alternativou, protože obsahují o 64,3 % méně oleje, o 27,7 % více antokyanů a jejich senzorní kvalita je srovnatelná (Oner & Wall 2012).

Ve studii Kaspar et al. (2013) prováděli senzorní hodnocení žlutých a fialových odrůd. Brambory byly pečené v alobalu při teplotě 204 °C. Z výsledků vyplývá, že nebyly pozorovány žádné významné rozdíly v celkové přijatelnosti mezi kultivary brambor. To naznačuje, že spotřebitelé by mohli být ochotni konzumovat barevné brambory, které jsou prospěšné pro zdraví z důvodů vyššího obsahu antioxidantů.

Cílem studie Siddiq et al. (2018) bylo prozkoumat vliv směsí olivového a palmového oleje na smyslové atributy bramborových lupínků. Olivový a palmový olej byly smíchány v poměrech 10:90, 20:80, 40:60, 60:40. Smažené bramborové lupínky byly hodnoceny z hlediska vzhledu, chuti, textury, barvy a celkové přijatelnosti. Výsledky ukázaly, že nejlepší hodnocení získaly bramborové lupínky, které byly smažené v poměru 10:90 olivový/palmový olej. Zatímco nejhůře senzorně přijatelné byly lupínky smažené ve směs 60:40 (Siddiq et al. 2018).

Výsledky naznačují pokles jak linolové, tak linolenové kyseliny v průběhu smažení po dobu 7 dní při teplotách 185 a 215 °C. Během smažení došlo k poklesu linolové kyseliny o 8,5 a 13,3 %. Výraznější pokles byl u linolenové kyseliny, kde hodnoty klesly o 24,0 a 47,1 %. Při nižší teplotě (185 °C) smažení se množství trans isomerů zvýšilo z 2,4 na 3,3 %, naopak při vyšší teplotě se trans isomery zvýšili z 2,4 na 5,9 %. Naměřené hodnoty prokazují význam teploty při smažení na tvorbu trans isomerů (Aladedunye & Przybylski 2009).



## Antokyany

Z údajů studie Kita et al. (2013) lze vyvodit závěr, že smažení brambor snižuje obsah antokyanů. Nižší teploty smažení mohou být lepší pro brambory s vysokým obsahem zdraví prospěšných složek, jako jsou antokyany. Na druhé straně, i při nižších teplotách smažení lze pozorovat degradaci těchto složek (Kita et al. 2013).

Ve studii Xu et al. (2015) zkoumali degradaci antokyanů v bramborách vlivem tepelného opracování. Zatímco pečení brambor nijak významně nesnížilo obsah antokyanů, napařování, tlakové vaření, vaření v mikrovlnné troubě a smažení urychlilo degradaci antokyaninů asi o 8–16 % z celkového obsahu antokyanů. Dle výsledků bylo konstatováno, že monoacylované antokyany vykazují vyšší odolnost vůči teple než diacylované a neacylované antokyany (Xu et al. 2015).

Ve studii Tian et al. (2016) byly největší ztráty antokyanů pozorovány při smažení (57,06 %), následovalo pečení (25,67 %), vaření (14,66 %), mikrovlnná trouba (14,01 %) a napařování (7,45 %) (Tian et al. 2016).

Odrůdy brambor s fialovou dužninou obsahovaly vysoké hladiny celkových polyfenolů (227–845 mg 100 g sušiny) a antokyanů (21–109 mg 100 g sušiny). Proces smažení způsobil degradaci antokyaninových sloučenin o 38–70 %. Analýza HPLC-MS/MS ukázala, že deriváty pelargonidinu a malvidinu byly během smažení stabilnější než deriváty petunidinu. Přestože byl proces smažení ovlivněn hladinami antokyaninů a polyfenolů, získané bramborové lupínky vykazovaly jasně intenzivní zbarvení a dobrou antioxidační aktivitu (Kita et al. 2013).

## Karotenoidy

Jako nejstabilnější karotenoid proti tepelnému opracování byl stanoven lutein. Jeho obsah ve vařených žlutých kultivarech byl snížen pouze o 19 % ve srovnání s pečením, kde ztráta byla 40 %. Podobné výsledky byly zjištěny u fialových a červených kultivarů, u nichž se obsah luteinu ve vařených bramborách snížil o 43 % a u pečených brambor o 52 %. Podle výsledků lze lutein považovat za nejstabilnější karotenoid zkoumaný v bramborách. Následoval  $\beta$ -karoten, který lze považovat za středně odolný vůči degradaci, zejména u fialových a červených kultivarů. Jeho obsah klesl u vařených brambor o 52 % a u pečených o 63 %. Na druhé straně byla ztráta  $\beta$ -karotenu u žlutých kultivarů mnohem vyšší (89 % a 93 %). Tyto výsledky by naznačovaly, že  $\beta$ -karoten v barevných kultivarech může být chráněn antokyany před nadměrnou degradací během tepelného zpracování (Kotíková et al. 2016).

Nejšetrnější tepelnou metodou proti ztrátám karotenoidů je vaření. Obsah  $\beta$ -karotenu v syrovém stavu byl 152,09  $\mu\text{g/g}$ . V bramborách, které byly 15 minut vařeny, nedošlo k významné změně (135,83  $\mu\text{g/g}$ ). Avšak smažení po 1–2,5 minutách prokázalo významné snížení  $\beta$ -karotenu na hodnoty 19,15–24,35  $\mu\text{g/g}$  (Kourouma et al. 2019).

Tian et al. (2016) ve studii zkoumali vliv tepelné úpravy na snížení obsahu karotenoidů. Tepelné ošetření vařením, napařením a pečením snížilo celkový obsah karotenoidů o 20,15 %, 34,89 % a 51,99 %, zatímco ošetření mikrovlnami, smažením, smažením na vzduchu a smažením za sníženého obsahu vzduchu snížilo obsah o 66,30 %, 75,66 %, 72,00 % a 76,16 % z celkového obsahu karotenoidů (Tian et al. 2016).

## Vitamin C

Ztráta vitamínu C během vaření je způsobena hlavně chemickými reakcemi a enzymatickou hydrolýzou. Za normálních okolností se za vysoké teploty, kyslíku a askorbázy (nebo také askorbát oxidasy), vitamin C postupně degraduje (Lu et al. 2016).

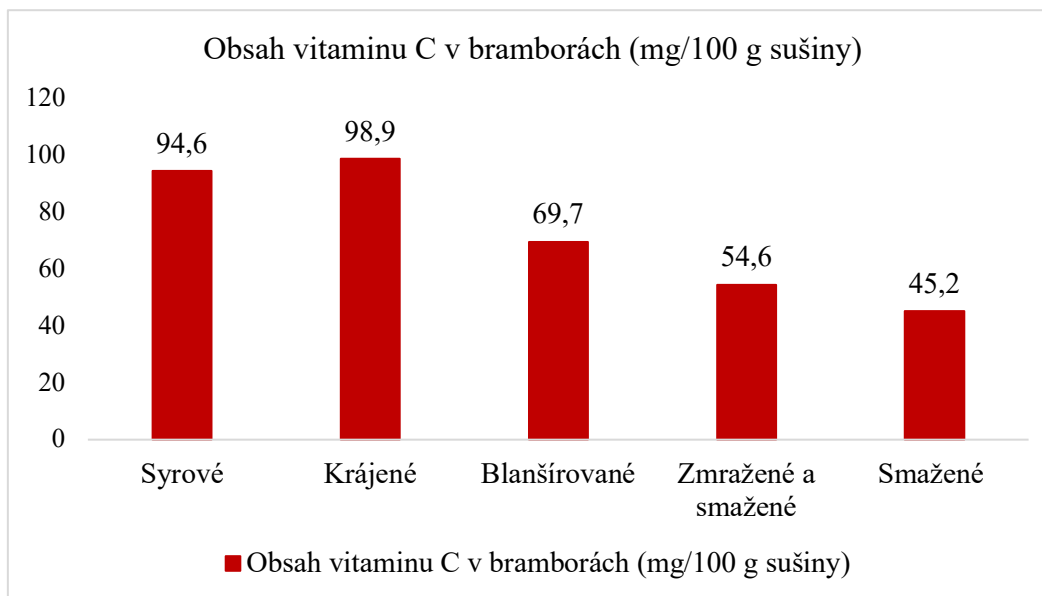
Během vaření dochází k minimální ztrátě celkových fenolů. Pečení má za následek vyšší ztráty než mikrovlnný ohřev. Bylo zjištěno, že výluh je hlavním faktorem ovlivňujícím ztrátu vitamínu C při vaření. Jak pečení, tak pečení v mikrovlnné troubě, jsou lepší pro uchování vitamínu C. Vyluhování může být sníženo vařením brambor se slupkou, což omezuje povrch, který je přímo vystaven vodě. Další výhodou vaření brambor se slupkou je to, že většina fenolových sloučenin ve slupce během procesu vaření migruje do hlízy (Jayanty et al. 2019).

Největší ztráty vitamínu C byly pozorovány po smažení, horkovzdušném smažení a smažení na pánvi wok (90,42 %, 83,35 % a 55,5 %), následovalo pečení, vaření, vaření v páře a mikrovlnné troubě (71,64 %, 40,85 %, 23,59 % a 7,51 %). Obecně byl pokles vitamínu C závislý na metodách vaření. Vaření ve vodě zvýšilo rychlost difúze vitamínu C do vody, smažení v oleji mělo za následek značné ztráty v důsledku vyluhování během namáčení a degradace během smažení. V páře a mikrovlnných troubách se udržely vyšší koncentrace vitamínu C díky menším stykům s vodou a poměrně nižší teplotě než u smažení (Tian et al. 2016).

Studie Lu et al. (2016) zkoumala hladinu askorbové kyseliny v bramborových plátcích smažených při třech různých teplotách (tj. 160, 180 a 210 °C) a pěti dobách zahřívání (2, 4, 6, 8 a 12 minut). Hladiny askorbové kyseliny v plátcích brambor byly detekovány pomocí HPLC. Rychlost retence askorbové kyseliny ve vzorcích bramborových lupínků se snižovala spolu s dobou fritování a zvyšováním teploty (Lu et al. 2016).

Ve studii Haase & Weber (2003) byl pozorován osud askorbové kyseliny během zpracování hranolek a bramborových lupínků (Graf 3). Oba produkty stále obsahovaly značné množství askorbové kyseliny navzdory ztrátám během tepelného zpracování. Hlavní snížení obsahu vitamínu bylo po blanšírování (hranolky) a praní (bramborové lupínky). Zejména u bramborových lupínků byla detekována vysoká koncentrace dehydroaskorbové kyseliny. Během tepelného zpracování byly celkové ztráty askorbové kyseliny u hranolek 52 % a přibližně 26 % u bramborových lupínků (Haase & Weber 2003). Celkově lze říci, že se brambory mají smažit při teplotách 180 °C a nižších po dobu 8 minut nebo méně (Lu et al. 2016).

Graf 3: Obsah vitamínu C v bramborách (Haase & Weber 2003)



### 3.5 Lipidy

Lipidy jsou vysoce účinné molekuly pro ukládání metabolické energie. Jejich oxidační odbourávání poskytuje daleko více energie, než odbourávání sacharidů a proteinů, z důvodu oxidace na nižších úrovních. Úplnou oxidací 1 gramu lipidů se uvolní přibližně 38 kJ/g energie, což představuje zhruba dvojnásobek obsahu energie ze sacharidů nebo proteinů. Vyšší příjem lipidů ve stravě je spojen s rizikem nadváhy, obezity a kardiovaskulárních chorob (Hoza et al. 2011).

Jako mastné kyseliny se označují karboxylové kyseliny s alifatickým uhlovodíkovým řetězcem. Mastné kyseliny se dělí do skupin:

- SFA – nasycené mastné kyseliny,
- MUFA – monoenoové – nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou,
- PUFA – polyenoové – nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami (Velíšek 2002).

#### 3.5.1 Oxidace lipidů

Lipidy jsou primárním zdrojem energie mnoha orgánů a snadno podléhají oxidaci. Oxidační stres vyvolaný lipidy zahrnuje dva typy: akumulace lipidů a peroxidace lipidů. Hromadění lipidů je primární příčinou peroxidace lipidů (Guo et al. 2019).

Během procesu oxidace se vytvářejí různé primární a sekundární vedlejší produkty v závislosti na typech mastných kyselin, dostupnosti kyslíku a přítomnosti antioxidantů. Některé z produktů oxidace lipidů způsobují nežádoucí žluklé příchutě, snižují nutriční kvalitu a snižují bezpečnost vytvářením sekundárních produktů. Nepříjemný pach i chuť jsou způsobeny především přítomností aldehydů a ketonů (Huang & Ahn 2019). Primárními produkty oxidace lipidů jsou hydroperoxydy, které jsou obecně označovány jako peroxidy. Jsou to meziproducty při tvorbě karbonylových a hydroxylových sloučenin (Gray 1978). Oxidace lipidů probíhá v několika fázích, které zahrnují fáze iniciaci, propagaci a terminaci

(Huang & Ahn 2019). Obsah fenolových sloučenin z fialových brambor měl příznivý účinek na inhibici oxidačních změn v lipidech. Hodnota peroxidace tuku byla o 40-50 % nižší oproti žlutým odrudám (Nemš & Pěksa 2018).

Z hlediska oxidace potravin jsou důležitými složkami lipidů nenasycené mastné kyseliny, zejména olejová, linolová a linolenová. Citlivost a rychlost oxidace těchto mastných kyselin se zvyšují v závislosti na stupni jejich nenasycení (Gray 1978).

Oxidační stabilita vepřového sádla, slunečnicového oleje a řepkového oleje byly testovány za podmínek mikrovlnného ohřevu. Rostlinné oleje a sádlo byly zahřívány v mikrovlnné troubě po dobu až 40 minut mezi 25 °C a 200 °C. Slunečnicový olej byl vyhodnocen jako nejméně stabilní olej kvůli vysokému obsahu polyenových kyselin a nízkému obsahu  $\gamma$ -tokoferolu. Řepkový olej byl stabilnější z důvodu nižšího obsahu polyenových kyselin a vysoké hladině  $\gamma$ -tokoferolu. Vepřové sádlo tvořilo jen nízké hladiny polymerů v důsledku nízkého obsahu polyenových kyselin. Oxidační stav a polymerizace lipidů po mikrovlnném ohřevu vede k závěru, že ve většině případů jsou zhoršující se změny tuků pouze malé, takže lipidy zahřívání 40 minut lze považovat za vhodné pro lidskou spotřebu (Dostalova et al. 2005).

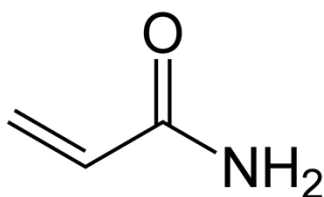
Změna v obsahu nenasycených aldehydů u fritovacích olejů byla pozorována jako změna hodnoty anisidinového čísla. Hodnota anisidinového čísla, která hlavně počítá s množstvím nenasycených aldehydů jako produktů rozkladu peroxidů, vzrostla během každé hodiny smažení. Nejvyšší nárůst byl pozorován v řepkovém oleji po první hodině, zatímco ve směsi olejů (slunečnicový, řepkový, palmový olej) hladina anisidinového čísla vykazovala lepší oxidační stabilitu. Na konci smažení měla směs olejů téměř 3krát nižší hladinu anisidinového čísla než řepkový olej (Aniołowska et al. 2016).

### 3.5.2 Akrylamid

Při tepelném opracování brambor při teplotách nad 120 °C, je vysoký potenciál pro tvorbu produktů Maillardovy reakce, jako je například akrylamid (AA) (Mottram et al. 2002).

Akrylamid (Obrázek 3) je bílá krystalická látka, toxická pro člověka a považuje se za potenciální karcinogen, tvořící se ve smažených bramborových výrobcích reakcí asparaginu a redukcí cukrů (Mottram et al. 2002). Zřejmě jsou obavy týkající se vyšších hladin AA v potravinách bohatých na škrob, zejména ve smažených bramborových výrobcích a v chlebu.

Za tvorbu AA může být také odpovědné zahřívání, které se provádí za účelem zlepšení hygienických, senzorických a nutričních vlastností potravin. Obsah AA se zvyšuje vlivem teploty a závisí i na době zahřívání. Zejména hladiny dosažené po 1 minutě smažení při 180 °C byly téměř třikrát vyšší než hladiny akrylamidu při 155 °C po 2 minutách (Carrieri et al. 2010).



Obrázek 3: Akrylamid

Ve studii Lu et al. (2016) zkoumali hladinu akrylamidu ve smažených bramborových lupíncích smažených při třech různých teplotách (160, 180 a 210 °C) a pěti dobách zahřívání (2, 4, 6, 8 a 12 minut). Hladiny akrylamidu v bramborových lupíncích byly detekovány pomocí vysokoúčinné kapalinové chromatografie s hmotnostním spektrometrem (HPLC-MS/MS). Obsah akrylamidu v bramborových lupíncích se zvyšoval se zvyšováním doby a teploty smažení (Lu et al. 2016). Obsah akrylamidu vzrostl, když se teplota zvýšila ze 160 na 180 °C. Výrazná změna hodnot byla pozorována, když teplota dosáhla 210 °C (Tabulka 1). Obsah akrylamidu v testovaném vzorku byl v rozmezí 16,92–1 370,78 µg/kg (Lu et al. 2016).

Tabulka 1: Obsah akrylamidu v bramborových lupíncích (µg/kg) (Lu et al. 2016)

Doba smažení	Koncentrace akrylamidu (µg/kg)		
	160 °C	180 °C	210 °C
<b>2 min</b>	17,98 ± 5,00	19,68 ± 3,75	18,07 ± 1,22
<b>4 min</b>	16,92 ± 3,98	22,05 ± 3,07	81,94 ± 6,79
<b>6 min</b>	19,63 ± 3,22	28,82 ± 5,33	148,34 ± 5,12
<b>8 min</b>	24,05 ± 1,53	45,65 ± 5,73	313,69 ± 27,64
<b>12 min</b>	36,68 ± 7,34	141,44 ± 17,67	1370,78 ± 134,94

Studie Hsu et al. (2016) se zabývala uvolňováním AA z potravin do smažicího média a vzduchu. Výsledky získané monitorováním AA smažením hranolků naznačují, že AA je distribuován ve všech třech fázích. Byla pozorována vysoká hladina akrylamidu ve vzduchu, což znamená, že kromě spotřebitelů hranolků jsou i pracovníci restaurací rychlého občerstvení potenciálně ohroženi inhalací akrylamidu z ovzduší (Hsu et al. 2016).

Cílem výzkumné studie bylo zjistit vliv různých antioxidantů přidaných do fritovacího oleje a stupeň degradace fritovacího média a obsah akrylamidu ve smažených bramborových výrobcích. Materiál použitý ve výzkumné studii byl použit palmový tuk. Jako antioxidanty byli použity v různých poměrech a kombinacích terc-butyhydrochinon a citronová kyselina. Hranolky a bramborové občerstvení ve formě hotových polotovarů byly smaženy v olejích zahřátých na 180 °C. Hranolky se smažily v olejích v různých časových intervalech (po 3, 5, 7 a 10 hodinách). Ve vyrobených smažených produktech byl obsah akrylamidu stanoven chromatografickou metodou. Produkty smažené v palmovém tuku, který byl stabilizován pomocí jednoho antioxidantu nebo neobsahoval žádný přidaný antioxidant, byl charakterizován nižším obsahem akrylamidu (Kita et al. 2011).

## 4 Materiál a metody

Studie probíhala za účelem vyvrátit či potvrdit vliv odrůdy a různé barevnosti hlíz brambor na stabilitu smažicího média.

Hlízy brambor pro pokus byly pěstovány v roce 2019 v České republice na dvou místech s různými nadmořskými výškami. V lokalitě Bylany u Českého Brodu a na Valečově na Experimentální stanici Výzkumného ústavu bramborářského Havlíčkův Brod s. r. o. V pokusu bylo hodnoceno celkem šest kultivarů – tři kultivary s fialovou barvou hlízy a tři kultivary se žlutou barvou hlízy. Hlízy brambor byly v obou lokalitách pěstovány prakticky totožnými integrovanými technologiemi, šetrnými k životnímu prostředí.

### 4.1 Smažení hranolek

#### 4.1.1 Materiál ke smažení

##### Žluté hlízy

Valkýra (Val) – varný typ BC

Valmont (Vam) – varný typ BC

Antonia (Ant) – varný typ A

##### Fialové hlízy

Valfi (Vaf) – varný typ BC

Blue Star (BS) – varný typ B

Val Blue (VB) – varný typ B

##### Sádlo

Sádlo škvarené vepřové. Složení: vepřové 100% hřbetní sádlo. Hmotnost 250 g.

Výrobce: JAV-AKC spol. s r.o., Slovenská republika

Fritovací hrnec (Clatronic FFR 2916, Čína), předvážkové váhy (KERN, EG2200–2NM, Německo), teploměr

#### 4.1.2 Postup

Úprava brambor spočívala v oloupaní hlíz od slupky, brambory byly dále omyty a usušeny pomocí kuchyňských papírových utěrek. Poté byly hlízy ručně nakrájeny přibližně na 1 cm široké hranolky. Navážka byla v syrovém stavu přibližně 300 g hranolek (Tabulka 2). Vážilo se na předvážkových vahách. Do fritovacího hrnce bylo vloženo 750 g sádla k rozpuštění. Teplota sádla byla měřena teploměrem. Při dosažení teploty sádla na 175 °C byly syrové hranolky vloženy do fritovací nádoby a smažily se po dobu 12 minut. Po uplynutí doby smažení hranolky 1 minutu okapávaly a následně byly předloženy k senzorickému hodnocení. Tuk ze smažení byl odebrán k navážení vzorků pro Schaalovy testy a zbylý tuk byl uskladněn do mrazicích boxů pro stanovení antioxidační aktivity tuku pomocí DPPH.

Tabulka 2: Navážka brambor k přípravě hranolek

<b>Druh</b>	<b>Navážka v g</b>
<b>Valkýra</b>	300,66
<b>Valmont</b>	301,69
<b>Antonia</b>	300,35
<b>Valfi</b>	300,89
<b>Blue Star</b>	300,56
<b>Val Blue</b>	300,67

## 4.2 Senzorické hodnocení

Po usmažení hranolek byly vzorky hranolků předloženy k hodnocení senzorickému panelu, který se skládal ze školených hodnotitelů (studentů a zaměstnanců České zemědělské univerzity v Praze). Celkem bylo 12 hodnotitelů ženského i mužského pohlaví. Barevné odrůdy byly smaženy v jiný den než odrůdy žluté. Dotazník (Příloha 1) obsahoval 8 parametrů pro hodnocení hranolků po stránce vizuální i chuťové. Hodnocené aspekty smažených hranolků byly: vzhled, barva, křupavost, chuť, intenzita smažené chuti, žluklé příchuti a ostatních pachutí. Celkem bylo vyhodnoceno 6 dotazníků pro hranolky ze žlutých brambor a 6 dotazníků pro hranolky z brambor fialových.

## 4.3 Schaalův test

Tato metoda byla vyvinuta pro průmysl sušenek a volby nejodolnějšího másla proti žluknutí (Joyner & Mcintyre 1938). Jedná se o zrychlený oxidační test, který spočívá ve skladování vzorků při konstantní teplotě po několik dní (konstantní a kontrolovaná teplota je vyšší než pokojová teplota, obvykle kolem 60–63 °C). Zvýšená teplota umožňuje urychlení oxidace lipidů, čímž dochází ke zvyšování hmotnosti v důsledku absorbování kyslíku tukem a tvorbě hydroperoxidů. Vzorky musí být v průběhu skladování pravidelně váženy. Z údajů získaných během vážení se vypočte relativní změna hmotnosti vztažená na původní navážku a sestaví se graf. V bodě, kdy dojde ke zlomu křivky, dojde k rychlému nárůstu rozsahu oxidační reakce. Idukční perioda udává stabilitu oleje od počátku skladování až do okamžiku zlomu.

### 4.3.1 Materiál na Schaalův test

Sádlo ze smažení hranolek, sádlo nepoužité, analytické váhy (METTLER, AE 200, Švýcarsko), termostat (BD 115, Binder, Německo)

### 4.3.2 Postup

Použité sádlo na fritování hranolků bylo odváženo do 100ml kádinek po 25 g s přesností na čtyři desetinná místa na analytických vahách. Před navážením sádla se všechny kádinky zvážily samostatně. Naváženo bylo celkem 14 vzorků. Sádlo ze smažení hranolků z brambor se žlutou hlízou, sádlo ze smažení hranolků z brambor s fialovou hlízou a kontrolní vzorek

sádla jako standard, na kterém smaženo nebylo. Každý vzorek byl v duplicitním zastoupení. Kádinky poté byly umístěny do termostatu při teplotě 60 °C. Vzorky byly váženy 2–3x týdně po dobu 49 dní.

### 4.3.3 Výpočty

Relativní změna hmotnosti sledovaných vzorků sádla byla vypočtena dle vzorce:

$$\frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_2)}{(m_3 - m_2)} \text{ [g/g]}$$

$m_1$  ... hmotnost kádinky se vzorkem v daný den měření

$m_2$  ... hmotnost prázdné kádinky

$m_3$  ... hmotnost kádinky se vzorkem v první den měření

Indukční perioda:

Čas uplynulý mezi počátkem oxidace za zrychlených podmínek a okamžikem bodu zlomu, který je obvykle charakterizován zřetelným zvýšením rychlosti absorpce kyslíku se nazývá indukční perioda. Byla zjištěna graficky dle Davídek et al. (1977).

$$\text{Protekční faktor (PF)} = \frac{IP_1}{IP_2}$$

$IP_1$  ... indukční perioda vzorku obsahující antioxidační látku

$IP_2$  ... indukční perioda vzorku bez antioxidační látky

## 4.4 Antioxidační kapacita sádla DPPH

Antioxidační kapacita byla stanovena na základě schopnosti analyzovaných vzorků vychytávat volný 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl (DPPH) radikál, který je v etanolu v barevné formě. Přítomnost antioxidantů ve vzorku způsobí redukci barevného stabilního radikálu DPPH na žlutou neutrální molekulu. Úbytek radikálu byl změřen spektrofotometricky při vlnové délce 518 nm. Výsledky v tabulce 13 jsou spočítány dle rovnice:

$$A = (1 - A_v/A_s) \times 100 \text{ [%]}$$

$A_v$  ... absorbance vzorku

$A_s$  ... absorbance slepého pokusu

### 4.4.1 Materiál na DPPH

#### Sádlo

Sádlo ze smažení hranolek, nepoužité sádlo



## Chemikálie

2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl (Sigma – Aldrich, St. Louis, MO 63103, USA)

Ethylester kyseliny octové p.a. (Penta, Chrudim, č. šarže 060605, CZ)

DL- $\alpha$ -Tokoferol (Merck, 1.08283, Germany)

## Přístroje

Spektrofotometr (Spekol 1300, Analytik Jena AG, Německo)

### 4.4.2 Příprava

Zásobní roztok radikálu byl připraven rozpuštěním 0,05 g (0,0556 g) DPPH pomocí ethylesteru ve 250 ml odměrné baňce.

Metoda je kalibrovaná na  $\alpha$ -tokoferol, antioxidační kapacita byla vyjádřena jako mg  $\alpha$ -tokoferolu na jednotku hmotnosti vzorku. Zásobní roztok  $\alpha$ -tokoferolu byl připraven z 0,05 g (0,0507 g)  $\alpha$ -tokoferolu rozpuštěním pomocí ethylesteru v 50ml odměrné baňce. Dále byl tento roztok zředěn do 100ml odměrné baňky smícháním 5 ml roztoku  $\alpha$ -tokoferou a doplněním po rysku ethylesterem. Pro kalibrační řadu bylo z roztoku odebráno 2,5; 3,75; 5; 7,5 a 10 ml do 25ml odměrných baněk, dále bylo přidáno 5 ml DPPH radikálu a baňky byly po rysku doplněny ethylesterem.

Vzorky sádla byly vloženy do vodní lázně, aby se sádlo zhomogenizovalo a bylo tak připravené k odběru vzorků. Do 25ml odměrných baněk bylo navaženo 0,5 g vzorku sádla (Tabulka 3 a Tabulka 4), každý vzorek byl ve 3 opakováních. Ke vzorku sádla bylo přidáno 10 ml ethylesteru, aby se sádlo rozpustilo. Následně bylo přidáno 5 ml radikálu DPPH a odměrná baňka byla doplněna po rysku ethylesterem. Slepé vzorky byly připraveny stejným postupem, bez přidání vzorku sádla.

Po smíchání byly uzavřené odměrné baňky po dobu 1 hodiny při teplotě místnosti uzavřené do tmy, aby vše zreagovalo. Absorbance byla měřena při 518 nm ve skleněných kvyetách proti čistému ethylacetátovému slepému pokusu za použití spektrofotometru.

Tabulka 3: Navážka sádla ze smažení žlutých brambor

Vzorek	Ant 1	Ant 2	Ant 3	Vam 1	Vam 2	Vam 3	Val 1	Val 2	Val 3
Navážka (g)	0,5494	0,5568	0,5578	0,5563	0,5125	0,5089	0,5642	0,5519	0,5365

Tabulka 4: Navážka sádla ze smažení fialových brambor

Vzorek	VB 1	VB 2	VB 3	Vaf 1	Vaf 2	Vaf 3	BS 1	BS 2	BS 3
Navážka (g)	0,5308	0,5009	0,5241	0,5288	0,5501	0,5285	0,5241	0,5119	0,5095

Tabulka 5: Navážka vepřového sádla

Vzorek	Sádlo 1	Sádlo 2	Sádlo 3
Navážka (g)	0,5071	0,5173	0,5349

## 4.5 Antioxidační kapacita brambor ABTS

Antioxidační aktivita byla stanovena spektrofotometricky při vlnové délce 734 nm. Princip metody je založen na reakci antioxidačně aktivních látkách s radikálem ABTS (2, 2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazolin-6-sulfonan) diamonný). Radikál modrozeleného zbarvení reaguje se substrátem, přítomnost antioxidantů způsobí redukci zbarvení.

### 4.5.1 Materiál

#### Žluté hlízy

Valkýra, Valmont, Antonia

#### Fialové hlízy

Valfi, Blue Star, Val Blue

### 4.5.2 Chemikálie

ABTS 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (Sigma-Aldrich, Německo)

Gallová kyselina (Riedel-de-Haën – MO 27645, Německo)

Askorbová kyselina (Lachner, Neratovice, CZ)

Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma – Aldrich, St. Louis, MO 4764, USA)

Hydrogenfosforečnan di sodný (Lachner, Neratovice, CZ)

Dihydrogenfosforečnan draselný (Lachner, Neratovice, CZ)

MnO<sub>2</sub> (MACH CHEMIKÁLIE spol. s r.o., Ostrava-Hrušov, CZ)

### 4.5.3 Postup

Nejprve byl připraven pufr. Na jeho přípravu bylo naváženo 0,5805 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> a 1,791 g Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>·12 H<sub>2</sub>O do 1 l. Naměřené pH pufru bylo 7,4.

Příprava radikálu ABTS se skládala z navážení 54,8 mg ABTS, 1 g MnO<sub>2</sub> a 20 ml redestilované vody. Poté se roztok radikálu míchal 20 minut magnetickým míchadlem. Roztok radikálu byl zfiltrován přes vatku do kádinky a k roztoku se dále přidal pufr, až byla absorbance 0,7 při vlnové délce 734 nm. Kalibrační křivka byla sestavena z těchto roztoků askorbové kyseliny o koncentracích 1,25; 0,625 až 0,002441406 µg/ml.

Brambory byly nastrouhány na keramickém struhadle, nastrouhaná hmota byla vymačkána přes celulózu a poté byla přefiltrována přes vatku. Vzorky se nechaly 5 minut odstředit na centrifuze. Z odstředěných vzorků byly vzorky dále ředěny, a to 10x u vzorků žlutých brambor a 40x v případě vzorků fialových brambor. Poté bylo odpipetováno 20 µl naředěného vzorku a 200 µl radikálu ABTS do mikrotitrační destičky vždy v šesti opakováních. Slepý pokus byl vytvořen pomocí 20 µg vody a 200 µg radikálu. První měření bylo v 0 minutu, poté se měřilo 1 minutu a každých 5 minut po dobu 45 minut. Pro výpočet byli použity vzorky z 0 minuty.

## 4.6 Stanovení celkových polyfenolů TPC

Spektrofotometrické stanovení celkových fenolů s pomocí Folin-Ciocalteuova fenolového činidla. Měření absorbance bylo při vlnové délce 765 nm. Výsledky se uvádí jako mg gallové kyseliny na jednotku hmotnosti vzorku.

### 4.6.1 Postup

Do mikrotitrační destičky bylo napipetováno 100  $\mu\text{l}$  vody, poté bylo napipetováno 100  $\mu\text{l}$  vzorku (vzorky fialových odrůd byly 40x ředěny a vzorky žlutých odrůd byly 10x ředěny), zamícháno a odebráno 100  $\mu\text{l}$  roztoku, který se tímto způsobem naředil. Poté bylo přidáno 25  $\mu\text{l}$  Folin-Ciocalteuova fenolového činidla a 10 minut mícháno. Na závěr bylo přidáno 75  $\mu\text{l}$  12%  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Kalibrační křivka byla vytvořena z koncentrací gallové kyseliny od 200  $\mu\text{l}$  do 0,19  $\mu\text{l}$ .

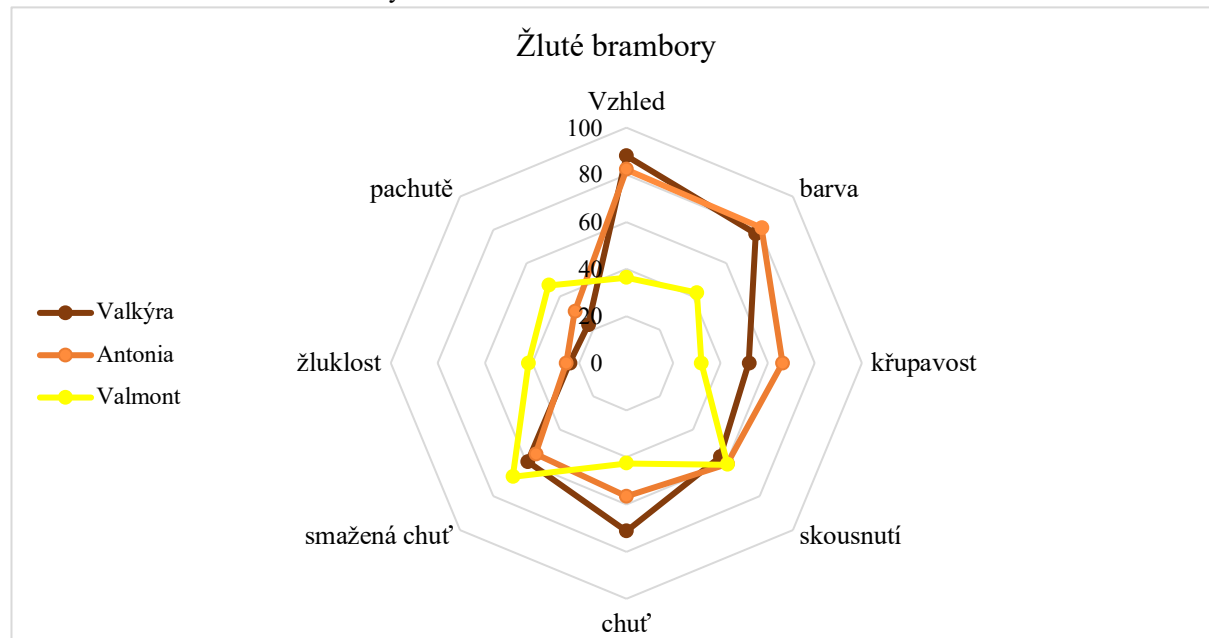
## 4.7 Statistické metody

Výsledky analýz a odpovědi senzorického panelu byly statisticky vyhodnoceny v programu Statistica 12 (StatSoft, Inc.) metodou ANOVA a následně pomocí Scheffeho testu při zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Dle této metody se hodnotí, zda je statisticky významný rozdíl ve sledovaných parametrech. Posuzovány byly tyto parametry: vzhled, barva, křupavost, chuť, intenzita smažené chuti, žluklá příchuť a ostatní pachutě. Dále byly výsledky zpracovány metodou analýzy hlavní komponenty (PCA) a hierarchickým shlukováním.

## 5 Výsledky

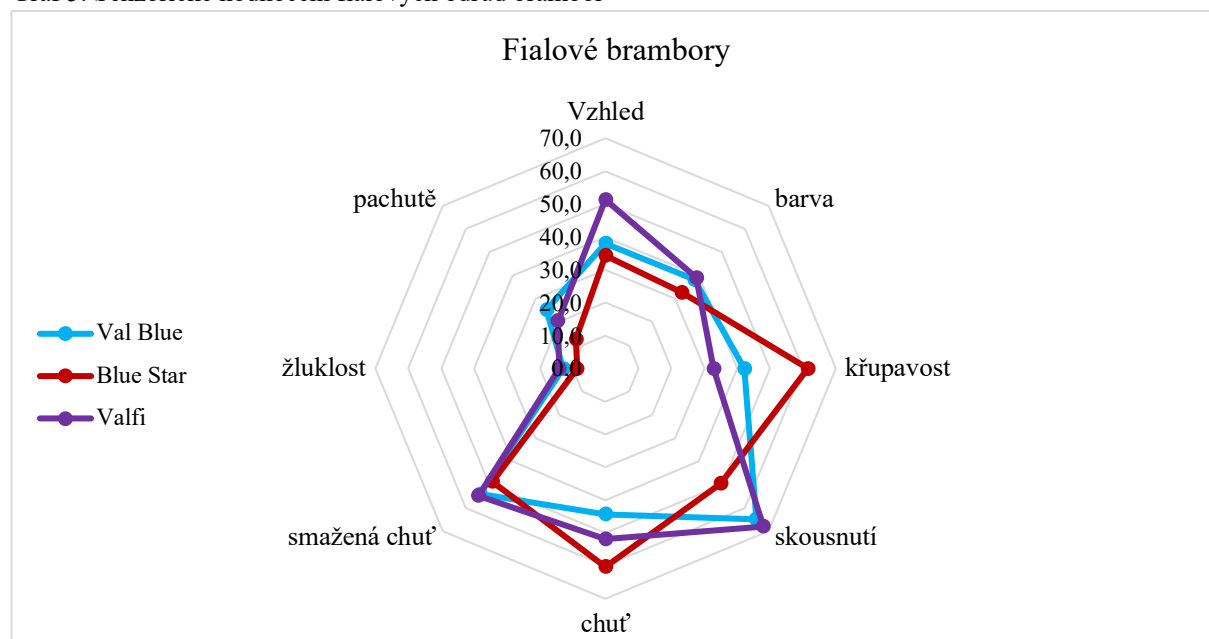
### 5.1 Senzorické zhodnocení hranolků

Graf 4: Senzorické zhodnocení žlutých odrůd brambor



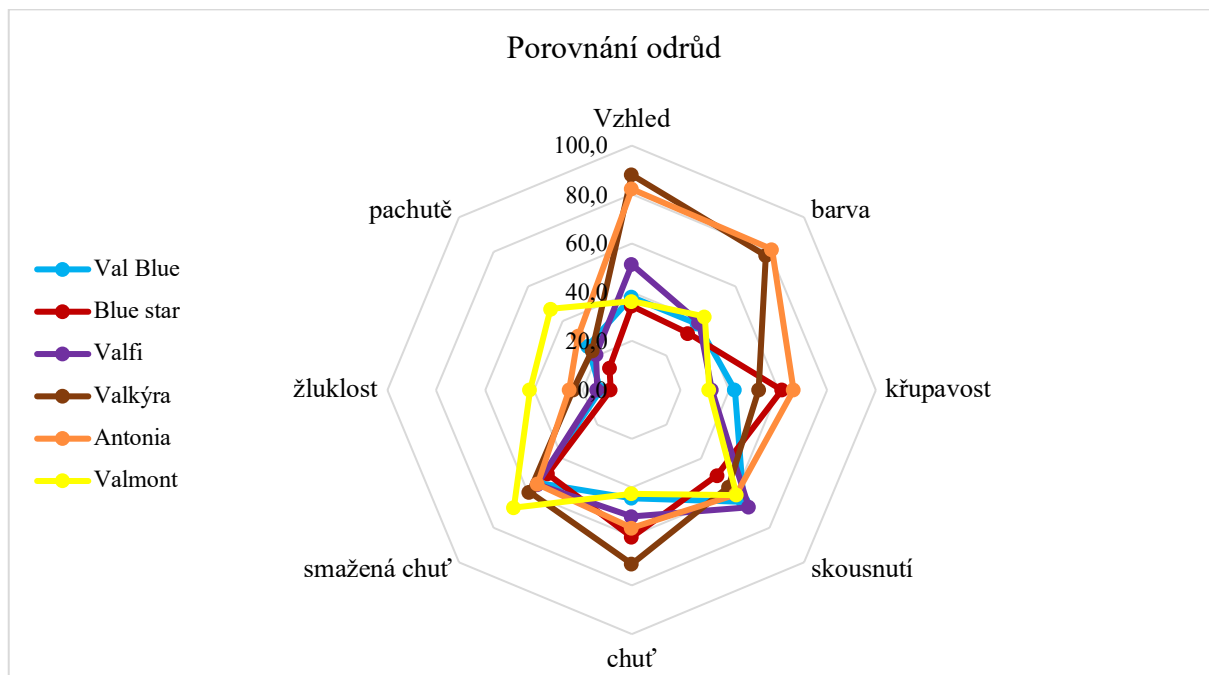
Z grafu 4 je patrné, že nejvíce vzhledově i chuťově přijatelná je odrůda brambor Valkýra, u které je zaznamenána i nízká intenzita žluklé chuti a ostatních pachutí. V případě odrůdy Antonia jsou hodnoty sensorického hodnocení podobné, ale v parametru křupavost jsou hodnoceny jako vláčnější. Naopak odrůda Valmont byla hodnotiteli vyhodnocena jako nejméně přijatelná. Zejména díky žluklé chuti a ostatním pachutím.

Graf 5: Senzorické hodnocení fialových odrůd brambor



Výsledky senzoričkého hodnocení fialových odrůd byly u všech vzorků podobné dle grafu 5. Avšak jsou mezi nimi odlišnosti ve vzhledu u odrůdy Valfi, která byla hodnocena v tomto parametru nejlépe. Dále odrůda Blue Star byla vyhodnocena jako nejvíce křupavá a chuťově přijatelná. U všech druhů brambor byla smažená chuť velmi výrazná, naopak intenzita žluklé příchuti byla nepatrná.

Graf 6: Senzorické hodnocení odrůd



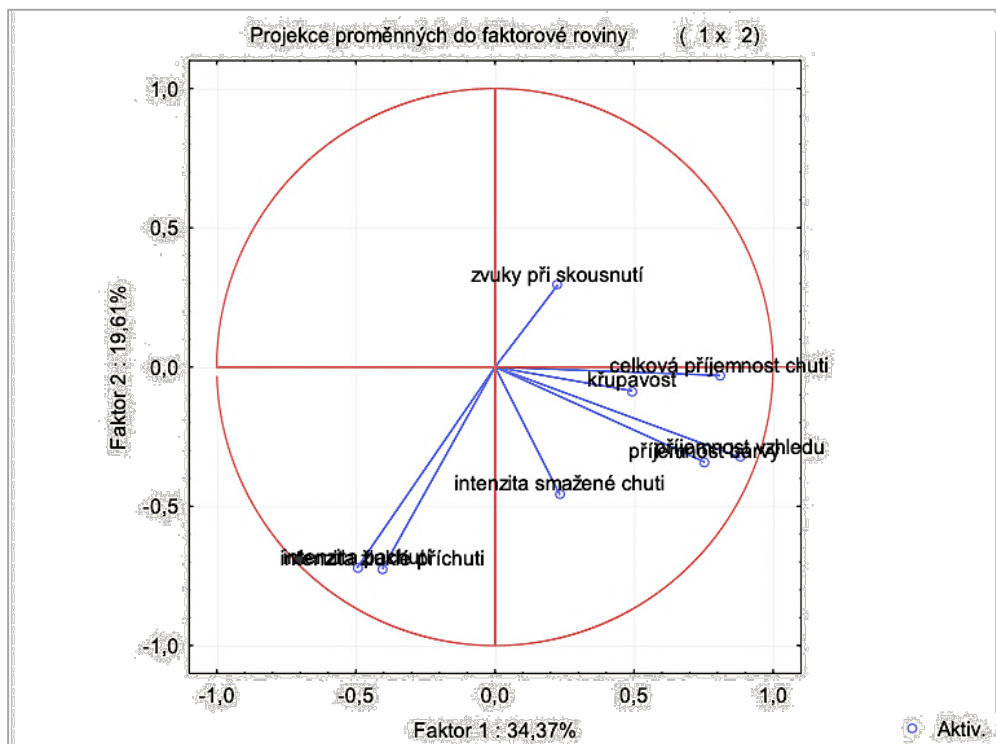
V grafu 6 je rozeznatelný rozdíl ve vzhledu mezi žlutými a fialovými odrůdami brambor, kdy výrazně lépe jsou hodnoceny odrůdy žluté. Stejný trend je pozorován i v barvě, což můžeme vidět i na obrázku 4 a 5 a potvrzuje to i výpočet korelací (Příloha 3) senzoričkových parametrů  $r = 0,8660$ , kde je velmi silná korelace mezi vzhledem a příjemností barvy a také spolu úzce souvisí intenzita žluklých chutí a ostatních pachutí (Obrázek 6). V případě křupavosti byly odrůdy Antonia a Blue Star hodnoceny jako nejvíce uspokojivé, jedná se o zástupce žlutých i fialových odrůd. Nejvíce akceptovatelná odrůda z hlediska chuti, ale i celkového hodnocení, byla žlutá odrůda Valkýra. Naopak odrůda Valmont byla hodnotiteli posouzena jako nejméně přijatelná ve všech stanovených kritériích.



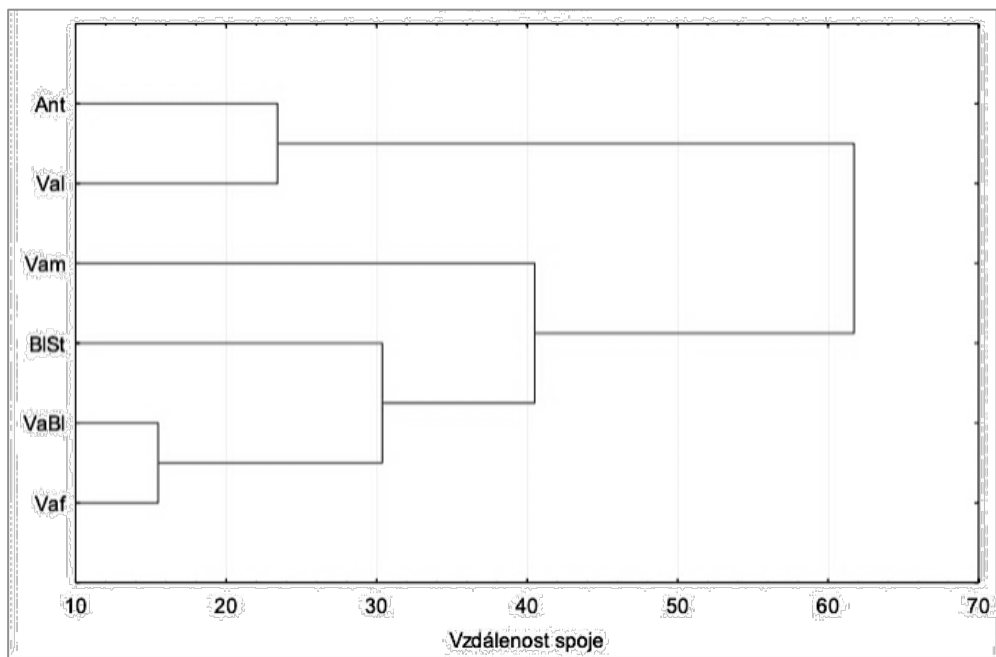
Obrázek 4: Hranolky ze žlutých odrůd brambor



Obrázek 5: Hranolky z fialových odrůd brambor



Obrázek 6: Analýza hlavních komponent



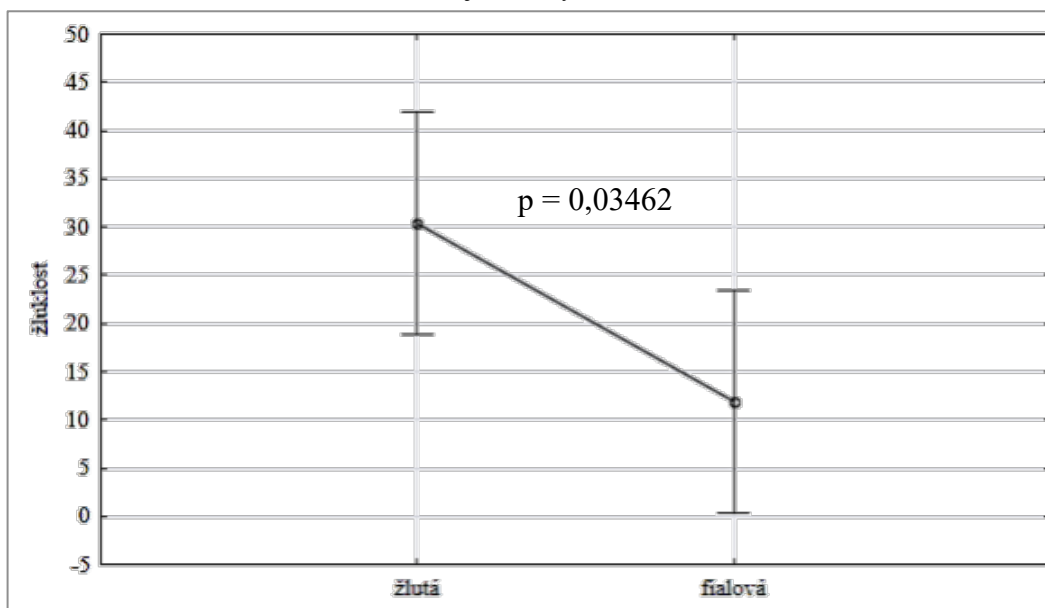
Obrázek 7: Výsledky hierarchického shlukování jednotlivých odrůd na základě jejich senzoričného hodnocení

Dle obrázku 7 je patrné, že fialové odrůdy Val Blue a Valfi jsou si nejméně podobné. Těmto dvěma odrůdám je pak nejbližší třetí fialová odrůda odrůda Blue Star. Naopak nejméně podobné s touto skupinou si jsou žluté odrůdy Antonia a Valkýra.

### 5.1.1 Statistické vyhodnocení

Dle statistického vyhodnocení je patrné, že nebyly statisticky významné rozdíly mezi barvou odrůdy brambor v parametrech barva, vzhled, křupavost, zvuky při prvním skousnutí, intenzita smažené chuti, ostatních pachutí a celkové chuti hranolků. Byl ale zjištěn statisticky průkazný rozdíl ( $p=0,03462$ ) v intenzitě žluklé chuti v závislosti na barvě odrůdy brambor (Graf 7).

Graf 7: Senzorické hodnocení žluklé chuti jednotlivých odrůd

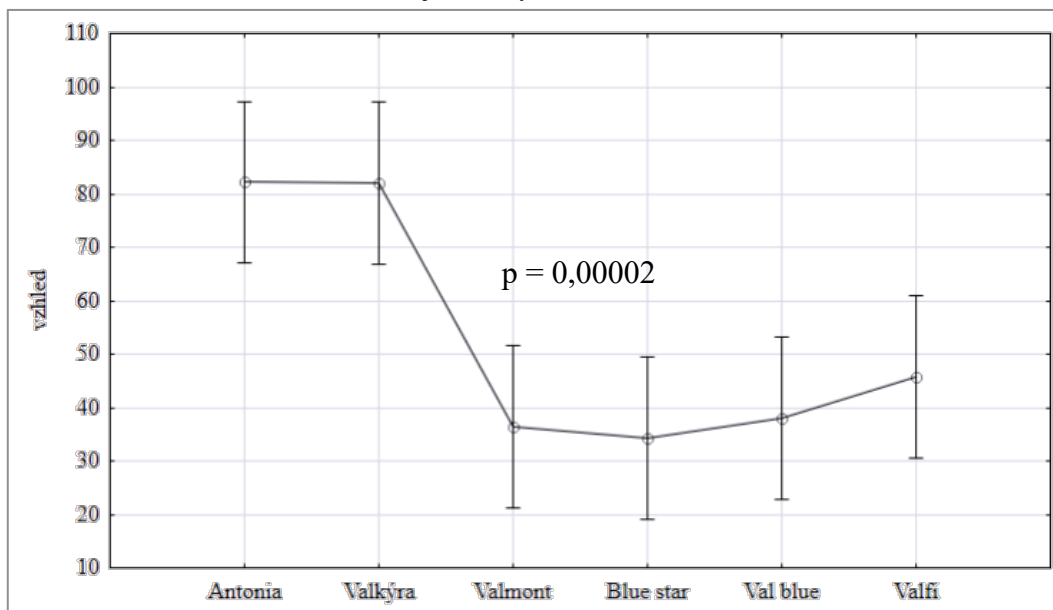


Dále byly hodnoceny rozdíly v jednotlivých sensorických parametrech v závislosti na jednotlivých konkrétních odrůdách. Rozdíly v celkové chuti, intenzitě žluklé chuti, zvuků při skousnutí, smažené chuti a pachutí nebyly statisticky významné. U vzhledu byly statisticky průkazné rozdíly mezi odrůdou Antonia a odrůdami Valmont, Blue Star a Val Blue (Tabulka 6 a Graf 8). A mezi odrůdou Valkýra a odrůdami Valmont, Blue Star, Val Blue. Jak odrůda Antonia, tak odrůda Valkýra byly sensorickým panelem hodnoceny jako nejvíce vyhovující. Valmont (žlutá odrůda) byla hodnocena spolu s fialovými odrůdami negativně, to lze přisuzovat velice tmavému zabarvení hranolků v důsledku smažení.

Tabulka 6: Statisticky průkazné rozdíly ve vzhledu jednotlivých odrůd (Scheffého test)

	Antonie	Valkýra	Valmont	Blue star	Val blue	Valfi
Antonie		1,000000	0,008662	0,005552	0,012458	0,061141
Valkýra	1,000000		0,008986	0,005764	0,012914	0,063084
Valmont	0,008662	0,008986		0,999985	0,999994	0,973984
Blue star	0,005552	0,005764	0,999985		0,999705	0,941720
Val blue	0,012458	0,012914	0,999994	0,999705		0,988992
Valfi	0,061141	0,063084	0,973984	0,941720	0,988992	

Graf 8: Senzorické hodnocení vzhledu jednotlivých odrůd



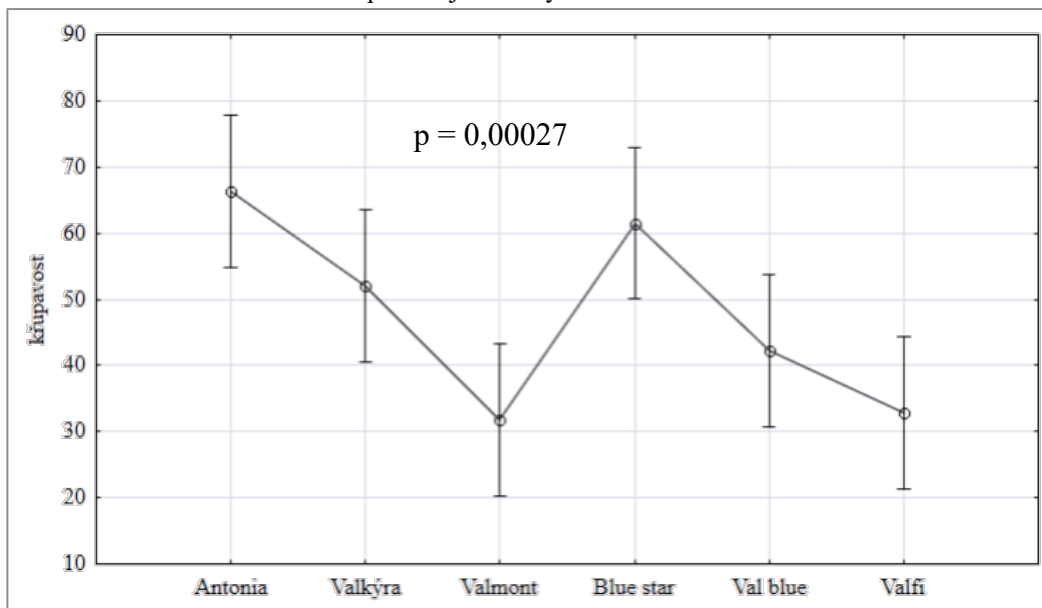
Z tabulky 7 vyplývá, že je statisticky průkazný rozdíl ( $p=0,00027$ ) v křupavosti mezi jednotlivými odrůdami. Konkrétně (Graf 9) odrůda Antonia byla křupavější než odrůdy Valmont a Valfi, dále pak křupavější byla odrůda Blue Star opět vůči odrůdě Valmont a Valfi. Lze tedy předpokládat, že křupavost nesouvisí s barvou hlíz brambor, ale závisí na obsahu jiných látek, např. sacharidů či vody.

Tabulka 7: Statisticky průkazné rozdíly v křupavosti jednotlivých odrůd (Scheffého test)

	<b>Antonie</b>	<b>Valkýra</b>	<b>Valmont</b>	<b>Blue star</b>	<b>Val blue</b>	<b>Valfi</b>
<b>Antonie</b>		0,664186	<b>0,009198</b>	0,995735	0,133956	<b>0,012263</b>
<b>Valkýra</b>	0,664186		0,296208	0,917480	0,905664	0,351046
<b>Valmont</b>	<b>0,009198</b>	0,296208		<b>0,035207</b>	0,886144	0,999998
<b>Blue star</b>	0,995735	0,917480	<b>0,035207</b>		0,341539	<b>0,045679</b>
<b>Val blue</b>	0,133956	0,905664	0,886144	0,341539		0,923028
<b>Valfi</b>	<b>0,012263</b>	0,351046	0,999998	<b>0,045679</b>	0,923028	



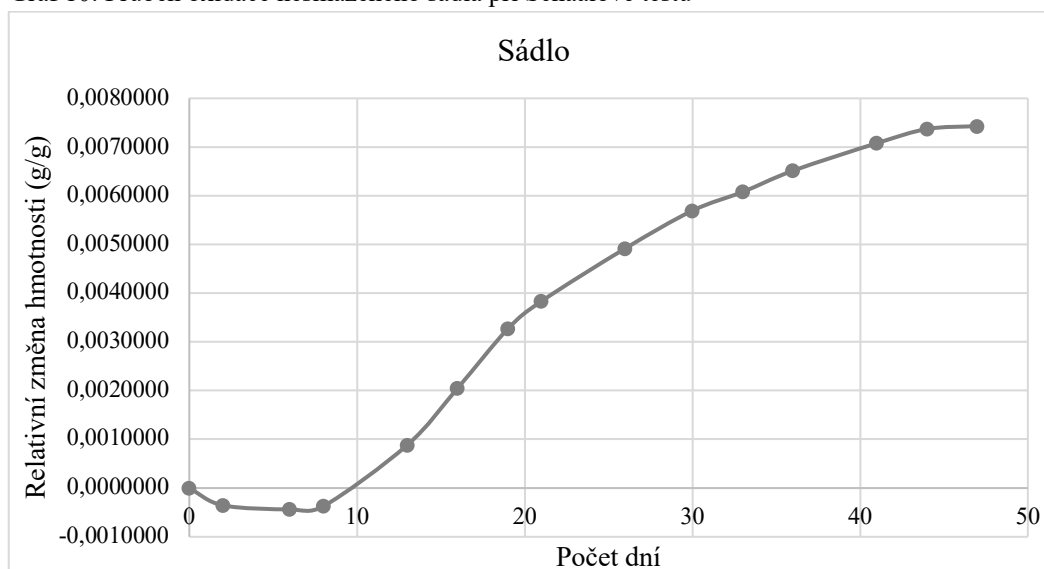
Graf 9: Senzorické hodnocení křupavosti jednotlivých odrůd



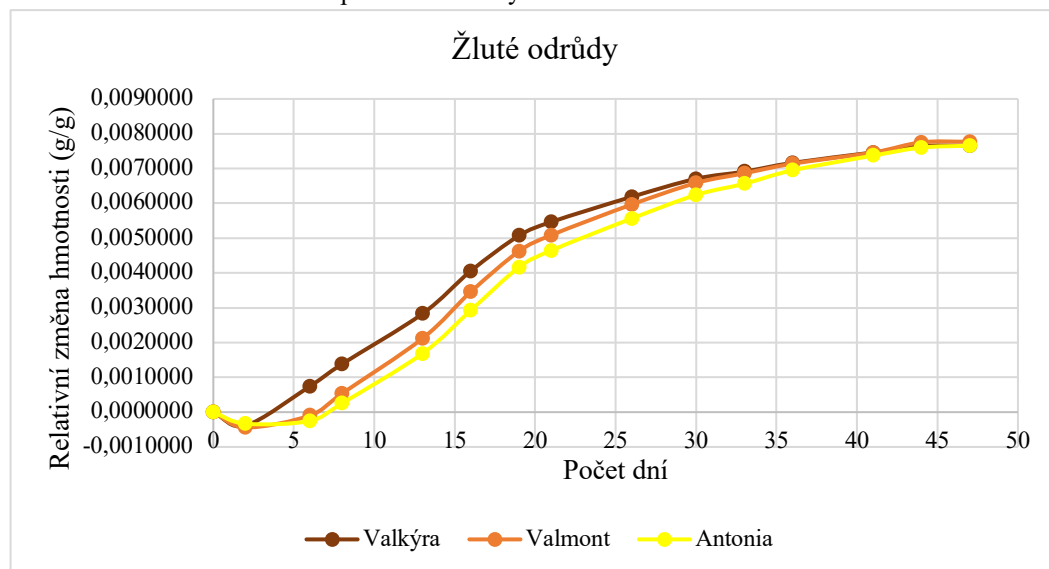
## 5.2 Schaalův test

Jako smažicí medium bylo použito vepřové sádlo, kvůli předpokládanému minimálnímu obsahu přírodních antioxidantů v porovnání s rostlinnými oleji. Pomocí infukční periody IP, která byla odečtena z grafů (Grafy 10, 11, 12) závislosti relativních změn hmotností na čase, byl vypočten protekční faktor PF vůči nesmaženému sádlu (Tabulka 8).

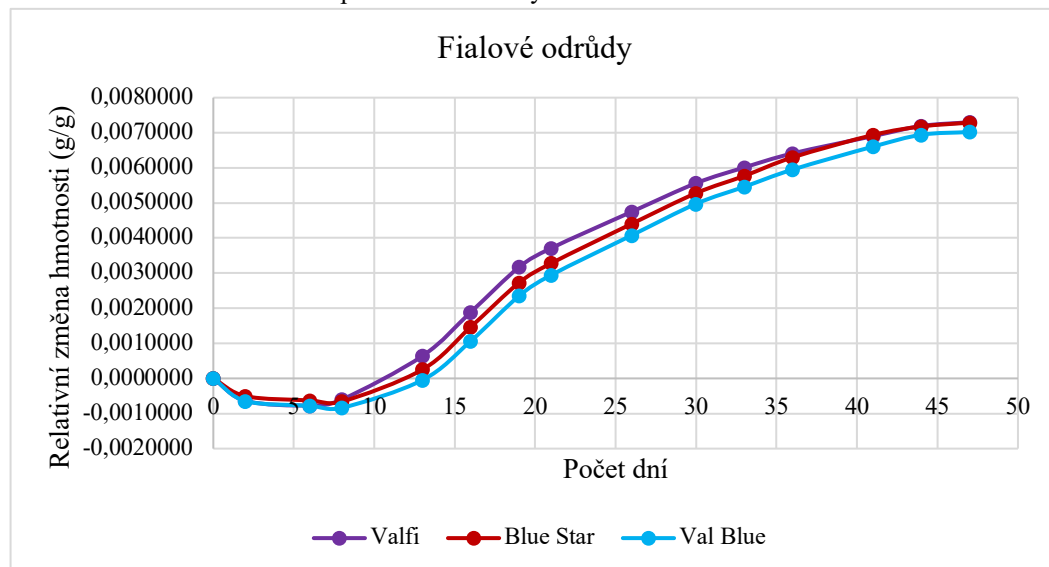
Graf 10: Průběh oxidace nesmaženého sádla při Schaalově testu



Graf 11: Průběh oxidace sádla po smažení žlutých odrůd



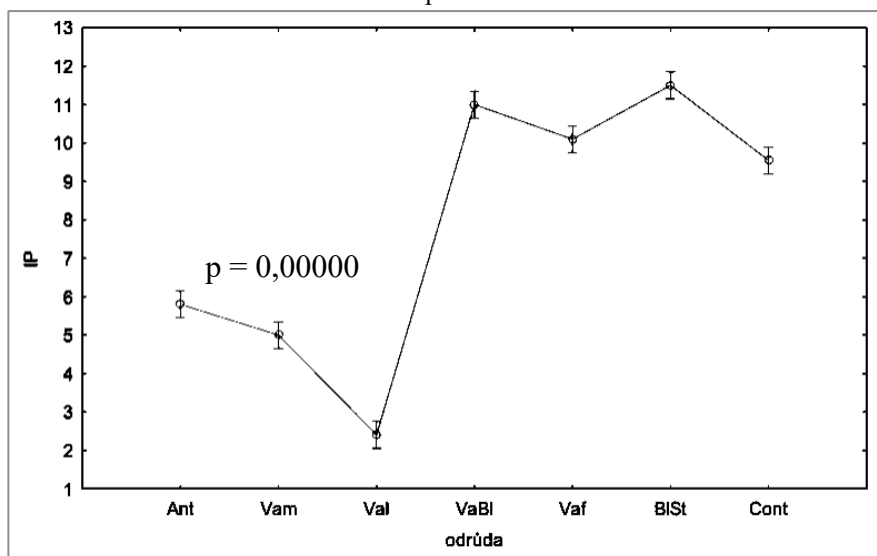
Graf 12: Průběh oxidace sádla po smažení fialových odrůd



Tabulka 8: Indukční perioda a protekční faktor nesmaženého sádla a sádel po smažení brambor

Sádlo	Indukční perioda IP (dny)	Protekční faktor PF
Sádlo nesm.	9,6	-
Valkýra	2,4	0,25
Valmont	5,0	0,52
Antonia	5,8	0,60
Valfi	10,1	1,05
Blue Star	11,0	1,15
Val Blue	11,5	1,20

Graf 13: IP nesmaženého sádla a sádla po smažení brambor



Z grafu 13 i z tabulky 9 je patrné, že jsou staticky průkazné rozdíly mezi většinou odrůd v hodnotách indukčních period. Průkazné rozdíly nebyly pouze mezi odrůdami Antonia a Valmont, Val Blue a Valfi, Val Blue a Blue Star, jakož i mezi Valfi a nesmaženým sádlem. Je zde zároveň patrná odlišnost mezi vzorky sádla po smažení hranolků ze žlutých brambor a hranolků z fialových odrůd spolu s kontrolním nesmaženým sádlem.

Tabulka 9: Statisticky průkazné rozdíly v IP a jednotlivých odrůd (Scheffého test)

	Antonia	Valmont	Valkýra	Val Blue	Valfi	Blue Star	Cont
Antonia		0,133365	0,000032	0,000002	0,000007	0,000001	0,000017
Valmont	0,133365		0,000193	0,000001	0,000002	0,000000	0,000004
Valkýra	0,000032	0,000193		0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Val Blue	0,000002	0,000001	0,000000		0,082413	0,513599	0,007282
Valfi	0,000007	0,000002	0,000000	0,082413		0,008893	0,421025
Blue Star	0,000001	0,000000	0,000000	0,513599	0,008893		0,001226
Cont	0,000017	0,000004	0,000000	0,007282	0,421025	0,001226	

### 5.3 Antioxidační kapacita sádla DPPH

Od slepého pokusu (Blank = 1,311) bylo nutné odečíst naměřené absorbance vzorků a standardů (Tabulky 10, 11, 12). Následně byla vytvořena kalibrační křivka (Graf 14) standardních roztoků  $\alpha$ -tokoferolu.

Tabulka 10: Absorbance sádla ze žlutých odrůd

Vzorek	Ant 1	Ant 2	Ant 3	Vam 1	Vam 2	Vam 3	Val 1	Val 2	Val 3
Absorbance	1,307	1,310	1,308	1,309	1,305	1,268	1,268	1,276	1,244

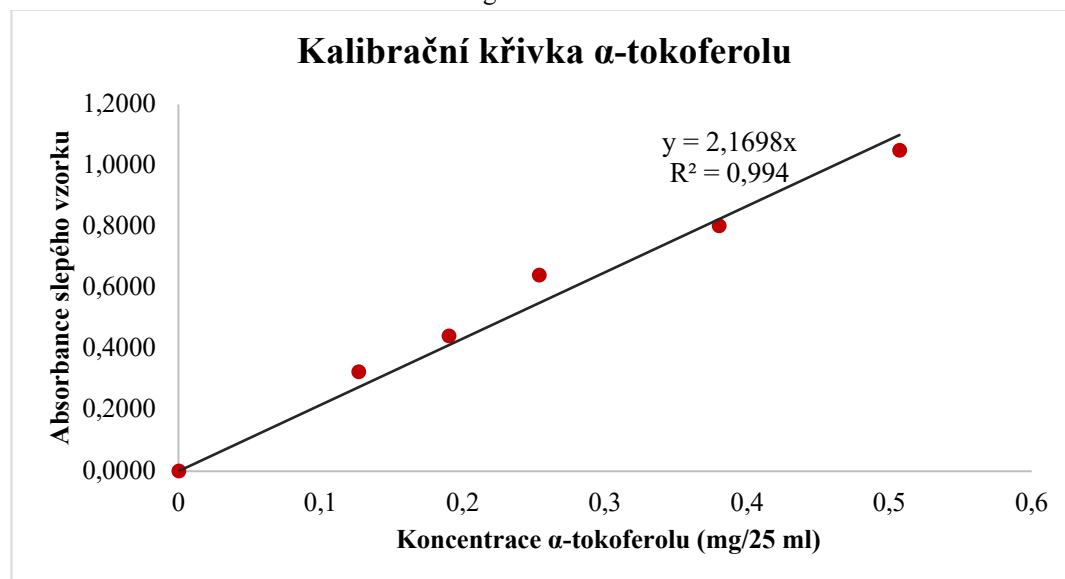
Tabulka 11: Absorbance sádla z fialových odrůd

Vzorek	VB 1	VB 2	VB 3	Vaf 1	Vaf 2	Vaf 3	BS 1	BS 2	BS 3
Absorbance	1,260	1,268	1,268	1,308	1,284	1,276	1,300	1,299	1,298

Tabulka 12: Absorbance sádla a slepého pokusu

Vzorek	Sádlo 1	Sádlo 2	Sádlo 3	Blank 1	Blank 2	Blank 3
Absorbance	1,222	1,252	1,229	1,323	1,301	1,31

Graf 14: Kalibrační křivka  $\alpha$ -tokoferolu v mg/25 ml



Tabulka 13: Antioxidační kapacita sádla

Odrůda	Průměr (mg/kg)	Sd
Ant	3,2	0,6
Vam	3,8	2,7
Val	32,5	4,2
VB	40,8	3,3
Vaf	26,9	5,6
BS	11	1
Sádlo	76,1	7,2

Z výsledků v tabulce 13 vyplývá, že fialové odrůdy mají vyšší antioxidační kapacitu (11–40,8 mg/kg), než odrůdy žluté, výjimkou je však žlutá odrůda Valkýra s hodnotou 32,5 mg/kg. Odlehlé hodnoty byly vyloučeny. Některé naměřené hodnoty absorbcí vzorků byly hodně blízké hodnotám absorbcí slepého pokusu, což svědčí o tom, že jejich antioxidační aktivita byla velmi nízká.

Z naměřených hodnot bylo dále možno vypočítat antioxidační aktivitu v procentech. Dle tabulky 14 vykazovalo největší antioxidační aktivitu čisté sádlo (5,85 %). Dále 3,69 % měla odrůda žlutých brambor Valkýra a s 3,48 % odrůda fialových brambor Val Blue. Naopak nejmenší antioxidační kapacitu měla odrůda žlutých brambor Antonia (0,20 %). Některé hodnoty antioxidační aktivity vykazují velký rozptyl v rámci jedné odrůdy, měření ale nebylo možno z technických důvodů (nedostatek a neúdržnost vzorků) zopakovat.

Tabulka 14: Antioxidační aktivita v %

Vzorek	DPPH (%)	Průměrná hodnota (%)
Ant 1	0,305	
Ant 2	0,076	0,20
Ant 3	0,229	
Vam 1	0,153	
Vam 2	0,458	1,30
Vam 3	3,280	
Val 1	3,280	
Val 2	2,670	3,69
Val 3	5,111	
VB 1	3,890	
VB 2	3,280	3,48
VB 3	3,280	
Vaf 1	0,229	
Vaf 2	2,059	1,65
Vaf 3	2,670	
BS 1	0,839	
BS 2	0,915	0,92
BS 3	0,992	
Sádlo 1	6,789	
Sádlo 2	4,500	5,85
Sádlo 3	6,255	

#### 5.4 Antioxidační kapacita brambor ABTS

Z naměřených absorbancí vzorků (Tabulky 15 a 16) bylo nutné odečíst slepý pokus (Blank = 1,383). Každý vzorek byl měřen ve dvou opakováních. Následně byla vytvořena kalibrační křivka (Graf 15) askorbové kyseliny (AK) a byla spočtena antioxidační aktivita vzorků bramborové šťávy (Tabulka 17) a procentuální hodnota antioxidační aktivity (Tabulka 18). Naměřené hodnoty absorbancí vzorků byly poměrně vysoké a málo odlišné od nulového vzorku. Z tohoto důvodu by bylo bývalo potřeba zvolit menší ředění vzorků, aby proměřovaná hodnota absorbance byla více odlišná od nulového vzorku, ideálně v rozmezí 0,1 až 1,0. Nepříliš velké rozdíly v absorbancích paralelních měření se zároveň projeví jako velké rozdíly ve výsledných hodnotách antioxidační aktivity vzorků. Měření ale nebylo bohužel možné z technických důvodů (nedostatek a neúdržnost vzorků) zopakovat.

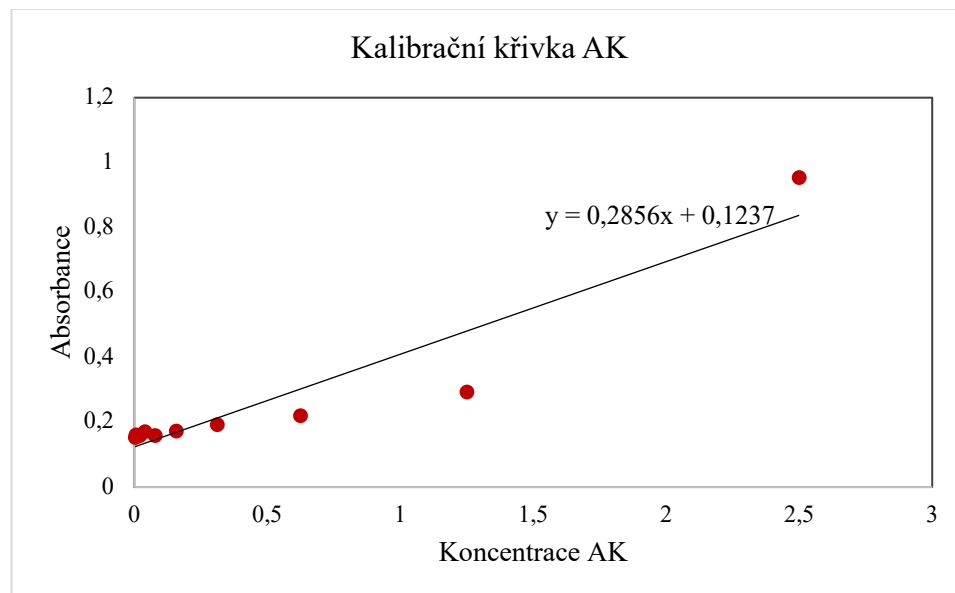
Tabulka 15: Absorbance vzorků fialových brambor ABTS

Vzorek	BS 1	BS 2	VB 1	VB 2	Vaf 1	Vaf 2
Absorbance	1,174	1,204	1,178	1,201	1,220	1,219

Tabulka 16: Absorbance vzorků žlutých brambor ABTS

Vzorek	Ant 1	Ant 2	Vam 1	Vam 2	Val 1	Val 2
Absorbance	1,181	1,141	1,181	1,190	1,178	1,192

Graf 15: Kalibrační křivka AK



Tabulka 17: Antioxidační kapacita ABTS

Vzorek	( $\mu\text{g AK/1 ml}$ )	Průměrná hodnota
Ant 1	4,233	6,088
Ant 2	7,944	
Vam 1	4,177	3,758
Vam 2	3,340	
Val 1	4,465	3,805
Val 2	3,144	
BS 1	19,386	13,786
BS 2	8,186	
VB 1	17,786	13,526
VB 2	9,265	
Vaf 1	2,121	2,307
Vaf 2	2,493	

Z tabulky 17 vyplývá, že fialové brambory mají vyšší antioxidační aktivitu než brambory žluté. Konkrétně odrůdy Blue Star a Val Blue dosahují nejvyšších hodnot (13,786 a 13,526 mg AK/1 ml). Avšak nejnižší hodnota byla naměřena také u fialové odrůdy Valfi.

Tabulka 18: Antioxidační aktivita brambor v %

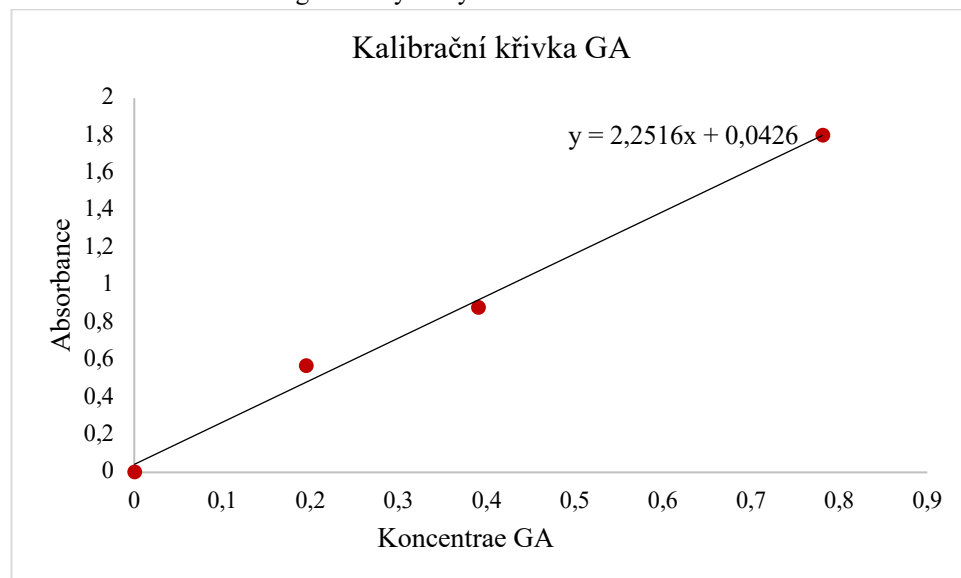
<b>Vzorek</b>	<b>ABTS (%)</b>	<b>Průměrná hodnota (%)</b>
<b>Ant 1</b>	14,63	
<b>Ant 2</b>	17,52	16,08
<b>Vam 1</b>	14,59	
<b>Vam 2</b>	13,94	14,27
<b>Val 1</b>	14,82	
<b>Val 2</b>	13,79	14,38
<b>BS 1</b>	58,64	
<b>BS 2</b>	56,47	57,56
<b>VB 1</b>	58,33	
<b>VB 2</b>	56,68	57,51
<b>Vaf 1</b>	55,29	
<b>Vaf 2</b>	55,36	55,33

Protože byly vzorky fialových brambor ředěny 40x a vzorky žlutých brambor jen 10x, byla transmitance vzorků fialových brambor vynásobena 4, aby bylo možno porovnat hodnoty antioxidační kapacity se žlutými bramborami. Takto získané výsledky vykazují téměř 4x větší antioxidační aktivitu fialových brambor oproti žlutým. Výsledek ale může být zkreslen již výše uvedeným konstatováním, že proměřované roztoky byly hodně zředěné a měly hodnoty absorbance blízké nulovému vzorku. Z tabulky 18 je patrné, že nejvyšší hodnoty antioxidační kapacity byly u vzorku fialových brambor, konkrétně u odrůdy Blue Star (57,56 %).

## 5.5 Stanovení celkového množství fenolů TPC

Byla sestavena kalibrační křivka (Graf 16) pro gallovou kyselinu (GA), následně byly naměřené hodnoty absorbance vzorků (Tabulka 19, 20) vypočítány pomocí rovnice křivky.

Graf 16: kalibrační křivka gallové kyseliny



Tabulka 19: Absorbance fialových brambor TPC

Vzorek	BS 1	BS 2	VB 1	VB 2	Vaf 1	Vaf 2
<b>Absorbance</b>	0,519	0,5253	0,433	0,4582	0,2738	0,2997

Tabulka 20: Absorbance žlutých brambor TPC

Vzorek	Vam 1	Vam 2	Ant 1	Ant 2	Val 1	Val 2
<b>Absorbance</b>	1,0624	1,0914	1,0826	1,3018	1,3467	1,3414

Tabulka 21: Obsah celkových fenolů v bramborách

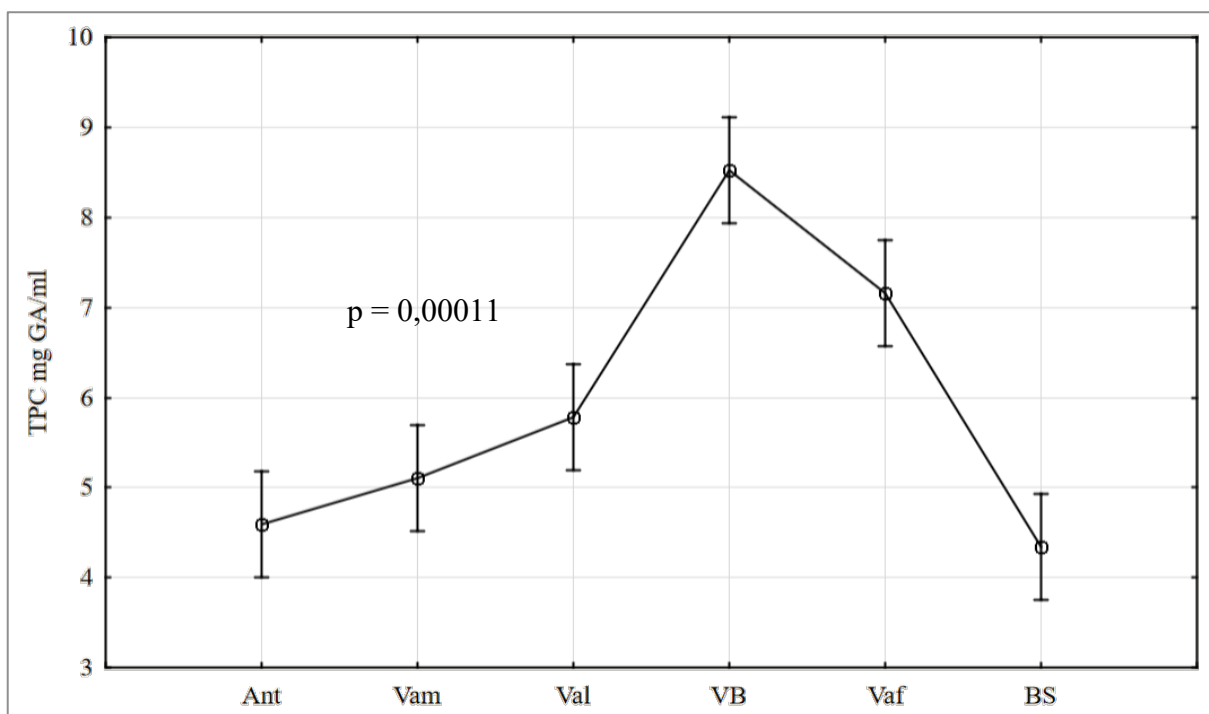
Vzorek	TPC (mg GA/ml)	Průměrná hodnota
Ant 1	4,529	
Ant 2	4,658	4,594
Vam 1	4,619	
Vam 2	5,592	5,106
Val 1	5,792	
Val 2	5,768	5,780
VB 1	8,463	
VB 2	8,575	8,519
Vaf 1	6,936	
Vaf 2	7,383	7,159
BS 1	4,107	
BS 2	4,567	5,337

Z tabulky 21 je patrné, že nejvyšší obsah celkových fenolů byl u fialových odrůd Val Blue (8,519 mg GA/ml) a Valfi (7,159 mg GA/ml). Naopak nejméně měla žlutá odrůda Antonia



(4,594 mg GA/ml). Vzorky fialových odrůd byly 40x ředěny, vzorky žlutých odrůd byly ředěny 10x.

Graf 17: Statistické zhodnocení obsahu celkových fenolů u jednotlivých odrůd



Tabulka 22: Statisticky průkazné rozdíly v obsahu celkových fenolů u jednotlivých odrůd (Scheffého test)

	<b>Antonia</b>	<b>Valmont</b>	<b>Valkýra</b>	<b>Val Blue</b>	<b>Valfi</b>	<b>Blue Star</b>
<b>Antonia</b>		0,798482	0,154570	<b>0,000500</b>	<b>0,005090</b>	0,984699
<b>Valmont</b>	0,798482		0,594827	<b>0,001093</b>	<b>0,015641</b>	0,480068
<b>Valkýra</b>	0,154570	0,594827		<b>0,003610</b>	0,089666	0,075168
<b>Val Blue</b>	<b>0,000500</b>	<b>0,001093</b>	<b>0,003610</b>		0,094823	<b>0,000349</b>
<b>Valfi</b>	<b>0,005090</b>	<b>0,015641</b>	0,089666	0,094823		<b>0,003077</b>
<b>Blue Star</b>	0,984699	0,480068	0,075168	<b>0,000349</b>	<b>0,003077</b>	

Z grafu 17 i z tabulky 22 je patrné, že jsou staticky průkazné rozdíly mezi většinou odrůd v hodnotách obsahu celkových fenolů.

## 6 Diskuze

Hlavním cílem sensorického hodnocení bylo zjistit, zda je rozdíl v posuzovaných parametrech u odlišně zbarvených hlíz brambor. Žluté brambory byly respondenty označeny vzhledově a barvou jako přijatelnější, což je uvedeno ve statistickém vyhodnocení (Graf 8). To lze vysvětlit i zvyklostí populace na hranolky žluté barvy, které jsou datovány od 17. století (Randall 2014). Z výsledků vyplývá, že není statisticky významný rozdíl v chuti mezi jednotlivými odrůdami. Naopak fialové brambory měly nižší intenzitu pachutí a žluklé chuti. Z výsledků studie Kaspar et al. (2013) též vyplývá, že nebyl pozorován žádný významný rozdíl v celkové přijatelnosti u pečených žlutých a fialových odrůd brambor.

Výsledky ze Schaalova testu dokazují, že sádlo, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému záhřevu má vyšší IP než sádlo ze smažení žlutých hranolků. To je možné přisuzovat obsahu sirných aminokyselin, či vitamínu A i E v sádle, tyto vitamíny jsou považovány jako silné antioxidanty. Fialové odrůdy brambor inhibovaly oxidaci sádla dle indukční periody (10,1 až 11,5 dní) oproti žlutým odrůdám, u kterých byly hodnoty IP 2,4 až 5,8 dní. Lze tedy předpokládat, že potlačení oxidace tuků mohlo být zapříčiněno obsahem antioxidantů a dalších biologicky aktivních látek v bramborových hlízách, jejichž obsah bude ve fialových odrůdách vyšší. Brambory jsou dobrým zdrojem vitamínu C. Hejtmánková et al. (2009) uvádí, že žluté brambory mají vyšší obsah askorbové kyseliny, konkrétně bylo naměřeno 904–1190 mg/kg u žlutých odrůd a 573 do 925 mg/kg u barevných odrůd. Ve studii Lachman et al. (2005) naměřili v hlízách červených a fialových brambor 170–990 mg/kg askorbové kyseliny, což splňuje denní doporučenou dávku vitamínu, která je 100–200 mg/den, stejnou doporučenou denní dávku uvádí i ve studii Carr & Maggini (2017). Celkový obsah vitamínu C závisí na mnoha aspektech, včetně odrůdy, sklizně, ale i podmínek skladování, které snižuje obsah vitamínu (Tudela et al. 2002). Naše brambory byly před porovnáním antioxidační aktivity skladovány od léta 2019 do března 2020 a i po této době byly naměřené hodnoty antioxidační kapacity u fialových brambor vyšší než u žlutých (Tabulka 17). Největší ztráty vitamínu C byly pozorovány po smažení (90,42 %) (Tian et al. 2016). Schopnost retence vitamínu C se snižuje s dobou smažení a zvyšující se teplotou smažení (Lu et al. 2016). Tudíž lze předpokládat, že obsah vitamínu C nemá zásadní vliv na oddálení oxidace sádla oproti fenolovým sloučeninám. Obsah fenolových sloučenin z fialových brambor měl příznivý vliv na oxidaci lipidů i ve studii Nemš & Pęksa (2018). Ve studii Kita et al. (2013) uvádí, že fialové brambory jsou bohatým zdrojem polyfenolů, které jsou důležité pro lidské zdraví (Zhang & Tsao 2016). Ve fialových odrůdách je dle studie Ezeiel et al. (2013) až dvojnásobné množství fenolových součenin než ve žlutých odrůdách. Studie Wegener et al. (2009) také prokázala vyšší množství chlorogenové kyseliny u fialových odrůd než u žlutých kultivarů. Celkové naměřené množství fenolů bylo u fialových odrůd vyšší, nikoliv však dvojnásobně (Tabulka 21).

Jako smažicí médium bylo vybráno sádlo pro svůj nízký obsah antioxidantů. Lze se tedy domnívat, že na inhibici oxidace sádla během smažení neměl signifikantní vliv celkový obsah antioxidantů v něm obsažený. Nízký obsah antioxidantů v sádle potvrzují i výsledky metody DPPH (Tabulka 13 a 14). Sádlo, které bylo použito na smažení, mělo nižší antioxidační kapacitu než sádlo, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému záhřevu. Z důvodu nízkého obsahu antioxidantů v sádle by bylo vhodné pro průmyslové smažení zvolit jako smažicí médium spíše olej rostlinného původu, zejména řepkový olej nebo směs rostlinných olejů.

Ve studii Dostalova et al. (2005) byl řepkový olej vyhodnocen jako stabilnější než vepřové sádlo a slunečnicový olej z důvodu nižšího obsahu polyenových kyselin a vysoké hladině  $\gamma$ -tokoferolu, oproti vepřovému sádlu a slunečnicovému oleji. To potvrzuje i studie Gertz et al. (2000). Naopak ve studii Aniołowska et al. (2016) měl řepkový olej po smažení vyšší hladinu aldehydů než směs rostlinných olejů (slunečnicový, řepkový, palmový olej).

## 7 Závěr

Hranolky z fialových odrůd brambor byly respondenty uvedeny jako nejméně vyhovující, co se barvy a vzhledu týče. To lze i připisovat k dlouholeté tradici hranolek, připravujících se ze žlutých hlíz. Vzhledem k tomu, že mezi fialovými a žlutými hranolkami nebyl statisticky průkazný rozdíl v chuti hranolek, mohlo by se jednat o potencionální náhradu tradičně žlutých hranolek. Obyvatelstvo by však muselo být informováno o vyšším obsahu zdraví prospěšných látek u fialových brambor a přijmout, že nevzhledné hranolky jsou zdravotně lepší alternativou.

Fialové odrůdy brambor mají oproti žlutým odrůdám vyšší obsah antioxidantů, zejména vitamínu C a karotenoidů. Lze konstatovat, že obsah těchto biologicky aktivních látek má pravděpodobně vliv na inhibici oxidace lipidů. Během oxidace tuků dochází k vytváření primárních a sekundárních vedlejších produktů v závislosti na typu mastných kyselin, dostupnosti kyslíku, ale i přítomnosti antioxidantů. U fialových odrůd nastal významný rozvoj oxidace sádla mezi 10 a 11 dnem, oproti odrůdám žlutým s hodnotami indukčních period 2,4-5,8 dnů, což potvrzuje tuto hypotézu. Některé z produktů oxidace lipidů způsobují nežádoucí žluklé příchutě, jež byly respondenty detekovány v převládajícím množství u hranolek ze žlutých odrůd brambor.

Za posledních 20 let se celková konzumace brambor nezměnila. Lze však předpokládat, že do budoucna se konzumace fialových brambor zvýší, protože v dnešní společnosti se lidé stále více zajímají o potraviny a žádají si pestrost jídla. Proto by mohly být fialové hranolky možnou alternativou i k okolnostem, že obsahují vyšší obsah antioxidantů a mohou pozitivně působit na zpomalení oxidace smažícího média.

## 8 Literatura

- Aladedunye FA, Przybylski R. 2009. Degradation and Nutritional Quality Changes of Oil During Frying. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **86**:149-156.
- Andre CM, Legay S, Iammarino C, Ziebel J, Guignard C, Larondelle Y, Hausman J-francois, Evers D, Miranda LM. 2014. The Potato in the Human Diet: a Complex Matrix with Potential Health Benefits. *Potato Research: Journal of the European Association for Potato Research* **57**:201-214.
- Aniołowska M, Zahran H, Kita A. 2016. The effect of pan frying on thermooxidative stability of refined rapeseed oil and professional blend. *Journal of Food Science and Technology* **53**:712-720.
- Aniszewski T. 2007. *Alkaloids - secrets of life: Alkaloid chemistry, biological significance, applications and ecological role*. Elsevier Books, Nizozemsko.
- Baiano A, Del Nobile MA. 2016. Antioxidant Compounds from Vegetable Matrices: Biosynthesis, Occurrence, and Extraction Systems. *Critical reviews in food science and nutrition* **56**:2053-2068.
- Camire ME, Kubow S, Donnelly DJ. 2009. Potatoes and human health. *Critical Reviews in Food Science* **49**:823-840.
- Carr AC, Maggini S. 2017. Vitamin C and Immune Function. *Nutrients* **9**:1-25.
- Carrieri G, Anese M, Quarta B, De Bonis MV, Ruocco G. 2010. Evaluation of acrylamide formation in potatoes during deep-frying: The effect of operation and configuration. *Journal of food engineering* **98**:141-149.
- ČSÚ. 2020. Český statistický úřad – Spotřeba potravin 2018. ČSÚ, Česká republika. Available from <https://www.czso.cz/csu/czso/spotreba-potravin-2018> (accessed January 2020).
- Davídek J. 1977. *Laboratorní příručka analýzy potravin*. SNTL, Praha.
- Dostalova J, Hanzlik P, Reblova Z, Pokorny J. 2005. Oxidative changes of vegetable oils during microwave heating. *Czech journal of food sciences* **23**:230-239.
- Ezekiel R, Singh N, Sharma S, Kaur A. 2013. Beneficial phytochemicals in potato - a review. *Food Research International* **50**:487-496.
- Fan G, Han Y, Gu Z, Gu F. 2008. Composition and colour stability of anthocyanins extracted from fermented purple sweet potato culture. *LWT - Food Science and Technology* **41**:1412-1416.

- FAO. 2020. FAOSTAT: Compare data – Production. FAO, Rome. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#compare> (accessed January 2020).
- Fossen T, Ovstedal DO, Slimestad R, Andersen OM. 2003. Anthocyanins from a Norwegian potato cultivar. *Food chemistry* **81**:433-437.
- Friedman M. 2006. Potato glycoalkaloids and metabolites: Roles in the plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**:8655-8681.
- Gertz C, Klostermann S, Kochhar SP. 2000. Testing and comparing oxidative stability of vegetable oils and fats at frying temperature. *European Journal of Lipid Science and Technology* **102**:543-551.
- Ghobadi S, Akhlaghi M, Shams S. 2018. Acid and Peroxide Values and Total Polar Compounds of Frying Oils in Fast Food Restaurants of Shiraz, Southern Iran. *International Journal of Nutrition Sciences* **3**:25-30.
- Goyer A, Picard M, Hellmann HA, Mooney SL. 2019. Effect of low-temperature storage on the content of folate, vitamin B6, ascorbic acid, chlorogenic acid, tyrosine, and phenylalanine in potatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **99**:4842-4848.
- Gray JJ. 1978. Measurement of lipid oxidation: A review. *Journal of the American Oil Chemists Society* **55**:539-546.
- Grunenfelder LA, Knowles LO, Hiller LK, Knowles NR. 2006. Glycoalkaloid development during greening of fresh market potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **54**:5847-5854.
- Guo Q, Li F, Duan Y, Wen C, Wang W, Zhang L, Huang R, Yin Y. 2019. Oxidative stress, nutritional antioxidants and beyond. *Science China Life Sciences* **62**:1-9.
- Haase NU, Weber L. 2003. Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips. *Journal of Food Engineering* **56**:207-209.
- Hamouz K, Pazderů K, Lachman J, Kotíková Z, Čepel J. 2016. Effect of cultivar, flesh colour, locality and year on carotenoid content in potato tubers. *Plant, Soil and Environment* **62**:86-91.
- Hejtmánková K, Pivec V, Trnkova E, Hamouz K, Lachman J. 2009. Quality of Coloured Varieties of Potatoes. *Czech journal of food sciences* **27**:310-313.
- Hoza I, Sumczynski D, Lazárková Z, Budínský P. 2011. *Potravinářská biochemie I., 2.* Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně Academia centrum, Zlín.

- Hsu H-tsung, Chen M-jen, Tseng T-ping, Cheng L-hsin, Huang L-jen, Yeh T-sheng. 2016. Kinetics for the distribution of acrylamide in French fries, fried oil and vapour during frying of potatoes. *Food Chemistry* **211**:669-678.
- Huang X, Ahn DU. 2019. Lipid oxidation and its implications to meat quality and human health. *Food Science and Biotechnology* **28**:1275-1285.
- Jayanty S s., Diganta K, Raven B. 2019. Effects of Cooking Methods on Nutritional Content in Potato Tubers. *American Journal of Potato Research* **96**:183-194.
- Jiang Z, Xie W, Wang M, Zhang X, Chen C, Wang J, Li X. 2016. Purple potato (*Solanum tuberosum L.*) anthocyanins attenuate alcohol-induced hepatic injury by enhancing antioxidant defense. *Journal of Natural Medicines* **70**:45-53.
- Joyner NT, Mcintyre JE. 1938. The oven test as an index of keeping quality. *Oil* **15**:184-186.
- Kaspar KL, Park JS, Brown CR, Weller K, Ross CF, Mathison BD, Chew BP. 2013. Sensory Evaluation of Pigmented Flesh Potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *Food and Nutrition Sciences* **4**:77-81.
- Kim J, Bae H, Nam S-yong. 2019. Antioxidant and phenolic contents in potatoes (*Solanum tuberosum L.*) and micropropagated potatoes. *Applied Biological Chemistry* **62**:1-9
- Kita A, Bąkowska-barczak A, Hamouz K, Kułakowska K, Lisińska G. 2013. The effect of frying on anthocyanin stability and antioxidant activity of crisps from red- and purple-fleshed potatoes (*Solanum tuberosum L.*). *Journal of Food Composition and Analysis* **32**:169-175.
- Kita A, Tajner-czopek A, Peksa A, Rytel E, Lisińska G. 2011. Effect of antioxidants added to frying oil on content of acrylamide in fried potato products. *Food Science Technology Quality* **18**:37-46.
- Kohlmeier M. 2020. Impact of Genetic Variation on Vitamin C Status. 279-282 in Kohlmeier M editors. *Principles of Nutrigenetics and Nutrigenomics*. Elsevier Books, Nizozemsko.
- Kotíková Z, Hejtmánková A, Lachman J, Hamouz K, Trnková E, Dvořák P. 2007. Effect of selected factors on total carotenoid content in potato tubers (*Solanum tuberosum L.*). *Plant, Soil and Environment* **53**:355-360.
- Kotíková Z, Šulc M, Lachman J, Pivec V, Orsák M, Hamouz K. 2016. Carotenoid profile and retention in yellow-, purple- and red-fleshed potatoes after thermal processing. *Food Chemistry* **197**:992-1001.

- Kourouma V, Mu T-hua, Zhang M, Sun H-nan. 2019. Effects of cooking process on carotenoids and antioxidant activity of orange-fleshed sweet potato. *LWT-food science and technology* **104**:134-141.
- Lachman J, Hamouz K, Orsák M, Pivec V, Dvořák P. 2008. The influence of flesh colour and growing locality on polyphenolic content and antioxidant activity in potatoes. *Scientia Horticulturae* **117**:109-114.
- Lachman J, Orsák M, Hamouz K. 2005. Red and purple potatoes - A significant antioxidant source in human nutrition. *Chemicke Listy* **99**:474-482.
- Lachman J, Orsák M, Kotíková Z, Hamouz K. 2016. Carotenoids in potatoes - A short overview. *Plant, Soil and Environment* **62**:474-481.
- Lambert JD, Hong J, Yang GY, Liao J, Yang CS. 2005. Inhibition of carcinogenesis by polyphenols: evidence from laboratory investigations. *The American journal of clinical nutrition* **81**:284-291.
- Lupea AX, Pop M, Cacig S. 2008. Structure-radical scavenging activity relationships of flavonoids from *Ziziphus* and *Hydrangea* extracts. *Revista de chimie* **59**:309-313.
- Lu R, Yang Z, Song H, Zhang Y, Zheng S, Chen Y, Zhou N. 2016. The Aroma-Active Compound, Acrylamide and Ascorbic Acid Contents of Pan-Fried Potato Slices Cooked by Different Temperature and Time. *Journal of food processing and preservation* **40**:183-191.
- Machado RMD, Toledo MCF, Garcia LC. 2007. Effect of light and temperature on the formation of glycoalkaloids in potato tubers. *Food Control* **18**:503-508.
- Mottram D s., Wedzicha B l., Dodson A t. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* **419**:448-449.
- Navarre DA, Shakya R, Holden J, Kumar S. 2010. The Effect of Different Cooking Methods on Phenolics and Vitamin C in Developmentally Young Potato Tubers. *American Journal of Potato Research: The Official Journal of the Potato Association of America* **87**:350-359.
- Nemš A, Pęksa A. 2018. Polyphenols of coloured-flesh potatoes as native antioxidants in stored fried snacks. *LWT* **97**:597-602.
- Neveu V et al. 2010. Phenol-Explorer: an online comprehensive database on polyphenol contents in foods. *Database: The Journal of Biological Databases* **2010**:1-9.



- Nie X, Zhang G, Lv S, Guo H. 2018. Steroidal glycoalkaloids in potato foods as affected by cooking methods. *International Journal of Food Properties* **21**:1875-1887.
- Oner M, Wall M. 2012. Processing conditions for producing french fries from purple-fleshed sweetpotatoes. *Transactions of the asabe* **55**:2285-2291.
- Perla V, Holm DG, Jayanty SS. 2012. Effects of cooking methods on polyphenols, pigments and antioxidant activity in potato tubers. *LWT - Food Science and Technology* **45**:161-171.
- Randall S. 2014. The French fry. *Open House (0312-5998)*:12-12.
- Rytel E, Tajner-czopek A, Kita A, Kucharska AZ, Sokol-letowska A, Hamouz K. 2018. Content of anthocyanins and glycoalkaloids in blue-fleshed potatoes and changes in the content of -solanine and -chaconine during manufacture of fried and dried products. *International journal of food science and technology* **53**:719-727.
- Scalbert A, Johnston IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenols: antioxidants and beyond. *American journal of clinical nutrition* **81**:215-217.
- Siddiq M, Alam S, Shah H ullah, Iqbal Z, Siddiq K, Ahmad T. 2018. Sensory Evaluation of Olive and Palm Oil Blends During Frying of Potato Chips. *Sarhad Journal of Agriculture* **34**:690-695.
- Singer RF. 2011. Vitamin C supplementation in kidney failure: effect on uraemic symptoms. *Nephrology dialysis transplantation* **26**:614-621.
- Štípek S. 2000. *Antioxidanty a volné radikály ve zdraví a v nemoci*. Grada, Praha.
- Šulc M, Kotíková Z, Paznocht L, Pivec V, Hamouz K, Lachman J. 2017. Changes in anthocyanidin levels during the maturation of color-fleshed potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Food Chemistry* **237**:981-988.
- Tajner-czopek A, Rytel E, Aniołowska M, Hamouz K. 2014. Influence of French fries processing on the glycoalkaloid content in coloured-fleshed potatoes. *European food research and technology* **238**:895-904.
- Tian J, Chen J, Lv F, Chen S, Chen J, Liu D, Ye X. 2016. Domestic cooking methods affect the phytochemical composition and antioxidant activity of purple-fleshed potatoes. *Food Chemistry* **197**:1264-1270.
- Tsao R. 2010. Chemistry and Biochemistry of Dietary Polyphenols. *Nutrients* **2**:1231-1246.

- Tudela JA, Espín JC, Gil MI. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Postharvest Biology and Technology* **26**:75-84.
- Valcarcel J, Reilly K, Gaffney M, O'brien N. 2015. Total Carotenoids and l-Ascorbic Acid Content in 60 Varieties of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Grown in Ireland. *Potato Research: Journal of the European Association for Potato Research* **58**:29-41.
- Velíšek J. 2002. *Chemie potravin*. Osis, Tábor.
- Wang Z, Chen L, Pan C, Lu G, Wang W. 2017. The Effect of Different Cooking Methods on Volatile Compounds of Purple Potato. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association* **32**:128-133.
- Wegener CB, Jansen G, Jürgens H-U, Schütze W. 2009. Special quality traits of coloured potato breeding clones: Anthocyanins, soluble phenols and antioxidant capacity. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **89**:206-215.
- Xu J, Su X, Lim S, Griffin J, Carey E, Katz B, Tomich J, Smith JS, Wang W. 2015. Characterisation and stability of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato P40. *Food Chemistry* **186**:90-96.
- Zhang H, Tsao R. 2016. Dietary polyphenols, oxidative stress and antioxidant and anti-inflammatory effects. *Current Opinion in Food Science* **8**:33-42.

## 9 Seznam použitých zkratk

AA – Akrylamid

ABTS – 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)

AK – Askorbová kyselina

DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl

GA – Gallová kyselina

IP – Indukční perioda

MUFA – Monoenové – nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou

PF – Protekční faktor

PUFA – Polyenové – nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami

SFA – Nasycené mastné kyseliny

Žluté odrůdy brambor:

Ant – Antonia

Val – Valkýra

Vam – Valmont

Fialové odrůdy brambor:

BS – Blue Star

Vaf – Valfi

VB – Blue

## 10 Přílohy

Příloha 1: Senzorický dotazník

### HODNOCENÍ SMAŽENÝCH BRAMBOROVÝCH HRANOLKŮ

Jméno:

Číslo vzorku:

Datum:

ÚKOL: pozorujte a ochutnejte předložené hranolky, sousto dobře rozžvýkejte a ohodnoťte na grafické stupnici

VZHLED

Velmi špatný \_\_\_\_\_ Vynikající

BARVA

Špatná \_\_\_\_\_ Vynikající

KŘUPAVOST

Zcela vláčný \_\_\_\_\_ Křupavý

ZVUKY PŘI PRVNÍM SKOUSNUTÍ

Neslyšitelné \_\_\_\_\_ Velmi silné

CHUŤ CELKOVĚ

Velmi špatná \_\_\_\_\_ Vynikající

INTENZITA SMAŽENÉ CHUTI

Velmi silná \_\_\_\_\_ Neznatelná

ŽLUKLÁ PŘÍCHUŤ

Neznatelná \_\_\_\_\_ Převládající

INTENZITA PACHUTÍ CELKOVĚ

Neznatelná \_\_\_\_\_ Velmi silná

Poznámky:

Příloha 2: Výsledky senzorického dotazníku dle odrůd

<b>VALKÝRA</b>	Hodnotitel <b>1</b>	Hodnotitel <b>2</b>	Hodnotitel <b>3</b>	Hodnotitel <b>4</b>	Hodnotitel <b>5</b>	Hodnotitel <b>6</b>	<b>Průměr</b>
Vzhled	99	78	98	92	81	80	<b>88,0</b>
Barva	96	67	97	90	66	50	<b>77,7</b>
Křupavost	56	62	35	63	44	52	<b>52,0</b>
Skousnutí	87	44	85	54	35	32	<b>56,2</b>
Chuť	90	87	85	65	42	59	<b>71,3</b>
Smažená chuť	55	41	51	76	69	63	<b>59,2</b>
Žluklost	1	44	8	39	12	40	<b>24,0</b>
Pachutě	2	29	8	34	16	48	<b>22,8</b>

<b>ANTONIA</b>	Hodnotitel <b>1</b>	Hodnotitel <b>2</b>	Hodnotitel <b>3</b>	Hodnotitel <b>4</b>	Hodnotitel <b>5</b>	Hodnotitel <b>6</b>	<b>Průměr</b>
Vzhled	94	57	100	70	85	87	<b>82,2</b>
Barva	90	55	100	76	82	85	<b>81,3</b>
Křupavost	72	82	51	58	87	48	<b>66,3</b>
Skousnutí	77	34	40	70	95	47	<b>60,5</b>
Chuť	87	27	70	46	75	34	<b>56,5</b>
Smažená chuť	77	53	59	35	66	37	<b>54,5</b>
Žluklost	2	52	10	16	50	23	<b>25,5</b>
Pachutě	3	58	68	18	20	19	<b>31,0</b>

<b>VALMONT</b>	Hodnotitel <b>1</b>	Hodnotitel <b>2</b>	Hodnotitel <b>3</b>	Hodnotitel <b>4</b>	Hodnotitel <b>5</b>	Hodnotitel <b>6</b>	<b>Průměr</b>
Vzhled	37	29	36	62	30	24	<b>36,3</b>
Barva	36	36	80	55	33	14	<b>42,3</b>
Křupavost	49	28	45	11	20	38	<b>31,8</b>
Skousnutí	98	82	46	10	88	41	<b>60,8</b>
Chuť	77	4	44	65	21	44	<b>42,5</b>
Smažená chuť	50	67	79	56	87	70	<b>68,2</b>
Žluklost	3	26	20	32	88	81	<b>41,7</b>
Pachutě	4	43	76	47	36	75	<b>46,8</b>

<b>VAL BLUE</b>	Hodnotitel <b>1</b>	Hodnotitel <b>2</b>	Hodnotitel <b>3</b>	Hodnotitel <b>4</b>	Hodnotitel <b>5</b>	Hodnotitel <b>6</b>	<b>Průměr</b>
Vzhled	65	20	29	44	56	14	<b>38,0</b>
Barva	35	18	41	40	70	25	<b>38,2</b>
Křupavost	50	45	40	46	47	25	<b>42,2</b>
Skousnutí	60	48	71	68	67	75	<b>64,8</b>
Chuť	75	20	40	58	27	46	<b>44,3</b>
Smažená chuť	82	35	68	70	42	27	<b>54,0</b>
Žluklost	2	10	28	3	2	32	<b>12,8</b>
Pachutě	1	72	36	2	1	40	<b>25,3</b>

<b>BLUE STAR</b>	Hodnotitel <b>1</b>	Hodnotitel <b>2</b>	Hodnotitel <b>3</b>	Hodnotitel <b>4</b>	Hodnotitel <b>5</b>	Hodnotitel <b>6</b>	<b>Průměr</b>
Vzhled	65	30	47	23	13	28	<b>34,3</b>
Barva	57	25	31	18	24	41	<b>32,7</b>
Křupavost	60	75	72	67	65	30	<b>61,5</b>
Skousnutí	65	90	38	25	21	58	<b>49,5</b>
Chuť	84	76	74	42	40	46	<b>60,3</b>
Smažená chuť	80	49	43	56	25	39	<b>48,7</b>
Žluklost	0	15	15	1	1	20	<b>8,7</b>
Pachutě	0	42	12	1	1	20	<b>12,7</b>

<b>VALFI</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Hodnotitel</b>	<b>Průměr</b>
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	
<b>Vzhled</b>	71	45	24	84	27	57	<b>51,3</b>
<b>Barva</b>	30	35	20	51	30	68	<b>39,0</b>
<b>Křupavost</b>	55	35	33	37	17	20	<b>32,8</b>
<b>Skousnutí</b>	65	55	58	60	82	87	<b>67,8</b>
<b>Chuť</b>	70	34	48	87	21	51	<b>51,8</b>
<b>Smažená chuť</b>	85	66	60	63	34	20	<b>54,7</b>
<b>Žluklost</b>	3	25	23	3	1	30	<b>14,2</b>
<b>Pachutě</b>	2	63	23	3	2	30	<b>20,5</b>

Příloha 3: Statistické vyhodnocení senzoričského hodnocení - Korelace

Proměnná	Korelace (Blažková – Sensorika-Statistika)			
	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=36 (Celé případy vynechány u ChD)			
	Průměry	Sm.odch.	příjemnost vzhledu	příjemnost barvy
příjemnost vzhledu	53,11111	26,99077	1,000000	0,866007
příjemnost barvy	51,86111	26,08684	0,866007	1,000000
křupavost	47,77778	18,55665	0,312771	0,209461
zvuky při skousnutí	59,94444	22,49564	0,053278	0,125988
celková příjemnost chuti	53,13889	23,22333	0,635887	0,421985
intenzita smažené chuti	56,52778	18,03724	0,228523	0,065982
intenzita žluklé příchuti	21,13889	21,73628	-0,133953	-0,089857
intenzita pachutí	26,52778	24,46862	-0,206624	-0,062816

Proměnná	Korelace (Blažková – Sensorika-Statistika)		
	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=36 (Celé případy vynechány u ChD)		
	křupavost	zvuky při skousnutí	celková příjemnost chuti
příjemnost vzhledu	0,312771	0,053278	0,635887
příjemnost barvy	0,209461	0,125988	0,421985
křupavost	1,000000	-0,088186	0,358619
zvuky při skousnutí	-0,088186	1,000000	0,156101
celková příjemnost chuti	0,358619	0,156101	1,000000
intenzita smažené chuti	0,109196	0,037817	0,232956
intenzita žluklé příchuti	-0,127424	-0,051228	-0,250158
intenzita pachutí	-0,164786	-0,284550	-0,337212

Proměnná	Korelace (Blažková – Sensorika-Statistika)		
	Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$ N=36 (Celé případy vynechány u ChD)		
	intenzita smažené chuti	intenzita žluklé příchuti	intenzita pachutí
příjemnost vzhledu	0,228523	-0,133953	-0,206624
příjemnost barvy	0,065982	-0,089857	-0,062816
křupavost	0,109196	-0,127424	-0,164786
zvuky při skousnutí	0,037817	-0,051228	-0,284550
celková příjemnost chuti	0,232956	-0,250158	-0,337212
intenzita smažené chuti	1,000000	0,166691	0,052824
intenzita žluklé příchuti	0,166691	1,000000	0,573052
intenzita pachutí	0,052824	0,573052	1,000000