

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra mikrobiologie, výživy a dietetiky**



**Česká zemědělská  
univerzita v Praze**

**Vliv fenolových sloučenin v bramborách na oxidační  
stabilitu smažícího média při přípravě hranolků**

**Bakalářská práce**

**Autor práce: Klára Fialová**

**Obor studia: Výživa a potraviny**

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

© 2021 ČZU v Praze

## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci Vliv fenolových sloučenin v bramborách na oxidační stabilitu smažicího média při přípravě hranolků jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucí bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 3. 5. 2021

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala paní prof. Ing. Lence Kouřimské, Ph.D. za cenné připomínky, trpělivost a odborné rady. Dále paní Ing. Monice Sabolové, Ph.D. za pomoc s laboratorní částí práce a v neposlední řadě bych chtěla poděkovat své rodině za velkou podporu během celého studia.

# Vliv fenolových sloučenin v bramborách na oxidační stabilitu smažicího média při přípravě hranolků

## Souhrn

Lilek brambor je hlíznatá rostlina, která je zemědělsky velmi významná. Bramborové hlízy jsou výborným zdrojem energie. Obsahují množství zdravých složek, jako je vitamin C, provitamin A, fenolové sloučeniny, železo, vlákninu a další bioaktivní látky. Na jejich složení však může mít vliv řada faktorů, včetně genotypu, podmínek prostředí, vaření a zpracování. Fialové odrůdy brambor mají vyšší obsah fenolových látek a antokyanů, naopak nižší obsah vitamínu C a karotenoidů oproti žlutým odrůdám.

Předložená práce se zabývá opakovaným smažením fialové odrůdy brambor a jejím vlivem na žluknutí smažicího média a senzoryckými vlastnostmi hranolek. Hodnotitelé vyplňovali dotazník, který obsahoval 8 parametrů pro zhodnocení hranolek jak po stránce vizuální, tak i chuťové. Hodnocenými aspekty byly: vzhled, barva, křupavost, zvuky při prvním skousnutí, chuť celkově, intenzita smažené chuti, žluklá příchut' a intenzita pachutí celkově. Předloženo bylo celkem 40 dotazníků od 5 hodnotitelů, z toho 3 ženského a 2 mužského pohlaví ve věkovém rozpětí 18 až 49 let k hodnocení fialové odrůdy brambor po 8 smaženích. Jako smažicí médium bylo vybráno sádlo pro svůj nízký obsah antioxidantů.

Byl proveden Schaalův test, kdy byly vzorky sádla před a po smažení skladovány při konstantní teplotě 60 °C a sledovány relativní změny hmotnosti a určena indukční perioda. Dále byla měřena antioxidační kapacita sádla pomocí metody DPPH.

Celková chuť hranolek se s přibývajícím počtem opakování smažení zhoršovala, avšak žluklá příchut' smažených hranolek byla téměř neznatelná po celou dobu pokusu. Nejzřetelnějším senzorycky hodnoceným prvkem byla celková intenzita pachutí, která se s přibývajícím počtem opakování smažení výrazně zvyšovala. Výsledky ze Schaalova testu dokazují, že sádlo, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému záhřevu má vyšší indukční periodu než sádlo ze smažení fialových hranolek. IP nesmaženého sádla byla 3,5 dne a smaženého sádla v rozmezí 0,5–2,5 dne. Lze tedy předpokládat, že částečné potlačení oxidace tuků mohlo být zapříčiněno obsahem antioxidantů a dalších biologicky aktivních látek v bramborových hlízách. Stanovené průměrné hodnoty antioxidační aktivity po 1.–4. smažení byly v rozpětí 40–50 mg  $\alpha$ -tokoferolu/kg. Po 5. smažení se sádlo začalo zhoršovat a po 6.–8.

smažení už bylo hodně zoxidované. Sádlo, které nebylo vystaveno žádnému tepelnému vlivu, mělo antioxidační kapacitu v průměru 67 mg  $\alpha$ -tokoferolu/kg.

Lze tedy předpokládat, že obsah biologicky aktivních látek ve fialových odrůdách brambor má pozitivní vliv na inhibici oxidace sádla při nižším počtu opakování smažení. Konkrétně to může být připisováno obsahu fenolových sloučenin, které jsou významnými antioxidanty.

**Klíčová slova:** Brambory; olej; fenolové sloučeniny; žluknutí; smažení; sensorické vlastnosti.

# Effect of phenolic compounds in potatoes on oxidative stability of frying medium in the preparation of French fries

## Summary

Potato (*Solanum tuberosum L.*) is a tuberous plant that is very important for agriculture. Potato tubers are an excellent source of energy. They contain a number of healthy ingredients such as vitamin C, provitamin A, phenolic compounds, iron, fiber and other bioactive substances. However, their composition can be affected by a number of factors, including genotype, environmental conditions, cooking and processing. Purple varieties of potatoes have a higher content of phenolic substances and anthocyanins, on the contrary, a lower content of vitamin C and carotenoids compared to yellow varieties.

The thesis deals with repeated frying of purple varieties of potatoes and their influence on rancidity of frying medium and sensory properties of french fries. The assessors filled in a sensoric questionnaire, which contained 8 descriptors for the evaluation of french fries both visually and in terms of taste. The evaluated aspects were appearance, color, crunchiness, sounds at first bite, overall pleasantness of taste, intensity of fried taste, rancid taste and overall off-flavour intensity. A total of 40 questionnaires from 5 evaluators were submitted, of which 3 were females and 2 males in the age range of 18 to 49 years. They evaluated the purple potato variety after 8 fryings. Lard was chosen as the frying medium for its low antioxidant content.

A Schaal test was done in which lard samples were stored at a constant temperature of 60 °C before and after frying, the relative weight changes were monitored, and the induction period was determined. Furthermore, the antioxidant capacity of lard was measured using the DPPH method.

The overall pleasantness of taste of the fries decreased with increasing number of frying repetitions, but the rancid taste of the french fries was almost imperceptible throughout the experiment. The most obvious differences were in the overall intensity of off-flavour, which increased significantly with increasing number of frying repetitions. The results of the Schaal test show that lard which was not exposed to any heat heating has a higher induction period than lard from frying purple fries. The IP of unfried lard was 3.5 days and fried lard ranged from 0.5 to 2.5 days. It can be assumed that the partial inhibition of fat oxidation may have been caused by the content of antioxidants and other biologically active substances in potato tubers. The determined average values of antioxidant activity after the 1st - 4th frying were in the range

of 40-50 mg  $\alpha$ -tocopherol/kg. After the 5th frying, the lard started to deteriorate and after the 6th - 8th frying it was already oxidized a lot. Lard, which was not exposed to any heat, had an antioxidant capacity of an average of 67 mg  $\alpha$ -tocopherol/kg.

It can be assumed that the content of biologically active substances in purple potato varieties has a positive effect on the inhibition of lard oxidation with a lower number of frying times. In particular, this can be attributed to the content of phenolic compounds, which are important antioxidants.

**Keywords:** Potatoes; oil; phenolic compounds; ranciditing; frying; sensory properties.

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Vědecká hypotéza a cíle práce</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Lilek brambor</b>	<b>12</b>
3.1.1	Barevné odrůdy brambor	13
3.1.1.1	Valfi	14
<b>3.2</b>	<b>Biologicky aktivní látky brambor</b>	<b>14</b>
3.2.1	Antioxidanty	14
3.2.2	Fenolové sloučeniny	15
3.2.2.1	Fenolové sloučeniny jako antioxidanty	16
3.2.2.2	Vliv abiotických stresových faktorů na obsah fenolových sloučenin a antioxidační kapacitu fialových brambor	16
3.2.3	Antokyany	16
3.2.4	Karotenoidy	17
3.2.5	Glykoalkaloidy	18
<b>3.3</b>	<b>Vitamin C</b>	<b>19</b>
<b>3.4</b>	<b>Vliv kulinařské úpravy</b>	<b>20</b>
<b>3.5</b>	<b>Lipidy</b>	<b>21</b>
3.5.1	Akrylamid	22
<b>3.6</b>	<b>Změny smažicího média během smažení brambor</b>	<b>23</b>
<b>4</b>	<b>Materiál a metody</b>	<b>24</b>
<b>4.1</b>	<b>Smažení hranolek</b>	<b>24</b>
4.1.1	Materiál ke smažení	24
4.1.2	Postup	24
<b>4.2</b>	<b>Senzorické hodnocení</b>	<b>25</b>
<b>4.3</b>	<b>Schaalův test</b>	<b>25</b>
4.3.1	Materiál na Schaalův test	25
4.3.2	Postup	26
4.3.3	Výpočty	26
<b>4.4</b>	<b>Antioxidační stabilita sádla DPPH</b>	<b>27</b>
4.4.1	Materiál na DPPH	27
4.4.2	Příprava	27
<b>4.5</b>	<b>Statistické metody</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky</b>	<b>29</b>



<b>5.1</b>	<b>Senzorické zhodnocení hranolků.....</b>	<b>29</b>
5.1.1	Statistické vyhodnocení .....	30
<b>5.2</b>	<b>Schaalův test .....</b>	<b>32</b>
<b>5.3</b>	<b>Antioxidační kapacita sádla DPPH .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>Diskuze .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>37</b>
<b>8</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>38</b>
<b>9</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>I</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 B6 a vitamínu C. Brambory jsou i významným zdrojem antioxidantů, které zpomalují nebo zabraňují oxidačním změnám v lidském těle a v buňkách.

Velký zájem o brambory je také způsoben jejich odrůdovou rozmanitostí a bohatým chemickým složením. V posledních zhruba deseti letech se na evropských trzích objevily brambory s fialovou nebo modrou dužinou a odvozené produkty, jako jsou hranolky. Zájem o tuto surovinu a výrobky roste mezi výrobci i spotřebiteli, kteří hledají nové a atraktivní možnosti. Zabarvené odrůdy brambor jsou navíc dobrým zdrojem fenolických sloučenin, které hrají významnou roli v potravinářských výrobcích, zejména při určování jejich sensorických vlastností, jako je specifická svíravá a hořká dochuť a atraktivní barva.

Smažení je častá kulinární úprava, kterou se hranolky připravují nejvíce. Jsou oblíbenou a hodně konzumovanou potravinou v mnoha zemích světa. Během procesu smažení ale vznikají nežádoucí toxické sloučeniny, které mohou být absorbovány do potravin a přijímány spolu s potravinou. Proto je důležitý výběr vhodného smažicího média a jeho výměna při opakovaném použití.

Na trhu se stále objevují nové odrůdy brambor, jejichž využití a přínos se intenzivně zkoumá.

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

Hypotézou práce bylo, že bramborové hranolky z fialových hlíz brambor obsahujících fenolové sloučeniny sníží degradaci smažicího média.

Cílem práce bylo porovnat vliv žlutých a fialových hlíz brambor na stabilitu smažicího média při opakovaném smažení bramborových hranolků.

### 3 Literární rešerše

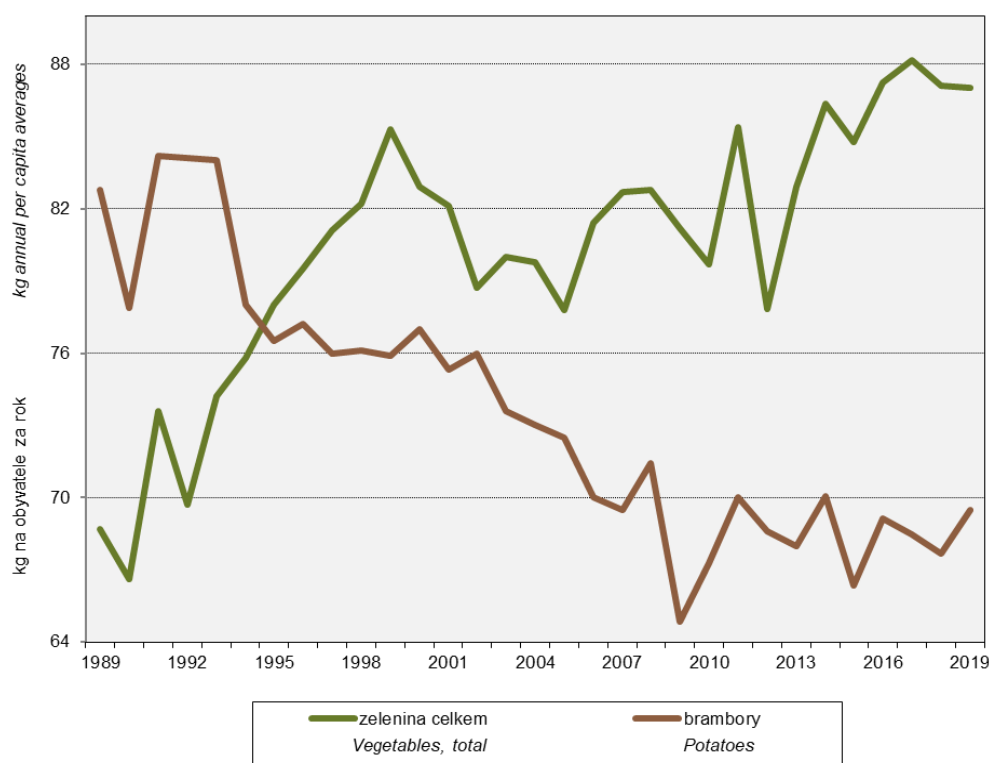
#### 3.1 Lilek brambor

Lilek brambor (*Solanum tuberosum L.*) je plodina pocházející z centrální Andské oblasti Jižní Ameriky, ale nyní se pěstuje a konzumuje ve většině částí světa. Celková nutriční hodnota brambor je v dnešní době stále velmi podceňována. Kromě zajištění energie díky vysokému obsahu škrobu je hlíza brambor vynikajícím zdrojem bílkovin s vysokou biologickou hodnotou a obsahuje pozoruhodná množství vitamínu C, vitamínu B6, vitamínu B3, draslíku, fosforu, hořčíku a železa. Na jejich složení však může mít vliv řada faktorů, včetně genotypu, podmínek prostředí, vaření a zpracování (Andre et al. 2014).

Brambory jsou po rýži, pšenici a kukuřici čtvrtou nejdůležitější plodinou na světě (Ezekiel et al. 2013; Kotíková et al. 2016). Jsou jedním z nejbohatších zdrojů antioxidantů ve výživě člověka, vzhledem ke konzumovanému množství (Lachman et al. 2005). Netýká se to však všech zemí, protože například v Asii či Latinské Americe se brambory konzumují méně. V posledním desetiletí roste zájem o studium brambor jako vynikajícího zdroje fytonutrientů, jako jsou fenoly, flavonoidy, foláty, kukoaminy, karotenoidy a antokyany (Fernandez-Orozco et al. 2013; Kotíková et al. 2016).

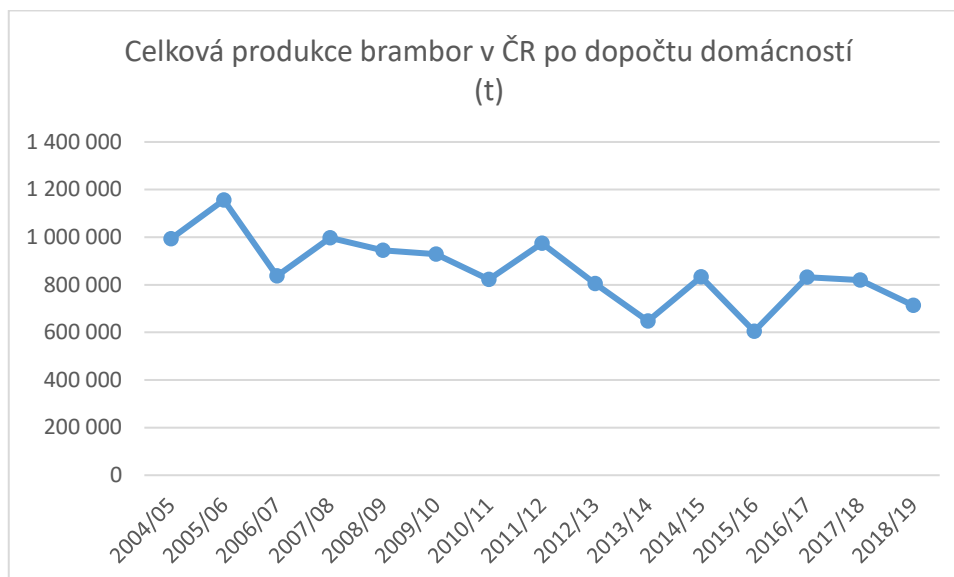
Ještě v 50. letech se v dnešní ČR průměrná roční spotřeba brambor pohybovala kolem 130 kg na osobu. V 60. letech to už bylo průměrně 114 kg. Jak můžeme vyčíst z grafu 1, v 90. letech klesla spotřeba na 79 kg. V současné době se průměrná roční spotřeba brambor pohybuje okolo 70 kg na obyvatele za rok.

Graf 1: Spotřeba zeleniny v hodnotě čerstvé a brambor v České republice (ČSÚ, 2020)



V hospodářském roce 2018/19 byla produkce brambor v České republice po dopočtu domácností 713 266 tun. Z grafu 2 můžeme vyčíst, že celková produkce za posledních 15 let klesá (Situační a výhledová zpráva 2019).

Graf 2: Celková produkce brambor v ČR po dopočtu domácností (ČSÚ)



Existuje velké množství konzumních odrůd brambor. Mezi doporučené patří například velmi rané odrůdy doporučené pro produkci brambor raných při závlaze, odrůdy doporučené pro produkci brambor konzumních ostatních, odrůdy doporučené pro loupání za syrova, odrůdy doporučené pro dlouhodobé skladování, odrůdy doporučené pro mytí, odrůda doporučená pro výrobu lupínků a odrůdy doporučené pro výrobu hranolků (Žižka 2019).

Příklady varných typů brambor:

- Varný typ A – Antonia (Ant),
- Varný typ B – Val Blue (VB),
- Varný typ AB – AXA,
- Varný typ BC – Valkýra (Val), Valfi (Vaf) (Potato Research Institute 2014).

### 3.1.1 Barevné odrůdy brambor

Zbarvené brambory vykazují dvakrát až třikrát vyšší antioxidační potenciál ve srovnání s bramborami s bílou dužninou. Absorpce kyslíkových radikálů a redukce železitých kationtů v hlízách brambor s červeně a modře zbarvenou dužninou je několikanásobně vyšší ve srovnání s bílými hlízami brambor (Lachman et al. 2005).

Brown a spol. (2003) potvrdili měřením antioxidační aktivity (metodami ORAC a FRAP – viz seznam zkratk), že brambory s červenou nebo modrou dužninou měly výrazně vyšší antioxidační aktivitu než brambory s bílou nebo žlutě či oranžově zbarvenou dužninou (Lachman et al. 2005).

### 3.1.1.1 Valfi

Odrůdu Valfi vyšlechtil Výzkumný Ústav Bramborářský Havlíčkův Brod, s.r.o. jako klonální výběr z British Columbia Blue. V České republice byla odrůda Valfi registrována v roce 2005. V uvedeném roce byla oceněna hlavní cenou Zlatý klas během mezinárodního zemědělského veletrhu Bread Basket.

Hlízy jsou oválné, středně velké až velké s modrofialovou slupkou a modrofialovou mramorovanou dužinou. Valfi je středně raná až středně pozdní odrůda pro speciální použití, varný typ BC. Jedná se o mimořádnou odrůdu, a to nejen díky barvě slupky a dužiny, ale také díky specifické vnitřní kvalitě hlíz. Je vhodná pro přípravu přirozeně zbarvené bramborové kaše, salátů, smažených hranolků a křupek. Odrůda je středně odolná proti mechanickému poškození a náchylná k plísni listů.

Odrůda Valfi je zdrojem antokyanových pigmentů, které vyjadřují antioxidační aktivitu. Během vegetačního období při tvorbě hlíz je obsah antokyanů konstantní, na začátku vegetačního období jsou antokyany koncentrovanější na konci stonku hlízy, při vyšší zralosti je obsah rovnoměrně rozložen v celé hlíze. Nízká skladovací teplota (4 °C) vyvolává zvýšení koncentrace antokyanů. Ke konci doby skladování jsou antokyany koncentrovány spíše na konci pupenů (Potato Research Institute 2014).



Obrázek 1: Valfi – varný typ BC (Potato Research Institute 2014)

## 3.2 Biologicky aktivní látky brambor

### 3.2.1 Antioxidanty

Antioxidanty podle své chemické struktury mohou být rozděleny na polyfenoly (flavonoidy, anthokyany, fenolkarboxylové kyseliny a kumariny), karotenoidy (karoteny – prekursor vitamínu A a xanthofyly) a tokoferoly (vitamin E). Silnou antioxidační aktivitu má také L-askorbová kyselina (vitamin C) a selen. Selen působí společně s vitamínem E v buněčném antioxidačním obranném systému tak, že zastavuje reakce volných radikálů, které mohou poškodit buněčné struktury (Lachman et al. 2005). Hlavními antioxidy přítomnými v rostlinných tkáních jsou fenolové sloučeniny, vitamíny C a E a karotenoidy. Je známo, že antioxidanty interferují s oxidačními procesy prostřednictvím řetězových reakčních procesů

(primární antioxidanty) nebo vychytávání volných radikálů (sekundární antioxidanty). Fenolové sloučeniny mohou působit jako oba typy antioxidantů (Reyes et al. 2003).

Co se týče obsahu v bramborových hlízách, nejvíce jsou zastoupeny polyfenoly (1226–4405 mg kg<sup>-1</sup>) a L-askorbová kyselina (170–990 mg kg<sup>-1</sup>). Karotenoidy jsou v zastoupení (až 4 mg kg<sup>-1</sup>),  $\alpha$ -tokoferol (0,5–2,8 mg kg<sup>-1</sup>) a v menší míře selen (0,01 mg kg<sup>-1</sup>) a  $\alpha$ -lipoová kyselina. Jsou účinnější, jsou-li použity v kombinaci díky jejich synergickému účinku, tj. vzájemnému zvyšování účinku. Například polyfenolové sloučeniny chrání vitamin C a  $\beta$ -karoten, které na druhé straně mohou pomáhat funkcím vitaminu E.

Antioxidanty mohou zachycovat radikály dříve, než mohou škodit a mohou bránit rozšíření oxidačnímu poškození. Bylo zjištěno, že zpomalují, blokují nebo zabraňují oxidačním změnám látek v lidském těle a buňkách. Například kyselina  $\alpha$ -lipoová je uvnitř buněk snadno redukována na dihydrolipoovou kyselinu, která likviduje škodlivé superoxidové, hydroperoxylové a hydroxylové radikály. Obsah antioxidantů v potravinách zpomaluje ve značné míře atherosklerotické procesy, inhibuje akumulaci cholesterolu v krevním séru a zvyšuje rezistenci cévních stěn proti jejich lámavosti.

Pigmentované brambory vykazují vyšší antioxidační potenciál než brambory z bílé dužiny. Červené bramborové hlízy obsahují glykosidy pelargonidinu a peonidinu, fialové bramborové glykosidy malvidinu a petunidinu. Odrůdy brambor s červenou a fialovou dužinou jsou zaváděny kvůli jejich vyššímu antioxidačnímu obsahu a jejich použití v potravinářském a nepotravinářském průmyslu (Lachman et al. 2005).

### 3.2.2 Fenolové sloučeniny

Hlízy brambor obsahují sekundární metabolity – polyfenolové sloučeniny, které jsou substráty reakcí enzymového hnědnutí bramborových hlíz, objevujícího se při jejich loupání a krájení a které je umožněno působením polyfenoloxidas (Lachman et al. 2005). Fenolové sloučeniny se hromadí v bramborách a jiných rostlinných tkáních, jako ochrana proti mechanickým poškozením. Zvýšený obsah fenolů přispívá k odolnosti proti stresu tvorbou oxidačních sloučenin (polymerních produktů), které jsou toxickejší pro patogeny, a tím napomáhají procesu hojení (Reyes et al. 2003).

Hlavními fenolovými složkami v bramborách jsou aminokyseliny L-tyrosin a polyfenolové antioxidanty skopolin. Dále kávová, chlorogenová, kryptochlorogenní a ferulová kyselina. Aminokyselina L-tyrosin a chlorogenová kyselina představují dominantní složky bramborových hlíz obsahující v molekulách fenolové hydroxyskupiny. L-tyrosin je v zastoupení (770–3900 mg kg<sup>-1</sup>), kávová kyselina (280 mg kg<sup>-1</sup>), skopolin (98 mg kg<sup>-1</sup>), chlorogenová kyselina (22–71 mg kg<sup>-1</sup>), ferulová kyselina (28 mg kg<sup>-1</sup>) a kryptochlorogenová kyselina (11 mg kg<sup>-1</sup>).

Yamamoto a spol. (1997) našli kávovou kyselinu v jedlých částech brambor v množstvích 0,2–3,2 mg kg<sup>-1</sup> a obsah celkových polyfenolů byl 422–834 mg kg<sup>-1</sup>. Slupky obsahovaly dvojnásobné množství těchto látek (Lachman et al. 2005).

Kvantitativní a kvalitativní analýza (HPLC/LC-MS) chemického složení fialové odrůdy Blue congo (BCE) ukázala, že obsahuje 237,07 ± 11,32 mg fenolových sloučenin na gram sušiny. Fenolové sloučeniny v extraktu patří do dvou skupin látek: antokyany (acylované

a neacylované) a fenolové kyseliny. Ve skupině antokyanových sloučenin převládá petunidin-3-O-p-kumaryl-rutinosid-5-O-glukosid (74 %) (Strugała et al. 2021).

### **3.2.2.1 Fenolové sloučeniny jako antioxidanty**

Polyfenolové sloučeniny, zvláště flavonoidy, jsou účinnými antioxidanty díky své schopnosti zachytávat volné radikály mastných kyselin a reaktivních forem kyslíku (Lachman et al. 2005). Volné radikály jsou částice s nepárovým elektronem, kdy alespoň jeden orbital není obsazen. Radikály dokážou 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). Dieta bohatá na antokyany a ostatní příbuzné fenolové látky je spojována se sníženým výskytem a závažností některých druhů rakoviny a srdečních onemocnění (Andre et al. 2014).

Celková antioxidační aktivita brambor způsobená polyfenoly je určena jak obsahem anthokyanů, tak i obsahem fenolických kyselin, zvláště isomery chlorogenových kyselin (Lachman et al. 2005).

### **3.2.2.2 Vliv abiotických stresových faktorů na obsah fenolových sloučenin a antioxidační kapacitu fialových brambor**

Brambory jsou nepříznivě ovlivňovány abiotickými stresy prostředí, jako je sucho, vysoká slanost a nízká teplota, a také biotickými stresy, jako jsou například patogenní infekce (Andre et al. 2014).

Výsledky ze studie Reyes et al. (2003) ukazují, že výběr vhodných abiotických stresů může zvýšit nutriční a funkční hodnotu brambor. Akumulace fenolových sloučenin v rostlinných tkáních může být vyvolávána různými abiotickými stresy. Například řezné rány vyvolaly jejich akumulaci, a také zvýšení aktivity fenylalanin amoniak-lyázy (PAL) v krájené tkáni ve srovnání s kontrolou. Celkové fenoly vzrostly o 60 % s paralelním zvýšením antioxidační kapacity o 85 % (Reyes et al. 2003).

### **3.2.3 Antokyany**

Antokyany ze skupiny polyfenolů nalezneme jak v čerstvém, tak i zpracovaném ovoci a zelenině (Lachman et al. 2005). Představují jednu z nejrozšířenějších tříd flavonoidů v rostlinách, vyskytují se v nich v glykosylovaných formách a mají pigmentující účinky (Kähkönen & Heinonen 2003). Je kladen důraz na úlohu antokyanů jako antioxidačních, protizánětlivých a protirakovinných látek, které chrání před štěpením DNA a potlačují jak arterosklerózu, tak peroxidaci lipidů. Také hrají roli při kontrole obezity, kontrole diabetu, prevenci kardiovaskulárních chorob a zlepšování vizuálních a mozkových funkcí. Biologické aktivity flavonoidů závisí na způsobu jejich interakce s membránovými složkami, jakož i na jejich lokalizaci a době setrvice v buněčné membráně (Strugała et al. 2021). Zlepšují celkový vzhled ovoce a zeleniny, jsou díky svým fungicidním vlastnostem užitečné při ochraně proti

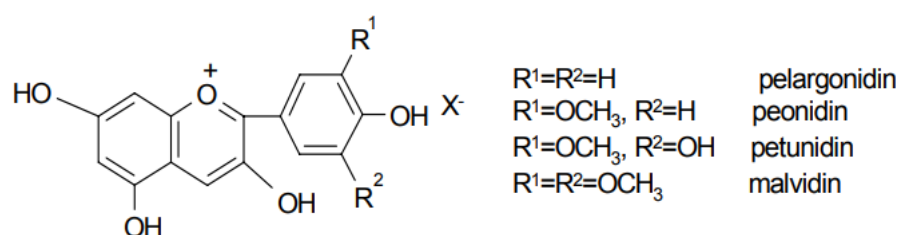


plísni a také přispívají ke zdraví konzumentů. Jejich denní příjem je odhadován na 180 mg na osobu. Nejvíce jsou obsaženy ve slupkách a dužině červených a modrých odrůd brambor (Lachman et al. 2005).

Bramborové antokyany jsou odvozeny od delphinidinu, kyanidinu, petunidinu, pelargonidinu a malvidinu (Strugała et al. 2021). Rytel et al. (2018) detekovali jako hlavní antokyany modře zbarvených hlíz malvidin a petunidin. U červeně zbarvených bramborových hlíz to byly primárně glykosidy pelargonidinu, a v menším množství glykosidy peonidinu (Lachman et al. 2005).

Brown et al. (2003) stanovili celkový obsah anthokyanů v rozmezí 69–350 mg v kilogramu čerstvé hmoty u brambor s červenou dužninou a 55–171 mg u modrých klonů.

Glykosidy peonidinu, petunidinu a malvidinu jsou hlavní anthokyanové glykosidy, které přispívají k antioxidačním vlastnostem hlíz brambor. Antioxidační aktivita anthokyanů je kromě jiných vlastností určována počtem volných hydroxyskupin v molekule. Petunidin má tudíž vyšší antioxidační účinek ve srovnání s malvidinem, peonidinem či pelargonidinem (Lachman et al. 2005).



Obrázek 2. Aglykony antokyanů brambor

Fialové brambory obsahují antokyany acylované kyselinami hydroxyskořicovými (jako je např. ferulová kyselina a kávová kyselina) (Lachman et al. 2005).

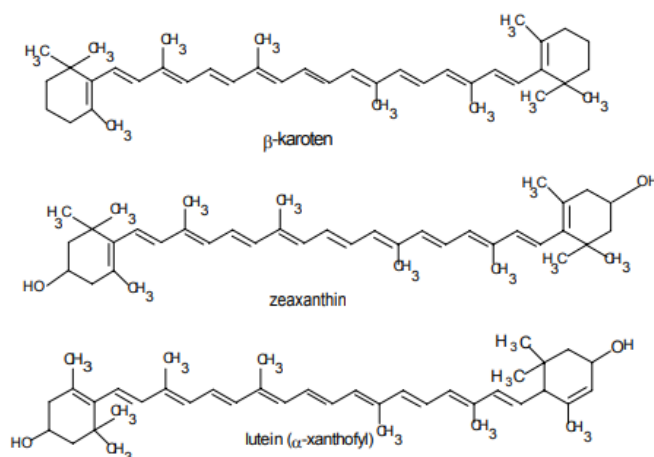
Antokyany obsažené v bramborové slupce vykazují vyšší aktivitu než ty v dužině hlíz. Díky svým antioxidačním vlastnostem mohou být slupky brambor s barevnou dužinou použity jako aditiva do potravin (Rytel et al. 2018).

### 3.2.4 Karotenoidy

Karotenoidy jsou pigmenty rozpustné v tucích, které hrají důležitou roli v rostlinách ve fotosyntetických a nefotosyntetických tkáních (získávání světla, fotoprotekce, signální molekuly, prekurzory těkavých látek, barviva a látky přitahující opylovače) a také u lidí (Nisar et al. 2015; RAO & RAO 2007; Kotíková et al. 2016). Lidé a zvířata nejsou schopni syntetizovat karotenoidy, takže je musí začlenit do své stravy (Fernandez-Orozco et al. 2013; Kotíková et al. 2016). Karotenoidy posilují imunitní systém a některé z nich mají vlastnosti provitaminu A (Fernández-García et al. 2012; Kotíková et al. 2016). V přírodě se vyskytují převážně jako (E)-izomery. (Z)-izomery se tvoří během tepelného zpracování (Sander et al.

2002) a vykazují různé biologické vlastnosti, biologickou dostupnost a antioxidační aktivitu (Schieber & Carle 2005; Kotíková et al. 2016).

Karotenoidy jsou účinnými antioxidanty. V bramborech jsou zastoupeny průměrně v množství  $4 \text{ mg kg}^{-1}$ . Nejvíce zastoupené jsou  $\beta$ -karoten, zeaxanthin a lutein (Obrázek 3).  $\beta$ -karoten se vyznačuje jedním z nejvyšších antioxidačních účinků karotenoidů (Lachman et al. 2005).



Obrázek 3. Hlavní karotenoidy brambor

Vyšší obsah těchto karotenoidů byl nalezen ve starších bramborách po skladování (v březnu) ve srovnání s novými hlízy (v srpnu), což může být vysvětleno změnami v obsahu vody. Ostatní karotenoidy byly obsaženy pouze v menším množství. Mezi nimi byly nalezeny  $\alpha$ -karoten, 5,6-monoepoxid *cis*-antheraxanthinu, *cis*-neoxanthin, *cis*-violaxanthin, kryptoxanthin, 5,6-diepoxid kryptoxanthinu a lykopen.

Karotenoidy jsou specifické pro ochranu určité tkáně. Celkově jsou ochranné účinky vyšší, jsou-li ve složité směsi obsaženy všechny. Karotenoidy také zvyšují imunitní odpověď a chrání buňky pokožky proti UV záření (Lachman et al. 2005).

### 3.2.5 Glykoalkaloidy

Glykoalkaloidy jsou silné toxiny s toxicitou srovnatelnou se strychninem a arsenem (Friedman 2006; Haase 2010; Rytel et al. 2018).

Bramborová slupka může obsahovat toxické sloučeniny nebo antinutrienty, jako jsou celkové glykoalkaloidy (TGA), ( $\alpha$ -chaconin a  $\alpha$ -solanin), běžně označované jako solanin (Rytel et al. 2018). Brambory určené ke spotřebě nebo zpracování na potravinářské výrobky by měly obsahovat méně než 20 mg těchto sloučenin ve 100 g čerstvé hlízové hmoty, zatímco dnes se většina odrůd brambor vyznačuje celkovým obsahem glykoalkaloidů (TGA) pod 10 mg/100 g brambor (Leszczynski 2000; Knuthsen et al. 2009; Rytel et al. 2018). Obsah glykoalkaloidů v bramborách se liší a může se zvýšit vlivem kultivačních a genetických a skladovacích faktorů (Friedman 2006; Leri et al. 2011; Rytel et al. 2011; Shepherd et al. 2016; Rytel et al. 2018).

Vzhledem k objemu produkce a pravidelné spotřebě jsou nejvýznamnějším zdrojem glykoalkaloidů v lidské výživě brambory. Alkaloidy obsažené v bramboru bývají často uváděny

pod společným názvem solanin, který však není jednou látkou, ale označuje se tak skupina velmi příbuzných GA. Je obecně uznáváno, že hlavní GA v bramborách jsou právě  $\alpha$ -chaconin a  $\alpha$ -solanin, které představují asi 95 % celkových glykoalkaloidů (van Gelder & Dellaert 1988).

GA byly prokázány ve většině tkání bramboru: listech, stoncích, květech, bobulích, hlízách i klíčcích. V rostlině jsou rozděleny velmi nerovnoměrně, vyskytují se zejména v zónách zvýšené metabolické aktivity. V nadzemních částech je jich 10-20 x více než v hlízách. Ve slupce (peridermu), jež zaujímá hmotnostně 2–3 % hlízy, se pohyboval obsah celkových GA v rozmezí 300–640 mg, v korové vrstvě (10–12 % hlízy – loupaná vrstva) 150 až 1 068 mg, v dřeni 1 až 100 mg.kg<sup>-1</sup> č. h. Studium rozložení GA v hlízách 6 odrůd bylo zjištěno, že slupka obsahuje 83 až 96 %, korová vrstva 3 až 14 % a dřev 1 až 3 % GA (Wünsch 1989).

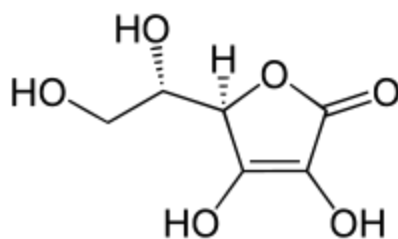
GA ovlivňují sensorické vlastnosti potravin. Při běžných koncentracích spoluvytvářejí typickou chuť a vůni vařených, nebo jinak upravených hlíz bramboru. Při překročení těchto koncentrací dochází k negativnímu ovlivnění sensorických vlastností. Glykoalkaloidy vyvolávají dva smyslové vjemy – hořkou chuť podobnou kofeinu a svíravý palčivý pocit. V průběhu přípravy hlíz však tato hořká chuť, která by za normálních okolností spotřebitele varovala, může být „maskována“ použitým kořením či dalšími chuťovými přísadami. To také omezuje chuťové rozpoznání zdravotně závadných potravin (Zitnak & Filadelfi 1985). Nízké množství TGA nezlepšuje chuť brambor, ale pouze zvyšuje hladinu produkované negativní hořké chuti (Leszczynski 2000; Rytel et al. 2018).

Práh vnímání hořké chuti GA byl stanoven na 0,313 mg pro  $\alpha$ -solanin, 0,078 mg pro  $\alpha$ -chaconin, 0,078 mg pro  $\beta$ 2-chaconin a 0,313 mg pro solanidin. Práh palčivé chuti na 0,625 mg pro  $\alpha$ -solanin, 0,313 mg pro  $\alpha$ -chaconin a 0,156 mg pro  $\beta$ 2-chaconin (Zitnak & Filadelfi 1985).

Surovinami použitými ve studii Rytel et al. (2018) byly brambory modře zbarvených odrůd Valfi a Blaue Elsie z experimentální stanice České univerzity. Studie byla provedena ve třech technologických replikacích ve vegetačním období 2014–2015. Největší ztráty  $\alpha$ -chaconinu a  $\alpha$ -solaninu byly pozorovány po oloupaní hlíz (asi o 70 %) a po smažení (cca 90 %). Hranolky obsahovaly 3 % a chipsy 16 % z původního 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).

### 3.3 Vitamin C

Vitamin je obecně organická látka, kterou určitý organismus potřebuje v malém množství k životu a růstu, ale není schopný si ji syntetizovat, a musí ji proto získávat v potravě. Například více než 4000 druhů savců umí syntetizovat Vitamin C, jinak známý jako askorbová kyselina, ale člověk mezi ně nepatří. Je bezesporu nejlépe známým lidským vitamínem. Je to první vitamin, který byl objeven. Izoloval ho Szent-Györgyi v roce 1928 z hovězí nadledvinové kůry. V roce 1933 byl strukturně charakterizován a také poprvé syntetizován v laboratoři Haworthem a Reichsteinem (McMurry, 2015).



Obrázek 4: Askorbová kyselina

L-Askorbová kyselina obsažená v hlízách brambor přitahuje pozornost vzhledem ke svému obsahu v bramborách a podílu konzumovaných brambor v lidské výživě jako důležitý zdroj vitamínu C. Brambory jsou velmi bohaté na L-askorbovou kyselinu – obsahují 170–990 mg kg<sup>-1</sup>. Dokonce i ve vařených hlízách brambor zůstává průměrně 130 mg askorbové kyseliny v kilogramu a v bramborách pečených v mikrovlnné troubě 151 mg v kilogramu.

L-Askorbová kyselina může působit jako lapač kyslíku, jako donor vodíku pro fenolové sloučeniny a jako synergická látka pro některé antioxidanty. Také redukuje některé ionty kovů a umožňuje jim působit účinněji jako prooxidanty.

Obsah L-askorbové kyseliny je ovlivněn spoustou vnějších i vnitřních faktorů, jako jsou odrůda, rok pěstování, způsob pěstování, podmínky prostředí, stupeň zralosti hlíz a skladovací podmínky (Lachman et al. 2005).

Celosvětová výroba vitamínu C nyní přesahuje 110 000 tun ročně, což je více než celkové množství všech ostatních vitaminů dohromady. Vitamin C se používá nejen jako vitaminový doplněk, ale i jako konzervační a chuťová přísada v pekárnách a jako aditivum do zvířecí potravy (McMurry, 2015).

### 3.4 Vliv kulinářské úpravy

Bramborové hlízy zpracované v různých formách jako jsou smažené hranolky, lupínky, či ve formě bramborové kaše nebo pečených brambor, jsou velmi bohaté na vlákninu snižující obsah cholesterolu a draslík, který udržuje elektrolytickou rovnováhu stejně jako normální funkci srdce a krevní tlak (Lachman et al. 2005).

Při porovnání různých metod vaření brambor připravených se slupkou (pečení, vaření, smažení, mikrovlnná trouba), vařené vzorky měly významně nižší celkový obsah karotenoidů, zatímco u celkových fenolů byl pozorován zvýšený obsah po pečení, smažení a úpravě v mikrovlnné troubě ve srovnání s nevařenými vzorky (Blessington et al. 2010).

Metody vaření mají významný dopad na množství a kvalitu karotenoidů. Hladiny přírodních pigmentů v zelenině se mohou zvyšovat nebo snižovat v závislosti na způsobu úpravy (Murador et al. 2014; Kotíková et al. 2016). Zpracování potravin obvykle vede k degradaci, izomerizaci a oxidaci karotenoidů (Shen et al. 2015; Kotíková et al. 2016). Studie Tierno et al. (2015) prokázala vysoké ztráty celkových karotenoidů po vaření bramborových hlíz (Kotíková et al. 2016). Ve studii Kao et al. (2012) bylo zjištěno, že smažení a fritování významně snížily celkové karotenoidy a všechny E-formy karotenoidů (Kotíková et al. 2016).

Ve studii Kotíková et al. (2016) bylo zvoleno vaření brambor ve vodě po dobu 20 minut při 100 °C nebo jejich pečení po dobu 45 minut při 180 °C. Z výsledků je zřejmé, že vaření a pečení vedlo k významné ztrátě karotenoidů. Obsah karotenoidů byl v průměru snížen o 92 %

varem u všech zkoumaných kultivarů. Stejně výsledky byly dosaženy pečením, které snížilo obsah karotenoidů o 87 % ve žlutých a o 91 % ve fialových a červených kultivarech. Podle výsledků lze lutein považovat za nejstabilnější karotenoid zkoumaný v bramborách. Jeho obsah ve vařených žlutých kultivarech byl snížen pouze o 19 % ve srovnání se 40% ztrátou u pečených. Podobné výsledky byly nalezeny u fialových a červených kultivarů, u kterých se obsah luteinu snížil o 43 % u vařených a o 52 % u pečených brambor.

Stabilita středního rozsahu byla zjištěna pro  $\beta$ -karoten, který může být považována za středně odolný vůči degradaci, zejména u fialových a červených kultivarů. Jeho obsah se vařením snížil o 52 % a pečením o 63 %. Ostatní karotenoidy byly téměř úplně degradovány tepelným zpracováním. To platí zejména pro nejhojnější karotenoidové pigmenty v hlízách brambor, jako jsou violaxanthin, neoxanthin a antheraxanthin, jejichž obsah byl snížen o 100 %, 99 % a 99 % varem a o 97 %, 92 % a 87 % pečením (Kotíková et al. 2016).

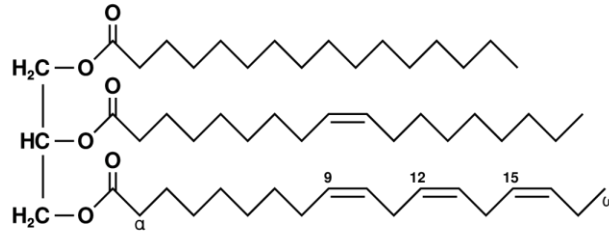
Vzhledem ke zdravotním problémům spojeným s obsahem tuku a přítomností akrylamidu je důležité hledat alternativy, které vedou ke zdravějším a bezpečnějším smaženým potravinám. To pomůže snížit rizika spojená s kardiovaskulárními chorobami a vlivu kontaminantů na zdraví, ale zároveň zachovat jejich senzoricou a texturní charakteristiku. S tímto cílem se používají různé průmyslové předúpravy v potravinách, jako je sušení, blanšírování, osmotická dehydratace a úprava za vysokého hydrostatického tlaku (González et al. 2017; Trujillo-Agudelo et al. 2020).

### 3.5 Lipidy

Lipidy jsou velmi heterogenní skupinou organických látek. Jsou omezeně rozpustné ve vodě, a naopak rozpustné v organických rozpouštědlech (Kodíček et al. 2015). Definujeme je podle fyzikální vlastnosti (rozpouštěnosti), na rozdíl od jiných skupin organických sloučenin, např. sacharidů, bílkovin apod., které jsou definovány na základě struktury. Příkladem lipidů jsou tuky, oleje, vosky, mnohé vitaminy a hormony a většina nebiłkovinných složek buněčných membrán. Dělí se do dvou skupin. Hydrolizovatelné jsou ty, v jejichž molekule je esterová vazba, kterou lze hydrolyticky štěpit (např. v tucích a voscích), a nehydrolyzovatelné, které esterovou vazbu nemají (např. cholesterol a jiné steroidy).

Nejrozšířenějšími lipidy jsou rostlinné oleje a živočišné tuky (např. máslo nebo sádlo). Chemicky to jsou triacylderiváty glycerolu – estery glycerolu se třemi karboxylovými kyselinami s dlouhým uhlíkatým řetězcem. Často je nazýváme mastné kyseliny. Mají zpravidla nerozvětvený řetězec se sudým počtem atomů uhlíku, nejčastěji 12 až 20. Tuk nebo olej z určitého zdroje představuje složitou směs mnoha různých triacylglycerolů. Například přibližné složení sádla je 1 % myristové C14:0, 25 % palmitové C16:0 a 15 % stearové C18:0 nenasycené mastné kyseliny. Nасыčené jsou v zastoupení 50 % olejové C18:0 a 6 % linolové C18:0. Mastné kyseliny dělíme do skupin:

- SFA – nasycené mastné kyseliny,
- MUFA – monoenové – nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou,
- PUFA – polyenové – nenasycené mastné kyseliny s více dvojnými vazbami (McMurry, 2015).



Obrázek 5: Příklad triacylglycerolu nenasyceného tuku

Už v roce 1969 bylo ve studii Frickera zkoumáno složení mastných kyselin celkových lipidů lyofilizovaných brambor separační metodou plynové chromatografie. Ukázalo, že 90 % mastných kyselin tvoří kyselina linolová, linoleová, palmitová a stearová. Celkem bylo nalezeno až 31 různých mastných kyselin. Znatelné množství s lichým řetězcem s více jak 20 C atomy. Zkoumalo se osm různých odrůd brambor a rozdíl ve složení mastných kyselin u jednotlivých odrůd nebyl znatelný. Pokusy se skupinovou separací lipidů ukázaly, že obsahují velké množství fosfolipidů (zejména lecitinu a kefalinu). Rovněž bylo zjištěno velké množství triglyceridů (TGL). V menší míře potom estery sterolů, steroly a volné mastné kyseliny.

Mondy N. I. et al. (1963) zjistili, že na obsah celkových lipidů a složení mastných kyselin brambor má vliv i jejich skladování. Určovaly se změny během skladování při 40 °F u červené odrůdy brambor Pontiac a žluté odrůdy Ontario, rostoucích poblíž Ithacy, N.Y., po době 2 týdnů, a poté znovu po 16 týdnech. V každém období skladování bylo odebráno přibližně 3,5 kg každé odrůdy. U obou odrůd se celkové množství extrahovaných lipidů významně nezměnilo. Množství lipidů extrahovaných po 16 týdnech skladování bylo pouze o něco menší než po 2 týdnech, což naznačuje, že celkové množství lipidů není skladováním výrazně ovlivněno. Změnilo se však složení mastných kyselin. Během skladování brambory Pontiac vykazovaly výrazný pokles kyseliny linolové a zvýšení kyseliny palmitové, zatímco brambory Ontario vykazovaly pokles jak kyseliny palmitové, tak kyseliny linolenové.

V množství na 100 g brambor je zhruba 0,1 g tuku (FoodData Central 2019), což je zanedbatelné množství a na smažení by to nemělo mít vliv.

### 3.5.1 Akrylamid

Akrylamid byl klasifikován Mezinárodní Agenturou pro Výzkum Rakoviny jako „pravděpodobně karcinogenní“. Expozice akrylamidu, jako pracovního materiálu, člověku hrozí hlavně při průmyslovém zpracování nebo v chemických laboratořích. Akrylamidové polymery jsou široce používány například jako plasty, obalové materiály pro potraviny či kosmetika (IARC, 1994; Rottmann et al. 2021).

Poté, co byla v roce 2002 nalezena vysoká koncentrace akrylamidu v tepelně opracovaných škrobnatých potravinách, byla ve stejném roce objasněna jeho cesta tvorby v potravinách. Akrylamid vzniká v průběhu Maillardovy reakce kondenzací volného L-asparaginu s redukcujícími cukry, zejména glukózou, za zvýšených teplot (Mottram, Wedzicha, & Dodson, 2002; Stadler et al. 2002; Rottmann et al. 2021).

Tvorbu akrylamidu může způsobovat také zahřívání, které se provádí za účelem zlepšení hygienických, sensorických 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), proto je třeba dbát na to, aby se příliš netvořil. Například smažit do zlatova, a ne do hněda.

### **3.6 Změny smažicího média během smažení brambor**

Ze studie sl. Blažkové (2020) získané výsledky 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. 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 %). 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.

Informací o smažení hranolků z fialových brambor a o jejich vlivu na smažicí médium je málo. V práci slečny Blažkové byl prokázán vliv po jednom smažení, a proto je tato práce zaměřena na opakované smažení.

## 4 Materiál a metody

Pokusy byly zaměřeny na opakované smažení hranolků z fialových odrůd brambor a sledování jejich sensorické jakosti spolu se sledováním stupně degradace smažicího média po jednotlivých smaženích. Oxidační stabilita sádla nesmaženého a po jednotlivých smaženích byla sledována Schaalovým testem, jeho antioxidační aktivita byla měřena metodou DPPH. Pro sensorické hodnocení byla zvolena metoda sensorického profilu.

Hlízy brambor byly pěstovány a zakoupeny v roce 2020 v České republice na Litoměřicku. Tato oblast se nachází zhruba 200 m n. m. v úrodném dolním Polabí a Pooohří a je známá jako významné zemědělské centrum.

### 4.1 Smažení hranolek

#### 4.1.1 Materiál ke smažení

##### **Fialové hlízy**

Valfi (Vaf) – varný typ BC

##### **Sádlo**

Selské škvařené vepřové sádlo. Jedlý živočišný tuk.

Složení: 100% vepřové hřbetní sádlo.

Hmotnost 250 g.

Výrobek privátní značky Pikok.

##### **Fritovací hrnec**

Typ 2801.11 ITT.

Výrobce: Kema-Keur, Belgie.

#### 4.1.2 Postup

Úprava fialových brambor se skládala z oloupaní hlíz od slupky, následného omytí pod vlažnou vodou a usušení pomocí papírových utěrek. Poté byly hlízy nakrájeny kuchyňským nožem na zhruba 1 cm široké hranolky o přibližně stejné délce. Nakrájené hranolky byly naváženy na hodnotu kolem 300 g (Tabulka 1) a byla k tomu použita kuchyňská váha.

Do fritovacího hrnce bylo umístěno pět kostek selského sádla, což odpovídalo 1 250 g. Následovalo jeho rozpuštění a zahřátí na teplotu 175 °C, která byla doporučena výrobcem fritézy pro smažení bramborových hranolků. Připravené syrové hranolky byly vloženy do fritovací nádoby a smaženy po dobu 12 minut, která byla dostatečná pro to, aby byly hranolky při rozlomení již uvnitř měkké. Po uplynutí této doby se usmažené hranolky nechaly 1 minutu okapat od přebytečného sádla. Následně byly předloženy k sensorickému hodnocení.

Tuk byl po každém smažení odebrán do vzorkovnic o objemu 15 ml a 45 ml a následně uložen do mrazicího boxu, kde byl uskladněn pro měření Schaalovým testem a pro stanovení antioxidační aktivity tuku pomocí DPPH.



Tabulka 1: Navážka brambor k přípravě hranolek

Smažení	Navážka v g
1.	299
2.	297
3.	290
4.	300
5.	290
6.	301
7.	298
8.	291

## 4.2 Senzorické hodnocení

Po usmažení a okapání od přebytečného tuku byly hranolky předloženy k sensorické analýze metodou sensorického profilu za použití lineární grafické nestrukturované stupnice. Hodnocení probíhalo z důvodu epidemiologické situace v domácích podmínkách. Celkem bylo 5 hodnotitelů, z toho 3 ženského a 2 mužského pohlaví ve věkovém rozpětí 18 až 49 let. Hodnotitelé vyplňovali dotazník, který obsahoval 8 parametrů pro zhodnocení hranolek jak po stránce vizuální, tak i chuťové. Hodnocenými aspekty byly: vzhled, barva, křupavost, zvuky při prvním skousnutí, chuť celkově, intenzita smažené chuti, žluklá příchut' a intenzita pachutí celkově. Vzor formuláře je uveden v Příloze 1.

## 4.3 Schaalův test

Schaalův test je zrychlený oxidační test, který spočívá ve skladování vzorků při teplotě vyšší než pokojové po několik dní. Teplota se obvykle pohybuje 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

Selské škvařené vepřové sádlo. Jedlý živočišný tuk.

Složení: 100% vepřové hřbetní sádlo.

Hmotnost 250 g.

Výrobek privátní značky Pikok.

Bylo použito celkem devět vzorků sádla. Osm ze smažení a jeden vzorek nepoužitého sádla.

## Přístroje

Analytické váhy KERN ABJ 120 - 4NM (KERN & Sohn, Germany)

Termostat BINDER2.0 (Binder, Germany)

### 4.3.2 Postup

Zmrazené vzorky sádla ve vzorkovnicích byly vloženy do kádinek s horkou vodou. Ve vodní lázni byly zhomogenizovány a připraveny k odběru. Pomocí analytických vah byla navážena hmotnost prázdné kádinky o objemu 100 ml a poté hmotnost vzorku bez kádinky. Celkem bylo naváženo 18 vzorků sádla po zhruba 15 gramech s přesností na čtyři desetinná místa, protože bylo potřeba mít z každé vzorkovnice vzorek sádla dvakrát. Ve výsledku to bylo tedy osm dvojic vzorků sádla po jednotlivých smažení a jedna dvojice sádla nesmaženého.

Všechny kádinky byly umístěny do termostanu, který měl nastavenou teplotu 60 °C. Vzorky sádla byly váženy 2 – 3x do týdne po dobu 38 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 (den 0)

Indukční perioda (čas uplynulý mezi počátkem oxidace za zrychlených podmínek a okamžikem bodu zlomu, který je obvykle charakterizován zřetelným zvýšením rychlosti absorpce kyslíku) byla zjištěna graficky dle Davídek et al. (1977). Následně byl vypočten protekční faktor porovnáním vzorků sádla po smažení se vzorkem sádla nesmaženého:

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

$IP_1$  ... indukční perioda vzorku sádla po smažení

$IP_2$  ... indukční perioda vzorku sádla nesmaženého

## 4.4 Antioxidační stabilita sádla DPPH

Antioxidační stabilita oleje byla měřena spektrofotometricky. K analýze byl použit radikál 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl (DPPH), který se vyskytuje ve formě krystalického prášku tmavé barvy. Po promíslení s rozpouštědlem ethylesterem kyseliny octové vznikla tmavá kapalina. Důkaz přítomnosti antioxidantů se projevilo odbarvováním DPPH radikálu. Čím více přítomných antioxidantů v sádle, tím více se odbarvení projevilo. Jako standardní antioxidant byl použit  $\alpha$ -tokoferol, pomocí kterého byla vytvořena kalibrační křivka. Měření absorbance probíhalo při vlnové délce 518 nm.

$$AA = ((A_s - A_v) / R_k) / N_v [\%]$$

$A_s$  ... absorbance slepého pokusu

$A_v$  ... absorbance vzorku

$R_k$  ... rovnice kalibrace (y)

$N_v$  ... navážka vzorku

### 4.4.1 Materiál na DPPH

#### Sádlo

Selské škvarené vepřové sádlo. Jedlý živočišný tuk.

Složení: 100% vepřové hřbetní sádlo.

Hmotnost 250 g.

Výrobek privátní značky Pikok.

Bylo použito celkem devět vzorků sádla. Osm ze smažení a jeden vzorek nepoužitého sádla.

#### Chemikálie

Ethylacetát p.a., Penta s. r. o., Česká republika

2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl (DPPH), Sigma-Aldrich s. r. o., Německo

$\alpha$ -Tokoferol, čistota 98,2 %, Merck, Německo

#### Přístroje

Spektrofotometr Specol 1300, An Endress Hauser Company, Německo

Digitální analytické váhy Mettler AE 200, Hong Kong

### 4.4.2 Příprava

Příprava zásobního roztoku spočívala v navážce 0,05 g 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazylu do 250ml odměrné baňky, která byla doplněna po rysku rozpouštědlem ethylesterem kyseliny octové.

Příprava zásobního roztoku  $\alpha$ -tokoferolu: navážka 61,5 mg do 50ml odměrné baňky a opět doplněno po rysku ethylacetátem. Následně se baňka zašpuntovala a promíchala. Dále byl tento roztok zředěn do 100ml odměrné baňky, kdy se z 50ml odměrné baňky zásobního

roztoku  $\alpha$ -tokoferolu odebralo 5 ml a doplnilo se po rysku ethylacetátem (koncentrace přibližně 0,05 mg/ml).

Následovalo vytvoření kalibrační řady. Vzhledem k předpokladu nižší antioxidační stability sádla bylo nutné snížit množství odebraného roztoku na 0,25; 1,25; 2,5; 3,75 a 7,25 ml. Odebrané objemy byly dány do 25ml odměrných baněk. Do každé bylo přidáno 5 ml DPPH radikálu a doplněno po rysku ethylacetátem.

Zmrazené vzorky sádla ve vzorkovnicích byly vloženy do kádinek s horkou vodou. Pomocí této vodní lázně byly zhomogenizovány a připraveny k odběru. Do celkem 27 50ml odměrných baněk bylo naváženo přibližně 0,3 g sádla (Tabulka 2). Každý vzorek byl navážen třikrát. Následně bylo ke každému vzorku sádla přidáno 10 ml ethylacetátu. Odměrné baňky se opatrně protřepaly, aby se vzorky sádla s ethylacetátem rozpustily. Po rozpuštění se do každé z 27 odměrných baněk přidalo ještě 5 ml DPPH a vše bylo doplněno po rysku ethylacetátem. Příprava slepých (blank) vzorků probíhala stejně, ale bez přidání vzorků sádla.

Pro zreagování bylo nutné umístit vzorky do prostoru bez přístupu světla. Reakce probíhala po dobu zhruba 60 min při teplotě místnosti.

Měření absorbance bylo nastaveno na vlnovou délku 518 nm a měřilo se použitím spektrofotometru. Přístroj bylo nejprve nutné vynulovat kyvetou se stejným rozpouštědlem, které bylo použito i na vzorky. Kyveta byla uložena na pozici, kde procházel paprsek. Kalibrace probíhala od nejnižší koncentrace po koncentraci nejvyšší. Následoval blank, a poté vzorky se sádlem. Vždy bylo potřeba kyvetu vzorkem dvakrát propláchnout a až třetí vložit do přístroje.

Tabulka 2: Navážky sádla ze smažení fialových brambor

Vzorek sádla	nesmažené	1. smažení	2. smažení	3. smažení	4. smažení	5. smažení	6. smažení	7. smažení	8. smažení
1	0,305	0,3097	0,3027	0,2941	0,3101	0,3088	0,3346	0,309	0,2997
2	0,3032	0,3381	0,3145	0,3023	0,2954	0,3044	0,3092	0,3058	0,3188
3	0,3289	0,296	0,303	0,3166	0,2949	0,3051	0,2972	0,2984	0,3114

## 4.5 Statistické metody

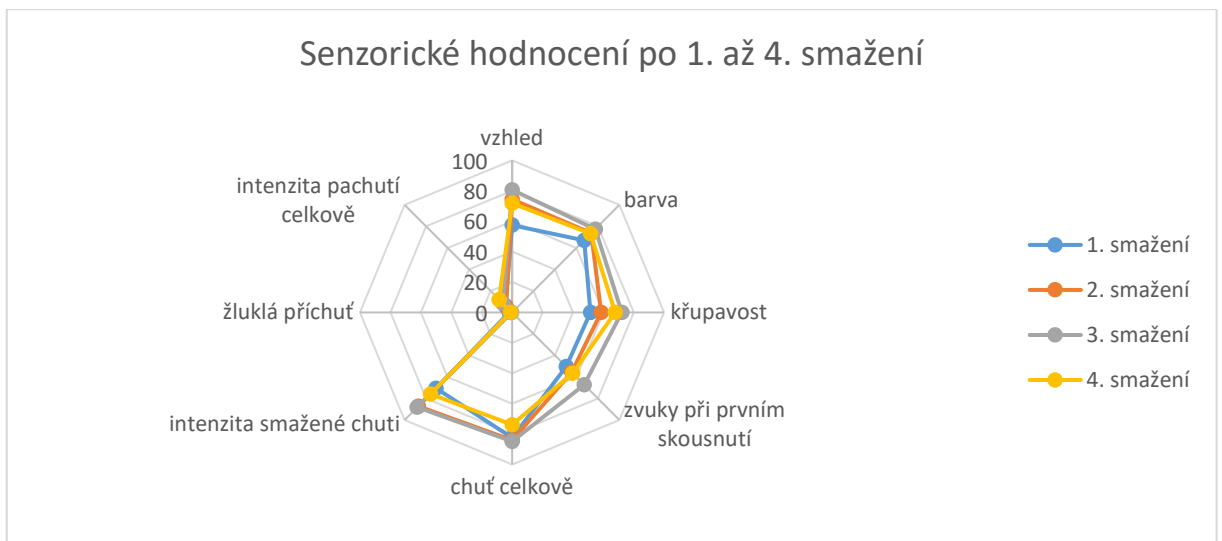
Výsledky analýz a odpovědi senzoričského panelu byly statisticky vyhodnoceny v programu Statistica 12.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK, USA). Byla použita jednofaktorová metoda ANOVA a následným Scheffé testem při zvolené hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Dle této metody se hodnotí, zda je statisticky významný rozdíl ve sledovaných parametrech. Posuzovány byly tyto parametry: vzhled, barva, křupavost, zvuky při prvním skousnutí, chuť celkově, intenzita smažené chuti, žluklá příchůť a intenzita pachutí celkově. Dále byly výsledky zpracovány metodou analýzy hlavní komponenty (PCA) a hierarchickým shlukováním. PCA ukazuje, jak si jsou či nejsou vzorky podobné a které se naopak liší (projekce případů). Projekce proměnných ukazuje, které deskriptory si jsou blízké a které naopak ne. Hierarchické shlukování mezi sebou spojuje dříve ty vzorky, které si jsou více podobné.

## 5 Výsledky

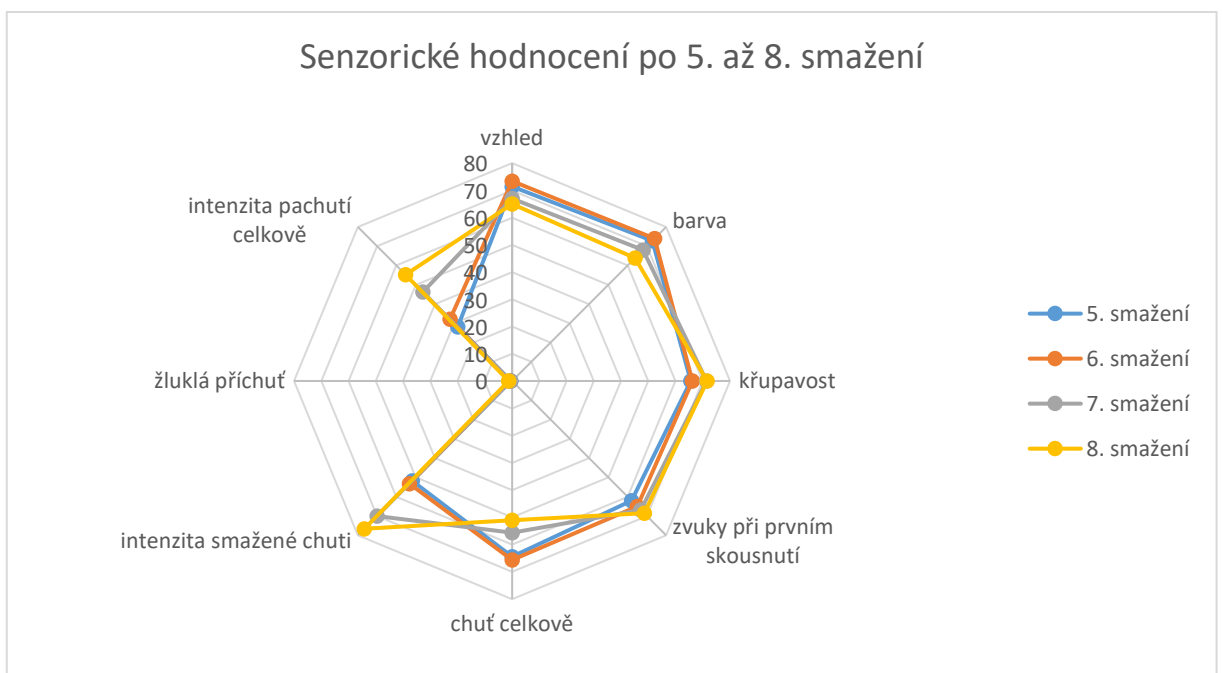
### 5.1 Senzorické zhodnocení hranolků

Průměrné výsledky sensorického hodnocení hranolků po jednotlivých smaženích jsou uvedeny v Grafech 3 a 4 a v tabulce 3. Podrobné výsledky hodnocení od jednotlivých hodnotitelů spolu se statistickým vyhodnocením rozdílů mezi vzorky v jednotlivých hodnocených deskriptorech jsou uvedeny v Přílohách 3 a 4.

Graf 3: Sensorické zhodnocení smažených hranolek po 1. až 4. smažení



Graf 4: Sensorické zhodnocení smažených hranolek po 5. až 8. smažení



Z grafů 3 a 4 je patrné, že vzhled smažených hranolek vypadal nejlépe po třetím smažení. Avšak je možné říct, že se po celou dobu pokusu výrazně neměnil. V obou grafech je minimálně rozeznatelný rozdíl ve změně barvy smažených hranolek. Po dobu osmi smažení se barva výrazně nezměnila, avšak v průměru byla nejlepší po třetím smažení. Jak můžeme vidět, křupavost hranolek a zvuky při prvním skousnutí se s přibývajícím počtem opakování smažení mírně zvyšovaly. U sensorického hodnocení chuti to bylo naopak. Z grafů můžeme vyčíst, že se celková chuť hranolek s přibývajícím počtem opakování smažení zhoršovala. Žluklá příchut' smažených hranolek byla téměř neznamatelná po celou dobu pokusu. Nejzřetelnějším sensoricky hodnoceným prvkem byla celková intenzita pachutí. Z grafů je patrné, že se s přibývajícím počtem opakování smažení výrazně zvyšovala.

Tabulka 3: Průměrné hodnoty všech hodnotitelů se směrodatnou odchylkou

Průměrné hodnoty všech hodnotitelů se směrodatnou odchylkou								
	1. smažení	2. smažení	3. smažení	4. smažení	5. smažení	6. smažení	7. smažení	8. smažení
<b>vzhled</b>	57,4 ± 7,2	74,4 ± 7,2	80,6 ± 7,5	71,8 ± 3,9	71,4 ± 5,2	73,4 ± 4,9	67 ± 4,3	65 ± 3,7
<b>barva</b>	67 ± 17,9	73,8 ± 8	77,4 ± 6,6	73,2 ± 4,4	72,8 ± 8,2	74 ± 6,2	68 ± 5,8	63,8 ± 6
<b>křupavost</b>	51,6 ± 11,9	58,6 ± 15,8	72,2 ± 2,3	67,8 ± 3,9	65,6 ± 6,2	66,2 ± 4,3	71,4 ± 6	71,6 ± 7
<b>zvuky při prvním skousnutí</b>	50,4 ± 11,3	55,6 ± 15	67,2 ± 7,8	56,4 ± 4,7	62 ± 5,7	65 ± 4,5	66,8 ± 4,4	68,6 ± 5,9
<b>chuť celkově</b>	82,4 ± 10,9	84 ± 9,8	84,8 ± 6,1	73,8 ± 4,6	64,4 ± 14,6	65,6 ± 7,2	55,6 ± 4,6	51 ± 5,1
<b>intenzita smažené chuti</b>	70,6 ± 16,9	87,2 ± 7,1	88,2 ± 5,4	75,8 ± 2,1	51,8 ± 9	53,2 ± 6,8	70 ± 5,4	76,6 ± 4,1
<b>žluklá příchut'</b>	1,8 ± 1,8	0,6 ± 0,8	0,4 ± 0,5	1 ± 1,1	0,4 ± 0,8	0,6 ± 0,8	0,6 ± 0,8	1,2 ± 1,2
<b>intenzita pachutí celkově</b>	6,2 ± 5,8	5,4 ± 5,1	8,4 ± 6,8	12 ± 4,6	28,2 ± 9,4	32,2 ± 8,2	46,2 ± 6,7	55,2 ± 6,9

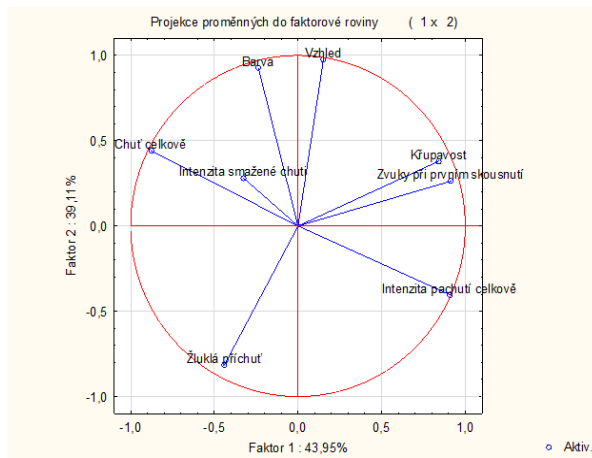
### 5.1.1 Statistické vyhodnocení

Dle statistického vyhodnocení je patrné, že mezi 1.–2. a 1.–3. vzorkem jsou statisticky průkazné rozdíly ve vzhledu, ostatní vzorky se nelišily. V barvě, křupavosti a ve zvucích při prvním skousnutí nejsou mezi vzorky po jednotlivých smaženích statisticky průkazné rozdíly. Celková chuť se s přibývajícím počtem smažení zhoršovala. Na konci jsou vidět statisticky průkazné rozdíly od počátečních smažení. Intenzita smažené chuti má kolísavý průběh. Mezi některými jednotlivými vzorky byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly, ale není zde vidět žádný trend. U žluklé příchuti po opakovaném namáhání sádla nedošlo ke statisticky průkazným rozdílům. Celková intenzita pachutí koreluje s celkovou chutí, kdy pachutě rostou a celková chuť naopak klesá. Grafy a tabulky statistického vyhodnocení jsou uvedeny v Příloze 3. Statisticky významné korelace můžeme vidět znázorněné červeně v Tabulce 4 (silné korelace jsou zvýrazněny žlutě).

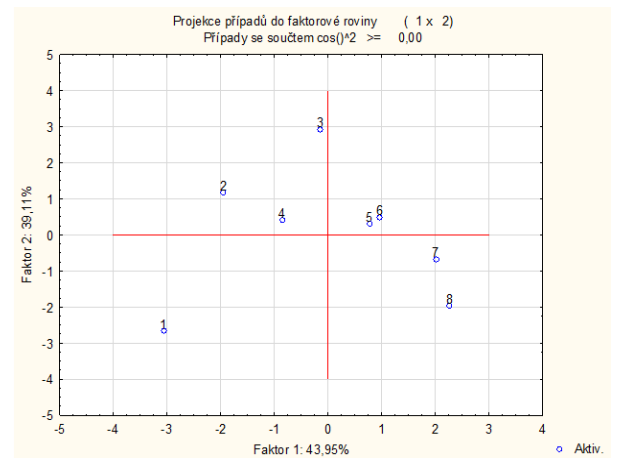
V analýze hlavních komponent (PCA) bylo zachováno 43,95 % proměnných. Na obrázku 7a můžeme vidět projekci proměnných, kde spolu korelují hodnocené parametry, které jsou zaznamenané blíže u sebe. Parametry, které jsou naproti, korelují opačně. Analýzu hlavních komponent můžeme vidět i na obrázku 7b.

Výsledky hierarchického shlukování (Obrázek 8) nám ukazují, že se od sebe lišily vzorky po 1.–4. smažení a vzorky po 5.–8. smažení. Vzorek po 1. smažení se sám o sobě odlišuje

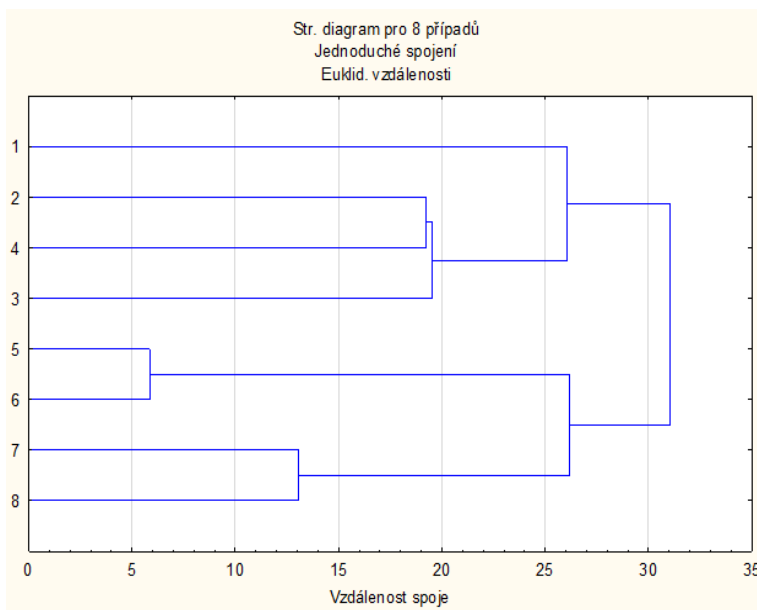
o trochu více. O něco větší odlišnost můžeme vidět i mezi vzorky po 5. a 6. smažení od vzorků po 7. a 8. smažení.



Obrázek 6a: Analýza hlavních komponent



Obrázek 7b: Analýza hlavních komponent



Obrázek 7: Výsledky hierarchického shlukování jednotlivých hodnocených aspektů sensorické analýzy

Tabulka 4: Korelace senzoričkého hodnocení

Korelace (senzoričké hodnocení)													
Označ. korelace jsou významné na hlad. $p < ,05000$													
N=40 (Celé případy vynechány u ChD)													
Proměnná	Průměry	Sm.odch.	Číslo smažení	Vzhled	Barva	Křupavost	Zvuky při prvním skousnutí	Chuť celkově	Intenzita smažené chuti	Žluklá příchut'	Intenzita pachutí celkově		
Číslo smažení	4,5	2,32048	1	-	-	0,468261	0,482795	-	-	-	0,897339		
Vzhled	70,125	8,76528	-	1	0,582994	0,266242	0,281272	0,416515	0,281664	0,365916	0,303984		
Barva	71,25	9,89367	-	0,173114	0,582994	1	-0,101402	-0,069034	0,44035	-0,00266	0,081538	0,389652	
Křupavost	65,625	10,84314	0,468261	0,266242	-	1	0,810814	-	0,292368	0,000019	-	0,321051	
Zvuky při prvním skousnutí	61,5	10,43662	0,482795	0,281272	0,069034	0,810814	1	-	0,265644	0,048108	0,248413	0,379725	
Chuť celkově	70,2	15,14917	-	0,416515	0,44035	-0,292368	-0,265644	1	0,449176	-	0,103711	0,844783	
Intenzita smažené chuti	71,675	15,34624	-	0,311417	0,281664	-0,00266	0,000019	-0,048108	0,449176	1	0,167163	0,345526	
Žluklá příchut'	0,825	1,1522	-	0,100698	0,365916	0,081538	-0,073115	-0,248413	-	0,103711	0,167163	1	0,00749
Intenzita pachutí celkově	24,225	19,53627	0,897339	-	0,303984	0,389652	0,321051	0,379725	-	0,844783	0,345526	0,00749	1

## 5.2 Schaalův test

Jako smažicí medium bylo použito vepřové sádlo, protože se předpokládal minimální obsah přírodních antioxidantů v porovnání s rostlinnými oleji. Pomocí indukční periody IP, která byla odečtena z grafů (Příloha 4 a 5) závislosti relativních změn hmotností na čase, byl vypočten protekční faktor PF vůči nesmaženému sádlu (N) (Tabulka 5). U vzorků od 3. smažení probíhala intenzivní oxidace již od počátku skladovacího testu, takže bylo odečtení IP ve většině případů nemožné (respektive IP = 0). V Tabulce 5 jsou proto uvedeny jen hodnoty, které bylo možno graficky stanovit.

Tabulka 5: Indukční perioda a protekční faktor nesmaženého sádla a sádel po smažení brambor

Vzorek	Indukční perioda IP (dny)	Protekční faktor PF
1A	2,5	0,71
1B	2,5	0,71
2A	1,5	0,43
2B	1,5	0,43
3A	-	-
3B	1	0,29
4A	-	-
4B	0,5	0,14
5A,B	-	-
6A,B	-	-
7A,B	-	-
8A,B	-	-
NA	3,5	-
NB	3,5	-



### 5.3 Antioxidační kapacita sádla DPPH

Od slepého pokusu (Blank = 1,143) bylo nutné odečíst naměřené absorbance vzorků a standardů (Tabulka 6). Následně byla vytvořena kalibrační křivka (Graf 5) standardních roztoků  $\alpha$ -tokoferolu.

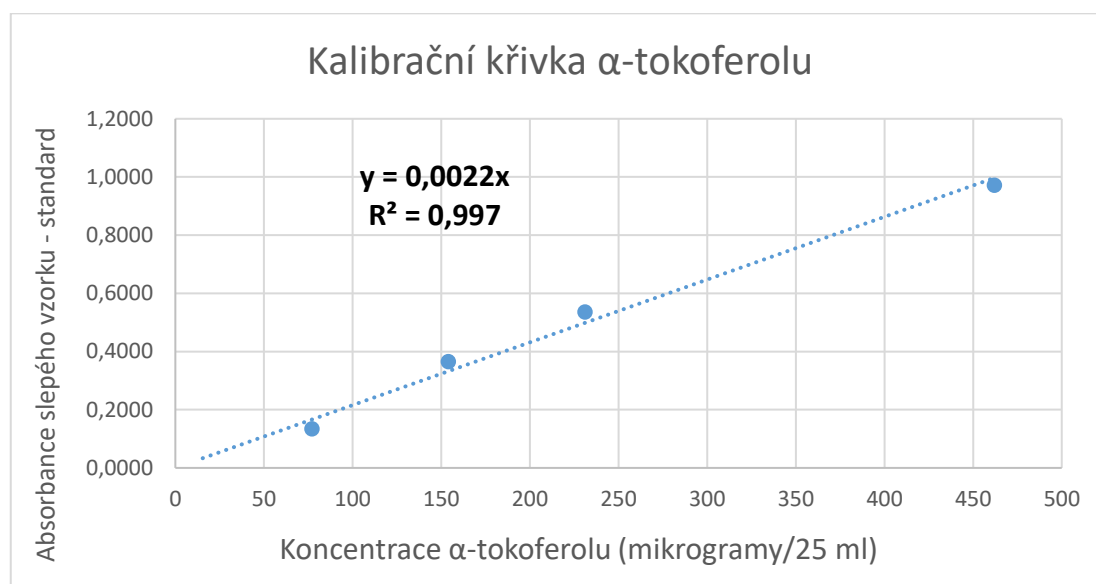
Tabulka 6: Absorbance sádla z fialových brambor

Vzorek sádla	nesmažené	1. smažení	2. smažení	3. smažení	4. smažení	5. smažení	6. smažení	7. smažení	8. smažení
Absorbance	1,097	1,115667	1,106333	1,111667	1,115667	1,105667	1,081333	1,069333	1,016667

Tabulka 7: Absorbance slepého pokusu

Vzorek	Blank 1	Blank 2	Blank 3
Absorbance	1,143	1,143	1,143

Graf 5: Kalibrační křivka  $\alpha$ -tokoferolu v mikrogramech/25 ml



Tabulka 8 uvádí vypočtené hodnoty antioxidační aktivity. Protože byly naměřené hodnoty absorbancí vzorků velmi blízké slepému roztoku, jsou výsledky měření v oblasti nejnižší proměřené hodnoty kalibrace, vykazují značný rozptyl a jeví se nespolehlivé.

Tabulka 8: Průměrné hodnoty výsledků antioxidační aktivity jednotlivých vzorků se směrodatnou odchylkou (mg/kg)

Vzorek	Průměr AA ± SD
NA	67,0 ± 3,0
NB	
NC	
1A	39,6 ± 4,7
1B	
1C	
2A	54,5 ± 13,6
2B	
2C	
3A	47,2 ± 20,7
3B	
3C	
4A	41,2 ± 12,1
4B	
4C	
5A	55,4 ± 13,9
5B	
5C	
6A	90,1 ± 18,1
6B	
6C	
7A	110,2 ± 24,0
7B	
7C	
8A	186,2 ± 46,3
8B	
8C	

## 6 Diskuze

Hlavním cílem sensorického hodnocení bylo zjistit, zda je rozdíl v posuzovaných parametrech u opakovaného smažení zbarvených hlíz brambor. Jako smažicí médium bylo vybráno sádlo pro svůj nízký obsah antioxidantů. Brambory po jednotlivých smaženích nebyly respondenty označeny vzhledově a barvou významně rozdílné. Celková chuť hranolek se s přibývajícím počtem opakování smažení zhoršovala, avšak žluklá příchut' smažených hranolek byla téměř nezatelná po celou dobu pokusu. Nejzřetelnějším sensoricky hodnoceným prvkem byla celková intenzita pachutí, která se s přibývajícím počtem opakování smažení výrazně zvyšovala. Tyto výsledky jsou uvedeny ve statistickém vyhodnocení (Příloha 3). Studie Kaspar et al. (2013) uvádí, že nebyl pozorován žádný významný rozdíl v celkové přijatelnosti u pečených žlutých a fialových odrůd brambor. Ze studie (Jaggar et al. 2020) vyplývá, že nebyly pozorované žádné výrazné rozdíly v sensorickém hodnocení hranolků ze žlutých odrůd brambor. Malé rozdíly byly pozorovány pouze u vzhledu a barvy, ale v celkové textuře, křupavosti a chuti téměř žádné.

Studie Sabolová et al. (2017) dokazuje, že se indukční perioda testovaných tuků a olejů snižovala se zvyšující se pracovní teplotou. Vepřové sádlo mělo IP nejnižší v porovnání se slunečnicovým a extra panenským olivovým olejem. Schaalův test ukázal na poměrně krátkou IP samotného sádla, které tedy bohužel nebylo příliš čerstvé a kvalitní. IP nesmaženého sádla byla 3,5 dne, což je výrazně nižší v porovnání se studií sl. Blažkové (2020), ve které byla indukční perioda nesmaženého sádla 9,6 dne. Ve stejné studii byla IP po prvním smažení odrůdy Valfi 10,1 dne což je opět výrazný rozdíl s mou studií, kdy IP vyšla na 2,5 dne. Výsledky neukázaly nějaký významný trend. Mohlo to tedy zapříčinit i to, že kvalita vstupní suroviny nebyla nejlepší, a proto zlom nastal dříve. Je možné, že sádlo mělo na počátku žluklé pachutě, které po prvním smažení vytékaly.

Z důvodu toho, že to sádlo bylo již mírně zoxidované, se nemohl moc projevit případný vliv antioxidantů z fialových brambor. Oxidace po jednotlivých dalších opakovaných smaženích byla tedy ve smažicím médiu poměrně rozsáhlá, což je vidět i na velmi krátkých až nulových IP. Antioxidant je účinný na počátku oxidace a má smysl jej pro oddálení žluknutí použít pouze do čtvrtých lipidů. Poté, co se již rozběhne ve velké míře radikálová řetězová reakce, se antioxidant rychle vyčerpá a jeho vliv se neprojeví. Z antioxidantů jsou fialové brambory nejbohatší na polyfenoly ( $1226\text{--}4405\text{ mg kg}^{-1}$ ) a L-askorbovou kyselinu ( $170\text{--}990\text{ mg kg}^{-1}$ ). Z ostatních látek typu antioxidantů jsou v bramborách zastoupeny karotenoidy (až  $4\text{ mg kg}^{-1}$ ),  $\alpha$ -tokoferol ( $0,5\text{--}2,8\text{ mg kg}^{-1}$ ) a v menší míře selen ( $0,01\text{ mg kg}^{-1}$ ). Antioxidanty jsou účinnější, jsou-li použity v kombinaci díky jejich synergickému účinku, tj. vzájemnému zvyšování účinku. (Lachman et al. 2005). Studie Hejtmánková et al. (2009) uvádí, že žluté brambory mají vyšší obsah askorbové kyseliny, konkrétně bylo naměřeno  $904\text{--}1190\text{ mg kg}^{-1}$  u žlutých odrůd a  $573\text{--}925\text{ mg kg}^{-1}$  u barevných odrůd. Schopnost retence vitamínu C se snižuje s dobou smažení a zvyšující se teplotou smažení (Lu et al. 2016). Lze tedy předpokládat, že obsah vitamínu C nemá zásadní vliv na oddálení oxidace sádla oproti fenolovým sloučeninám.

Kvalita vstupní suroviny se projevila i u výsledků antioxidační kapacity sádla DPPH. Brambory pravděpodobně pomohly zabránit oxidaci a podržet degradaci, to však ale jen z počátku smažení, potom už ne. Výsledky DPPH vykazují velký rozptyl. Studie sl. Blažkové

(2020) doporučuje, že 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) (Blažková 2020).

Nárůst hodnot u vzorků na konci smažení mohl být způsoben tím, že se při stanovení metodou DPPH měřily tyto vzorky až nakonec a mohla tam tedy ještě nějaká reakce s radikálem dále probíhat. Proto by bylo vhodné měření zopakovat s větší navázkou vzorku, abychom se nepohybovali v tak nízkých koncentracích, a dodržet přesně dobu probíhající barevné reakce. Opakování pokusů bohužel nebylo z důvodu epidemiologických opatření možné.

## 7 Závěr

Hodnotitelé nezaznamenali vzhledové a texturní rozdíly, mezi vzorky po jednotlivých smažení. Zaznamenali pouze chuťové, což ale nebylo znát na žluklosti. Více se lišily vzorky po 1.–4. smažení a vzorky po 5.–8. smažení. Ze sensorického hodnocení tedy vyplývá, že s rostoucím počtem smažení se zhoršovala chuť celkově a zvyšovala intenzita pachutí. Tyto dva deskriptory spolu také silně negativně korelovaly. Další významnější korelace je přímá korelace mezi křupavostí a zvucích při prvním skousnutí. Tyto korelace doplňují a potvrzují to, co ukazují i výsledky statistických vyhodnocení.

Vliv fenolových sloučenin se projevil jen u počátečních smažení, poté se stabilita smažicího média již velmi snížila. Na Schaalových testech to ukazuje rychlý vzestup oxidace. Indukční perioda i protekční faktor se pohybovaly v nízkých číslech. Výsledky Schaalových testů korelují s antioxidační kapacitou sádla DPPH, kdy se po 1. a 2. smažení začala zhoršovat stabilita smažicího média. Vzorky po 6.–8. smažení už byly hodně zoxidované. Je vhodné smažit na čerstvých nezoxidovaných tucích. Poté by se na inhibici oxidace mohl více a po delší dobu projevit i případný vliv fenolových antioxidantů z brambor.

Za poslední roky se celková konzumace brambor nezměnila. Dnešní společnost se ale čím dál více zajímá o potraviny a nové trendy. Proto lze předpokládat, že bude růst i zájem o fialové odrůdy brambor. Nejen pro jejich atraktivní barvu, ale i pro vyšší obsah antioxidantů v porovnání s odrůdami žlutými.

## 8 Literatura

- Andre CM, Legay S, Iammarino C, Ziebel J, Guignard C, Larondelle Y, Hausman J-F, Evers D, Miranda LM. 2014. The Potato in the Human Diet: a Complex Matrix with Potential Health Benefits. *Potato Research* **57**:201-214.
- Blažková. 2020. Vliv odrůdy brambor na žluknutí smažicího média. Diplomová práce. Praha.
- Blessington T, Nzaramba MN, Scheuring DC, Hale AL, Reddivari L, Miller JC. 2010. Cooking Methods and Storage Treatments of Potato: Effects on Carotenoids, Antioxidant Activity, and Phenolics. *American Journal of Potato Research* **87**:479-491.
- Brown C. R., Wrolstadt R., Durst R., Yang C. P., Clevidence B. 2003. *American Journal of Potato Research* 80, 241.
- 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 - Spotřeba potravin 2019. 2020. Český statistický úřad, Česká republika.
- 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.
- Fernández-García E, Carvajal-Lérida I, Jarén-Galán M, Garrido-Fernández J, Pérez-Gálvez A, Hornero-Méndez D. 2012. Carotenoids bioavailability from foods: From plant pigments to efficient biological activities. *Food Research International* **46**:438-450.
- Fernandez-Orozco R, Gallardo-Guerrero L, Hornero-Méndez D. 2013. Carotenoid profiling in tubers of different potato (*Solanum* sp) cultivars: Accumulation of carotenoids mediated by xanthophyll esterification. *Food Chemistry* **141**:2864-2872.
- Fricker A. 1969. Untersuchungen über die Lipide von Kartoffeln. *Fette, Seifen, Anstrichmittel* **71**:889-892.
- Friedman M. 2006. Potato Glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**: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.
- González JDT, Bermúdez AA, JaimesMorales JDC. 2017. Alternativas para reducir la absorción de grasa durante la fritura por inmerión de los alimentos/alternatives to reduce fat uptake during deep fat frying of food. *International Journal of Advanced Research* **5**:1-14.
- Haase NU. 2010. Glycoalkaloid concentration in potato tubers related to storage and consumer offer. *Potato Research* **53**: 297–307.

- 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.
- IARC. Acrylamide. In *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risk to Humans: Some Industrial Chemicals*; International Agency for Research on Cancer: Lyon, France, 1994; Vol. **60**:389-433.
- Jaggan M, Mu T, Sun H. 2020. The effect of potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars on the sensory, nutritional, functional, and safety properties of French fries. *Journal of Food Processing and Preservation* (e14912) DOI: 10.1111/jfpp.14912.
- Kähkönen MP, Heinonen M. 2003. Antioxidant Activity of Anthocyanins and Their Aglycons. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**:628-633.
- Kao FJ, Chiu YS, Tsou MJ, Chiang WD. 2012. Effects of Chinese domestic cooking methods on the carotenoid composition of vegetables in Taiwan. *LWT-Food Science and Technology* **46**:485-492.
- 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.
- Knuthsen P, Jensen U, Schmidt B, Larsen KI. 2009. Glycoalkaloids in potatoes: content of glycoalkaloids in potatoes for consumption. *Journal of Food Composition and Analysis* **22**:577–581.
- Kodíček M, Valentová O, Hynek R. 2015. *Biochemie: chemický pohled na biologický svět*. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.
- 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.
- Lachman, Hamouz, Orsak. 2005. Red and purple potatoes - A significant antioxidant source in human nutrition. *Chemicke listy* **99**:474-482.
- Leri F, Innocenti M, Andrenalli L, Vecchio V, Mulinacci N. 2011. Rapid HPLC/DAD/MS method to determine phenolic acids, glycoalkaloids and anthocyanins in pigmented potatoes (*Solanum tuberosum* L.) and correlations with variety and geographical origin. *Food Chemistry* **125**:750-759.
- Leszczynski W. 2000. The quality of table potato. *Zywność, Nauka, Technologia, Jakość*, **4**:5-27.
- 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.
- McMurry J. 2015. *Organická chemie. Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, Brno.*

- Mondy NI, Mattick LR, Owens E. 1963. Food Storage Effects, Effect of Storage on Total Lipides and Fatty Acid Composition of Potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **11**:328-329.
- Murador DC, da Cunha DT, de Rosso VV. 2014. Effects of cooking techniques on vegetable pigments: A meta-analytic approach to carotenoid and anthocyanin levels. *Food Research International* **65**:177-183.
- Mottram DS, Wedzicha BL, Dodson AT. 2002. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature* **419**:448-449.
- Nisar N, Li L, Lu S, Khin N C, Pogson B J. 2015. Carotenoid Metabolism in Plants. *Molecular Plant* **8**:68-82.
- RAO A, RAO L. 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* **55**:207-216.
- Reyes LF, Cisneros-Zevallos L. 2003. Wounding Stress Increases the Phenolic Content and Antioxidant Capacity of Purple-Flesh Potatoes (*Solanum tuberosum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **51**:5296-5300.
- Rottmann E, Hauke KF, Krings U, Berger RG. 2021. Enzymatic acrylamide mitigation in French fries – An industrial-scale case study. *Food Control* (107739) DOI: 10.1016/j.foodcont.2020.107739
- Rytel E, Peksa A, Tajner-Czopek, Kita A, Lisinska G. 2011. Anti-nutritional compounds in potatoes, depending on the type of raw material and conditions of processing potatoes into food products. In: *Food, PotatoV*. Global Science Books, Ltd 15-22.
- Rytel E, Tajner-Czopek A, Kita A, Kucharska AZ, Sokół-Łętowska A, Hamouz K. 2018. Content of anthocyanins and glycoalkaloids in blue-fleshed potatoes and changes in the content of  $\alpha$ -solanine and  $\alpha$ -chaconine during manufacture of fried and dried products. **53**:719-727.
- Sabolová M, Johanidesová A, Hasalíková E, Fišnar J, Doležal M, Réblová Z. 2017. Relationship between the composition of fats and oils and their oxidative stability at different temperatures, determined using the Oxipres apparatus. *European Journal of Lipid Science and Technology* (1600454) DOI: 10.1002/ejlt.201600454.
- Sander LC, Sharpless KE, Pursch M. 2000. C30 Stationary phases for the analysis of food by liquid chromatography. *Journal of Chromatography A* **880**:189-202.
- Shen R, Yang S, Zhao G, Shen Q, Diao X. 2015. Identification of carotenoids in foxtail millet (*Setaria italica*) and the effects of cooking methods on carotenoid content. *Journal of Cereal Science* **61**:86-93.
- Shepherd LVT, Hackett C, Alexander CJ. 2016. Impact of light-exposure on the metabolite balance of transgenic potato tubers with modified glycoalkaloid biosynthesis. *Food Chemistry* **106**:706–711.
- Schieber A, Carle R. 2005. Occurrence of carotenoid cis-isomers in food: Technological, analytical, and nutritional implications. *Trends in Food Science & Technology* **16**:416-422.



- Situační a výhledová zpráva. 2019. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.
- Stadler RH, Blank I, Varga N, Robert F, Hau J, Guy PA, Robert M-C, Riediker S. 2002. Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* **419**:449-450.
- Strugała P, Urbaniak A, Kuryś P, Włoch A, Kral T, Ugorski M, Hof M, Gabrielska J. 2021. Antitumor and antioxidant activities of purple potato ethanolic extract and its interaction with liposomes, albumin and plasmid DNA. *The Royal Society of Chemistry* **12**:1271-1290.
- Tierno R, Hornero-Méndez D, Gallardo-Guerrero L, López-Pardo R, de Galarreta JIR. 2015. Effect of boiling on the total phenolic, anthocyanin and carotenoid concentrations of potato tubers from selected cultivars and introgressed breeding lines from native potato species. *Journal of Food Composition and Analysis* **41**:58-65.
- Trujillo-Agudelo S, Osorio A, Gómez F, Contreras-Calderón J, Mesías-García M, Delgado-Andrade C, Morales F, Vega-Castro O. 2020. Evaluation of the application of an edible coating and different frying temperatures on acrylamide and fat content in potato chips. *Journal of Food Process Engineering* (e13198) DOI: 10.1111/jfpe.13198.
- Van Gelder WMJ, Dellaert LMW. 1988. Alkaloids in potatoes. *Prophyta* **42**:236-238.
- Wünsch A. 1989. Spatial distribution of glycoalkaloids of different potato varieties throughout the tuber. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebensm.* **12**:69-74.
- Yamamoto I., Takano K., Sato H., Kamoi I., Miamoto T. J. 1997 *Agric. Sci.* 41, 239.
- Zitnak A, Filadelfi MA. 1985. Estimation of Taste Thresholds of Three Potato Glycoalkaloids. *Canadian Institute of Food Science and Technology Journal* **18**:337-339.
- Žižka J. 2019. Situační a výhledová zpráva. Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha.

## 9 Seznam použitých zkratek a symbolů

AA – akrylamid

DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl

FRAP metoda (ferric reducing ability of plasma) – metoda stanovení schopnosti plasmy redukovat (tripyridyltriazin) železitý ion na železnatý.

IP – indukční perioda

MUFA – monoenové – nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou

PF – protékání faktor

PUFA – polyenové – nenasycené mastné kyseliny s několika dvojnými vazbami

SFA – nasycené mastné kyseliny

ORAC metoda (oxygen radical absorbance capacity assay) – metoda stanovení absorpční kapacity kyslíkových radikálů

PAL (Phenylalanine Ammonia-lyase) – fenylalanin amoniak lyáza

Žluté odrůdy brambor:

Ant – Antonia

Val – Valkýra

Fialové odrůdy brambor:

Vaf – Valfi

VB – Val 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

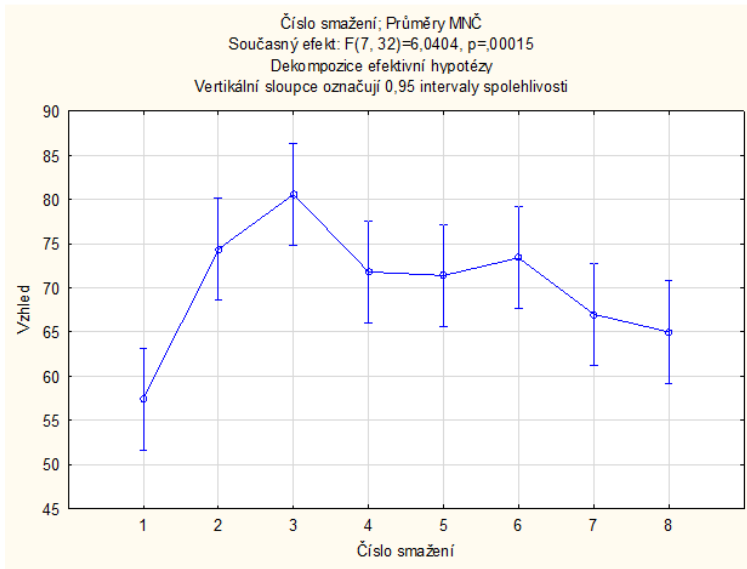
Neznatelná \_\_\_\_\_ Velmi silná

Poznámky:

Příloha 2: Výsledky senzorického dotazníku

Číslo hodnotitele	Číslo smažení	Vzhled	Barva	Křupavost	Zvuky při prvním skousnutí	Chuť celkově	Intenzita smažené chuti	Žluklá příchut'	Intenzita pachutí celkově
1	1	58	88	28	36	93	72	0	3
	2	81	77	28	28	91	95	0	5
	3	88	81	72	65	87	90	0	4
	4	72	78	64	62	78	77	0	7
	5	78	77	69	68	72	42	0	33
	6	76	75	68	69	70	45	0	34
	7	60	60	77	70	54	75	0	52
	8	60	59	78	71	51	81	0	61
2	1	62	85	55	40	89	75	4	7
	2	71	85	61	62	90	92	0	0
	3	87	86	69	67	87	91	0	4
	4	70	70	64	57	75	74	0	9
	5	69	69	66	63	80	50	0	33
	6	77	77	66	68	71	47	0	34
	7	70	69	75	71	55	77	0	50
	8	65	60	77	73	50	82	0	60
3	1	68	51	60	66	89	98	0	0
	2	81	68	70	70	90	91	0	0
	3	81	78	71	75	91	95	0	1
	4	78	78	72	51	70	73	3	9
	5	75	76	72	57	75	65	0	12
	6	77	76	69	60	72	62	0	20
	7	71	70	74	65	64	70	1	35
	8	70	65	75	72	60	75	3	42
4	1	50	68	58	59	78	47	4	4
	2	77	77	71	66	84	82	2	13
	3	80	76	76	75	86	86	1	18
	4	73	73	73	61	79	79	1	19
	5	72	83	67	68	41	43	0	24
	6	73	80	70	69	62	52	2	28
	7	70	77	71	69	55	64	0	42
	8	68	75	69	70	50	73	1	55
5	1	49	43	57	51	63	61	1	17
	2	62	62	63	52	65	76	1	9
	3	67	66	73	54	73	79	1	15
	4	66	67	66	51	67	76	1	16
	5	63	59	54	54	54	59	2	39
	6	64	62	58	59	53	60	1	45
	7	64	64	60	59	50	64	2	52
	8	62	60	59	57	44	72	2	58

Příloha 3: Statistické vyhodnocení sensorického hodnocení

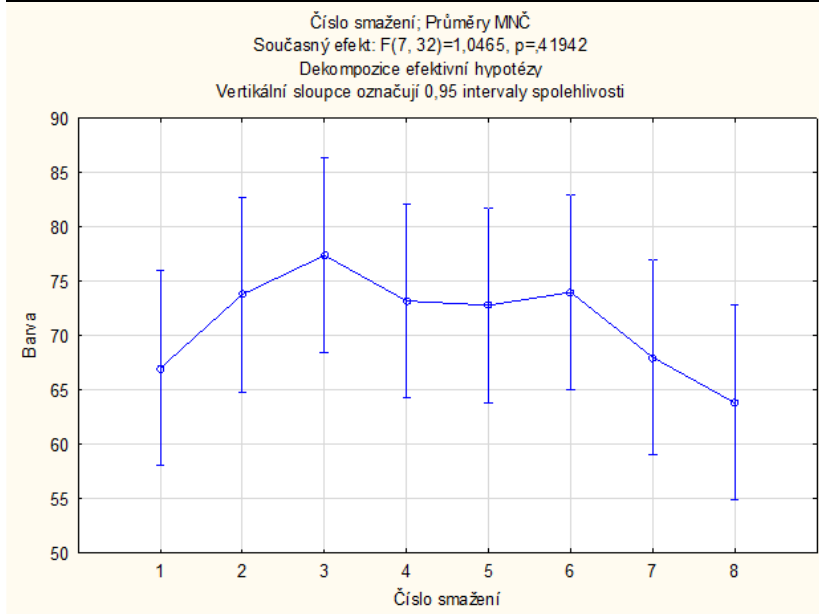


Scheffeho test; proměnná **Vzhled** (sensorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup.  $PC = 40,337$ ,  $sv = 32,000$

Číslo smažení	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,032685	0,000933	0,114287	0,135892	0,054166	0,580963	0,819055
2	0,032685		0,929159	0,999615	0,999018	0,999999	0,838384	0,606883
3	0,000933	0,929159		0,68318	0,632637	0,856567	0,16062	0,065777
4	0,114287	0,999615	0,68318		1	0,999985	0,982193	0,889325
5	0,135892	0,999018	0,632637	1		0,999934	0,989285	0,917122
6	0,054166	0,999999	0,856567	0,999985	0,999934		0,917122	0,731665
7	0,580963	0,838384	0,16062	0,982193	0,989285	0,917122		0,999934
8	0,819055	0,606883	0,065777	0,889325	0,917122	0,731665	0,999934	

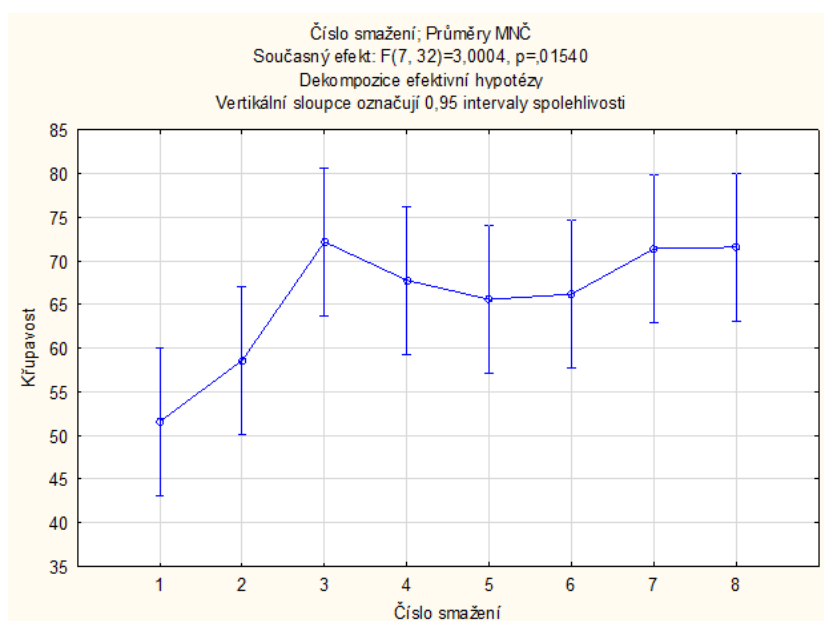


Scheffeho test; proměnná **Barva** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup.  $P\check{C} = 97,075$ ,  $sv = 32,000$

Číslo smažení	1 67	2 73,8	3 77,4	4 73,2	5 72,8	6 74	7 68	8 63,8
1		0,989522	0,896451	0,993994	0,996018	0,987565	1	0,999918
2	0,989522		0,999819	1	1	1	0,996018	0,914169
3	0,896451	0,999819		0,999498	0,99909	0,999877	0,936893	0,687298
4	0,993994	1	0,999498		1	1	0,997997	0,936893
5	0,996018	1	0,99909	1		1	0,998801	0,949557
6	0,987565	1	0,999877	1	1		0,995088	0,90557
7	1	0,996018	0,936893	0,997997	0,998801	0,995088		0,999498
8	0,999918	0,914169	0,687298	0,936893	0,949557	0,90557	0,999498	

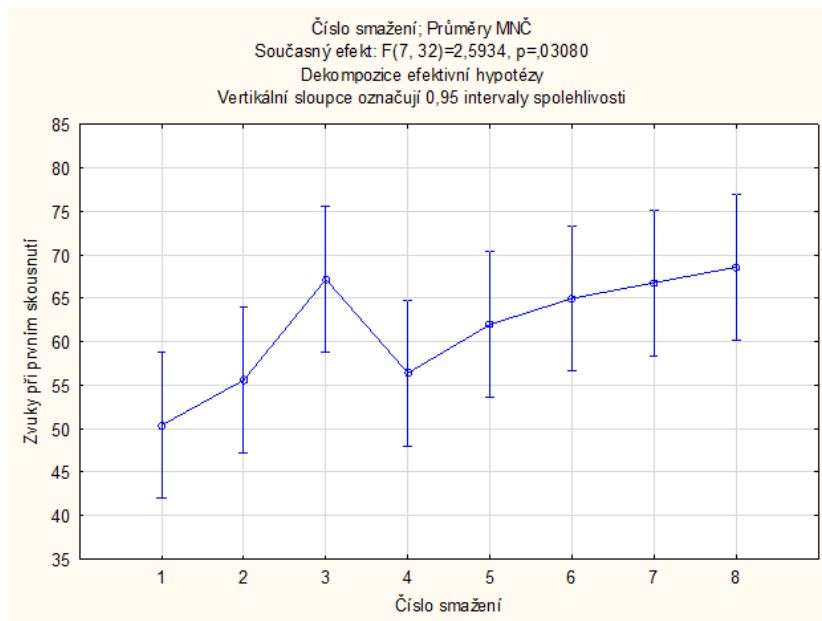


Scheffeho test; proměnná **Křupavost** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup.  $P\check{C} = 86,513$ ,  $sv = 32,000$

Číslo smažení	1 51,6	2 58,6	3 72,2	4 67,8	5 65,6	6 66,2	7 71,4	8 71,6
1		0,982618	0,132096	0,396669	0,586197	0,533043	0,165951	0,156918
2	0,982618		0,621521	0,924368	0,982618	0,972336	0,690572	0,673602
3	0,132096	0,621521		0,999008	0,987656	0,993015	1	1
4	0,396669	0,924368	0,999008		0,999991	0,999999	0,999735	0,999621
5	0,586197	0,982618	0,987656	0,999991		1	0,994319	0,993015
6	0,533043	0,972336	0,993015	0,999999	1		0,997116	0,996347
7	0,165951	0,690572	1	0,999735	0,994319	0,997116		1
8	0,156918	0,673602	1	0,999621	0,993015	0,996347	1	

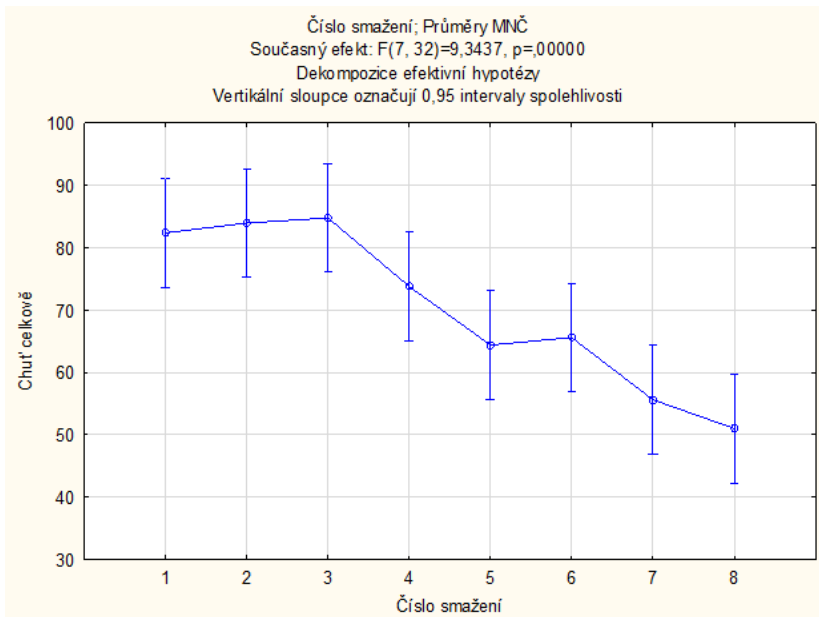


Scheffeho test; proměnná **Zvuky při prvním skousnutí** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup. PČ = 84,700, sv = 32,000

Číslo smažení	1	2	3	4	5	6	7	8
1		0,996918	0,336253	0,992553	0,776647	0,519344	0,366991	0,240775
2	0,996918		0,776647	1	0,989042	0,911504	0,805994	0,661731
3	0,336253	0,776647		0,833362	0,996918	0,99999	1	1
4	0,992553	1	0,833362		0,995113	0,94325	0,858578	0,729394
5	0,776647	0,989042	0,996918	0,995113		0,999916	0,998142	0,986865
6	0,519344	0,911504	0,99999	0,94325	0,999916		0,999997	0,999716
7	0,366991	0,805994	1	0,858578	0,998142	0,999997		0,999997
8	0,240775	0,661731	1	0,729394	0,986865	0,999716	0,999997	



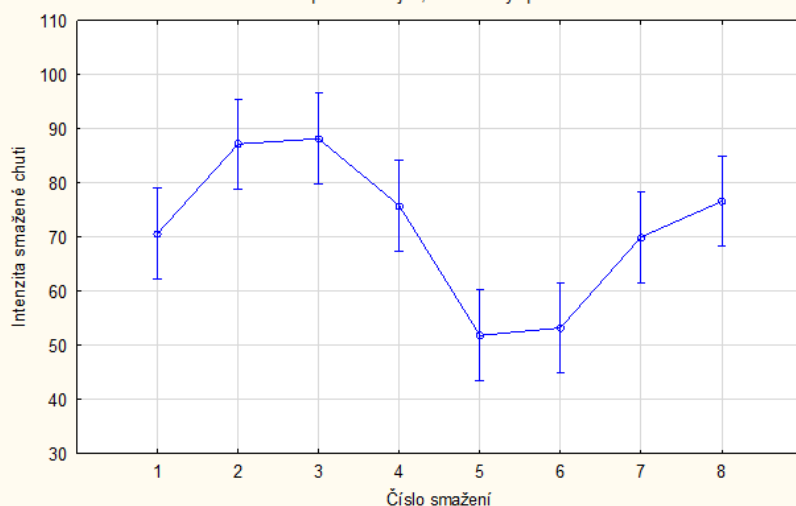
Scheffeho test; proměnná **Chut' celkově** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup. PČ = 91,888, sv = 32,000

Číslo smažení	1	2	3	4	5	6	7	8
	82,4	84	84,8	73,8	64,4	65,6	55,6	51
1		0,999999	0,999986	0,954106	0,301194	0,388541	0,021933	0,003929
2	0,999999		1	0,892469	0,205068	0,274874	0,012283	0,002093
3	0,999986	1		0,848695	0,166212	0,226792	0,009119	0,001521
4	0,954106	0,892469	0,848695		0,927543	0,964429	0,287848	0,083032
5	0,301194	0,205068	0,166212	0,927543		1	0,948228	0,673416
6	0,388541	0,274874	0,226792	0,964429	1		0,902057	0,571432
7	0,021933	0,012283	0,009119	0,287848	0,948228	0,902057		0,998912
8	0,003929	0,002093	0,001521	0,083032	0,673416	0,571432	0,998912	

Číslo smažení; Průměry MNC  
 Současný efekt:  $F(7, 32)=10,943, p=0,0000$   
 Dekompozice efektivní hypotézy  
 Vertikální sloupce označují 0,95 intervaly spolehlivosti



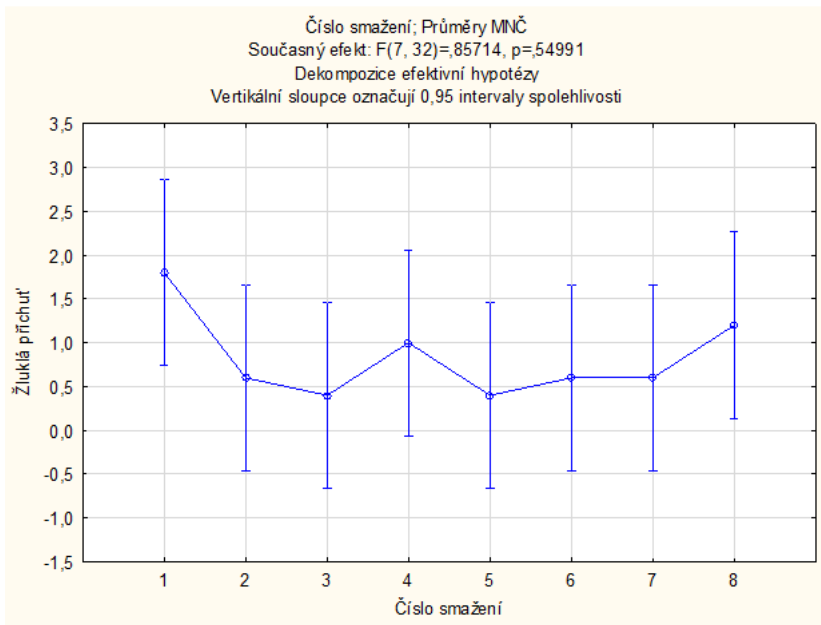
Scheffeho test; proměnná **Intenzita smažené chuti** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup. PČ = 84,575, sv = 32,000

Číslo smažení	1	2	3	4	5	6	7	8
	70,6	87,2	88,2	75,8	51,8	53,2	70	76,6
1		0,350504	0,278399	0,996903	0,205284	0,292037	1	0,99252
2	0,350504		1	0,790937	0,000433	0,000785	0,306077	0,845754
3	0,278399	1		0,712144	0,000282	0,000514	0,239955	0,775999
4	0,996903	0,790937	0,712144		0,040651	0,065532	0,993912	1
5	0,205284	0,000433	0,000282	0,040651		1	0,239955	0,030594
6	0,292037	0,000785	0,000514	0,065532	1		0,335322	0,050044
7	1	0,306077	0,239955	0,993912	0,239955	0,335322		0,986808
8	0,99252	0,845754	0,775999	1	0,030594	0,050044	0,986808	



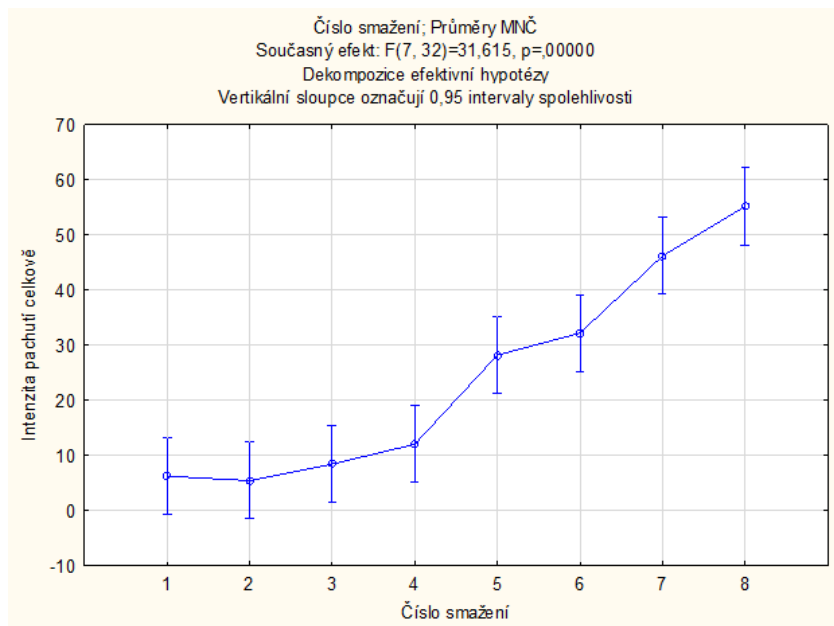


Scheffeho test; proměnná **Žluklá příchut'** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

Chyba: meziskup.  $P\check{C} = 1,3625$ ,  $sv = 32,000$

Číslo smažení	1	2	3	4	5	6	7	8
	1,8	0,6	0,4	1	0,4	0,6	0,6	1,2
1		0,908682	0,817308	0,989948	0,817308	0,908682	0,908682	0,998307
2	0,908682		0,999999	0,999883	0,999999	1	1	0,998307
3	0,817308	0,999999		0,998307	1	0,999999	0,999999	0,989948
4	0,989948	0,999883	0,998307		0,998307	0,999883	0,999883	0,999999
5	0,817308	0,999999	1	0,998307		0,999999	0,999999	0,989948
6	0,908682	1	0,999999	0,999883	0,999999		1	0,998307
7	0,908682	1	0,999999	0,999883	0,999999	1		0,998307
8	0,998307	0,998307	0,989948	0,999999	0,989948	0,998307	0,998307	



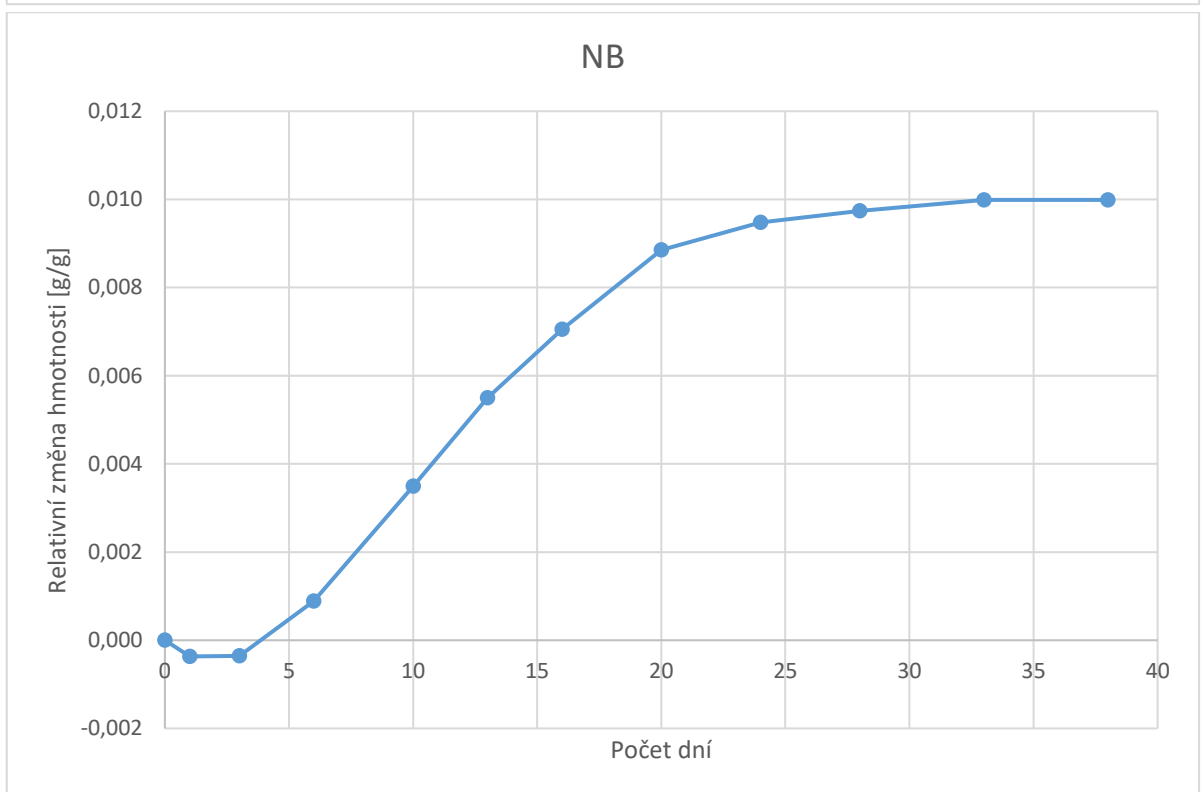
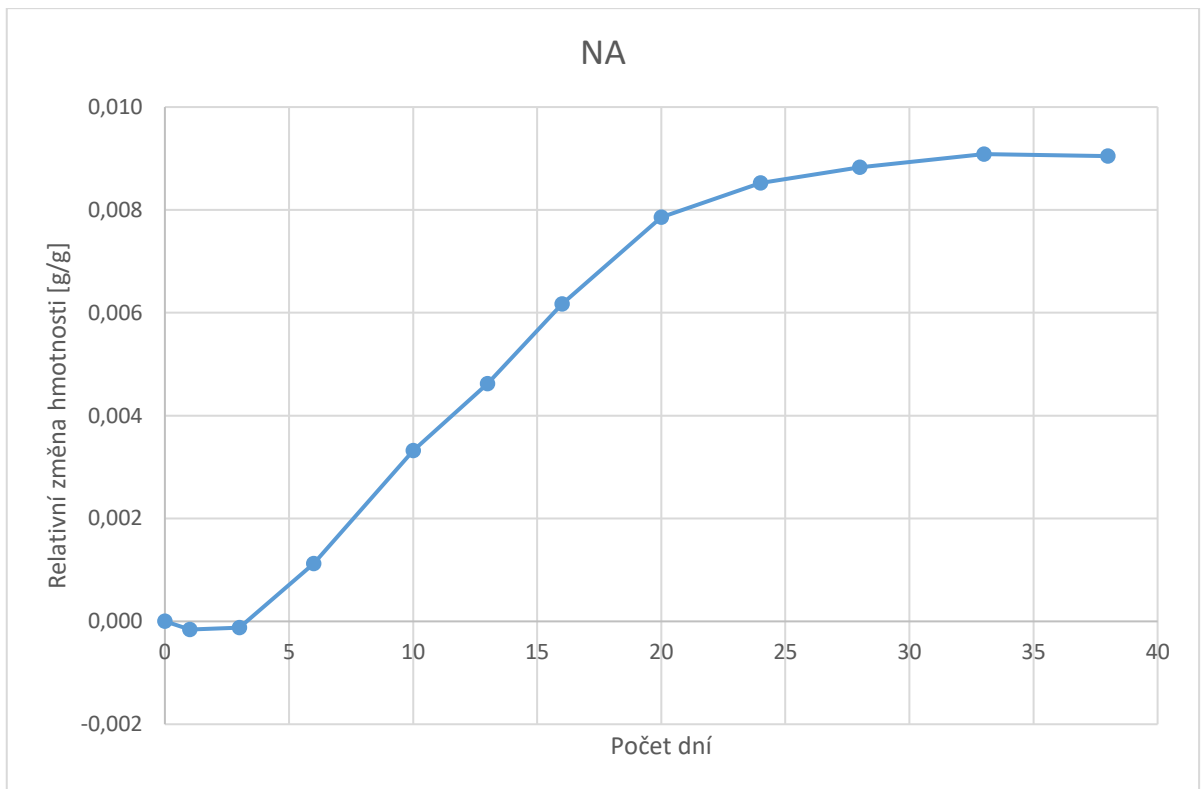
Scheffeho test; proměnná **Intenzita pachutí celkově** (senzorické hodnocení)

Pravděpodobnosti pro post-hoc testy

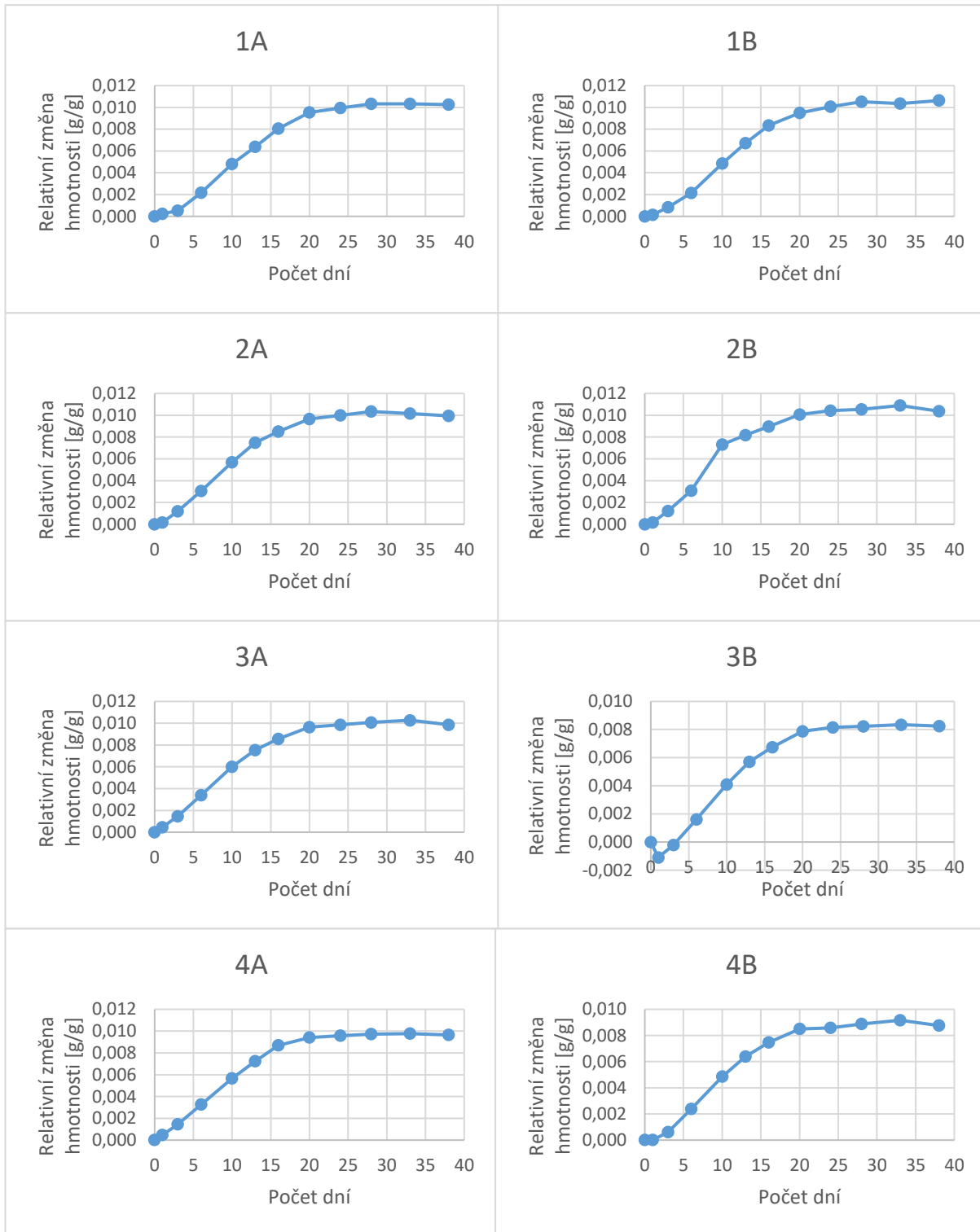
Chyba: meziskup.  $PČ = 58,762$ ,  $sv = 32,000$

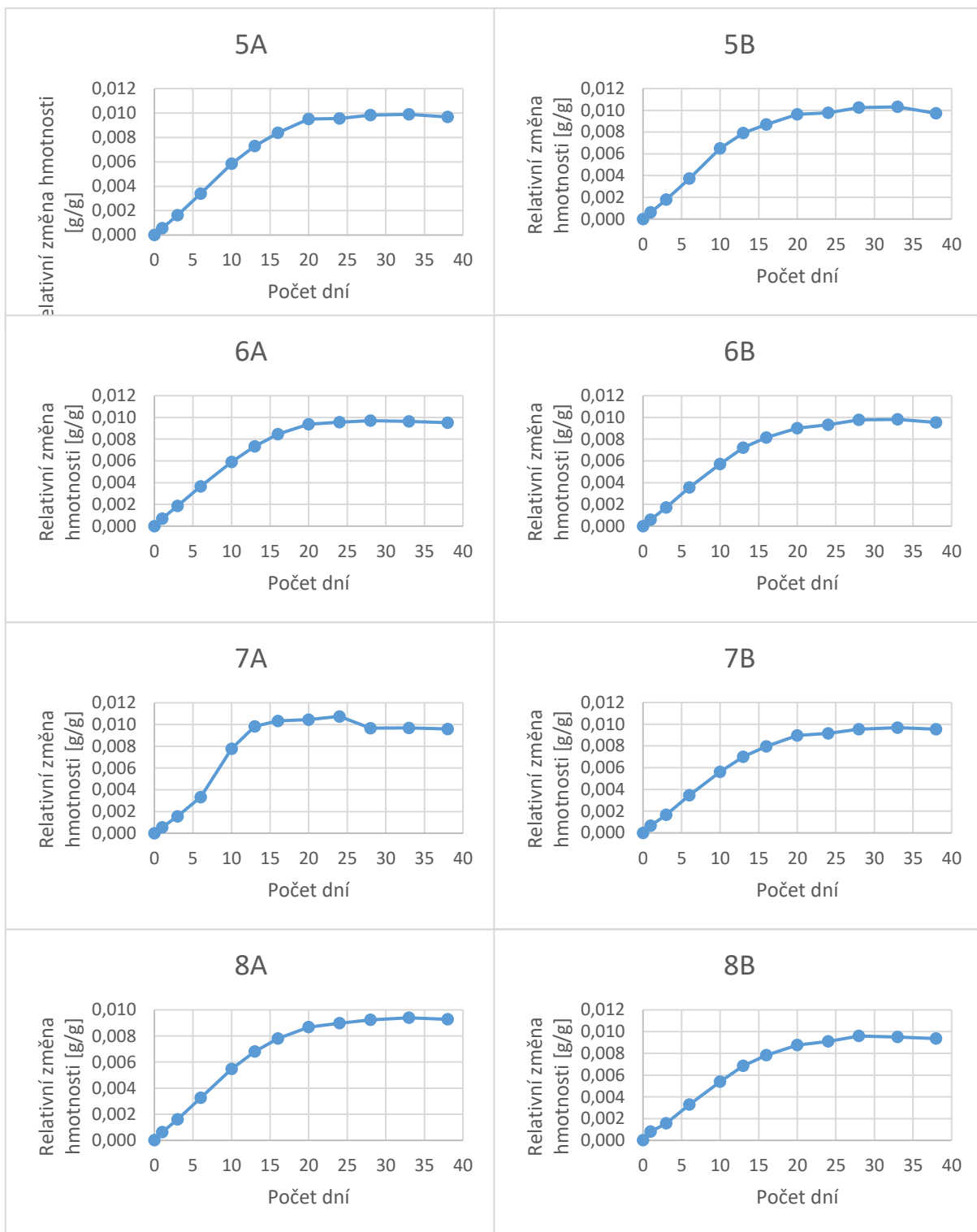
Číslo smažení	1 6,2	2 5,4	3 8,4	4 12	5 28,2	6 32,2	7 46,2	8 55,2
1		1	0,999965	0,982077	0,017002	0,002539	0,000002	0
2	1		0,999715	0,963162	0,01179	0,001707	0,000001	0
3	0,999965	0,999715		0,999054	0,044293	0,007378	0,000006	0
4	0,982077	0,963162	0,999054		0,172677	0,03744	0,000038	0
5	0,017002	0,01179	0,044293	0,172677		0,998137	0,090757	0,001544
6	0,002539	0,001707	0,007378	0,03744	0,998137		0,335642	0,010745
7	0,000002	0,000001	0,000006	0,000038	0,090757	0,335642		0,833018
8	0	0	0	0	0,001544	0,010745	0,833018	

Příloha 4: Průběh oxidace nesmaženého sádla



Příloha 5: Průběh oxidace sádla po 1. - 8. smažení





Příloha 6: Tabulka antioxidační kapacity sádla pomocí DPPH

<b>vzorek</b>	<b>navážka</b>	<b>ABS vz</b>	<b>ABS blanku-ABS vzorku</b>	<b>AA sádla (mg/l)</b>	<b>AA sádla (mg/kg)</b>
<b>NA</b>	0,305	1,097	0,046	20,91	68,55
<b>NB</b>	0,3032	1,097	0,046	20,91	68,96
<b>NC</b>	0,3289	1,097	0,046	20,91	63,57
<b>1A</b>	0,3097	1,119	0,024	10,91	35,22
<b>1B</b>	0,3381	1,114	0,029	13,18	38,99
<b>1C</b>	0,296	1,114	0,029	13,18	44,53
<b>2A</b>	0,3027	1,108	0,035	15,91	52,56
<b>2B</b>	0,3145	1,114	0,029	13,18	41,91
<b>2C</b>	0,303	1,097	0,046	20,91	69,01
<b>3A</b>	0,2941	1,097	0,046	20,91	71,10
<b>3B</b>	0,3023	1,119	0,024	10,91	36,09
<b>3C</b>	0,3166	1,119	0,024	10,91	34,46
<b>4A</b>	0,3101	1,108	0,035	15,91	51,30
<b>4B</b>	0,2954	1,114	0,029	13,18	44,62
<b>4C</b>	0,2949	1,125	0,018	8,18	27,74
<b>5A</b>	0,3088	1,095	0,048	21,82	70,65
<b>5B</b>	0,3044	1,114	0,029	13,18	43,30
<b>5C</b>	0,3051	1,108	0,035	15,91	52,14
<b>6A</b>	0,3346	1,092	0,051	23,18	69,28
<b>6B</b>	0,3092	1,076	0,067	30,45	98,49
<b>6C</b>	0,2972	1,076	0,067	30,45	102,47
<b>7A</b>	0,309	1,066	0,077	35,00	113,27
<b>7B</b>	0,3058	1,086	0,057	25,91	84,73
<b>7C</b>	0,2984	1,056	0,087	39,55	132,52
<b>8A</b>	0,2997	0,987	0,156	70,91	236,60
<b>8B</b>	0,3188	1,041	0,102	46,36	145,43
<b>8C</b>	0,3114	1,022	0,121	55,00	176,62