

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH**

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

ING. JAN BEDRNÍČEK

**ČESKÉ BUDĚJOVICE
2020**

Autoreferát disertační práce

Doktorand:	Ing. Jan Bedrníček
Studijní program:	Zootechnika
Studijní obor:	Zoohygiena a prevence chorob hospodářských zvířat
Název práce :	Obsah antioxidantů v surovinách a jejich stabilita v obohacených potravinách v závislosti na technologii výroby
Školitel :	doc. Ing. Eva Samková, Ph.D.
Školitel specialista:	doc. Ing. Pavel Smetana, Ph.D.
Oponenti:	doc. Ing. Eva Dadáková, Ph.D. JCU České Budějovice prof. MVDr. Lenka Vorlová, Ph.D. VFU Brno doc. Ing. Roman Ševčík, Ph.D. VŠCHT Praha

Obhajoba disertační práce se koná dne 1. 10. 2020 v
hodin v místnosti vědecké rady ZF JU v Českých
Budějovicích.

S disertační prací se lze seznámit na studijním oddělení
Zemědělské fakulty JU v Českých Budějovicích.

prof. Ing. Jan Trávníček, CSc.
předseda oborové rady
Zoohygiena a prevence chorob
hospodářských zvířat
ZF JU v Českých Budějovicích

SEZNAM IMPAKTOVANÝCH PUBLIKACÍ

Linhartová, Z., Lunda, R., Dvořák, P., Bárta, J., Bártová, V., Kadlec, J., Samková, E., **Bedrníček, J.**, Pešek, M., Laknerová, I., Smole-Možina, S., Smetana, P., Mráz, J. (2019): Influence of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) to extend the shelf life of vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets stored under refrigerated conditions. *Aquaculture International*, 27.3: 883-847.

Bedrníček, J., Laknerová, I., Linhartová, Z., Kadlec, J., Samková, E., Bárta, J., Bártová, V., Mráz, J., Pešek, M., Winterová, R., Vrchotová, N., Tříška, J., Smetana, P. 2019. Onion waste as a rich source of antioxidants for meat products. *Czech Journal of Food Sciences*, 37: 268-275.

Bedrníček, J., Jirotková, D., Kadlec, J., Laknerová, I., Vrchotová, N., Tříška, J., Samková, E., Smetana, P. 2020. Thermal stability and bioavailability of bioactive compounds after baking of bread enriched with different onion by-products. *Food Chemistry*, 319, 126562.

PRÁCE VZNIKLA ZA PODPORY NÁSLEDUJÍCÍCH PROJEKTŮ

- NAZV KUS QJ1610324 – Studium tradičních a nových zemědělských plodin jako zdrojů antioxidantů a dalších zdraví prospěšných látek a jejich využití při výrobě potravin,
- TAČR GAMA TG03010027 – Posílení aktivit proof-of-concept na Jihočeské univerzitě: dílčí projekt: Aplikační možnosti fermentace bezpečných surovin pro zpracování na bezpečné pekařské výrobky s vyšší výživovou hodnotou,
- GAJU 002/2016/Z – Genetika, zdraví zvířat a kvalita produktů jako základ konkurenceschopnosti,

- GAJU 028/2019/Z – Genetika, zdraví zvířat a biologicky a senzoricky aktivní látky jako základní předpoklady kvalitních potravin a zemědělských surovin,
- GAJU 032/2018/T – Využití odpadních produktů při pěstování a zpracování cibule kuchyňské (*Allium cepa* L.) jako zdroje biologicky a technologicky cenných látek v potravinářské výrobě,
- NAZV KUS QJ1510336 – Výzkum a podpora produkce zdravotně spotřebitelsky benefičních mléčných výrobků cílenou selekcí a modifikací profilu mastných kyselin mléčného tuku.

SOUHRN

Během skladování probíhají v potravinách oxidační procesy, které negativně ovlivňují jejich zdravotní nezávadnost a senzorické vlastnosti. Pro zamezení těchto nežádoucích procesů mohou být do potravin přidávány přírodní polyfenolické antioxidanty. Cílem této práce bylo studium vlivu přídavku surovin bohatých na polyfenolické antioxidanty na chemické a senzorické vlastnosti běžně konzumovaných potravin. Jako zdroj polyfenolů byly vybrány vedlejší produkty vznikající při zpracování cibule kuchyňské (*Allium cepa* L.) a extrakt z rozmarýnu lékařského (*Rosmarinus officinalis* L.). Konkrétně se jednalo o cibulové slupky a rozmarýnový extrakt Inolens 4.

Přídavek surovin obsahující polyfenolické látky vždy zvýšil antioxidační aktivitu obohacených potravin a v případě masných výrobků zabránil oxidaci lipidů. V některých případech však byly negativně ovlivněny některé senzorické vlastnosti (textura). Týkalo se to hlavně přídavku mletých cibulových slupek. Na druhou stranu senzorické hodnocení ukázalo, že přídavek mletých cibulových slupek dokázal účinně překrýt nebo zabránit vzniku nepříjemného rybího pachu, který vzniká při dlouhodobém skladování. Tento jev doposud nebyl popsán. Pomocí HPLC-MS/MS analýzy bylo zjištěno, že se v cibulových slupkách vyskytují látky, které doposud nebyly v jiných rostlinách detekovány. Jde o 4 druhy dimeru kvercetinu a jeden trimer. Navíc bylo zjištěno, že během tepelného opracování obohacené potraviny dochází k jejich rozkladu, což doposud ve vědecké literatuře popsáno nebylo.

Po shrnutí všech výsledků lze konstatovat, že přírodní polyfenoly mají potenciál zabránit zhoršení kvality potravin v důsledku jejich skladování.

SUMMARY

Oxidation reactions, that can negatively affect safety and sensory properties, take place during food storage. To inhibit such an unwanted process, natural polyphenolic antioxidants can be added to food. The aim of this thesis was to study the effects of the addition of polyphenol rich plant materials on chemical and sensory properties of commonly consumed food products. Two types of polyphenol rich plant material were chosen: onion (*Allium cepa* L.) peel, which is processing by-product and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract Inolens 4.

The addition of polyphenol rich material (both, onion peel and rosemary extract) increased antioxidant activity of food and also delayed lipid oxidation in meat products. Unfortunately, in some cases the addition caused deterioration of sensory properties leading to poor consumers' acceptance. This was observed mainly after the addition of onion peel powder in higher amounts. The addition negatively affected hardness of texture. On the other hand, onion peel powder can effectively cover or reduce formation of unpleasant fishy odour, that is typical for fish products stored for long period of time. Additionally, several compounds occurring only in onion peel were identified (4 types of quercetin dimer and 1 type of trimer) and their stability during thermal treatment of fortified food was elucidated. This was first study that described this phenomenon.

Overall, it can be concluded that plant polyphenols have the potential to extend shelf life of food products.

1 ÚVOD

Přírodní polyfenolické látky jsou sekundární metabolity rostlin, které se vyskytují téměř ve všech rostlinných surovinách určených pro lidskou výživu. Vyznačují se různými vlastnostmi, které mohou mít pozitivní vliv na lidské zdraví. Jedná se zejména o antioxidační, protizánětlivé, antikarcinogenní a mnohé další účinky. S ohledem na tyto pozitivní účinky se polyfenoly mohou používat v potravinářství. Mají potenciál nahradit syntetické antioxidanty, které se přidávají do potravin pro potlačení oxidačních procesů, jejichž nežádoucí produkty mohou negativně ovlivňovat senzorycké i nutriční vlastnosti výrobků a následně mohou mít i negativní dopad na zdraví lidí.

V přírodě lze nalézt mnoho rostlinných zdrojů, které jsou pro získávání, resp. extrakci polyfenolů vhodné. Jedná se např. o odpadní nebo vedlejší produkty vznikající při zpracování ovoce, zeleniny, zrnin či bylin. Tyto odpady jsou tvořeny většinou nekonzumovatelnými částmi rostlin, v nichž je obsah polyfenolů mnohdy vyšší než v části konzumovatelné. Využívání vedlejších rostlinných produktů jako zdroje polyfenolů v potravinářství má tu výhodu, že se z potravinového řetězce tyto látky neztrácejí.

Suroviny bohaté na polyfenoly mohou být do potravin přidávány v různých formách, jako čisté sypké extrakty, mletý prášek (mouka) nebo vodné výluhy. V případě přidání namleté suroviny nejsou přidávány jen polyfenoly, ale také jiné technologicky a nutričně prospěšné látky, např. vláknina. Různé formy surovin s polyfenoly mohou nicméně ovlivnit senzorycké vlastnosti, které jsou spolu s cenou pro zákazníka stěžejním kritériem pro výběr potravin. Z těchto důvodů je důležité ověřit při tvorbě receptury, jaká forma a množství bude účinné a zároveň negativně neovlivní některé vlastnosti potravin, které by pak mohly konzumenty odradit.

2 CÍL PRÁCE

Hlavní náplní disertační práce bylo studium vlivu přídavku surovin bohatých na polyfenolické sloučeniny na chemické, technologické a senzorické vlastnosti běžně konzumovaných potravin. Jednalo se zejména o komerčně dostupný extrakt rozmarýnu lékařského (*Rosmarinus officinalis* L.) Inolens 4 o a vedlejší produkty cibule kuchyňské (*Allium cepa* L.) jakožto odpadní suroviny vznikající při zpracování cibule kuchyňské.

Dílčími cíli práce bylo:

- najít vhodnou formu cibulových slupek (čistý extrakt/vodný výluh/namletá sypká směs), která by sloužila jako obohacující složka pro potraviny za účelem zvýšení jejich oxidační stability,
- ověřit účinnost přidané složky bohaté na antioxidanty ve vybraných potravinách rostlinného a živočišného původu, zejména posoudit antioxidační aktivitu obohacené potraviny, míru oxidace lipidů a tepelnou stabilitu polyfenolických látek,
- posoudit vliv přídavku na senzorické vlastnosti fortifikované potraviny.

3 MATERIÁL A METODIKA

3.1 MATERIÁL

Komerčně dostupný extrakt rozmarýnu lékařského Inolens 4 (Vitiva d.d., Slovinsko). Hlavní účinné složky byly karnosol a karnosová kyselina. Antioxidant je schválený jako potravinářská přídatná látka označená kódem E392 podle Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1333/2008.

Vedlejší (odpadní) produkty při zpracování cibule kuchyňské byly poskytnuty firmou VITAL Czech s.r.o., Všestary, Česká republika. Tato zemědělská firma je jedním z největších producentů cibule kuchyňské ve střední Evropě. Vedlejší produkty byly složeny přednostně z cibulových slupek a malých či deformovaných, ale jinak zdravých cibulí dvou odrůd: žlutá Hybelle a červená Lisa. Vzhledem k velkému znečištění zeminou nebyly odebírány nejsvrchnější slupky, které se separují při naskladňování cibule do skladů, ale byla odebírána až druhá vrstva, která je již čistá. Tyto čisté slupky vznikají při expedici cibule, tedy v době, kdy už jsou špinavé slupky oddělené.

3.2 METODIKA

3.2.1 PŘÍPRAVA FORTIFIKOVANÝCH POTRAVIN

Typy potravin určené pro obohacení byly vybrány na základě splnění těchto podmínek:

- 1) jsou běžně konzumované,
- 2) obsahují lipidy náchylné k oxidaci a
- 3) jsou vhodné pro fortifikaci z hlediska senzorických vlastností.

Z těchto důvodů byly vybrány následující typy potravin: rybí filety, vepřové karbanátky, bezlepkový chléb a rybí klobása. Tabulka 1 shrnuje druh obohacující složky a procento jejího přidavku. Konkrétní složení a postupy výroby jsou popsány v jednotlivých publikacích.

Tabulka 1. Aplikace různých forem obohacující složky do potravin

Obohacující složka aplikovaná do potravin			
Rozmarýnový extrakt	Vodný výluh z cibulových slupek	Smažená cibule, sušená cibule a mouka z cibulových slupek	Mouka z cibulových slupek
↓	↓	↓	↓
Rybí filety	Vepřové karbanátky	Bezlepkové chleby	Rybí klobásy

3.2.2 ANALYTICKÉ METODY

Stěžejními analýzami u fortifikovaných potravin byly vždy AOA (metodou DPPH – 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazil), senzorická analýza a pokud se jednalo o masný výrobek, byla vždy provedena analýza sekundární oxidace lipidů (TBARS – thiobarbituric acid reactive substances). Všechny ostatní provedené analýzy jsou popsány v příslušných publikacích.

4 VÝSLEDKY

4.1 VLIV EXTRAKTU Z ROZMARÝNU NA SKLADOVATELNOST RYBÍCH FILET

Linhartová, Z., Lunda, R., Dvořák, P., Bárta, J., Bártová, V., Kadlec, J., Samková, E., **Bedrníček, J.**, Pešek, M., Laknerová, I., Možina, S.S., Smetana, P., Mráz, J. 2019. Influence of rosemary extract (*Rosmarinus officinalis*) to extend the shelf life of vacuum-packed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets stored under refrigerated conditions. *Aquaculture International*, 27: 833-847.

Skladovatelnost různých potravin se liší s ohledem na rozdílný obsah vody a skladbu živin. Neošetřené rybí maso se rychle kazí a má nejkratší skladovatelnost oproti ostatním potravinám, jako jsou zrniny, zelenina, ovoce a ostatní druhy masa. Hlavními důvody jsou vyšší obsah vody a vyšší pH (Chang et al., 2020).

Rychlé mikrobiální a biochemické reakce, které probíhají po porážce ryb, vedou ke změnám v senzoričských a nutričních vlastnostech a zhoršují tak skladovatelnost. Pro zamezení těchto procesů se často využívají rostlinné extrakty, které mají antioxidační i antimikrobiální vlastnosti (Olatunde a Benjakul, 2018). Velmi často využívaný je také extrakt z rozmarýnu lékařského (*Rosmarinus officinalis* L.), který je velmi účinný a komerčně dostupný (Xie et al., 2017).

Cílem této studie bylo prodloužit skladovatelnost čerstvých filet z pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss* L.) pomocí extraktu z rozmarýnu lékařského Inolens 4.

Extrakt z rozmarýnu byl zředěn ve vodě na koncentrace 0,5 %, 1 % a 2 %. V kontrolní skupině byla použita pouze pitná voda. Do zředěných extraktů, resp. vody byly na 10 minut ponořeny vzorky filet. Poté byly vyjmuty a ponechány na odkapání, následně vakuově zabaleny a uskladněny po dobu 14 dnů při teplotě 4 °C.

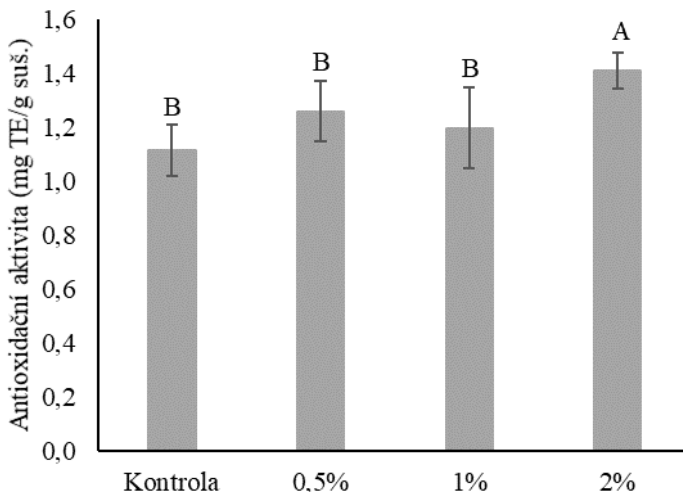
Sledovanými parametry byly:

- počet celkových mikroorganismů,
- oxidace lipidů,
- AOA (metodou DPPH) a
- senzoričská analýza.

Ošetření vzorků extraktem rozmarýnu mělo pozitivní efekt na skladovatelnost. Během skladování měla kontrolní skupina výrazně vyšší celkové počty mikroorganismů a koncentraci MDA, naznačující výraznou oxidaci lipidů. AOA (graf 1; není součástí publikace) byla zvýšena u všech skupin ošetřených extraktem, pouze u skupiny ošetřené 2% roztokem bylo navýšení statisticky významné. Přesto, že se AOA u skupin 0,5 % a 1 % statisticky významně nezvýšila, byly tyto koncentrace dostatečně účinné pro potlačení oxidace.

Senzoričké hodnocení ukázalo, že nejlépe hodnocené byly vzorky ošetřené 0,5% roztokem extraktu. Z výsledků vyplývá, že použití extraktu nemělo negativní vliv na senzoričské vlastnosti.

Graf 1. Antioxidační aktivita (DPPH) rybích filetů ošetřených rozmarýnovým extraktem



Sloupce v grafu představují průměr \pm směrodatnou odchylku ($n = 4$);
^{a,b} sloupce pro DPPH s různými indexy se statisticky významně liší;
statistická analýza: ANOVA + *post hoc* Tukey HSD test; $\alpha = 0,05$;
DPPH: 2,2-difenyl-1-pikrylhydrazyl

V závěru lze konstatovat, že rozmarýnový extrakt byl dostatečně účinný k prodloužení skladovatelnosti syrových vakuově balených filetů pstruha duhového.

4.2 VODNÉ EXTRAKTY Z CIBULOVÝCH SLUPEK JAKO ZDROJ ANTIOXIDANTŮ PRO MASNÉ VÝROBKY

Bedrníček, J., Laknerová, I., Linhartová, Z., Kadlec, J., Samková, E., Bárta, J., Bártová, V., Mráz, J., Pešek, M., Winterová, R., Vrchotová, N., Tříška, J., Smetana, P. 2019. Onion waste as a rich source of antioxidants for meat products. *Czech Journal of Food Sciences*, 37: 268-275.

Voda v receptuře většiny masných výrobků zaujímá důležité místo. U některých výrobků se přidává ve velkém množství, až okolo 30 %. Důvodů pro přidávání vody je několik. Jde o ekonomiku výroby, vzhledem k tomu, že voda je nejlevnější ingrediencí a snižuje cenu produktu. Voda má významnou technologickou funkci, rozpouští proteiny, fosfáty a sůl, ve formě ledu snižuje teplotu během kurování či mělnění. S tím souvisí i sensorické vlastnosti, protože přidaná voda zvyšuje šťavnatost výrobku (Rhodes a Nute, 1980; Feiner, 2006).

Cílem tohoto experimentu bylo nahradit vodu používanou při výrobě masných výrobků vodným výluhem (extraktem) z cibulových slupek za účelem zvýšení AOA masného výrobku a oxidační stability lipidů.

Důvodem využití vodného výluhu bylo pokusit se jednoduchým, v průmyslovém měřítku proveditelným, způsobem zvýšit antioxidační vlastnosti bez nutnosti využívat složité extrakční postupy a organická rozpouštědla. Jako modelový masný výrobek byl zvolen karbanátek vyrobený z vepřové krkvice.

Výluhy cibulových slupek žluté odrůdy (Ž) Hybelle a červené odrůdy (Č) Lisa byly vyrobeny následujícím způsobem: 50 g nenamletých slupek bylo extrahováno ve 2 litrech vody při 100 °C.

Do vzorků masa byla přidána různá množství (10 %, 20 %) výluhů (extrahovaných při 100 °C/1 hodina) cibulových slupek Ž a Č. Celkem bylo vytvořeno pět skupin: 10 % Ž, 10 % Č a 20 % Ž a 20 % Č. Kontrolní skupina byla bez přidaného výluhu. Vyrobené vzorky karbanátků byly skladovány pět dnů při 5 °C v polyetylenových sáčkách bez modifikace atmosféry. Sledovanými parametry u vzorků byly:

- AOA (metodou DPPH),
- obsah celkových polyfenolů,
- TBARS a
- sensorická analýza.

Pro posouzení vlivu tepelného opracování na AOA a obsah celkových polyfenolů ve vzorcích karbanátků byly tyto analýzy

provedeny jak v syrových, tak pečených vzorcích. Také byl proveden rozbor cibulových výluhů Ž a Č pomocí LC-MS/MS, kde bylo cílem identifikovat hlavní účinné látky s antioxidačními vlastnostmi.

Výsledky přinesly poměrně zajímavé informace. Dominantní látkou ve výluzích cibulových slupek byl kvercetin, který byl určen na základě hmotnostních spekter a který byl zodpovědný za antioxidační vlastnosti výluhů. Přídavek výluhů do vzorků karbanátků zvýšil jak obsah celkových polyfenolů, tak AOA. Tepelné opracování (pečení) mělo negativní vliv na tyto dva analyzované parametry, respektive výrazně je snížilo. To naznačuje částečný tepelný rozklad kvercetinu. I přesto toto snížení dokázaly výluhy zabránit oxidaci lipidů, protože u kontrolního vzorku byl obsah MDA mnohem vyšší než ve vzorcích s výluhy.

Zajímavým zjištěním bylo také to, že přídavek výluhů cibulových slupek neovlivnil senzorické vlastnosti, zejména chuť, vůni a vzhled. Předpoklad, že se červené výluhy osvědčí ve zlepšení barvy hotového výrobku, potvrzen nebyl. Bylo jasně patrné, že výluhy nedokázaly dostatečně dobře výrobek obarvit. Z toho bohužel vyplývá, že se tak nedají v praxi používat jako červené barvivo do masných výrobků.

Cibulové výluhy dokázaly zvýšit AOA a obsah celkových polyfenolů, zpomalit oxidaci lipidů a zároveň negativně neovlivnily senzorické vlastnosti. Na druhou stranu je jejich nevýhodou to, že se musí do masného výrobku přidávat v poměrně velkém množství.

4.3 CIBULOVÉ ODPADY JAKO ZDROJ BIOLOGICKY AKTIVNÍCH LÁTEK PRO BEZLEPKOVÉ PEČIVO

Bedrníček, J., Jirotková, D., Kadlec, J., Laknerová, I., Vrchotová, N., Tříška, J., Samková, E., Smetana, P. 2020. Thermal stability and bioavailability of bioactive compounds after baking of bread enriched with different onion by-products. *Food Chemistry*, 319, 126562.

Celiakie je autoimunitní porucha, způsobující permanentní nesnášenlivost lepkových proteinů. Je charakterizována chronickým zánětem střevní sliznice a atrofií střevních klků (Saturni et al., 2010).

Ferretti et al. (2012) udávají, že některé složky potravin, např. polyfenoly, mohou pomoci při prevenci a léčbě celiakie, hlavně díky zmírnění zánětu střevní sliznice a oxidačního stresu. Serra et al. (2018) uvádí, že bezlepková dieta může mimo jiné způsobovat i dysbalanci střevní mikrobioty, což může podporovat zánět ve střevech. Také udávají, že polyfenoly mohou určitým způsobem mikrobiotu pozitivně ovlivňovat, což znamená, že polyfenoly mohou potlačovat zánětlivé projevy i tímto způsobem. Studie ukazují, že 20 až 38 % lidí trpící celiakií mají určité výživové deficity, např. nedostatek vlákniny a dalších mikronutrientů (Saturni et al., 2010), a proto je důležité v rámci výzkumu vyvíjet bezlepkové produkty s vyšším obsahem nutričně prospěšných látek, jako jsou minerální látky, AO a vláknina (Giménez-Bastida et al., 2015).

Vzhledem k výše zmíněným důvodům byl pro fortifikaci vybrán pohankový (pohanka obecná; *Fagopyrum esculentum* Moench) bezlepkový chléb obohacený různě upravenými vedlejšími produkty cibule kuchyňské. Vedlejší produkty byly neprodejné (malé nebo deformované, ale chorobami nenapadené) cibule červené odrůdy Lisa a cibulové slupky téže odrůdy.

Do pokusu byly vedlejší produkty vznikající při zpracování cibule připraveny takto: malé cibulky byly buď usušeny i se slupkami nebo osmaženy (pouze dužnina bez slupek). Slupky byly namlety na mouku o velikosti částic menší než 0,25 mm. Pět procent kontrolní bezlepkové směsi mouk bylo nahrazeno smaženou cibulí, sušenou cibulí nebo moukou z cibulových slupek. Celkem byly tedy čtyři skupiny: vzorky kontrolní, se smaženou cibulí, se sušenou cibulí a s cibulovými slupkami.

Cílem této studie bylo posoudit vliv druhu obohacující složky na:

- obsah polyfenolických látek a AOA (metodou DPPH) u vzorků bezlepkových chlebů,
- tepelnou stabilitu polyfenolů během pečení a
- senzorické vlastnosti bezlepkových chlebů.

Z výsledků vyplývá, že AOA vzorků chlebů se oproti kontrole výrazně zvýšila přidáním smažené i sušené cibule a mletých cibulových slupek. Pomocí LC-MS/MS analýzy bylo zjištěno, že cibulové vedlejší produkty obsahují nejvíce kvercetin, kvercetin-3,4'-diglukosid a kvercetin-4'-monoglukosid. Jejich zastoupení (poměry) byly závislé na použité cibulové frakci. U sušené a smažené cibule převládaly obě formy glukosidů nad kvercetinem a naopak ve vzorku chleba s cibulovými slupkami byl dominantní kvercetin. Navíc v této skupině byly identifikovány (nikoliv kvantifikovány) další deriváty kvercetinu, které v jiných rostlinných materiálech nalezeny nebyly. Jedná se o čtyři druhy dimeru kvercetinu a jeden trimer.

Zajímavým výsledkem, který tento experiment přinesl, je i poznatek o tepelné stabilitě kvercetinu a jeho derivátů. Tepelná stabilita byla určována tak, že se změřily obsahy látek ve vzorcích těst těsně před pečením a poté v pečených vzorcích chlebů. Výsledky jednoznačně poukazují na to, že glykosidy (rutin i oba glukosidy) během pečení degradují a uvolňuje se kvercetin (aglykon), jehož koncentrace byla v pečených vzorcích vždy o něco vyšší než v těstech. Velice překvapivý jev byl pozorován u skupiny s přidáními slupkami. Zde během pečení došlo i k rozkladu dalších derivátů kvercetinu. Jedná se o dimery a trimer. Tato publikace byla první, která popsala tepelný rozklad těchto látek. Pečení tedy přispívá ke zvýšení AOA chleba s cibulovými slupkami.

Na základě senzorického hodnocení vzorků chlebů bylo zjištěno, že nahrazení bezlepkové směsi mouk 5 % cibulových vedlejších produktů výrazně neovlivňuje příjemnost, chuť, vůni, vzhled a texturu. Přídavek cibulových slupek však výrazně změnil barvu vzorků chlebů. Z tohoto hlediska je možné cibulové slupky doporučit jako barvivo pro pekařské výrobky.

Z výsledků vyplynulo, že cibulové vedlejší produkty jsou vhodným zdrojem polyfenolických AO, které mohou být přidávány do bezlepkového chleba. Nejbohatší surovinou jsou bezesporu mleté cibulové slupky, kde je dominantní látkou kvercetin, který je stabilní během pečení a zůstává tak i v hotovém výrobku.

4.4 MOUKA Z CIBULOVÝCH SLUPEK JAKO ZDROJ ANTIOXIDANTŮ PRO MASNÉ VÝROBKY

Bedrníček, J., Kadlec, J., Laknerová, I., Mráz, J., Samková, E., Petrášková, E., Hasoňová, E., Vácha, F., Kron, V., Smetana, P. Onion peel powder as an antioxidant rich material for sausages prepared from mechanically separated fish meat - *Manuskript*.

Rybí maso je nutričně cenná součást lidské stravy, protože obsahuje polynenasycené mastné kyseliny s dlouhým řetězcem, které mají pozitivní vliv na lidské zdraví (Tilami a Sampels, 2018). Jedná se zejména o dokosahexaenovou (DHA) a eikosapentaenovou (EPA) kyselinu.

Rybářský průmysl pro lidskou konzumaci často získává z ryb jen filety (FAO, 2018). Při takovém zpracování ryb vzniká velké množství odpadů, resp. vedlejších produktů, které mohou tvořit až 55 % z celkové hmotnosti ryb. Do těchto odpadů patří například zbytky masa na kostech po filetování, ze kterých se může získat strojně oddělené maso, které je stále nutričně cenné a které může být použito na výrobu rybích masných výrobků (Arvanitoyannis a Tserkezou, 2014; Palmeira et al., 2016), zejména klobás, paštik nebo sekaných.

Mastné kyseliny obsažené v rybím masu rychle podléhají oxidaci, což je jeden z hlavních důvodů vedoucí ke zhoršování kvality rybích produktů. Následkem oxidace je snížení nutriční hodnoty a tvorba látek, které mohou negativně ovlivnit lidské zdraví (Ali et al., 2019). Z hlediska údržnosti vedlejších produktů vznikajících při zpracování ryb je náchylnost k oxidaci vyšší než u samotného rybiho masa (Jayathilakan et al., 2012).

Cibulové slupky obsahují velké množství polyfenolů (Benítez et al., 2011), proto by mohly výše popsaným negativním změnám probíhajícím v masě zabránit. V tomto pokusu byla místo výluhů (popsaných v kapitole 5.2) vybrána slupková mouka. Důvodem byla skutečnost, že AOA výluhů není tak vysoká, a protože cibulové slupky obsahují mimo jiné i značné množství vlákniny, která by mohla mít určitý technologický význam. Je totiž známo, že vláknina v masných výrobcích může zvyšovat vaznost vody a snižovat hmotnostní ztrátu během tepelného opracování (Feiner, 2006).

Cílem experimentu bylo zjistit vliv přídavku mletých slupek do rybích klobás na:

- hmotnostní ztrátu během tepelného opracování,
- pH,
- AOA (metodou DPPH),
- obsah celkových polyfenolů,
- oxidaci lipidů (TBARS),
- senzorické vlastnosti a
- mikrobiologické vlastnosti (celkový počet mikroorganismů a psychrotrofní mikroorganismy).

Celkem byly vyrobeny čtyři skupiny výrobků: rybí klobásy obohacené 1 %, 2 % a 3 % mouky z cibulových slupek Ž (obrázek 16), skupina bez přídavku mouky byla kontrolní (obrázek 17). Po tepelném opracování byly klobásy vakuově zabaleny a skladovány 28 dní při teplotě 5 °C. Rozbory byly prováděny 0., 7., 14., a 28. den.

Přídavek slupkové mouky významně zvýšil AOA rybích klobás i obsah celkových polyfenolů. Nárůst těchto hodnot byl přímo úměrný přidanému množství slupek. S tím souvisela i snížená oxidace tuků. U kontrolních vzorků byly oproti vzorkům se slupkovou moukou hodnoty MDA po celou dobu skladování výrazně vyšší.

Zajímavé byly změny hodnot pH vzorků klobás v průběhu celého skladování. Přídavek cibulových slupek významně snížil pH vzorků, které se projevilo už v den výroby. Nejvyšší pH měly kontrolní vzorky a nejnižší vzorky s přídavkem 3 % cibulových slupek.

Velmi pozitivní výsledky přinesla i senzorická analýza. Rybí klobásy s 1 % a 2 % cibulových slupek byly ze senzorického hlediska hodnoceny výrazně lépe po celou dobu skladování, zatímco senzorické vlastnosti kontrolních vzorků byly hodnoceny spíše negativně. Vzorky se 3 % cibulových slupek byly rovněž hodnoceny negativně, zejména z důvodu nepřijatelné, tuhé konzistence. Cibulové slupky dokázaly ve vzorcích rybích klobás velmi efektivně buď překrýt nebo zmírnit nepříjemný rybí pach, který je pro konzumenty často důvodem odmítání (Leek et al., 2000).

Obohacení vzorků rybích klobás 3 % slupkové mouky se projevilo negativně i na hmotnostní ztrátě během tepelného opracování. Nepotvrdila se tudíž hypotéza, že by mohlo vyšší procento cibulových slupek přispět k vyšší vaznosti vody v masném výrobku. Nejpravděpodobnější vysvětlení tohoto jevu bude spočívat ve skutečnosti, že vláknina ve slupkách dokáže vodu poutat mnohem rychleji než proteiny, které jsou za vaznost vody primárně zodpovědné, ale následně během tepelného opracování není tato vláknina schopna vodu udržet.

Z celkových výsledků vyplývá, že přídavek 1 – 2 % cibulových slupek dokázal prodloužit trvanlivost klobás vyrobených z rybího masa, zejména z hlediska senzorického a chemického (snížená oxidace lipidů).

5 ZÁVĚR

- Fortifikace všech vybraných potravin surovinami bohatými na antioxidanty vedla ke zvýšení antioxidační aktivity.
- Cibulové slupky i rozmarýnový extrakt dokázaly prodloužit trvanlivost masných výrobků.
- Zvýšená antioxidační aktivita fortifikovaných vzorků potravin omezila oxidaci lipidů u masných výrobků, v případě mouky ze slupek cibule byl účinný již 1% přídatek.
- Tepelné opracování výrobků ve většině případů výrazně snížilo antioxidační aktivitu, což dokládá rozpad polyfenolických látek během zpracování.
- U obohacených bezlepkových chlebů bylo prokázáno, že dochází k tepelnému rozkladu glykosidů kvercetinů i jeho dimerů a trimeru, kvercetin samotný je však dostatečně tepelně stabilní a zůstává i v hotovém upečeném výrobku.
- Rozklad dimerů a trimeru kvercetinů způsobil uvolnění kvercetinů (aglykonů) a zvýšení jeho koncentrace, s čímž souviselo i zvýšení antioxidační aktivity v pečeném chlebu s cibulovými slupkami oproti těstu.
- Pokud je kvercetin vázaný jako dimer či trimer, má menší antioxidační aktivitu.
- Výluhy z cibulových slupek nemají výrazný vliv na senzorycké vlastnosti masného výrobku.
- Mouka z cibulových slupek v masných výrobcích v přídatku větším než 2 % negativně ovlivnila senzorycké vlastnosti, zejména texturu.

Do budoucna je třeba zaměřit se podrobněji na mikrobiologickou kvalitu cibulových slupek, vzhledem k tomu, že masné výrobky se tepelně opracovávají při nižší teplotě než pekařské výrobky, a tak mohou slupky do určité míry pro masné výrobky představovat větší riziko kontaminace.

6 SEZNAM LITERATURY

- Chang, W.C.-W., Wu, H.-Y., Yeh, Y., Liao, P.-C. 2020. Untargeted foodomics strategy using high-resolution mass spectrometry reveals potential indicators for fish freshness. *Analytica Chimica Acta*, 1127: 98-105.
- Olatunde, O.O., Benjakul, S. 2018. Natural preservatives for extending the shelf-life of seafood: A revisit. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17.6: 1595-1612.
- Xie, J., Van Alstyne, P., Uhler, A., Yang, X. 2017. A review on rosemary as a natural antioxidation solution. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119.6: 1600439.
- Rhodes, D.N., Nute, G.R. 1980. Acceptability of canned ham of different water content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 31.9: 935-942.
- Feiner, G. 2006. Meat products handbook: Practical science and technology. CRC Press, 648 s. ISBN 978-0-8493-8010-5.
- Saturni, L., Ferretti, G., Bacchetti, T. 2010. The gluten-free diet: Safety and nutritional quality. *Nutrients*, 2.1: 16-34.
- Ferretti, G., Bacchetti, T., Masciangelo, S., Saturni, L. 2012. Celiac disease, inflammation and oxidative damage: A nutrigenetic approach. *Nutrients*, 4.4: 243-257.
- Serra, D., Almeida, L.M., Dinis, T.C.P. 2018. Dietary polyphenols: A novel strategy to modulate microbiota-gut-brain axis. *Trends in Food Science & Technology*, 78: 224-233.
- Giménez-Bastida, J.A., Piskula, M., Zieliński, H. 2015. Recent advances in development of gluten-free buckwheat products. *Trends in Food Science & Technology*, 44.1: 58-65.

- Tilami, S.K., Sampels, S. 2018. Nutritional value of fish: lipids, proteins, vitamins and minerals. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 26.2: 243–253.
- FAO. 2018. Food and Agriculture Organisation. The state of world fisheries and aquaculture, 210 s. ISBN 978-92-5-130562-1.
- Arvanitoyannis, I.S., Tserkezou, P. 2014. Fish waste management. s. 263–310. In: S. Boziaris, I. (ed.). *Seafood processing – Technology, quality and safety*. Wiley-Blackwell, John Wiley & Sons Ltd. 488 s. ISBN 978-1-118-34621-1.
- Palmeira, K.R., Marsico, E.T., Monteiro, M.L.G., Lemos, M., Conte, C.A. 2016. Ready-to-eat products elaborated with mechanically separated fish meat from waste processing: Challenges and chemical quality. *CyTA – Journal of Food*, 14.2: 227-238.
- Ali, M., Imran, M., Nandeem, M., Khan, M.K., Sohaib, M., Suleira, H.A.R., Bashir, R. 2019. Oxidative stability and sensoric acceptability of functional fish meat product supplemented with plant-based polyphenolic optimal extracts. *Lipids in Health and Disease*, 18.1: 35.
- Jayathilakan, K., Sultana, K., Radhakrishna, K., Bawa, A.S. 2011. Utilization of byproducts and waste materials from meat, poultry and fish processing industries: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 278–293.
- Benítez, V., Mollá, E., Martín-Cabrejas, M.A., Aguilera, Y., López-Andréu, F.J., Cools, K., Terry, L.A., Esteban, R.M. 2011. Characterization of industrial onion wastes (*Allium cepa* L.): Dietary fibre and bioactive compounds. *Plant Foods for Human Nutrition*, 66.1: 48-57.
- Leek, S., Maddock, S., Foxall, G. 2000. Situational determinants of fish consumption. *British Food Journal*, 102: 18-39.