

Vybrané metody posouzení autentičnosti u některých skupin potravin

Alžběta Vítková

Bakalářská práce
2018

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav technologie potravin

akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Alžběta Vítková**

Osobní číslo: **T15095**

Studijní program: **B2901 Chemie a technologie potravin**

Studijní obor: **Chemie a technologie potravin**

Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vybrané metody posouzení autentičnosti u některých skupin potravin**

Zásady pro vypracování:

I. Teoretická část

1. Legislativa a autentičnost potravin.
2. Způsoby falšování potravin, trendy ve falšování.
3. Analytické metody pro posouzení.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] DANEZIS, Georgios P., Aristidis S. TSAGKARIS, Federica CAMIN, Vladimír BRUSIC a Constantinos A. GEORGIU. Food authentication: Techniques, trends. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2016, 85, 123–132. DOI: 10.1016/j.trac.2016.02.026. ISSN 01659936.
- [2] ORTEA, Ignacio, Gavin O'CONNOR a Alain MAQUET. Review on proteomics for food authentication. *Journal of Proteomics*. 2016, 147, 212–225. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.06.033. ISSN 18743919.
- [3] CIZKOVA, Helena. Trends in Food Authenticity and Detection of Food Adulteration, *Chemické listy [0009–2770]*, 2012, 106, 10, 903–910. ISSN 1213–7103.
- [4] ČÍŽKOVÁ, Helena, ed. *Metody a kriteria [sic] pro ověřování autenticity potravin a potravinářských surovin*. Ostrava: Key Publishing, 2011. ISBN 978–80–7418–124– 5.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Ludmila Zálešáková
Ústav technologie potravin

Datum zadání bakalářské práce:

2. února 2018

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. května 2018

Ve Zlíně dne 2. února 2018



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
děkan



doc. Ing. František Buňka, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 30. 4. 2018



.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Předkládaná bakalářská práce je rešerše na téma falšování potravin. Poskytuje informace o způsobech falšování potravin a jejich odhalení. Dále poskytuje informace o vybraných analytických metodách, které jsou nejvíce využívány při prokazování autenticity potravin. V současnosti jsou využívány zejména metody molekulární biologie. Cílem práce je popis metod časově a ekonomicky méně náročnějších. K těmto metodám lze zařadit spektrální a chromatografické metody. Zaměření práce je především na potraviny živočišného původu.

Klíčová slova:

Falšované potraviny, autenticita, potraviny živočišného původu, analytické metody, molekulární biologie, spektrální metody, chromatografické metody.

ABSTRACT

This bachelor thesis presents literal research into food fraud. Moreover it provides information on various types of food frauds and methods for detecting them. It further focuses on selected analytical methods most which are used to assess food authenticity. Nowadays, these are mainly molecular biology methods. The aim of the thesis was to describe those methods which are both less time-consuming and economically demanding, such as spectral and chromatographic methods. The thesis was primarily focused on animal origin food.

Keywords:

Food fraud, authenticity, food of animal origin, analytical methods, molecular biology, spectral methods.

Tímto bych chtěla poděkovat mé vedoucí bakalářské práce, Ing. Ludmile Zálešákové za pomoc a odborné vedení a mé rodině, která se mnou měla trpělivost a podporovala mě při studiu a psaní této bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
I TEORETICKÁ ČÁST	10
1 FALŠOVÁNÍ POTRAVIN A AUTENTICITA	11
1.1 LEGISLATIVA V PROBLEMATICE „FALŠOVÁNÍ“ POTRAVIN	12
1.2 ZPŮSOBY FALŠOVÁNÍ POTRAVIN	14
1.3 TRENDY VE FALŠOVÁNÍ POTRAVIN	15
1.4 ZDRAVOTNÍ RIZIKA A FALŠOVÁNÍ POTRAVIN.....	16
2 ANALYTICKÉ METODY PRO POSOUZÁNÍ AUTENTICITY A FALŠOVÁNÍ POTRAVIN	18
2.1 VYUŽITÍ METOD MOLEKULÁRNÍ BIOLOGIE PRO ODHALENÍ FALŠOVÁNÍ POTRAVIN.....	18
2.1.1 Metoda DNA „barcoding“	19
2.1.2 Metoda polymerázové řetězové reakce (PCR).....	19
2.1.2.1 Využití metody PCR pro mléčné výrobky.....	20
2.1.2.2 Využití metody PCR pro masné výrobky.....	20
2.2 VYUŽITÍ SPEKTROFOTOMETRICKÝCH METOD PRO STANOVENÍ FALŠOVÁNÍ POTRAVIN	21
2.2.1 Metoda infračervené spektroskopie (IR).....	22
2.2.1.1 Využití metody NIR pro mléčné výrobky	23
2.2.1.2 Využití metody NIR pro maso.....	24
2.2.2 Metoda Ramanovy spektroskopie	24
2.2.2.1 Využití Ramanovy metody pro med.....	24
2.2.3 Metoda fluorescenční spektroskopie.....	25
2.2.3.1 Využití fluorescenční spektroskopie pro mléko a mléčné výrobky.....	25
2.2.3.2 Využití fluorescenční spektroskopie pro maso a masné výrobky.....	26
2.2.4 Metoda nukleární magnetické rezonanční spektroskopie	26
2.2.4.1 Využití NMR spektroskopie pro mléko a mléčné výrobky	27
2.3 VYUŽITÍ CHROMATOGRAFICKÝCH METOD PRO ODHALENÍ FALŠOVÁNÍ POTRAVIN	27
2.3.1 Metoda vysoce účinné kapalinové chromatografické metody HPLC pro falšování potravin	28
2.3.1.1 Využití HPLC pro mléčné výrobky	28
2.3.1.2 Využití HPLC pro maso a masné výrobky	29
2.3.2 Metoda plyné chromatografie GC.....	29
2.3.2.1 Využití GC pro mléčné výrobky.....	29
2.3.2.2 Využití HPLC pro maso a masné výrobky	30
2.4 DALŠÍ METODY VYUŽITELNÉ V DETEKCI FALŠOVÁNÍ.....	30
2.4.1 Termické metody	31
2.4.2 Senzorická analýza.....	31
2.4.3 Reologické metody.....	32
ZÁVĚR	33
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	34
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	43
SEZNAM TABULEK	45

ÚVOD

Falšování je jev, který nalezneme prakticky ve všech oborech lidské činnosti. Falšují se umělecká, historická díla, peníze, šperky, parfémy, značkové zboží a v neposlední řadě i drahé a luxusní potraviny. U potravin se může jednat o různé typy záměn, jako například změna složení potravin, změna obsahu určité složky potravin, uvedení jiného druhu nebo odrůdy, způsobu výroby potravin a dále to může být nesprávně deklarovaný geografický původ. [1,2]

Ke zjišťování průkazu falšování slouží velké množství metod. Od těch nejjednodušších, jako jsou senzorické metody (posouzení chutě, vzhledu, vůně, barvy či konzistence výrobku), přes klasické chemické a fyzikální metody (stanovení hmotnosti, popela, tuku aj.), až po složité instrumentální metody, které vyžadují nejmodernější přístroje a kvalifikovanou obsluhu (spektroskopické metody, chromatografické, imunochemické, biochemické metody apod.). Rozsah potřebných měření a stanovení je těžko odhadnutelné předem, neboť vždy záleží na charakteru falšování, a jak sofistikovaně bylo provedeno a zamaskováno. [1]

Vývoj metod hodnocení autenticity potravin a detekce falšování je nekonečné. Jednak se rozvíjejí možnosti nových, převážně instrumentálních postupů a rozšiřují se možnosti provedení současných analýz. Trendem v oblasti hodnocení pravosti a detekce falšování potravin je rozvoj rychlejších metod s vyšší citlivostí a ekonomicky dostupnějších. [2]

Tato práce se zabývá možným využitím analytických metod v analýze pravosti a detekce falšování potravin živočišného původu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 FALŠOVÁNÍ POTRAVIN A AUTENTICITA

Slovo falzifikace je převzaté z latinského výrazu falzum, což je možné přeložit jako podvrh, padělek, nebo napodobenina [3]. Tyto termíny si nejčastěji spojujeme s uměleckými díly. S problémem „falšování“ se setkáváme i v oblasti potravin, vzhledem rostoucí poptávce po potravinách a rostoucí globalizaci obchodu se riziko falšování zvyšuje [4]. Spotřebitel sám však nemá možnost falšování spolehlivě rozpoznat, jen někdy může odhadnout, podle sensorických vlastností a to především podle barvy, vůni, chuti nebo konzistence [5, 6]. Proto musí být pro kontrolu pravosti použity laboratorní analytické postupy a tato kontrola je jednou z priorit kontrolních orgánů Státní zemědělské a potravinářské inspekce (SZPI) a Státní veterinární správy (SVS), protože spotřebitelé mají právo vědět, co obsahují potraviny, které konzumují, a producenti mají povinnost informovat spotřebitele o zdroji nebo obsahu potravinářského výrobku. [4, 6]

V problematice falšování potravin se nejčastěji setkáváme s pojmy:

- *Klamání spotřebitele* – je takové chování výrobce, nebo prodejce, který spotřebitele uvede v omyl,
- *Padělek* – výrobek včetně obalu, na němž jsou bez souhlasu majitele ochranné známky umístěna stejná či snadno zaměnitelná označení, a tím jsou poškozena práva majitele těchto ochranných známek,
- *Autenticita potravin* - pravost, původnost potravin. Autenticita úzce souvisí s kvalitou potravin. Kritéria, která kvalitu charakterizují, je celá řada a ve svém důsledku se odráží ve vnímání spotřebitele. Tím, podle čeho se spotřebitel dokáže orientovat sám a poměrně snadno, jsou sensorické vlastnosti, tedy to, jak spotřebiteli chutná daná potravina. Dalším kritériem může být bezpečnost potravin. [5, 6]

Postupy pro hodnocení autenticity potravin je možné rozdělit do dvou kategorií. V první kategorii jsou nejprve zavedeny kontrolní postupy, které jsou založené na kontrole záznamů a dokumentů. Na základě principu „dosledovatelnosti“ u producentů, zpracovatelů a distributorů. Tyto postupy však kladou zvýšené nároky na evidenci, které by měly jednotlivé subjekty vést, a také na samotné dozorové orgány a jejich kompetence provádět kontroly a veškeré dokumenty přezkoumávat. [7]

Druhý nejběžnější postup je založen na kontrole konkrétních kvalitativních znaků u jednotlivých výrobků. Existuje řada metod, kterými lze analyzovat individuální znaky

a látky, které mají vazbu k původu, složení a způsobu zpracování potraviny. Tento postup detekce falšování zahrnuje dva přístupy:

- Ověření hypotézy o konkrétním druhu falšování. Jedná se například o prokazování nedeklarovaného přídavku mechanicky separovaného masa na základě přítomnosti úlomků kostí a obsahu Ca^{2+} v produktu. Dále to může být průkaz nedeklarovaného křehčeného masa na základě vyššího obsahu vody a polyfosforečnanů, které jsou používány ke zvýšení vaznosti masa,
- analýzu jedné nebo více složek, nebo celého komplexu složek z většího souboru vzorků potravin a získané výsledky jsou následně zpracovány statistickými metodami a porovnány s komerčně dostupnými nebo vlastními databázemi. Odlehlé vzorky, které se poté liší složením, jsou podezřelé jako neautentické. Případně dojde k vytvoření skupin vzorků podle původů, technologického postupu nebo třeba stáří. Kvůli přirozené variabilitě ve složení, je obvykle interpretace falšovaného vzorku založena na více než jednom markeru. [7]

Celkové posouzení autenticity vyžaduje expertní posouzení celého stavu. Například výpočet obsahu masa v masném výrobku je založený na stanovení celkového dusíku a tuku, odečtu nadbytečné pojivové tkáně a vybraných bílkovin pocházejících např. ze sójového koncentrátu nebo hrachové mouky. [7]

1.1 Legislativa v problematice „falšování“ potravin

V České republice jsou spotřebitele chráněni před falzifikáty zákon č. 110/1997 Sb. Zákon o potravinách a tabákových výrobcích. Tento zákon pojmy "falšovaná potravina" či "falšování" sice přímo nedefinuje, ale podle § 10 tohoto zákona je však zakázáno uvádět do oběhu potraviny klamavě označené. Falšování potravinářských výrobků lze v konečném důsledku považovat za klamavě označené [8]. V tabulce 1 jsou shrnuty legislativní předpisy, které se mohou uplatnit v problematice falšování potravin.

Tabulka 1: Legislativní předpisy v problematice falšování potravin [upraveno podle 6, 8-13]

Číslo předpisu	Název předpisu	Charakteristika
Zákon č. 634/1992 Sb.	Zákon o ochraně spotřebitele	Ustanovuje předpisy týkající se podmínek výroby, dovozu, prodeje a označování výrobků
Nářízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 178/2002		Ustanovuje obecné zásady a požadavky potravinového práva, zřizuje se Evropský úřad pro bezpečnost potravin a stanoví postupy týkající se bezpečnosti potravin
Zákon č. 146/2002 Sb.	Zákon o Státní zemědělské a potravinářské inspekci a o změně některých souvisejících zákonů	Zřizuje Státní zemědělskou a potravinářskou inspekci jako dozorový orgán, který kontroluje bezpečnost, ale i jakostní parametry potravin
Nářízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011		O poskytování informací o potravinách spotřebitelům, které zahrnuje také pravidla Unie týkající se označování potravin.
Nářízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004		O hygieně potravin. Hlavním cílem hygienických pravidel je zajistit vysokou úroveň ochrany spotřebitele s ohledem na bezpečnost potravin.
Zákon č. 513/1991 Sb. Platnost do roku 2013	Obchodní zákoník	Popisuje klamavou reklamu, klamavé označení zboží a služeb

V České republice je kontrola kvality potravin prováděna prostřednictvím orgánů státního dozoru. Kontrola kvality je prováděna zejména s ohledem na požadavky uvedené v jednotlivých komoditních vyhláškách a dalších předpisech. [2]

Snahu o systémové řešení problému falšovaných potravin ze strany Evropské komise spustila kauza nedeklarovaného výskytu koňského masa v masných výrobcích v roce 2012, i přesto právní předpisy EU zatím nevymezily koncept ochrany potravin. [11,14]

1.2 Způsoby falšování potravin

V dnešní době požaduje spotřebitel jasnou a přesnou informaci o složení potravin, které souvisí s módním trendem, životním stylem (vegetariánství), náboženskými tradicemi, hrozbou geneticky modifikovaných potravin, různým typem zdravotních diet, zvyšujícím se výskytem alergií a také konzumací tradičních a exkluzivních specialit. V těchto případech drahých a luxusních potravin je lákavé falšovat levnějšími komponenty, nebo falšovat produkty vyráběné ve větších objemech, neboť jejich falšování může přinést nepoctivému výrobcí nemalý zisk [2,3]. Způsoby falšování jsou uvedeny v tabulce 2.

Tabulka 2: Způsoby falšování [upraveno podle 2, 3].

Způsob falšování	Příklady
náhrada nákladné suroviny za levnou, dražší složka potravin nahrazena alergenní, či jinou levnější složkou	náhrada rýže Basmati, vydávání mořského pstruha za lososa
nastavování potravin levnější složkou	ředění mléka vodou
nedodržení deklarovaného složení	nedeklarované použití jiných druhů masa v masných výrobcích
nastavení potravin ke zlepšení jejich vlastností	nepovolené přibarvování masných výrobků, přidání glycerolu do vína pro zlepšení chuti
maskování nedodržení receptury	maskování svalových bílkovin v masných výrobcích přidavkem jiných bílkovin
uvádění vyššího, než skutečného obsahu složky	uvedení vyššího počtu vajec v těstovinách
použití jiné než deklarované technologie	deklarování rozpékaného pečiva za čerstvé, vydávání rozmrazených ryb za čerstvé
záměrné vydávání výrobku za jiný výrobek, zneužití známé značky	prodej výrobku pod dražší obchodní značkou, používání podobných etiket, obalů jako známá značka
nesprávné uvedení geografického původu, způsobu produkce a stáří u zboží	vydávání dovozových vín za moravská, označení normální produkce za bio, vydávání ryb z farem za divoké

Nejčastější falšované komodity podle zjištění SZPI jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3: Falšované komodity [upraveno podle 11].

Komodita	Způsob falšování
víno	přidáním syntetického glycerolu, vody, barviv, cukru
lihoviny	denaturačními činidly a lihem jiného než deklarovaného botanického původu
med	diastáza rostlinného původu, barvivo sulfitový karamel, přídavek cukrů nebo cukerných sirupů
džem	nedodržení deklarovaného obsahu ovoce či legislativně stanoveného obsahu ovoce
ryby	nedeklarovaný obsah přidané vody, přídavek polyfosforečnanů nebo kyseliny citrónové

1.3 Trendy ve falšování potravin

Trendy ve falšování se dlouhodobě nemění a vyvíjejí se podle aktuálních kauz [2]. Typem úmyslných činů proti potravinovému řetězci bývá většinou potravinový podvod, který je motivován ekonomicky [14]. Moderní konzument vyžaduje potraviny obsahující kvalitní a často specifické ingredience. Některé z těchto ingrediencí jsou drahé, což vede ke snaze o jejich falšování. Autenticita a dohledání původu složek potravin je klíčová pro zamezení klamání spotřebitele jako i k zajištění zdravotní nezávadnosti potravin. [15]

Ve vyspělém světě se v posledních desetiletích podařilo významně omezit výskyt nebezpečných potravin, které vznikly důsledkem nedodržení předepsaných postupů při výrobě a distribuci pro technologickou nezávadnost. Ve vazbě na bezpečnost ale významné riziko představuje právě vědomé falšování potravin. Jsou známy případy hromadných otrav a úmrtí např. po přidání melaninu do mléčných výrobků, použití anilinových barviv do jedlých olejů, nahrazení různých druhů ořechů arašídů (riziko pro alergiky) nebo úmrtí v důsledku požití vína s přidaným etylenglykolem. [11]

Dalším typem úmyslných činů proti potravinovému řetězci jsou škodlivé kontaminace, které jsou pravděpodobnější v maloobchodních řetězcích než ve výrobě potravin a důsledky jsou vážnější, pokud jde o zdraví spotřebitelů. Škodlivé znečištění může způsobit lokalizovanou nebo rozšířenou nemoc nebo smrt a stát se nástrojem pro terorismus. Co je horší, potravinový terorismus nelze předvídat. Potravinový terorismus zahrnuje hrozby, jako je

nebezpečná kontaminace toxickými materiály, které způsobují onemocnění a dokonce i smrt. Potravinový terorismus je dle WHO definován jako "zásah nebo hrozba úmyslné kontaminace potravin určených k lidské spotřebě chemickými, biologickými nebo radio-nukleárními činidly za účelem úrazu nebo smrti civilního obyvatelstva nebo narušení sociální, hospodářské nebo politické stability" [14]. Biologickými původci se rozumí „přenositelně infekční nebo neinfekční patogenní mikroorganismy, jako viry, bakterie a parazité" chemickými činidly uměle vytvořené nebo přírodní toxiny. Fyzikální nebezpečí zahrnují široké spektrum objektů jako sklo, jehly či kovové fragmenty. Radioaktivní materiály představují radioaktivní chemické sloučeniny schopné způsobit poškození organismu, pokud jsou přítomné v nepřijatelném množství. [16]

Dalším úmyslným činem jsou špionáže, což je získání konkurenční výhody prostřednictvím přístupu k duševnímu vlastnictví. Ve většině případů zaměstnanci zveřejňují informace prostřednictvím systémů informačních technologií. Například byly ukradeny informace týkající se procesu výroby oxidu titaničitého, používaného jako bělicí prostředek v Oreo cookies a dalších produktech. Motivace k padělání je finančním ziskem. Organizovaný zločin a drobná kriminalita mohou způsobit finanční ztráty společností a poškodit jejich pověst. V neposlední řadě patří do typů úmyslných činů proti potravinovému řetězci i počítačová kriminalita. Moderní technologie poskytuje nové příležitosti pro špatné praktiky. Nejčastějšími důvody pro hackerské společnosti jsou pokusy o snížení podnikové efektivity potravinářských firem a krádeže dat. Možnými důsledky jsou komerční škody a rostoucí hrozba pro bezpečnost potravin. [14]

1.4 Zdravotní rizika a falšování potravin

Potenciální toxiny v potravinách pocházejí z přírodních nebo průmyslových zdrojů. Toxické sloučeniny se do potravin dostávají také během výroby, skladováním nebo během přepravy. Patří sem převážně průmyslové znečišťující látky, pesticidy, těžké kovy a toxiny hub a bakterií. Migrace sloučenin z obalových materiálů do balených potravin. Aditiva jako jsou emulgátory, konzervační látky a antioxidanty mohou ovlivnit kvalitu potravin. Zbytky rozpouštědel se mohou dostat do potravin jako výsledek jejich použití v extrakčních procesech. Problém kontaminace potravin může být značně překonán pravidelným monitorováním a přísným dohledem nad potravinami. [17]

Proti situaci na počátku 19. stol, kdy falšování bezprostředně ohrožovalo zdraví spotřebitelů (např. expozice měďnatými solemi a dalšími chemickými látkami), je většina popsanych

případů falšování pouze šizením zákazníka, kdy spotřebitel neobdrží produkt očekávaných vlastností. Přesto i v posledních letech jsme se mohli setkat s život ohrožujícími případy zfalšování potravin. [2]

Asi největší kauzou bylo snižování obsahu mléka v mléčné kojenecké výživě a následným nahrazováním s tím spojených chybějících mléčných bílkovin přísadkou melaminu. Nebo přísadka metanolu do lihovin a u nás z roku 2012 medializovaná kauza, kdy se nahrazoval etanol metanolem v lihovinách. Což v těchto příkladech vedlo k vážným následkům na zdraví i s následky smrti. [2]

Dalším příkladem, kdy špatná kvalita potravin může mít negativní vliv na zdraví je třeba přítomnost pyrrolizidinových alkaloidů (PA) v medu. PA jsou přirozeně se vyskytující látky, převážně v medonosných rostlinách a působí konkrétně genotoxicky a karcinogenně. [18]

V případě použití syntetických barviv, která jsou označena jako potenciálně karcinogenní (např. Rhodamine B, Orange II) hlavně v oblastech třetích zemí, zejména Asie, kde se přidávají tato barviva do chilli, kari, kurkumy či palmového oleje, aby docílili větší barevné intenzity a předstírali tak vyšší kvalitu daného zboží. Nebo výskyt doplňků stravy s farmakologickými látkami, kdy v České republice byl opakovaně zaznamenán výskyt doplňků stravy určených pro sportovce, nebo doplňků stravy na podporu potence, které obsahovaly farmakologicky účinné látky či anabolické steroidy. Tyto látky však mohou mít nepříznivé vedlejší účinky. [19]

Nebezpečná je i manipulace s datem použitelnosti. Přebalování prošlých masných i mléčných potravin v obchodech. Inspektoři se i dnes u menších prodejců setkávají s tím, že datum použitelnosti výrobku je přepisováno či je přelepováno jiným datem. [19]

Také migrace kontaminantů z obalů je v poslední době aktuální téma v oblasti bezpečnosti potravin. Jednou ze skupin obalových kontaminantů jsou minerální oleje, které se vyskytují v recyklovaných papírových kartonech a jejichž zdrojem je tiskařská černá použitá k potisku papíru. [15]

2 ANALYTICKÉ METODY PRO POSOUZÁNÍ AUTENTICITY A FALŠOVÁNÍ POTRAVIN

K prokázání falšování potravin může stačit použití jedné techniky měření, avšak většinou je třeba využití celého komplexu stanovení. Záleží, jakým způsobem byla potravinina zfalšována a jak bylo toto falšování provedeno nebo zamaskováno. [1]

V oblasti falšování potravin se stále používají tradiční metody. Trendem poslední doby je zavádět nové přístupy, jako je genomika, proteomika a metabolomika, které pomáhají doplnit stávající metodiky pro ověření některých tvrzení o potravinách. Zvláštní pozornost je věnována proteomice, protože z rozsáhlé analýzy proteinů lze určit některé vlastnosti potravin a odhalit procesy, jimž byla potravinina podrobena. [4]

Tato práce se zabývá možným využitím vybraných analytických metod v analýze pravosti potravin živočišného původu.

2.1 Využití metod molekulární biologie pro odhalení falšování potravin

V současné době se pro testování a potvrzení autenticity potravin nejčastěji používají metody molekulární biologie. Identifikační metody jsou založeny na analýze DNA, které pomohou správně identifikovat druhy potravin. [20]

Metoda založená na DNA je biologická metoda, která byla použita k určení pravosti a detekci falšování potravinářských produktů na bázi detekce nukleových kyselin (DNA nebo RNA) a stanovení jejich sekvence [5]. Sekvenování DNA je spolehlivou metodou pro autentizaci potravin z důvodu vysoké citlivosti a cílové rozmanitosti sekvencí DNA. Nukleové kyseliny mohou být velmi stabilní za různých podmínek změn teplot, mechanickému namáhání a změnám tlaku. [20]

V současné době je tato technika široce používána pro ověřování a potvrzení autenticity potravin, kde pomáhá nejen zpracovatelům potravin a spotřebitelům správně identifikovat druhy potravin. Vzhledem k vysoké citlivosti a reprodukovatelnosti se tato technika stává stále častěji a v posledních desetiletích nejvíce používanou technikou, která nahrazuje metody na bázi proteinů [21]. Analýza DNA je metodou výběru pro rozlišení mezi úzce příbuznými druhy [22]. Mezi technikami založenými na DNA je polymerázová řetězová reakce (PCR) jednou z nejběžněji používaných molekulárních technik pro identifikaci druhů v potravinářských produktech, kde lze detekovat malé množství DNA za použití druhově specifických primerů. [21]

2.1.1 Metoda DNA „barcoding“

Další metodou je DNA „barcoding“, je metoda molekulární fylogenetiky, která využívá poměrně krátké DNA markery přítomné v genomu organismu jako prostředek pro jeho taxonomickou identifikaci [20]. Tato metoda identifikace druhů je založená na krátkých úsecích sekvence DNA, které by měly být stejné nebo velmi podobné u jedinců stejného druhu, a naopak se musí lišit mezi druhy. Tyto DNA barcodes se pak mohou porovnávat se sekvencemi známých druhů v globální barcodové databázi [23]. DNA barcoding byl úspěšně použit pro autentizaci vzorků ryb. Hlavní výhodou DNA barcoding pro ryby je schopnost identifikovat druhy i po průmyslovém zpracování, avšak některé vysoce zpracované produkty (např. uzené nebo konzervované rybí položky) mohou představovat problémy při extrakci DNA. [22]

2.1.2 Metoda polymerázové řetězové reakce (PCR)

Jednou z hlavních výhod této metody je její vysoká rozlišovací schopnost. Identifikace se provádí na úrovni sekvence specifických fragmentů DNA, které jsou jedinečné u konkrétních živočišných nebo rostlinných druhů. Tato funkce umožňuje získat jednoznačné výsledky, což činí testy efektivní a spolehlivé. Další důležitou výhodou je jejich vysoká citlivost, která je vhodná pro detekci konkrétního druhu potravinářského produktu [22]. Protože DNA je identická ve všech somatických buňkách daného organismu, je jedno, zda se DNA extrahuje z krve, svalů, jater nebo jiných tkání. Vysoká stabilita DNA umožňuje analýzu vysoce zpracovaných potravinářských produktů a stopových kontaminantů. PCR je vysoce specifická amplifikace DNA fragmentů [24]. Nejvyužívanější metody jsou PCR-RFLP (polymorfismus délky restrikčního fragmentu), který je založen na amplifikaci konzervované oblasti použitím univerzálních primerů, následné štěpení ampliconů (namnožených částí) restrikčními endonukleázami a oddělení fragmentů podle jejich délky elektroforézou na agarovém gelu. PCR-RFLP byl aplikován například na identifikaci jelena, srnce nebo kamzíka a muflona. [25]

Dalšími jsou konvenční metody PCR, které používají druhově specifické primery pro identifikaci. Avšak PCR-RFLP ani konvenční PCR nejsou vhodné metody pro získání kvantitativní informace. Tato nevýhoda byla překonána PCR real-time (PCR v reálném čase). PCR real-time umožňuje například kvantifikaci tří druhů jelenů v jedné a téže zkumavce PCR. [25]

2.1.2.1 Využití metody PCR pro mléčné výrobky

Mléko obsahuje velké množství DNA, avšak velmi variabilní počet somatických buněk v závislosti na fyziologickém stavu zvířete. Tato metoda byla použita ve více případech pro identifikaci a autentizaci druhů a původu mléka a mléčných výrobků. [21]

Pomocí Real-time PCR lze určit původ mléka používaného při výrobě sýra. Dále detekovat s detekčním limitem 1% přídavek kravského a buvolího mléka do lyofilizovaných mlék. Tímto může být PCR použita jako spolehlivý nástroj k rozlišení jednotlivých druhů mlék. Metoda amplifikace RT-PCR byla schopna detekovat i podvodné přidávání kravského mléka do sýru Mozzarella. Bylo zjištěno, že použití PCR může být použito k detekci kravského, ovčího, kozího a buvolího mléka v různých typech mléčných výrobků (sýr, tvaroh, sušené mléko, mléko UHT, čerstvé mléko, jogurt, smetana a máslo). [21]

Hlavní výhody metody založené na DNA jsou citlivost a poměrně jednoduchá amplifikovatelnost DNA. Je však důležité znát přesné sekvence DNA. Nevýhodou je ekonomická náročnost, preciznost, kvalifikace personálu a zvláštní péče nutná během zpracování vzorku před amplifikací DNA, protože může změnit konečné výsledky. [21]

2.1.2.2 Využití metody PCR pro masné výrobky

PCR metoda je využívána pro stanovení stopových množství nedeklarovaných druhů masa. Tento případ falšování může mít význam pro některé náboženské skupiny, jako je muslimská populace, kde přítomnost jakéhokoliv množství vepřového masa ve výrobku způsobí, že produkt ztratí svůj status Halal. [22]

Dále slouží real-time PCR k identifikaci a rozlišení různých druhů mas ve směsích a výhodou je rozlišit vzorky mezi blízkými příbuznými druhy nebo mezi různými plemeny stejného druhu. Tohoto poznatku je využíváno pro ověření obsahu mas v tradičních a regionálních potravinách, neboť při zpracování těchto produktů se běžně používají specifická plemena zvířat charakteristická pro určitou zeměpisnou oblast. [22]

Při zpracování masných výrobků může docházet k narušení DNA kvůli vysokým teplotám, změnám pH nebo narušení buněčné integrity a uvolňování DNAáz (nukleáz). Konečným důsledkem je to, že množství DNA přítomné ve výrobku neodráží skutečné množství výchozího materiálu v produktu, což snižuje kvantitativní měření. Dalším negativním důsledkem zpracování potravin při degradaci DNA by bylo snížení délky fragmentů DNA, které

mohou být použity k provádění testů PCR, čímž se zvyšují možnosti křížových reakcí s jinými druhy masa. [22]

2.2 Využití spektrofotometrických metod pro stanovení falšování potravin

Spektrální metody pomáhají odhalit vztahy mezi spektrálními vlastnostmi a strukturou organických sloučenin. Díky naměřeným údajům lze určit strukturu analyzované sloučeniny a její kvantitativní i kvalitativní analýzu. [26]

Při spektrálních metodách s výjimkou hmotnostní spektrometrie se zkoumá interakce elektromagnetického záření s molekulami sloučeniny. Pokud látka absorbuje záření, energie záření se může spotřebovat buď na přechod volných elektronových párů do vyšších energetických hladin (UV a viditelné záření), nebo na zvýšení vibrační energie chemických vazeb (NIR, IR) či zvýšení rotační energie molekuly (mikrovlnná oblast, daleká IR). [26]

Spektrální metody mají v porovnání s jinými metodami mnoho výhod například:

- Rychle poskytují velmi mnoho informací o struktuře komplikovaných přírodních sloučenin i syntetických polymerů,
- záznam spektra je možné vytvořit již za několik sekund či minut,
- stačí malé množství vzorku (několik mg, případně i méně jak 1mg) a vzorek je poté možno získat zpět,
- jsou velmi citlivé a selektivní při analýze směsí,
- je možné zkoumat sloučeniny, které tvoří tautomery, konformery bez toho, aby se porušila rovnováha [26]

Nejčastěji využívané spektrální metody jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: vybrané spektrální metody [upraveno podle 26, 27, 28, 29]

Typ spektrální metody	charakteristika
Luminiscenční spektroskopie	luminiscence je emise světla látkou, nebo také ztráta energie, vzniklá emisí elektromagnetických vln excitované molekuly, která se vrací zpět do základního stavu. Látky jsou především velké a pevné rovinné molekuly s konjugovanými dvojnými vazbami. Pro anorganické ionty lze tuto metodu použít v případě jejich navázání do komplexnějších sloučenin s vhodný-

	mi organickými činidly. Typem luminiscence je fluorescence a fosforescence.
Hmotnostní spektrometrie	analyzuje relativní molekulové hmotnosti iontů na základě ionizace vzorku. Vzniklé ionty se separují podle hmotnosti a náboje. Hmotnostní spektrometr se hojně využívá jako detektor pro plynnou a kapalinovou chromatografii.
Infračervená spektroskopie	principem je absorpce infračerveného záření molekulami látek. Nejdůležitější je pro strukturní analýzu a identifikaci organických a anorganických sloučenin. Infračervené záření má větší vlnovou délku a nižší energii, než ultrafialové a viditelné záření. Má tři oblasti spektra (blízkou - NIR, střední – MIR a dalekou infračervenou oblast).
Ramanova spektroskopie	poskytuje informace o vlastnostech a struktuře organických sloučenin a doplňuje informace získané IR. Dochází k změnám vibračních a rotačních stavů vzorku díky interakci monochromatického viditelného či IR záření se vzorkem a následného změření rozptýleného záření, které vzniklo.
Ultrafialová a viditelná spektroskopie	absorpce ultrafialového - UV a viditelného záření (200-800 nm). Při absorpci dojde k excitaci valenčních elektronů z molekulových orbitalů. Využívá se k identifikaci neznámých organických látek. Je využívána jako detektor pro separační metody.
Nukleární magnetická rezonance	slouží k identifikaci a strukturní analýze organických látek. NMR je nástroj pro analýzu komponent a metabolitů. Výška signálů roste s koncentrací, proto je využívána i v kvantitativní analýze ke stanovení obsahu a čistoty látky ve vzorku. Lze také kvantitativně analyzovat směs, která obsahuje známé sloučeniny.

2.2.1 Metoda infračervené spektroskopie (IR)

Infračervená spektroskopie, je jednou z nejpoužívanějších spektroskopických metod, která měří vlnovou délku a intenzitu infračerveného záření absorbovaného vzorkem. Tato metoda je založena na vibracích atomů dané molekuly. Infračervené spektrum vzorku je zaznamenáno průchodem paprsku infračerveného světla skrz vzorek a pak se určuje, jaká část dopadajícího záření je absorbována v určité energii. Energie, při níž se objevuje jakýkoli vrchol v absorpčním spektru, odpovídá frekvenci vibrací molekuly daného vzorku. Tato technika umožňuje určit funkční skupiny ve vzorku, protože každá funkční skupina molekuly má jedinečnou vibrační frekvenci. Při zohlednění účinků všech různých funkčních skupin je výsledkem spektrum, který lze použít k potvrzení detekce falšování vzorku. [21]

Infračervená oblast zahrnuje část elektromagnetického spektra ve vlnové délce o rozsahu od 780 do 100 000 nm, která je rozdělena na NIR - 780 do 2500 nm a MIR - 2500 - 25 000 nm. [28]

Z MIR spektra lze získat informace o chemických vazbách a tím o typech molekul v potravině. NIR spektrum poskytuje komplexnější informaci. [2]

IR spektroskopie je rychlá a nedestruktivní technika, která poskytuje informace o přítomných molekulárních vazbách a může proto poskytnout podrobnosti o typech molekul přítomných v potravinách. NIR spektroskopie poskytuje mnohem složitější strukturální informace související s vibračním chováním vazeb. Tyto techniky jsou vhodné pro použití v průmyslovém prostředí díky snadnému použití a relativně nízkým finančním nákladům na získání a provoz zařízení. IR studie je použitelná pro širokou škálu potravin. [30]

Blízká infračervená (NIR) spektroskopie byla vyvinuta jako jedna z nejrozmanitějších metod zaměřených na problematiku autenticity. Jednou z hlavních výhod NIR spektroskopie před tradičními chemickými a chromatografickými metodami jsou rychlost, minimální příprava vzorků a snadné použití v průmyslovém prostředí nebo rutinních operacích [31]. Díky nízkým provozním nákladům je její použití rozšířeno i v potravinářském průmyslu. [32]

2.2.1.1 Využití metody NIR pro mléčné výrobky

Během posledních desetiletí je NIR spektroskopie využívána pro určení pravosti mléka a mléčných výrobků. Touto technikou byla monitorována koagulace mléka a fyzikálně-chemické parametry sýrů. [21]

Valenti a kol. (2013) [33] zhodnotili potenciální využití spektroskopie NIR ve spojení se statickými metodami k odlišení vzorků mléka podle typu krmiva, plemene a nadmořské výšky. Dále autorům Aulrich a Molkentin (2009) [34] se podařilo rozlišovat vzorky mléka podle původu. Metoda NIR spektroskopie je vhodnější pro autentizaci mléka podle typu krmných systémů, ačkoli nedokázala určit jejich zeměpisný původ. [21]

Další studie prokázala, že lze spektroskopickou metodou NIR využít pro stanovení nutričních parametrů. Také lze určit falšování syrového kravského mléka s různými „cizími“ proteiny a zahušťovadly jako je melamin, močovina nebo dusičnan amonný, odhalit falšování mléka rostlinnými bílkovinami a škrobem, přítomnost levnějších rostlinných tuků

v másle. Bylo prokázáno, že NIR spektroskopie je méně účinná pro stanovení obsahu mastných kyselin ve srovnání s plynovou chromatografií. [21]

NIR spektroskopie má i některé nevýhody, je nízká citlivost u potravin, kde složky jsou zastoupeny v nízké koncentraci a stanovení nelze měřit s vysokou přesností. [21]

2.2.1.2 Využití metody NIR pro maso

Maso a masné výrobky jsou oblíbené potraviny díky vyvážené nutriční povaze a jejich dostupnosti v různých formách. V posledních letech byly, v důsledku zvýšení povědomí spotřebitelů o kvalitě produktů a autenticitě potravin, vyhledány rychlé a účinné systémy kontroly jakosti v masném průmyslu. Spektroskopie NIR byla identifikována jako rychlá a nákladově efektivní metoda pro stanovení různých parametrů jakosti masa a pro detekci falšování. [35]

Pomocí metody NIR bylo odhaleno přidávek vepřového masa do hovězích kuliček. [36] Metoda se využila také pro detekci falšování mletého hovězího masa koňským. [21]

2.2.2 Metoda Ramanovy spektroskopie

Ramanova spektroskopie je měření vlnové délky a intenzity nerovnoměrně rozptýleného světla z molekul, z nichž některé jsou rozptýleny při jiné vlnové délce. Toto nerovnoměrně rozptýlené světlo se nazývá Ramanův rozptyl. Konkrétní molekula a její prostředí určí, jaké Ramanové signály budou pozorovány. Ramanová spektroskopie má výhody pro analýzu vzorků potravin, jako je vysoká citlivost na C=C, C≡C a C≡N vazby, nízkou citlivost na vodu a vysokou selektivitu vůči anorganickým látkám (solím). Tyto výhody mají za následek jeho potenciální využití v potravinářském průmyslu. Ramanova spektroskopie byla použita k úspěšné diferenciaci medů různého botanického a geografického původu. A k detekci přítomnosti řepných a třtinových sirupů ve vzorcích medu se správnou klasifikací až 96%. [30]

2.2.2.1 Využití Ramanovy metody pro med

Med, výrobek bohatý na sacharidy, je vyráběn včelami, které ho přirozeně tvoří z nektaru, získaného z květin různých rostlin. Med byl vždy snadným zdrojem falšování pro hospodářské zisky. Uvádí se mnoho adulterantů včetně kyselých invertních sirupů, kukuřičných sirupů, cukru, škrobu, dextrinu. Nejznámějšími adulteranty jsou invertní sirupy z cukrové řepy, které mohou být přizpůsobeny tak, aby napodobovaly přirozený profil sacharózy,

glukózy a fruktózy medu a jsou obvykle obtížně detekovatelné. Znečištění medu je obtížné zjistit kvůli vysoké variabilitě složení medu z různých květinových a zeměpisných původů. Ramanova metoda je založena na rozptylu světla z blízkého infračerveného záření kvůli vibrační energii molekul ve vzorku. V případě falšování medu se cukry různého původu liší svým poměrem stabilního uhlíku a poměrem deuteria k vodíku. Přirozená absorpce energie se bude lišit u různých izotopů, což může přispět k výrazné klasifikaci adulerantů. Spektroskopické metody Raman jsou jednoduché, rychlé, nákladově efektivní a nedestruktivní, a proto mohou být metodou volby pro detekci falšování nebo rutinní analýzy. Ramanova spektroskopie se využila k předpovědi stupně falšování a typu adulerantu v medu. Ramanová spektroskopie byla použita také k detekci adulerantů, jako je kukuřičný sirup s vysokým obsahem fruktózy a maltózový sirup v medu. [37,38]

2.2.3 Metoda fluorescenční spektroskopie

Po absorpci záření se excitovaná molekula vrací do základního stavu za současného vyzáření fotonu. Tento přechod je označován jako zářivý přechod. Jedním z typů zářivého přechodu je přechod elektronu z excitovaného stavu S_1 do základního stavu S_0 . Tento jev se nazývá fluorescence. Elektron se může zářivě vrátit do základního stavu většinou z nejnižší vibrační hladiny. Pokud se excitovaný elektron nacházel v některé z vyšších vibračních hladin, přechází do nejnižší vibrační hladiny přechodem, který je označován jako vnitřní konverze, nebo vibrační relaxace, což je nezářivý přechod. Excitovaný elektron, který přešel do tripletového stavu, se může přísunem energie znovu dostat do singletového stavu S_1 . Ze stavu S_1 se elektron vrací do základního stavu S_0 za současného vyzáření fotonu, poté je možné pozorovat takzvanou zpožděnou fluorescenci. Dále je možné, že proběhne nezářivý přechod ze singletového stavu S_1 na hladinu T_1 , tento přechod je spojen se změnou spinu excitovaného elektronu. [27, 39, 40]

2.2.3.1 Využití fluorescenční spektroskopie pro mléko a mléčné výrobky

Nejznámější fluorescenční molekuly v mléčných výrobcích jsou aromatické aminokyseliny, nukleové kyseliny, tryptofan, riboflavin, vitamín A, D, nikotinamid adenin dinukleotid (NADH) a chlorofyl. [41]

FFFS lze použít k odlišení vzorků mléka podle jejich složení (mléka plnotučná, se sníženým obsahem tuku, odtučněná, s nízkým obsahem laktózy a vysokým obsahem bílkovin) a podle zeměpisného původu. [21]

Dufour a Riaublanc (1997) zkoumali možnost určit pomocí fluorescenční spektroskopie mléko syrové a mléko po záhřevu. Závěrem byl fakt, že pomocí fluorescenční spektroskopie lze určit typ záhřevu mléka. Výzkum emisních a excitačních spekter různých vnitřních fluoroforů poukázal na změny v mléce způsobené tepelnými úpravami v rozmezí od 57 do 72 ° C po dobu 0,5 až 30 min. [42]

Dále může fluorescenční spektroskopie sloužit pro identifikaci sýrů a uplatnit se při sledování zrání sýrů. Intenzita fluorescence se mění v závislosti na stupni zralosti sýra. FFFS je kvantifikovat falšování tvrdého sýru se syrovými výrobky a to s nejnižšími detekčními limity 3,0% [21]. Pomocí chemometrických metod je možné fluorescenční spektroskopii predikovat reologické vlastnosti sýrů během zrání, oxidační stabilitu a kvalitu jogurtů. [43]

Emise tryptofanu je vysoce citlivá a často je používána jako reference pro odhalení změn struktury bílkovin a jejich vazeb. Emise fluorescence pro oblast (305 – 450 nm) s maximem 440 nm umožňuje studii fluorescenčních vlastností reakčních produktů Maillardovy reakce. [44, 45]

2.2.3.2 Využití fluorescenční spektroskopie pro maso a masné výrobky

Výzkum týkající se použití fluorescenční spektroskopie pro hodnocení masných výrobků se zabývá měřením fluorescence z kolagenu, tukové tkáně a bílkovin. [58, 46]

V masném průmyslu může fluorescenční spektroskopie odhalit oxidační změny v mletém masu a podle oxidačních změn určit způsob balení masa. [47]

Dále je metodu vhodné použít pro stanovení čerstvosti ryb a má potenciál pro uplatnění v analýze kvality masa. [47]

2.2.4 Metoda nukleární magnetické rezonanční spektroskopie

NMR spektroskopie zahrnuje analýzu absorpce energie atomovými jádry s nenulovými rotacemi v přítomnosti magnetického pole. Absorpce energie atomových jader je ovlivněna jádry obklopujících molekul, které způsobují malé lokální modifikace vnějšího magnetického pole. [30]

Pro neznámé sloučeniny se využívají knihovny spekter k nalezení základní struktury. Jakmile je základní struktura známá, NMR může být využita k určení molekulárních konformací v roztoku a také ke studiu fyzikálních vlastností na molekulární úrovni. [27]

NMR spektroskopie proto může poskytnout podrobné informace o molekulární struktuře vzorku potravy, vzhledem k tomu, že pozorované interakce jednotlivých atomových jader závisí na atomech, které je obklopují [30]. Spektroskopie s nukleární magnetickou rezonancí (NMR) je vyšetřovací technika, která s minimální přípravou vzorku nabízí možnost získat kvantitativní a strukturní informace o jakékoliv molekule charakterizované atomy s vlastním magnetickým momentem a momentem hybnosti. Prvky přítomné hlavně v potravinách, jako jsou H, O, C, N a P, mají alespoň jeden detekovatelný izotop, čímž uděluje NMR spektroskopii titul "univerzální detektor" [48]. NMR má uplatnění v analýze jednotlivých složek potravin a jejich metabolitů. Vyznačuje získkem rozsáhlejších profilových informací, jednodušším analytickým postupem a méně spotřeby organických rozpouštědel, čímž je šetrnější k životnímu prostředí [49]. Významnou výhodou NMR je to detekce všech organických sloučenin současně a kvantitativně v jejich přirozeném stavu bez jakékoliv manipulace nebo předchozí separace a svou rychlostí <5 minut. [50]

2.2.4.1 Využití NMR spektroskopie pro mléko a mléčné výrobky

Metabolity mléka se liší podle původu a živočišných druhů a jsou ovlivněny dietou, genetikou a nemocemi. Kromě toho má měření metabolitů mléka široké uplatnění v potravinářském průmyslu. Metabolity například odrážejí etapu laktace, stav výživy, zeměpisný původ mléka a identifikaci pravosti. [49]

Metoda nukleární magnetické rezonance (NMR) byla využita pro identifikaci falšovaného kozího mléka mlékem kravským. Kravské mléko je hlavní typ mléka spotřebovaného ve světě. Poptávka po kozím mléce stále roste, je jeho cena dvakrát až pětkrát vyšší než cena mléka kravského, proto je falšováno. I sójové mléko se často používá jako náhrada za kravské a kozí mléko, protože je levnější a má podobné složení bílkovin. Analýza hlavních složek byla použita pro klasifikaci různých typů mléka. [49]

2.3 Využití chromatografických metod pro odhalení falšování potravin

Chromatografie je separační metoda, při které se oddělují složky obsažené ve vzorku. Je to především metoda kvantitativní analýzy vzorku. V chromatografii se vzorek vnáší mezi dvě vzájemně nemísitelné fáze – stacionární a mobilní. Stacionární fáze je nepohyblivá, mobilní fáze je pohyblivá. Vzorek se umístí na začátek stacionární fáze a pohybem mobilní fáze přes stacionární fázi je vzorek touto soustavou unášen. Složky vzorku pak mohou být nepohyblivou fází zachycovány, a proto se při pohybu zadržují. Více se zadržují složky,

které jsou stacionární fází poutány silněji. Tím se od sebe postupně složky oddělují a na konec stacionární fáze se dostávají složky méně zadržované.

Chromatografických metod je velké množství a jsou různorodé, proto se rozdělují do určitých skupin. Základní rozdělení je podle povahy mobilní fáze. Pokud je mobilní fáze kapalina - chromatografie kapalinová nebo je mobilní fází nosný plyn - chromatografie plynová. [27, 51]

Kapalinová a plynová chromatografie jsou schopny oddělit a umožnit identifikaci velkého počtu molekuly přítomných ve vzorku potravin. Vysokotlaká kapalinová chromatografie (HPLC), dokáže detekovat sloučeniny, jako jsou proteiny, aminokyseliny, fenolické sloučeniny a sacharidy, zatímco plynová chromatografie (GC) je vhodnější pro analýzu těkavých molekul. Hlavní nevýhoda obou technik je použití se statistickými metodami. Dále je potřeba znát specifické analytické údaje týkající se jednotlivých sloučenin obsažených ve vzorku. [21]

2.3.1 Metoda vysoce účinné kapalinové chromatografické metody HPLC pro falšování potravin

Vysokoúčinná kapalinová chromatografie (HPLC) je jednou z analytických metod používaných k oddělení, identifikaci a kvantifikaci složek ve směsi. V metodách HPLC mohou být použity detektory hmotnostní, UV-VIS spektrofotometr, fluorescenční, elektrochemický, difraktometr a jiné. Jednotlivé detektory lze řadit za sebou a sledovat různé látky. Metoda HPLC se používá v potravinářské analýze pro kvantitativní analýzy sloučenin přítomných v potravinách, ale také k ověření kvality produktu se zvýšenou produktivitou. [21]

2.3.1.1 Využití HPLC pro mléčné výrobky

U mléka a mléčných výrobků je metoda HPLC využívána pro stanovení a identifikaci jednotlivých složek daného produktu. K přirozeně se vyskytujícím látkám v mléce patří například vitamíny, minerální látky, laktóza a proteiny. Za nežádoucí složky lze považovat použitá některá aditiva, kontaminující látky a antibiotika. [21]

Předmětem falšování je kravské mléko, které je zaměňováno nebo částečně nahrazeno sójovou bílkovinou. Sójová bílkovina nedosáhla vysoké popularity kvůli chuti, ale je levnější a podobná bílkovině kravského mléka a proto je využívána pro falšování mléka a mléčných výrobků. [30]

Aplikace kapalinové chromatografie je využívána při detekci původu mléka a různých sýrů. Je sledován obsah β -laktoglobulinu v syrovátkové bílkovině, na základě výsledků lze prokázat falšování kozího mléka kravským mlékem. Pro zabránění podvodům se sýry je kontrolováno použité mléko a výsledek je porovnán s mlékem uvedeným na etiketě. [30, 52]

Dále lze pomocí HPLC detekovat sušené odstředěné mléko v mléčných výrobcích, melamin jako náhrada bílkoviny ve mléce a mléčných výrobcích, a přídavek syrovátky do mléka. Je možné vysledovat UHT a pasterizované mléko v kojenecké mléčné výživě. [21]

HPLC je užitečnou technikou, která umožňuje současně měřit několik sloučenin. Tato technika je nástrojem spolehlivé certifikace pravosti mléka a mléčných výrobků. Nevýhodou je finančně nákladná vstupní investice a provoz a kvalifikovaná obsluha. [28]

2.3.1.2 Využití HPLC pro maso a masné výrobky

Běžnou praxí je aplikace rostlinných bílkovin do masných výrobků. Pro detekce rostlinných bílkovin lupiny, hrachu a sóji je používána metoda HPLC-MS.

Pomocí HPLC s elektrochemickou detekcí je v masném průmyslu sledován obsah hydroxyprolinu jako index kolagenu. LC spojená s ES byla také použita k detekci pštrosího masa a rozlišení jednotlivých druh mas vepřového, hovězího a kuřecího masa. [27, 28]

2.3.2 Metoda plynné chromatografie GC

Plynová chromatografie (GC) je jednou z nejčastěji používaných separačních metod používaných při výzkumu těkavých látek, aromat a pesticidů v potravinách. Vzorek obsahující těkavé látky je přeměněn na plyn, je dávkován do proudu plynu a je unášen kolonou. V koloně je vzorek separován podle různé schopnosti vázat se na stacionární fázi. Jednotlivé složky jsou indikovány různými detektory [27, 28]. K nejpoužívanějším detektorům patří hmotnostní a plamenový ionizační detektor. [27]

2.3.2.1 Využití GC pro mléčné výrobky

Plynová chromatografie je využívána pro odhalení falšování mléka z ekologického zemědělství, kdy bylo toto mléko nahrazeno konvenčním mlékem [21]. V této souvislosti byly stanoveny mastné kyseliny v obou typech mléka a bylo zjištěno, že mléko z ekologického zemědělství vykazovalo vyšší obsah polynenasycených mastných kyselin, konjugované kyseliny linonové a rozvětvených mastných kyselin. [53]

Obsah kyseliny olejové, linolové a cholesterolu ve mléce může sloužit jako biomarkery pro rychlou detekci falšování mléka. Výzkum prokázal, že falšované mléko obsahuje vyšší koncentrace kyseliny olejové a linolové, ale nižší obsah cholesterolu ve srovnání s mlékem nefalšovaným. [53]

Pomocí plynové chromatografie je možná charakterizace aromatických složek v mléčných výrobcích zejména v sýrech a podle naměřeného profilu těchto látek lze určit původnost daného vzorku. Výsledky mohou být ovlivněny skladbou krmné dávky, hlavně z „bio“ chovů, což může představovat velkou nevýhodu. [28]

Plynovou chromatografií bylo zjištěno falšování mléčného tuku nemléčným tukem a to tukem z ryby, arašídů, kukuřice, oliv a slunečnicovým a sójovým olejem. [21]

Díky velmi vysoké citlivosti se stala plynová chromatografie jednou z nejpoužívanějších metod pro analýzu těkavých sloučenin v mléčných výrobcích. Nevýhodou plynové chromatografie je jako u kapalinové chromatografie, požadavek nákladného a komplexního systému a kvalifikování operátoři. [21]

2.3.2.2 Využití HPLC pro maso a masné výrobky

Pomocí GC-MS bylo zjištěno falšování hovězího masa s vepřovým na základě stanovení profilu mastných kyselin. Pro každý druh zvířete je stanoveno množství a profil mastných kyselin specifické pro každý druh masa. Z profilu a množství mastných kyselin, které lze použít k rozlišení mezi různými "cizími" druhy mas nacházejících se v masném produktu a případně kvantifikovat množství cizího druhu masa. [8]

Podle studie Jiye et al. (2010) [54] lze plynovou chromatografií použít k detekci mechanicky separovaného masa v syrových směsích masa. Mechanicky separované maso lze detekovat v syrových směsích masa až na 10%. Principem je detekce specifických metabolitů pomocí GC-MS. [52]

2.4 Další metody využitelné v detekci falšování

Další metody pro odhalení falšování potravin jsou následující:

- Termická analýza,
- senzorická analýza,
- reologické metody.

2.4.1 Termické metody

Termické metody jsou založeny na sledování účinků dodávaného či odebíraného tepla na vlastnosti vzorku [27, 28]. Mezi metody termické analýzy patří termogravimetrie, diferenciální termická analýza (DTA) a diferenční skenovací kalorimetrie (DSC). [27]

Nejrozšířenější tepelná analytická metoda v potravinářském průmyslu při zajišťování jakosti potravin je metoda diferenční skenovací kalorimetrie. [55]

DSC nabízí velký potenciál pro studium fyzikálně-chemických změn v potravinách [28]. Diferenční skenovací kalorimetrie (DSC) umožňuje určit fyzikální změny, ke kterým dochází při zahřívání vzorku potravin [30]. Vyznačuje se svou užitečností pro analýzu fázových změn, což jsou reakce, které mohou vést ke změnám fáze krystalizace vody (tání a mražení), odpařování vody a denaturace proteinu [28]. Používání DSC má velký potenciál pro měření a modelování tepelných vlastností zmrazených potravin a pro odhad stavu vody v potravinách a přísadách potravin. [55]

V mléčných výrobcích je metoda DSC využita pro rozlišení sýrů podle použitého mléka pro výrobu [28]. Dále byly studovány tepelné vlastnosti živočišných tuků a sušeného mléka. Tyto analýzy jsou založeny na skutečnosti, že mastné kyseliny se liší svými tepelnými vlastnostmi (např. teplotou tavení a energií tání) kvůli jejich strukturním rozdílům [56]. Této vlastnosti jsou využívány pro odhalení falšování vepřového sádla a hovězího loje [30]. Výhodou metody je rychlost a jednoduchost v přípravě vzorku. [30,56]

2.4.2 Senzorická analýza

Hlavní technikou pro hodnocení kvality z pohledu spotřebitele je sensorická analýza, která je založena na zkoumání výrobku prostřednictvím hodnocení vlastností, které lze vnímat pěti smyslovými orgány. Tato metoda umožňuje zřídit organoleptický profil různých výrobků, nicméně je spojena několika nevýhodami. [57]

Senzorická analýza potravin zahrnuje měření, interpretaci a porozumění reakcím člověka na vlastnosti potravy, které jsou vnímány smysly, jako je zrak, čich, chuť, dotek a sluch. Intenzita, chuť a aroma patří k nejdůležitějším vlastnostem pro spotřebitele a řada studií byla provedena v pokusu najít vzájemný vztah mezi sensorickými vlastnostmi a objektivními instrumentálními měřeními [58]. Byly navrženy instrumentální techniky napodobující lidské vnímání jako elektronický jazyk, elektronický nos nebo elektronické oko. [59]

Senzorické vlastnosti masa jsou chuť, vůně, jemnost, šťavnatost a barva. Byl zaznamenán vysoký potenciál využití elektronického nosu pro sledování produktů s určitými příchutěmi a použití technologií plynových senzorů pro posuzování smyslové kvality [60]. Elektronické nosy mohou být využívány pro hodnocení čerstvosti, autenticity a diagnostiky mikrobiální kontaminace. [61]

2.4.3 Reologické metody.

Reologie je v širokém slova smyslu věda, která studuje tvarové změny látek při působení vnějších sil. Z jiného hlediska se ve smyslu reologie rozumí nauka o toku látek [62]. Vyjadřuje vztah mezi účinkem vnější síly a tokem, resp. deformací materiálu potraviny [63]. Reologie se zabývá také měřením viskoelastických vlastností materiálů. Projevy viskózního a elastického chování a jejich proměnlivost v závislosti na mechanickém a tepelném zatížení vzorku. [64]

Jako další u reologických metod se posuzuje textura. Pojem textura obecně označuje vnitřní strukturu látek a materiálů a jejich chování při mechanickém namáhání. Tyto parametry lze vnímat pomocí mechanoreceptorů, které zaznamenávají hmatové a polohové informace. [65]

Většina instrumentálních metod hodnocení textury je založena na mechanických zkouškách, které zahrnují měření odolnosti potraviny vůči silám větším než je gravitace, která na ni působí. Měření mechanické struktury je obvykle destruktivní, protože aplikovaná síla překračuje pevnost testovaného vzorku, čímž jej zničí. Nejvyužívanější metoda je texturní profilová analýza TPA. [66]

ZÁVĚR

Bakalářská práce byla zaměřena na rešeršní zhodnocení metod pro určení autenticity potravin živočišného původu a odhalení jejich falšování. V první části této práce byly popsány a vysvětleny základní pojmy, způsoby a současné trendy falšování potravin. Dále popisuje současné legislativní opatření v této problematice.

V druhé části předkládané bakalářské práce byly zhodnoceny v současnosti nejvíce využívané metody a metody, které by se mohly v této problematice uplatnit. Závěry této práce lze shrnout do následujících bodů:

- V současné době v České republice ani v Evropské unii není v platnosti žádný legislativní předpis, který by přímo definoval pojmy „falšování“ a „falšovaná potravina“ a touto problematikou se přímo zabýval,
- kontrola potravin je prováděna zejména s ohledem na požadavky uvedené v jednotlivých komoditních vyhláškách a dalších předpisech,
- stále se využívají tradiční metody, které nemusí vždy falšování prokázat,
- v současné době je nutné použít více metod souběžně pro detekci a průkaz falšování, protože falšování je někdy velmi sofistikované,
- nejčastějším metodám detekce falšování se používají metody molekulární biologie především PCR,
- metody molekulární biologie jsou destruktivní metody, které jsou časově a ekonomicky náročné, ale poskytují nejpřesnější výsledky,
- snahou je využít metody nedestruktivní, které by byly časově i ekonomicky méně náročné a poskytovaly by stejné výsledky jako metody molekulární biologie,
- mezi nedestruktivní metody, které by mohly být využívány, jsou metody spektrální (Luminiscenční, Infračervená, Ramanova spektroskopie a Nukleární magnetická rezonance).

Bude nutné nashromáždit spoustu naměřených dat z použitých metod, které bude nutné podrobit statistickému zhodnocení a vyvození závěrů, zda je možné konkrétní metodu pro detekci falšování potravin použít. V neposlední řadě bude nezbytná vzájemná spolupráce se státními i nestátními organizacemi a výzkumnými centry i samotnými výrobci potravin a řešit problém falšování komplexněji.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČÍŽKOVÁ, Helena, ed. *Metody a kritéria pro ověřování autenticity potravin a potravinářských surovin*. Ostrava: KEY Publishing, 2011. ISBN 978-80-7418-124-5.
- [2] ČÍŽKOVÁ, Helena, Rudolf ŠEVČÍK, Aleš RAJCHL, Jan PIVOŇKA a Michal Voldřich. Trendy v autenticitě potravin v přístupech k detekci falšování [online]. 2012, 2012(106) [cit. 2017-11-15]. ISSN 1213-7103
- [3] BRUŠTÍKOVÁ, Bc. Jana. Průkaz falšování potravin na základě analýzy DNA. Zlín, 2011. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [4] ORTEA, Ignacio, Gavin O'CONNOR a Alain MAQUET. Review on proteomics for food authentication. *Journal of Proteomics*. 2016, 147, 212-225 [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1016/j.jprot.2016.06.033.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1874391916302792>
- [5] ROZMAHELOVÁ, Květuše. Falšování potravin. Zlín, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [6] LÍBALOVÁ, Bc. Renata. *Autenticita potravin na českém trhu*. České Budějovice, 2016. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- [7] ČÍŽKOVÁ, Helena. *Metody hodnocení autenticity a detekce falšování potravin*. 15.8.2017[cit.2018-03-13]. Dostupné z: https://www.potravinainfo.cz/33/metody-hodnoceni-autenticity-a-detekce-falsovani-potravin-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EIJc_cGyFPGsq6VfC6jhTPVRYFLS2WAvA/
- [8] TRIVEDI, Drupad K., Katherine A. HOLLYWOOD, Nicholas J. W. RATTRAY, Holli WARD, Dakshat K. TRIVEDI, Joseph GREENWOOD, David I. ELLIS a Royston GOODACRE. Meat, the metabolites: an integrated metabolite profiling and lipidomics approach for the detection of the adulteration of beef with pork. *The Analyst* [online]. 2016, 141(7), 2155-2164 [cit. 2017-11-21]. DOI: 10.1039/C6AN00108D. Dostupné z: <http://xlink.rsc.org/?DOI=C6AN00108D>
- [9] Zákon č. 634/1992 Sb. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-634>
- [10] Nenechte se oklamat. Finexpert.cz [online]. 21. 7. 2004 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://finexpert.e15.cz/nenechte-se-oklamat>
- [11] Prezentace SZPI v Poslanecké sněmovně Parlamentu ČR: *Falšování potravin - aktuální problém?* 16.04.2015. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/prezentace->

szpi-v-poslanecke-snemovne-parlamentu-cr-falsovani-potravin-aktualni-problem.aspx

- [12] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 1169/2011. EUR-LEX. 2011
- [13] Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 852/2004. EUR-LEX. 2011
- [14] BOGADI, Nina Puhač, Mara BANOVIĆ a Ivona BABIĆ. Food defence system in food industry: perspective of the EU countries. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit* [online]. 2016, 11(3), 217-226 [cit. 2017-11-21]. DOI: 10.1007/s00003-016-1022-8. ISSN 1661-5751. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00003-016-1022-8>
- [15] Bezpečnost potravin. LECO corporate website [online]. 17.9.2012 [cit. 2018-03-13]. Dostupné z: <https://cz.leco-europe.com/category/leco-markets/separation-markets/food-safety/>
- [16] VLACHOVÁ, Hana, Potravinový terorismus a agroterorismus, *Vojenské rozhledy*, 2011, roč. 20 (52), č. 4, s. 160–168, ISSN 1210-3292
- [17] PESHIN, SS, LALL, SB a GUPTA, SK. Potential food contaminants and associated health risks. [online]. 193-202 [cit. 2018-03-13]. ISSN 1671-4083. Dostupné z: http://apps.webofknowledge.com.proxy.k.utb.cz/full_record.do?product=WOS&search_mode=GeneralSearch&qid=3&SID=C5Tn6Ri5jArNUczZzuf&excludeEventConfig=ExcludeIfFromFullRecPage&page=2&doc=14
- [18] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, ODBOR BEZPEČNOSTI POTRAVIN. *Kontaminanty v potravinách - přehled hlavních témat diskutovaných v EK*. 16.2.2018 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: <http://www.bezpecnostpotravin.cz/kontaminanty-v-potravinach-prehled-hlavnich-temat-diskutovanych-v-ek.aspx>
- [19] Podvody v oblasti potravin - Informace a rady spotřebitelům. Státní zemědělská a potravinářská inspekce. 27.2.2015. Dostupné z: <http://www.szpi.gov.cz/clanek/podvody-v-oblasti-potravin-informace-a-rady-spotrebitelem.aspx>
- [20] KHAKSAR, Ramin, Traci CARLSON, Donald W. SCHAFFNER, Mahni GHORASHI, Dieter BEST, Srikanth JANDHYALA, Julie TRAVERSO a Sasan AMINI. Unmasking seafood mislabeling in U.S. markets: DNA barcoding as a

- unique technology for food authentication and quality control. *Food Control* [online]. 2015, 56,71-76[cit. 2017-11-13].
DOI:10.1016/j.foodcont.2015.03.007.ISSN09567135.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956713515001504>
- [21] KAMAL, Mohammad a Romdhane KAROUI. Analytical methods coupled with chemometric tools for determining the authenticity and detecting the adulteration of dairy products: A review. 2015, 46(1), 27-48. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.07.007. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415001740>
- [22] SENTANDREU, Miguel Ángel a Enrique SENTANDREU. Authenticity of meat products: Tools against fraud. *Food Research International*[online]. 2014, 60, 19-29 [cit. 2017-11-14]. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.03.030. ISSN 09639969. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0963996914001999>
- [23] ROTTEROVÁ, Johana. *Metoda DNA barcodingu a její využití u protist*. Praha, 2012. Bakalářská práce (Bc.). Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra zoologie. 2012-09-13
- [24] DANEZIS, Georgios P., Aristidis S. TSAGKARIS, Federica CAMIN, Vladimir BRUSIC a Constantinos A. GEORGIU. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2016, 85, 123-132 [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1016/j.trac.2016.02.026. ISSN 01659936. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993615301291>
- [25] DRUML, Barbara, Stephanie GRANDITS, Walter MAYER, Rupert HOCHEGGER a Margit CICHNA-MARKL. Authenticity control of game meat products – A single method to detect and quantify adulteration of fallow deer (*Dama dama*), red deer (*Cervus elaphus*) and sika deer (*Cervus nippon*) by real-time PCR. *Food Chemistry* [online].2015, 170,508-517[cit.2017-11-15].
DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.08.048. ISSN 03088146.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814614012631>
- [26] KOVÁČ Š., Ilavský D., Leško J. *Metódy kontroly technologických procesov Spektrálne metódy v organickej chémii a technológii*. 1. vydání. Bratislava: vydavateľstvi ALFA, 1987.
- [27] KLOUDA, Pavel. *Moderní analytické metody*. Třetí, upravené vydání. Ostrava: nakladatelství Pavko, 2016. 12, 32 s. ISBN 978-80-86369-22-8

- [28] KAROUI, Romdhane. Food Authenticity and Fraud. Chemical Analysis of Food: Techniques and Applications [online]. *Elsevier*, 2012, s. 499-517 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1016/B978-0-12-384862-8.00015-7. ISBN 9780123848628. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123848628000157>
- [29] LI, Qiangqiang, Zunbo YU, Dan ZHU, et al. The application of NMR-based milk metabolite analysis in milk authenticity identification. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2017, 97(9), 2875-2882 [cit. 2017-11-17]. DOI: 10.1002/jsfa.8118. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.8118>
- [30] Reid, LM., O'Donnell, CP., Downey, G. Recent technological advances for the determination of food authenticity. *Trends in food science & technology* [online]. 2006, vol. 17, issue 7, s. 344-353. DOI: 10.1016/j.tifs.2006.01.006
- [31] ESPÍÑEIRA, Montserrat a Francisco J. SANTA CLARA. Advances in food traceability techniques and technologies: improving quality throughout the food chain. Duxford, UK: *Woodhead Publishing is an imprint of Elsevier*, 2016. Woodhead Publishing in food science, technology, and nutrition, no. 301. ISBN 978-008100310-7.
- [32] POREP, Jan U., Dietmar R. KAMMERER a Reinhold CARLE. On-line application of near infrared (NIR) spectroscopy in food production. *Trends in Food Science & Technology* [online]. 2015, 46(2), 211-230 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1016/j.tifs.2015.10.002. ISSN09242244. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924224415002174>
- [33] VALENTI, Bernardo, Bruno MARTIN, Donato ANDUEZA, et al. Infrared spectroscopic methods for the discrimination of cows' milk according to the feeding system, cow breed and altitude of the dairy farm. *International Dairy Journal* [online]. 2013, 32(1), 26-32 [cit. 2018-04-23]. DOI: 10.1016/j.idairyj.2013.02.014. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958694613000575>
- [34] K. Aulrich, J. Molkenin. Potential of Near Infrared Spectroscopy for differentiation of organically and conventionally produced milk *Agriculture and Forestry Research*, 4 (2009), pp. 301-308
- [35] DIXIT, Y., Maria P. CASADO-GAVALDA, R. CAMA-MONCUNILL, X. CAMA-MONCUNILL, Maria MARKIEWICZ-KESZYCKA, P. J. CULLEN a Carl SULLIVAN. Developments and Challenges in Online NIR Spectroscopy for Meat

- Processing. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* [online]. 2017, 16(6), 1172-1187 [cit. 2017-11-11]. DOI: 10.1111/1541-4337.12295. ISSN 15414337. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/1541-4337.12295>
- [36] KUSWANDI, Bambang, Khrisna Agung CENDEKIAWAN, Nia KRISTININGRUM a Musa AHMAD. Pork adulteration in commercial meatballs determined by chemometric analysis of NIR Spectra. *Journal of Food Measurement and Characterization* [online]. 2015, 9(3), 313-323 [cit. 2017-11-11]. DOI: 10.1007/s11694-015-9238-3. ISSN 2193-4126.
Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11694-015-9238-3>
- [37] PARADKAR, M.M a J IRUDAYARAJ. Discrimination and classification of beet and cane inverts in honey by FT-Raman spectroscopy. *Food Chemistry* [online]. 2002, 76(2), 231-239 [cit. 2017-11-13]. DOI: 10.1016/S0308-8146(01)00292-8. ISSN 03088146.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814601002928>
- [38] LI, Shuifang, Yang SHAN, Xiangrong ZHU, Xin ZHANG a Guowei LING. Detection of honey adulteration by high fructose corn syrup and maltose syrup using Raman spectroscopy. *Journal of Food Composition and Analysis* [online]. 2012, 28(1), 69-74 [cit. 2017-11-13]. DOI: 10.1016/j.jfca.2012.07.006. ISSN 08891575.
Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0889157512001263>
- [39] MILATA, Viktor. *Spektrálne metódy v chémii*. 1. vyd. Bratislava: STU, 2004, 327 s. ISBN 80-227-2049-6.
- [40] LAKOWICZ, Joseph R. *Principles of fluorescence spectroscopy*. 3rd ed. New York: Springer, c2006, xxvi, 954 p. ISBN 03-873-1278-1.
- [41] SÁDECKÁ, Jana a Jana TÓTHOVÁ. Fluorescence Spectroscopy and Chemometrics in the Food Classification – a Review. *Czech Journal of Food Sciences: potravinářské vědy*. Praha: Česká akademie zemědělských věd, 2007, 25(4). ISSN 1212-1800.
- [42] DUFOUR, E., RIAUBLANC, A. Potentiality of spectroscopic methods for the characterisation of dairy products. I. Front-face fluorescence study of raw, heated and homogenised milks. *Food Science & Technology*. 1997, 77(6): 657-660. ISSN: 0023-7302

- [43] KAROUI, Romdhane, Éric DUFOUR a Josse DE BAERDEMAEKER. Front face fluorescence spectroscopy coupled with chemometric tools for monitoring the oxidation of semi-hard cheeses throughout ripening. *Food Chemistry*. 2007, 101(3): 1305-1314. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.01.028. ISSN 03088146.
- [44] KAROUI, Romdhane a Éric DUFOUR. Dynamic testing rheology and fluorescence spectroscopy investigations of surface to centre differences in ripened soft cheeses. *International Dairy Journal*. 2003, 13(12): 973-985. DOI: 10.1016/S0958-6946(03)00121-3. ISSN 09586946
- [45] KAROUI, R., E. DUFOUR, R. SCHOONHEYDT a J. De BAERDEMAEKER. Characterisation of soft cheese by front face fluorescence spectroscopy coupled with chemometric tools: Effect of the manufacturing process and sampling zone. *Food Chemistry*. 2007, 100(2): 632-642. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.09.082. ISSN 03088146.
- [46] FRENCIA, J.P., E THOMAS a E DUFOUR. Measure of meat tenderness using front-face fluorescence spectroscopy. *Sciences des Aliments*. 2003, 23(1): 142-145. DOI: 10.3166/sda.23.142-145. ISSN 02408813.
- [47] VEBERG, A., O. SØRHEIM, J. MOAN, V. IANI, P. JUZENAS, A.N. NILSEN a J.P. WOLD. Measurement of lipid oxidation and porphyrins in high oxygen modified atmosphere and vacuum-packed minced turkey and pork meat by fluorescence spectra and images. *Meat Science*. 2006, 73(3): 511-520. DOI: 10.1016/j.meatsci.2006.02.001. ISSN 03091740.
- [48] LAGHI, Luca, Gianfranco PICONE a Francesco CAPOZZI. Nuclear magnetic resonance for foodomics beyond food analysis. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2014, 59, 93-102 [cit. 2017-11-17]. DOI: 10.1016/j.trac.2014.04.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993614001046>
- [49] LI, Qiangqiang, Zunbo YU, Dan ZHU, et al. The application of NMR-based milk metabolite analysis in milk authenticity identification. *Journal of the Science of Food and Agriculture* [online]. 2017, 97(9), 2875-2882 [cit. 2017-11-17]. DOI: 10.1002/jsfa.8118. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/jsfa.8118>
- [50] WU, Liming, Bing DU, Yvan VANDER HEYDEN, Lanzhen CHEN, Liuwei ZHAO, Miao WANG a Xiaofeng XUE. Recent advancements in detecting sugar-based adulterants in honey – A challenge. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [onli-

- ne]. 2017, 86, 25-38 [cit. 2017-11-18]. DOI: 10.1016/j.trac.2016.10.013. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993616300954>
- [51] Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola. *Separční metody v analytické chemii – chromatografie*. Vyšší odborná škola zdravotnická a Střední zdravotnická škola Hradec Králové. Analýza léčiv [online]. [vid. 2017-11-6]. Dostupné z: <http://anl.zshk.cz/vyuka/separacni-metody.aspx>
- [52] ABBAS, Ouissam, Manuela ZADRAVEC, Vincent BAETEN, et al. Analytical methods used for the authentication of food of animal origin. *Food Chemistry* [online]. 2018, 246, 6-17 [cit. 2018-04-23]. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308814617318095>
- [53] Kim, HJ., Park, JM., Lee, JH., Kim JM. Direction for Non-Milk Fat in Dairy Product by Gas Chromatography. *Korean journal for food science of animal resources* [online]. 2016, vol. 36, issue 2, s. 206-214. DOI: 10.5851/kosfa.2016.36.2.206
- [54] Jiye, A., Surowiec, I., Fraser, P., Patel, R., Halket, J., & Bramley, P. (2010). Metabolic approach to the identification of robust markers for the detection of mechanically separated meat (MSM) in meat products. *FSA final technical report*. <http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=11506_MSMReportJuly2010_Finalversion.pdf> Accessed 29.01.2017.
- [55] FARKAS, J. a Csilla MOHÁCSI-FARKAS. Application of differential scanning calorimetry in food research and food quality assurance. *Journal of Thermal Analysis* [online]. 1996, 47(6), 1787-1803 [cit. 2017-11-15]. DOI: 10.1007/BF01980925. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/BF01980925>
- [56] HERMAN-LARA, Erasmo, Marisol TEJEDA-PAZ, Cecilia E. MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, Jesús RODRÍGUEZ-MIRANDA, Emmanuel J. RAMÍREZ-RIVERA, Betsabé HERNÁNDEZ-SANTOS a José M. JUÁREZ-BARRIENTOS. Differential scanning calorimetry coupled with chemometric tools for determining adulteration with vegetable fat in fresh cheeses. *LWT - Food Science and Technology*. 2017, 85, 269-274. DOI:10.1016/j.lwt.2017.07.036. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0023643817305157>
- [57] DI ROSA, Ambra Rita, Francesco LEONE, Federica CHELI a Vincenzo CHIOFALO. Fusion of electronic nose, electronic tongue and computer vision for animal source food authentication and quality assessment – A re-view. *Journal of*

- Food Engineering*. 2017, 210, 62-75. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2017.04.024. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0260877417301796>
- [58] KAROUI, R a J DEBAERDEMAEKER. A review of the analytical methods coupled with chemometric tools for the determination of the quality and identity of dairy products. *Food Chemistry*. 2007, 102(3): 621-640. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.05.042. ISSN 03088146
- [59] DANEZIS, Georgios P., Aristidis S. TSAGKARIS, Federica CAMIN, Vladimir BRUSIC a Constantinos A. GEORGIU. Food authentication: Techniques, trends & emerging approaches. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* [online]. 2016, 85, 123-132 [cit. 2018-04-04]. DOI: 10.1016/j.trac.2016.02.026. ISSN 01659936. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165993615301291>
- [60] FRANKE, Bettina M., Gérard GREMAUD, Ruedi HADORN a Michael KREUZER. Geographic origin of meat—elements of an analytical approach to its authentication. *European Food Research and Technology* [online]. 2005, 221(3-4), 493-503 [cit. 2017-11-16]. DOI: 10.1007/s00217-005-1158-8. ISSN 1438-2377. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s00217-005-1158-8>
- [61] CONCINA, I., M. FALASCONI, G. SBERVEGLIERI a Perena GOUMA. Electronic Noses As Flexible Tools For Evaluating Food Quality And Safety: Can We Trust Them? [online]. In: . s. 109-110 [cit. 2017-11-16]. DOI: 10.1063/1.3626324. Dostupné z: <http://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.3626324>
- [62] PAVKOVÁ, Ing. Lucie. *Reologické vlastnosti žloutků slepičích vajec v průběhu skladování*. Brno, 2016. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- [63] BUREŠOVÁ, Iva a Eva LORENCOVÁ. *Výroba potravin rostlinného původu. Zpracování obilovin*. Zlín, 2013. Skripta. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [64] MCCLEMENTS, Edited by D. Julian. *Understanding and controlling the microstructure of complex foods: principles, methods and applications*. 2nd ed. Cambridge, England: CRC Press/Woodhead Pub, 2007, xiv, 375 p. ISBN 978-142-0065-732.
- [65] Texturní analýza jako moderní přístup k hodnocení lékových forem a zdravotnických prostředků [online]. *Chemické listy*, 2017, 2017(111) [cit. 2017-11-17]. ISSN 1213-7103. Dostupné z: http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2017_10_622-627.pdf

- [66] SALÁKOVÁ, Alena. *Instrumental measurement of texture and color of meat and meat products*. 107-109 [cit. 2017-11-17]. Dostupné z: <http://www.maso-international.cz/wp-content/uploads/2013/04/maso-international-2012-2-page-107-114.pdf>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

DNA	Deoxyribonukleonová kyselina
DSC	Diferenciáln skenovací kalorimetrie
DTA	Diferenciální termická analýza
ES	Evropská směrnice
EU	Evropská unie
FFFS	„Front-face“ fluorescenční spektroskopie
GC	Plynová chromatografie
GC - MS	Plynová chromatografie s detekcí hmotnostní spektroskopie
HPLC	Vysokoučinná kapalinová chromatografie.
IR	Infračervená spektroskopie
LC	Kapalinová chromatografie
MIR	Střední infračervená oblast
NADH	Nikotinamid adenin dinukleotid
NIR	Blízká infračervená oblast
NMR	Nukleární magnetická rezonance
PA	Pyrrolizidinové alkaloidy
PCR	Polymerázová řetězová reakce
PCR-RFLP	Polymorfismus délky restrikčních fragmentů
RT-PCR	Polymerázová řetězová reakce v reálném čase
RNA	Ribonukleonová kyselina
SVS	Státní veterinární správa
SZPI	Státní zemědělská a potravinářská inspekce
TPA	Texturní profilová analýza
UHT	Záhřev vysokou teplotou

UV	Ultrafialové záření
UV - VIS	Ultrafialovo-viditelná spektroskopie
WHO	Světová zdravotnická organizace

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1: Legislativní předpisy v problematice falšování potravin [upraveno podle 6, 8-13].....</i>	<i>13</i>
<i>Tabulka 2: Způsoby falšování [upraveno podle 2, 3].....</i>	<i>14</i>
<i>Tabulka 3: Falšované komodity [upraveno podle 11].....</i>	<i>15</i>
<i>Tabulka 4: vybrané spektrální metody [upraveno podle 26, 27, 28, 29]</i>	<i>21</i>