

**MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
AGRONOMICKÁ FAKULTA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

BRNO 2015

ZUZANA BYTEŠNÍKOVÁ



**Fyzikální vlastnosti ovlivňující jakost rybího masa a
výrobků z ryb**
Diplomová práce

Vedoucí práce:
doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.

Vypracovala:
Bc. Zuzana Bytešníková



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Zuzana Bytešníková**
Studijní program: Chemie a technologie potravin
Obor: Jakost a zdravotní nezávadnost potravin
Název tématu: **Fyzikální vlastnosti ovlivňující jakost rybího masa a produktů z ryb**
Rozsah práce: 50 – 60 stran

Zásady pro vypracování:

1. Prostudování odborné tuzemské i zahraniční literatury týkající se fyzikálních vlastností rybího masa a produktů z ryb
2. Vypracování literární rešerše se zaměřením na reologické vlastnosti a na metody hodnocení reologických vlastností ovlivňujících jakost rybího masa a produktů z ryb
3. Laboratorní stanovení vlastností rybího masa a produktů z ryb
4. Grafické a statistické zpracování získaných výsledků
5. Absolvování pravidelných konzultací, vyhotovení diplomové práce v požadovaném rozsahu a její odevzdání v termínu dle pokynů vedoucího




Seznam odborné literatury:

1. KILCAST, D. *Texture in food : Solid foods. Volume 2*. 1. vyd. Cambridge: Woodhead Publishing, 2004. 537 s. Woodhead publishing in food science and technology. ISBN 1-85573-724-8.
2. BUCHTOVÁ, H. *Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů : Alimentární onemocnění z ryb ; Mrazírenství*. 1. vyd. Brno: Veterinární a farmaceutická univerzita, Fakulta veterinární hygieny a ekologie, 2001. 164 s. ISBN 80-7305-401-9.
3. VÁCHA, F. *Zpracování ryb*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, 2000. 104 s. ISBN 80-7040-403-5.
4. HOZÁKOVÁ, M. – PLEŠTILOVÁ, L. *ČSN 56 9602 Pravidla správné hygienické a výrobní praxe – Ryby, vodní živočichové a výrobky z nich : Guides to good hygiene and manufacture practice – Fish and fishery products*. Praha: Český normalizační institut, 2006. 23 s.
5. FERNANDES, R. *Microbiology handbook : fish and seafood*. 2. vyd. Leatherhead [England]: Leatherhead Pub., 2009. 258 s. ISBN 978-1-905224-76-0.
6. *Journal of Aquatic Food Product Technology*. ISSN 1049-8850.
7. *Journal of Texture Studies*. ISSN 0022-4901.

Datum zadání diplomové práce: říjen 2014

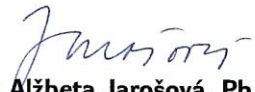
Termín odevzdání diplomové práce: duben 2016

L. S.


Bc. Zuzana Bytešníková
Autorka práce




doc. Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.
Vedoucí práce


prof. Ing. Alžběta Jarošová, Ph.D.
Vedoucí ústavu


doc. Ing. Pavel Ryant, Ph.D.
Děkan AF MENDELU

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práce: Fyzikální vlastnost rybího masa a výrobků z ryb vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne:.....

.....
podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Šárce Nedomové, Ph.D. za pomoc při zpracování údajů, odborné vedení při vypracování bakalářské práce a ochotu. Děkuji také své rodině za podporu a trpělivost během studia

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá fyzikálními vlastnosti rybího masa a rybích výrobků. U rybího masa bývá textura považována za jeden z nejvíce vnímaných znaků. Na texturní vlastnosti rybího masa má zásadní vliv chemické složení rybího masa a struktura rybího masa. Při výrobě produktů z rybího masa dochází ke změnám v texturních vlastnostech působením nízkých teplot během mrazírenského skladování a vysokých teplot během tepelného zpracování. Ke změnám v texturních vlastnostech rybí svaloviny dochází během autolytických procesů po poražení. Cílem práce bylo srovnání různých metod pro měření texturních vlastností rybího masa a rybích výrobků. Z rybích výrobků byly testovány surimi tyčinky a předsmažené rybí prsty. Z rybích druhů vybraných k měření texturních vlastností byly vybrány kapr obecný (*Cyprinus carpio*), pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*) a lín obecný (*Tinca tinca*). K testování byly zvoleny penetrační test (pronikání sondy do vzorku) a stříhová zkouška dle Warner-Bratzlera (přeříznutí vzorku čepelí Warner-Bratzlerova nože).

Klíčová slova: textura, surimi, ryby, penetrace, Warner-Bratzler

ABSTRACT

This thesis is based on physical properties of fish meat and fish products. Texture of fish meat is considered as one of the most perceived character. Major influence on the textural properties of fish meat has chemical composition of fish meat and fish meat structure. Fish products are changed during production by influence of low temperature during frozen storage and influence of high temperature during cooking. Changes in the textural properties of fish muscle caused during the autolytic process after slaughtering. The aim of the thesis was compared different methods for measurement textural properties of fish and fish products. Surimi sticks and pre-fried fish sticks were tested. Common carp (*Cyprinus carpio*), Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Tench (*Tinca tinca*) were chosen for testing by penetration test (penetration of the probe into the sample) and Warner-Bratzler shear test (sample cutting by Warner-Bratzler shear).

Keywords: texture, surimi, fish, penetration, Warner-Bratzler

OBSAH

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Chemické složení rybího masa.....	12
3.1.1	Obsah vody v rybím mase	12
3.1.2	Obsah bílkovin v rybím mase	12
3.2	Struktura rybí svaloviny	13
3.3	Změny v rybí svalovině <i>post mortem</i>	15
3.3.1	Autolytické procesy v rybí svalovině <i>post mortem</i>	16
3.3.2	Hodnoty pH rybí svaloviny.....	16
3.4	Nástup a trvání <i>rigor mortis</i>	17
3.5	Vliv <i>rigor mortis</i> na technologii zpracování ryb.....	18
3.5.1	Vliv <i>rigor mortis</i> na celé zmrazené ryby	20
3.5.1.1	Mezerování rybího masa	20
3.5.1.2	Tuhost rybího masa a ztráty odkapem.....	21
3.5.2	Zmrazené filety	22
3.6	Vliv mrazírenského skladování na texturu rybího masa	23
3.7	Výrobky z mletého rybího masa	24
3.8	Výrobky na bázi surimi	25
3.8.1	Výrobní technologie výrobků na bázi surimi	26
3.8.2	Texturní vlastnosti výrobků na bázi surimi	26
3.9	Charakteristika použitých ryb	27
3.9.1	Charakteristika Kapra obecného <i>Cyprinus Carpio</i>	27
3.9.2	Charakteristika Pstruha duhového <i>Oncorhynchus mykiss</i>	28
3.9.3	Charakteristika Lína obecného <i>Tinca tinca</i>	28
3.10	Význam a definice textury.....	29

3.11	Texturní vlastnosti rybího masa	32
3.12	Rheologie a její využití v potravinářství	34
3.13	Rozdělení instrumentálních metod pro měření textury potravin	36
3.13.1	Rozdělení metod k měření texturních vlastností.....	37
3.13.1.1	Kompresní metoda.....	37
3.13.1.2	Stříhová zkouška	38
3.13.1.3	Penetrační metoda	39
4	Materiály a metody	40
4.1	Materiál	40
4.1.1	Popis jednotlivých vzorků výrobků na bázi surimi pro stanovení texturních vlastností.....	40
4.1.2	Popis jednotlivých vzorků druhů rybích prstů pro stanovení texturních vlastností.....	44
4.1.3	Popis jednotlivých druhů ryb pro stanovení texturních vlastností.....	45
4.2	Metodika	46
4.2.1	Princip měření texturních vlastností zařízením TIRAtest 27025.....	46
4.2.2	Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi penetračním testem	49
4.2.3	Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi Warner-Bratzlerovými nůžkami.....	49
4.2.4	Stanovení texturních vlastností rybích prstů penetračním testem	50
4.2.5	Stanovení texturních vlastností Warner-Bratzlerovými nůžkami.....	51
4.2.6	Stanovení texturních vlastností masa kapra obecného	51
4.2.7	Stanovení texturních vlastností masa pstruha duhového	52
4.2.8	Stanovení texturních vlastností masa lína obecného	52
5	Výsledky a diskuze	54
5.1	Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi penetračním testem ..	54

5.2	Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera	56
5.3	Stanovení texturních vlastností rybích prstů penetračním testem.....	58
5.4	Stanovení texturních vlastností rybích prstů stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera.....	60
5.5	Stanovení texturních vlastností masa kapra obecného.....	61
5.6	Stanovení texturních vlastností masa pstruha duhového	61
5.7	Stanovení texturních vlastností masa lína obecného.....	62
5.8	Zhodnocení texturních vlastností stanovených různými metodami.....	63
6	Závěr	65
7	Seznam literatury	67
8	Seznam tabulek a obrázků	76

1 ÚVOD

Na rozdíl od většiny potravin, na které mají výživoví poradci rozporuplné názory, je rybí maso jednou z mála potravin, kterou bez rozdílu všichni výživoví poradci doporučují. Rybí maso je označováno za produkt, proti kterému nejen že nejsou žádné námítky, ale naopak je pokládán za jednu ze základních potravin zdravé výživy. Na našem jídelníčku by měly mít pevné místo ryby. Vedle mořských také kapr, pstruh, štika a další sladkovodní druhy. Rybí maso obsahuje víc živin, než kterékoliv jiné maso. Rybí maso je vysoce hodnotná potravin, která poskytuje organismu významnou dávku bílkovin, různé vitamíny, vzácný jód, rybí tuk a esenciální látky. Po vhodné tepelné úpravě je rybí maso lehce stravitelné. Spotřeba ryb se v České republice dlouhodobě pohybuje na úrovni 5,5 kg na osobu za rok, přičemž spotřeba sladkovodních ryb se pohybuje na úrovni 1,4 kg na osobu za rok. Spotřeba rybího masa v České republice zaostává jak za evropským průměrem, který činí 11 kg na osobu za rok, tak za výživovými doporučeními, které doporučuje konzumovat alespoň dvě porce ryb týdně. I přes nízkou spotřebu rybího masa ve srovnání s přímořskými státy si většina lidí dopřeje jako součást vánočních tradic kapra obecného.

Mezi hlavní rizikové faktory spojené s konzumací rybího masa patří toxické látky a těžké kovy, které mohou vyplívat z kontaminace prostředí, ve kterém ryby žijí. Nejčastější rizikový faktor spojený s konzumací kapra obecného jsou ypsilonové kosti, které se při neopatrné konzumaci mohou zapíchnout do hrdla. Zdravotní rizika konzumace českých sladkovodních ryb jsou naštěstí velmi malá, na rozdíl od mořských ryb hlavně ze subtropů a tropů, která mohou obsahovat tzv. ichtyotoxiny. Prodej ryb obsahujících ichtyotoxiny je v České republice zakázaný legislativou.

Pro jakost rybího masa je důležitá jak zdravotní nezávadnost, tak i vlastnosti organoleptické působící na smyslové orgány konzumenta. Pro spotřebitele je jedním z nejdůležitějších hledisek při nákupu a následné konzumaci rybího masa jeho senzorická hodnota.

2 CÍL PRÁCE

Texturní vlastnosti rybího masa a výrobků z ryb patří mezi nejdůležitější spotřebitelské vlastnosti těchto komodit. V současné době nejsou vytvořeny metodiky pro objektivní hodnocení fyzikálních vlastností ryb a rybích produktů, proto se používá především subjektivní hodnocení. Cílem mé diplomové práce bylo vytvoření a zhodnocení vybraných metodik pro objektivní hodnocení rybího masa a rybích výrobků, dále stanovení texturních vlastností různých druhů rybího masa a výrobků z rybího masa pomocí vybraných testů.

3 LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Chemické složení rybího masa

Základními složkami rybí svaloviny jsou voda, bílkoviny a tuk. Sacharidy jsou pouze minoritní složkou stejně jako vitamíny a minerální látky, kterých je rybí maso bohatým zdrojem. Chemické složení rybího masa se liší mezidruhově i v rámci druhu. Chemické složení je odlišné v závislosti na pohlaví, stadiu pohlavního cyklu, výživovém stavu a prostředí, ve kterém ryba žije (Wheaton a Lawson, 1985).

3.1.1 Obsah vody v rybím mase

Voda je hlavní složkou rybího masa. U bílých ryb tvoří voda asi 80 % rybího masa. U tučných ryb je průměrný obsah vody nižší. U tučných ryb obsah vody osciluje mezi extrémními hodnotami 70 % a 30 %. V čerstvé rybí svalovině je voda pevně vázána na protein, takže nemůže být odstraněna ani pod vysokým tlakem. Po dlouhodobém mrazírenském skladování nebo nevhodném skladování nejsou proteiny schopné již vodu vázat (FAO, 2016). Obsah vody v těle ryb je proměnlivý. Obsah vody v těle ryb se dále zvyšuje s blížící se dobou tření. Vyšší obsah vody ve svalovině negativně ovlivňuje senzorickou jakost rybího masa, protože je příčinou měkčí a vodnatější konzistence. Údržnost rybího masa je velmi krátká. Vyšší obsah vody ve svalovině negativně ovlivňuje údržnost a rybí maso tak snadno podléhá mikrobiální kontaminaci (Wheaton a Lawson, 1985).

3.1.2 Obsah bílkovin v rybím mase

Rybí svalovina obsahuje plnohodnotné bílkoviny, protože obsahují veškeré esenciální aminokyseliny. Esenciální aminokyseliny jsou v rybím mase ve velmi příznivém a vyváženém poměru. Bílkoviny rybího masa jsou lidským organismem

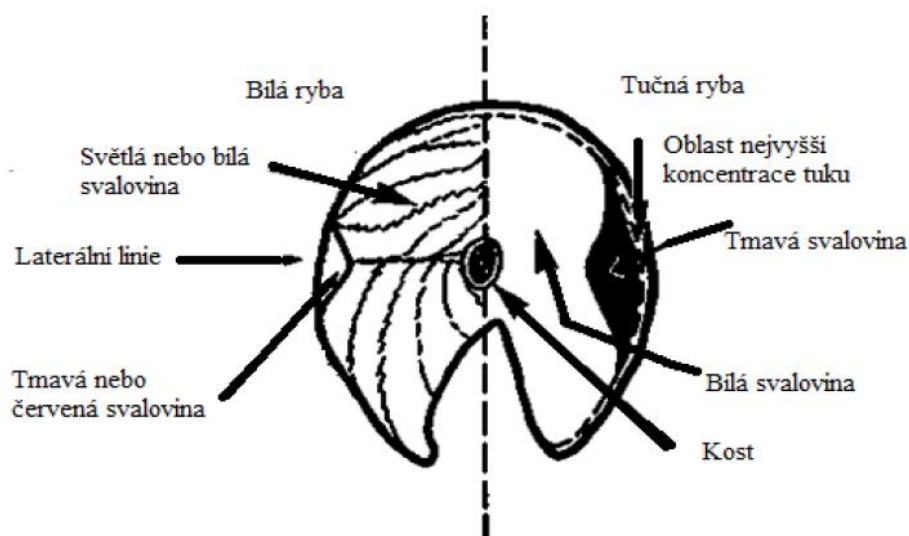
snadno využitelné a stravitelné, protože obsahují velmi málo neplnohodnotných pojivových bílkovin. Elastin není v rybím masě obsažen vůbec. Díky těmto faktorům je rybí maso snadno a rychle kulinárně zpracovatelné (Wheaton a Lawson, 1985).

Obsah bílkovin v rybím masě je obvykle v rozmezí 15 až 20 %, ale u některých druhů ryb se můžeme setkat s hodnotami menšími než 15 % nebo naopak vyššími i než 28 % (FAO, 2016). Bílkoviny ryb tvoří podstatu segmentovaného, svalového uspořádání a jsou rozděleny do tří skupin (Vácha a Vejsada, 2013; Hall a Ahmad, 1997):

- myofibrilární proteiny (myozin, aktin, tropomyozin, aktomyozin) tvoří 70 % až 80 % celkového obsahu proteinů. Naproti tomu u savců tento podíl tvoří 40 %. Myofibrilární proteiny jsou rozpustné v neutrálních roztocích solí o vysoké iontové síle ($> 0,5 \text{ M}$) a udávají svalu vláknitou strukturu a svalovou aktivitu,
- sarkoplazmatické proteiny (globulin, myoalbumin, enzymy) tvoří 25 až 30 % celkového počtu proteinů. Jsou rozpustné v neutrálních roztocích solí o nízké iontové síle ($< 0,15 \text{ M}$). Sarkoplazmatické bílkoviny jsou rozpustné ve vodě a nacházejí se v buněčné plazmě, kde fungují jako enzymy a přenašeči kyslíku,
- stromatické proteiny, nebo-li proteiny pojivových tkání (kolagen) tvoří kolem 3 % z celkového obsahu proteinů u kostnatých ryb, asi 10 % u paryb a 17 % u savců. Lze je snadno rozpustit varem, jsou však odolné vůči roztokům solí. Bílkoviny této skupiny vytvářejí pojivové tkáně, obklopující svalová vlákna a nalezneme je i v kůži.

3.2 Struktura rybí svaloviny

Svalovina ryb se dělí na světlou a tmavou svalovinu, jak je uvedeno na obrázku 1. U bílých ryb (např. treska) se malý pás tmavé svaloviny nachází pod kůží na obou stranách těla pod bočním pruhem. U tučných ryb (např. makrela nebo sled) jsou pásy tmavé svaloviny větší a obsahují více tuku i některých vitamínů. Obvykle není možné oddělit tmavou svalovinu od světlé svaloviny, proto jsou tabulární hodnoty složení rybího těla uvedeny pro celkový stav svaloviny, tedy pro tmavé i světlé svaly dohromady (FAO, 2016).



Obrázek 1 Rozdíly mezi svalovinou tučných a bílých ryb (FAO, 2016)

Chuťové vlastnosti rybího masa závisí do značné míry na strukturních charakteristikách rybí svaloviny. Rybí svalovina se skládá z vláken ležících rovnoběžně s podélnou osou těla a je křížena s listy pojivové tkáně. Tato vlákna jsou známá jako myotomy (Howgate, 1977). Svalovina ryb je dále rozdělena do řady myomer a svalových vláken uložených pomocí krátkých šlach do kolagenních listů nazývaných myosepta. Síť z kolagenních vláken obklopují jednotlivá vlákna i skupiny svalových vláken. Myomery jsou od sebe odděleny horizontální (myosepta) a vertikální (myocomata) vrstvou pojivové tkáně (Britanica, 2016). Bílá svalová vlákna jsou pevně spojena s myofibrily, které se skládají z aktinu a myosinu (Hallett *et al.*, 1969; Bracho *et al.*, 1990). Myocomata jsou vnitřně spojeny s kůží a kosterním systémem (Bremner, 1992). Ve srovnání se svalovými buňkami savců jsou svalové buňky ryb velmi krátké (sotva 1 cm u velkých druhů) (Dunajski, 1980). Myotomy ryb obsahují dva odlišné druhy pomalého a rychlého svalstva, které se zapojuje při pomalém nebo rychlém plavání. Rychlá (bílá svalovina) je u lososovitých ryb vysoce pigmentovaná a zahrnuje hlavní jedlé části filetů. Velký nárůst velikosti těla vyžaduje postupný nárůst počtu svalových vláken u mladých ryb. Růstové charakteristiky jsou ovlivněny genetikou, stravou, krmným režimem a environmentálními podmínkami, které následně ovlivňují počet, velikost a rozložení svalových vláken (Johnston *et al.*, 2006). Byla zjištěna významná pozitivní korelace mezi hustotou svalových vláken a některými

sledovanými texturními vlastnostmi jako je například žvýkatelnost nebo pevnost (Johnston *et al.*, 2000).

3.3 Změny v rybí svalovině *post mortem*

Organoleptické změny v rybí svalovině *post mortem* jsou vnímány lidskými smysly a patří mezi ně změny ve vzhledu, vůni, pachu, textuře a chuti rybího masa. Bezprostředně po usmrcení jsou svaly naprosto uvolněné. Rybí svalovina je měkká a poddajná, textura je na dotek pevná a pružná. Po určité době dojde ke smrštění svalové tkáně. Když nastoupí *rigor mortis*, svalová tkáň ztuhne a ztvdne a celé tělo se stane nepružné. Doba, kterou trvá každá část posmrtných změn včetně nástupu, vývoje a trvání *rigoru mortis*, závisí na mnoha faktorech, jako je druh ryby, velikost ryby, metoda lovu, manipulace s rybou, teplotě a fyzické kondici ryb. Vyčerpané ryby (lovené tažnou sítí) a ryby uchovávané při vyšší teplotě mají rychlý nástup a průběh *rigoru mortis*. Malé, aktivní a bojující ryby mají také rychlý průběh a nástup *rigoru mortis*, zatímco u velkých ryb trvá *rigor mortis* obecně déle. Pokud je syrové rybí maso používané v tradiční japonské kuchyni na přípravu jídel jako je sushi nebo sashimi, fyzikální vlastnosti rybího masa jsou základním faktorem ovlivňujícím chutnost pokrmu. Při použití syrového rybího masa ihned po usmrcení ryby, jeho fyzikálními vlastnostmi jsou tvrdost a pružnost. Tvrdost a pružnost jsou důležitými ukazateli čerstvosti rybího masa. Což ukazuje, jak proces posmrtného zkrhčování úzce souvisí s fyzikálními vlastnostmi a chutností rybího masa (Toyohara a Shimizu, 1988). Ando *et al.* (1991) uvádí, že pevnost svalu u několika druhů ryb klesá do 24 hodin od smrti, přičemž maximální *rigor mortis* byl dosažen během této doby. Nakayama *et al.* (1992) potvrdil, že svalové kontrakce během vzniku *rigoru mortis* mohou vyvolat dočasné zvýšení pevnosti, ale fyzikální odolnost struktury svalu může podporovat následné zkrhčování. Příčiny posmrtného zkrhčování jsou oslabení Z-disku myofibril (Seki a Tsuchiya, 1991) (Tachibana a Tsuchimoto, 1990), oslabení aktino-myosinového komplexu (Yamanoue a Takahashi, 1988) a oslabení pericelulární pojivové tkáně (Ando *et al.*, 1993).

3.3.1 Autolytické procesy v rybí svalovině *post mortem*

Okamžikem usmrcení jsou nastartovány postmortální autolytické procesy, které jsou katalyzované nativními enzymy. Nativní enzymy jsou vystřídány mikrobiálními enzymy kontaminující mikroflóry během proteolytických rozkladných reakcí (Hozáková a Pleštilová, 2006). Veškeré rozkladné reakce jsou reakce ireverzibilní. Během rozkladných reakcí jsou degradovány energetické a stavební složky tělesných tkání. Bílkoviny jsou degradovány na polypeptidy, peptidy a volné aminokyseliny. Deaminací aminokyselin vzniká amoniak jako jeden z konečných degradačních produktů bílkovin. Laboratorním stanovením obsahu amoniaku ve svalovině ryb je možné objektivně posoudit stupeň probíhajících postmortálních proteolytických procesů a podle předepsaných hodnot obsahu amoniaku určit stupeň čerstvosti vyšetřované svaloviny (Buchtová, 2001). Konečný (1996) uvádí limitní hodnotu amoniaku pro čerstvou rybu do 20 mg amoniaku na 100 g rybí svaloviny.

První autolytický proces ve svalové tkáni ryb se týká sacharidů a nukleotidů. Svalové buňky ještě krátkou dobu po porážce pokračují v normálních fyziologických procesech, ale po krátké době dojde k vyčerpání adenosintrifosfátu (ATP). ATP funguje jako všudypřítomný donor energie v mnoha metabolických procesech. V živém organismu ATP vzniká reakcí mezi adenosindifosfátem (ADP) a kreatinfosfátem. Když dojde k vyčerpání energie je ATP regenerována z ADP defosforylací během glykolýzy. Po smrti, když regenerace přestane, je ATP rychle degradován. Nástup *rigor mortis* nastane při nedostatku ATP. Obecně platí, že rybí svalovina obsahuje relativně malé množství glykogenu ve srovnání se svalovinou savců a konečná hodnota pH po porážce je tedy vyšší a tím je rybí maso náchylnější k mikrobiální kontaminaci (Huss, 1988).

3.3.2 Hodnoty pH rybí svaloviny

Ihned po usmrcení ryb dochází ke změnám pH v důsledku biochemických postmortálních procesů. Hodnoty pH svaloviny čerstvě zabitých ryb se zřetelně liší mezidruhově i v rámci jednoho druhu. Tyto rozdíly v hodnotách pH rybí svaloviny jsou zachovávány během celého průběhu postmortálních, autolytických a proteolytických

procesů. Na nízkou hodnotu pH rybí svaloviny má vliv nízký obsah glykogenu, který je během postmortálních procesů přeměňován na kyselinu mléčnou. Kromě nízkého obsahu glykogenu v rybí svalovině má na hodnotu pH vliv řada intravitálně působících faktorů, jako jsou stresově působící vlivy před usmrcením, během manipulace, přepravy, distribuce a prodeje nebo délka hladovění ryb během sádkování. Velmi malé a nepravidelné okyselení rybí svaloviny spolu s dalšími faktory (nepřítomnost vazivových bílkovin, snadná mikrobiální kontaminace, chemické složení masa) při současném nedodržení podmínek konzervace chladem má za následek urychlení postmortálních procesů a následné zkažení potravin (Buchtová, 2001). Existuje vztah mezi stresem a kvalitou rybiho masa. Stres snižuje zásoby svalového glykogenu, které mají vliv na pH a vývoj *rigor mortis* (Erikson, 1997), což ovlivňuje texturu rybiho masa (Sigholt *et al.*, 1997).

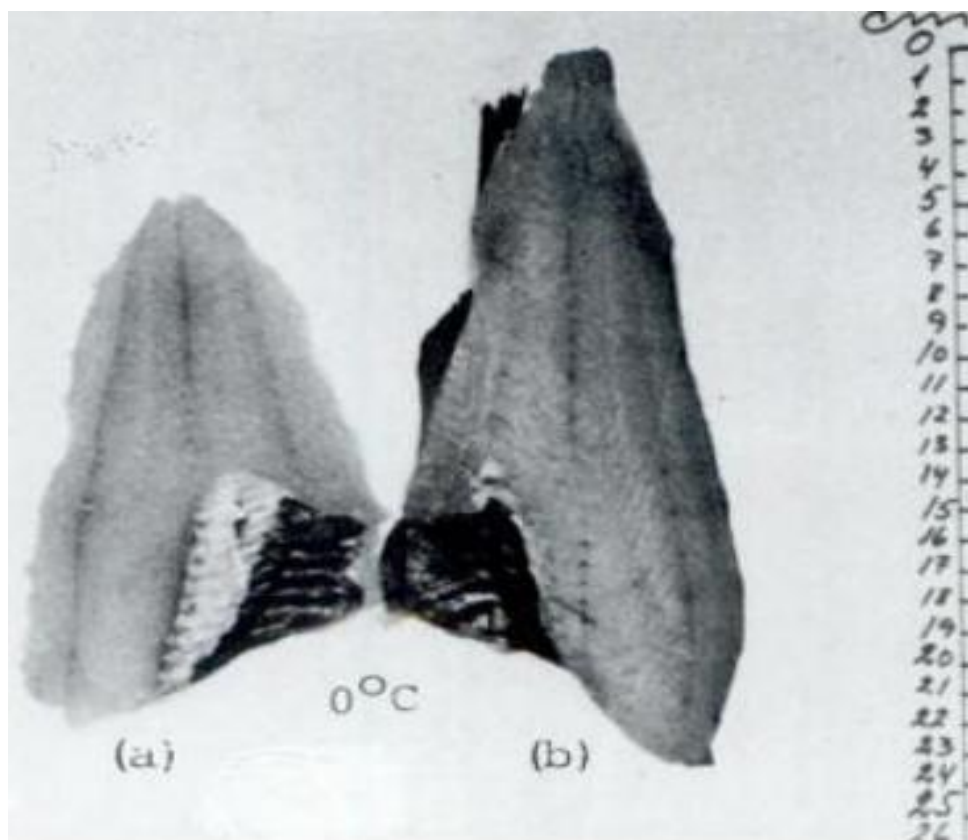
3.4 Nástup a trvání *rigor mortis*

Doba, za kterou nastoupí a doba, za kterou odezní *rigor mortis* závisí na následujících faktorech: druh, fyzická kondice, stupeň vyčerpání před poražením, velikost ryby, množství manipulací během *rigoru* a teplota, při které jsou uchovávány. Některé druhy ryb mají pozdější nástup *rigor mortis*, protože existují rozdíly v jejich chemickém složení. Například tresky má velmi rychlý nástup *rigor mortis*, který může nastat již hodinu po smrti. Zatímco okouník skladovaný při stejných podmínkách má nástup *rigor mortis* delší. *Rigor mortis* u okouníka může nastoupit až po 22 hodinách. Ryby lovené vlečnou sítí, 18 až 22 palců dlouhé, vykuchané a uložené na ledu mají nástup *rigor mortis* 2 až 8 hodin po usmrcení. Čím horší je fyzický stav ryb a čím jsou ryby hůře živené před ulovením, tím kratší bude čas nástupu *rigor mortis*. To je způsobeno malou zásobou energie ve svalu, která by sval udržela pružný (například ryby po výtěru). Dalším faktorem je stupeň vyčerpání. Ryby, které při výlovu dlouho bojovaly v síti předtím, než se dostaly na palubu, kde byly vykuchány, mají mnohem menší zásobu energie než ryby, které se dostaly do sítě těsně před jejím vytažením. Vyčerpané ryby mají rychlejší nástup *rigor mortis*. U malých ryb obvykle nastupuje *rigor mortis* rychleji než u velkých ryb. Manipulace s rybami ve stádiu *prae rigor* nemá vliv na nástup *rigor mortis*, ale manipulace nebo ohýbání může zkrátit délku doby

trvání *rigor mortis*. Teplota je asi nejdůležitější faktor určující rychlost nástupu *rigor mortis* a délku jeho trvání, protože teplota, při které je ryba udržována, může být kontrolována. Čím vyšší bude teplota ryby, tím rychleji nastoupí *rigor mortis* a tím kratší bude jeho trvání. Například vykuchaná ryba udržovaná při teplotě 0 – 1,7 °C bude mít *rigor mortis* trvající 60 hodin, zatímco stejná ryba udržovaná při teplotě 30,5 °C bude mít *rigor mortis* kratší než 2 hodiny (Stroud, 2001). Závěr je, že malé ryby s malými rezervami energie, které jsou vyčerpané a ve špatném fyzickém stavu a jsou uchovávány při vysoké teplotě, mají rychlý nástup *rigor mortis*, který ale rychle odezní. Na druhé straně velké, odpočaté, dobře krmené ryby uchovávané při nízké teplotě budou mít dlouhý nástup *rigor mortis* a i jeho trvání bude delší (Stroud, 2001).

3.5 Vliv *rigor mortis* na technologii zpracování ryb

Technologický význam *rigor mortis* je velmi důležitý, pokud jsou ryby zmrazené a obzvláště to platí v případě filetu (Huss, 1988). Pokud je ryba filetována před nástupem *rigor mortis*, mohou se svaly volně stahovat a filet se zkrátí a má vrásčitý povrch. Tmavá svalovina se může zkrátit až o 52 % své délky (Buttkus, 1963). Pokud se filety zmrazí během *rigor mortis* ve zkráceném stavu, mají po rozmrazení většinou špatnou texturu a vysoké ztráty vody odkapem. Na obrázku 2 je filet z tresky obecné (*Gadus morhua*) z jednoho těla před, obrázek 2 (a) část, a po nástupu *rigor mortis*, obrázek 2 (b) část. Smrštění filetu bylo 24 % (Huss, 1988).



Obrázek 2 Rozdíl v délce filetu před a po nástupu *rigor mortis* (Huss, 1988)

Posmrtné ztuhlost může ovlivnit kvalitu masa při zpracování v masném a drůbežářském průmyslu, problematika v rybím průmyslu je stále častější. V rybím průmyslu nemáme žádnou kontrolu nad stavem výživy ryb nebo mírou vyčerpání ryb předtím než jsou zpracovány na palubě lodi. *Rigor mortis* vytváří problémy zejména pro ty úseky zpracování týkající se zmrazování ryb na moři. A to formou zpracování celé ryby nebo jako filé. Také to platí pro zmrazování ryb lovených v pobřežních vodách ihned po přistání na pevnině. Problematika posmrtné ztuhlosti není aktuální u chlazených ryb vyložených v přístavu, protože u nich již *rigor mortis* odezněl na rozdíl od zamražených. Jediná doba, kdy by mohlo dojít k problémům je ponechání je při vysoké teplotě do nástupu *rigor mortis* (Stroud, 2001). *Rigor mortis* ovlivňuje celou zmrazenou rybu a zmrazené filé různými způsoby (Stroud, 2001).

3.5.1 Vliv *rigor mortis* na celé zmrazené ryby

Rigor mortis může ovlivnit kvalitu celé ryby ve třech hlavních směrech, a to tím, že způsobí mezerování, tuhost a nadměrnou ztrátu vody při rozmrazování (Stroud, 2001).

3.5.1.1 Mezerování rybího masa

Filet je postižen mezerováním, pokud se jednotlivé plátky svalových vláken od sebe oddělí, a tím filet získává potrhaný vzhled. Mezerování nastane, když pojivové tkáně, které vážou pláty svaloviny dohromady, se roztrhnou. Existuje několik příčin mezerování a jedním z nich je *rigor mortis*. Když sval vstupuje do *rigoru* pokusí se smrštít, ale protože kostra a pojivové tkáně se snaží zabránit smrštění, zvyšuje se napětí ve svalu tak dlouho, dokud jsou pojivové tkáně schopné vydržet toto napětí. Pokud je napětí větší než je pevnost pojivové tkáně vzniká mezerování. Teplota rybí svaloviny před nástupem *rigor mortis* může mít výrazný vliv na rozsah mezerování. Čím vyšší je teplota ryby před nástupem *rigor mortis* tím je ve svalovině větší napětí a slabší pojivová tkáň. Čím vyšší bude teplota, tím spíše bude svalovina postižena mezerováním. Například u tresky je kritická teplota asi 17,2 °C, přičemž napětí pojivové tkáně je tak slabé a síla pojivové tkáně tak slabá, že filet se stává tak roztřepeným, že je prakticky nepřijatelný. Čím více klesne teplota pod hodnotou 17,2 °C, tím menší jsou škody způsobené kontrakcí svaloviny při *rigor mortis*. Ostatní druhy ryb mají také kritické teploty. Mezerování je patrné zejména při filetování. Nejmarkantnější mezerování nalezneme u ryb, které byly zmrazeny ať už během *rigoru* nebo až po něm. V opačném případě, pokud je teplota snížena natolik, že ryba začne být mražena a zároveň přechází do *rigor mortis*, pojivová tkáň je opět oslabena. Vznikající krystaly ledu způsobují mezerování. Mezerování způsobené zmrazením ryby během nástupu *rigor mortis* je pravděpodobnější u dobře živých ryb, protože stahy ve svalovině jsou zde silnější než u hubených ryb. Hrubé zacházení s rybou, která je v posmrtné ztuhlosti může také způsobit mezerování, protože každý pokus ohnout tuhounou rybu zlomí svalovou tkáň nebo pojivové tkáně. K poškození tohoto druhu nejčastěji dochází, když je ryba na moři ukládána k zmrazení a je zde snaha o narovnání ohnuté ryby, zatímco je již ztuhlá. Tlak

mrazících desek může také poškodit tuhé ryby ležící v překroucených pozicích v mrazáku. *Rigor mortis* je však pouze jednou z mnoha příčin mezerování, protože mezerování je často vidět u filetů odebraných z celé ryby mražené *post rigor* nebo u ryb, které nebyly nikdy zmrazeny. U těchto ryb může být mezerování způsobeno delší dobou skladování. Mezerování rybího masa je přímo úměrné délce skladovací doby. Některé ryby jsou ze své podstaty měkčí než ostatní a manipulace během zmrazování, rozmrazování a filetování může způsobit mezerování. Měkkost těla může být způsobena typem krmení, rybářským revírem a fází třetího cyklu. Všechny tyto faktory se mohou překrývat a působit současně. Mezerování vzhledem k posmrtné ztuhlosti je nejpravděpodobnější u dobře živých ryb, udržovaných při vysoké teplotě a zamražené poté, co u nich nastal *rigor mortis* nebo u ryb s nimiž bylo hrubě zacházeno, zatímco byly v posmrtné ztuhlosti (Stroud, 2001).

3.5.1.2 Tuhost rybího masa a ztráty odkapem

Čím vyšší je teplota, při které u ryby nastává *rigor mortis*, tím větší budou ztráty odkapem při rozmrazování. Po tepelné úpravě bude taková ryba tuhá a vláknitá. Tento efekt bude významnější, pokud byla ryba dobře živena a nebyla fyzicky vyčerpána. Nicméně *rigor mortis* není jediným faktorem, který způsobuje tuhost a vysokou ztrátu odkapem. Tuhost masa může být způsobena i nesprávným zmrazováním, uchováváním nebo rozmrazováním. Celá ryba mražená před nástupem *rigor mortis* má vyšší ztrátu odkapem než ryba zmražená v průběhu *rigor mortis* nebo *post rigor*, ale důvodem může být stav známý jako *thaw rigor*. Pokud je svalovina zmrazena před nástupem *rigor mortis* a krátkou dobu skladována v mrazu, je stále schopna se smršit a vstoupit do *rigor mortis*, což je známé jako *thaw rigor*. Je-li rozmrazování provedeno rychle při vysoké teplotě, může dojít k poškození svaloviny (Stroud, 2001).

3.5.2 Zmrazené filety

Zmrazená ryba je taková ryba, která byla zchlazena a je udržována při nebo pod teplotou $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (obvykle méně než $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$) během doby skladování, přepravy a prodeje (Fernandes, 2009). Nebudou-li přijata preventivní opatření, tak filé vyříznuté z celých ryb před nástupem *rigor mortis* bude smrštěno. Tvar filet bude překroucený a povrch bude mít zvlněný vzhled. Tyto deformace zůstanou zachovány po celou dobu následného zmrazování a rozmrazování. Při nástupu *rigor mortis* se sval snaží smrštít, čemuž brání jeho ukotvení ke skeletu, a tím vzniká stres, který vede ke vzniku mezerování. Jakmile je filet odříznut, kostra již neodolává napětí a filet se smrští. Rozsah smrštění závisí na stavu ryby a na teplotě, při které je udržována. Pokud je filet odříznut z dobře živených ryb před nástupem *rigor mortis* a pak uchováván při vysoké teplotě, může dojít ke zmenšení o 30 až 40 % své původní délky. Na druhé straně filet odříznutý z ryb před nástupem *rigor mortis*, z ryb ve špatném fyzickém stavu a zmrazený se téměř nezmenší. Vzhledem k tomu, že máme malou kontrolu nad stavem ryby, je velmi důležité, aby filety byly zmrazeny ihned poté, co byly vyříznuty z ryby před nástupem *rigor mortis*. Pokud je prodleva mezi filetováním a mrazením nevyhnutelná, je nutné chladit filety jako prevence jejich smrštění. Ale i při teplotě $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ se některé filety po určité době zmenší. Okamžité zmrazení je jediný bezpečný způsob jak zabránit smrštění. Filety před nástupem *rigor mortis* by neměly být chlazeny pomocí sladké vody nebo sladkovodního ledu, protože smrštění se zvyšuje při styku s čerstvou vodou. Povrch filet z ryb *pre rigor* se liší od filetu z ryb *post rigor*. Filet z ryb *pre rigor* je hrubý, vlnitý s texturou podobnou přírodnímu kaučuku, což je způsobeno odhalením odříznutých konců jednotlivých svalových vláken. Filety z ryb před nástupem *rigor mortis* jsou nevhodné pro uzení, protože drsný a matný povrch nezíská při uzení žádoucí lesk. Pokud je filetování zpožděno a dochází k němu až v okamžiku, kdy nastala posmrtná ztuhlost, většina problémů týkajících se smrštění odpadá, ale přesto existují nevýhody tohoto postupu. Mechanické filetování je často obtížné, pokud jsou ryby v posmrtné ztuhlosti, dokonce i ruční filetování může přinést nižší výnosy v porovnání s rybami, které jsou měkké a pružné. Mezerování může být způsobeno násilným narovnáním ztuhlé ryby při filetování. Zmrazené filety z ryby po odeznění *rigor mortis* jsou obvykle rovnoměrně dobré kvality, za předpokladu, že jsou řádně

zpracovány a uchovávány zchlazené. *Rigor mortis* ovlivňuje tuhost a ztráty odkapem u zmrazeného filé stejným způsobem jako u celých zmrazených ryb. Stejně jako u zmrazených celých ryb budou filety zmrazené před *rigorem mortis* mít větší ztráty odkapem než srovnatelné filety zmrazené v *rigoru* nebo po *rigoru*. Čím teplejší bude ryba při nástupu *rigor mortis*, tím větší budou ztráty odkapem a tím bude filet po tepelné úpravě tužší (Stroud, 2001).

3.6 Vliv mrazírenského skladování na texturu rybího masa

Hluboce zmrazené produkty rybolovu, jsou takové produkty, které byly podrobeny procesu zmrazování tak, aby byla co nejrychleji překonána teplota, při níž se maximálně tvoří krystaly a dosažena konečná teplota $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ nebo nižší (Buchtová, 2001). Ryby skladované několik měsíců při teplotě $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ se po tepelné úpravě mohou stát tuhé, gumové, vláknité. Tento stav je doprovázen ztrátou funkčních vlastností svalových bílkovin zejména rozpustnosti, vaznosti vody, gelotvorných schopností a emulgačních vlastností lipidů. Zmrazování a rozmrazování může vést k rozpadu mitochondrií a lysozomů a změnám v distribuci enzymů (Karvinen *et al.*, 1982). Postupný pokles v činnosti různých enzymů byl zaznamenán také při skladování při teplotách pod bodem mrazu. Ztráta aktivity ATPázy a to jak v masných homogenátech tak v proteinových roztocích může dosáhnout 50 – 80 % (Buttkus, 1967). Myosinové mikrofibrily v čerstvém svalu tresky obecně je možné téměř úplně extrahovat, zatímco myosin zmrazeného masa byl odolný proti extrakci (Jarenbäck, Liljemark, 1975). Tyto změny jsou způsobeny procesy známými jako denaturace proteinů nízkými teplotami zahrnující obvykle denaturaci, po níž následuje interakce denaturovaných proteinů s různými reaktivními složkami rybích tkání. Rybí svalové bílkoviny jsou náchylnější na podmínky mrazírenského skladování než bílkoviny suchozemských živočichů (Sikorski a Kołakowska, 1995). Přestože mrazírenské skladování může inhibovat mikrobiální kažení rybího masa, svalové bílkoviny podstupují řadu změn, které mění jejich strukturní a funkční vlastnosti (Mackie, 1993). Agregace bílkovin v mražených rybách závisí na druhu ryb, teplotě skladování, kolísání skladovací teploty, délce skladování a enzymatické degradaci. Citlivost ryb na změny vyvolané mrazírenským skladováním se výrazně liší. V mražených tučných rybách dochází k oxidaci lipidů

(Saeed a Howell, 1999). U libových ryb se největší změny způsobené mrazírenským skladováním týkají agregace proteinů, což vede ke změnám textury (Sikorski *et al.*, 1976). Během procesu zmrazování a skladování zmrazených ryb podstupuje rybí svalovina řadu změn, jako je denaturace a agregace myofibrilárních proteinů. To má za následek změnu funkčních vlastností svalových proteinů, snížení schopnosti vázat vodu a tím snížení šťavnatosti. Dále má za následek nežádoucí změny struktury, které vytváří tvrdý, suchý a vláknitý produkt. To je obzvláště důležité u některých nízkotučných druhů, kde se větší změny ve struktuře vyskytují častěji než u tučných a polotučných druhů (Dunajski, 1979). Ryby jsou jednou z potravin vyznačující se krátkou dobou použitelnosti, a proto musí být skladovány při chladírenských teplotách (-1 °C až +2 °C). I za takových podmínek je trvanlivost ryb velmi krátká a je omezena na dobu, kdy výrobek splňuje sensorické požadavky kategorií čerstvosti stanovených nařízením Rady EU 2406/1996 a chemické požadavky stanovené nařízením Komise EU 2074/2005 (Ježek a Buchtová, 2007).

3.7 Výrobky z mletého rybího masa

Mleté rybí maso nabízí flexibilitu ve složení výrobků a modifikaci textury. Bloky z mletého rybího masa mohou být produkovány druhy nevhodnými pro filetování (Burgin *et al.*, 1985). Komerční produkty jako rybí placky, prsty nebo kabanátky jsou vyrobeny z mletého rybího masa. Rybí mleté bloky jsou více citlivé než rybí filety na zhoršení kvality při mrazírenském skladování. Rozpad tkáňové struktury urychluje změny v textuře, chuti a barvě a ztrátu schopnosti vázat vodu (Rodger *et al.*, 1980; Arocha a Toledo, 1982). Mleté rybí maso z masa ryb čeledi treskovití, například treska skvrnitá, štikozubec, treska polak, brosme nebo treska bezvousá, tvrdne mnohem rychleji než například z platýze (Sikorski *et al.*, 1976). Texturní ztvrdnutí ryb během mrazírenského skladování je způsobeno různými mechanismy zahrnující škody způsobené vznikem ledových krystalů (Love, 1968), agregaci – denuraci myofibrilárních proteinů (Matsumoto, 1980) a interakci mezi proteiny a formaldehydem (Rodger a Hastings, 1984). Funkční vlastnosti mraženého, mletého, rybího masa mohou být uchovány pomocí promývání a okamžitého smísení s kryoprotektanty pro kontrolu denaturace svalových bílkovin (Park a Lanier, 1987). Různé příměsi jsou také přidávány

pro zlepšení schopnosti vázat vodu a textury mletého masa během mrazírenského skladování (Da Ponte *et al.*, 1985). Odstranění ve vodě rozpustných sarkoplazmatických proteinů pravděpodobně podporuje mrazem vyvolané kontrakce myofibril, což vede k tvrdnutí promytého masa. Ve vodě rozpustné proteiny mohou působit jako činidlo blokující vyplnění sarkoplazmatického prostoru mezi myofibrilami a předchází tak rozsáhlému zesítnění mezi myofibrilami (Yoon *et al.*, 1991). Stejně jako v surimi gelu, přidáním ve vodě rozpustných proteinů nepocházejících z ryb, se snižuje pevnost gelu (Chung a Lee, 1990). To se předpokládá vzhledem k interferenci s tvorbou gelu pomocí zpomalení zesítnění actinomyosinu (Shimizu a Nishioka, 1974). Proto je pravděpodobné, že přídavek ve vodě rozpustných proteinů nepocházejících z ryb, které brání tvrdnutí gelu při mrazírenském skladování tím, že působí podobně jako ve vodě rozpustné sarkoplazmatické proteiny (Yoon *et al.*, 1991).

3.8 Výrobky na bázi surimi

Podle dostupné literatury mají výrobky na bázi surimi původ v Japonsku kolem roku 1115. Treska pestrá je největší biomasa bílých ryb na světě. Vyskytuje se v chladných vodách Tichého oceánu pokrývající oblast ostrova Hokaido, Kamčatky, Aljašky a západního pobřeží Kanady. Treska pestrá hraje hlavní roli ve vývoji a pestrosti výrobků na bázi surimi (Park, 2014). Surimi jsou stabilizované myofibrilární bílkoviny získané z mechanicky vykostěného rybího masa, které se promyje vodou a smísí s kryoprotektanty. Surimi je meziprodukt používaný v řadě výrobků od tradičních japonských kamaboko až po mořské plody jinak známé jako náhražka měkkýšů. Před rokem 1960 bylo surimi vyráběno ručně a uchovávalo pouze v chlazeném stavu, protože mrazení poškozovalo svalové bílkoviny a vyvolávalo jejich denaturaci, což mělo za následek špatné funkční vlastnosti. Díky objevu kryoprotektantů byl průmysl na výrobu produktů na bázi surimi schopen proniknout do dříve nevyužitých zdrojů (Park a Lin, 2005).

3.8.1 Výrobní technologie výrobků na bázi surimi

Výrobky na bázi surimi jsou vytvořeny z myofibrilárních bílkovin pomocí různých výrobních kroků zahrnující usmrcení, kuchání, filetování, odstranění kostí, promývání vodou a následné odstranění vody, pročištění, smíchání s kryoprotektanty a zmrazení. Tmavá a bílá svalovina má podobné složení, ale tmavá svalovina má více hemoglobinu pro přenos kyslíku a více strukturních lipidů jako zdroj energie, což odráží roli tmavé svaloviny při aktivním plavání. Druh svaloviny má význam pro výrobu produktů na bázi surimi, protože vyšší obsah lipidů a metabolitů v tmavé svalovině bude mít vliv na chuť a barvu surimi. Chuť a barva výrobků na bázi surimi by měla být jemná a nevýrazná. Složení aminokyselin v tmavé a bílé rybí svalovině je zhruba stejné jako u hovězí svaloviny, i když poměry různých typů proteinů se liší, což odráží vliv prostředí, ve kterém žijí (Suzuki, 2010). Gelovatění bílkovin produktů na bázi surimi a jejich texturní vlastnosti jsou primární faktory, které určují vnitřní a vnější faktory zahrnuté při výrobě produktů na bázi surimi. Na rozdíl od proteinů jiných druhů zvířat jsou gelotvorné vlastnosti bílkovin produktů na bázi surimi extrémně proměnlivé v závislosti na druhu ryby, původu ryby, podmínkách lovu, postupu zpracování a podmínkách skladování. Z těchto důvodů je přesné měření texturních vlastností produktů surimi v rámci zamýšleného použití výrobku a v kombinaci s požadovanými přísadami rozhodující pro řízení kvality výrobku a pro vývoj nových produktů. Nejnižší možné náklady, lineární programování či jiné optimalizační techniky mohou využít výsledků reologického měření za účelem dosažení rovnováhy mezi náklady na přídavné látky a kvalitou produktu. Cílem je minimalizovat náklady za přídavné látky bez poškození kvality výrobku. Kromě toho lze výsledky reologického měření využít k lepší predikci a kontrole jednotlivých operací během zpracování (Yoon, 1997).

3.8.2 Texturní vlastnosti výrobků na bázi surimi

Textura je hlavní součástí při měření funkčních vlastností syrových výrobků na bázi surimi, stejně jako účinky výrobních podmínek a vlastností konečných výrobků na bázi surimi. Myofibrilární bílkoviny jako základ výrobků na bázi surimi disponují

jedinečnou vlastností tvořit gely o vysoké soudržnosti při nízkých teplotách (0 – 40 °C) a vytvářet zejména tvrdé gely, pokud jsou zpracovány při vyšších teplotách. Tyto gelotvorné vlastnosti jsou to, co výrobkům na bázi surimi vytváří texturu. Myofibrilární bílkoviny mohou být použity pro vazbu přírodních svalových vláken dohromady nebo může být základním materiálem pro vytváření umělých svalových vláken. V obou případech bude vlastnost surimi gelu ovlivňovat texturu výrobku (Kim a Park, 2000). Význam typů svaloviny pro výrobu produktů na bázi surimi odráží jejich povahu *in vivo*. Sarkoplazmatické bílkoviny jsou velmi rozpustné a nepřispívají k tvorbě gelu a mohou bránit procesu vzniku surimi. Například některé proteázy mohou přispět k rozpadu myofibrilárních bílkovin (Hall a Ahmad, 1997).

3.9 Charakteristika použitých ryb

3.9.1 Charakteristika Kapra obecného *Cyprinus Carpio*

Pohořelický kapr dosáhl velmi významného ocenění – chráněného označení původu - v rámci celé EU. Schvalovací proces trval několik let (2004 - 2007), až po nařízení Komise (ES) číslo 503/2007 s platností od 29. 5. 2007, kterým bylo rozhodnuto o zápisu Pohořelického kapra do „Rejstříku chráněných označení původu“. Takovéto označení může získat pouze výjimečný a kvalitní produkt, jehož výroba je úzce spjata jak s danou oblastí, tak i bohatou tradicí. Pohořelický kapr se vyznačuje výbornými růstovými schopnostmi, výbornou zmasilostí a exteriérovou vysokohřbetostí. Rybí svalovina vyniká pevnou konzistencí, růžovou až červenou barvou, čerstvou rybí vůní a jemnou typickou rybí chutí. Pro produkci meziliniových hybridů kapra je jako jedno z rodičovských plemen využíván i Pohořelický lysec, který je zařazen do genových zdrojů České republiky. Výjimečná kvalita Pohořelického kapra je dána jak dodržováním správné výrobní praxe, tak i jedinečnými půdními a klimatickými podmínkami jižní Moravy. Vzhledem k tomu, že chov kapra je založen na využití přirozené potravy pouze s doplňkovým příkrmováním kvalitními obilninami z místních zdrojů, je Pohořelický kapr bioproduktem s velmi vysokou kulinářskou i konzumní hodnotou. Spotřebitel tak získává v Pohořelickém kaprovi nejen záruku původu, ale

garanci vysoké jakosti výrobku jak v chuti, tak ve výživové hodnotě. Vedle chráněného označení původu v rámci EU byla výrobkům z Pohořelického kapra udělena národní značka kvality KLASA a Zlatá Chuť jižní Moravy (Pohořelický kapr, 2016).

3.9.2 Charakteristika Pstruha duhového *Oncorhynchus mykiss*

Pstruh duhový je sladkovodní ryba z čeledi lososovitých, která žije v řekách Asie a Severní Ameriky, které odtékají do Tichého oceánu. Pstruh duhový je ceněnou rybou k jídlu i rybaření. Rybníky s pstruhy duhovými jsou rozšířeny v řadě zemí světa. V západních kuchyních je pstruh duhový oblíbeným jídlem a je těžen jak divoký, tak z chovných rybníků a nádrží. Má jemné maso a mírnou chuť, ale někteří pstruzi z rybníků či jezer mají hrubší chuť, která nechutná zrovna každému. Mnoho nakupujících si tedy raději ověří zdroj ryby, než ji koupí. Nejlepší jsou divocí pstruzi, jejichž potrava se skládá z koryšů (např. blešivec), hmyzu (např. mouchy) a raků. Tmavě červené až oranžové maso znamená, že se jedná buď o anadromní verzi pstruha duhového (pstruh americký), nebo že se jedná o nedivokého pstruha, kterého krmili potravou s vysokým obsahem astaxanthinu. Maso pstruha amerického má stejnou barvu jako lososí maso a je chutnější než maso pstruha duhového (Pokorný *et al.*, 1998).

3.9.3 Charakteristika Lína obecného *Tinca tinca*

Lín obecný je kaprovitá ryba se střední velikostí. Lín dorůstá obvykle do délky 35 cm a hmotnosti 0,4 – 0,8 kg. Největší exempláře však mohou měřit až 55 cm a vážit kolem 3 kg. Lín je u nás chován jako vedlejší kaprovitá ryba v kaprových rybnících. Na domácím trhu není příliš žádán, ale většina produkce se vyváží do států západní Evropy, kde je poptávka po línovi poměrně vysoká (Lusk *et al.*, 1992).

3.10 Význam a definice textury

Nejdůležitějšími smyslovými vlastnostmi rybího masa jsou vzhled, šťavnatost, chuť a textura (Barton-Gade *et al.*, 1988). Pojem textura zahrnuje řadu vlastností, jako je pružnost, pevnost, žvýkatelnost a šťavnatost (Szczesniak, 1963). Pro spotřebitele je nejdůležitější vlastností pevnost, která určuje komerční hodnotu masa (Chambers a Bowers, 1993). Textura je široký a obtížně definovatelný pojem (Bourne, 2002). Dle definice je textura smyslový parametr, který může vnímat, popsat a kvantifikovat pouze člověk (Hyldig *et al.*, 2001). Textura je kvalitativní vlastnost, která je úzce spjata s mechanickými a strukturálními vlastnostmi potravin (Renfu *et al.*, 2000). Vzhledem k tomu, že textura je multiparametr, o čemž svědčí velké množství výrazů používaných k jejímu popisu, je logické, že byla snaha zavést nějakou klasifikaci a utřídit pocity do určitých kategorií viz tabulka 1 až tabulka 3 (Szczesniak, 2002). Slovník, který se používá při hodnocení textury, je velmi důležitý, obzvláště při senzoryckém hodnocení a verbalizaci kvality zákazníky. V mezinárodní standardizované nomenklatuře je důležité zajistit, že výzkumná literatura z různých zemí identicky popisuje stejné vlastnosti (Bourne, 2002). Studium textury zahrnuje hodnocení lidskými smysly nebo chemickými a mechanickými prostředky (Tornberg, 1996). Objektivní měření se provádí jen pomocí působení síly, hmotnosti, vzdálenosti a času. Pokud je při hodnocení textury vycházeno z několika fyzikálních vjemů, je vhodnější hovořit o „profilu textury“, což naznačuje skupinu souvisejících vlastností. Textura je především odpovědí hmatu na fyzický stimul, jenž je výsledkem kontaktu některé části těla a potravin. Hmat je primární metoda pro testování textury, ale sluch a zrak jsou také využívány při hodnocení textury (Bourne, 2002).

Tabulka 1 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)

Charakter	Fyzikální definice	Senzorická definice
Základní		
Tuhost	Síla nezbytná k dosažení dané deformace.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k síle potřebné k dosažení deformace nebo penetrace výrobkem. V ústech je vnímána stlačením výrobku mezi zuby (tuhé látky) nebo mezi jazykem a patrem (polotuhé látky).
Soudržnost	Míra, do jaké je materiál deformován předtím, než se rozruší. Síla vnitřních vazeb. Je-li soudržnost větší než přilnavost, výrobek drží pohromadě a nepřilne se na měřící zařízení.	Mechanická texturní vlastnost, vztahující se ke stupni, do něhož může být látka deformována, než se rozpadne.
Viskozita	Rychlost toku na jednotku síly.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k odporu vůči toku. Odpovídá síle potřebné ke stažení tekutiny ze lžice na jazyk nebo rozetření na podklad.

Tabulka 2 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)

Charakter	Fyzikální definice	Senzorická definice
Základní		
Pružnost	Míra, do jaké se deformovaný materiál vrátí zpátky do stavu před jeho deformací poté, co byla deformující síla odejmuta.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k rychlostem návratu stavu po deformujícím působení síly a k stupni, do něhož se deformovaný materiál do původního stavu po zrušení deformující síly.
Přilnavost	Práce potřebná k překonání přitažlivých sil mezi povrchem potraviny a povrchem dalšího materiálu, se kterým potravina přichází do styku.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k síle, potřebné k odstranění látky, která lepe k ústům nebo k podkladu.
Druhotné		
Křehkost (Lámavost)	Síla, kterou se materiál láme; je to výsledek vysokého stupně tuhosti a nízkého stupně soudržnosti.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti a k síle nezbytné k rozlámání výrobku na drobky nebo kousky.
Žvýkatelnost	Energie vynaložená ke žvýkání pevné potraviny na stav vhodný k polykání; je to výsledek tuhosti, soudržnosti a pružnosti.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti a k době žvýkání nebo počtu žvýknutí potřebných k rozmělnění tuhého výrobku do stavu vhodného k polknutí.

Tabulka 3 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)

Charakter	Fyzikální definice	Senzorická definice
Druhotné		
Gumovitost	Energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin na stav vhodný pro polknutí, výsledek nízkého stupně tuhosti a vysokého stupně soudržnosti. Gumovitost se vzájemně vylučuje se žvýkatelností, protože výrobek je buď polotuhý nebo tuhý.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti měkkého výrobku. V ústech se vztahuje na úsilí, potřebné k rozmělnění výrobku do stavu vhodného k polknutí.

3.11 Texturní vlastnosti rybiho masa

Textura je důležitá vlastnost rybí svaloviny, protože je zásadní součástí její jakosti. Rybí maso se může stát tuhé v důsledku mražení nebo měkké a kašovitě důsledkem autolytické degradace (Huss, 1995). Texturní vlastnosti jsou definovány jako skupina fyzikálních vlastností, které vyplývají ze strukturních prvků potravin a jsou vnímány především hmatovým smyslem. Textura je definována jako smyslový a funkční projev strukturních a mechanických vlastností potravin detekovaný prostřednictvím zraku, sluchu, hmatu a kinestetického smyslu (Szczesniak 1963, Szczesniak 2002). Existuje mnoho faktorů ovlivňujících strukturní vlastnosti a to mezidruhové rozdíly, biologický stav ryb, metoda odchytu nebo metoda porážky. Po smrti ryb započnou biochemické změny spojené s nástupem *rigor mortis*. Před nástupem *rigor mortis* je svalovina měkká a pružná. Po nástupu *rigor mortis* se sval stává tvrdým v důsledku kontrakce vláken, které představují aktinomyosinový komplex. Opačný proces k zvýšení tuhosti svalu je křehčení, které začíná několik hodin po porážce a pokračuje během skladování (Careche a Barroso, 2009). Křehčení má vliv na klíčové strukturní proteiny myofibril a extracelulární matrix stejně jako proteiny podílející se na spojení myofibrila – myofibrila a myofibrila – sarkolema (Delbarre *et al.*, 2006).

Morfologické a chemické aspekty textury rybí svaloviny poukazují na rozdílné vlastnosti červeného masa. Mezi unikátní vlastnosti rybí svaloviny patří nízký obsah pojivové tkáně, což představuje snadnou dezintegraci rybího masa během tepelné úpravy. Svalová vlákna jsou hlavní texturní prvky tepelně upraveného rybího masa. Nejčastěji používané přístroje k měření texturních vlastností se nevztahují na ryby a výrobky z ryb. Nejlepších výsledků při měření texturních vlastností ryb se dosahuje s tenkou čepelí při stříhové zkoušce nebo kompresní celou. Textura rybí svaloviny je ovlivněna věkem, druhem a velikostí ryb. Mezi posmrtné faktory, které ovlivňují strukturu patří glykolýza a *rigor mortis*. Častý průvodní jev kontrakce svaloviny je oddělení svalových segmentů označované jako mezerování. Role textury v celkové sensorické přijatelnosti čerstvého rybího masa není tak důležitá jako v kvalitě hovězího masa zejména z důvodu výrazně nižšího obsahu zesíťovaných proteinů pojivové tkáně a jiné morfologické struktury. Zhoršení textury u zmražených ryb získalo největší pozornost, protože zmrazení a dlouhodobé skladování ve zmrazeném stavu vede k výraznému nárůstu tuhosti a suchosti. Chemické složení rybího masa a faktory *ante mortem* určují biochemický stav kosterní svaloviny a manipulace s rybami po odlovu má také významný vliv na strukturu a přijatelnost pro zákazníky (Dunajski, 1980).

Textura syrového rybího masa je rozhodující kvalitativní vlastnost. Textura je důležitá pro celkovou kvalitu a přijatelnost produktů z ryb (Veland a Torrissen, 1999). Tento atribut je ovlivněn pojivovou tkání a myofibrilami rybího masa. Pojivová tkáň se skládá z kolagenu, který je zodpovědný za pevnost rybího masa v tahu. Hlavními složkami myofibril jsou aktin a myosin (Casas *et al.*, 2006). Pocit, který vyvolává rybí maso v ústech, úzce souvisí se strukturou prvků, které pocházejí z vlastností složek svalové tkáně a jejich komplikovaného uspořádání ve svalu (Dunajski, 1979). Příliš měkká textura masa z lososa vyvolává v ústech nepříjemný kašovitý pocit, což způsobuje snížení přijatelnosti spotřebitelem (Ashton *et al.*, 2010).

3.12 Rheologie a její využití v potravinářství

Rheologie je definována jako věda zabývající se studiem deformace a toku hmoty. Její principy je možné aplikovat na jakýkoli druh materiálu od mobilních tekutin jako je voda, přes plastické, což mohou být barvy, kosmetika nebo krev, až po pevné látky jako je sklo, guma a samozřejmě potraviny. Je třeba mít na paměti, že většina reologických konceptů a nástrojů byla vyvinuta pro nepotravinářské produkty, proto není vhodné volně používat konvenční reologické teorie a praxe. Je nutné dávat pozor na možnost, že některé z reologických teorií nemusí být vhodné pro potraviny. Většina lidí má jasnou představu, jaký je rozdíl mezi pevnou látkou a kapalinou. Nicméně existuje mnoho látek, včetně mnoha potravin, které mají současně více vlastností, což je pro lidi obtížné rozlišit. Klasická definice reologie se dělí na dvě části (Bourne, 2002):

- a) deformace se většinou vztahuje na materiály, které se v přírodě vyskytují převážně v pevném skupenství,
- b) tok se obvykle vztahuje na materiály, které se v přírodě vyskytují v tekutém skupenství.

Existuje široká škála typů potravin a zároveň široká škála texturních a reologických vlastností, které vykazují. Tím pádem i široká škála metod používaných pro měření těchto vlastností, a proto bylo nutné vytvořit klasifikační systém. Je možné rozdělit měření textury podle komodity, která je testována např. cereálie, maso, ryby, drůbež, zelenina, ovoce, mléčné výrobky, tuky, nápoje, luštěniny, cukrovinky, emulze, suspenze, semena a ořechy (Bourne, 2002). Sone (1972) třídil potraviny na základě jejich texturních vlastností na kapalné potraviny, gelu podobné potraviny, vláknité potraviny, buněčné potraviny, jedlé tuky a oleje a práškové potraviny. Klasifikace měření textury na základě komodity nebo typu texturních vlastností je užitečné, ale pravděpodobně nejlepší způsob klasifikace je založen na typu testu, který se používá, protože mnoho testů je použitelných pro více než jeden druh potravin. Když je potravina vložena do úst, její struktura je žvýkáním rozrušena, dokud sousto není připraveno k polknutí. K procesu žvýkání dochází bez ohledu na to, jaký druh potraviny je v ústech. Z toho důvodu se zdá být logické soustředit se na typ testu než na druh potraviny (Bourne, 2002). Drake (1961) vyvinul klasifikační systém založený na geometrii zařízení následovně:

- 1) přímočarý pohyb (paralelní, divergentní, konvergentní),
- 2) kruhový pohyb (otáčení, kroucení),
- 3) osově symetrický pohyb (neomezený, omezený),
- 4) ostatní definované pohyby (ohýbání, příčné),
- 5) nedefinované pohyby (mechanické zacházení).

Charakteristika vnímání textury je určena různými fyzikálními a fyzikálně-chemickými vlastnostmi potravin a unikátní a komplexní funkcí lidských smyslových orgánů. Lze však tvrdit, že podnět pro vnímání textury je převážně mechanická záležitost. V důsledku toho většina, ne-li všechny, z instrumentálních metod hodnocení textury mohou být klasifikovány jako mechanické zkoušky. Aby bylo možné stanovit vztah mezi strukturou jak je vnímána a vlastnostmi potravin nebo interpretovat výsledky instrumentálních metod hodnocení, je důležité porozumět mechanismu, nebo reologii potravinové deformace. To samozřejmě neznamená, že reologie je jediným klíčem k pochopení struktury a existuje dostatek podkladů, že geometrické, chemické, tepelné, akustické a psychologické faktory mohou hrát významnou roli v sensorickém hodnocení textury. Je obtížné se vypořádat s reologickými aspekty hodnocení textury potravin. Problém není matematická složitost příslušných mechanických disciplín. Hlavní důvod je, že v porovnání s konstrukčními materiály, pro které byly metody původně vyvinuty, je většina potravin a biologických materiálů anizotropní, nerovnoměrné a v mnoha případech chemicky aktivní a fyzikálně nestabilní. Ideálním příkladem anizotropie je masové vlákno. Anizotropní výsledky v různých mechanických vlastnostech, v různých směrech a vzhledem k fyzikálně-chemickým vlastnostem vytváří silné časové závislosti. Základní principy reologického hodnocení potravin jsou v podstatě stejné jako ty, které se vztahují na konstrukční materiály, obzvláště polymery. Existují však rozdíly v interpretaci výsledků zkoušek. Důvodem jsou specifické strukturální vlastnosti a mechanická a biologická historie daného potravinářského materiálu, což je nutno brát v úvahu (Moskowitz, 1987).

3.13 Rozdělení instrumentálních metod pro měření textury potravin

Snaha o vývoj měření texturních vlastností potravin vedly k rozdělení instrumentálních metod do tří tříd reologických zkoušek. Reologické zkoušky pro měření texturních vlastností dělíme na fundamentální, empirické a imitativní (Bourne, 2002).

Fundamentální testy měří vlastnosti, které jsou důvěrně známé technikům (mez pevnosti v tahu, Poissonův poměr, a různé moduly jako například Youngův modul, modul pružnosti ve smyku a hromadný modul). Výsledky fundamentálních reologických testů uváděny v jednotkách kilogram, metr nebo sekunda. Výsledky fundamentálních testů jsou objektivní, tudíž bez ohledu na použitou metodu se dosáhne stejných výsledků v rámci experimentální chyby měření. Převod všech výsledků do těchto tří základních skupin je výhodný, protože výsledky jsou pak snadno dostupné jako standardy. Testy pro měření textury potravin jsou zde rozděleny na objektivní testy, které jsou vykonávány instrumentálně a na senzorické, které jsou vykonávány lidmi. Objektivní testy jsou rozděleny na testy, které měří skutečné texturní vlastnosti a nepřímé testy, které měří fyzikální vlastnosti potravin, které dobře korelují s jednou nebo více texturními vlastnostmi. Senzorické testy mohou být rozděleny do dvou skupin. Orální testování je prováděno v dutině ústní. Neorální testování textury je provádělo jinou částí lidského těla než je dutina ústní (Bourne, 2002). Tradiční senzorické metody jsou klasifikované jako subjektivní hodnocení kvality (Hyldig *et al.*, 2005). Potraviny jsou bohužel z reologického hlediska extrémně komplikované. V důsledku toho je měření texturních vlastností často pracné, časově náročné a nemusí poskytnout jednoduché odpovědi (Bourne, 2002).

Tabulka 4 Druhy testů pro měření textury potravin (Bourne, 2002)

Objektivní		Senzorické	
Přímé	Nepřímé	Orální	Neorální
Fundamentální	Optické	Mechanické	Hmat
Empirické	Chemické	Geometrické	Čich
Imitativní	Akustické	Chemické	Zrak
	Ostatní		Ostatní

V tabulce 3 je seznam testů používaných pro měření textury potravin. Empirické testy jsou ve srovnání s fundamentálními testy rychlejší a jednodušší. Ačkoliv jsou empirické testy volně definovány, byly stanoveny na základě praktických zkušeností a dobře korelují s texturní kvalitou. Řada empirických testů byla vyvinuta, aby relativně dobře korelovala se senzorickým hodnocením mnoha potravin. Empirické testy zahrnují například, stříh, proražení a vytlačování. Nevýhodou empirických testů je, že dané výsledky jsou specifické pro určitý přístroj a není možné srovnávat různé zkušební metody (Bourne, 2002).

Imitativní testy používají nástroje, které napodobují podmínky, jimž je potravina vystavena v ústech nebo na talíři. Analýza profilu textury a stříhová cela (Kramerova cela, Warner-Bratzlerovy nůžky) spadá do této kategorie testů. Profil textury kvantifikuje specifické vlastnosti, které přímo souvisejí s celkovým přijetím potraviny a hedonickým hodnocením (Kim a Park, 2000). Nejčastěji interpretované výsledky hodnocení rybího masa jsou založeny na mechanických zkouškách, které jsou empirické nebo imitativní. Rybí průmysl má zájem na vývoji rychlé, levné a nedestruktivní zkoušky pro hodnocení texturních vlastností ryb a rybích výrobků (Careche a Barroso, 2009).

3.13.1 Rozdělení metod k měření texturních vlastností

3.13.1.1 Kompresní metoda

Kompresní metoda je široce využívaná metoda k měření základních mechanických vlastností potravin. Nejčastěji používané druhy komprese jsou jednoosé stlačování vzorku mezi dvěma deskami a omezená komprese, jako je například extruze. Při jednoosém stlačování působí na vzorek síla pouze v jednom směru. Komprese probíhá, dokud není vzorek rozdrčen nebo rozlomen. Nejznámějším a nejpoužívanějším zástupcem kompresní metody je Kramerova cela (VFU, 2014b). Kramerova cela simuluje pouze jediné kousnutí. Kramerova cela poskytuje informace o vlastnostech potravin, jako jsou pevnost nebo křupavost. Používá se pro výrobky z ryb, maso a pro malé i velké druhy zeleniny a ovoce (Cepák *et al.*, 2009). Kramerova cela se skládá z

pěti střížných nožů nebo tyčí o tloušťce 3 mm a délce 70 mm, které procházejí krabicí, v níž je uložen vzorek. Maximální síla je definována jako střížná síla potřebná k průchodu čepelí skrz vzorek. Tato síla není pouze střížná, ale obsahuje kombinaci střížných a lisovacích sil (Szczeniak, 1963). Větší množství čepelí umožňuje měření na více místech současně, což kompenzuje místní odchylky textury (Cepák *et al.*, 2009).

3.13.1.2 Stříhová zkouška

Stříhovou zkouškou měříme chování potraviny během prvního skousnutí mezi řezáky. Zkouška je prováděna s nástavcem Warner-Bratzlerův nůž, celé zařízení je nazýváno Warner-Bratzlerovy nůžky (VFU, 2016b). Warner-Bratzlerovy nůžky jsou empirickým testem zahrnující komplexní formu mechanického zatížení včetně stříhání, stlačování a napínání (Voisey, 1976). Warner-Bratzlerovy nůžky zahrnují stlačení vláken pod čepelí, napětí v sousedních vláknech a stříhání vláken (Bouton *et al.*, 1975). Pro hodnocení textury masa je nejčastěji používaná metoda dle Warner-Bratzlera, protože nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením křehkosti. Warner-Bratzlerovy nůžky měří sílu ve stříhu masa jasně definovaných rozměrů. Výsledky jsou závislé na typu nože a na podmínkách měření, zejména rychlosti měření a směru působení síly na svalová vlákna. Nejčastěji je stříh veden kolmo na svalová vlákna (Tornberg, 1996). Negativem měření Warner-Bratzlerovými nůžkami je, že naměřené hodnoty nejsou výhradně odrazem křehkosti masa, ale výslednicí více veličin (síla potřebná ke stlačení vzorku při počátečním pronikání vzorkem, napětí v tahu při měření paralelně s vlákny a síla řezání) (Lawrie, 1988). Přesto je předpokládáno, že korelační koeficient mezi hodnotami síly ve stříhu dle Warner-Bratzlera a sensorickým hodnocením křehkosti se pohybuje mezi 0,6 a 0,85, což jsou pozitivní hodnoty, uvaží-li se, že i v rámci sensorického hodnocení existuje jistá variabilita (Smulders *et al.*, 1992). Pro měření textury dle Warner-Bratzlera musí být vzorek v homogenním stavu (Cepák, 2009).

3.13.1.3 Penetrační metoda

Penetrometry jsou nejdéle používané přístroje pro měření texturních vlastností. Principem měření pomocí penetrometru je pronikání sondy skrz testovaný vzorek, přičemž se měří síla potřebná na dosažení dané hloubky průniku nebo celkové hloubky průniku. Čím menší je hloubka dosažená penetrometrem nebo čím větší je potřebná síla k průniku vzorkem, tím odolnější je měřený materiál (VFU, 2016a). Průnik sondy do vzorku způsobuje jeho nevratné poškození (Bourne, 2002). Penetrometry se převážně používají pro stanovení tuhosti tuků, gelů a paštik. Při práci s penetrometrem se používají tyto způsoby měření (VFU, 2014):

- měření potřebné síly k proniknutí do určité hloubky při konstantní rychlosti sondy,
- měření hloubky vpichu v nataveném čase nebo naopak za konstantní síly působící na sondu.

4 MATERIÁLY A METODY

4.1 Materiál

V této práci byly sledovány texturní vlastnosti výrobků na bázi surimi, rybích prstů a rybích filetů. Výrobky na bázi surimi a rybí prsty pocházely z českých obchodních řetězců. Rybí filety pocházely z Rybníkářství Pohořelice. Ke stanovení byly použity filety z kapra obecného, pstruha duhového a lína obecného.

4.1.1 Popis jednotlivých vzorků výrobků na bázi surimi pro stanovení texturních vlastností

Vzorek 1

Složení: surimi 35 %, stabilizátory: sorbitol polyfosforečnany, cukr, řepkový olej, sojová bílkovina, jedlá sůl, barviva: kyselina karmínová, paprikový extrakt, titanová běloba, látky zvýrazňující chuť: glutamát sodný, E635, krabí aroma 0,1%.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 22. 9. 2016.

Vzorek 2

Složení: surimi 25 %, voda, pšeničný škrob, rostlinný olej, jedlá sůl, cukr, sójová bílkovina, náhradní sladidlo: sorbitol, stabilizátor: E452, výtažek a aroma z krabiho masa, aroma plodů moře, rýžové víno, látka zvýrazňující chuť a vůni: glutamát sodný, regulátor kyselosti: uhličitan vápenatý, barviva: košenila, paprikový extrakt.

Stav: mražené.

Původ: Čína.

Datum použitelnosti: 16. 10. 2016.

Vzorek 3

Složení: drcená svalovina z bílé ryby 32 %, pitná voda, bramborový škrob, rýžové víno, jedlá sůl, sojový olej, cukr, krabí aroma, zvlhčující látka: sorbitol, sojová bílkovina, látky zvýrazňující chuť: glutaman sodný a inosinát sodný, zahušřovadlo: xanthan, stabilizátor: polyfosforečnany, konzervant: benzoát sodný, barviva: košenila, paprikový extrakt.

Stav: mražené.

Původ: Lotyšsko

Datum použitelnosti: 2. 9. 2016.

Vzorek 4

Složení: voda, surimi 28 % (drcené rybí maso 26 %, stabilizátory: sorbitol, polyfosforečnany; cukr), škrob (obsahuje lepek), vaječný bílek, řepkový olej, sójová bílkovina, cukr, jedlá sůl, krabí aroma (obsahuje korýše a látku zvýrazňující chuť: E635), aroma, vaječná směs, barviva: titanová běloba, kyselina karmínová, paprikový extrakt, stabilizátor: karagenan.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 13. 11. 2016.

Vzorek 5

Složení: voda, surimi 32 % (drcené rybí maso 29 %, stabilizátory: sorbitol, polyfosforečnany: cukru), škrob, vaječný bílek, řepkový olej, sojová bílkovina, cukr, jedlá sůl, aroma, barviva: kyselina karmínová, paprikový extrakt, oxid titaničitý, látky zvýrazňující chuť a vůni: glutaman sodný, E631, E627, E640, stabilizátor: karagenan.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 11. 11. 2016.

Vzorek 6

Složení: rybí maso z bílých ryb 30 %, pitná voda, bramborový a kukuřičný škrob, sůl, cukr, sója bílkovina, sójový olej, přírodní výtažek z krabiho masa, rýžové víno, přírodní barvivo E120, E160C.

Stav: mražené.

Původ: Čína.

Datum použitelnosti: 14. 10. 2016.

Vzorek 7

Složení: voda, surimi 22 % (drcené rybí maso 20 %, stabilizátory: sorbitol, polyfosforečnany; cukr), škrob (obsahuje lepek), vaječný bílek, řepkový olej, sojová bílkovina, cukr, jedlá sůl, barviva: kyselina karmínová, paprikový extrakt, titanová běloba, stabilizátor: karagenan, látky zvýrazňující chuť: glutamát sodný, E627, E631, aroma.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 1. 10. 2016.

Vzorek 8

Složení: surimi 35 % (rybí maso, stabilizátory: E420, E452, pšeničný a kukuřičný škrob (obsahuje lepek), vaječné bílky, řepkový olej, sójová bílkovina, cukr, jedlá sůl, barviva: E20, E160c, látky zvýrazňující chuť: E621, E631, E627 aroma.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 30. 9. 2016.

Vzorek 9

Složení: voda, surimi 35 % (drcené rybí maso 33 %, cukr, stabilizátory: polyfosforečnany, sorbitol), bramborový škrob, kukuřičný škrob, řepkový olej, jedlá sůl, tapiokový škrob, krabí aroma, zvýrazňovač chuti: glutamát sodný, vaječný bílek, barviva: E120, E160c, titanová běloba.

Stav: chlazené.

Původ: Lotyšsko.

Datum použitelnosti: 27. 9. 2016.

Vzorek 10

Složení: voda, surimi 35 % (drcené rybí maso 33 %), cukr, stabilizátory: polyfosforečnany, sorbitol, kukuřičný škrob, řepkový olej, jedlá sůl, tapiokový škrob, krabí aroma, zvýrazňovač chuti: glutamát sodný, barviva: E120, E160c, titanová běloba.

Stav: mražené.

Původ: Lotyšsko.

Datum použitelnosti: 1. 11. 2016.

Vzorek 11

Složení: surimi 52% (drcené rybí maso 47%, stabilizátory: sorbitol, polyfosforečnany: cukr), voda škrob (obsahuje lepek), vaječný bílek, cukr, jedlá sůl, krabí aroma 1% (obsahuje koryše a látku zvýrazňující chuť: E635), aroma, vaječná směs, barviva: E120, E160c.

Stav: chlazené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 13. 10. 2016.

4.1.2 Popis jednotlivých vzorků druhů rybích prstů pro stanovení texturních vlastností

Vzorek A

Složení: mleté rybí maso 64 %, pšeničná mouka řepkový olej, modifikovaný pšeničný škrob, tapiokový škrob, jedlá sůl, paprika sladká, mletá kurkuma.

Stav: mražené.

Původ: Estonsko.

Datum použitelnosti: 12. 10. 2016.

Vzorek B

Složení: maso z treskovitých ryb – mleté (51 %), strouhanka (pšeničná mouka, voda, jedlá sůl, červená paprika mletá), rostlinný olej, pitná voda, pšeničná mouka, stabilizátor E 451, jedlá sůl, koření.

Stav: mražené.

Původ: Polsko.

Datum použitelnosti: 15. 9. 2016.

Vzorek C

Složení: maso z mořských ryb - nemleté (65 %), pšeničná mouka, rostlinný olej, voda, sůl, koření.

Stav: mražené.

Původ: Německo.

Datum použitelnosti: 20. 9. 2016.

Vzorek D

Složení: mleté rybí maso 62 %, pšeničná mouka řepkový olej, modifikovaný pšeničný škrob, tapiokový škrob, jedlá sůl, koření.

Stav: mražené.

Původ: Litva.

Datum použitelnosti: 12. 11. 2016.

4.1.3 Popis jednotlivých druhů ryb pro stanovení texturních vlastností

Kapr obecný (*Cyprinus Carpio*)

Jednalo se o kategorii Ryby sladkovodní. Pocházely z chovu CZ. Byly sledovány v úpravě filet s kůží. Vzorčky pocházely z nákupu v tržní síti. Byly vakuově baleny. Skladovány byly při nekolísavé teplotě 4 °C (doporučení výrobce skladovat do 5 °C).

Vzorčky byly vyrobeny: 6. 11. 2015 s datem použitelnosti do: 12. 10. 2015

Hmotnost se pohybovala v rozmezí: 700 – 800 g.

Pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*)

Jednalo se o kategorii Ryby sladkovodní. Pocházely z chovu v Itálii. Byly sledovány v úpravě filet s kůží. Vzorky pocházely z nákupu v tržní síti. Byly vakuově baleny. Skladovány byly při nekolísavé teplotě 4 °C (doporučení výrobce skladovat do 5 °C) .

Vzorky byly vyrobeny: 6. 10. 2015 s datem použitelnosti do: 12. 10. 2015

Hmotnost 2 ks filetů se pohybovala v rozmezí: 232 – 260 g.

Lín obecný (*Tinca tinca*)

Jednalo se o kategorii Ryby sladkovodní. Pocházely z chovu v České republice. Byly sledovány v úpravě filet s kůží. Vzorky pocházely z nákupu v tržní síti. Byly vakuově baleny. Skladovány byly při nekolísavé teplotě 4 °C (doporučení výrobce skladovat do 5 °C).

Vzorky byly vyrobeny: 6. 5. 2015 s datem použitelnosti do: 12. 5. 2015

Hmotnost filetů se pohybovala v rozmezí: 242 – 260 g.

4.2 Metodika

4.2.1 Princip měření texturních vlastností zařízením TIRAtest 27025

TIRAtest 27025 na obrázku 3, vyrobený německou firmou TIRA Maschinenbau GmbH je přístroj ze skupiny univerzálních zkušebních strojů (trhací stroje), sloužící k posouzení mechanických vlastností různých materiálů v tlaku, tahu nebo ohybu a to jak za normálních klimatických podmínek, tak i za nízkých či vysokých teplot. Snímače veličin jsou propojeny s technikou řízenou mikroprocesorem, což zaručuje maximální přesnost a při použití PC i snadného ovládání a vyhodnocení dosažených výsledků (archivace dat, statistické zpracování dat atd.). TIRAtest patří mezi přístroje

jednosloupové a jeho maximální zatížení je 1 kN. Na přístroji TIRAtest je možné provádět širokou škálu zkoušek texturních vlastností potravin. Pro měření texturních vlastností je možné využít metody základní, empirické i imitativní. Imitativní metody jsou velmi vhodné pro instrumentální hodnocení vlastností potravin, protože dobře korelují se senzorickým hodnocením a vhodně charakterizují texturu. Pro získání kvalitních a reprodukovatelných výsledků je nutné vzít v úvahu vliv podmínek metody, citlivost přístroje, přípravu a homogenitu vzorků, neporušenost a čistotu sondy, zkušební rychlost, způsob deformace, teplotu při měření a spolehlivý výběr dat. Mezi nejčastěji měřené veličiny patří síla při deformaci, pozici sondy po určitém čase, deformaci či sílu v lokálním maximu (mez pevnosti), rychlost růstu síly, práci (plocha pod grafem) nebo poměr jednotlivých veličin. Během měření je řízenou veličinou většinou síla – deformace (relativní změna rozměrů vzorku) či pozice sondy (rychlost pohybu sondy). Při hodnocení textury rybího masa a výrobků z rybího masa se používají dva základní testy: penetrace a Warner-Bratzlerovy nůžky. Výsledky získané přístrojem TIRAtest 27025 byly statisticky vyhodnoceny v programu Excel.



Obrázek 3 Přístrojové zařízení TIRAtest 27025

4.2.2 Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi penetračním testem

Ke stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi byly vybrány krabí tyčinky stejné výšky a tvaru. Zmrazené vzorky byly rozmrazeny při laboratorní teplotě. Pro každý druh výrobku bylo připraveno 5 vzorků.

Zvolená kritéria pro penetrační test výrobků na bázi surimi

<u>Typ zkoušky:</u>	tlaková zkouška.
<u>Typ nástavce:</u>	rovné zakončení sondy, průměr sondy 10 mm.
<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	1 N.
<u>Kritérium pro ukončení zkoušky:</u>	8 mm.

Penetrační test se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální zkoušky pro testování různých druhů potravin. Byl získán záznam síly potřebné k vtlačení sondy o průměru 10 mm do předem nastavené hloubky.

4.2.3 Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi Warner-Bratzlerovými nůžkami

Ke stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi byly vybrány krabí tyčinky stejné výšky a tvaru. Zmrazené vzorky se nechaly rozmrazit při laboratorní teplotě. Až do okamžiku měření byly uchovávány při laboratorní teplotě. Pro každý druh výrobku byly připraveny 3 tyčinky.

<u>Typ zkoušky:</u>	stříhová zkouška.
---------------------	-------------------

<u>Typ nástavce:</u>	Warner-Bratzlerův nůž.
<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	1 N.
<u>Kritérium pro ukončení zkoušky:</u>	35 mm.

Stříhová zkouška dle Warner-Bratzlera se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální zkoušky pro testování různých druhů potravin. Byl získán záznam síly potřebné k přerýznutí vzorku sondou s nástavcem Warner-Bratzlerův nůž.

4.2.4 Stanovení texturních vlastností rybích prstů penetračním testem

Ke stanovení texturních vlastností rybích prstů byly vybrány rybí prsty shodných rozměrů. Rybí prsty byly tepelně opracovány podle návodu na obalu v konvektomatu na pečícím papíře. Po vychladnutí byl z rybích prstů odstraněn trojobal. Pro každý druh rybích prstů bylo připraveno 6 rybích prstů.

Zvolená kritéria pro penetrační test výrobků na bázi surimi

<u>Typ zkoušky:</u>	tlaková zkouška.
<u>Typ nástavce:</u>	rovné zakončení sondy, průměr sondy 10 mm.
<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	1 N.
<u>Kritérium pro ukončení zkoušky:</u>	8 mm.

Byl získán záznam síly potřebné k vtlačení sondy o průměru 10 mm do předem nastavené hloubky.

4.2.5 Stanovení texturních vlastností Warner-Bratzlerovými nůžkami

Ke stanovení texturních vlastností rybích prstů byly vybrány rybí prsty stejných rozměrů. Rybí prsty byly tepelně opracovány podle návodu na obalu v konvektomatu na pečícím papíře. Po vychladnutí byl z rybích prstů odstraněn trojobal. Pro každý druh rybích prstů byly připraveny 4 rybí prsty.

<u>Typ zkoušky:</u>	stříhová zkouška.
<u>Typ nástavce:</u>	Warner-Bratzlerův nůž.
<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	1 N.
<u>Kritérium pro ukončení zkoušky:</u>	35 mm.

Stříhová zkouška dle Warner-Bratzlera se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální zkoušky pro testování různých druhů potravin. Byl získán záznam síly potřebné k přerážnutí vzorku sondou s nástavcem Warner-Bratzlerův nůž.

4.2.6 Stanovení texturních vlastností masa kapra obecného

Ke stanovení texturních vlastností masa kapra obecného byl použit filet s kůží, který byl vyjmut z vakuového obalu a osušen papírovou utěrkou.

<u>Typ zkoušky:</u>	stříhová.
<u>Typ nástavce:</u>	MORS.
<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	0,02 N.

Kritérium ukončení zkoušky: 12 mm.

Stříhová zkouška se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální metody k měření texturních vlastností. Byl získán záznam síly potřebné k přeříznutí vzorku sondou s nástavcem MORS.

4.2.7 Stanovení texturních vlastností masa pstruha duhového

Ke stanovení texturních vlastností masa pstruha duhového byl použit filet s kůží, který byl vyjmut z vakuového obalu a osušen papírovou utěrkou.

Typ zkoušky: stříhová.

Typ nástavce: MORS.

Snímač síly: 200 N.

Zkušební rychlost: 10 mm/min

Přepínací bod: 0,02 N.

Kritérium ukončení zkoušky: 6 mm.

Stříhová zkouška se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální metody k měření texturních vlastností. Byl získán záznam síly potřebné k přeříznutí vzorku sondou s nástavcem MORS.

4.2.8 Stanovení texturních vlastností masa lína obecného

Ke stanovení texturních vlastností masa lína obecného byl použit filet s kůží, který byl vyjmut z vakuového obalu a osušen papírovou utěrkou.

Typ zkoušky: stříhová.

Typ nástavce: MORS.

<u>Snímač síly:</u>	200 N.
<u>Zkušební rychlost:</u>	10 mm/min.
<u>Přepínací bod:</u>	0,02 N.
<u>Kritérium ukončení zkoušky:</u>	8 mm.

Stříhová zkouška se řadí mezi jednoduché a rychlé univerzální metody k měření texturních vlastností. Byl získán záznam síly potřebné k přeříznutí vzorku sondou s nastavcem MORS.

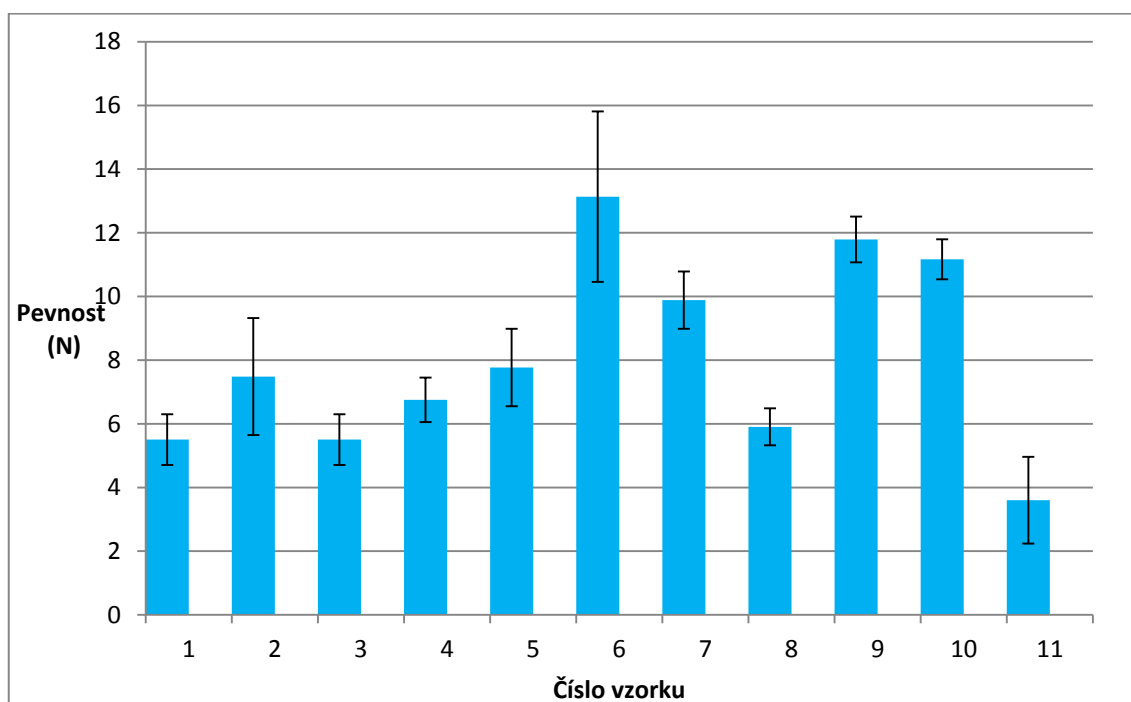
5 VÝSLEDKY A DISKUZE

5.1 Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi penetračním testem

Základní charakteristiky sledovaných surimi jsou uvedeny v tabulce 5. Na obrázku 4 je uvedeno srovnání výsledků penetračního testu výrobků na bázi surimi. Nejvyšších hodnot pevnosti dosáhl vzorek 6 (13,14 N), naopak nejnižších hodnot dosáhl vzorek 11 (3,60 N). Rozdíly mezi jednotlivými vzorky byly až 15,66 N. Při statistickém vyhodnocení hodnot (tabulka 6) byly zjištěny statisticky významné rozdíly mezi jednotlivými vzorky ($p < 0,05$). Nejjemnější textura byla zjištěna u vzorku 11, který obsahoval nejvyšší podíl rybího masa. Výsledky není možné srovnat s jinými autory z důvodu absence výzkumů se srovnatelnými vzorky. Při celkovém zhodnocení penetračního testu jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích výrobků lze uvést, že sonda většího průměru není vhodná pro stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi.

Tabulka 5 Základní charakteristiky sledovaných surimi (n = 20)

Vzorek	Hmotnost [g]	Výška [mm]	Šířka [mm]	Délka [mm]
1	16,29	12,60	15,23	78,32
2	15,62	11,82	15,61	85,61
3	16,54	11,91	14,19	80,51
4	34,11	13,73	15,44	135,49
5	15,23	12,27	16,33	76,86
6	15,83	15,28	15,21	78,33
7	15,67	10,63	16,90	82,61
8	16,39	12,73	15,30	81,25
9	39,16	13,25	16,39	17,44
10	19,40	12,55	16,42	83,83
11	37,54	16,53	18,95	108,04



Obrázek 4 Výsledky pevnosti výrobků na bázi surimi stanovené penetračním testem

Tabulka 6 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené penetračním testem u výrobků na bázi surimi

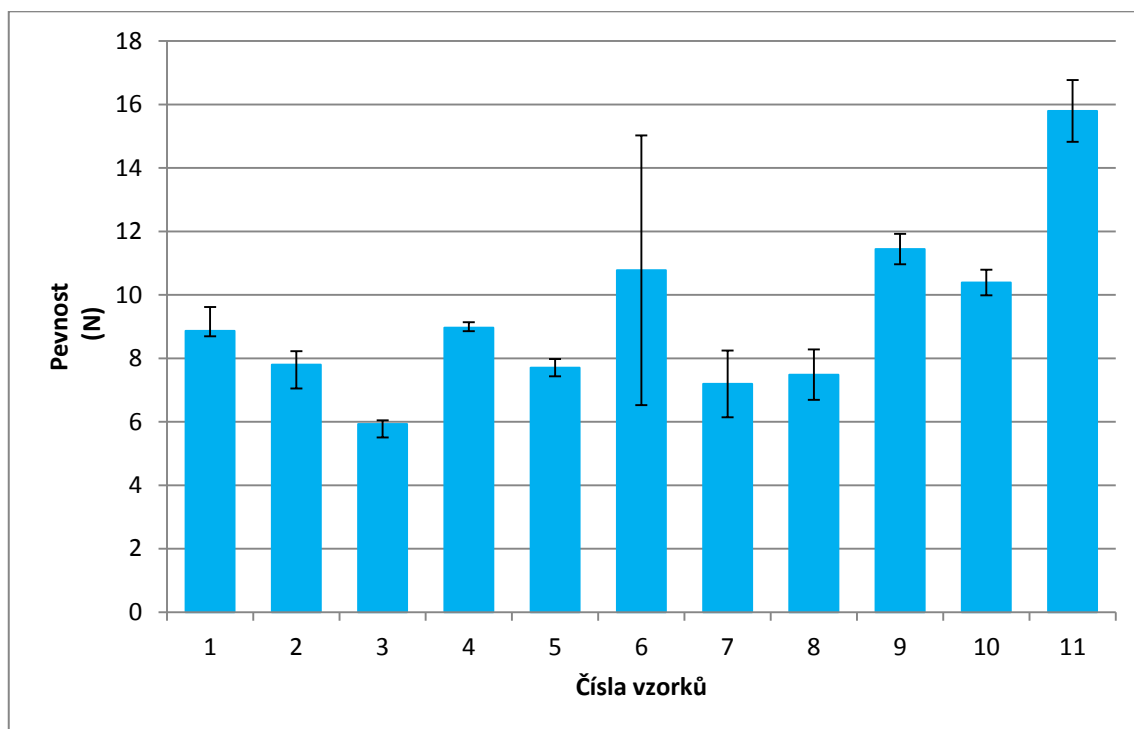
Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		*	SN	*	*	*	*	SN	*	*	*
2	*		*	SN	SN	*	*	*	*	*	*
3	SN	*		*	*	*	*	SN	*	*	*
4	*	SN	*		*	*	*	*	*	*	*
5	*	SN	*	*		*	*	*	*	*	*
6	*	*	*	*	*		*	*	*	*	*
7	*	*	*	*	*	*		*	*	*	*
8	SN	*	SN	*	*	*	*		*	*	*
9	*	*	*	*	*	*	*	*		*	*
10	*	*	*	*	*	*	*	*	*		*
11	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

* $p < 0,05$, SN – statisticky neprůkazné

5.2 Stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera

Na obrázku 5 je uvedeno srovnání výsledků stříhové zkoušky dle Warner-Bratzlera výrobků na bázi surimi. Nejvyšší hodnota pevnosti při stanovení texturních vlastností stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera byla zjištěna u vzorku 11 (15,80 N), nejnižší hodnoty pevnosti byly zjištěny u vzorku 3 (5,93 N). Rozdíl mezi jednotlivými vzorky byl až 11,71 N. Při statistickém zpracování výsledků stříhovým testem dle Warner-Bratzlera (tabulka 7) nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi vzorkem 6 a ostatními vzorky. Rozdíly mezi ostatními vzorky nebyly statisticky průkazné ($p < 0,05$). Nejpevnějším vzorkem byl vzorek 11 (s největším podílem rybího masa, který byl penetračním testem vyhodnocen jako nejkřehčí), jehož rozměry byly ve všech směrech vyšší než u ostatních vzorků, tudíž tato metoda není vhodná pro srovnání různě velkých surimi tyčinek. Hodnoty získané stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera vykazovaly vyšší variabilitu ve srovnání s hodnotami získanými penetračním testem. Proto při

celkovém zhodnocení stříhového testu jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích výrobků lze uvést, že není vhodný pro stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi. Výsledky není možné srovnat s jinými autory z důvodu absence výzkumů se srovnatelnými vzorky.



Obrázek 5 Výsledky pevnosti výrobků na bázi surimi stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera

Tabulka 7 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera výrobků na bázi surimi

Číslo vzorku	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1		SN	*	SN	SN	SN	SN	SN	*	*	*
2	SN		*	*	SN	SN	SN	SN	*	*	*
3	*	*		*	*	SN	SN	*	*	*	*
4	SN	*	*		*	SN	*	*	*	*	*
5	SN	SN	*	*		SN	SN	SN	*	*	*
6	SN	SN	SN	SN	SN		SN	SN	SN	SN	SN
7	SN	SN	SN	*	SN	SN		SN	*	*	*
8	SN	SN	*	*	SN	SN	SN		*	*	*
9	*	*	*	*	*	SN	*	*		*	*
10	*	*	*	*	*	SN	*	*	*		*
11	*	*	*	*	*	SN	*	*	*	*	

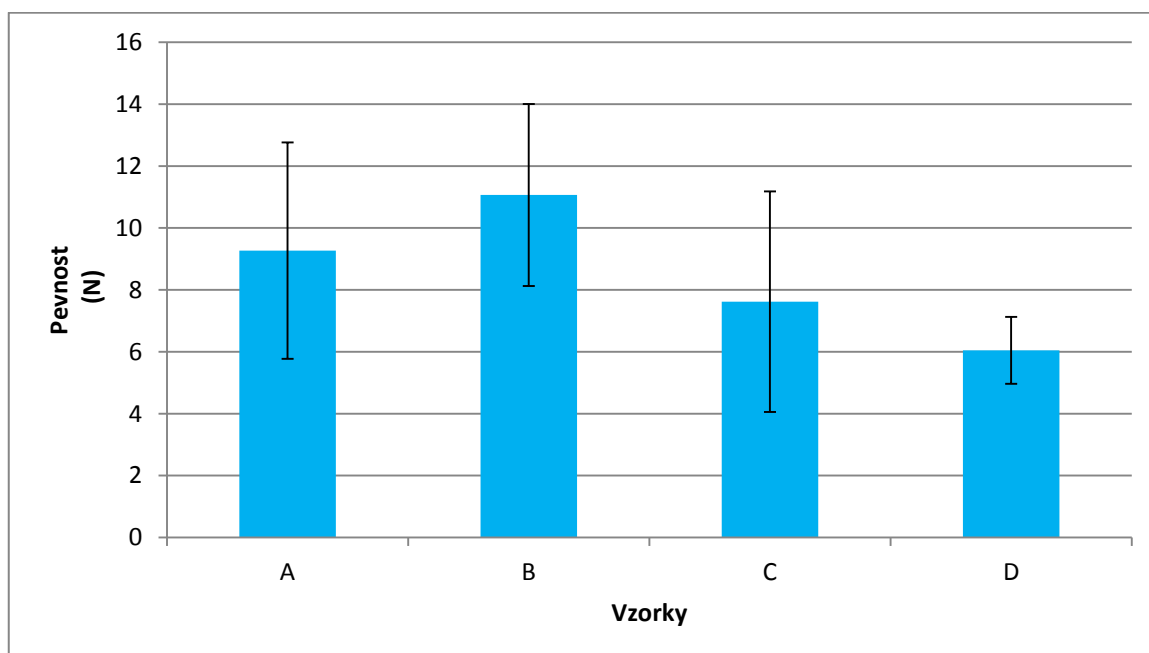
* $p < 0,05$, SN – statisticky neprůkazné

5.3 Stanovení texturních vlastností rybích prstů penetračním testem

Základní charakteristiky sledovaných surimi jsou uvedeny v tabulce 8. Na obrázku 6 je uvedeno porovnání výsledků penetračního testu rybích prstů. Nejvyšších hodnot pevnosti dosáhl vzorek B (11,06 N), nejnižší hodnotu pevnosti dosáhl vzorek D (6,04 N). Rozdíly mezi jednotlivými vzorky byly až 14,85 N. Při statistickém vyhodnocení výsledků penetračního testu (tabulka 9) byly zjištěny statisticky průkazné rozdíly ($p < 0,05$) mezi vzorky. Výsledky není možné srovnat s jinými autory vzhledem k absenci výzkumů se srovnatelnými vzorky. Při celkovém zhodnocení penetračního testu jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích prstů lze uvést, že je vhodný pro stanovení texturních vlastností těchto výrobků.

Tabulka 8 Základní charakteristiky sledovaných rybích prstů (n = 20)

Vzorek	Hmotnost [g]	Výška [mm]	Šířka [mm]	Délka [mm]
1	24,34	14,32	28,46	87,53
2	25,19	14,81	29,13	88,12
3	23,78	12,15	25,34	82,18
4	26,02	12,69	32,92	92,35



Obrázek 6 Výsledky pevnosti rybích prstů stanovené penetračním testem

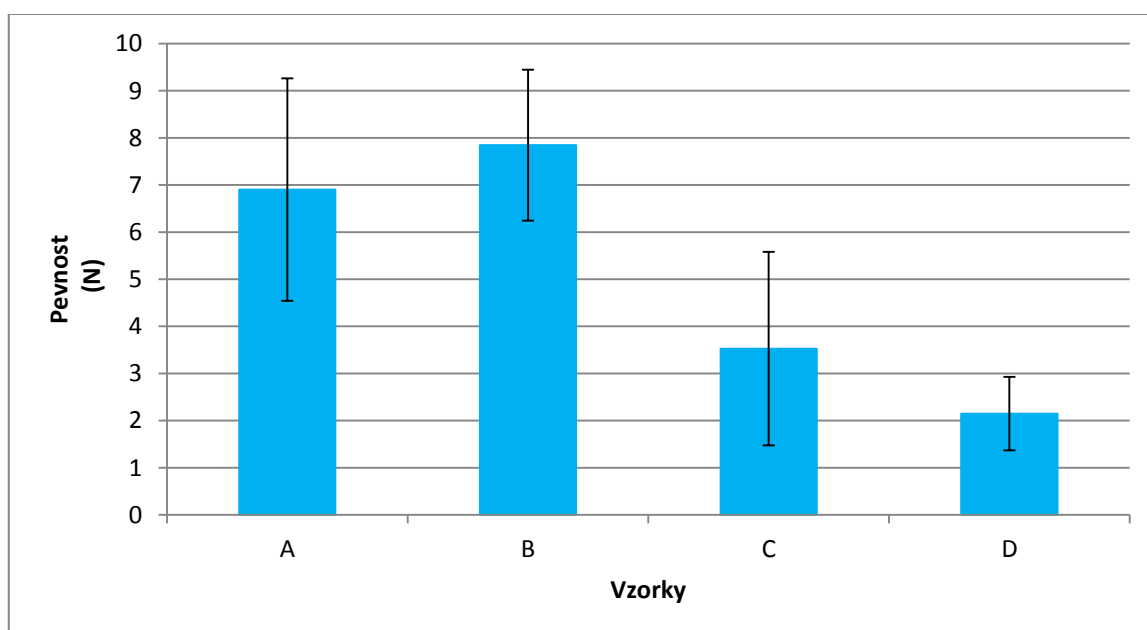
Tabulka 9 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené penetračním testem u rybích prstů

Vzorek	A	B	C	D
A		SN	SN	*
B	SN		*	*
C	SN	*		SN
D	*	*	SN	

* $p < 0,05$, SN – statisticky neprůkazné

5.4 Stanovení texturních vlastností rybích prstů stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera

Na obrázku 7 je uvedeno porovnání výsledků stříhové zkoušky rybích prstů dle Warner-Bratzlera. Nejvyšších pevnosti dosáhl vzorek B (7,85 N) a nejnižších hodnot pevnosti dosáhl vzorek D (2,15 N). Rozdíly mezi jednotlivými vzorky byl až 8,94 N. při statistickém vyhodnocení výsledků stříhové zkoušky dle Warner-Bratzlera (tabulka 10) byly statisticky neprůkazné rozdíly mezi jednotlivými druhy rybích prstů mezi vzorky A a B a C a D ($p < 0,05$). Proto při celkovém zhodnocení Warner-Bratzlerových nůžek jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích prstů lze uvést, že je vhodný pro stanovení texturních vlastností těchto výrobků.



Obrázek 7 Výsledky pevnosti rybích prstů stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera

Tabulka 10 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera u rybích prstů

Vzorek	A	B	C	D
A		SN	*	*
B	SN		*	*
C	*	*		SN
D	*	*	SN	

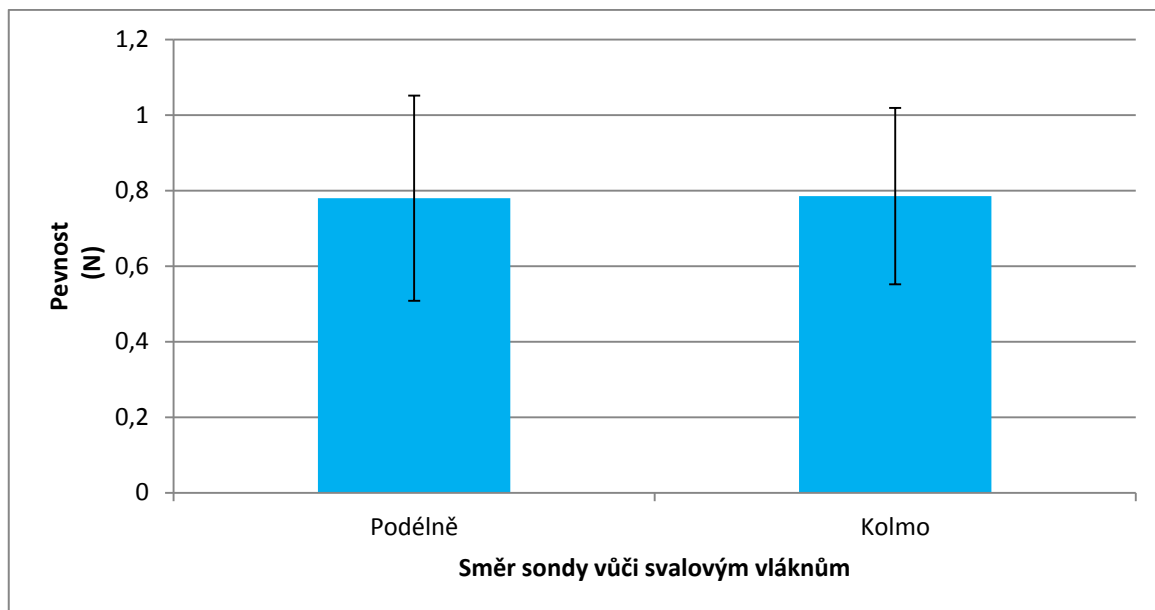
* $p < 0,05$, SN – statisticky neprůkazné

5.5 Stanovení texturních vlastností masa kapra obecného

Filety kapra obecného bylo testováno metodou MORS pouze kolmo ke svalovým vláknům, protože při zpracování kapra je filet přerézán podélně se svalovinou z důvodu rozřezání ypsilonových kostí, které jsou při konzumaci potenciálně nebezpečné. Nejvyšší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 3,00 N a naopak nejnižší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 0,25 N. Rozdíly mezi jednotlivými měřeními byli až 2,75 N. Při měření pevnosti masa kapra bylo dosaženo průměrné hodnoty 0,79 N se směrodatnou odchylkou 0,80. Cepák použil k měření texturních vlastností kapra obecného TPA (Texture profile analyses). Výsledky není možné srovnat z důvodu různých hodnocených veličin.

5.6 Stanovení texturních vlastností masa pstruha duhového

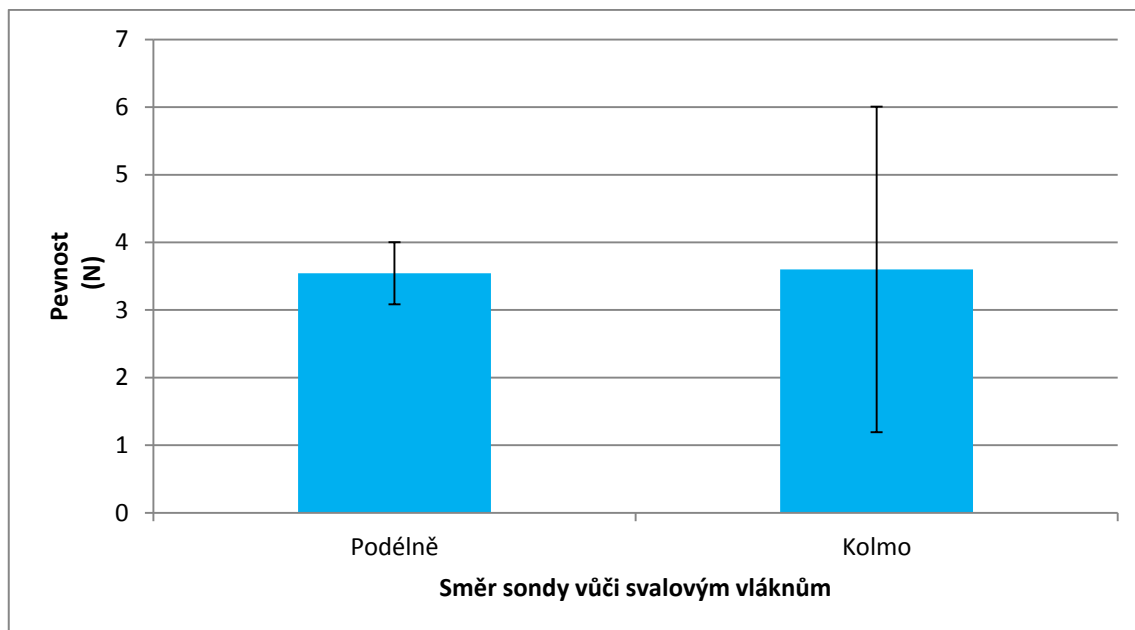
Na obrázku 8 je uvedeno srovnání výsledků stříhové zkoušky masa pstruha duhového stříhaného podélně vůči svalovým vláknům a stříhaného kolmo k svalovým vláknům. Mezi metodami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Nejvyšší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 1,35 N a naopak nejnižší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 0,24 N. Rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly až 1,11 N. Cepák (2013) použil k měření texturních vlastností pstruha duhového TPA (Texture profile analyses). Výsledky není možné srovnat z důvodu různých naměřených veličin.



Obrázek 8 Výsledky pevnosti masa pstruha duhového stanovené metodou MORS

5.7 Stanovení texturních vlastností masa lína obecného

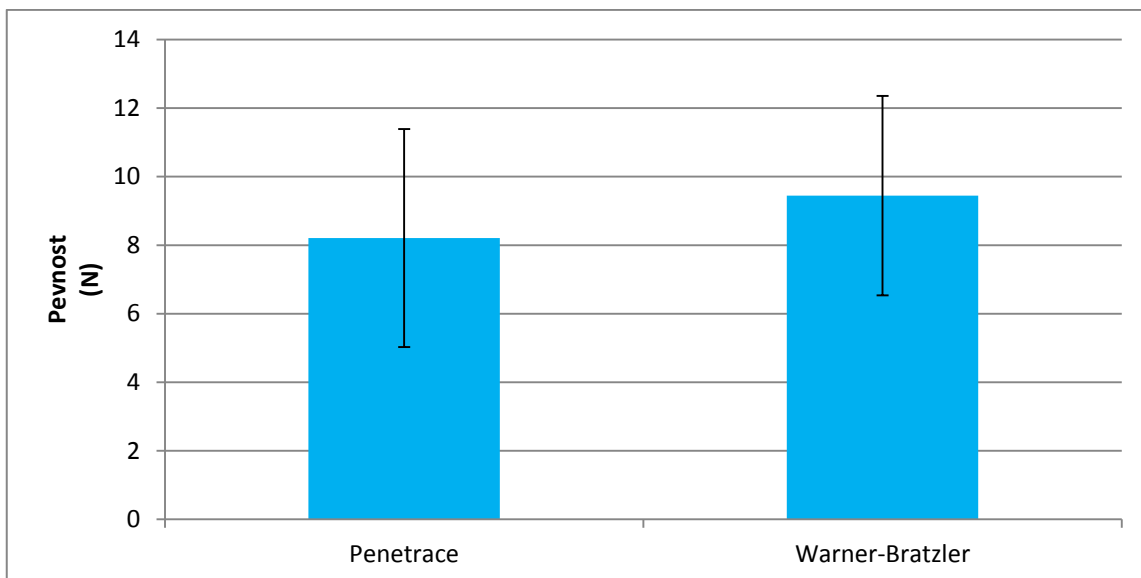
Na obrázku 9 je uvedeno srovnání výsledků stříhové zkoušky masa lína obecného stříhaného podélně vůči svalovým vláknům a stříhaného kolmo k svalovým vláknům. Nejvyšší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 9,40 N a naopak nejnižší naměřené hodnoty dosahovaly hodnoty 1,30 N. Rozdíly mezi jednotlivými měřeními byly až 8,1 N. Mezi měřeními nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl. Směrodatná odchylka u měření texturních vlastností masa lína obecného kolmo ke svalovým vláknům byla 2,40, zatímco směrodatná odchylka u měření podélně se svalovými vlákny byla 0,46 N z čehož vyplývá větší variabilita výsledků jednotlivých měření u metody měření kolmo ke svalovým vláknům. Výsledky není možné srovnat s jinými autory z důvodu absence publikací se srovnatelnými vzorky.



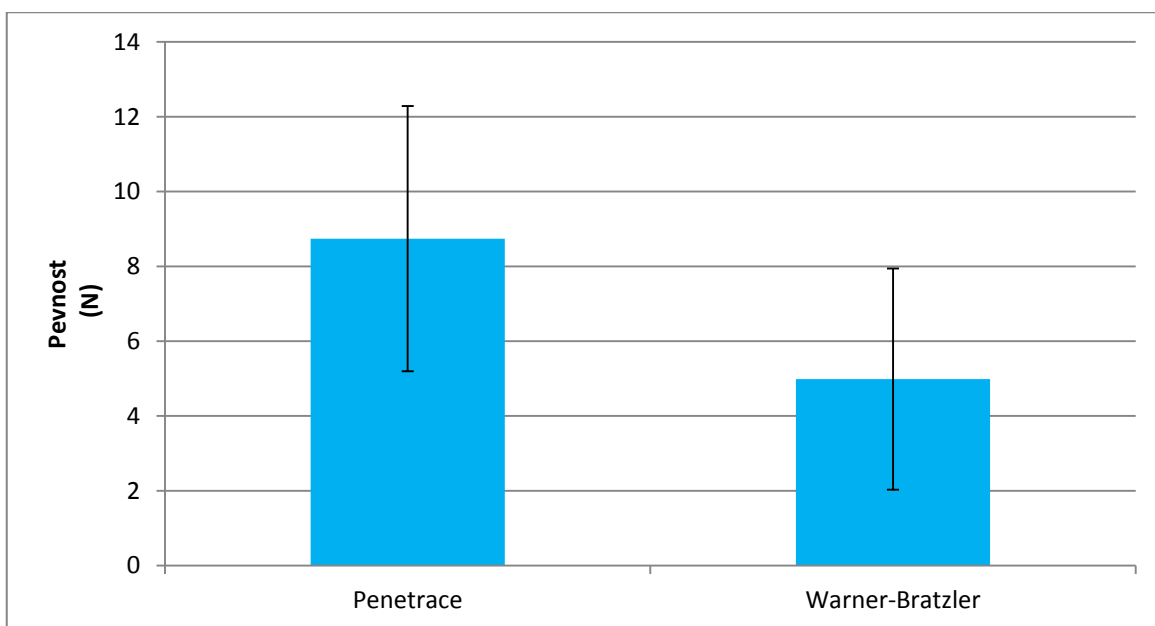
Obrázek 9 Výsledky pevnosti masa lína obecného stanovené metodou MORS

5.8 Zhodnocení texturních vlastností stanovených různými metodami

Při porovnání jednotlivých testů pro stanovení texturních vlastností pomocí výsledků pro jednotlivé druhy výrobků z rybího masa a rybího masa bylo prokázáno, že mezi měřením texturních vlastností výrobků na bázi surimi i rybích prstů penetračním testem a stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera existuje statisticky významný rozdíl ($p < 0,05$). Porovnání obou metod pro výrobky na bázi surimi je uvedeno na obrázku 10 a pro rybí prsty na obrázku 11. Nahradit jednu metodu druhou tedy nelze doporučit.



Obrázek 10 Srovnání výsledků metod pro stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi



Obrázek 11 Srovnání výsledků metod pro stanovení texturních vlastností rybích prstů

6 ZÁVĚR

Fyzikální vlastnosti jakými je zejména textura jsou společně se vzhledem, šťavnatostí a chutí jednou z nejdůležitějších vlastností rybího masa a výrobků z ryb. Textura je široký a obtížně definovatelný pojem, který zahrnuje řadu vlastností, jakými jsou pevnost, pružnost, žvýkatelnost a šťavnatost. Stanovení fyzikálních vlastností zahrnuje hodnocení lidskými smysly nebo mechanickými prostředky.

Cílem diplomové práce bylo srovnání a zhodnocení různých druhů objektivních metod pro měření fyzikálních vlastností v podobě textury rybího masa a výrobků z ryb. K testování byl vybrán penetrační test a stříhová zkouška dle Warner-Bratzlera. Testování bylo provedeno na přístroji TIRA test 27025. Byly sledovány fyzikální vlastnosti 9 vzorků surimi tyčinek ve zmrazeném stavu a 2 druhy surimi tyčinek v chlazeném stavu. Dále byly sledovány fyzikální vlastnosti 4 druhů rybích prstů ve zmrazeném stavu. Všechny výrobky z rybího masa pocházely z tržní sítě. Dále byly využity vzorky ryb a to kapra obecného, pstruha duhového a lína obecného v úpravě filet s kůží a v chlazeném stavu. Při stanovení texturních vlastností surimi tyčinek penetračním testem bylo zjištěno, že mezi jednotlivými vzorky byly rozdíly až 15,66 N a mezi jednotlivými vzorky byly zjištěny významné statistické rozdíly. Výsledky penetračního testu výrobků na bázi surimi se pohybovaly v rozmezí 1,99 N až 17,56 N. Při celkovém zhodnocení penetračního testu jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích výrobků lze uvést, že sonda většího průměru není vhodná pro stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi. Při stanovení texturních vlastností surimi tyčinek stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera bylo zjištěno, že mezi jednotlivými vzorky nebyl zjištěn statisticky průkazný rozdíl. Výsledky stříhové zkoušky dle Warner-Bratzlera surimi tyčinek se pohybovaly v rozmezí 15,80 N a 5,59 N. Metoda dle Warner-Bratzlera byla vyhodnocena jako nevhodná pro srovnání různě velkých druhů surimi tyčinek. Hodnoty získané stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera vykazovaly vyšší variabilitu ve srovnání s hodnotami získanými penetračním testem. Při stanovení texturních vlastností rybích prstů penetračním testem bylo zjištěno, že mezi jednotlivými vzorky byl rozdíl až 14,85 N a mezi jednotlivými vzorky byl zjištěn statisticky významný rozdíl. Výsledky penetračního testu rybích prstů se pohybovaly v rozmezí 11,06 N a 6,04 N. Při celkovém zhodnocení penetračního testu

jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích prstů lze uvést, že je vhodná pro stanovení texturních vlastností rybích prstů. Při stanovení texturních vlastností rybích prstů metodou dle Warner-Bratzlera bylo zjištěno, že mezi jednotlivými vzorky byl zjištěn rozdíl až 8,94 N a nebyly zjištěny statisticky průkazné rozdíly mezi jednotlivými druhy rybích prstů. Výsledky měření rybích prstů metodou dle Warner-Bratzlera se pohybovaly mezi 7,85 N a 2,15 N. Při celkovém zhodnocení Warner-Bratzlerových nůžek jako metody pro stanovení mechanických vlastností rybích prstů lze uvést, že je vhodný pro stanovení texturních vlastností těchto výrobků. Při porovnání jednotlivých testů pro stanovení texturních vlastností pomocí výsledků pro jednotlivé druhy výrobků z rybího masa a rybího masa bylo prokázáno, že mezi měřením texturních vlastností výrobků na bázi surimi i rybích prstů penetračním testem a stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera existuje statisticky významný rozdíl

Texturní vlastnosti rybí svaloviny byly hodnoceny metodou MORS. Filety Kapra obecného byly hodnoceny pouze kolmo ke svalovým vláknům a naměřené hodnoty se pohybovaly v rozmezí 3,00 N a 0,25 N. Mezi jednotlivými měřeními byly rozdíly až 2,75 N. Filety pstruha duhového byly hodnoceny podélně vůči svalovým vláknům a stříhaného kolmo k svalovým vláknům. Mezi metodami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl a rozdíly mezi jednotlivými měřeními dosahovaly až 1,11 N. Výsledky měření se pohybovaly v rozmezí 1,35 N a 0,24 N. Filety Lína obecného byly hodnoceny podélně vůči svalovým vláknům a stříhaného kolmo k svalovým vláknům mezi metodami nebyl zjištěn statisticky významný rozdíl a mezi jednotlivými měřeními byl zjištěn rozdíl 8,1 N. Výsledky se pohybovaly v rozmezí 9,40 N a 1,3 N.

Texturní vlastnosti rybího masa a výrobků z ryb jsou důležitý parametr kvality, o který stále roste zájem, což vede k vývoji nových metod pro hodnocení fyzikálních vlastností.

7 SEZNAM LITERATURY

ANDO M., TOYOHARA H., SCHIMIZU Y., SAKAGUCHI M., 1993: *Post mortem* tenderization of fish muscle due to weakening of pericellular connective tissue. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59, 1073 – 1076 s. ISSN 0021-5392.

AROCHA P. M., TOLEDO R. T., 1982: Descriptors of texture profile analysis of frankfurter-type products from minced fish. *Journal of Food Science*, 47, s.695 – 698 ISSN 1750-3841.

ASHTON T. J., MICHIE I., JOHNSTON I. A., 2010: A Novel Tensile Test Method to Assess Texture and Gaping in Salmon Fillets. *Journal of Food Science*, 75(4), s. 182 – 190 ISSN 1750-3841.

BARTON-GADE P. A., CROSS H. R., JONES J. M., WINGER R. J., 1988: Factors affecting sensory properties of meat. In: CROSS H. R., OVERBY A. J., Meat science, milk science and technology. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 458 s. ISBN 0444425780.

BOURNE M. C., 2002: *Food texture and viscosity concept and measurement*. An Elsevier Science Imprint, London, 426 s. ISBN 0-12-119062-5.

BOUTON P. E., HARRIS P. V., 1972: A comparison of some objective methods used to assess meat tenderness. *Journal of Food Science*, 37(2), s. 218–221 ISSN 1745-4603.

BOUTON P. E., HARRIS P. V., SHORTHORSE W. R., 1975: Changes in shear parameters of meat associated with structural changes produced by aging, cooking and myofibrillar contraction. *Journal of Food Science*, 40(6), s. 1122 – 1126 ISSN 1750-3841.

BRACHO G. E., HAARD N. F., 1990: Determination of collagen crosslinks in rockfish skeletal muscle. *Journal of Food Biochemistry*, 14(4), s. 435-451 ISSN 1745-4514.

BREMNER H. A., 1992: Fish flesh structure and the role of collagen-its post-mortem aspects and implications for fish processing. *Developments in Food Science*, 30, s. 39 – 62 ISBN 978-0-444-82590-2.

BRITANICA, 2016: Fish processing. Encyklopedie online [cit. 2014]. Dostupné na: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/208602/fish-processing>

BUCHTOVÁ H., 2001: *Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů alimentární onemocnění z ryb mrazírenství*. Ediční středisko veterinární a farmaceutické univerzity, Brno, 164 s. ISBN 80-7305-401-9.

BUCHTOVÁ H., 2001: Jakostní a hygienické parametry požitelných částí kapra obecného (*Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758). *Veterinářství*, 51, s. 472 – 476 ISSN 0506-8231.

BURGIN J. M., ROGERS R. M., AMMERMAN G. R., 1985: Effects of salt and tripolyphosphate on some quality characteristics of breaded patties made from catfish trimmings. *Journal of Food Science*, 47, s. 695 – 698 ISSN 1750-3841.

BUTTKUS H., 1967: The reaction of myosin with malonaldehyde. *Journal of Food Science*, 32, 432 s. ISSN 1750-3841.

CARECHE M., BARROSO M., 2009: Instrumental texture measurement. In: REHBEIN H., OEHLENSCHLÄGER J., *Fishery Products: Quality, Safety and Authenticity*. Wiley-Blackwell publishers UK, s. 214-239 ISBN 978-1-4051-4162-8.

CASAS C., MARTINEZ O., GUILLEN M. D., PIN C., SALMERON J., 2006: Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods. *Food Control*, 17(7), s. 511-515 ISSN 0956-7135.

CEPÁK M., VÁCHA F., VEJSADA P., 2009: *Měření profilu textury masa Kapra obecného za použití analyzátoru textury TA.XTPlus*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 22 s. ISBN 978-80-85887-93-8.

CEPÁK, 2013: Autoreferát disertační práce, Možnosti ovlivňování textury masa kapra obecného (*Cyprinus caprio*) technologií chovu. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 31 s.

DA PONTE D.J.B., HERFST J.M., ROOZEN J.P., PILNIK W., 1985: Effect of different types of carrageenans and carboxymethyl cellulose on the stability of frozen stored minced fillets of cod. *Journal of Food Technology*, 20, s. 587-598 ISSN 1993-6036.

DELBARRE-LADRAT C., CHERET R., TAYLOR R. VERREZ-BAGNIS V., 2006: Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the

myofibrillar structure. *Critical reviews in Food Science and Nutrition* 46, s. 409 – 421
ISSN 1040-8398.

DUNAJSKI E., 1980: Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 10 (4), s.
301–318 ISSN 1745-4603.

ERIKSON, U., 1997: *Muscle quality of Atlantic salmon *Salmo salar* as affected by handling stress*. Dr. Ingeniør Thesis. Norwegian University of Science and Technology, Trondheim.

FAO, 2016: *Rigor in fish*. Online [cit. 2016-02-15]. Dostupné na
[http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5914e/x5914e01.htm#How does rigor affect handling and processing](http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5914e/x5914e01.htm#How%20does%20rigor%20affect%20handling%20and%20processing)

FAO, 2016: *The composition of fish*. Online [cit. 2016-03-01]. Dostupné na
<http://www.fao.org/wairdocs/tan/x5916e/x5916e01.htm>

FERNANDES R, 2009: *Microbiology Handbook: Fish and Seafood: Edition 2*.
Leatherhead [England] : Leatherhead Pub. Cambridge: Royal Society of Chemistry, 258
s. ISBN 978-1-905224-76-0.

HALL G. M., AHMAD N. H., 1997: Surimi and fish-mince products. In: HALL G. M.,
Fish Processing Technology. Springer US, 2, 288 s. ISBN 978-1-4613-1113-3.

HALLET I. C., BREMNER H. A., 1988: Fine structure of the myocommata-muscle fibre
junction in hoki (*Macruronus novaezelandiae*). *Journal of the Science of Food and
Agriculture*, 44, 245-261 s. ISSN 0022-5142.

HATAE K., TOBIMATSU A., TAKEYAMA M. MATSUMOTO J.J., 1986: Contribution of
the connective tissues on the texture difference of various fish species. *Nippon Suisan
Gakkaishi*, 52, s. 2001 – 2007 ISSN 0021-5392.

HOWGATE P., 1977: Aspects of fish texture. In: BIRCH G. G., BRENNAN J. G., PARKER
K. J., *Sensory Properties of Foods*. Applied Science Publishers Ltd., London, 326 s.
ISBN 0-85334-744-1.

HOWGATE P., 1979: Fish. In: VAUGHAN J. G., *Food Microscopy*. Academic Press Inc.,
London, 651 s. ISBN 9780127153506.

HOZÁKOVÁ M, PLEŠTILOVÁ L., 2006: ČSN 56 9602 Pravidla správné hygienické a výrobní praxe - Ryby, vodní živočichové a výrobky z nich: Guides to good hygiene and manufacture practice - Fish and fishery products. Praha: Český normalizační institut, 23 s.

HUSS H. H., 1995: Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical Paper*, Řím, 348, 195 s. [cit. 2016 - 03 08] Dostupné na: <http://www.fao.org/docrep/v7180e/v7180e02.htm>

HYLDIG G., GREEN-PETERSEN D. M. B., 2005: Quality index method – an objective tool for determination of sensory quality. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 13, s. 71-80 ISSN 1049-8850.

HYLDIG G., NIELSEN D., 2001: A review of sensory and instrumental methods used to evaluate the texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 32, s. 219 – 242 ISSN 1745-4603.

CHAMBERS E., BOWERS J. R., 1993: Consumer perception of sensory quality in muscle foods. *Food Technology*, 47(11), s. 116 – 120 ISSN 0015-6639.

CHUNG K.H., LEE C.M.: 1990: Relationships between physicochemical properties of nonfish protein and textural properties of protein-incorporated surimi gel. *Journal of Food Science*, 55, s. 972 – 975 ISSN 1750-3841.

INGR I., 2010: *Jakost a zpracování ryb*. Mendelova univerzita v Brně, 102 s. ISBN 978-80-7375-382-5.

JARENBÄCK L., LILJEMARK A., 1975: Ultratructural changes during frozen storage of cod (*Gadus morthua*). *International Journal of Food Science and Technology*, 10, s. 309 – 325 ISSN: 1365-2621.

JEŽEK F., BUCHTOVÁ H., 2005: Physical and Chemical Changes in Fresh Chilled Muscle Tissue of Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Packed in a Modified Atmosphere. *Acta Veterinaria*, 76 (8), s. 83 – 92 ISSN 1801-7576.

JOHNSTON I. A., ALDERSON R., SANDHAM, C., DINGWALL A., MITCHELL D., SELKIRK C., NICKEL D., BAKER R., ROBERTSON B., WHYTE D., SPRINGATE J., 2000: Muscle

fibre density in relation to the colour and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmosalar L.*). *Aquaculture*, 189, s. 335 – 349 ISSN 0044-8486.

JOHNSTON I. A., LI X., VIEIRA V. L. A., 2006: Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon, *Aquaculture*, 256 (1-4), s. 323-336 ISSN 0044-8486.

KARVINEN V. P., BAMFORD D. H., GRANROTH B., 1982: Changes in muscle sub cellular fractions of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) during cold and frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 33, s. 763 – 770 ISSN 1097-0010.

KIM, J. W. PARK, 2000: In *Surimi and Surimi Seafood* CRC Press, 520 s. ISBN 0824703723.

KONEČNÝ S., 1996: Hodnoty pH a amoniaku ve svalovině importovaných mražených mořských ryb a mořských živočichů. *Veterinářství*, 46 (1), s. 14 – 16 ISSN 0506-8231.

LAWRIE R. A., 1988: *Developments in Meat Science*, svazek 4. Elsevier Applied Science, Londýn, 361 s. ISBN 1851661980.

LOVE R. M., 1968: Ice formation in frozen muscle. In: HAWTHORN J., ROLFE E., *Low Temperature Biology of Foodstuffs*. Pergamon Press, Oxford, s. 105 – 124 ISBN 9781483154626.

LU R. F., ABBOTT J. A., 2000, Force/deformation techniques for measuring texture. In: KILCAST D., *Texture in food*, Volume 2: Solid Foods. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, Cambridge, 537 s. ISBN 1-85573-724-8.

LUSK S., BARUŠ V., VOSTRADOVSKÝ J., 1992: *Ryby v našich vodách*, 2. vydání, Academia, Praha, 248 s. ISBN 80-200-0231-6.

MACKIE M., 1993: The effect of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, 9, s. 575 – 610 ISSN 1525-6103.

MATSUMOTO J.J., 1980: Chemical deterioration of muscle proteins during frozen storage. In: WHITAKER J.R., FUGIMAKI M.: *Chemical Deterioration of Proteins*. ACS Sympos. Ser. 123. Amer. Chem. Soc., Washington, D. C., s. 95 – 124 ISBN 9780841206908.

- MOSKOWITZ H. R., 1987: *Food texture*. CRC Press 1987: 352 s. ISBN 0824775856.
- NAKAYAMA T., LIU D. J., OOI A., 1992: Tension change of stressed and unstressed carp muscles in isometric *rigor* contraction and resolution. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 58, s. 1517 – 1522 ISSN 0021-5392.
- PARK J. W., 2014: *Surimi and surimi seafood*. Third edition, CRC Press Taylor & Francis Group, 636 s. ISBN 978-1-4398-9858 -1.
- PARK J.W., LANIER T.C., 1987: Combined effects of phosphates and sugar or polyol on protein stabilization of fish myofibril. *Journal of Food Science*, 52, s. 1509-1513 ISSN 1750-3841.
- PARK J. W., LIN T. M. J., 2005: Surimi: Manufacturing and Evaluation. In: PARK J. W., *Surimi and surimi seafood*. CRC Press Boca Raton, FL, 2, 929 s. ISBN 1420028049.
- POHOŘELICKÝ KAPR, 2016: Online [cit. 2016-04-19]. Dostupné na: <http://www.rybnikarstvi-pohorelice.cz/stranka/pohorelicky-kapr/>
- POKORNÝ J., ADÁMEK Z., DVOŘÁK J., ŠRÁMEK V., 1998: *Pstruhařství*, 2. vydání, Informatorium, Praha, 284 s. ISBN 80-86073-24-6.
- RODGER G., HASTINGS R., 1984: Role of trimethylamine oxide in the freeze denaturation of fish muscle – Is it simply a precursor of formaldehyde? *Journal of Food Science*, 49, s. 1640 – 1641 ISSN 1750-3841.
- RODGER G., WEDDLE R. B., CRAIG P., 1980: Effect of time, temperature, raw material type, processing and use of cryoprotective agents on mince quality. *Advances in Fish Science and Technology*, Connell JJ (ed.) Fishing News Books Ltd., Farnham, Surrey, England, s. 199 – 217 ISBN 81-7764-655-9.
- SAEED S., HOWELL N.K., 1999: High performance liquid chromatography (HPLC) and spectroscopic studies on fish oil oxidation products extracted from frozen Atlantic mackerel. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76, s. 391 – 397 ISSN 1558-9331.

SEKI N., TSUCHIYA H., 1991: Extensive changes during storage in carp myofibrila proteins in relation to fragmentation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57, s. 927 – 933 ISSN 0021-5392.

SHIMIZU Y., NISHIOKA F., 1974: Interactions between horse mackerel actomyosin and sarcoplasmic proteins during heat coagulation. *Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish*, 40, s. 231 – 234 ISSN 0021-5392.

SIGHOLT, T., ERIKSON, U., RUSTAD, T., JOHANSEN, S., NORDTVEDT, T., SELAND, A., 1997: Handling stress and storage temperature affect meat quality of farmed-raised Atlantic salmon *Salmo salar*. *Journal of Food Science*. 62, s. 898 – 905 ISSN 1750-3841.

SIKORSKI Z. E., KOLAKOWSKA A., SUN PAN B., 1990: The nutritive composition of the major groups of marine food organisms. In: SIKORSKI Z. E., *Seafood: Resources, Nutritional Composition and Preservation*. CRC press, Boca Raton, 256 s. ISBN 0849359856.

SIKORSKI Z., KOLAKOWSKA A., 1995: Changes in Proteins in Frozen Stored Fish. In: SIKORSKI Z., *Seafood proteins*. Springer US, 234 s. ISBN 978-1-4615-7828-4.

SIKORSKI Z., OLEY J., KOSTUCH S., 1976: Protein changes in frozen fish. *Critical Review of Food Science and Nutrition*, 8, s. 97 – 129 ISSN 1040-8398.

SMULDERS F. J. M., VAN LAACK H. L. J .M., 1992: Accelerated processing to improve the ageing response of meat. In: SMULDERS F. J. M. *et al.*, *New technologies for meat and meat products*. Eceeamst, Utrecht, 386 s. ISBN 90-800360-4-8.

STROUD G. D., 2001: *Rigor in Fish: The Effect on Quality*. FAO in partnership with Supportunit for International Fisheries and Aquatic Research Torry Advisory Note 36, Torry Research Station, Aberdeen, Scotland, 12 s.

SUZUKI T., 2010: *History of surimi technology and it's future*. 1st Surimi Forum Japan, Tokio, Japan.

SZCZESNIAK A. S., 1963: Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science*, 28(4), s. 385 – 389 ISSN 1750-3841.

SZCZESNIAK A. S., 2002: Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13 (4), s. 215-225, ISSN 0950-3293.

TACHIBANA K., TSUCHIMOTO M., 1990: Red sea bream. In: HIRAYAMA K., *Price formation and quality control of mariculture products*. Kouseisha-Kouseikaku, Tokyo, s. 48 – 54

TORNBERG G E., 1996: Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43, s. 175-191 ISSN 0260-8774.

TOYOHARA H., SHIMIZU Y., 1988: Relation of the *rigor mortis* of fish body and the texture of the muscle. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54, s. 1795 – 1798 ISSN 0021-5392.

VÁCHA F., 2000: *Zpracování ryb*. 1. vyd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 118 s., ISBN 80-7040-403-5.

VÁCHA F., VEJSADA P., 2013: *Zpracování ryb*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod, Vodňany, 178 s. ISBN 978-80-87437-52-0.

VELAND J. O., TORRISSEN O.J., 1999: The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Bratzler shear test. *Journal of Science of Food and Agriculture*, 79 (12), s. 1737 – 1746 ISSN 1097-0010.

VFU, 2016a, Inovace výuky veterinárních studijních programů v oblasti bezpečnosti potravin , Instrumentální hodnocení textury masa, drůbežích masných výrobků, trvanlivých masných výrobků, párků a paštik na přístroji Instron (punkční test, TPA, WB test). Online [cit. 2014-03-13]. Dostupné na http://cit.vfu.cz/ivbp/wpcontent/uploads/2011/07/2350_KA_1_4_V%C3%BDukov%C3%BD_materi%C3%A1l_studenti_Textura_LS2012_H1SA.pdf

VFU, 2016b, Inovace výuky veterinárních studijních programů v oblasti bezpečnosti potravin Stanovení texturních parametrů masa a masných výrobků. Online [cit. 2014-03-25]. Dostupné na: http://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/VY_01_49.pdf

VOISEY P. W., 1976: Engineering assessment and critique of instruments used for meat tenderness evaluation. *Journal of Texture Studies* , 7(1), s. 1 – 48. ISSN 1745-4603.

YAMANOE M., TAKAHASHI K., 1988: Effect of paratropomyosin on the increase in sarcomere length of *rigor*-shortened skeletal muscles. *The Journal of Biochemistry*, 103, s. 843 – 847 ISSN 1756-2651.

YOON K. S., LEE C. M., HUFNAGEL L. A., 1991: Effect of washing on the texture and microstructure of frozen fish mince, *Journal of Food Science* 56, s. 294-298 ISSN 1750-3841.

YOON W. B., PARK J. W., KIM B. Y., 1997: Linear programming in blending various components of surimi seafood. *Journal of Food Science*, 62, s, 561 – 564 ISSN 1750-3841.

8 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

Tabulka 1 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)	30
Tabulka 2 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)	31
Tabulka 3 Definice mechanických vlastností textury (Szczesniak, 2002)	32
Tabulka 4 Druhy testů pro měření textury potravin (Bourne, 2002)	36
Tabulka 5 Základní charakteristiky sledovaných surimi	55
Tabulka 6 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené penetračním testem u výrobků na bázi surimi	56
Tabulka 7 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera výrobků na bázi surimi	58
Tabulka 8 Základní charakteristiky sledovaných rybích prstů	59
Tabulka 9 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené penetračním testem u rybích prstů	59
Tabulka 10 Statistická průkaznost rozdílu pevnosti stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera u rybích prstů	61
Obrázek 1 Rozdíly mezi svalovinou tučných a bílých ryb (FAO, 2016)	14
Obrázek 2 Rozdíl v délce filetu před a po nástupu <i>rigor mortis</i> (Huss, 1988)	19
Obrázek 3 Přístrojové zařízení TIRAtest 27025	48
Obrázek 4 Výsledky pevnosti výrobků na bázi surimi stanovené penetračním testem	55
Obrázek 5 Výsledky pevnosti výrobků na bázi surimi stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera	57
Obrázek 6 Výsledky pevnosti rybích prstů stanovené penetračním testem	59
Obrázek 7 Výsledky pevnosti rybích prstů stanovené stříhovou zkouškou dle Warner-Bratzlera	60
Obrázek 8 Výsledky pevnosti masa pstruha duhového stanovené metodou MORS	62
Obrázek 9 Výsledky pevnosti masa lína obecného stanovené metodou MORS	63
Obrázek 10 Srovnání výsledků metod pro stanovení texturních vlastností výrobků na bázi surimi	64
Obrázek 11 Srovnání výsledků metod pro stanovení texturních vlastností rybích prstů	64