

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH

BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKA FAKULTA

KATEDRA RYBÁŘSTVÍ A MYSLIVOSTI

Studijní program: M4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Rybářství

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Možnosti ovlivnění textury masa kapra obecného**

***(Cyprinus carpio)***

Vedoucí diplomové práce  
doc. Ing. Františka Váchy, CSc.

Autor  
David Suchánek

**České Budějovice**

**Duben 2008**

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
Zemědělská fakulta  
Katedra rybářství a myslivosti  
Akademický rok: 2005/2006

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **David SUCHÁNEK**

Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**

Studijní obor: **Rybářství**

Název tématu: **Možnosti ovlivnění textury masa kapra obecného (*Cyprinus carpio*)**

**Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :**

Rybí svalovina je z dietetického hlediska pokládána za jednu z nejkvalitnějších a nejvíce ceněných potravin živočišného původu. Hlavním předpokladem udržení její vysoké nutriční a biologické hodnoty je především detailnější znalost o obsahu biologicky aktivních látek a o textuře svaloviny. Obsah těchto látek je v úzké vazbě na složení a kvalitu výživy ryb, u výrobků pak ve vazbě na formy zpracování.

V práci budou prověřeny možnosti ovlivnění textury rybího masa dobou skladování při různé teplotě na přístroji TA.XT-2. Tento přístroj je v ČR nově používán, nejsou známy podrobnější vazby a vztahy mezi různými technologickými opatřeními a hodnotami textury masa kapra. V práci budou dále uvedeny parametry - tuhost, soudržnost, pružnost a síla stříhu.

Cíle:

Stanovení vlivu skladovací doby a teploty ( $-18^{\circ}\text{C}$ ,  $+3^{\circ}\text{C}$ ) na texturu masa kapra obecného. Definovat změny textury rybího masa upraveného do výrobků.


Rozsah práce: 30 - 35stran  
Rozsah příloh: 10 - 15 tabulek a grafů  
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:


- Malcolm C. Bourne.: Food Texture and Viscosity Concept and Measurement, Academic press, 2002, 423 s.  
Hall, G., M.: Fish Processing Technology. Glasgow, Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, 1994, 309s.  
Clucas, I. J., Ward, A. R.: Post - harvest Fisheries Development: A Guide to Handling, Preservation, Processing and quality. Chatman maritime, Kent, 1996, 443s.  
Vácha, F.: Zpracování ryb, skriptum JU ZF Č. Budějovice 2000, 104 s.  
Velíšek, J.: Chemie potravin. OSSIS Tábor, 2002, soubor 3 knih.  
Vácha, F. Processing and food quality of freshwater fish. Social and Economy. Inland Fisheries and Fresh Water Aquaculture. CD Presentation, Budapest, 2004, Profet, FEAP Q5AM-2002-0256.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. František Vácha, CSc.  
Katedra rybářství a myslivosti  
Datum zadání diplomové práce: 3. března 2006  
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
v ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentův 13  
379 00 České Budějovice

  
prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.  
děkanka

L.S.

  
doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 30. března 2006

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Františka Váchy, CSc. K práci jsem použil literatury a pramenů uvedených v seznamu.

V Českých Budějovicích, dne 27.03. 2008

.....

Poděkování:

Především bych rád poděkoval doc. Ing. Františku Váchovi, CSc. za odborné vedení práce a cenné rady při zpracování této diplomové práce.

Dále velice děkuji Ing. Miloši Cepákovi za pomoc při provádění pokusů a také za veškerý jeho čas a ochotu při řešení problémů v průběhu celé práce.

Také děkuji Ing. Pavlu Vejsadovi, Ph.D. za pomoc při provádění pokusů a také za cenné rady a ochotu, se kterou se mi věnoval.

## **Abstract**

Texture was measured on texture analyzer TA.XT plus the manufacturer's Stable Micro System, using the methods of texture profile analysis (TPA) in the general carp fillets (*Cyprinus carpio*). Were measured basic textural properties such as hardness, chewiness, springiness and cohesiveness. Course of change of these textural characteristics were monitored during the freezing and marinating. In both cases, the differences statistically substantiating some textural properties.

Keywords: texture, textural properties, texture profile analysis, freezing, marinating, *Cyprinus carpio*

## **Souhrn**

Textura byla měřena na analyzátoru textury TA.XT plus od výrobce Stable Micro Systém za použití metody analýzy texturního profilu (TPA) na filetech kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Byly měřeny základní texturní vlastnosti jako je tuhost, žvýkatelnost, elasticita a soudržnost. Průběh změn těchto texturních vlastností byl sledován během doby zmrazení a marinování. V obou případech došlo k statisticky průkazným rozdílům některých texturních vlastností.

Klíčová slova: textura, texturní vlastnosti, analýza texturního profilu, zmrazování, marinování, *Cyprinus carpio*

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Literární přehled.....</b>	<b>2</b>
2.1. Definice textury .....	2
2.2. Hodnocení textury masa a masných výrobků .....	2
2.2.1. Senzorická analýza .....	3
2.2.2. Mechanické způsoby hodnocení textury.....	7
2.2.3. Chemické metody hodnocení textury .....	11
2.3. Složení rybí svaloviny .....	11
2.3.1. Obsah vody .....	13
2.3.2. Obsah bílkovin.....	13
2.3.3. Obsah tuků .....	13
2.3.4. Obsah sacharidů.....	14
2.3.5. Obsah minerálních látek .....	15
2.3.6. Vitaminy .....	15
2.4. Vaznost vody .....	16
2.5. Využití přístroje TA.XT plus.....	19
2.6. Typy sond .....	22
2.7. Možné změny v rybím mase během zmražení a doby uskladnění.....	23
2.7.1. Tvorba ledových krystalů .....	24
2.7.2. Změna proteinů během doby zamrazení.....	25
2.7.3. Oxidace lipidů.....	26
2.7.4. Aktivita TMAO.....	27
2.7.5. Vliv zmrazovací teploty.....	28
2.7.6. Vliv rychlosti zmrazování.....	29
2.7.7. Vliv kolísání teploty během zmrazení .....	31
2.7.8. Vliv účinku mikroorganismů na zmražené ryby.....	31
2.8. Marinování ryb .....	32
2.8.1. Rozdělení marinád .....	32
2.8.2. Studené marinády .....	32
<b>3. Materiál a metodika.....</b>	<b>36</b>
3.1. Zmrazování ryb.....	36
3.2. Marinování.....	40

<b>4. Výsledky</b> .....	<b>43</b>
4.1. Změna texturních vlastností během doby zmrazování .....	43
4.1.1. Teplota a pH během doby zmrazení .....	45
4.2. Změna texturních vlastností během doby marinování.....	45
4.2.1. Teplota vzorků .....	45
4.2.2. Teplota marinovací lázně.....	45
4.2.3. pH vzorků .....	46
4.2.4. pH marinovací lázně .....	46
4.2.5. Vliv doby marinování v první skupině .....	47
4.2.6. Vliv doby marinování ve druhé skupině.....	49
4.2.7. Vliv doby marinování v třetí skupině .....	51
4.2.8. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po dvou dnech.....	53
4.2.9. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po čtyřech dnech.....	55
4.2.10. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po sedmi dnech.....	56
<b>5. Diskuse</b> .....	<b>59</b>
<b>6. Závěr</b> .....	<b>62</b>
<b>7. Použitá literatura</b> .....	<b>63</b>
<b>8. Přílohy:</b> .....	<b>70</b>



## 1. Úvod

Textura masa je důležitý parametr pro sensorické hodnocení a technologické zpracování (Ingr, 2003). Pro hodnocení různých vlastností rybího masa se obvykle používá sensorická analýza, která je však časově náročná a nákladná. Proto bývá v posledních letech často nahrazována instrumentálními metodami. Z instrumentálních fyzikálních metod, které mají častější použití pro měření textury u ryb, je nejvhodnější metoda analýzy texturního profilu (TPA) a metoda měření síly ve stříhu podle Warnera a Bratzlera, protože nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením. Když se dělá paralelně se sensorickou analýzou, může být toto měření použité pro určení prahu přijatelnosti masa. Nejčastější příčinou špatné korelace sensorického a instrumentálního hodnocení bývá špatné provedení sensorického hodnocení, nedostatečná znalost toho, co instrumentální testy skutečně měří, chyby ve vzorkování, heterogenita vzorku.

Textura je komplex různých vlastností, skládá se z různého počtu fyzikálních vjemů, proto je vhodnější hovořit o „texturních vlastnostech“, které naznačují skupinu souvisejících vlastností, než o „textuře“, která naznačuje jen jeden parametr (Bourne, 2002). V mé práci jsem se zaměřil na stanovení základních texturních vlastností jako, je tuhost, žvýkatelnost, elasticita a soudržnost.

Cílem diplomové práce bylo osvojit si způsoby měření rybího masa na přístroji TA.XT plus od firmy Stable Micro a dále vyhodnotit základní texturní vlastnosti svaloviny kapra obecného (*Cyprinus carpio*). V prvním pokusu byly zjišťovány změny texturních vlastností během zmrazení a doby uskladnění. Texturní vlastnosti byly vyhodnocovány u čerstvých ryb a dále po čtyřech týdnech, po osmi týdnech a po dvanácti týdnech od doby zamrazení. V druhém pokusu byly zjišťovány změny texturních vlastností během doby marinování. Texturní vlastnosti byly vyhodnocovány u čerstvých vzorků, po dvou dnech, po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování.

Texturometr TA.XT plus je v České republice používán nově, proto nejsou známy podrobnější vazby a vztahy mezi různými technologickými opatřeními a hodnotami texturních vlastností masa kapra obecného.

## 2. Literární přehled

### 2.1. Definice textury

Textura je velmi široký a těžko definovatelný pojem. V různých odvětvích má rozdílné vysvětlení.

I když neexistuje plně uspokojivá definice textury, můžeme s vysokou určitostí tvrdit, že textura potravin má následující charakteristiky:

1. Je to skupina fyzikálních vlastností, které jsou odvozené od struktury potravin.
2. Patří pod mechanickou nebo reologickou skupinu fyzikálních vlastností. Optické, elektrické, magnetické a tepelné vlastnosti patří mezi fyzikální vlastnosti, které jsou z definice textury vyloučené.
3. Skládá se ze skupiny vlastností, ne jen z jedné vlastnosti.
4. Smyslově je textura primárně vnímána pomocí hmatu, převážně v ústech, ale i ostatní části těla se podílejí na jejím hodnocení (hlavně ruka).
5. Není spojená s chemickými smysly chuti a vůně.
6. Objektivní měření se provádí jen pomocí působení hmotnosti, vzdálenosti a času; například síla má rozměr  $mlt^{-2}$ , práce má rozměr  $ml^2t^{-2}$ , a pohyb má rozměr  $l^3t^{-1}$ .

Když se textura skládá z různého počtu fyzikálních vjemů, je vhodnější hovořit o „texturových vlastnostech“, které naznačují skupinu souvisejících vlastností, než o „textuře“, která naznačuje jen jeden parametr (Bourne, 2002).

Další možná definice textury, kterou formuloval Szczesniak (1990), je: „Textura může být definovaná jako sensorická manifestace struktury potravin a způsob, jakým tato struktura reaguje na aplikované síly: specifické smysly podílející se na tom jsou zrakové, kinestetické a sluchové“.

### 2.2. Hodnocení textury masa a masných výrobků

Textura má význam hlavně při vývoji technologie zpracování masa, při vývoji nových výrobků, např. při výběru vhodných přídatných látek (emulgátorů,

zahušťovadel, stabilizátorů), umožňujících zpracovatelům zachování textury při nižších nákladech (Smewing, 2000).

Při hodnocení textury se vychází ze vztahu mezi chemickým složením, strukturou a fyzikálními vlastnostmi. Studium textury proto zahrnuje jak oblast struktury, tak hodnocení texturálních vlastností lidskými smysly nebo mechanickými a chemickými prostředky (Tornberg, 1996).

Nejčastější použití mají senzorické a instrumentální metody. Usiluje se o postupné nahrazení senzorického hodnocení instrumentálním měřením, i když měřit texturu mechanickými způsoby je složité vzhledem k anisotropní a heterogenní struktuře masa, kterou mu udělují myofibrilární bílkoviny a pojivová tkáň. Vedle toho je mechanismus žvýkání při senzorickém hodnocení složitý; zahrnuje deformaci ve stříhu, stlačování a tahu. Navíc během žvýkání potravina podléhá změnám ve struktuře, teplotě a hydrataci vlivem kontaktu se slinami (Mathevon *at al.*, 1995).

Pro zjištění křehkosti masa se mohou použít další způsoby hodnocení, např. měření indexu fragmentace svalových vláken. Pro sledování struktury se používá také ultrazvuk, fluorescenční detekce a analýza obrazu, které mohou charakterizovat pojivovou tkáň a definovat možnou křehkost masa (Lepetit a Culioli, 1994).

Jelikož je textura vyjádření strukturálních vlastností potraviny, mohou být při testování správnosti instrumentálního a senzorického hodnocení použity mikroskopické a histologické metody (Szczesniak, 1968).

### **2.2.1. Sensorická analýza**

Při senzorickém hodnocení masa a masných výrobků se textura posuzuje pohledem, pohmatem a ochutnáváním v dutině ústní. Při ochutnávání v ústech lze rozlišit tři fáze: kousání, žvýkání a polykání. Lze přitom pozorovat až dvacet různých fyzikálních vlastností, které se dělí na mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti. Úkolem hodnotitele je kvalitativně určit vlastnosti a kvantitativně vyhodnotit jejich intenzitu.

Mechanické vlastnosti jsou ty, které se vztahují k reakci potraviny na mechanické namáhání, a dělí se do několika parametrů; uvádí je ČSN ISO 11036. Sensorické a fyzikální definice mechanických texturálních vlastností jsou uvedeny v tabulce číslo 1. První čtyři parametry se týkají přitažlivých sil, působících mezi částicemi potraviny a bránících rozpadu, zatímco přilnavost se vztahuje spíše na

povrchové vlastnosti. Soudržnost a žvýkatelnost se mechanicky neměří přímo, a proto se dopočítávají.

Geometrické vlastnosti souvisí s rozměrem, tvarem a uspořádáním částic potraviny. Jsou vnímány dotykovými receptory umístěnými v kůži, v ústech (zejména na jazyku) a v hrdle. Tyto vlastnosti jsou rozlišitelné podle vzhledu potraviny.

Tabulka č. 1: Definice mechanických vlastností textury

Parametry	Fyzikální definice	Senzorická definice	Technika /ČSN ISO 11036/
Základní			
Tvrдост	Síla potřebná pro 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).	Vzorek se vloží mezi stoličky nebo mezi jazyk a patro a rovnoměrně se skousne či stlačí. Posuzuje se síla potřebná ke stlačení potraviny.
Soudržnost	Míra, do jaké je materiál deformován předtím, než se rozruší. /Síla vnitřních vazeb/ Je-li soudržnost větší než přilnavost, výrobek drží dohromady a nepřilne na měřící zařízení. Měří se jako podíl práce druhého a prvního stlačení.	Mechanická texturní vlastnost, vztahující se ke stupni, do něhož může být látka deformována, než se rozpadne.	Vzorek se vloží mezi stoličky, stlačí a posuzuje se rozsah deformace před prasknutím.
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 k rozetření na podklad.	Lžice obsahující vzorek se vloží těsně před ústa a tekutina se stáhne ze lžice na jazyk. Posuzuje se síla potřebná ke stažení tekutiny na jazyk rovnoměrným způsobem.

Pružnost	Míra, do jaké se deformovaný materiál vrátí zpátky do stavu před jeho deformací poté, co byla deformující síla odejmuta. Je to vlastně elastický návrat po odnětí síly stlačení.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k rychlosti návratu stavu po deformujícím působením síly a k stupni, do něhož se deformovaný materiál vrátí do původního stavu po zrušení deformující síly.	Vzorek se vloží buď mezi jazyk a patro (je-li polotuhý) nebo mezi stoličky (tuhý) a částečně stlačí, zruší se síla a posuzuje stupeň a rychlost návratu do původního stavu.
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 lne k ústům nebo k podkladu.	Vzorek se umístí na jazyk, přitlačí na patro a posuzuje se síla potřebná k jeho odstranění jazykem.
Druhotné			
Lámavost (křehkost)	Síla, kterou se materiál láme; je to výsledek vysokého stupně tvrdosti a nízkého stupně soudržnosti.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti a k síle nezbytné k rozlámání výrobku na drobky nebo kousky.	Vzorek se vloží mezi stoličky a rovnoměrně skousne až se rozdrobí, zlomí nebo roztrhává. Posuzuje se síla, při níž se vzorek rozpadne.
Žvýkatelnost	Energie vynaložená ke žvýkání pevné potraviny na stav vhodný k polykání; je to výsledek tvrdosti, 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.	Vzorek se vloží do úst a zpracovává jedním žvýknutím za 1s silou srovnatelnou s tou, které je potřeba pro proniknutí gumovitou cukrovinkou za 0,5 s. Posuzuje se energie nebo počet žvýknutí, potřebný k úpravě vzorku do stavu, vhodného pro polknutí.

Gumovitost	<p>Energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin na stav vhodný pro polknutí, výsledek nízkého stupně tvrdosti a vysokého stupně soudržnosti.</p> <p>Gumovitost se vzájemně vylučuje se žvýkatelností, protože výrobek je buď polotuhý nebo tuhý.</p>	<p>Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti měkkého výrobku. V ústech se vztahuje na úsilí, potřebné k rozmělnění výrobku do stavu vhodného k polknutí.</p>	<p>Vzorek se vloží do úst a zpracovává se jazykem proti patru. Posuzuje se rozsah manipulací, které jsou nezbytné k rozmělnění potravy.</p>
------------	--	--	---

Povrchové vlastnosti se týkají počitků vyvolávaných vlhkostí anebo podílem tuku. V ústech se rovněž týkají způsobu, jakým jsou tyto složky uvolňovány. Vlhkost je povrchová texturní vlastnost, která popisuje vnímání vody absorbované nebo uvolněné z potravin. Znamená to nejen celkové množství vnímané vlhkosti, ale též typ, rozsah a způsob jejího uvolnění nebo absorpce. Obsah tuku je povrchová texturní vlastnost vztahující se na vnímání celkového podílu nebo jakosti tuku v potravině (ČSN ISO 110036; Jack *at al.*, 1995).

Pro kvantitativní popis texturálních charakteristik se kromě hodnocení jednotlivých vlastností používá analýza texturálního profilu. Profil textury se upřednostňuje proto, že poskytuje kompletní analýzu všech texturálních vlastností (Civille a Szczesniak, 1973).

ČSN ISO 11036 popisuje metodu vytvoření profilu textury potravinářských výrobků, zahrnuje intenzitu, tj. stupeň, do něhož je vlastnost vnímatelná, a pořadí výskytu vlastností, které může být vyznačeno následovně:

1. Fáze před žvýkáním nebo bez žvýkání zahrnuje všechny geometrické, vlhkostní a tukové vlastnosti vnímané vizuálně nebo dotykem (kůže, ruka, rty).
2. Při prvním skousnutí jsou pozorované mechanické a geometrické vlastnosti a vlastnosti tuku a vlhkosti, vnímané ústy. V této fázi pozorujeme tvrdost, soudržnost, hustotu nebo viskozitu a lámavost (křehkost).
3. Ve fázi žvýkání jsou vlastnosti jako žvýkatelnost, přilnavost a gumovitost vnímané dotykovými receptory v ústech během žvýkání anebo absorpce.
4. V reziduální fázi se hodnotí změny, které nastávají v průběhu žvýkání anebo

absorpce, jako je rozsah a typ rozmělnění, absorpce vlhkosti a tvorba povlaku v ústech.

5. Při polykání se vnímá snadnost polknutí a popis jakýchkoliv zbytků, zbývajících v ústech (Smewing, 2000; ČSN ISO 110036).

Šťavnatost je hodnocena podle množství šťávy uvolněné při žvýkání (Mathevon *at al.*, 1995).

Senzorická analýza závisí na zkušenostech hodnotitelů, je zdlouhavá a nákladná. Maso musí být před hodnocením tepelně opracované, což není bezpodmínečně nutné při mechanickém hodnocení (Risvik, 1994). Proto se dává přednost instrumentálnímu hodnocení (Culioli, 1995).

### **2.2.2. Mechanické způsoby hodnocení textury**

Ačkoliv je složité přesně definovat křehkost masa fyzikálními pojmy, tento pojem zahrnuje schopnost masa být stříhané, stlačované, mělněné, a tudíž závisí přímo na mechanických vlastnostech svalu. Proto se pro hodnocení křehkosti masa používají právě mechanické testy (Lepetit, 1994).

Mechanické způsoby hodnocení textury se dělí na fundamentální, imitující (napodobující) a empirické testy.

Fundamentální testy měří jednu nebo více fyzikálních vlastností pro přesný popis vlastností potraviny; výsledky těchto testů však špatně korelují se sensorickým hodnocením. Je to pochopitelné, protože potravina se silami v ústech rozbije na tisíce malých kousků, což není čistě inženýrská záležitost. Nejpoužívanějším fundamentálním testem je uniaxiální stlačování (Tornberg, 1996).

Pro hodnocení křehkosti masa se hodně používá empirických testů. Ačkoliv jejich definice není jednoduchá, výborně korelují se sensorickým hodnocením. Mechanická zařízení napodobují stříhání, penetraci, kousání, mělnění a stlačování zuby a jejich cílem je s nejvyšší spolehlivostí předpovědět vnímání křehkosti spotřebitelem. Obvykle se měří síla ve stříhu, průnik kovového hrotu do masa, síla potřebná ke stlačení vzorku do definované deformace, elektrický výkon potřebný k pomletí vzorku masa a namáhání svalu v tahu (Peyron, 1994).

Imitující testy napodobují některé aspekty žvýkání při sensorickém hodnocení. Jde většinou o stlačování napodobující počáteční fázi žvýkání. Data mohou být

analyzována a získá se texturální profil potraviny. Analýza profilu textury (TPA) nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením ( Tornberg, 1996).

Při sensorickém hodnocení je maso kousáno předními zuby a pak je mělněno stoličkami. Pro co nejlepší korelaci se sensorickým hodnocením je snaha u mnoha mechanických testů hodnocení textury napodobit tento děj, i když deformace, které se dosahuje mechanickými prostředky, neodpovídá úplně tomu, co se děje při žvýkání (Culioli, 1995). Pro rutinní hodnocení křehkosti masa se nejčastěji používá stříh a stlačování, zatímco mechanické vlastnosti jednotlivých strukturálních složek masa se hodnotí stlačováním a tahem (Tornberg, 1996).

Pro měření síly ve stříhu se obvykle používají přístroje s jedním nebo více nástavci (Culioli, 1995). Kramerovo zařízení používá více nástavců; výsledkem měření je průměr sil potřebných pro řezání masa, který závisí na počtu a tloušťce nožů. Tlustší nože maso spíše stlačují, tenčí nože maso stříhají. Měření na tomto zařízení zahrnuje společně deformaci stlačováním, stříháním, řezáním a extruzí (Kramer, 1972).

Metody, které napodobují měření síly ve skusu (Mirinz, Volodkevich), spočívají ve stlačování vzorků masa mezi dvěma tupými klíny. Zařízení Vodokevich je jedno z prvních zařízení, které měří texturální vlastnosti za podmínek simulujících žvýkání. Zakládá se na měření rychlosti průniku klínu vzorkem masa za současného měření tlaku.

Pro hodnocení textury masa se nejčastěji používá metoda stříhu dle Warnera a Bratzlera, protože nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením křehkosti. Toto zařízení měří sílu (nebo práci) ve stříhu masa definovaných rozměrů. Nejlepším prediktorem křehkosti je síla ve stříhu. Výsledky měření závisí na typu nože, který je buď ve tvaru trojúhelníku nebo čtverce, a na podmínkách analýzy, zejména na směru působení síly na svalová vlákna a na rychlosti měření. Při nepoužívanější konfiguraci je rovina stříhu vedena kolmo na svalová vlákna (Pearson a Dutson, 1999). Čím vyšší je rychlost měření, tím nižší je síla ve stříhu (Wheeler *at al.*, 1997). Také rozměry vzorku a způsob tepelné úpravy ovlivňují křehkost masa (Pearson a Dutson, 1999). Upřednostňuje se měření po tepelné úpravě (Culioli, 1995).

Nevýhodou měření dle Warnera a Bratzlera je, že zjištěné hodnoty nejsou výhradně odrazem křehkosti, ale výslednicí více veličin (síla řezání, síla potřebná ke stlačení vzorku při počátečním pronikání vzorkem, napětí v tahu při měření paralelně s vlákny, adheze při stříhání kolmo na svalová vlákna)(Berge *at al.*, 2001). Přesto se



předpokládá, že korelační koeficient mezi hodnotami síly ve stříhu dle Warnera a Bratzlera a sensoricky hodnocenou křehkostí dosažený v různých publikovaných pracích se pohybuje mezi 0,60 a 0,85. Je to uspokojivé, uváží-li se, že i v rámci sensorického hodnocení existuje variabilita (Smulders a Laack, 1992).

Stlačování se více používá pro masné výrobky než pro maso. Při stlačování v jednom cyklu se vzorky stlačují do 80 % výšky a naměřené hodnoty síly pak korelují s výsledky sensorické analýzy (Pearson a Dutson, 1999).

Měření v tahu je vhodnější pro hodnocení strukturálních složek a jejich změn než pro určení křehkosti. Používá se zejména pro studium posmrtných změn masa, a tedy pro hodnocení účinku zrání na křehkost masa (Honikel, 1998).

Penetrační metoda je principiálně založena na pronikání ostrého hrotu (většinou systému deseti jehel), zatíženého konstantní tíhou, do vzorku masa. Pro měření textury je důležitá standardizace podmínek vlastního měření (rozměry vzorků, orientace svalových vláken, rychlost a směr působení síly na svalová vlákna) (Honikel, 1998).

### **Metoda analýzy texturního profilu (Texture profile analysis – TPA)**

Metoda analýzy texturního profilu patří dnes mezi jednu z nejvyužívanějších metod mechanického stanovení texturových vlastností.

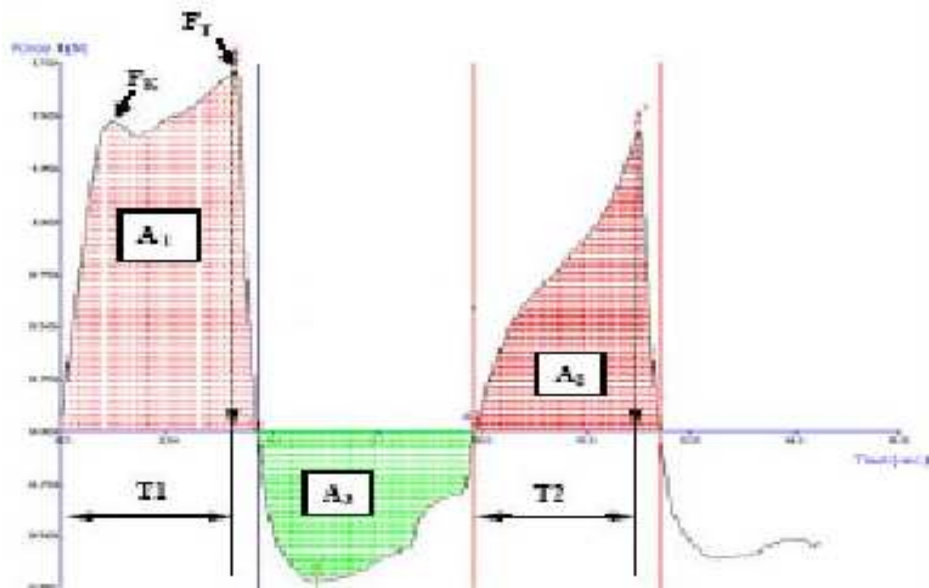
Instrumentální analýza texturního profilu hodnotí texturu potravin, přičemž lépe odráží sensorické vlastnosti textury než způsoby hodnocení, které měří jeden vybraný znak. (Arocha a Toledo, 1982; Bourne, 1978).

Začátek jejího vývoje spadá do počátku 60. let 20. století, kdy se skupina vědců ze společnosti General Foods pokusila o přesnější identifikaci jednotlivých texturových vlastností potravin. Pomocí této metody se dá získat široká škála konkrétních texturových vlastností, jejichž popis je uvedený v tabulce č. 1. Některé z nich se však navzájem vylučují, konkrétně žvýkatelnost a gumovitost. Proto by se při publikování výsledků z TPA měla uvádět buď jedna nebo druhá zmíněná vlastnost, ale ne obě najednou (Bourne, 2002). Které vlastnosti jsou měřeny, závisí na konkrétním výrobku (Arocha a Toledo, 1982).

Analýza texturního profilu hodnotí texturu potravin, přičemž lépe odráží sensorické vlastnosti textury než způsoby hodnocení, které měří jeden vybraný znak. Technika zahrnuje stlačování vzorku v několika cyklech za přesně definovaných podmínek. Tento test stlačování napodobuje žvýkání potravin a měří sílu vynaloženou

na potravinu, napodobující první dvě skousnutí při žvýkání potraviny. Při analýze texturního profilu jsou vzorky stejných rozměrů stlačovány mezi deskami ve dvou cyklech na různou výšku vzorku (Jeleníková, 2003). Lze vyhodnotit parametry primární (křehkost, tvrdost, soudržnost, přilnavost a elasticitu) a parametry sekundární (gumovitost a žvýkatelnost) viz. obr. č. 1. Mechanické vlastnosti, měřené proměnné a jejich rozměry jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Obr. č. 1: Graf analýzy texturního profilu



Primární parametry:

Křehkost -  $F_K$

Tvrdost -  $F_T$

Soudržnost -  $A_2 / A_1$

Přilnavost - plocha  $A_3$

Elasticita -  $T_2 / T_1$

Sekundární parametry:

Gumovitost - součin tvrdosti a soudržnosti ( pro polotuhé vzorky)

Žvýkatelnost - součin tvrdosti , soudržnosti a elasticity (u tuhých vzorků)

Tabulka č. 2: Mechanické vlastnosti měřené analýzou texturního profilu

Mechanická vlastnost	Měřená proměnná	Rozměr měřených proměnných
Křehkost	síla	$mlt^{-2}$
Tvrdost	síla	$mlt^{-2}$
Soudržnost	poměr	bezrozměrná
Přilnavost	práce	$ml^2 t^{-2}$
Elasticita	vzdálenost	l
Gumovitost	síla	$mlt^{-2}$
Žvýkatelnost	práce	$ml^2 t^{-2}$

### 2.2.3. Chemické metody hodnocení textury

Z chemických metod se pro hodnocení textury masa používá zejména hodnocení pojivové tkáně. Měří se rozpustnost kolagenu, charakter příčných vazeb a extrahovatelnost. Většina chemických metod je však pomalá a vyžaduje více zručnosti a vybavení než fyzikální metody, a tudíž se tyto metody moc nepoužívají (Pearson a Dutson, 1999).

Používají se také metody, které hodnotí vliv kontrakce svalu na křehkost masa (měření délky sarkomerů). Například vliv proteolýzy (index fragmentace myofibril) nebo biochemický index zrání masa. Tyto testy se používají pro vysvětlení důvodů, proč je maso křehké nebo tuhé, a ne pro zjištění absolutní hodnoty křehkosti (Smulders a Laack, 1992).

### 2.3. Složení rybí svaloviny

Základními nutrienty rybí svaloviny jsou zejména voda, bílkoviny a tuky, zatímco sacharidů je v ní zastoupeno pouze nepatrné množství (viz. tabulka 3). Rybí maso obecně obsahuje více vody než maso teplokrevných hospodářských zvířat. Obsah vody v rybí svalovině kolísá v rozmezí 60 - 80 % a je závislý na obsahu tuku, stadiu pohlavního cyklu a také na anatomickém uložení jednotlivých partií svaloviny v těže rybě (Vácha a Buchtová, 2005).

Tabulka 3: Obsah základních složek v rybím maso:

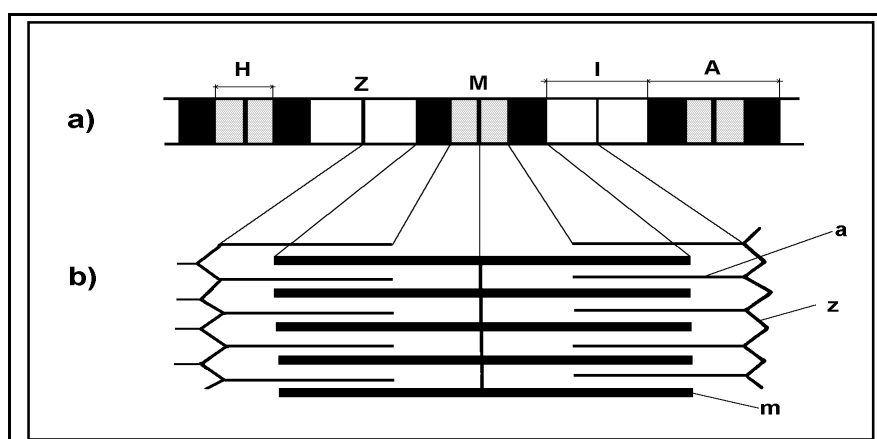
Složka	min.	průměr	max.
Bílkoviny	6	16-21	28
Lipidy	0,1	0,2-25	67
Sacharidy	<0,5	<0,5	<0,5
Minerální látky	0,4	1,2-1,5	1,5
Voda	28	66-81	96

Podle: Stansby, (1962); Love, (1970)

Rybí maso je dále dobrým zdrojem řady minerálních látek a vitaminů. Chemické složení rybího těla je nejen mezidruhově odlišné, ale liší se také v rámci jednoho druhu především v závislosti na výživném stavu, pohlaví, stadiu pohlavního cyklu a prostředí, v němž ryba žije (Buchtová a Vorlová, 2001).

Svalová tkáň, zejména příčně pruhovaná, je maso v užším slova smyslu. Její základní stavební jednotkou je svalové vlákno tvořené převážně myofibrilami (kontraktilní vláknité útvary). Pod polarizačním mikroskopem jsou na myofibrilách patrné jednodlovné (I - isotropní) a dvojdlovné (A - anisotropní) úseky; které se pravidelně střídají (viz obr. č.2). Pás A a dvě poloviny pásu I – tj. úsek mezi dvěma liniemi Z - se označuje jako sarkomer (Pipek, 1998).

Obr. 2: Struktura myofibrily



Podle: Pipek (1998)

a) H – Hensenův disk, Z – telofragma (Z-linie), M-mesofragma, I – isotropní pás, A – anisotropní pás b) z - telofragma, a - tenká (aktinová) filamenta, b - tlustá (myosinová) filamenta.

### **2.3.1. Obsah vody**

Obsah vody v těle není neměnný, neboť se za života ryb obvykle zvyšuje s přibližující se dobou tření. Vyšší výskyt vody ve svalovině má negativní vliv na senzorickou jakost rybího masa, neboť je příčinou jeho vodnatější a měkčí konzistence. Zároveň také negativně ovlivňuje údržnost rybího masa, která je u ryb obecně velmi krátká v důsledku jeho snadného mikrobiálního kažení (Buchtová a Vorlová, 2001).

Obsah vody kolísá ve svalovině kapra obecného v rozmezí 66,2 - 79,8 g/100 g svaloviny (Wheaton a Lawson, 1985).

Buchtová a Vorlová (2001) zjistily gravimetrickým stanovením obsah vody ve svalovině kapra průměrné hodnoty 72,39 g/100 g .

### **2.3.2. Obsah bílkovin**

Bílkoviny rybího masa jsou považovány za plnohodnotné, neboť obsahují všechny esenciální aminokyseliny, a to ve velmi vyváženém příznivém poměru. Navíc jsou lidským organismem dobře stravitelné a využitelné, neboť obsahují jen velmi málo neplnohodnotných pojivových bílkovin a elastin v nich není obsažen vůbec. Tato skutečnost je příčinou snadné a rychlé kulinární úpravy rybího masa.

Obsah proteinů je ve svalovině kapra v rozmezí 17,4-19,3 g/100 g (Wheaton a Lawson, 1985).

Buchtová a Vorlová (2001) uvádějí zjištěný průměrný obsah bílkovin 16,84 g/100 g. Podle Váchy (2000) obsahuje svalovina kapra 16,0 g/100 g proteinů a Matyáš *at al.* (1990) uvádí jako nejnižší obsah bílkovin ve svalovině 15 g/100 g. Z uváděných hodnot vyplývá velká přirozená variabilita v zjišťovaných chemických hodnotách látkového složení různých kusů ryb. Přesnost a správnost analyzovaných hodnot je navíc ovlivněna druhem použité metodiky a typem a výtěžností zařízení, na kterém je analýza prováděna.

### **2.3.3. Obsah tuků**

Tuk má v mase význam z hlediska senzorického, je nosičem řady aromatických látek. Lipidy se vyskytují jednak přímo ve svalovině (intramuskulární tuk), jednak ve zvláštní tukové tkáni (zásobní tuk). Z hlediska senzorického je významný zejména intramuskulární tuk, který ovlivňuje chutnost masa a zároveň způsobuje, že maso je

křehké. Tuk má významnou úlohu při vytvoření textury masných výrobků (Čepička *at al.*, 1999).

Rybí tuky patří mezi vysoce specifické výživové složky ryb především svým obsahem polynenasycených mastných kyselin eikosapentaenové a dokosahexaenové. Tyto esenciální mastné kyseliny hrají pro člověka významnou roli v prevenci srdečních a cévních onemocnění.

Obsah tuku patří k nejvíce proměnlivým složkám rybí svaloviny, neboť na jeho přítomnost v tělních tkáních ryb má vliv řada intravitálně působících faktorů. Průměrný obsah tuku ve svalovině ovlivňuje u tržních druhů ryb také délka jejich sádkování, kdy ryby nepřijímají potravu (Buchtová a Vorlová, 2001).

Hodnoty obsahu tuku ve svalovině kapra nejlépe vystihuje interval 3,3-14,8 g/100 g (Wheaton a Lawson, 1985).

Buchtová a Vorlová (2001) uvádějí, že hodnoty obsahu tuků ve svalovině kapra dosahují poměrně velkých rozdílů. Jejich nejnižší naměřená hodnota obsahu tuku činila 4,47 g/100 g svaloviny, nejvyšší pak 13,97 g/100 g, a to konkrétně u vzorků s laboratorně stanoveným nejvyšším (76,10 g/100 g) a nejnižším (69,47 g/100 g) obsahem vody ve svalovině, což dokazuje nepřímou závislost obsahu tuku na obsahu vody. Aritmetický průměr obsahu tuku ve svalovině kapra činil 9,2 g/100 g, což potvrzuje zařazení tohoto druhu sladkovodních ryb do skupiny ryb středně tučných.

Vácha, Buchtová (2005) uvádějí dělení ryb podle obsahu tuku:

1. málo tučné (libové) s obsahem tuku ve svalovině do 2 % - ze sladkovodních ryb sem patří např. štika obecná, candát obecný, okoun říční, z mořských ryb pak většina ryb treskovitých
2. středně tučné s obsahem tuku ve svalovině 2 - 10 % - ze sladkovodních ryb to je např. kapr obecný, pstruh, z mořských ryby platýsovitě
3. tučné s obsahem tuku ve svalovině více než 10 % - typickou tučnou sladkovodní rybou je úhoř říční, mezi tučné mořské ryby patří makrely, sledi, sardinky, šproti a také tuňáci
- 4.

#### **2.3.4. Obsah sacharidů**

Sacharidy jsou v živočišných tkáních obsaženy v malém množství, zastoupen je především glykogen a produkty jeho odbourávání – tzv. glykolytický potenciál. Podle

Váchy (2000) obsahuje rybí svalovina jen velmi malé množství sacharidů, obvykle méně než 0,5 g/100 g. Buchtová , Vorlová (2001) zjistily 0,55 g sacharidů ve 100 g svaloviny kapra.

### **2.3.5. Obsah minerálních látek**

Minerální látky tvoří zhruba 1 % masa a mají specifické funkce z hlediska metabolismu i z technologického hlediska (Pipek, 1998). Minerální látky jsou zastoupeny hlavně vápníkem a fosforem a jsou obsaženy zejména v rybích kůstkách. Ty jsou v průběhu některých technologických procesů (zejména marinování nebo konzervací v plechovkových obalech) změkčovány a konzumovány jako součást rybího masa. Stávají se tak pro lidský organismus cenným zdrojem minerálních látek. Mezi polotovary umožňujícími zvýšit stravou příjem minerálních látek patří také běžně vyráběné filety z kaprů s mechanicky prořezanými svalovými kůstkami, které mohou být v této formě bezpečně konzumovány (Vácha a Buchtová, 2005).

Hodnoty obsahu minerálních látek ve svalovině kapra nejlépe vystihuje interval 1,0-1,2 g/100 g (Wheaton a Lawson, 1985). Průměrný obsah minerálních látek ve vyšetřovaných vzorcích svaloviny kapra činí 1,02 g/100 (Buchtová a Vorlová, 2001).

### **2.3.6. Vitaminy**

Ryby jsou významným zdrojem lipofilních vitaminů A a D a také některých hydrofilních vitaminů B komplexu. Obsah vitaminu A v rybách a také vodních savcích je mnohem vyšší než v tělech jatečných zvířat. Vitamin A se ukládá především v játrech. Vitamin D se ukládá především v lipidech svaloviny a jeho hlavním zdrojem jsou tučné mořské ryby. Z vitaminů skupiny B je v rybách obsažen především vitamin B12, a to zejména ve svalovině sledů a makrel. Tmavě zbarvené maso obsahuje tohoto vitaminu několikanásobně více než bílá svalovina. Tyto dvě mořské ryby a také tuňák a ze sladkovodních ryb pstruh jsou bohatým zdrojem vitaminu B6. Vitamin B2 - riboflavin - je obsažen zejména v tmavé svalovině sledů a makrel. Kyselina pantotenová je obsažena v poměrně značných množstvích ve svalovině sledů a pstruhů. Tmavá svalovina přitom obsahuje 2 - 3x více tohoto vitaminu než svalovina bílá. V tučných rybách se také nachází značné množství kyseliny nikotinové (Vácha a Buchtová, 2005).

## 2.4. Vaznost vody

Schopnost masa vázat vodu je jednou z jeho nejvýznamnějších technologických vlastností, která ovlivňuje kvalitu výrobku (Ingr, 2003). Na vaznosti závisí i ekonomika výroby, především z hlediska ztrát vody při výrobě, skladování a při tepelném opracování.

U masa sladkovodních ryb je tato problematika méně známá. Vaznost masa ryb je nízká, ale konkrétní údaje nejsou známy v dostatečné míře. Rybí surovina v minulosti sloužila jen jako doplněk do masových výrobků (sekaná, klobásy atd.), u kterých bylo hlavním cílem tyto výrobky zlevnit. V současné době je však situace opačná, protože cena rybího masa se výrazně zvýšila. Významněji se uplatňuje snaha zaměřit se na vývoj výrobků jen z rybí suroviny, aby byly zachované její nutriční přednosti. Bez detailnějších znalostí vaznosti vody u rybího masa se vývoj nových výrobků neobejde (Pavlíček, 2001).

Vaznost je definovaná jako schopnost masa udržet svoji vlastní, případně i přidanou vodu při působení určité síly nebo jiného fyzikálního namáhání (tlak, záhřev apod. ). Čím je tato síla vyšší, tím víc vody přejde z imobilizovaného stavu do stavu volně pohyblivého.

Obvykle se vaznost vyjadřuje jako podíl vody vázané (tj. hydratační a imobilizované) k celkovému obsahu vody v mase, a nebo se naopak uvádí jako veličina představující obsah volné vody (Pipek *et al.*, 1999).

Schéma jednotlivých podílů vody v mase je uvedené v tabulce č. 4.

Tabulka č. 4: Jednotlivé podíly vody v mase

Voda	Hydratační, vázaná na polární skupiny: A) monomolekulárně – pravá hydratační voda B) multimolekulárně	Vázaná
	Imobilizovaná ve filamentech	
	Imobilizovaná mezi filameny	
	Uzavřená v sarkoplazmatickém prostoru	
	Extracelulární, vázaná kapilárně	Volná
Volně vytékající z masa		

Podle: Pipek (1997)



Hydratační voda se váže elektostaticky na disociované skupiny a vodíkovými můstky na nedisociované hydrofilní skupiny. Hlavní podíl vody v masě je voda „volná“ ve fyzikálně - chemickém smyslu. Avšak pouze její část je volně pohyblivá, část je uzavřena v buňkách a svalových vláknech, takže ani tato voda nevytéká z masa volně, nýbrž teprve po porušení příslušných buněčných obalů (Ingr, 2003).

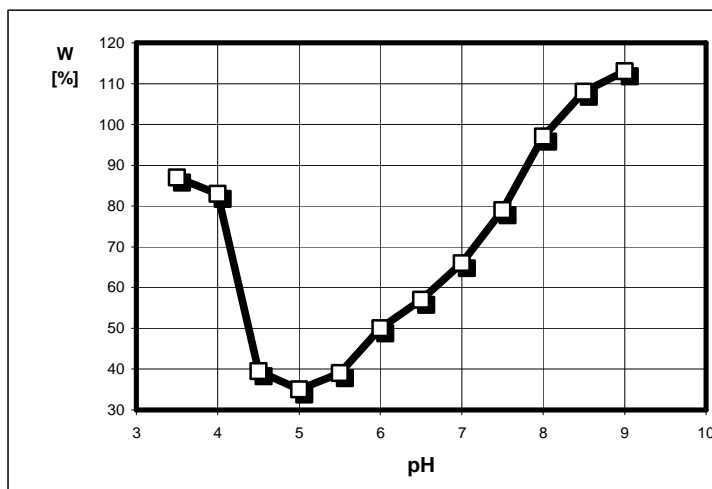
Imobilizovaná voda je ta část volné vody ve fyzikálně-chemickém smyslu, která při naříznutí masa nevytéká a k jejímuž uvolnění je třeba požit zvýšeného tlaku. Imobilizace vody nastává v síti membrán a filament strukturálních bílkovin. Imobilizace vody v masě je závislá na nábojích v molekule bílkoviny. Význam nábojů pro imobilizaci spočívá v ovlivnění přitažlivých a odpuzivých sil mezi jednotlivými peptidovými řetězci i dalšími strukturami svaloviny. Změnou poměru těchto sil se zvětšuje nebo zmenšuje prostor, do kterého se pak může imobilizovat více nebo méně vody. Uvnitř tohoto prostoru jsou molekuly vody navzájem propojeny vodíkovými můstky (Pipek, 1991).

Asi 70% celkového obsahu vody svaloviny je v myofibrilách, asi 20% v sarkoplazmě a asi 10% v minobuněčném prostoru. Toto rozdělení vody není neměnné, jednotlivé podíly vody můžou přecházet na principu difúze.

Na vaznost má vliv celá řada fyzikálních a chemických faktorů, jako je pH, teplota, množství soli, množství přidané vody, intravitální vlivy (kondice ryb, sezónní změny, pohlavní dospělost, období rozmnožování) a průběh postmortálních změn, kdy ve fázi rigoru mortis dochází k výraznému poklesu vaznosti, ale po ustoupení posmrtné ztuhlosti dochází k jejímu opakovanému vzestupu (Ingr, 2003).

Náboj bílkoviny a tím i vaznost významně závisí na pH. Při hodnotě pH přibližně 5,0 je vidět výrazné minimum vaznosti, které odpovídá hodnotě pH izoelektrického bodu, kdy je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny (viz obr. č. 3). Opačně nabitě skupiny se přitahují maximální silou (Pipek, 1991).

Obr. č. 3: Vliv pH na vaznost



Podle: Pipek (1991)

Úpravou pH svaloviny (okyselením nebo zalkalizováním) směrem od izoelektrického bodu dochází ke změně disociace funkčních skupin bílkovin, změní se rozložení kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny. Rozštěpí se tak některé příčné elektrostatické vazby a dochází k oddalování peptidových řetězců, v prostoru mezi nimi se imobilizuje více vody. Změny pH masa nastávají jak při posmrtných změnách, tak i při některých technologických operacích, kdy se pH záměrně upravuje. V mase a masných výrobcích se pH pohybuje v rozmezí hodnot 4 až 7 (Pipek, 1998).

Dalším z významných faktorů ovlivňujících vaznost je koncentrace rozpustných svalových bílkovin. Voda je vázaná na rozpustné bílkoviny (hlavně aktin a myozyn) a po tepelné denaturaci s nimi tvoří pevný gel. Vaznost masa je tím vyšší, čím více je přítomno rozpustných svalových bílkovin ve svalovině a čím víc je svalovina rozmělněna. S postupným rozkladem ATP dochází k vzestupu obsahu aktomyosinu, a tím ke zlepšení obsahu rozpustných bílkovin schopných vázat vodu a tuk (Steinhauser, 1995).

Mezi další faktory ovlivňující vaznost patří obsah tuku a technologický postup úpravy, jako je rozmělnování nebo míchání rybí suroviny, případně přidávání soli. Sůl je jedním ze základních aditiv využívaných při zpracování ryb. Nejen zlepšení vaznosti vody působí proti rozvoji mikroorganismů (Ooizumi *et al.*, 2003).

Vliv solí na vaznost je komplikovaný a jde vlastně o výsledek vlivu aniontu a kationtu. Vaznost svaloviny s rostoucí koncentrací soli zpočátku stoupá, dosahuje

maxima, aby opět klesala na původní hodnotu (odbobtnání). Bobtnání při vyšších iontových silách je způsobeno tím, že ionty neutrálních solí přitahují polární skupiny vody, a tím dehydratují bílkovinnou molekulu, což může vést při extrémních iontových silách až k denaturaci bílkovin, např. změnou bílkovinné struktury v důsledku štěpení vodíkových vazeb. Maximum vaznosti nastává při koncentraci soli asi 5 % , je však třeba vzít v úvahu i obsah vody a tuku. Vápenaté, hořečnaté, zinečnaté, železité a jiné vícemocné kationty snižují vaznost tím, že tvoří příčné vazby mezi peptidovými řetězci, takže dojde k zesíťování struktury. Zvláště pevná spojení jsou v místě, kde se aktin a myosin překrývají. Pokud jde o dvouvalentních iontů za jednovalentní, příčné vazby se uvolní a může být imobilizováno více vody. Nejúčinnější jsou soli, jejichž aniont má více negativních nábojů, např. citran nebo polyfosfát. Tímto způsobem je porušen zesíťující účinek vícemocných kationtů. Dochází k uvolnění bílkovinné struktury, a tím ke zvýšení podílu imobilizované vody (Ších *et al.*, 1981).

S rostoucí dobou skladování svaloviny je obecně prokázán pokles vaznosti vody masa. Svalovina s vysokou vazností je křehká a šťavnatá a má velmi dobré organoleptické vlastnosti, naproti tomu svalovina s nízkou vazností má velké ztráty vody, a při konzumaci se projevuje jako suchá (Shigemura *at al.*, 2004).

Metody měření vaznosti masa lze podle použité fyzikální metody rozdělit do těchto skupin: Jsou to metody bez použití síly (ztráty odkapem, ztráty výparem), metody za použití síly (lisovací metody, centrifugační metody, kapilární volumetrie, extrakční refraktometrická metoda) a metody měření s působením tepla (ztráty výparem). Mezi jednotlivými metodami nejsou jednoznačné přímé vztahy a metody mají uzančný charakter (Pipek, 1995).

## 2.5. Využití přístroje TA.XT plus

Filety z lososa obecného (*Salmo salar L.*) byly uskladněny po dobu čtrnácti dnů na ledu a poté byla měřena změna struktury a textury svalových vláken. Textura byla měřena metodou měření síly ve stříhu a výsledné hodnoty korelovaly se strukturálními změnami. Během dvaceti čtyř hodin došlo k významnému zhoršení textury a zároveň k uvolnění svalových vláken. Do pátého dne došlo k oddělení myomér od myosept. Pokus ukázal, že změna struktury filetů závisí na více jevech, zahrnujících na počátku narušení buněčného cytoskeletu a ztrátu pevnosti vazby mezi myoméry a později

narušení spojovacího systému mezi myoméry s následným oddělením od myosept (Taylo *at al.*, 2002).

Dále byly studovány texturní vlastnosti v různých částech čerstvých filet z lososa obecného. K vyhodnocení texturních vlastností byly použity tři instrumentální metody měření textury. K prvním dvěma metodám byla použita válcovitá a kulovitá sonda k měření textury filet. Třetí metoda byla založená na měření síly ve stříhu. Měřená tvrdost a síla ve stříhu se zvyšovala směrem od hlavy k ocasu a místo pod hřbetní ploutví bylo shledáno jako nejvíce vyhovující k měření. Metodou stříhu bylo zjištěno, že je citlivější než předchozí dvě metody a je vhodnější pro uplatnění v praxi (Sigurgisladottir *at al.*, 1999).

K využití přístroje došlo také ve studii, která zkoumala rozdíly mezi mikrostrukturou a texturou filet z čerstvého a uzeného lososa obecného. Tyto filety pocházely z faremního chovu a vykazovaly různé biologické rysy. Z každé ryby byl levý čerstvý filet nasolen a analyzován a pravý filet byl vyuzen a pak analyzován. U obou filetů byla měřena zároveň textura (Sigurgisladottir *at al.*, 2000).

Metoda měření síly ve stříhu byla využita pro hodnocení postmortálních změn textury v lososu obecném. Ryby byly usmrčeny oxidem uhličitým, elektrickým proudem nebo tupým předmětem. U ryb usmrčenými oxidem uhličitým nastoupily dříve postmortální změny v důsledku stresu před usmrčením. Nebyly prokázány žádné průkazné rozdíly ve vývoji rigor mortis a silou ve stříhu mezi rybami usmrčenými elektrickým proudem nebo tupým předmětem (Roth *at al.*, 2002).

K rozdílu měření smyslového hodnocení tuhosti uzeného lososa obecného a různými instrumentálními metodami hodnocení textury, kde byla prokázána korelace u syrových nebo uzených filetů lososa o tloušťce 25 mm za použití čtyř různých metod měření textury: dvou cylindrických sond o průměru 12.5 a 23 mm, Warner- Bratzlerova ostří a jedné kulovité sondy o průměru 25.4 mm. Smyslové hodnocení tuhosti korelovalo s výsledky rozborů měření při použití všech mechanických metod, ale nejvíce se shodovalo s měřením pomocí cylindrické sondy o průměru 12.5 mm u syrového filetu lososa ( při použití kompresní síly 90% ) a u cylindrické sondy 23 mm u uzeného lososa (při kompresní síle 90%) (Hyldig a Nielsen, 2001).

Pokus s lososem obecným byl navržen tak, aby zkoumal účinek fotoperiodického režimu na růst a kvalitu svaloviny v období mimo produkční sezónu jikernaček. Mladí lososi byli drženi po dobu deseti hodin na světle a čtrnáct hodin ve

tmě a po šesti týdnech byli přemístěni do nepřetržitého světla. Skupinu A tvořili lososi přenesení do nepřetržitého světla na krátkou dobu, zatímco lososi ze skupiny B byli vystaveni působení světla dvaceti čtyř hodin dlouhodobě. Po šesti až devíti měsících měly ryby chované na nepřetržitém světle vyšší růst než ryby ze skupiny A. Průměrná tělesná váha byla o 80% vyšší a počet svalových vláken na příčném řezu byl o 43.5% větší v skupině B než ve skupině A. Hustota svalových vláken byla o 7.5% vyšší ve skupině B oproti skupině A. Pevnost svalových vláken byla hodnocena na filetech třetí den po usmrcení. Bylo použito instrumentální metody měření textury pomocí přístroje TA Hdí Texture analyzátor. Tuhost tkáňových vzorků byla o 8.3% vyšší ve skupině B oproti skupině A. Koncentrace tuku ve svalu byla o 9.1% vyšší ve skupině A než u skupiny B. Vyhodnocení bylo takové, že nepřetržité světelné záření na ryby chované v slané vodě má malý, ale významný účinek na svalový růst, což má za následek vyšší hustotu svalových vláken a pevnější maso (Johnston *at al.*, 2004).

Charakteristické svalové rysy, které jsou důležité pro kvalitu rybího masa, byly hodnocené u lososa atlantského (*Salmo salar L.*), a to u volně žijících jedinců a jedinců z klecového chovu. Obsah tuku v mase byl o 46% vyšší u mladých lososů a 84% vyšší u dospělých lososů z klecových chovů než u volně žijících jedinců. Tvrdost filet byla měřena metodou stříhu pomocí texturního analyzátoru. Měření prokázalo, že síla stříhu byla vyšší u mladých lososů než u dospělých lososů a také významně větší u volně žijících lososů než u lososů z klecového chovu. Pokus prokázal lepší texturu masa u volně žijících ryb. Na závěr byla vyslovena hypotéza, že naměřené vyšší průměrné hodnoty tuhosti filet u volně žijících lososů než u lososů z klecových chovů jsou částečně přisuzovány vyšším koncentracím kolagenu u volně žijících ryb (Johnston *at al.*, 2006).

Tento experiment také zkoumal účinky stresu před usmrcením ryb a to, jak skladovací teploty ovlivňují pH, barvu a texturu masa. Ryby byly zklidněny buď nízkou dávkou MS-222 - nestresovaná skupina, nebo byly vystavené vzduchu po dobu 3 minut - stresovaná skupina, předtím než byly ponořeny do koupele s benzokainem. Pak byly ryby zabity úderem do hlavy, byla jim odříznuta žábra. Nakonec se ryby rozporcovaly a uložily buď při 4 nebo 20°C. Stresovaná skupina měla významně nižší hodnoty pH po zabítí (pH=7.0) než nestresovaná skupina (pH=7.3). Tento rozdíl přetrvával do odeznění rigor mortis u ryb uskladněných při 4°C, ale u ryb uskladněných při 20°C došlo ihned k snížení pH. K vyššímu délkovému stažení sarkomer a k vyšším barevným změnám

masa došlo výrazně u skupin ryb uchovávaných při vyšších teplotách a při větším stresovém zatížení před smrtí. Žádný významný vliv stresu na texturu masa nebyl pozorován. Pokus byl uzavřen s tím, že vysoká skladovací teplota má vliv na texturu masa ryb (Stien *at al.*, 2005).

Losos obecný byl uložen v ledu až dvacet čtyři dní a během uskladnění byly pozorovány změny v mase. Vyhodnocení bylo provedeno kvalitativně smyslovým zhodnocením a kvantitativně pomocí deskriptivní analýzy celkového počtu životaschopných bakterií produkujících sulfan a dále pomocí instrumentální metody texturního měření zkoušky tlakem. Byla zjištěna vysoká korelace mezi kvalitativním měřením a dobou uskladnění v ledu. Texturní měření indikovalo měknutí uskladněného masa (Sveinsdottir *at al.*, 2001).

Měření textury masa byla prováděna na lososovi obecném za použití dvou různých instrumentálních metod: texturní profilové analýzy a Warner - Brazlerovy zkoušky síly stříhu. U obou testů byla hodnocena schopnost rozlišit mezi masem čerstvě usmrceného lososa a masem lososa uloženého na ledu až po dobu dvaceti čtyř dnů. Oba testy proběhly dobře, ale zkouška síly stříhu byla trochu víc citlivá než texturní profilová analýza. Dále byly zkoumány dvě skupiny ryb: první skupina se nechala vyhladovět a druhá byla dva týdny před zabitím intenzivně krmena. Svalovina z krmené skupiny lososů ztratila svoji pevnost mírně rychleji než u vyhladovělé skupiny lososů, ale tento rozdíl byl zjistitelný jen během prvních dvou dnů po zamražení. Byly studovány účinky teploty, délka ryb, původ a technika měření. Prokázalo se, že mají velký vliv na výsledky měření pomocí instrumentálních metod. Také bylo prokázáno, že tloušťka filetu má velmi významný účinek na výsledky měření textury masa pomocí metody síly stříhem (Veland a Torrissen, 1999).

## 2.6. Typy sond

### Sondy kompresní

Skupina kompresních sond s plochým zakončením se vyrábí o průměru od 2 do 75 mm. Je vhodná ke zkoušení širokého okruhu vzorků. Kompresní sondy se používají k testům perforace a penetrace gelů, pektinů, jogurtů a margarínu a ke zjištění indexu pevnosti a meze tečení. Penetrační testy měří jak sílu v tlaku, tak ve smyku. Zjišťovány mohou být též vlastnosti jako viskoelastický tok, poddajnost, tlaková relaxace, plasticita

či viskozita. Sondy jsou vyrobeny z nerezové oceli, hliníku, plexiskla nebo Delrinu.

Kobova sonda:

Sonda s plochou  $1\text{ cm}^2$  pro standardní měření agarových gelů.

Sférické sondy:

Nejčastěji používané jsou čtyři sférické sondy s průměry (6,25-25,4 mm) a jedna hemisferická sonda. Používají se k měření lámavosti křupavých produktů jako jsou chipsy a dalších tzv. snack produktů. Mohou být též použity pro měření povrchové pevnosti ovoce, sýrů a obalových materiálů. Testování relaxace napětí u jemného pečiva za účelem stanovení čerstvosti.

Kónické sondy:

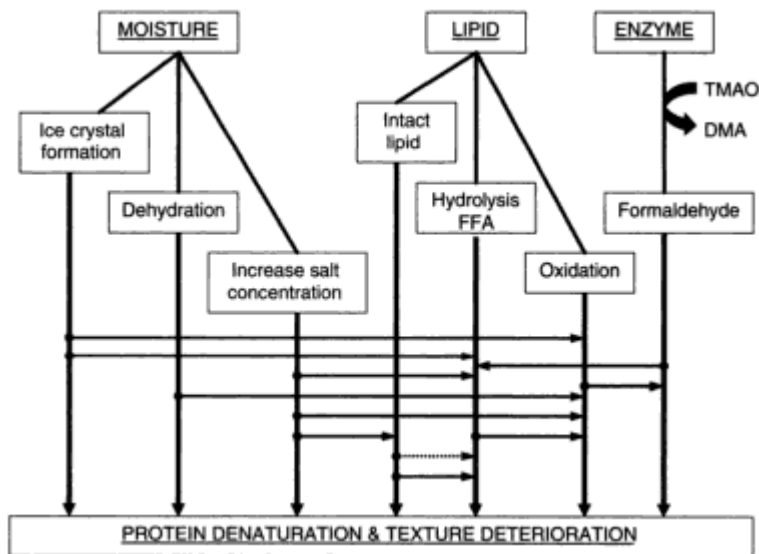
Nejčastěji používané jsou čtyři typy kónických sond s úhly penetrace  $30^\circ$  až  $60^\circ$ . Ty slouží k penetrometrickým testům vzorků másla, margarínů a obdobných pastovitých materiálů, které mají plastické vlastnosti. Výsledky s kónickými sondami korelují se senzorickým hodnocením roztíratelnosti a konsistence měřené u másla reologickým měřením.

Další typy sond tvoří kulové sondy, vpichové sondy a různé čepele a nože. Nejrozšířenější pro měření textury u mořských ryb je Warner - Bratzlerův nůž s trojúhelníkovým řezem.

## 2.7. Možné změny v rybím mase během zmražení a doby uskladnění

Faktory ovlivňující změnu textury způsobují buď částečnou nebo úplnou dekonformaci původních molekul. Změna textury je často založena na vzájemné spolupráci a posloupnosti procesů, protože například poškození malé části vazeb v molekule proteinu může vést k velké změně velkých fragmentů molekuly (Sikorski *at al.*, 1976). Mezi faktory ovlivňující denaturaci bílkovin a tím zhoršení texturních vlastností během zmražení a během doby skladování patří (obr.č.4): koncentrace solí, pH, iontová síla, oxidace lipidů, enzymatické reakce, povrchové napětí, formování ledových krystalů a dehydratace (Park, 1994).

Obr. č. 4: Faktory ovlivňující denaturaci bílkovin



Podle: Park (1994)

### 2.7.1. Tvorba ledových krystalů

Je velmi prokazatelné, že tvorba ledových krystalů během zmrazení poškozuje buněčný skelet. Mechanické poškození tkání je tím větší, čím větší jsou krystaly. A krystaly jsou tím větší, čím narůstají pomaleji, tedy čím je proces zmrazování pomalejší. Naopak rychlé zmrazení vede k tvorbě malých ledových krystalů v mezibuněčných prostorech. Růst a velikost ledových krystalů je zvýšená při kolísání skladovací teploty. Stav ryb v době zmrazení ovlivňuje tvarové umístění krystalů. V prerigoru se budou rozvíjet krystaly pouze v nitrobuněčných prostorech tkáně bez ohledu na stupeň zmrazení. V rigoru se budou rozvíjet krystaly v mezi i v nitrobuněčných částech v závislosti na stupni zmrazení.

Zvyšující se tvorba a růst ledových krystalů a zvyšující se mechanické poškození buněk způsobuje změny ve vlhkosti zmrazené suroviny a prostředí, proto dochází k dehydrataci a k nárůstu koncentrace solí. Ledové krystaly na sebe váží vodu z bílkovin, výsledkem je narušení a oslabení systému vodíkových vazeb bílkovin. Toto narušení vede k rozpadu třídimenzní struktury bílkovin a k její agregaci. Následně nemůže proteinová síť vázat vodu, která je udržována pouze pomocí kapilárních sil a je jednoduše vyjádřena tlakem rozmrazené ryby (Tejeda *at al.*, 1996). Předpokládá se, že obvyklé zmrazovací teploty od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $-20^{\circ}\text{C}$  vedou k desetinásobnému nárůstu v koncentraci rozpuštěné sušiny (Sharp *at al.*, 1992).



### 2.7.2. Změna proteinů během doby zamrazení

Badii a Howell (2001) uvádějí různé změny, které se vyskytují v rybí svalovině během zmrazení a uskladnění ovlivňují kvalitu produktu. Zkoumali změny ve vlastnostech proteinů u různých rybích druhů během zamrazení.

Myofibrilární proteiny se zdají být nejvíce náchylné k denaturaci. Z těchto myofibrilárních proteinů jsou nejvíce popsány myosin a aktin. Myosin je zastoupen ve velkém množství a je hodně náchylný k denaturaci zmrazením. Proteiny z rybí svaloviny včetně aktinu, myozinu a aktomyosinu podstoupí změny během zmrazení a uskladnění (Shamasundar a Prakash, 1994). V mražené tresce bylo zaznamenáno 80% poškození původní formy myosinu, zatímco za stejných podmínek se změnila rozpustnost aktinu jen málo. Polymerizace aktinu vychází z vysoké iontové síly, což vede k tvorbě nerozpustného gelu a ke zvýšené schopnosti vázat lipidy, s kterými následně vytváří lipoproteinové nerozpustné komplexy. Komplexy s neutrálními lipidy jsou silnější než ty, které mají polární lipidy. Tento jev může souviset s větší stabilitou texturních vlastností u mastných ryb a může vysvětlit zvýšení účinku lipidů na působení cryoprotektant (Tsuchiya *at al.*, 1979).

K různým interakcím mezi proteiny a volnými mastnými kyselinami dochází především prostřednictvím elektrostatické, hydrofobní, van der Waalovy síly a vodíkových můstků. Tyto interakce mohou vytvářet více hydrofobních oblastí s polárními nebo nabitými skupinami, což má za následek snížení rozpustnosti proteinu ve vodném pufru, nebo jsou další mezimolekulární vazby natolik rozsáhlé, že snižují rozpustnost proteinů (Shenouda, 1980).

Ganesh *at al.* (2005) uvádí, že během 180 dní zmrazení při teplotách  $-18^{\circ}\text{C}$  u filetu kapra obecného došlo ke snížení schopnosti rozpustnosti proteinů z počátečních hodnot 77,48% na 61,42%. Tento pokles rozpustnosti lze vysvětlit denurací bílkovin, zejména se to týká aktinmyozinu.

Badii (2002) uvádí, že obsah rozpustných bílkovin se u tresky obecné a tresky skvrnité během doby zmrazení snížil. Tento pokles byl rychlý a vyšší u filetu uložených při  $-10^{\circ}\text{C}$  ve srovnání s těmi, které byly skladovány při  $-30^{\circ}\text{C}$ .

Mrazicí teploty mají také vliv na změny v mikrostruktuře proteinů. Hatae *at al.* (1991) se zabýval texturními změnami v mikrostruktuře mraženého kapřího masa. Kapří filety byly zamrazeny po dobu čtyřiceti osmi hodin a poté rozmrazeny.

Mikrostruktura proteinů, která byla zjištěna třicet minut po usmrcení ryb, nebyla změněna. Myofibrily byly zřetelně lineární. Mikrofilamenta byla také zřetelně vidět. Z-linie a M-linie byly výrazné. U zamražených ryb byly pozorovány změny v mikrostruktuře. Ačkoli myofibrily byly lineární, Z-linie a M-linie nebyla rozpoznatelná. Sarkoplazmatické retikulum bylo téměř jako u čerstvých ryb, ale sarkoméry ležící na konvexní straně byly prodlouženy a přiléhaly k myofibrilám.

### 2.7.3. Oxidace lipidů

Oxidace lipidů vede k vytvoření stavu, který lze popsat jako "oxidační žluknutí tuků". Míra oxidace lipidů v rybách kolísá v závislosti na množství a druhu lipidů v rybím svalu, tj. mastné druhy jsou náchylnější k oxidaci více než libové druhy a druhy s vyšším množstvím nenasycených mastných kyselin jsou méně stabilní než ostatní druhy ryb. Oxidační žluknutí může pokročit natolik, že vede k rozvoji zřetelné chuti a zápachu, což znamená sníženou trvanlivost (Taub, 1998).

Volné mastné kyseliny, vzniklé z neenzymatických a enzymatických hydrolytických lipidů se nacházejí v membráně buněk a mají nepříznivý vliv na kvalitu textury zamražených ryb. Tento jev má za následek nerozpustitelnost myofibrilárních bílkovin, především aktinomyozinu (Sharp *at al.*, 1992).

Změny lipidů v rybím mase mohou souviset se změnami v proteinech během doby zamražení. Zdá se, že reakce volných mastných kyselin s proteiny začíná už před zmrazením a souvisí s hydrolýzou lipidů v rybách uložených v ledu. Některé zprávy uvádějí, že nestabilní volné radikály meziproductů během autooxidace útočí na molekuly bílkovin, což vede k tvorbě volných radikálních proteinů. Tyto proteinové volné radikály mohou překračovat a následně v souvislosti s jinými proteiny mohou tvořit proteino-proteinové agregáty a s lipidy vytvářejí proteino-lipidové agregáty. Takové volné radikály mohou rovněž iniciovat jiné reakce (Karel, 1975).

Dalším možným mechanismem je reakce mezi oxidovanými lipidy a proteiny, ke které dochází prostřednictvím stabilních oxidačních produktů, jako jsou malonaldehyd, propanal a hexanal, které reagují s kovalentně specifickými funkčními skupinami umístěnými na bočním řetězci bílkovin, včetně-SH skupin cysteinu, aminoskupin lysinu, na N-koncích aminoskupin kyseliny asparagové, tyrosinu, methioninu a argininu (Lester, 1996). Takové interakce zvyšují hydrofobilitu proteinů, což vede k menší rozpustnosti ve vodě. Volné mastné kyseliny (FFA) během

autoxidace mají nepřímý vliv na texturní degradaci podporou denaturace bílkovin (Colmonero *at al.*, 1983).

Konečný výsledek mastných kyselin vázaných na proteiny je vytvoření hydrofobního mikroprostředí kolem povrchu proteinu, což vede k poklesu rozpustnosti ve vodním prostředí nebo k nárůstu dalších mezimolekulárních vazebných formací (Sikorski *et al.*, 1976). U tučných ryb dochází k oxidaci lipidů s proteiny (pravděpodobně prostřednictvím mechanismu volných radikálů), která přispívá k zhoršení textury (Shenouda, 1980).

#### **2.7.4. Aktivita TMAO**

Aktivita trimethylamin oxidázy významně přispívá k zhoršení textury ryb, zejména u rodu treskovitých. U Platýse bradavičnatého je aktivita oxidázy jen velmi malá. U okouna mořského, ropušnice a některých členů skupiny platýsovitých nebyl výskyt zaznamenán vůbec. Nejvyšší aktivita enzymu se zdá být u druhů, které obsahují velké množství tmavé postranní svaloviny ve filetech. Značné množství TMA oxidázy lze rovněž nalézt v eviscerách, které představují důležitý zdroj kontaminace. TMA oxidáza katalyzuje následující reakci: z trimethylaminu oxidu vzniká dimethylamin a formaldehyd.

Je všeobecně známo, že formaldehyd vzniklý touto reakcí vede k degradaci textury mražených ryb i při nízkých koncentracích. Prostřednictvím senzoričké analýzy a instrumentálního hodnocení textury bylo prokázáno, že rybí tkáň obsahující formaldehyd se stává tužší a nakonec gumovitější se strukturou podobné houbě. Tyto tkáň mají sníženou schopnost držet vodu a mají „suchou“ chuť. Formaldehyd snižuje rozpustnost myofibrilárních proteinů. U myozinu je rozpustnost ovlivněna více než u aktinu. Mechanismus formaldehydové reakce probíhá přes kovalentní napojování různých funkčních skupin na bílkoviny a následuje příčné napojení přes methylenové můstky (Shenouda, 1980). Opačné stanovisko, které bylo vyjádřeno Yoon *et al.* (1991), uvádí, že odstranění TMAO promytím nezabránilo ztuhnutí mleté červené zamražené svaloviny štikozubce. Jsou přesvědčeni, že hlavní příčinou ztuhnutí je jev, díky kterému dojde k „mrazící-indukci“, tzn. ke kontrakci myofibril a k rozrušení příčných vazeb myofibril. Domnívají se, že ve vodě rozpustné sarkoplazmatické bílkoviny hrají při této reakci zpomalující roli.

### 2.7.5. Vliv zmrazovací teploty

Zjevné účinky teploty na dobu životnosti mražené ryby jsou spojené s denaturací bílkovin a s oxidací tuků. Uvádí se, že maximální denaturace se vyskytuje při  $-4^{\circ}\text{C}$  v tresčím svalu, zatímco bylo zjištěno, že změny extrahovatelných proteinů u tresky jsou největší při  $-2^{\circ}$  až  $-4^{\circ}\text{C}$ . Míra oxidace lipidů a akumulace volných mastných kyselin byla pozorována při zvýšení teploty (Dyer, 1961). Ve studii s použitím různých druhů ryb bylo zjištěno, že se maximální produkce volných mastných kyselin díky enzymatické aktivitě lipasy objevila od  $-12^{\circ}$  do  $-14^{\circ}\text{C}$ , přičemž maximální rychlost hydrolyzy lipidů byla zjištěna při teplotách těsně pod bodem mrazu (Lester, 1996).

Skladování při mnohem nižších teplotách může tedy prodloužit trvanlivost mražených ryb. Například u tresky uložené při teplotě  $-160^{\circ}\text{C}$  se neprokázalo žádné zjištěné zhoršení po šesti měsících skladování (Dyer, 1961). Z tohoto poznatku také vyplývá, že nízké teploty při skladování mohou omezit problémy spojené s denaturací bílkovin a oxidací tuků během doby zmražení. Některé studie byly provedeny ve snaze zjistit trvanlivost mražených ryb při různých teplotách a stanovit skladovací teploty, které mohou minimalizovat zhoršení kvality textury u specifických skupin ryb. Poulter (1978) uvádí, že u *Rastrelliger brachysoma* skladovaná při  $-10^{\circ}\text{C}$  zůstala struktura ještě přijatelná do devátého měsíce skladování, zatímco vzorky uchovávané při  $-30^{\circ}\text{C}$  byly nepřijatelné až po dvanácti měsících skladování. Makrela obecná, uložená bez obalu při  $-18^{\circ}\text{C}$ , byla nepřijatelná po uplynutí tří měsíců uskladnění, zatímco vzorky při  $-26^{\circ}\text{C}$  zůstaly přijatelné do šestého měsíce skladování (Ke, 1976). Brzké zamítnutí u tučných druhů ryb při poměrně nízkých teplotách je údajně díky rozvoji zatuchlé chuti a zápachu. Některé studie také udávají pro různé druhy ryb stejnou závislost doby trvanlivosti na teplotě (King 1985).

Je zřejmé, že složení rybího masa má podstatný vliv na dobu životnosti mražených ryb. Například v komplexní studii za použití různých druhů ryb bylo zjištěno, že mastné ryby, jako je makrela, losos, sled, šprot a pstruh měly trvanlivost dva až tři měsíce při  $-18^{\circ}\text{C}$ , ale že netučné ryby, jako je treska, rejnok, platýz a mořský okoun, vystavené stejným skladovacím teplotám, měly trvanlivost čtyři měsíce. Na základě několika studií je doporučeno, že by druhy nejvíce náchylné k oxidačnímu žluknutí měly být skladovány při velmi nízkých teplotách (nejméně  $-29^{\circ}\text{C}$ ), zatímco druhy méně náchylné ke žluknutí by měly být skladovány při teplotách od  $-18^{\circ}\text{C}$  do -

23°C. U druhů s problémy se změnou textury díky aktivitě trimethylamin oxidázy musí být skladovací teplota nižší než -30°C (Lester, 1996).

Ve své studii hodnotili dopad mrazivých teplot (-10, -25, -40, -55 nebo -70°C) na ztrátu vody odkapem, vzniklou během zmrazování, což je jev měnící mechanické vlastnosti filetu tresky. Mrazicí teplota významně ovlivnila každý sledovaný charakteristický rys. Teploty (-10 a -25°C) měly za následek zvýšení množství odkapané vody a při mrazení -10°C došlo k nejvyšší kapalně ztrátě vody. Filety zamrazené při -10°C měly nejnižší gaping a nejbělejší barvu. Výsledky indikovaly nejvyšší stupeň ztužení při -10 nebo -55°C, zatímco stupeň ztužení se zdál podobný a nižší pro filety zamrazené při -25, -40 nebo -70°C. Dopad zamrazování na kvalitu tresčích filet se zdá být komplikovaný, ale nebyly nalezeny prospěšné účinky teplot klesajících pod -40°C (Mørkøre a Lilleholt, 2007).

#### **2.7.6. Vliv rychlosti zmrazování**

Při pomalém zmrazování se tvoří centra krystalizace, krystaly se zvětšují a mechanicky poškozují tkáň. Při velmi rychlém zmrazování se velmi rychle vytváří velký počet malých krystalků v místě jejich vzniku (Ingr, 2003).

Na druhé straně rychlým zmrazením (např. kryogenní mrazení) můžeme redukovat vznik ledových krystalů díky rychlému podchlazení, které může způsobit vnitrobuněčnou ledovou krystalizaci nebo mechanické praskání buněk. (Kalicevsky *et al.*, 1995).

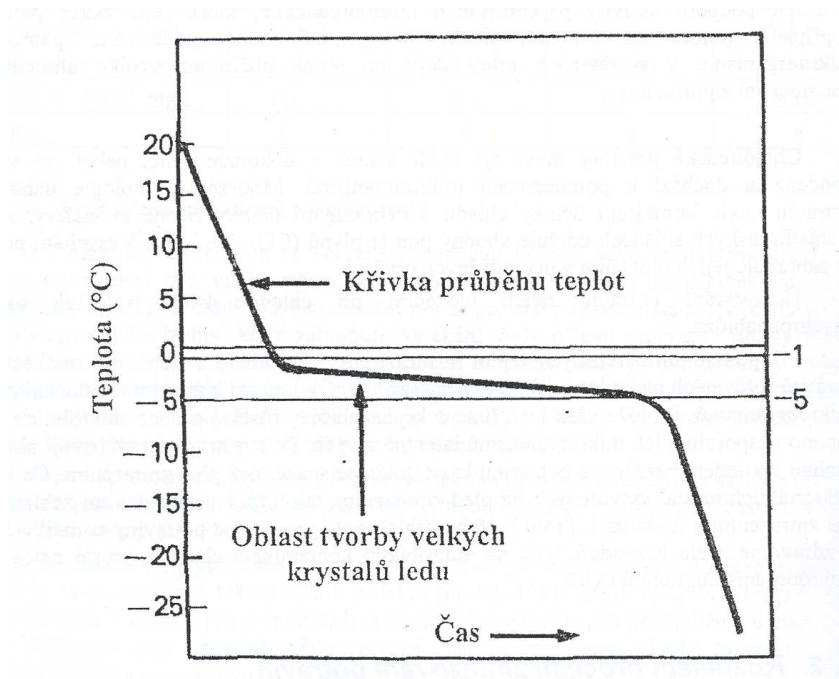
Zmrazování potravin má dvě fáze – vlastní zmrazování a mrazírenské skladování. Od první fáze se obecně požaduje rychlost zmrazování. Přeměna vody v led nastává v teplotním rozmezí -0,5 až -2,5°C (nejde o čistou vodu, nýbrž o roztok různých látek). Teplotní pásmo maximální tvorby krystalů je v oblasti -6 až -8°C (Ingr, 1999), viz obr. č. 5.

Rozdělení procesu zmrazování potravin (Vácha a Buchtová, 2005)

Celý proces zmrazování lze rozdělit na tři základní etapy:

- fáze zchlazování potravin až k bodu mrznutí
- fáze přechodu zónou maximální tvorby krystalů (změna kapalného skupenství vody v pevné – v led)
- fáze domrazení a teplotní stabilizace (vyrovnání teplot zmrazené potravin na teploty skladovací)

Obr. 5: Průběh procesu zmrazování



Podle: Regenstein a Regenstein (1991)

Rychlost zmrazování:

Zmrazování potravin se klasifikuje jako pomalé při střední rychlosti  $v < 0,16$  mm za minutu, jako rychlé při  $0,16$  až  $0,8$  mm za minutu a jako velmi rychlé při  $v > 0,8$  mm za minutu (tedy  $> 5$  cm za hodinu). Při zmrazování masa včetně rybího se požaduje rychlost zmrazování nejméně  $0,3$  mm za minutu (Ingr, 2003).

Vácha a Buchtová (2005) uvádějí rychlosti postupu mrazové zóny od povrchu zmrazovaného tělesa k jeho jádru. Rozeznávají následující druhy zmrazování (tabulka č. 5).

Tabulka 5: Druhy zmrazování

Druh zmrazování	Rychlost postupu mrazové zóny
velmi pomalé	pod $0,2$ cm/hod
pomalé	$0,2$ až $1$ cm/hod
rychlé	$1$ až $5$ cm/hod
velmi rychlé	$5$ až $10$ cm/hod
kryogenní	více jak $10$ cm/hod

## Rozmrazování

Při rychlém způsobu zmrazování se vytváří velké množství velmi drobných krystalků ledu na místech původního výskytu vody. Tím se výrazně omezí migrace vody ke krystalizačním centřům, neboť voda mrzne ve svých původních mikrolokalitách, a dojde tak k zachování osmotických poměrů v potravine. Čím vyšší je zmrazovací rychlost, kterou se rozumí rychlost postupu zóny maximální tvorby krystalů (-1 až -5°C) od povrchu zmrazované potraviny k jejímu jádru, měřená v cm za hodinu, tím jemnější je krystalická struktura v potravine a tím méně je změněno rozdělení vody ve zmrazené potravine proti čerstvé. Při správně vedeném rozmrazení je celková jakost potravin zachována (Vácha a Buchtová, 2005)

Při správném (tedy pomalém) rozmrazování potraviny se voda z malých krystalků rezorbuje do tkáně na svém původním místě a buněčná tkáň neutrpí žádné poškození. Naopak potravina pomalu zmrazovaná vytvořila velké krystaly, ty poškodily buněčnou tkáň a při rozmrazení potraviny voda odtéká, potravina má poškozené tkáně, ztrácí vzhled a další významné vlastnosti (Ingr, 2003).

### **2.7.7. Vliv kolísání teploty během zmrazení**

Kolísání skladovací teploty ovlivňuje životnost mražených výrobků v důsledku zvýšení velikosti ledových krystalů vznikajících v tkáních ryb. S mírným vzestupem teploty se malé ledové krystaly rozplývají rychleji než ty větší, takže když teplota opět klesne, dojde u rozpuštěných ledových krystalů znovu k tvorbě krystalů. Kolem velkých ledových krystalů dojde k vytvoření větších krystalů. Tyto velké krystaly urychlují poškození zmrazením, což vede ke kratší skladovací životnosti (Shenouda, 1980).

### **2.7.8. Vliv účinku mikroorganismů na zmražené ryby**

Je zcela evidentní, že v důsledku bakteriálních změn dochází k znehodnocení u čerstvých ryb. Druhy bakterií se liší v závislosti na teplotě při jejich skladování. U ryb uložených v ledu to jsou: *Alteromonas*, *Achromobacter* a *Flavofacter* spp. Predominant. Některé z těchto mikroorganismů jsou zdrojem aktivních proteolytických enzymů, které produkují zápach, ovlivňují chuť a texturní vlastnosti. Pro zmražené ryby platí, že mikroorganismy přítomné v jejich tkáních jsou obecně inaktivovány. Proto v průběhu

skladování zmrazených ryb dochází k minimálním mikrobiologickým změnám. Mikroorganismy nejsou během zmrazení zničeny, ale obvykle nerostou a v některých případech pomalu odumírají. Ačkoli některé mikroorganismy přežívají během uchování za velmi nízkých teplot, jsou jejich aktivity potlačeny a počet bakterií může být podstatně snížen, pokud jsou doporučené zmrazovací teploty zachovány (Hultin, 1985). Teplota, pod níž je mikrobiální růst považován za minimální, je v rozmezí od -10° do -12°C. Mikroorganismy však mohou přežít a zůstat v inaktivované formě v průběhu doby zmrazení, a pokud jsou ryby rozmrazeny, tak mikroorganismy obnovují růst a to může vést k mikrobiálnímu kažení. Mražené ryby nejsou zdaleka sterilní, a proto nemohou být považovány za mikrobiologicky bezpečný výrobek. Mikrobiální činnost u ryb po rozmrazení závisí na stupni čerstvosti suroviny, přirozené mikroflóry v tkáních ryb a na použitém způsobu rozmrazení (Dellino, 1986).

## 2.8. Marinování ryb

Marinování je konzervování ryb pomocí chloridu sodného a kyseliny octové. Je to jeden z nejstarších způsobů uchování potravin a sahá až do 7. století př.n.l.

### 2.8.1 Rozdělení marinád

#### 1. Studené marinády

Čerstvé ryby s páteří a kostmi jsou vloženy do směsi kyseliny octové a soli. Během procesu marinování nejsou ryby v žádné fázi vařeny.

#### 2. Vařené marinády

Ryby jsou umístěny v horkém roztoku (teplota 85°C) kyseliny octové a soli. Při teplotě 85°C dojde k zničení většiny bakterií a k inaktivaci enzymů.

#### 3. Smažené marinády

Ryby se smaží nebo pečou, než jsou zalévány do slankyselého nálevu. Smažením se zničí většina bakterií a dojde také k denaturaci enzymů.

### 2.8.2. Studené marinády

#### Zrací proces marinády

Ryby ponecháné v roztoku kyseliny octové a soli po několik dnů změní své



fyzické a sensorické vlastnosti. Svalová tkáň se stává měkkou a fádni a může být snadno zbavena kůže a kostí. Marinovací lázně obvykle obsahují 4 až 4,5% kyseliny octové a 7 až 8% soli. Po marinování dosahují 1 až 2,5% kyseliny octové a 2 až 4% soli.

Zrací proces marinování by se měl vést tak, aby zrací lázeň pronikla co nejrychleji až do jádra rybí suroviny, jinak hrozí nebezpečí vzniku červenavých skvrn a dalších změn v charakteru svaloviny. Rozhodující podíl soli a kyseliny octové přestupuje do rybí svaloviny již během prvních zhruba 30 minut po vložení do lázně, přičemž platí, že celý přestup do rybí svaloviny vyžaduje zhruba dva dny, vyzrání do stravitelné formy s potřebným vývinem všech chuťových vlastností potom vyžaduje dalších dva až pět dnů. Důležitou podmínkou je teplota do 16°C a zabránění přístupu denního světla, které nepříznivě ovlivňuje zbarvení marinované rybí suroviny a přispívá k rychlejší oxidaci tuku (Vácha, 2000).

Kyselina octová má výrazný vliv na strukturální bílkoviny. Některé frakce kolagenu a svalové membrány v pojivové tkáni se mohou rozpouštět. Zároveň dochází k denuraci svalových bílkovin. Když jsou koncentrace chloridu sodného malé, některé z proteinů se rozpustí, ale při zvýšené koncentraci, dochází ke změnám v denuraci bílkovin. Tyto procesy snižují hmotnost produktu o 15 až 20% oproti průměru. Synergismus kyseliny octové a soli má za následek, že rybí maso se stává pevnější a méně náchylné k nabobtnání.

V kyselém prostředí roztoku marinády, kde je pH 4 - 4,5, dochází k degradaci některých svalových bílkovin na peptidy a dokonce až na aminokyseliny. Tento jev dává marinovanému masu tu správnou texturu a chuť (Sikorski, 1990).

### **Faktory ovlivňující kvalitu a trvanlivost studené marinády**

Některé nežádoucí změny se mohou objevit během skladování marinád. Maso se stává méně pevné, kluzčí a mastnější. Nálev se stává zakalený díky rozkladu bílkovin a tuků uvolněných ze svalů. Bylo zjištěno, že mléčné bakterie v marinádách mohou růst, zatímco bakterie způsobující hydrolýzu lipidů nemohou. *Betabacterium buchneri* způsobuje rozklad aminokyselin. Tento proces vede až k tvorbě oxidu uhličitého a dalších produktů vznikajících z dekarboxylace aminokyselin, jako jsou gama-aminobutyrylkyseliny vznikají z kyseliny glutamové. Tyto produkty váží kyselinu octovou a pH v marinádě stoupá, což má za následek růst plísní, kvasinek a proteolytických bakterií, například *B. subtilis*. Optimální teplota pro tuto skupinu

bakterií se pohybuje mezi 30 a 37°C, ale existují některé druhy betabakterií, které se mohou vyvinout již při 4°C. Růst bakterií se zpomaluje s koncentrací soli nejméně 6,5%. Použití kyseliny octové v marinování má konzervační vliv, díky citlivosti mikrobů na vysoké koncentrace vodíkových iontů a kyselých nerozpustných částic. Zachování účinku kyseliny závisí na její koncentraci. Pro delší skladováním je zapotřebí vysoké koncentrace kyseliny. Doporučuje se, že by konečný obsah kyseliny v marinovací lázni měl činit 2,5%, což je ekvivalent 2,3% obsahu kyseliny v rybí tkáni. Sůl přítomná v marinovací lázni způsobuje dehydrataci tkáně vyplývající z osmotických procesů a zabránění hydrolýzy bílkovin způsobené enzymy. Vyšší obsah soli proto prodlužuje trvanlivost marinády. Pokud je však obsah soli v tkáni vyšší než 4,5%, tak se produkt stává příliš slaný a nebude spotřebitelem přijímán. Kromě toho příliš vysoká koncentrace kyseliny a soli může zhoršit chuť marinády (Sikorski, 1990).

Optimální teplota pro marinovací proces je mezi 10 a 12°C. S nižšími teplotami je proces marinování příliš pomalý, vyšší teploty můžou svalovou tkáň příliš změkčit, což je způsobeno aktivací tkáňových a bakteriálních enzymů. Skladovací teploty od 0 do 8 °C zajišťují vysokou kvalitu marinády na několik týdnů. Pokud sůl a kyselina octová proniknou i do tkáně, musí být marináda promíchaná, jinak se stává příznivou živnou půdou pro vytvoření aerobních bakterií, které mohou být zodpovědné za zarudnutí tkáně a tvorbu nevhodné kvality produktu. Během celého výrobního procesu, jakož i při skladování, by měla být rybí tkáň zcela ponořena do marinovací lázně. Pokud výše nálevu je nedostatečná, kontakt rybí tkáně se vzduchem může vést k žluknutí rybího tuku. Tomu lze předejít, pokud množství solného nálevu činí 40% celkové hmotnosti výrobku. Trvanlivost lze prodloužit přidáním různých látek, které způsobují snížení vodní aktivity, jako je např. glukóza, sacharóza nebo xylosa. Bohužel jsou efektivní pouze ve vysokých koncentracích. Sacharóza například potřebuje na snížení aktivity mléčných bakterií koncentraci 15 až 20% (Sikorski, 1990). Z chuťových důvodů je považováno za nejvyšší přípustnou úroveň cukru v rybí tkáni 12% sacharózy ve studených marinádách (Bykowski, 1981).

V některých zemích západní Evropy se používá při výrobě marinády peroxidu vodíku. Tím je docíleno světlejší barvy tkáně. Mezi konzervační látky, které jsou široce používány v marinování, se řadí hlavně kyselina benzoová, sorbová, sodná a draselné soli, stejně jako ethyl a propylester kyseliny p-hydroxybenzoové. Ty jsou přidávány v

množství odpovídajících 0,1 až 0,2% kyseliny benzoové a sorbové. Použití těchto látek je obtížné vzhledem k jejich nízké rozpustnosti ve vodě (Bykowski, 1981).

### **Změna biogenních aminů během doby marinování**

Gokoglu *et al.*, (2003), uvádějí změny biogenních aminů u marinovaných sardinek. Sardinky byly zabity, nafiletovány a vloženy do marinovací lázně obsahující 2 až 4% kyseliny octové a 10% soli po dobu dvaceti čtyř hodin. Obsah biogenních aminů u marinovaných sardinek byl vyšší než u čerstvě usmrcených sardinek. Zároveň nebyly zjištěny významné rozdíly mezi obsahem biogenních aminů v závislosti na rozdílném obsahu kyseliny octové o koncentracích 2 a 4% během doby marinování.

Gokoglu (2003) se zabýval změnami biogenních aminů v průběhu procesu zrání marinovaných sardinek. Sardinky byly nafiletovány a filety byly ponořeny do roztoku kyseliny octové a soli po dobu dvaceti čtyř hodin. Hodnoty biogenních aminů byly vyhodnocovány ve čtyřhodinových intervalech během procesu zrání. U čerstvých ryb byl prokazatelně vyšší obsah biogenních aminů jako je tyramin, putrescin, kadaverin a histamin než u marinovaných ryb.

### 3. Materiál a metodika

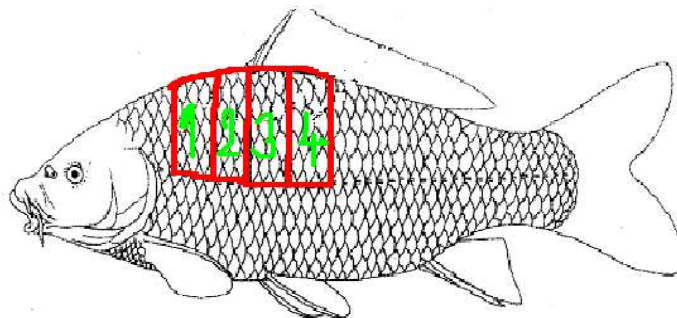
#### 3.1. Zmrazování ryb

##### Příprava vzorků:

Skupina ryb pro analýzu byla vytvořena z kapra obecného (*Cyprinus carpio L.*), šupinaté formy. Ryby vyrůstaly ve stejném prostředí a byly přikrmovány shodnými obilninami. Jednalo se o čtrnáct kusů živých ryb o kusové hmotnosti od 1800 g do 3100 g s průměrnou hmotností  $2151 \pm 430$  g. Ryby byly transportovány z prodejny společnosti Lesy a rybníky města Českých Budějovic do laboratoře Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích určené pro zpracování ryb. Po převozu ryb došlo k usmrcení ryb v souladu s § 5, odstavce 2, písmene e), zákona na ochranu zvířat proti týrání. Po usmrcení došlo k vykrvení ryb, odstranění hlavy, vnitřností, ploutví ryb, vše při okolní teplotě  $12 - 16^\circ \text{C}$ . Dále byly ryby zpracovány na filety. Celková výtěžnost činila 59,26 %. Výtěžnost filet byla 41,07 %.

Z každého filetu jsem si připravil čtyři kusy vzorků definovaných rozměrů (délky  $65 \pm 10$  mm, šířky  $40 \pm 5$  mm a výšky  $25 \pm 5$  mm), odebraných z dorzální části svaloviny filetu těsně před hřbetní ploutví (*pinna dorsalis*), místo odběru a pořadí vzorků je znázorněno na obrázku č.6.

Obr.č. 6: Místa odběru vzorků



podle: Baruš a Oliva (1995)

Na každé měření bylo použito čtrnáct vzorků, tak aby byl zastoupen vzorek z každé ryby. První měření bylo provedeno na čerstvých vzorcích v den usmrcení ryb. Následné měření probíhalo vždy v intervalech čtyř týdnů od předchozího měření. Vzorky byly tedy měřeny v den usmrcení, dále po čtyřech týdnech, po osmi týdnech a po dvanácti týdnech od doby zamražení.

Připravené vzorky se řádně označily a roztřídily do igelitových sáčků. Pro vzorky k uchování byl použit mrazic box o průměrné teplotě  $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Po celou dobu uchování vzorků byla zaznamenávána teplota v mrazicím boxu pomocí měřicího přístroje DATALOGGER S0110. Tento přístroj zaznamenává teploty v pravidelných intervalech po jedné hodině.

Technické parametry: DATALOGGER S0110

- rozsah měření:  $-30^{\circ}\text{C}$  až  $+70^{\circ}\text{C}$  ( $-6^{\circ}\text{F}$  až  $+94^{\circ}\text{F}$ )
- rozlišení:  $0,1^{\circ}\text{C}$
- kapacita paměti: pro necyklický záznam – 32 504 záznamů  
pro cyklický záznam – 28 896 záznamů
- napájení: lithiová baterie 3,6 V rozměru AA
- rozsah provozní vlhkosti přístroje: 0 – 100% RV
- rozměry: 93 x 64 x 29 cm
- hmotnost včetně baterie: cca 110 g
- materiál skřínky: polykarbonát

Zamražené vzorky byly vždy patnáct hodin před měřením vytaženy z chladicího zařízení a nechány při pokojové teplotě rozmraznout. Před vlastním měřením bylo změřeno pH a teplota vzorků.

#### **Vlastní měření texturních vlastností:**

Vlastní měření textury probíhalo na analyzátoru textury TA.XTPlus od výrobce Stable Micro System. Přístroj kontinuálně zaznamenával sílu, dráhu a čas za současné deformace materiálu tlakem. Deformaci vzorku umístěného na základně přístroje provádí pohyblivé rameno s tenzometrem, který zaznamenává působící síly. Do tenzometru v rameni se upevňují sondy a nástavce, stejně tak i na základnu. Průběh měření se zaznamenával prostřednictvím počítačového programu ve formě deformační

křivky. Použité nastavení přístroje a parametry měření jsou uvedené v tabulce č.6.

Tabulka č. 6: Nastavení přístroje a parametry měření

<b>TA.XTplus Settings</b>	<b>Hodnota</b>	<b>Jednotka</b>
Rychlost před 1. stlačením - pre-Test Speed	5	mm/sec
Testovací rychlost při stlačení- Test Speed	2	mm/sec
Rychlost po stlačení - Post- Test Speed	2	mm/sec
Citový režim - Target Mode	Míra deformace - Strain	
Míra deformace - Strain	50	%
Čas - Time	5	sec
Druh spuštěné síly - Trigger Type	Auto (Force)	
Spouštějící síla - Trigger Force	5	g

Textura byla měřena metodou analýzy texturního profilu (Texture profile analysis – TPA). Tato metoda analýzy texturního profilu patří dnes mezi jednu z nejvyužívanějších metod mechanického stanovení texturových vlastností. Technika zahrnuje stlačování vzorku ve dvou cyklech za přesně definovaných podmínek. Tento test stlačování napodobuje žvýkání potravin a měří sílu vynaloženou na potravinu, napodobují se první dvě skousnutí při žvýkání potravin.

Při pokusu byla použita kompresní sonda s průměrem 75mm. Použitá síla tenzometru byla 50 kg. Po změření vzorků byly následně dopočítány a vyhodnoceny základní texturní vlastnosti: tuhost, žvýkatelnost, elasticita a soudržnost.

## **Hodnocené parametry TPA:**

Primární parametry:

Tuhost (hardness):

Odpor [N, kg] při maximální kompresi během první komprese. Je to síla potřebná k dosažení určité deformace. Představuje tvrdost vzorku při první kompresi.

Výpočet: hodnota  $F_T$

Elasticita (springiness):

Poměr (bezrozměrný) mezi časem během druhého stlačení a časem během prvnímho stlačení kompresního cyklu.

Výpočet:  $T_2/T_1$

Soudržnost (cohesiveness):

Poměr (bezrozměrný) mezi silou během druhého stlačení a silou během prvnímho stlačení kompresního cyklu (pouze směrem dolů). Síla vnitřních spojů tvořících vzorek.

Výpočet:  $A_2/A_1$

$A_1 = \text{Area 1}$  je oblast křivky (v  $\text{mm}^2$ ) během prvnímho stlačení vzorku, která je přímo úměrná k práci provedené sondou na vzorku během první komprese. Je to práce provedená v průběhu prvnímho skousnutí.

$A_2 = \text{Area 2}$  je oblast křivky (v  $\text{mm}^2$ ) v průběhu druhého stlačení, která je úměrná k práci sondy, provedené na vzorku během druhé komprese. Je to práce vykonaná během druhého skousnutí.

Druhotný parametr:

Žvýkatelnost (chewiness):

Energie potřebná k rozložení vzorku do ustáleného stavu pro polknutí. Hustota, která přetrvává v průběhu rozžvýkání.

Výpočet: tvrdost  $\times$  elasticita  $\times$  soudržnost

## 3.2. Marinování

### Příprava vzorků:

Skupina ryb pro analýzu byla vytvořena z kapra obecného (*Cyprinus carpio*), šupinaté formy. Ryby vyrůstaly ve stejném prostředí a byly přikrmovány shodnými obilninami. Jednalo se o devět kusů živých ryb o kusové hmotnosti od 2300 g do 2550 g s průměrnou hmotností  $2445 \pm 85$  g. Ryby byly transportovány ze sádek Rybářství Hluboká a.s., kde byly ryby usmrceny a vykrveny, do laboratoře Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích určené pro zpracování ryb. Zde došlo k následnému zpracování ryb, odstranění hlavy, vnitřností, ploutví ryb při okolní teplotě 12 -16° C. Dále byly ryby zpracovány na filety. Celková výtěžnost činila 55,36 %. Výtěžnost filet byla 36,84 %.

Z každého filetu jsem si připravil šest kusů vzorků definovaných rozměrů (délky  $65 \pm 10$  mm, šířky  $40 \pm 5$  mm a výšky  $25 \pm 5$  mm), odebraných z dorzální části svaloviny filetu těsně před hřbetní ploutví (*pinna dorsalis*), místo odběru a pořadí vzorků je znázorněno na obrázku č.1.

Na každé měření bylo použito sedm kusů vzorků, které byly náhodně vybrány z celkového počtu vzorků. První měření bylo provedeno na čerstvých vzorcích v den usmrcení ryb. Následné měření proběhlo druhý, čtvrtý a sedmý den marinování.

### Příprava marinovací lázně:

Marinovací lázeň tvořil roztok kyseliny octové, soli a vody. Byly vytvořeny tři skupiny o rozdílných koncentracích marinovací lázně (tabulka č.7).

Tabulka č. 7: Koncentrace marinovacích lázní

	8% kys. octová [%]	NaCl [%]
1. skupina	4	8
2. skupina	6	8
3. skupina	8	8

Před vlastním měřením bylo změřeno pH a teplota marinovací lázně. Do každé z těchto marinovacích lázní byl vložen jeden kilogram vzorků. Hmotnostní poměr roztoku a masa byl 1:1.



Vzorky byly před měřením vytaženy z marinovacího roztoku a dány do chladicího zařízení na dobu 20 minut, než dosáhly průměrné teploty 10°C. Před vlastním měřením texturních vlastností bylo změřeno pH a teplota vzorků.

#### **Vlastní měření texturních vlastností:**

Vlastní měření textury probíhalo na analyzátoru textury TA.XT plus. Textura byla měřena metodou analýzy texturního profilu - TPA (tabulka č.8).

Tabulka č. 8: Nastavení přístroje a parametry měření

<b>TA.XTplus</b>	<b>Hodnota</b>	<b>Jednotka</b>
Rychlost před 1. stlačením- Pre-Test Speed	1	mm/sec
Testovací rychlost při stlačení - Test Speed	5	mm/sec
Rychlost po stlačení - Post- Test Speed	5	mm/sec
Citový režim - Target Mode	Vzdálenost - distance	
Vzdálenost - distance	10	mm
Čas - Time	5	sec
Druh spuštěné síly - Trigger Type	Auto (Force)	
Spouštějící síla - Trigger Force	5	g

Při pokusu byla použita kompresní sonda s průměrem 75 mm. Použitá síla tenzometru byla 50 kg. Po změření vzorků byly následně dopočítány a vyhodnoceny základní texturní vlastnosti: tuhost, žvýkatelnost, elasticita a soudržnost.

### **Hodnocení výsledků**

Hodnoty naměřené textuometrem byly vykreslené do křivek pomocí softwaru Texture Exponent 32, z kterých byly následně dopočítány jednotlivé vlastnosti (tuhost, soudružnost, elasticita a žvýkatelnost). Pro zhodnocení byl použit program STATISTIKA aplikace Obecných Lineárních Modelů (ANOVA, MANOVA). Statistická průkaznost rozdílů mezi jednotlivými skupinami byla testována analýzou variancí (ANOVA) na hladině významnosti  $p < 0,05$ . Pro grafické znázornění byl použit program Microsoft Excel.

## 4. Výsledky

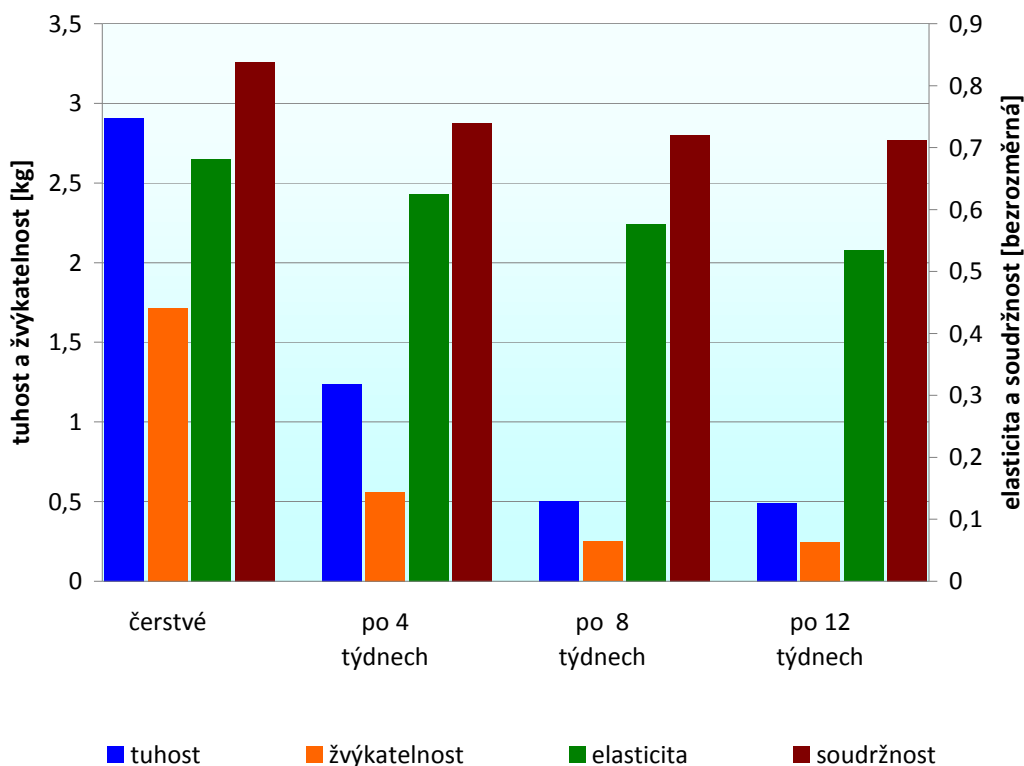
### 4.1. Změna texturních vlastností během doby zmrazování

**Tabulka č. 9: Statistické porovnání texturních vlastností během doby zmrazování**

	d.f.	F	p
tuhost	3	377,575	<b>0,000</b>
žvýkatelnost	3	161,568	<b>0,000</b>
elasticita	3	48,245	<b>0,000</b>
soudržnost	3	33,840	<b>0,000</b>

Na všechny texturní vlastnosti mělo zmrazování statisticky prokazatelný vliv na hladině významnosti  $p < 0.05$  (tabulka č.9).

**Graf č. 1: Vliv doby zmrazování na texturní vlastnosti**



Vliv doby marinování na texturní vlastnosti u druhé skupiny vyjadřuje graf č.1.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti byla zjištěna u čerstvých vzorků

( $2.90 \pm 0.41$  kg). Následovaly vzorky měřené po čtyřech týdnech ( $1.238 \pm 0.19$  kg), osmi týdnech ( $0.505 \pm 0.07$  kg) a dvanácti týdnech ( $0.491 \pm 0.01$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků, vzorků po čtyřech týdnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po osmi týdnech a dvanácti týdnech nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota žvýkatelnosti byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $1.72 \pm 0.34$  kg). Následovaly vzorky měřené po čtyřech týdnech ( $0.56 \pm 0.10$  kg), osmi týdnech ( $0.25 \pm 0.09$  kg) a dvanácti týdnech ( $0.25 \pm 0.01$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků, vzorků po čtyřech týdnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po osmi týdnech a dvanácti týdnech nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0.68 \pm 0.04$ ). Následovaly vzorky měřené po čtyřech týdnech ( $0.63 \pm 0.04$ ), osmi týdnech ( $0.58 \pm 0.03$ ) a dvanácti týdnech ( $0.53 \pm 0.01$ ). Rozdíly hodnot čerstvých vzorků, vzorků měřených po čtyřech týdnech, osmi týdnech a dvanácti týdnech nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0.84 \pm 0.06$ ). Následovaly vzorky měřené po čtyřech týdnech ( $0.74 \pm 0.03$ ), osmi týdnech ( $0.72 \pm 0.03$ ) a dvanácti týdnech ( $0.72 \pm 0.01$ ). Hodnoty čerstvých vzorků se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech týdnech, po osmi týdnech a dvanácti týdnech nebyly statisticky prokazatelné.

#### 4.1.1. Teplota a pH během doby zmrazení

Tabulka č. 10: Teplota a pH vzorků během doby zmrazení

vzorek	čerstvé		po 4 týdnech		po 8 týdnech		po 12 týdnech	
	teplota [°C]	pH	teplota [°C]	pH	teplota [°C]	pH	teplota [°C]	pH
1	16,6	7,14	16,6	6,98	17,2	6,68	17,5	6,58
2	16,3	7,21	16,7	7,05	17,1	6,76	17,4	6,81
3	16,6	7,31	16,7	6,89	17,4	6,58	17,8	6,64
4	17,1	7,25	16,5	6,89	17,6	6,71	17,5	6,75
5	16,9	7,12	16,8	6,77	17,3	6,85	17,7	6,82
6	16,8	7,24	16,5	6,95	17,7	6,75	17,9	6,71
7	16,4	7,12	16,3	6,87	17,8	6,64	17,5	6,69
8	16,7	7,09	16,2	6,81	17,5	6,69	17,7	6,79
9	16,9	7,18	16,4	6,84	17,6	6,72	17,6	6,63
10	16,5	7,23	16,6	7,02	17,2	6,83	17,8	6,74
průměr	(16,68 ± 0,25)	(7,19 ± 0,08)	(16,53 ± 0,19)	(6,90 ± 0,09)	(17,44 ± 0,24)	(6,72 ± 0,08)	(17,64 ± 0,16)	(6,72 ± 0,08)

#### 4.2. Změna texturních vlastností během doby marinování

##### 4.2.1. Teplota vzorků

Tabulka č. 11: Průměrná teplota vzorků během doby marinování

	čerstvé	po 2 dnech	po 4 dnech	po 7 dnech
1.skupina	9,7 ± 0,28	10 ± 0,14	10,1 ± 0,18	10 ± 0,15
2.skupina	9,8 ± 0,21	10,2 ± 0,19	10 ± 0,22	10,2 ± 0,14
3.skupina	10 ± 0,25	9,9 ± 0,21	10,2 ± 0,16	10,2 ± 0,23

##### 4.2.2. Teplota marinovací lázně

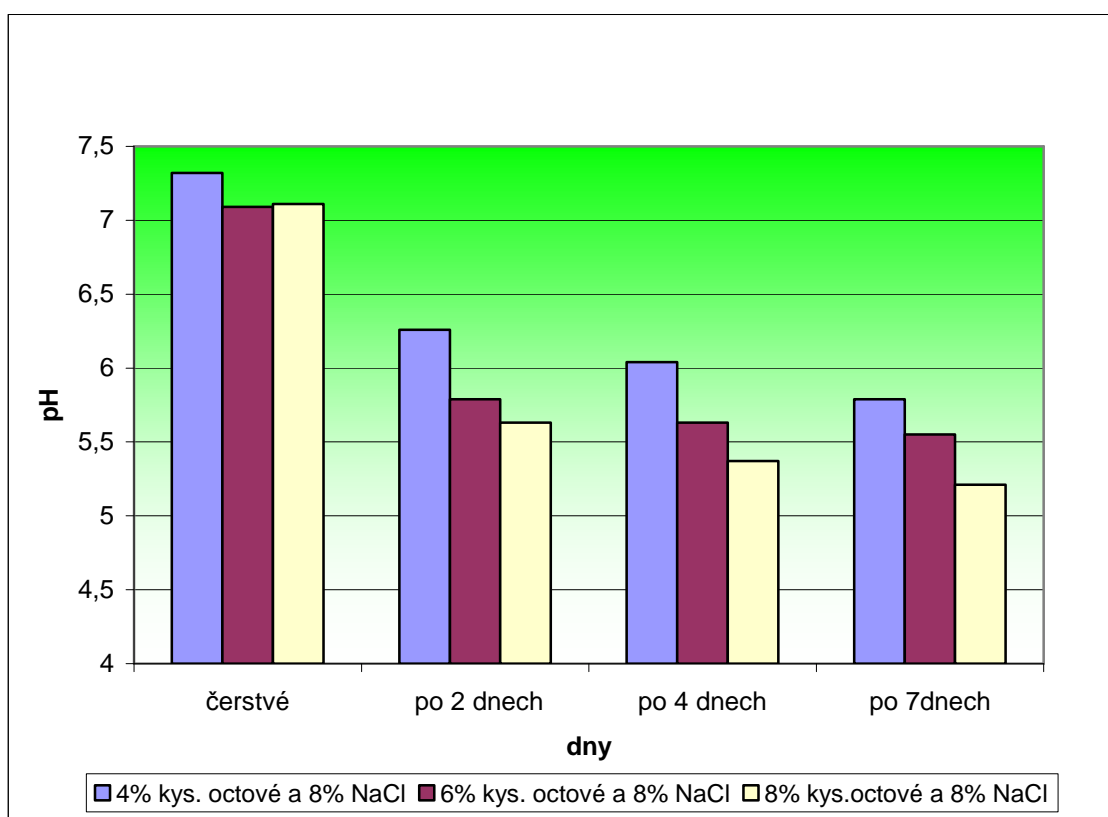
Tabulka č. 12: Průměrná teplota marinovací lázně

	při založení	po 2 dnech	po 4 dnech	po 7 dnech
1.skupina	14,5	15,8	15,6	16
2.skupina	14,5	15,9	15,7	15,9
3.skupina	14,6	15,8	15,7	16

#### 4.2.3. pH vzorků

Změřené hodnoty pH vzorků během doby marinování vyjadřuje graf č. 2. Nejvyšší průměrné pH vzorků bylo změřeno u čerstvých vzorků v první skupině ( $7,32 \pm 0,42$ ). Nejnižší pH bylo změřeno u vzorků marinovaných sedm dní v třetí skupině ( $5,21 \pm 0,35$ ). Kyselost vzorků se během doby marinování neustále zvyšovala. V rámci skupin se kyselost vzorků vždy snižovala od první k třetí skupině, kromě čerstvých vzorků, kde nejvyšší kyselost byla u druhé skupiny.

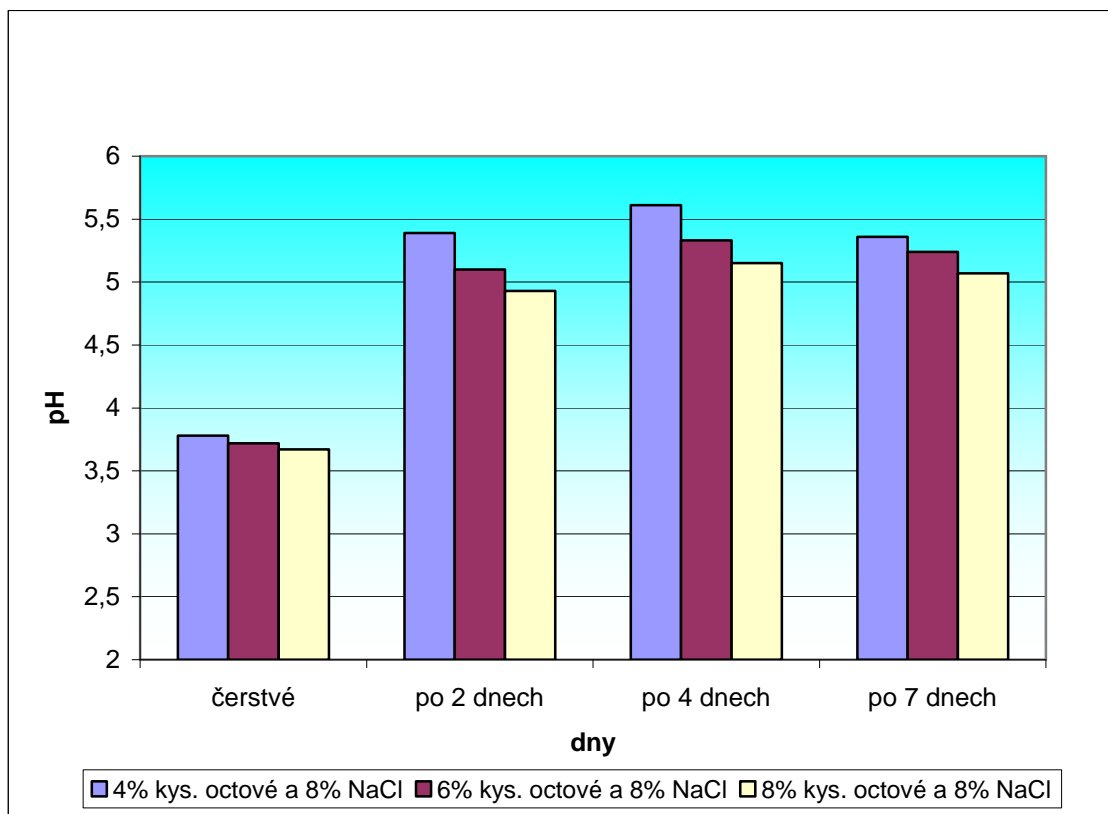
**Graf. č. 2: pH vzorků během doby marinování**



#### 4.2.4. pH marinovací lázně

Změřené hodnoty pH během doby marinování vyjadřuje graf. č. 3. Nejvyšší hodnoty pH v marinovací lázni vykazovaly vzorky marinované čtyři dny v první skupině (5,61). Nejnižší hodnoty pH byly zjištěny u vzorků v den založení marinovací lázně v třetí skupině (3,67). Kyselost roztoků se během doby marinování zvyšovala do čtyř dnů, sedmý den mírně klesla. V rámci skupin se kyselost roztoků vždy snižovala od první ke třetí skupině.

**Graf. č. 3: pH marinovací lázně během doby marinování**



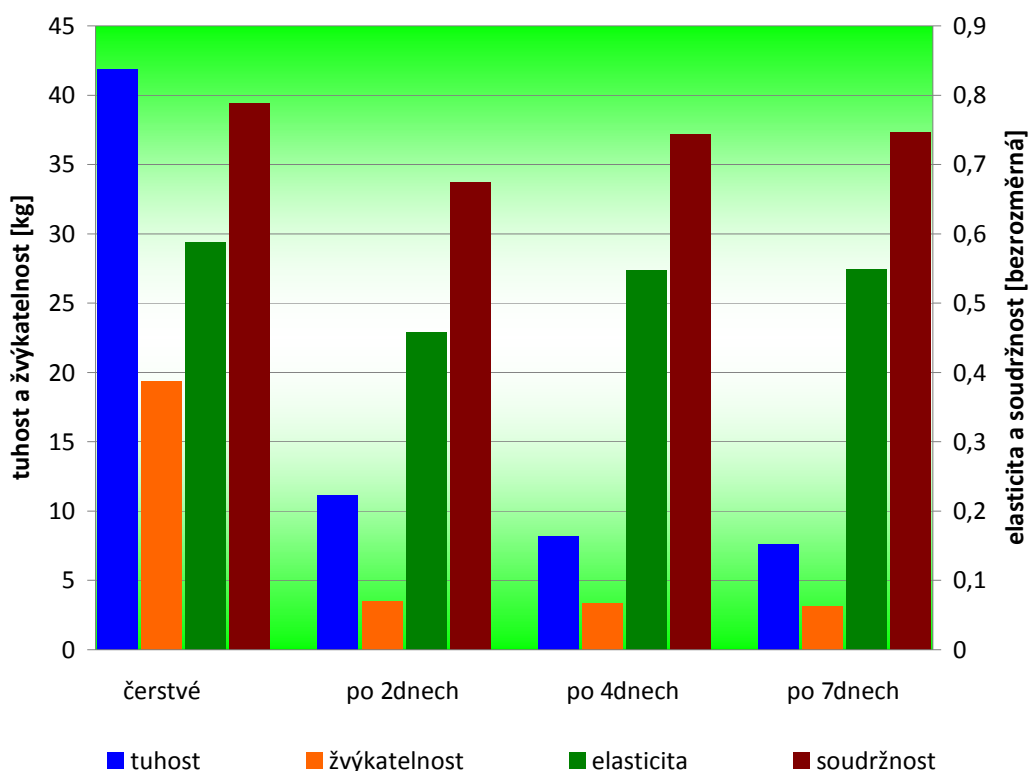
#### 4.2.5. Vliv doby marinování v první skupině

**Tabulka č. 13: Statistické porovnání doby marinování v první skupině**

	d.f.	F	p
tuhost	3	154,300	<b>0,000</b>
žvýkatelnost	3	155,520	<b>0,000</b>
elasticita	3	25,142	<b>0,000</b>
soudržnost	3	26,350	<b>0,000</b>

Na všechny texturní vlastnosti v první skupině měla doba marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č. 13).

**Graf č. 4: Vliv doby marinování na texturní vlastnosti v první skupině**



Vliv doby marinování na texturní vlastnosti v první skupině vyjadřuje graf č. 4.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti v první skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $41,88 \pm 7,28$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $11,16 \pm 2,06$  kg), čtyřech dnech ( $8,16 \pm 1,13$  kg) a sedmi dnech ( $7,6 \pm 1,42$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků a vzorků měřených po dvou dnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota žvýkatelnosti byla v první skupině zjištěna u čerstvých vzorků ( $19,39 \pm 3,77$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $3,46 \pm 0,73$  kg), čtyřech dnech ( $3,34 \pm 0,64$  kg) a sedmi dnech ( $3,12 \pm 0,51$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po dvou dnech, čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota měření TPA elasticity v první skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,587 \pm 0,033$ ). Následovaly vzorky měřené po sedmi dnech ( $0,549 \pm 0,025$ ), čtyřech dnech ( $0,548 \pm 0,024$ ) a dvou dnech ( $0,459 \pm 0,033$ ). Hodnoty



vzorků měřených po dvou dnech marinování se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami čerstvých vzorků, vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

.Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti v první skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,787 \pm 0,026$ ). Následovaly vzorky měřené po sedmi dnech ( $0,747 \pm 0,015$ ), čtyřech dnech ( $0,743 \pm 0,034$ ) a dvou dnech ( $0,675 \pm 0,016$ ). Hodnoty čerstvých vzorků a vzorků měřených po dvou dnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

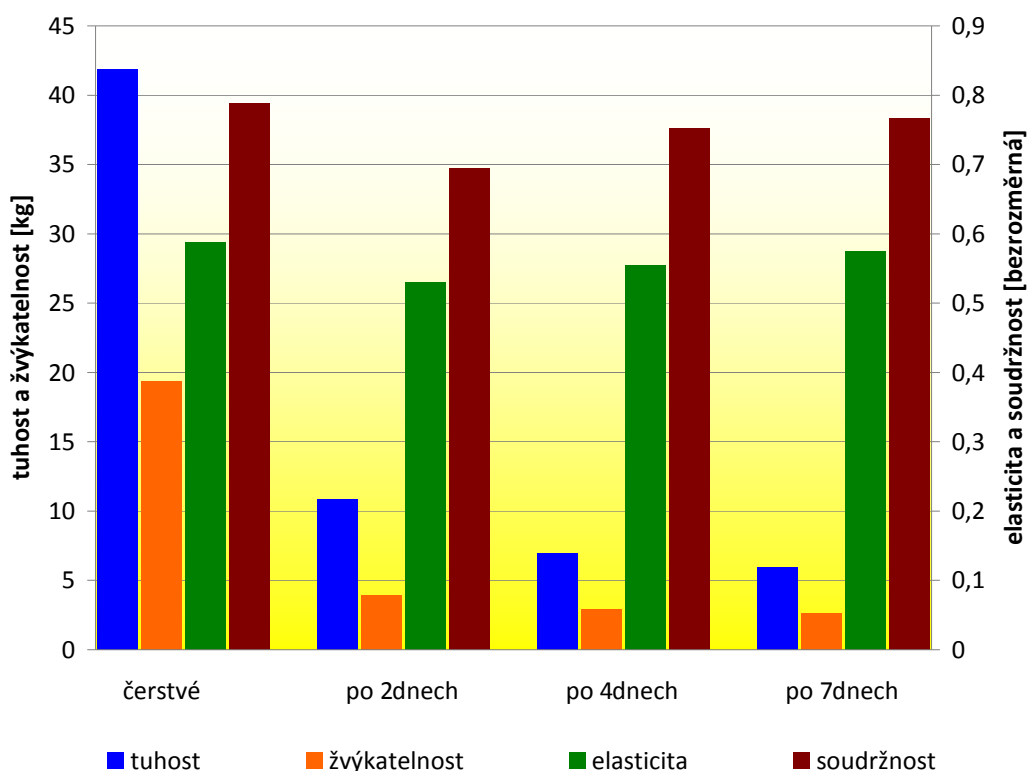
#### 4.2.6. Vliv doby marinování ve druhé skupině

**Tabulka č. 14: Statistické porovnání doby marinování ve druhé skupině**

	d.f.	F	p
tuhost	3	212,040	<b>0,000</b>
žvýkatelnost	3	211,480	<b>0,000</b>
elasticita	3	2,460	0,087
soudržnost	3	15,34	<b>0,000</b>

Na tuhost, žvýkatelnost a soudržnost ve druhé skupině měla doba marinování statisticky prokazatelný vliv. Naopak na elasticitu ve druhé skupině neměla doba marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č. 14).

**Graf č. 5: Vliv doby marinování na texturní vlastnosti ve druhé skupině**



Vliv doby marinování na texturní vlastnosti u druhé skupiny vyjadřuje graf č. 5.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti ve druhé skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $41,88 \pm 7,28$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $10,82 \pm 1,70$  kg), čtyřech dnech ( $6,99 \pm 0,96$  kg) a sedmi dnech ( $5,99 \pm 0,99$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků a vzorků měřených po dvou dnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota měření TPA žvýkatelnosti v druhé skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $19,39 \pm 3,77$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $3,95 \pm 0,60$  kg), čtyřech dnech ( $2,91 \pm 0,42$  kg) a sedmi dnech ( $2,64 \pm 0,46$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků a vzorků měřených po dvou dnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity ve druhé skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,587 \pm 0,033$ ). Následovaly vzorky měřené po sedmi dnech ( $0,575 \pm 0,052$ ), čtyřech dnech ( $0,554 \pm 0,017$ ) a dvou dnech ( $0,530 \pm 0,056$ ). Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami všech vzorků nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti ve druhé skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,787 \pm 0,026$ ). Následovaly vzorky měřené po sedmi dnech ( $0,747 \pm 0,015$ ), čtyřech dnech ( $0,743 \pm 0,034$ ) a dvou dnech ( $0,675 \pm 0,016$ ). Hodnoty vzorků po dvou dnech marinování se významně statisticky lišily od hodnot ostatních vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků čerstvých a hodnotami vzorků měřených po dvou dnech, čtyřech dnech a sedmi dnech marinování byly statisticky neprokazatelné.

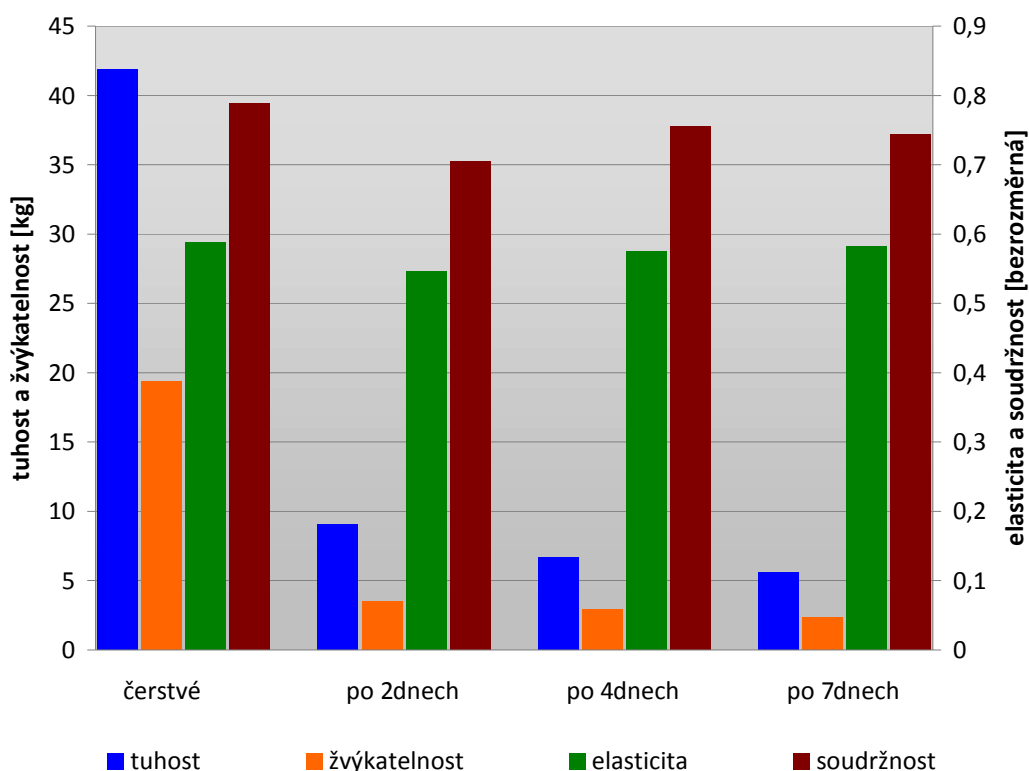
#### 4.2.7. Vliv doby marinování v třetí skupině

**Tabulka č. 15: Statistické porovnání doby marinování v třetí skupině**

	d.f.	F	p
tuhost	3	168,810	<b>0,000</b>
žvýkatelnost	3	200,070	<b>0,000</b>
elasticita	3	1,853	0,164
soudržnost	3	7,560	<b>0,009</b>

Na tuhost, žvýkatelnost a soudržnost v třetí skupině měla doba marinování statisticky prokazatelný vliv. Naopak na elasticitu v třetí skupině neměla doba marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č. 15).

**Graf č. 6: Vliv doby marinování na texturní vlastnosti v třetí skupině**



Vliv doby marinování na texturní vlastnosti ve třetí skupině vyjadřuje graf č. 6.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti ve třetí skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $41,88 \pm 7,28$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $9,07 \pm 1,60$  kg), čtyřech dnech ( $6,69 \pm 1,37$  kg) a sedmi dnech ( $5,569 \pm 1,14$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků a vzorků měřených po dvou dnech se významně statisticky lišily od ostatních hodnot vzorků. Naopak rozdíly mezi hodnotami vzorků měřených po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota žvýkatelnosti v třetí skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $19,39 \pm 3,77$  kg). Následovaly vzorky měřené po dvou dnech ( $3,49 \pm 0,61$  kg), čtyřech dnech ( $2,88 \pm 0,54$  kg) a sedmi dnech ( $2,38 \pm 0,42$  kg). Hodnoty čerstvých vzorků se významně statisticky lišily od hodnot ostatních vzorků. Také hodnoty naměřené po dvou dnech a osmi dnech se lišily mezi sebou. Naopak rozdíly mezi ostatními hodnotami byly statisticky neprokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity ve třetí skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,587 \pm 0,033$ ). Následovaly vzorky měřené po sedmi dnech ( $0,582 \pm 0,035$ ), čtyřech dnech ( $0,574 \pm 0,046$ ) a dvou dnech ( $0,547 \pm 0,020$ ). Rozdíly mezi jednotlivými

hodnotami všech vzorků nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti ve třetí skupině byla zjištěna u čerstvých vzorků ( $0,787 \pm 0,026$ ). Následovaly vzorky měřené po čtyřech dnech ( $0,754 \pm 0,035$ ), sedmi dnech ( $0,754 \pm 0,035$ ) a dvou dnech ( $0,705 \pm 0,034$ ). Rozdíly hodnot vzorků po dvou dnech marinování se významně statisticky lišily od hodnot vzorků čerstvých a od hodnot vzorků měřených po čtyřech dnech marinování. Zároveň rozdíl hodnot vzorků čerstvých a hodnot vzorků po čtyřech dnech a sedmi dnech marinování nebyl statisticky prokazatelný.

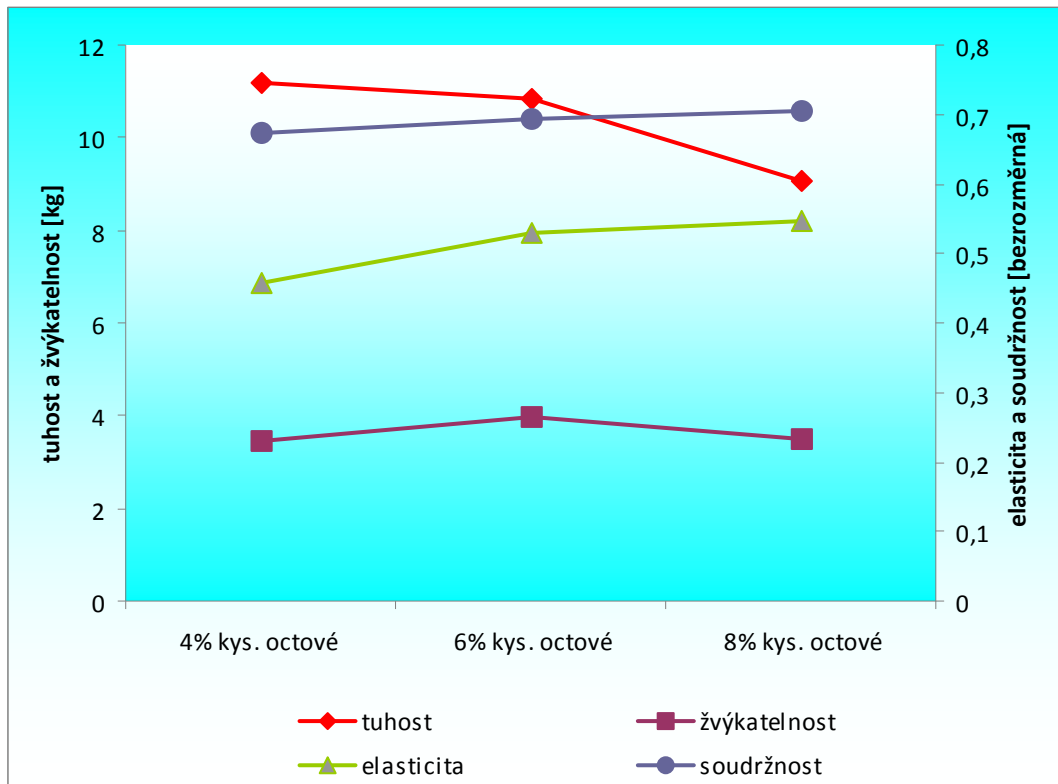
#### 4.2.8. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po dvou dnech

**Tabulka č. 16: Statistické porovnání různých koncentrací marinovací lázně na texturní vlastnosti po dvou dnech**

	d.f.	F	p
tuhost	2	2,732	0,092
žvýkatelnost	2	1,276	0,303
elasticita	2	10,073	<b>0,001</b>
soudržnost	2	1,990	0,165

Na elasticitu měl vliv různé koncentrace marinovací lázně po dvou dnech marinování statisticky prokazatelný vliv. Naopak na tuhost, žvýkatelnost a soudržnost neměl vliv různé koncentrace marinovací lázně po dvou dnech marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č.16).

**Graf č. 7: Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti druhý den marinování**



Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti druhý den marinování vyjadřuje graf č.7.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti byla zjištěna u první skupiny ( $11,16 \pm 2,06$  kg) Následovala druhá skupina ( $10,82 \pm 1,70$  kg) a třetí skupina ( $9,07 \pm 1,59$  kg). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota žvýkatelnosti byla zjištěna u první skupiny ( $3,46 \pm 0,72$  kg) Následovala druhá skupina ( $3,95 \pm 0,60$  kg) a třetí skupina ( $3,49 \pm 0,61$  kg). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity byla zjištěna u třetí skupiny ( $0,547 \pm 0,020$ ). Následovala druhá skupina ( $0,530 \pm 0,056$ ) a první skupina ( $0,459 \pm 0,033$ ). Hodnoty první skupiny se významně statisticky lišily od hodnot druhé a třetí skupiny. Naopak rozdíly hodnot druhé a třetí skupiny byly statisticky neprokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti byla zjištěna u třetí skupiny ( $0,705 \pm 0,036$ ) Následovala druhá skupina ( $0,694 \pm 0,033$ ) a první skupina ( $0,675 \pm 0,016$ ). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

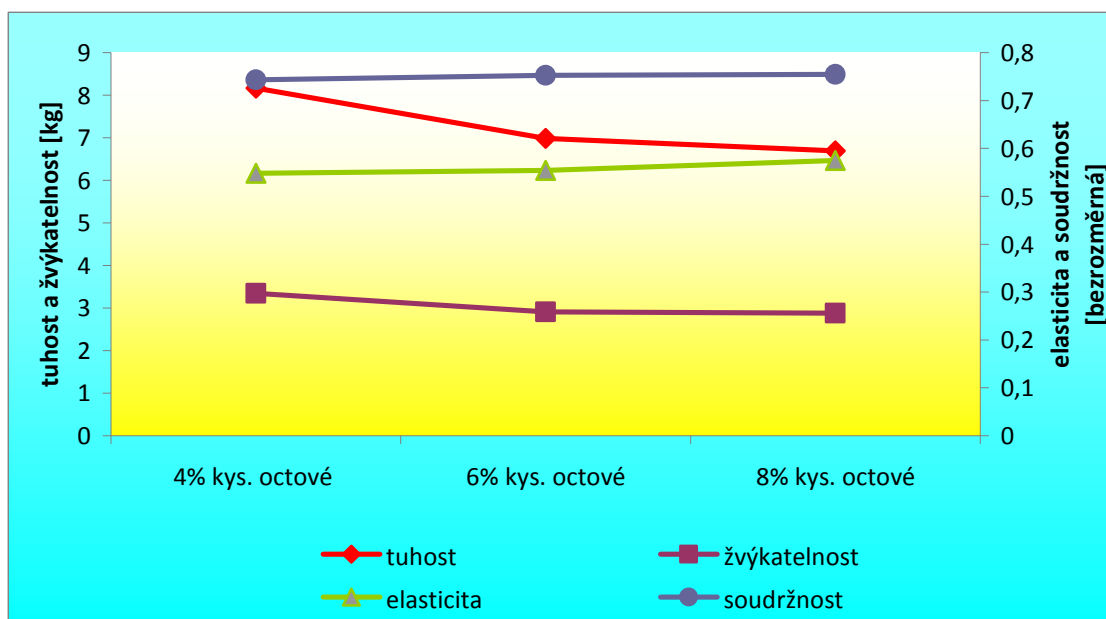
#### 4.2.9. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po čtyřech dnech

Tabulka č. 17: Statistické porovnání různých koncentrací marinovací lázně na texturní vlastnosti po čtyřech dnech

	d.f.	F	p
tuhost	2	3,124	0,684
žvýkatelnost	2	1,633	0,224
elasticita	2	1,340	0,287
soudržnost	2	0,220	0,801

Na všechny texturní vlastnosti neměl vliv různé koncentrace marinovací lázně po čtyřech dnech marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č. 17).

Graf č. 8: Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti čtvrtý den marinování



Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti čtvrtý den marinování vyjadřuje graf č.8.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti byla zjištěna u první skupiny ( $8,16 \pm 1,13$  kg). Následovala druhá skupina ( $6,99 \pm 0,96$  kg) a třetí skupina ( $6,67 \pm 1,38$  kg). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota měření TPA žvýkatelnosti byla zjištěna u první skupiny ( $3,35 \pm 0,64$  kg) Následovala druhá skupina ( $2,91 \pm 0,42$  kg) a třetí skupina ( $2,88 \pm 0,54$  kg). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity byla zjištěna u třetí skupiny ( $0,574 \pm 0,046$ ). Následovala druhá skupina ( $0,554 \pm 0,017$ ) a první skupina ( $0,548 \pm 0,024$ ). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti byla zjištěna u třetí skupiny ( $0,754 \pm 0,035$ ) Následovala druhá skupina ( $0,752 \pm 0,032$ ) a první skupina ( $0,743 \pm 0,034$ ). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

#### **4.2.10. Vliv různé koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti po sedmi dnech**

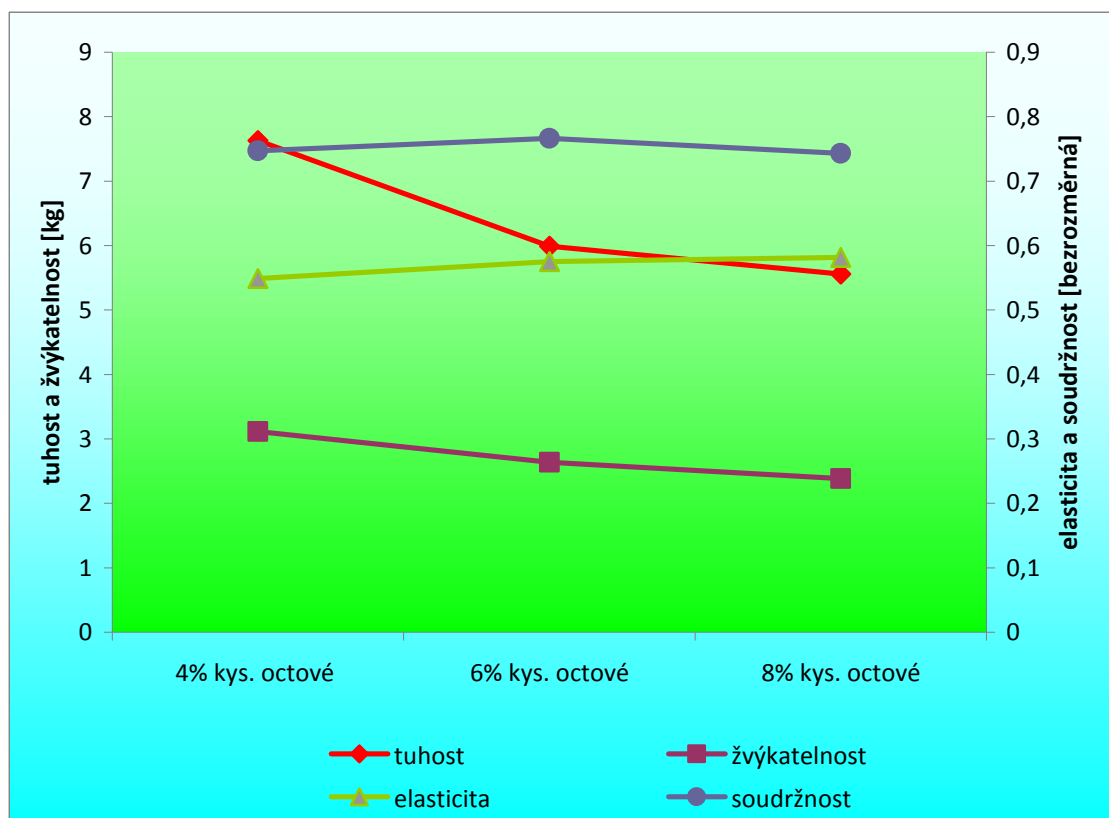
**Tabulka č. 18: Statistické porovnání různých koncentrací marinovací lázně na texturní vlastnosti po sedmi dnech**

	d.f.	F	p
tuhost	2	5,813	<b>0,011</b>
žvýkatelnost	2	4,427	<b>0,027</b>
elasticita	2	1,381	0,277
soudržnost	2	2,112	0,150

Na tuhost a žvýkatelnost měl vliv různé koncentrace marinovací lázně po sedmi dnech marinování statisticky prokazatelný vliv. Naopak na elasticitu a soudržnost neměl vliv různé koncentrace marinovací lázně po sedmi dnech marinování statisticky prokazatelný vliv (tabulka č. 18).



**Graf č. 8: Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti sedmý den marinování**



Vliv koncentrace marinovací lázně na texturní vlastnosti sedmý den marinování vyjadřuje graf č. 8.

Nejvyšší průměrná hodnota tuhosti byla zjištěna u první skupiny ( $7,63 \pm 1,42$  kg) Následovala druhá skupina ( $5,99 \pm 0,99$  kg) a třetí skupina ( $5,56 \pm 1,14$  kg). Hodnoty první skupiny se významně statisticky lišily od hodnot třetí skupiny. Naopak rozdíly hodnot druhé skupiny od hodnot první a zároveň třetí skupiny se statisticky nelišily.

Nejvyšší průměrná hodnota žvýkatelnosti byla zjištěna u první skupiny ( $3,12 \pm 0,51$  kg) Následovala druhá skupina ( $2,64 \pm 0,46$  kg) a třetí skupina ( $2,38 \pm 0,42$  kg). Hodnoty první skupiny se významně statisticky lišily od hodnot třetí skupiny. Naopak rozdíly hodnot druhé skupiny od hodnot první a zároveň třetí skupiny se statisticky nelišily.

Nejvyšší průměrná hodnota elasticity byla zjištěna u třetí skupiny ( $0,582 \pm 0,035$ ). Následovala druhá skupina ( $0,575 \pm 0,052$ ) a první skupina

(0,549 ± 0,025). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

Nejvyšší průměrná hodnota soudržnosti byla zjištěna u první skupiny (0,747 ± 0,015) Následovala druhá skupina (0,766 ± 0,012) a třetí skupina (0,743 ± 0,035). Rozdíly hodnot mezi jednotlivými skupinami nebyly statisticky prokazatelné.

## 5. Diskuse

Neexistuje žádná dohoda, jaké metody jsou vhodné pro měření texturních vlastností ryb, a ani neexistuje žádná univerzální doporučená metoda (Heia *et al.*, 1997). Dunajski (1979) uvádí, že jeden z nejlepších způsobů, jak měřit citlivost rybiho svalu, je použití metody analýzy texturního profilu (TPA). Autoři Borderias *et al.* (1983) uvádějí, že měření texturních vlastností u čerstvých ryb pomocí metody TPA je rychlé, přesné a spolehlivé při analýze čerstvých ryb. Metoda TPA s použitím kompresní sondy je nejvíce vhodná pro rozlišení textury mezi různými místy filetu lososa (Casas, 2005). Domnívám se, že tato metoda je nejvhodnější pro měření texturních vlastností u sladkovodních ryb, protože vykazuje nejvyšší objektivitu měření s přihlédnutím k existenci svalových kůstek u těchto ryb.

Lze se domnívat, že díky působení kompresní sondy na celou plochu vzorku se minimalizuje vliv heterogenního složení svaloviny sladkovodních ryb, obsahující velký počet mezisvalových kůstek. Proto lze předpokládat, že je nejvhodnější pro měření texturních vlastností filetu kapra obecného. Mezi výhody měření textury za použití TPA patří schopnost zjištění více texturních vlastností z jednoho vzorku. Další výhodou je, že se jedná o poměrně rychlý a levný způsob testování textury v porovnání se smyslovými metodami. Naopak nevýhodou použití TPA metody je obtížné porovnávání hodnot z jiných pokusů díky nestandardisovaným měřicím technikám, včetně nastavení různých rychlostí sond, velikosti komprese, zvolení výšky a tvaru vzorku (Bourne a Comstock, 1981). Domnívám se, že zejména zachování shodné výšky u všech vzorků je důležité, ale v praxi velmi obtížně proveditelné, jedná-li se o filety z kapra obecného.

Jonsson *et al.* (2001) uvádí, že nejvhodnější metody pro měření texturních vlastností na různých částech syrového filetu lososa jsou metoda vpichu a metoda měření pomocí Warner-Bratzlerova nože. Domnívám se, že díky heterogennímu složení svaloviny sladkovodních ryb je nevhodné použít metodu měření pomocí Warner-Bratzlerova nože u filetu kapra obecného. Sigurgisladottir *et al.* (1999) upřednostňuje metodu měření síly ve stříhu, založenou na řezacím noži s čepelí. Myslí si, že je citlivější než vpichovací metody měřící texturní vlastnosti jen v jednom místě vpichu.

Lze se domnívat, že jeden z faktorů, který může ovlivňovat hodnoty měření texturních vlastností, je místo odběru vzorků z filetu ryb. Casas (2005) uvádí, že za použití tří odlišných metod měření texturních vlastností na filetu lososa vykazovala

vždy ocasní část vyšší tuhost než ostatní části filetu lososa. Sigurgisladottir *et al.* (1999) naznačil, že kvalita textury se mění na filetu lososa, v závislosti na rozložení tuků, pigmentů a kolagenu. Autoři Ando *et al.* (1992); Hatae *et al.* (1986) uvádějí, že tuhost vzorku ovlivňuje hustota a uspořádání fibril kolagenu v pojivové tkáni. Montero a Borderias (1989) dokázali, že hodnoty síly stříhu u pstruhů byly vyšší v ocasní části, kvůli vyššímu podílu nerozpustného kolagenu. Kromě toho Hatae *et al.* (1990) se domnívají, že texturu rybích filet také ovlivňuje průměr a hustota svalových vláken, protože síla je větší u svalových vláken s menším průměrem a s vyšším počtem vláken. Naopak síla je nižší u svalových vláken s větším průměrem a nižším počtem vláken.

Informací o změnách texturních vlastností během doby zmrazení sladkovodních ryb je však málo. Domnívám se, že kvalitu zmrazených filet kapra obecného během doby skladování mohly ovlivňovat dva hlavní jevy: tvorba ledových krystalů a denaturace bílkovin.

Při zmrazování se tvoří ledové krystaly, které se zvětšují a mechanicky poškozují tkáň. Zvyšující se tvorba a růst ledových krystalů a zvyšující se mechanické poškození buněk způsobuje změny ve vlhkosti zmražené suroviny a prostředí, proto dochází k dehydrataci a k nárůstu koncentrace solí. Ledové krystaly na sebe váží vodu z bílkovin, výsledkem je narušení a oslabení bílkovinného systému. Toto narušení vede k rozpadu třídímní struktury bílkovin a k její agregaci. Následně nemůže proteinová síť vázat vodu, která je udržována pouze pomocí kapilárních sil (Shenouda, 1980; Tejeda *et al.*, 1996). Bílkoviny nejvíce náchylné k denaturaci jsou myofibrilární proteiny. Jedná se hlavně o myozin, u kterého, jak uvádí Tsuchiya *et al.* (1979), došlo během doby zmrazení tresky k 80% poškození původní formy myosinu, zatímco k poškození původní formy aktinu došlo za stejných podmínek jen málo.

Další faktor, který mohl způsobit změnu texturní vlastnosti zmrazených kapřích filet, je oxidace lipidů. Sharp *et al.* (1992) uvádí, že volné mastné kyseliny, vzniklé z neenzymatických a enzymatických hydrolytických lipidů se nacházejí v membráně buněk a mají nepříznivý vliv na kvalitu textury zamrazených ryb. Oxidační žluknutí může pokročit natolik, že vede k rozvoji zřetelné chuti a zápachu, což znamená sníženou trvanlivost (Taub, 1998). Myslím si, že tento faktor mohl ovlivnit texturní vlastnosti kapřích filet jen z části, protože kapr obecný je řazen svým obsahem tuku k středně tučným rybám.

Můžeme předpokládat, že kapří filety jsou méně náchylné ke zhoršování kvality během zmrazování než mořské ryby, pravděpodobně z důvodu absence trimethylaminového systému odpovědného za tvorbu formaldehydu, který podporuje denaturaci bílkovin a zhoršení textury masa ryb během doby uchování.

Během doby marinování dochází k rozptýlení chloridu sodného a kyseliny octové do svaloviny ryb, kde mohou ovlivňovat myofibrillární proteiny (Roger *et al.*, 1984). Domnívám se, že v průběhu marinování mohlo docházet ve svalovině ke dvěma hlavními antagonistickým účinkům chloridu sodného a kyseliny octové, které ovlivnily texturní vlastnosti. Za prvé k účinku solí, které mají schopnost extrahovat vodu do extracelulárních prostor, čímž dojde k vyšší koncentraci proteinů ve svalových vláknech, a proto mohou vykazovat pevnější strukturu.

Za druhé dochází v důsledku účinku kyselého prostředí k rozkladu bílkovin v rybí tkáni na aminokyseliny. Shimomura a Matsumoto (1985) uvádějí, že za změny textury během marinování jsou zodpovědné proteolytické enzymy, které štěpí bílkoviny ve svalové tkáni. Roger *et al.* (1984) pozoroval jasný rozklad u myofibrillárních proteinů a naznačil, že enzym cathepsins, který je aktivní jen při nízkých hodnotách pH, je zodpovědný za rozdělení myofibrillárních bílkovin v průběhu marinování sledě. Uvádí, že tento jev může mít za následek měkčí texturu marinovaných filet. Lze se domnívat, že tento jev mohl být jeden z faktorů, který zapříčinil prokazatelný rozdíl hodnot tuhosti u filet čerstvého a marinovaného kapra.

Detaily biochemických procesů vyskytujících se v marinovací lázni během dozrávání zůstávají neobjasněné.

## 6. Závěr

Ve své diplomové práci „Možnosti ovlivňování textury kapra obecného (*Cyprinus carpio*) jsem se pokusil charakterizovat danou problematiku. Na začátku uvádím, proč jsem si zvolil danou metodu měření textury a také proč jsem si zvolil danou sondu. Dále jsem se pokusil charakterizovat několik základních texturních vlastností (tvrdost, elasticita, soudržnost a žvýkatelnost), které byly měřeny během doby zmrazení a marinování ryb. Pomocí těchto vlastností a porovnáváním jejich změny, ke kterým prokazatelně docházelo během doby sledování. Také jsem se snažil popsat možné vlivy, které mohly ovlivnit a způsobit změny texturních vlastností ve svalovině kapra obecného.

Z porovnání zjištěných hodnot texturních vlastností vyplývá, že nejvyšší hodnoty tuhosti, žvýkatelnosti, elasticity a soudržnosti vykazovaly vždy vzorky odebrané z čerstvých ryb. V obou případech měření - u zmrazených i marinovaných vzorků ryb, došlo v průběhu doby skladování k statisticky prokazatelným změnám u měřených texturních vlastností.

Tato měření základních parametrů texturních vlastností a jejich následné změny v průběhu doby zmrazení a marinování svaloviny kapra obecného nebyly zaznamenány v žádné nám dostupné odborné literatuře. Proto výsledky považuji v tomto směru za prvotní a jejich interpretace musí být velmi opatrná. V budoucnosti je nutné tyto výsledky ještě dále ověřit provedením jiného experimentu s podobným cílem.

## 7. Použitá literatura

1. Arocha, P.M. - Toledo, R.T., 1982: Descriptors for texture profile analysis of frankfurter-type products from minced fish. *Journal of Food Science*, 47, 695-698.
2. Ando, M. - Toyohara H. - Sakaguchi, M., 1992: Three-dimensional structure of collagen fibrillar network of pericellular connective tissue in association with firmness of fish muscle, *Nippon Suisan Gakkaishi* 58, 1361–1364.
3. Badii, F. - Howell, N.K., 2001: A comparison of biochemical changes in cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) during frozen storage. *J. Sci. Food Agric.* 82, 87–97.
4. Badii, F. – Howell, N.K., 2002: Changes in the texture and structure of cod and haddock fillets during frozen storage. *Food Hydrocolloids* 4, 313-319.
5. Baruš, V. - Oliva, O. a kol., 1995: *Mihulovci - Petromyzontes a Ryby -Osteichthyes (2)*. Academia, nakladatelství AV ČR, Praha, 698 s.
6. Berge, P. - Ertbjerg, P. - Larse, L.M. - Astruc, T. - Vignon, X. - Moller, A.J., 2001: Tenderization of beef by lactic acid injected at different times post mortem. *Meat Science*, 57, 347-367.
7. Borderias, A.J. – Lamua, M. - Tejada, M., 1983: Texture analysis of fish fillets and minced fish by both sensory and instrumental methods, *Journal of Food Science* 18, 85–95.
8. Bourne, M.C. and Comstock, S.H., 1981: Effect of degree of compression on texture profile parameters. *Journal of Texture Studies*, 12, 201-216.
9. Bourne, M.C., 1978: Texture profile analysis. *Food Technology*, 37 (7), 62-66.
10. Bourne, M.C., 2002: *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd ed. Academic Press, An Elsevier Science Imprint, 427 s. ISBN 0-12-119062-5.
11. Buchtová, H. – Vorlová, L., 2001: Jakostní a hygienické parametry požitelných částí kapra obecného (*Cyprinus carpio, L.*). *Veterinářství* 2001, 51, 472-476.
12. Bykowski, P. – Kowalewski, W. – Wocial, M., 1981: Methods of extending the shelf life of cold marinades. *Studia i Materiały. Morski Instytut Rybacki*, Gdynia.
13. Casas, C. - Martinez, O. - Guillen, M.D. - Pin C. - Salmeron, J., 2005: Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) at three points along the fillet, determined by different methods, *Food Control*, 17 (7), 511-515.
14. Civille, G.V. - Szczesniak, A. S., 1973: Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, 4, 204-223.

15. Colmonero, F. – Borderias, A., 1983: A study of the effects of frozen storage on certain functional properties of meat and fish protein. *J. Food Technol.* 18, 731-737.
16. Culioli, J., 1995: Meat Tenderness: Mechanical Assessment. In: Ahmed Ouali (Eds.), *Expression of tissue proteinases and regulation of protein degradation as related to meat quality.* ECCEAMST, 239-266.
17. Čepička, J. a kol., 1999: *Obecná potravinářská technologie.* VŠCHT. 246 s.
18. ČSN ISO 11036 *Senzorická analýza - Metodologie - Profil textury,* Český normalizační institut, 1997.
19. Dellino, C., 1986: Influence of different freezing techniques freezer types, and storage conditions on frozen fish. *Info Fish Market* 2, 40-44.
20. Dunajski, E., 1979: Texture of fish muscle, *Journal of Texture Studies* 10, 301–318.
21. Dyer, W. – Dingle, J., 1961: Fish proteins with special reference to freezing. *Fish as Food.* Academic Press, Nex York, 275-277.
22. Ganesh, A. – Dileep, A.O. - Shamasundar, B.A. – Singh, U., 2005: Gel-forming ability of common carp fish (*Cyprinus carpio*) meat: Effect of freezing and frozen storage. *Journal of Food Biochemistry* 3, 342-361.
23. Gokoglu, N., (2003): Changes in biogenic amines during maturation of sardine (*Sardina pilchardus*) marinade, *Fischeries science*, 69 (4), 823-829.
24. Gokoglu, N. – Yerlikaya, P. – Cengiz, E., (2003): Biogenic amines formation in sardine marinade during refrigerated storage, *Journal of Food Biochemistry*, 27(5), 435-447.
25. Hatae, K. - Tobimatsu, A. - Takeyama M. - Matsumoto, J., 1986: Contribution of the connective tissues on the texture difference of various fish species, *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* , 52, 2001–2007.
26. Hatae, K. - Watabe, S. - Okajima, Y. – Shirai, M. – Shimada, A. - Yamanaka, H., 1991: Differences in the Ultrastructure of Carp Muscle Slices Due to Varying „Arai“ Treatment: An Electron Microscopic Observation. *Agricultural and Biological Chemistry*, 55 (6), 1593-1600.
27. Hatae, K. - Yoshimatsu F. - Matsumoto, J., 1990: Role of muscle fibers in contributing firmness of cooked fish, *Journal of Food Science*, 55, 693–696.
28. Heia, F. - Sigernes, K. - Nilsen, H. - Oehlenschlager, J. - Schubring K. - Borderias J. et al., (1997): Evaluation of fish freshness by physical measurement techniques. In: G. Olafsdottir, J. Luten, P. Dalgaard, M. Careche, V. Verrez-Bagnis, E. Martinsdohir and K. Heia, Editors, *Methods to determine the freshness of fish in research and industry,* International Institute of Refrigeration, París, 347–354.



29. Honikel, K.O., 1998: Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49, (4), 447-457.
30. Hultin, H., 1985: Characteristics of muscle tissue, *Food Chemistry*, 2nd ed., Marcel Dekker, New York. 725-789.
31. 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(3), 219-242.
32. Ingr, I., 1999: *Základy konzervace potravin*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 119 s. ISBN 80-7157-396-5.
33. Ingr, I., 2003: *Produkce a zpracování masa*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 202 s. ISBN 80-7157-719-7.
34. Ingr, I., 2004: *Jakost a zpracování ryb*. 1.vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 102 s. ISBN 80-7157-804-5.
35. Jack, F.R. - Peterson, A. - Piggott, J.R., 1995: Perceived texture: direct and indirect methods for use in product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 1-12.
36. Jeleníková, J., 2003: *Textura masa a masných výrobků*. VŠCHT Praha, 141 s. [Disertační práce].
37. Johnston, I. A. - Li, X. - Vieira, V.L.A. - Nickell, D. - Dingwall, A. - Alderson, R. - Campbell, P. - Bicker, R., 2006: Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon. *Aquaculture*, 256(4), 323-336.
38. Johnston, I. A. - Sujatha M. - Bickerdike, R. - Dingwall, A. - Luijckx, R. - Campbell, P. - Nickell, D. - Alderson, R., 2004: Growth performance, muscle structure and flesh quality in out-of-season Atlantic salmon (*Salmo salar*) smolts reared under two different photoperiod regimes. *Aquaculture*, 237 (4), 281-300.
39. Jonsson, A. - Sigurgisladottir, H. - Hafteinsson H. - Kristbergsson, K., 2001: Textural properties of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets measured by different methods in comparison to expressible moisture, *Aquaculture Nutrition* 7, 81-89.
40. Kalichevsky, M.T. - Knorr, D. - Lillford, P.J., 1995: Potential applications of high-pressure effects on ice-water transitions. *Trends Food Sci. Technol.* 6, 253-259.
41. Karel, M. - Schaich, K. - Roy, R., 1975: Interaction of peroxidizing methyl linoleate with some proteins and amino acids. *J. Agric. Food Chem.* 23 (2), 159-163.
42. Ke, P. - Nash, D. - Ackman, R., 1976: Quality preservation in frozen mackerel, *J. Inst. Can. Sci. Technol. Aliment.* 9(3), 135-138.
43. King, D. - Poulter, R., 1985: Frozen storage of Indian mackerel and big eye. *Trop. Sci.* 25, 79-90.

44. Kramer, A., 1972: Texture – its definition, measurement and relation to other attributes of food quality. *Food Technology*, 34, 1-6.
45. Lepetit, J. - Culioli, J., 1994: Mechanical properties of meat. *Meat Science*; 36, 203-237.
46. Lester E. Jeremiah, 1996: *Freezing Effects on Food Quality*. CRC Press. ISBN 9780824793500.
47. Love, R.M., 1970: *The Chemical Biology of Fishes*. New York, Academic Press, 198.
48. Mathevon, E. - Mioche, L. - Brown, W.E. - Culioli, J., 1995: Texture analysis of beef cooked at various temperatures by mechanical measurements, sensory assessments and electromyography. *Journal of Texture Studies*, 26, 175-192.
49. Matyáš, Z. – Holec, J. – Pavlíček, J., 1990: *Hygiena a technologie mrazírenských a rybích výrobků*. Praha 5, VŠV v Brně, 285 s.
50. Montero P. - Borderias, J. ,1989: Distribution and hardness of muscle connective tissue in hake (*Merluccius merluccius L.*) and trout (*Salmo irideus Gibb*), *Lebensmittel Untersuchung and Forschung* 189, 530–533.
51. Mørkøre, T. - Lilleholt, R., 2007: Impact of freezing temperature on quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua L.*). *Journal of Texture Studies*, 38 ( 4), 457-472.
52. Ooizumi, T. - Kawase, M. - Akahane, Y., 2003: Permeation of sodium chloride into fish meat and its effect on moisture content as a function of the osmotic pressure of the soaking solution. *Fisheries science*, 69, 830 – 835.
53. Park, J.W., 1994: Cryoprotection of muscle proteins by carbohydrates and polyalcohols- a review. *Journal of Aquatic Food Products Technology* 3 (3), 23-41.
54. Pavlíček, T., 2001: *Nové postupy zpracování rybí suroviny*. České Budějovice, 130 s. [Disertační práce]
55. Pearson, A.M. - Dutson, T.R., 1999: *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland, 1.ed., 505 s.
56. Peyron, M.A. - Mioche, L. - Culioli, J., 1994: Bite force and sample deformation during hardness assessment of viscoelastic models of foods. *Journal of Texture Studies*, 24, 59-76.
57. Pipek, P. - Pudil, F. - Prokúpková, L., 1999: Vaznost masa a nové pohledy na její vyhodnocování. *Maso*, 1999, 5, 43 – 44.
58. Pipek, P., 1991: *Technologie masa I*, 2. vyd. Praha. VŠCHT, 172 s. 80-7080-106-9.
59. Pipek, P., 1995: *Technologie masa I*, VŠCHT Praha, 334s. ISBN 80-7080-174-3.

60. Pipek, P., 1997: Technologické vlastnosti masa I. Maso, 56 – 62.
61. Pipek, P., 1998: Technologie masa II. 1.vyd. Karmelitánské nakladatelství. Praha, 360 s. ISBN 80-7192-283-8
62. Poulter, R., 1978: Quality changes in fish from the South China Sea. II. Frozen storage of chub mackerel, Paper presented at IPFC/FAO Conference on Fish Utilization, Technology and Marketing. Manila, Philippines.
63. Regenstein, J.M. - Regenstein, C.E., 1991: Introduction to fish technology, Van Nostrand Reinhold, 269 s. ISBN 0442005008
64. Risvik, E., 1994: Sensory properties and preferences. Meat Science, 36, 67-77.
65. Rodger, G. - Hastings, R. - Cryne, C. - Bailey, J., 1984: Diffusion properties of salt and acetic acid into herring and their subsequent effect on the muscle tissue. J. Food Sci. 49, 714–720.
66. Roth, B. - Moeller, D. - Veland, J. O. - Imsland, A. - Slinde, E., 2002. The effect of stunning methods on rigor mortis and texture properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*). Journal of Food Science, 67 (4), 1462-1466.
67. Shamasundar, B.A. - Prakash, V., 1994: Properties of the proteins from drip of frozen prawn (*Metapenaeus dobsoni*). J. Food Sci. Technol. 31(6), 459–462.
68. Sharp, A. – Offer, G., 1992: The mechanism of formation of gels from myosin molecules. Journal of the Science of Food and Agriculture 58, 63-73.
69. Shenouda, S., 1980: Theories of protein denaturation during frozen storage of fish flesh. Adv. Food Res. 26, 275-311.
70. Shigemura, Y. - Ando, M. - Harada, K. - Tsukamasa, Y., 2004: Possible degradation of type I collagen in relation to yellowtail muscle softening during chilled storage. Fisheries science, 70, 703 – 709.
71. Shimomura, M. and Matsumoto, J.J., 1985: Changes in texture and proteins during acid-salt curing of mackerel meat. Nippon Suisan Gakkaishi, 51, 583-591.
72. Sigurgisladottir, S. - Sigurgisladottir, M. S. - Torrissen, O. - Vallet, J. L. - Hafsteinsson, H., 2000. Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon fillets. Food Research International, 33, (10), 847-855.
73. Sigurgisladottir, S. - Hafsteinsson, H. - Jonsson, A. - Lie, O. - Nortvedt, R. - Thomassen, M. - Torrissen, O., 1999. Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method. Journal of Food Science, 64 (1), 99-104.

74. Sigurgisladottir, S. - Hafsteinsson, H. - Jonsson, A. - Lie, O. - Nortvedt R. - Thomassen M. et al., 1999: Textural properties of raw salmon fillets as related to sampling method, *Journal of Food Science* 64, 99–104.
75. Sikorski E. Z., 1990: *Seafood: Resources, Nutritional Composition, and Preservation*. CRC Press. 248 s. ISBN 0849359856.
76. Sikorski, Z. – Olley, J. – Kostuch, S., 1976: Protein changes in frozen fish. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 8, 97-129.
77. Smewing, J., 2000: Jak analýza textury zlepšuje jakost. *Maso*, 10 (3), 27-28.
78. Smulders, F.J.M. - Laack, H.L.J.M. van, 1992: Accelerated processing to improve the ageing response of meat. In: F.J.M. Smulders et al. (Eds.) *New technologies for meat and meat products*. ECCEAMST/Audet, Nijmegen, 181-208.
79. Stansby, M.E., 1962: Proximate composition of fish. In E. Heen, R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*. Fishing News Books Ltd., London, 55-60.
80. Steinhäuser, L., 1995: *Hygiena a technologie masa*. 1.vyd.: Vydavatelství potravinářské literatury Last, Spektrum Brno s.p., Brno, 664 s. ISBN 80-900260-4-4.
81. Stien, L.H. - Hirmas, E. - Bjørnevik, M. - Karlsen, Ø. - Nortvedt, R. – Rørå, A.M.B. - Sunde, J. – Kiessling, A., 2005: The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture*, 36 (12), 1197-1206.
82. Sveinsdottir, K. - Hyldig, G. - Martinsdottir, E. – Jørgensen, B. – Kristbergsson, K., 2001: Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14 (3), 237-245.
83. Szczesniak, A.S., 1968: Correlations between objective and sensory texture measurements, *Food Technology*, 22, 981-986.
84. Szczesniak, A.S., 1990: Texture: It is still an overlooked food attribute? *Food Technology*, 44(9), 86 -95.
85. Ších, V. - Vodrážka, Z. - Králová, B., 1981: *Potravinářská biochemie*. 1. vyd. Praha, SNTL, 360 s. ISBN 04-815-81.
86. Taub Irwin A. - Singh R. Paul: *Food Storage Stability*, CRC Press, 1998, 539 s., ISBN 084932646X.
87. Taylor, R. G. - Fjaera, S. O. - Skjervold, P. O., 2002: Salmon fillet texture is determined by myofiber-myofiber and myofiber-myocommata attachment. *Journal of Food Science*, 67 (6), 2067-2071.

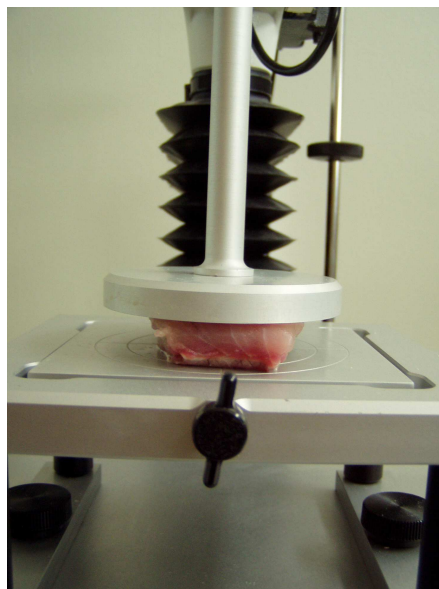
88. Tejada, M. – Careche, M. – Torrejón, P. – Del Mazo, M. – Solas, M.T. – García, M.L. – Barba, C., 1996: Protein extracts and aggregates forming in minced cod (*Gadus Morhua*) during frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 44 (10), 3308-3314.
89. Tornberg, E., 1996: Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43, 175-191.
90. Tsuchiya, Y. – Tsuchiya, T. – Matsumoto, J.J., 1979: The nature of the cross-bridges constituting aggregates of frozen stored carp myosin and actomyosin. *Advances in Fish Sciences and Technology. Jubilee Conference. Aberdeen, UK: Torry Research Station*, 434-438.
91. Vácha, F. - Buchtová, H., 2005: *Komodity akvakultury*. 1. vyd. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 150 s. ISBN: 80-7040-758-1.
92. Vácha, F., 2000: *Zpracování ryb*. 1. vyd. České Budějovice, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 118 s. ISBN 80-7040-403-5.
93. Veland, J.O – Torissen, O.J, 1999: The texture of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle as measured instrumentally using TPA and Warner-Brazler shear test. *Journal of the science of food and agriculture*, 79 (12), 1737-1746.
94. Wheaton, F.W. - Lawson, T.B., 1985: *Processing aquatic food products*. USA, J. Wiley Sons, 22.
95. Wheeler, T.L. - Shackelford, S.D. - Johnson, L.P. - Miller, M.F. - Miller, R. K. - Koohmarie, M., 1997: A comparison of Warner-Bratzler shear force assessment within and among institutions. *Journal of Animal Science*, 75, 2423-2432.
96. Yoon, K.S. – Lee, C.M. – Hufnagel, L.A, 1991: Effect of washing on the texture and microstructure of frozen fish mince. *J.Food Sci*, 56(2), 294-298.

## 8. Přílohy:

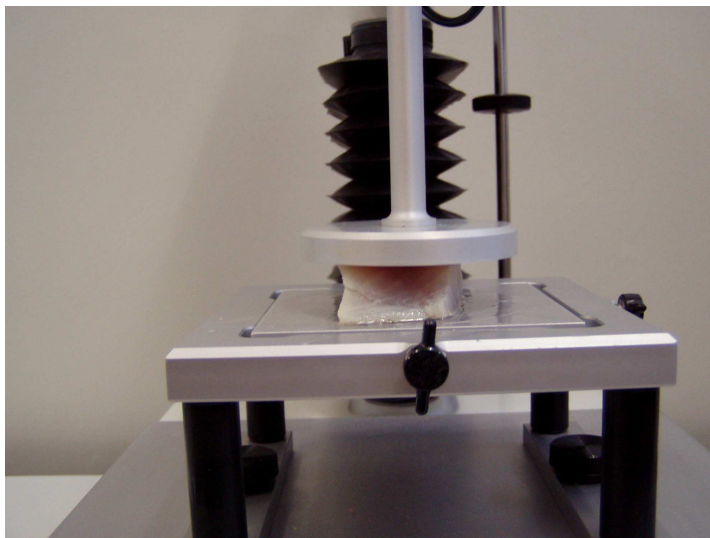
Obr. č. 1: Analyzátor textury TA.XT plus od výrobce Stable Micro System



Obr. č. 2: Měření čerstvých vzorků za použití kompresní sondy s průměrem 75 mm



Obr. č. 3: Měření marinovaných vzorků za použití kompresní sondy s průměrem 75 mm



Obr. č. 4: Filety z kapra obecného (*Cyprinus carpio*)



