

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích**

**Zemědělská fakulta**

**Možnosti ovlivňování textury masa kapra obecného (*Cyprinus  
carpio*) technologií chovu**

Disertační práce

Ing. Miloš Cepák

2013

Školitel: doc. Ing. František Vácha, CSc.

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Fakulta rybářství a ochrany vod

## Poděkování

Děkuji představenstvu Rybářství Třeboň Hld. a.s., že mi poskytlo ryby z jejich pokusných rybníků na analýzu textury, dále děkuji Oborové radě Speciální zootechniky Zemědělské fakulty JU v Č. Budějovicích za umožnění mého doktorského studia v letech 2007 – 2013.

Děkuji školiteli disertační práce Doc. Ing. Františku Váchovi, CSc. za vedení a pomoc v průběhu doktorského studia a za metodické návody při zpracování disertační práce.

Děkuji dále všem níže uvedeným kolegům a spolupracovníkům za cenné praktické a metodické rady při zajištění krmných pokusů, vážení a zpracování ryb, odběrů vzorků a chemické analýzy svaloviny. Dále za pomoc při měření textury masa a zpracování dat:

Ing. Janu Hůdovi, Ph.D.

Ing. Michaelu Rostovi, Ph.D.

Ing. Martinu Urbánkovi, Ph.D.

Doc. Ing. Petru Hartvichovi, CSc.

Ing. Jarmile Voříškové, Ph.D.

Ing. Pavlu Vejsadovi, Ph.D.

Prof. Ing. Václavu Matouškovi, CSc.

Doc. Ing. Naděždě Kernerové, Ph.D.

Doc. Ing. Miroslavu Maršálkovi, CSc.

Ing. Petru Dvořákovi, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracoval samostatně na základě vlastních zjištění a za pomoci uvedené literatury.

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

.....

V Českých Budějovicích dne

## Summary

The aim of the thesis was to determine influences of technological processes in breeding of common carp (*Cyprinus carpio*) on modification of muscle texture.

It was verified the influence over three technological processes: 1. a kind of breeding – extensive and semi-intensive, 2. supplemental feeding with various kind of cereals, 3. supplemental feeding with mechanically processed cereals and unprocessed cereals. The accompanying part is in comparison of flesh texture between carp common and rainbow trout. For the texture evaluation was used the method of texture profile analyses - TPA.

1. The influence on extensive and semi-intensive breeding on muscle texture was studied during three years. The result is that extensively cultures of fish have higher value of individual texture qualities and lower content of fat. Extensively culture of fish contain lower ratio of intramuscular fat that causes worse rates of texture qualities (higher hardness, lower springiness, etc.). From achieved results it is possible to declare that only natural food does not suffice for achievement of the required value of the flesh texture.

2. Supplemental feeding can modify the content of individual components and modify the texture of flesh. It was confirmed by the application of the most used supplemental cereals (wheat, rye, barley, triticale, maize). It was found out that maize influenced the lowest value of hardness because the flesh was very springiness and soft almost such spongy. It was caused by high value of intramuscular fat at given feed. This result was in accordance with the sensory evaluation. The best values were obtained in fish which were fed with triticale.

3. In the year 2008 the texture qualities were compared in fish which were fed with mechanically processed cereals and unprocessed cereals in the frame of the same kind of cereal. It is possible to interpret that fish, which were fed by mechanically processed cereals, gain higher hardness and lower springiness because of the low value of fat in flesh. These figures could be caused by faster digestion of pressed cereal with higher effectiveness of nutrients absorption.

The other part of the thesis was focused on the comparing of common carp (bred in pond aquaculture) and rainbow trout (intensively bred) of texture qualities.

The flesh of common carp proved 2, 5 times higher values in texture qualities comparing the flesh of rainbow trout. It is possible to state that the rates of texture qualities are inversely related with content of individual component of flesh (primarily fat and water).

These results can help in the development of new products prepared from the fish flesh.

Based on the experiments and results it was developed a methodology of texture profile measurement of common carp flesh using the technical apparatus TA.XTPlus.

**Key words:** common carp, extensive, semi-intensive, feed, texture profile analysis, rainbow trout

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	9
<b>2. Literární přehled</b> .....	11
2.1 Technologie chovu kapra .....	11
2.2 Definice textury .....	12
2.3 Možnosti měření texturních vlastností .....	13
2.3.1 Senzorické hodnocení .....	14
2.3.2 Instrumentální metoda .....	18
2.3.2.1 Metoda měření síly ve stříhu dle Warnera a Bratzlera .....	19
2.3.2.2 Metoda TPA (Texture Profile Analysis) .....	21
2.3.3 Chemické hodnocení .....	22
2.4 Faktory ovlivňující texturu masa .....	22
2.4.1 Intravitální vlivy .....	22
2.4.2 Živočišný druh .....	23
2.4.3 Plemeno .....	23
2.4.4 Pohlaví, věk a hmotnost .....	23
2.4.5 Místo odběru vzorku .....	24
2.4.6. Vliv skladování na texturní vlastnosti .....	24
2.4.7 Vliv způsobu a úrovně výživy .....	25
2.4.8 Postmortální vlivy a změny masa .....	25
2.5 Chemické složení svaloviny kapra obecného .....	26
2.5.1 Obsah vody .....	27
2.5.2 Obsah bílkovin .....	27
2.5.3 Obsah tuku .....	27
<b>3. Metodika a Materiál</b> .....	29
3.1 Vliv příkrmování doplňkovými krmivými na texturní vlastnosti kapra obecného v letech 2008 – 2010 .....	29
3.1.1 Charakteristika použitých ryb a příprava vzorku .....	29
3.1.2 Princip měření profilu textury analyzátozem TA.XT Plus .....	30
3.1.3 Sledované parametry .....	31
3.1.4 Nastavení dokumentu makra .....	32
3.1.4.1 Příklad použitého makra při hodnocení testu TPA u masa kapra obecného .....	33
3.1.5 Vytvoření a uložení testu .....	33

3.1.5.1 Příklad nastavení testu TPA používaného u masa kapra obecného .....	34
3.1.6 Základní chemická analýza svaloviny kapra .....	34
3.2 Porovnání texturních vlastností kaprovitých a lososovitých ryb .....	35
3.2.1 Charakteristika použitých ryb a příprava vzorku.....	35
3.3 Statistické zpracování experimentálních dat.....	35
<b>4. Výsledky</b> .....	<b>37</b>
4.1 Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na sádkách 2008.....	37
4.1.1 Porovnání tuhosti svaloviny kapra obecného.....	37
4.1.2 Křehkost svaloviny kapra obecného .....	41
4.1.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného .....	44
4.1.4 Elasticita svaloviny kapra obecného .....	49
4.2. Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na rybnících 2009 .....	53
4.2.1 Tuhost svaloviny kapra obecného.....	54
4.2.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného .....	61
4.2.4 Elasticita svaloviny kapra obecného .....	64
4.3 Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na rybnících 2010 .....	67
4.3.1 Tuhost svaloviny kapra obecného.....	68
4.3.2 Křehkost svaloviny kapra obecného .....	71
4.3.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného .....	74
4.3.4 Elasticita svaloviny kapra obecného .....	77
4.4 Porovnání texturních vlastností svaloviny kapra obecného a pstruha duhového.....	81
4.4.1 Texturní vlastnosti svaloviny v prvním týdnu pokusu.....	81
4.4.2 Texturní vlastnosti svaloviny v druhém týdnu pokusu .....	84
4.4.3 Texturní vlastnosti svaloviny ve třetím týdnu pokusu.....	87
<b>5. Diskuze</b> .....	<b>91</b>
5.1 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu (2008) .....	91
5.2 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu (2009) .....	93
5.3 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu rybníky 2010 .....	95
5.4 Porovnání texturních vlastností kapra obecného a pstruha duhového .....	97
<b>6. Závěr</b> .....	<b>99</b>

<b>7. Seznam použité literatury .....</b>	<b>101</b>
<b>8. Seznam tabulek v textu .....</b>	<b>108</b>
<b>9. Seznam grafů v textu .....</b>	<b>114</b>
<b>10. Seznam obrázků v textu .....</b>	<b>116</b>
<b>11. Seznam příloh .....</b>	<b>117</b>
<b>12. Přílohy .....</b>	<b>119</b>



## 1. Úvod

Při stále zvyšujícím se tlaku na produkci kvalitního masa a jeho výrobků se dostává do popředí otázka biologické hodnoty masa. Začínají se zohledňovat nové přístupy managementu k technice zpracování, technologiím chovu a příkrmování a to tak, že se průběžně sledují následné změny v biologické hodnotě masa a možnosti jejich ovlivnění žádoucím směrem při jednotlivých chovatelských a zpracovatelských postupech (**Šubrt et al., 2002**). Pro hodnocení jednotlivých změn v mase se začíná hojně využívat vyhodnocování jedné z nejdůležitějších fyzikálních vlastností daného produktu, a to textury masa či produktu, popřípadě celkového profilu textury, při němž je možné získat celou škálu texturních vlastností (tuhost, křehkost, soudržnost, elasticita, gumovitost, přilnavost), (**Breuil a Meullenet, 2001, Gupta et al., 2007**).

Při hodnocení jednotlivých parametrů textury se vychází ze vztahu mezi chemickým složením masa, jeho strukturou a fyzikálními vlastnostmi produktu. Chemické složení rybiho masa a následně jeho fyzikální vlastnosti jsou závislé na mnoha faktorech, a to zejména: na způsobu chovu, předkládaném krmivu a popřípadě jeho úpravě, druhu, věku, pohlaví, lokalitě chovu, ročním období a dalších faktorech (**Stein, 2005**). V případě vyhodnocování texturních vlastností u daného rybiho výrobku vycházíme z další řady faktorů, které mohou ovlivnit výslednou hodnotu textury daného produktu. Mezi tyto faktory lze zařadit délku sádkování, způsob usmrcení a následné nastoupení *rigor mortis*, použití emulgátorů a zahušťovadel při výrobě, zpracování a použití dané partie ryby při výrobě výrobku, skladování daného produktu, rozmrazení výrobku a v neposlední řadě kulinářskou úpravu.

Studium textury zahrnuje jak oblast struktury, tak hodnocení texturních vlastností lidskými smysly nebo mechanickými či chemickými prostředky (**Tornberg, 1996**). Pro hodnocení texturních vlastností se především používají dvě metody, a to senzorická analýza a instrumentální analýza. Senzorická analýza bývá v poslední době častěji nahrazována instrumentálními metodami z důvodu zdlouhavosti, nákladnosti a vysoké náročnosti na zkušenostech hodnotitelů, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků nezkušeností hodnotitelské skupiny.

Hlavní náplní této práce je ověření vlivu chovatelských postupů na kvalitu masa ověřenou měřením texturních vlastností. Součástí práce byl také výzkum vlivu skladování zmrazením na změny texturních vlastností uskladněných ryb. Práce se

zabývala využitím a vytvořením metodiky při použití nových instrumentálních metod pro měření texturních vlastností u kapra obecného. Výsledky této práce lze označit za přínosné pro rybářskou praxi, neboť probíhaly v poloprovozních podmínkách a dají se tak lépe uplatnit v provozu, než kdyby byly získané v podmínkách pouze řízeného prostředí.

Součástí disertační práce je:

**certifikovaná metodika:**

Měření profilu textury kapra obecného (**Cepák M.**, Vácha F. Vejsada P., Edice Metodik 2009, č. 93, s. 22)

**články:**

Vácha F., **Cepák M.**, Urbánek M., Vejsada P., Hartvich P., Rost M., 2009. Impact of long term storage on the instrumental texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*, L.) flesh. International Journal of Food Properties. (accepted for publication), (IF 2009 - 0,994)

Stejskal, V., Vejsada, P., **Cepák, M.**, Špička, M., Vácha, F., Kouřil, J., Polícar, T., 2011. Sensory and textural attributes and fatty acid profiles of fillets of extensively and intensively farmed Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.). Food Chemistry 129: 1054-1059. (IF 2010 = 3.458)

Vácha, F., **Cepák, M.**, Stejskal, V., Vejsada, P., Kouřil, J., Hamáčková, J., 2012. Texture profile analyses in tench (*Tinca tinca* L., 1758) from extensive and intensive culture. Aquaculture International (*submitted*) (IF 2011 = 1.314)

## 2. Literární přehled

### 2.1 Technologie chovu kapra

Rybářství v České republice má dlouholetou tradici a je založeno především na chovu kapra obecného (*Cyprinus carpio*), kde představuje 85% vylovených ryb. Produkce kapra v ČR si v Evropě svoji odlišností od evropské akvakultury udržuje svou tvář a dlouholetou tradici. Díky těmto rozdílům je považován chov kapra v České Republice za vysoce významnou část akvakultury (**Adámek et al., 2009**). Kapr je zde chován převážně polointenzivním způsobem chovu, kde hlavní charakteristikou tohoto systému je kombinace využití přirozené potravní nabídky rybníka a příkrmování vhodným doplňkovým krmivem (**Hepher a Pruginin, 1982; Moore, 1985**). Příkrmování doplňkovými krmivy je založeno převážně na předkládání obilovin, které jsou používány díky dobré stravitelnosti a asimilovatelnosti vysokého množství energie v podobě sacharidů, zejména škrobů obsažených v krmivu (**Viola et al., 1980**). Nejběžnějšími předkládanými obilovinami jsou pšenice, triticales, žito, ječmen a kukuřice. Avšak stále není zcela zřejmé, která z těchto doplňkových krmiv jsou nejvhodnější, jak z hlediska konverze krmiv, výsledné kvality masa, tak v neposlední řadě i z hlediska ekonomického výsledku. **Hůda (2009)** uvádí, že nejvyšší produkční účinek má kukuřice, následuje žito, další obiloviny jsou z hlediska konverze krmiv velmi vyrovnané, ale vlivem lepších senzorických vlastností upřednostňuje triticales a žito. K řádnému využití doplňkových krmiv je zapotřebí, aby byla v potravě zastoupena i přirozená potrava jako je zooplankton a zoobentos. Tato potrava patří mezi plnohodnotné a obsahuje všechny složky nezbytné pro normální růst ryb (**Jirásek, 2005**). Podle **Wieniaskiho (1983)** přirozená potrava může činit zhruba 1/3 přírůstku ryb a zbylé 2/3 lze zabezpečit předkládanou potravou i s nižším obsahem bílkovin. Pokud bílkoviny z přirozené potravy nezabezpečí dostatečný přírůstek, příkrmování obilovinami způsobí podle **Steffense (1985)** značné ztučnění ryb (více jak 15% tuku v čerstvé tkáni). Podle zjištění pana **Oberle et al. (1997)**, kapři s obsahem tuku ve svalovině nad 10% vykazují prokazatelně horší senzorické vlastnosti masa. Podle **Steina (2005)** vyšší obsah tuku ovlivňuje texturní vlastnosti masa, a to tak, že při vyšším obsahu tuku se rovná nižší tuhost masa. Z těchto poznatků je možno předpokládat, že kvalita masa a jeho vlastnosti jsou z velké části závislé na způsobu chovu, množství a

složení krmiva, druhu krmiva, způsobu využití daného krmiva a v neposlední řadě na kvalitě předkládaného krmiva.

## 2.2 Definice textury

Termín textura je velmi široký a těžko definovatelný pojem, protože každé odvětví průmyslu má svoji definici. Definice ve slovníku, která je nejbližší pro potřeby potravinářských technologií, uvádí, že textura je „způsob struktury, vzájemné vztahy částí, konstrukční kvalita“. S ohledem na nedostatek pokrytí ve slovníku, se snažili technologové a potravináři vymyslet své vlastní definice toho, co se rozumí pojmem textura. Jedna z prvních definic byla formulována již v roce 1957 podle **Ball et al.**, zde jsou uvedeny dvě definice pro texturu masa. První z nich je nazývána pohledovou definicí: struktura masa je makroskopický vzhled masa tkání z hlediska plynulosti a jemnosti zrna. Druhá definice se nazývá pocitová definice, jež zní: „struktura masa je pocit hladkosti a jemnosti svalové tkáně v ústech.“ Je pozoruhodné, že ani jedna z definic nezahrnuje vlastnosti, jako jsou pevnost, vlhkost či šťavnatost, které většina lidí považují za velmi významné u kvality masa. Většina dalších charakteristik v pozdějších letech vycházela z předešlých definic, ať to byla definice podle **Matz** (1962), **Sherman** (1970) či **Kramer et al.** (1973). Jedno z posledních vymezení je z roku 2003 podle **Foegedinga et al.** uvádí obecnou definici textury, která zahrnuje reologické a strukturní vlastnosti produktu vnímané mechanickými, taktilními a případně zrakovými a sluchovými receptory. Toto vymezení je obdobné definici z roku 1990 podle **Szczesniaka**, který tvrdí že, textura může být charakterizována jako smyslové projevy struktury potravin a způsob jakým tato struktura reaguje na aplikované síly, zvláštní smysly které se na tom podílejí, jsou na zrak, pohyb a sluch. Studium textury zahrnuje hodnocení lidskými smysly nebo mechanickými a chemickými prostředky (**Tornberg, 1996**).

**Při hodnocení textury potravin můžeme vycházet z následující charakteristiky:**

- Je to skupina fyzikálních vlastností, které jsou odvozené od struktury potravin.
- Patří pod mechanickou nebo reologickou skupinu fyzikálních vlastností.
- Skládá se ze skupiny vlastností, nejen z jedné vlastnosti.

- Smyslově je textura primárně vnímána pomocí stlačování, převážně v ústech. Také další části těla se mohou podílet na jejím hodnocení.
- Není spojená s chemickými smysly chuť a vůně.
- Objektivní měření se provádí jen pomocí působení hmotnosti, síly, vzdálenosti a času.

Pokud se při hodnocení textury vychází z několika fyzikálních vjemů, je vhodnější hovořit o „profilu textury“, což naznačuje skupinu souvisejících vlastností (**Bourne, 2002**).

Textura masa je důležitý parametr pro sensorické hodnocení a technologické zpracování (**Ingr, 2003**). Je to soubor vlastností potravin, které můžeme zjistit hmatem, jazykem, patrem či zuby. Je důležitým aspektem v kvalitě potravin, někdy dokonce důležitější než chuť a barva. Do klasifikačního systému pro její charakteristiku patří 3 hlavní třídy: mechanické (jsou zjišťovány smyslovými vjemy, jako je pocit v ústech, zrak a sluch), geometrické (velikost, tvar, počet) a ostatní charakteristiky (zmasilost, tělesná stavba).

Pro zjišťování texturních vlastností se nejvíce používají metody sensorické a instrumentální. Usiluje se o postupné nahrazení sensorického hodnocení instrumentálním měřením. S rychle postupujícím vývojem technologií na zjišťování texturních vlastností se výrazně rozšiřuje a zjednodušuje instrumentální vyhodnocení. Vědecký zájem o tuto oblast je patrný s každoročním nárůstem publikovaných prací na toto téma.

### **2.3 Možnosti měření texturních vlastností**

Způsoby hodnocení texturních vlastností masa se rozdělují do třech kategorií:

- Sensorické hodnocení
- Instrumentální hodnocení (fyzikální a chemické)
- Nepřímé metody (Kamdern a Hardy, 1995)

### 2.3.1 Senzorické hodnocení

Při senzorickém hodnocení masa a masných výrobků se textura posuzuje pohledem, pohmatem a ochutnáváním v dutině ústní. Jsou měřeny buď pomocí kinestézie, která zahrnuje počítky polohy, pohybu a napětí části těla vnímané prostřednictvím nervů a orgánů svalstva, šlach a kloubů nebo pomocí somastéze, zahrnující počítky tlaku a bolesti vnímané receptory umístěnými v kůži a rtech, včetně sliznice úst, jazyka a periodontální membrány (**Szczesniak, 2002**). Při ochutnávání lze v ústech rozlišit tři fáze: kousání, žvýkání a polykání. Lze přitom pozorovat až 20 různých fyzikálních vlastností, které se dělí na mechanické, geometrické a povrchové vlastnosti. Úkolem hodnotitele je kvalitativně a co nejpřesněji určit vlastnosti a kvantitativně vyhodnotit jejich intenzitu. Hodnotitelé se dělí dle normy ISO 8586-1 do tří skupin: posuzovatelé, vybraní posuzovatelé a experti (**Kinclová et al., 2004**). Pro jednotlivé vlastnosti existují většinou dvojice protikladných termínů, jak je možno vidět v tabulce č. 1., které i dokonce neškolené osoby mohou rozlišovat (**Pokorný, 1998**).

Tabulka 1. Příklady termínů vyjadřujících shodnou senzorickou vlastnost (Pokorný, 1998)

Vlastnost	Termíny vyjadřující extrém
Tvrдость	Tvrдый – měkký
Křehkost	Křehký – houževnatý
Soudržnost	Soudržný – rozpadavý
Elasticita	Plastický – elastický
Pružnost	Pružný – lámavý
Viskozita	Hustý - řídký

V poslední době pro lepší určení kvality potravin se vyhodnocuje celkový profil textury, protože poskytuje kompletní analýzu všech texturních vlastností (**Rosenthal, 2010**).

**ČSN ISO 11 036 (1997)** 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:

- Fáze před žvýkáním nebo bez žvýkání zahrnuje všechny geometrické, vlhkostní a tukové vlastnosti vnímané vizuálně nebo dotykem (kůže, ruka, rty).
- 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).
- Ve fázi žvýkání jsou vlastnosti jako žvýkatelnost, přilnavost a gumovitost vnímané dotykovými receptory v ústech během žvýkání anebo absorpce.
- 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.
- Při polykání se vnímá snadnost polknutí a popis jakýchkoliv zbytků, zbývajících v ústech ( **Smewing, 2000; Sochor, 2007**).

Geometrické vlastnosti jsou prezentovány rozměrem, tvarem a uspořádáním částic potravin. Jsou vnímány jak dotykovými receptory umístěnými v kůži, v ústech (zejména na jazyku), a hrdle, tak i pohmatem v ruce či rukou popřípadě mezi prsty a dlaněmi. Tyto vlastnosti můžeme rozlišit vzhledem k potravíně na povrchové a mechanické. Povrchové vlastnosti se týkají počítků vyvolávaných vlhkostí anebo podílem tuku. 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 (jeho teplota tání) v potravíně (**Jack et al., 1995; ČSN ISO 11 036, 1997**).

Mechanické vlastnosti jsou ty, které se vztahují k reakci potravin na určité mechanické namáhání (ukousnutí, stlačení vzorku mezi stoličkami atd.) a dělí se do několika parametrů; uvádí je ČSN ISO 11 036 (1997). Senzorické a fyzikální definice mechanických vlastností textury jsou uvedeny v tabulce č. 2. První čtyři parametry se týkají přitažlivých sil, působících mezi částicemi potravin a bránící rozpadu, zatímco přilnavost se vztahuje spíše na povrchové vlastnosti. Soudržnost a žvýkatelnost se mechanicky neměří přímo, a proto se dopočítávají.

Tabulka 2. **Definice mechanických vlastností textury** (ČSN ISO 11 036, 1997)

Parametry	Fyzikální definice	Senzorická definice	Technika /ČSN ISO 11 036/
<b>Základní</b>			
<b>Tuhost</b>	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.
<b>Soudržnost</b>	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 měřicí 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.
<b>Viskozita</b>	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.
<b>Pružnost</b>	Míra, do jaké se deformovaný materiál vrací 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 rychlostem návratu stavu po deformujícím působení síly a k stupni, do něhož se deformovaný materiál vrací 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.



<b>Přilnavost</b>	Prácepotřebná 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 ležela k ústům nebo k podkladu.	Vzorek se umístí na jazyk, přitlačí na patro a posuzuje se síla potřebná k jeho odstranění jazykem.
<b>Druhotné</b>			
<b>Lámavost (křehkost)</b>	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 drobků nebo kousky.	Vzorek se vloží mezi stoličky a rovnoměrně skousne, až se rozdrobí, zlomí nebo roztříští. Posuzuje se síla, při níž se vzorek rozpadne.
<b>Žvýkatelnost</b>	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 1 s 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.
<b>Gumovitost</b>	Energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin na stav vhodný pro polknutí, výsledek nízkého stupně tvrdosti a vysokého stupně soudržnosti.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti měkkého výrobku. V ústech se vztahuje na úsilí, potřebné k rozmělnění výrobku do stavu vhodného k polknutí.	Vzorek se vloží do úst a zpracovává se jazykem proti patru. Posuzuje se rozsah manipulací, které jsou nezbytné k rozmělnění potravy.

### 2.3.2 Instrumentální metoda

V posledních letech začínají nahrazovat instrumentální metody senzoričké analýzy, a to zejména díky svému rychlému, objektivnímu a snadno opakovatelnému hodnocení (Wium et al., 1997; Varela et al., 2006). Instrumentální měření je však bezvýznamné, pokud dobře nekoreluje se senzoričkým posuzováním (Bourne, 1982). Lepší korelace tedy znamená přesnější instrumentální měření (Xiong et al., 2002). Instrumentální měření umožňuje, oproti senzoričké analýze, objektivní hodnocení pomocí přístroje a přesně definovatelných fyzikálních veličin, jednotek a také rychlejší hodnocení kvality potravinářských surovin, meziproductů a finálních výrobků (Kinclová et al., 2004). Další výhodou této analýzy je, že není zapotřebí žádných chemických látek a proto mají minimální vliv na zatížení životního prostředí a minimalizaci nákladů (Lutovská, 2008). Přístrojová analýza je tedy objektivní měření prováděné pomocí funkce hmotnosti, délky a času (O. K. Servis BioPro, 2006). U mnoha mechanických testů se snažíme získat co možná nejpřesnější výsledky, které by nám dobře korelovaly se senzoričkým hodnocením. I když je to složité, poněvadž, deformace dosažená mechanickými prostředky neodpovídá úplně tomu, co se děje při žvýkání či stlačování (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). Instrumentální metody mají však i nevýhody jako jsou nutná kalibrace přístroje, vyhraničení mezních hodnot a tou nejdůležitější je, že pomocí senzoričké analýzy se měří počítky a vjemy, kdežto instrumentálními metodami se měří jen podněty (fyzikální či chemické vlastnosti výrobku), (Lutovská, 2008).

#### **Instrumentální testy se dají rozdělit do třech skupin:**

- **Fundamentální testy** – jedná se většinou o stanovení pouze určité vlastnosti, např. viskozita, modul pružnosti a další. Nevýhodou je však požadavek na homogenitu vzorku, pomalost testu a neúplné charakterizace textury. Většinou není zjištěn průkazný vztah k senzoričké jakosti pro širší intervaly naměřených hodnot (Sochor, 2007). Nejpoužívanějším testem je uniaxiální stlačování (Tornberg, 1996).
- **Imitující testy** - simulují operace při degustaci, hlavně při žvýkání. Výhodou těchto testů je dobrá korelace se senzoričkými testy. Tyto testy probíhají na

texturometru, kde může být získán celkový profil textury daného produktu. Tato analýza profilu textury (TPA) nejlépe koreluje se senzorickým hodnocením (**Tornberg, 1996**). Mohou být také použity k měření základních mechanických vlastností neporušených vzorků potravin s velmi dobře definovanou konfigurací (**Lu a Abbot, 2003**).

- **Empirické testy** – používají se obvykle ke stanovení pouze jedné vlastnosti z definovaných podmínek. Mechanická zařízení napodobují stříhání, penetraci, kousání, mělnění a stlačování zuby. Jejich cílem je s co 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 (**Peron et al., 1994**). Jednoduchá a rychlá metoda s dobrou korelací se senzorickými metodami, ale není zde možno získat celkový profil textury.

Pro analýzu texturních vlastností u masa se nejvíce využívají instrumentální metody, které se zakládají na různých principech: měření síly ve stříhu, měření hloubky průniku kovového hrotu do materiálu, měření síly potřebné na stlačení vzorku do definované deformace. Z těchto metod se nejvíce využívají metody měření síly ve stříhu podle Warnera a Bratzlera a metoda TPA.

### **2.3.2.1 Metoda měření síly ve stříhu dle Warnera a Bratzlera**

Pro hodnocení textury masa či výrobku z masa v homogenním stavu se nejčastěji používá metoda měření síly ve stříhu dle Warnera - Bratzlera, jelikož nejlépe koreluje se senzorickým hodnocením křehkosti. Warnerovo - Bratzlerova metoda byla vyvinuta v roce 1932 na Manhattanské Univerzitě a od 50. let je velmi používána. Toto zařízení měří potřebnou sílu či práci ve stříhu masa, stříhací nože simulují hrany zubů při kousání. Nejlepším predikátorem křehkosti je síla ve stříhu. Výsledky měření závisí na typu nože, jehož tloušťka může být od 3 mm a tvar může být trojúhelníkový či čtvercový. Výběr nože závisí vždy na podmínkách analýzy, zejména na směru působení síly na svalová vlákna a na rychlosti měření. Zkouška probíhá tak, že se vzorek položí na základní desku a proti ní se pohybují nože konstantní rychlostí, než naříznou a pak úplně rozříznou vzorek. Jako výsledek obdržíme potřebnou sílu k přeříznutí vzorku masa, která charakterizuje křehkost

masa (Šárka, 2006). Při nejpoužívanější konfiguraci je rovina stříhu vedena kolmo na svalová vlákna (Lepetit et al., 1994; Culioli, 1995; Tornberg, 1996; Pearson et al., 1999; Jeleníková, 2003). Nevýhodou měření dle Warnera - 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 et al., 2001). Přesto se předpokládá, že korelační koeficient mezi hodnotami síly ve stříhu dle Warnera - Bratzlera a senzorycky hodnocenou křehkostí publikovaných v různých pracích se pohybuje mezi 0,60 až 0,85. Je to uspokojivé, uváží-li se, že i v rámci senzoryckého hodnocení existuje variabilita (Smulders et al., 1992).

Faktory, které mohou ovlivnit výsledky metody stříhu dle Warnera a Bratzlera jsou: velikost vzorku, směr svalových vláken, přítomnost pojivové tkáně a tučných depositů, teplota vzorku a rychlost stříhání. Čím vyšší je rychlost měření, tím nižší je síla ve stříhu (Wheeler et al., 1997). Rozměry vzorku a způsob tepelné úpravy také ovlivňují křehkost masa (Pearson et al., 1999). Upřednostňuje se měření po tepelné úpravě (Culioli, 1995).

Obr. 1 Warner – Bratzlerův nůž trojúhelníkového tvaru



### 2.3.2.2 Metoda TPA (Texture Profile Analysis)

Metoda TPA patří v dnešní době mezi jednu z nejrozšířenějších metod díky své široké možnosti hodnotit jak homogenní, tak i heterogenní vzorky. Jaké vlastnosti jsou měřeny, závisí vždy na konkrétním výrobku (Arocha, et al., 1982; Jeleníková, 2003; Kim et al., 2009). Začátek jejího vývoje spadá do počátku 60. let 20. století, kdy se skupina vědců ze společnosti General Foods pokusila o přesnější identifikaci jednotlivých texturních vlastností potravin. Pomocí této metody se dá získat široká škála konkrétních texturních vlastností (Breuil a Meullenet, 2001, Gupta et al., 2007), uvedených v tabulce č. 3. Některé z nich se však navzájem vylučují, konkrétně žvýkatelnost a gumovitost. Kdy křehkost je definovaná jako energie potřebná na rozmělnění polopevné potraviny do stádia připravenosti na polknutí a gumovitost jako energie potřebná na rozmělnění tuhé potraviny do stádia připravenosti na polknutí. Proto by se při publikování výsledků z TPA měla uvádět buď jedna nebo druhá zmíněná vlastnost, ale ne obě najednou (Bourne, 2002). Analýza profilu textury hodnotí vlastnosti potravin, přičemž lépe odráží sensorické vlastnosti textury než způsoby hodnocení, které měří jeden vybraný znak. Metoda analýzy profilu textury nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením (Rahman et al., 2005).

Tabulka 3. Mechanické vlastnosti měřené analýzou texturního profilu

Mechanická vlastnost	Měřená proměnná	Rozměr měřených proměnných
Křehkost	Síla	$\text{mlt}^{-2}$
Tvrdost	Síla	$\text{mlt}^{-2}$
Soudržnost	Poměr	Bezrozměrná
Přilnavost	Práce	$\text{ml}^2 \text{t}^{-2}$
Elasticita	Vzdálenost	l
Gumovitost	Síla	$\text{mlt}^{-2}$
Žvýkatelnost	Práce	$\text{ml}^2 \text{t}^{-2}$

Technika zahrnuje stlačování vzorků stejných rozměrů v několika (obvykle ve dvou) cyklech za přesně definovaných podmínek, obvykle do 80 % jeho původní výšky, pro vyvolání různých instrumentálních parametrů. Tento test stlačování napodobuje žvýkání potraviny a měří sílu vynaloženou na vzorek, obvykle se napodobují první dvě skousnutí při žvýkání potraviny. Tato analýza textury využívá deformační

rychlost mezi 0 a 10 mm.s<sup>-1</sup>, tedy mnohem pomalejší než je typická rychlost žvýkání, 23 - 25 mm.s<sup>-1</sup> (**Wium et al., 1997**). Avšak vliv pomalého stlačování na korelaci mezi senzorickým a instrumentálním měřením nebyl doposud plně prostudován.

### **2.3.3 Chemické hodnocení**

Používají se metody, které hodnotí vliv kontrakce svalu na křehkost masa, vliv proteolýzy nebo biochemický index zrání masa, ale mezi nejpoužívanější chemické metody patří hodnocení pojivové tkáně, přičemž se měří rozpustnost kolagenu, charakter příčných vazeb a extrahovatelnost. Tato metoda se tudíž dá používat pouze u vzorků s vyšším obsahem kolagenu, tudíž u ryb není tato metoda možná z důvodu nízkého obsahu kolagenních bílkovin vazivových tkání. Další nevýhodou je, že většina chemických metod je pomalá a vyžaduje velkou zručnost a vybavení a proto se moc nepoužívají (**Pearson a Dutson, 1999**).

## **2.4 Faktory ovlivňující texturu masa**

Faktorů, které mohou ovlivnit výslednou kvalitu masa a jejich kvalitativní znaky je celá řada a každý z nich může jednotlivé vlastnosti masa ovlivnit určitou intenzitou. Texturní vlastnosti jsou velmi snadno ovlivnitelné širokou škálou vnitřních (věk, fáze rozmnožování, sezónní vlivy, stres) a vnějších (fyzikální a chemické) faktorů (**Stein, 2005**). Zvířata jsou ve svém vývoji a kvalitě ovlivňována z časového hlediska ve dvou časových etapách, a to v období prenatálním a intravitálním, ty lze dále dělit na postnatální a premortální. Jiní autoři uvádějí členění na vlivy vnitřní (genetické) a vnější (faktory prostředí). Na jakost masa působí vlivy genetické, intravitální a postmortální. Znalost všech vlivů je velmi důležitá pro možnost eliminace nebo alespoň částečného omezení vlivů negativních a pro posilování a využívání vlivů pozitivních, a to na principu zpětné vazby (**Simeonovová, 2003**).

### **2.4.1 Intravitální vlivy**

Pojmem intravitální vlivy je označována celá řada faktorů, které působí na zvíře během jeho celého života, tj. během chovu (prostředí, chov, druh krmiva atd.), doba před porážkou a vlastním zpracováním. Vliv na jakost a produkci masa má plemeno, pohlaví, věk, ranost, způsob výživy, úroveň výživy, nemoci, použití léků, stres, podmínky při přepravě (**Pipek, 1995**).

### 2.4.2 Živočišný druh

Každý živočišný druh má různý zastoupení tkání, charakteristické chemické složení masa, což má za výsledek různou kvalitu a možnost dalšího zpracování. V důsledku toho je možno říci, že pro každý druh jsou specifické hodnoty fyzikálních a smyslových vlastností. Rozdílné jsou především obsah tuku (resp. tukové tkáně), poměr svaloviny a pojivové tkáně a s tím související křehkost, vaznost a barva (**Pipek, 1995**).

### 2.4.3 Plemeno

Plemeno je nejčastěji definováno jako skupina zvířat stejného fylogenetického původu, která byla vytvořena člověkem v určitých sociálně ekonomických a přírodně geografických podmínkách. Některé druhy plemen se vyznačují vysokou růstovou schopností a přitom mají relativně nízkou spotřebu krmiv, jiná inklinují k větším zásobám obsahu tuku v mase, vyššímu obsahu vody atd. Je to skupina zvířat s určitými společnými znaky a vlastnostmi, které za předpokladu shodných životních podmínek přenáší na své potomstvo (**Žižlavský, 2005**).

### 2.4.4 Pohlaví, věk a hmotnost

Vliv pohlaví se nejvýrazněji podílí na obsahu tuku v mase zvířat samčího a samičího pohlaví. Tvorba a ukládání tuku je ovlivněna rozdílností metabolických procesů v organismu samců a samic. Samičí organismus metabolizuje úsporněji a spoří či ukládá část energie jako rezervní tuk pro budoucí vývoj plodu a pro přežití nepříznivých podmínek (**Ingr, 2003**). Maso samic obsahuje obecně více tuku než maso samců, proto je někdy při zpracování rozlišováno na maso samčí a samičí z důvodu lepšího využití při výrobě produktů. Ukládaný tuk tak ovlivňuje senzoryckou a technologickou jakost masa (**Simeonovová, 2003**).

S postupujícím věkem se zvyšuje křehkost v důsledku ukládání intramuskulárního tuku, ale zhoršují se jiné senzorycké vlastnosti (chuť, vůně). Vliv věku na křehkost masa popisuje ve své studii **Johnston et al. (2006)**. U lososa obecného, kde vyslovil hypotézu, že síla ve stříhu je vyšší u mladších lososů než u dospělých kusů z důvodu nižšího obsahu tuku ve svalovině. Z hlediska kvality masa se považuje za optimální 3 – 4 letý kapr obecný o hmotnosti 1,8 - 2,7 kg.

### 2.4.5 Místo odběru vzorku

Svalovina kapra obecného je charakteristická segmentovým uspořádáním a odlišným složením červené a bílé svaloviny. Červená vykazuje vyšší obsah myoglobinu, vyšší obsah lipidů a glykogenu. Světlá svalovina se vyznačuje vyšším procentem zastoupení proteinů nízké molekulové hmotnosti a nižším obsahem lipidů. Z daných definic jednotlivých svalovin je zřejmé, že v jednotlivých částech těla ryb je různý obsah nutričních látek a to především obsah tuku a vody. To má za následek možnost využití jak po kulinářské tak i po zpracovatelské stránce, poněvadž se jednotlivé části vyznačují odlišnými fyzikálními vlastnostmi, jako jsou textura masa, vaznost vody, měrná hmotnost atd. **Sigurgisladdottira et al. z roku 1999** poukazuje ve své studii na to, že měřená tvrdost a síla ve stříhu se zvyšovala od hlavy k ocasu a vzorky odebrány mezi hřbetní ploutví a postranní čárou nejvíce vyhovují k měření texturních vlastností u ryb.

### 2.4.6. Vliv skladování na texturní vlastnosti

Všestranně nejvhodnějšími způsoby zvyšování tržnosti čerstvě získaného masa a prodloužení jejich uchovatelnosti jsou zchlazení a chladiřenské uskladnění nebo zmrazení a mrazířenské skladování masa (**Ingr, 2003**). Chlazení masa probíhá při teplotách těsně nad 0 °C, kdy se zvyšuje tržnost masa a současně umožňuje průběh žádoucích zracích procesů. **Taylor et al. (2002)** studoval vliv krátkodobého uchování zchlazením u lososa obecného na změnu struktury a textury svalových vláken, kdy čerstvé filety uložil na led po dobu 14 dní. Textura byla měřena metodou měření síly ve stříhu a výsledné hodnoty korelovaly se strukturálními změnami. Výsledek byl, že již při prvních 24 hodinách došlo k významnému zhoršení textury a zároveň k uvolnění svalových vláken.

Zmrazování je nejčastějším způsobem uchování potravin na delší dobu při teplotách blízkým -15 až -45 °C ale i nižších. Tento způsob uchování je velmi šetrný vůči senzorickým vlastnostem potravin a k jejich nutričně významným složkám. Při takto nízkých teplotách se prakticky zastavuje aktivita enzymu a taktéž mikroorganismy omezují popřípadě i zastavují svoji činnost. Pro zachování textury a senzorických vlastností u daného produktu záleží vždy na způsobu a rychlosti zmrazení a následném způsobu rozmrazení. Skladovací teplota má velký vliv na texturu masa (**Stien et al., 2005**). Jednou z možností zmrazení lososa obecného po dobu 24 dní se



zabýval **Sveinsdottir et al. (2001)**, kdy čerstvé filety obklopeny ledem uložil do mrazících boxů a následně sledoval možné změny v mase. Byla zjištěna vysoká korelace mezi kvalitativním měřením a dobou uskladnění, texturní měření indikovalo k měknutí uskladněného masa.

#### **2.4.7 Vliv způsobu a úrovně výživy**

Výživa zvířat je jeden z nejdůležitějších faktorů, který může ovlivnit výslednou kvalitu masa, a to tak, že ovlivňuje obsah tuku, kvalitu tuku a změny v podílu pojivové tkáně. Při nedostatečné výživě nastává pokles svalové hmoty a obsahu tuku, přičemž obsah pojivové tkáně zůstává nezměněn (**Jedlička, 1988**).

Různá krmiva, ale i jejich možná úprava mají rozdílné účinky na jakost masa při rozdílné konverzi krmiv. Autor **Urbánek (2009)** uvádí, že je možné produkční účinek krmiv významně zvýšit o 1 – 18 % vhodnou úpravou (např. mačkáním) s příznivým efektem do ekonomiky chovu. Mají-li pozitivní vliv na zdravotní a výživový stav zvířat, pak většinou kladně ovlivňují i jakost masa. Podle stupně výživového stavu a obsahu tuku v těle mohou být ryby rozděleny na tučné, středně tučné a libové. V současnosti je vyšší zájem o ryby s vyváženým obsahem tuku, ale určitý podíl intramuskulárního a intercelulárního tuku ve svalovině je žádoucí v zájmu sensorické jakosti masa, především jeho chutnosti, šťavnatosti a křehkosti (**Simeonovová, 2003**). U ryb pocházejících z různých podmínek chovu pak kvalita krmiv použitých při výrobě krmných směsí nebo použité zemědělské plodiny významně ovlivňují sensorické vlastnosti masa ryb i kvalitu jejich tukové složky (**Mareš, 2003**). Celkově se zdá, že chov je důležitější v ovlivnění tuhosti masa než věk nebo rod (**Sanudo, 2003**).

Kvalita masa může být také ovlivněna dlouhodobým sádkováním ryb, kdy se snižuje obsah tuku v mase, což má za následek zlepšení sensorických vlastností svaloviny masa u kapra obecného (**Šustek et al., 2009**).

#### **2.4.8 Postmortální vlivy a změny masa**

Obecně je označujeme jako zrání masa, při němž maso nabývá požadovaných sensorických, technologických a kulinárních vlastností. Dále platí, že po usmrcení zvířat začnou probíhat procesy v těle zvířat, které vedou k tomu, že se nativní svalová tkáň přeměňuje na maso. Tyto procesy jsou vždy nevratné. Průběh

postmortálních změn ovlivňuje z velké části kvalitu masa a její fyzikální vlastnosti. Vytváří se křehkost a tržnost masa, probíhají děje vytvářející extraktivní složky masa. Dochází však ke změnám pH, při prudkém poklesu dochází k částečné denaturaci bílkovin, což má za následek výrazně nižší vaznost vody, tkáň je měkká, uvolňuje velké množství vody. Toto maso má výrazně světlejší barvu než maso normální, pro kulinární úpravu je nevhodné, protože se spéká, dochází k velkým ztrátám šťávy a maso je pak suché a tuhé (**Kadlec, 2002**). Naopak vysoké pH má za následek i nedostatečný průběh zrání, maso je pak tuhé a nemá dostatečně výraznou chuť a aroma (**Kadlec, 2002**). Studie **Rotha et al., z roku 2002** se zabývala možnostmi ovlivnění texturních vlastností způsobem usmrcení a to oxidem uhličitým, elektrickým proudem a tupým předmětem. Výsledkem bylo, že při použití oxidu uhličitého nastupují postmortální změny dříve než u ostatních skupin z důsledku stresu před usmrcením. Avšak nebyly prokázány žádné statisticky průkazné rozdíly ve vývoji rigoru mortis a sílou ve stříhu mezi jednotlivými skupinami.

## **2.5 Chemické složení svaloviny kapra obecného**

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**). Z nutričního hlediska je maso kapra obecného velmi hodnotnou surovinou, jejíž vysoká dietetická hodnota je dána vyšším podílem jednodušších bílkovin, příznivým složením tuku (vyšší nenasyceností s obsahem polyenových mastných kyselin s dlouhým řetězcem), vysokým obsahem lipofilních vitamínů, jemností svalových vláken, praktickou absencí kolagenních bílkovin vazivových tkání a relativně vysokým obsahem minerálních látek (**Mareš, 2003**).

Na chemické složení rybí svaloviny má vliv mnoho intravitálně působících faktorů (**Buchtová, 2001**). Nejvýznamnějším faktorem je druh a technologie chovu ryb. Uvnitř druhu záleží na pohlaví, věku, ročním období a prostředí, ve kterém žije (**Vácha, 2000; Buchtová, 2001; Pipek a Jirotková, 2001**). Z tohoto důvodu se hodnoty obsahu jednotlivých složek pohybují v širokém rozmezí (**Mareš, 2003**).

Obsah vody je na úrovni 60 – 80 %, množství bílkovin v rozmezí 15 – 25 %, tuku 0,1 – 35 %, minerální látky 0,8 – 2 % a sacharidy méně než 0,1 - 0,55 %.

### 2.5.1 Obsah vody

Rybí maso obecně obsahuje více vody než teplokrevní živočichové. Množství vody je přímo závislé na obsahu tuku, pohlavním cyklu a dále na anatomickém uložení tuku ve svalovině v jednotlivých partiích ryb a v neposlední řadě na stresu. Vyšší obsah vody ovlivňuje senzorycké vlastnosti masa a možnosti jeho dalšího zpracování (Mareš, 2003), neboť je příčinou vodnatější a měkčí konzistence. Zároveň také negativně ovlivňuje uchovatelnost rybiho masa, která je u ryb zpravidla velmi krátká.

### 2.5.2 Obsah bílkovin

Z nutričního hlediska jsou bílkoviny charakteristické svou vysokou biologickou hodnotou, jsou snadněji stravitelné oproti bílkovinám teplokrevných zvířat. Zvláště díky obsahu všech esenciálních aminokyselin, a to ve velmi vyváženém a příznivém poměru (Buchtová, 2001). Bílkoviny sladkovodních ryb se ve složení aminokyselin prakticky neliší. U kaprovitých ryb převládají aminokyseliny *leucin* a *lysin* (Mareš, 2003). Rybí maso obsahuje velmi malé množství pojivových bílkovin, což nám umožňuje rychlé a snadné kulinářské úpravy.

### 2.5.3 Obsah tuku

Lipidy se vyskytují jednak přímo ve svalovině (intramuskulární tuk), tak i ve zvláštní tukové tkáni, kde je uložen zásobní tuk. Z hlediska senzoryckého je významný intramuskulární tuk, který ovlivňuje řadu fyzikálních vlastností masa (texturní vlastnosti, měrná hmotnost, energetický obsah). Obecně platí, že největší obsah tuku je v ocasní a břišní partii ryb. Tuk má významnou úlohu při vytváření textury masa (Čepička et al., 1995).

Jak jsem se již zmiňoval, obsah tuku je nepřímou úměrou obsahu vody. Obsah tuku ovlivňuje řada faktorů, a to zejména druh ryby a její věk, roční období a v neposlední řadě způsob chovu (extenzivní, polointenzivní, intenzivní). Množství tuku v mase ryb chovaných v různých technologických podmínkách je ovlivněno intenzitou chovu, množstvím a kvalitou aplikovaných krmiv. Způsob chovu ovlivňuje nejen množství ale i kvalitu tuku (Mareš, 2003).

Také s poklesem teploty vody dochází ke zvyšování obsahu tuku v mase v souvislosti s přicházejícím zimním obdobím. Obsah tuku dále v podzimních a

zimních měsících ovlivňuje délka sádkování, kdy ryba nepřijímá potravu (**Buchtová a Vorlová, 2001**).

### **3. Metodika a Materiál**

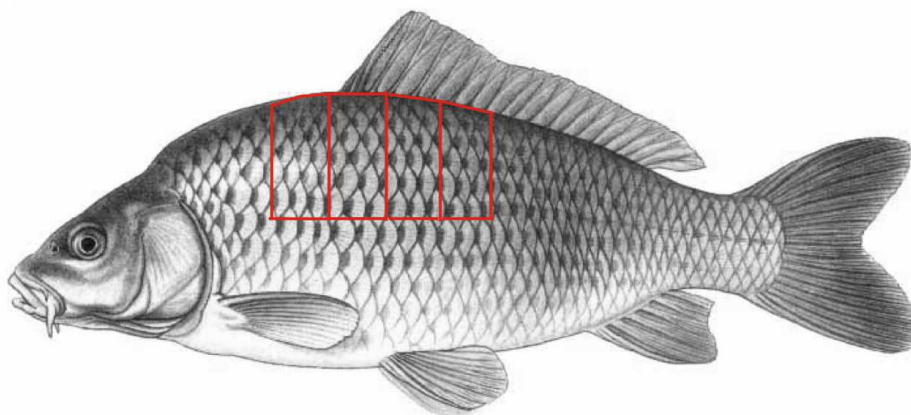
#### **3.1 Vliv příkrmování doplňkovými krmivy na texturní vlastnosti kapra obecného v letech 2008 – 2010**

V letech 2008 - 2010 byl studií sledován vliv chovu extenzivního a polointenzivního na kvalitu masa kapra obecného, kde kvalita masa byla vyhodnocována získáním celkového profilu textury. V uvedeném období byl také sledován vliv příkrmování různými druhy doplňkových krmiv (pšenice, žito, triticales, kukuřice, ječmen atd.) na výsledné hodnoty textury. V roce 2008 probíhal pokus příkrmováním mechanicky upravených obilovin s následným vlivem na texturu svaloviny.

##### **3.1.1 Charakteristika použitých ryb a příprava vzorku**

Pro studii byly ryby získány z poloprovozních pokusů, které probíhaly na rybnících a sádkách Rybářství Třeboň Hld. a. s.. Ryby byly chovány polointenzivně s příkrmováním různými druhy doplňkových krmiv. Při každém krmném pokusu byla také chována jedna popřípadě dvě skupiny extenzivně, které sloužily jako skupiny kontrolní. Příkrmování probíhalo 3 dny v týdnu v dávkách 2% hmotnosti obsádky upravených podle aktuální hmotnosti kaprů. Ryby byly po pokusu sloveny, zváženy a převezeny k dalšímu zpracování do laboratoře Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity, kde byly ryby usmrceny v souladu s § 5, odstavce 2, písmene e), zákona na ochranu zvířat proti týrání, odšupinovány a vyfiletovány. Jednalo se o 4leté tržní ryby o hmotnosti  $2700 \pm 400$  g, délce těla  $450 \pm 10$  mm, a výšce těla  $140 \pm 10$  mm. Pro každou krmnou variantu byly pro měření textury vybrány celkem 3 ryby, u kterých byly z každého filetu odebrány 4 vzorky svaloviny definovaných rozměrů 3 x 3 cm s minimální výškou 0,5 cm z oblasti nad laterální linií (oblast ukazuje obrázek Obr. 2). Před vlastním měřením texturních vlastností bylo u každého vzorku měřeno pH za použití přístroje pH Tester 20, rozsah 1,0 - 15,0 (Chromservis Ltd., Česká republika) a teplota teploměrem Testo 106, rozsah -50 až +275°C (Testo Ltd., Česká republika).

Obr. 2 Pozice vzorků pro analýzu profilu textury

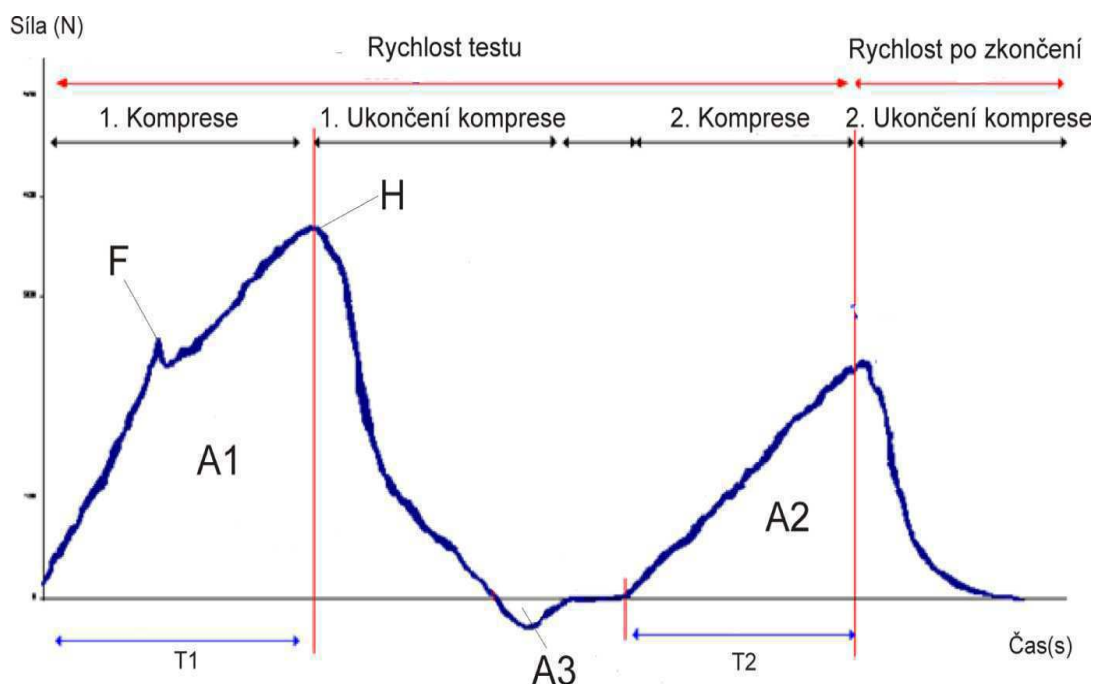


### 3.1.2 Princip měření profilu textury analyzátozem TA.XT Plus

Vlastní měření textury svaloviny kapra obecného (*Cyprinus carpio*) probíhalo na přístroji TA.XTPlus (Stable Micro Systems, Godalming, England) v laboratoři Zemědělské fakulty Jihočeské univerzity. Pro měření byl použit test TPA (Texture profile analyses), kde byl získán celkový profil texturních vlastností svaloviny kapra obecného (křehkost, tuhost, soudržnost, elasticita). Tento test nejlépe koreluje se sensorickým měřením. Principem testu je dvojitá komprese za přesně definovaných podmínek (síla, dráha a čas). Před zpuštěním testu byl přístroj vždy kalibrován a byly nastaveny potřebné parametry testu a makra pro výpočet jednotlivých vlastností. Po zpuštění testu začal přístroj kontinuálně zaznamenávat sílu, dráhu a čas za současné deformace materiálu v tlaku. Deformaci vzorku umístěného na základně přístroje provádí pohyblivé rameno s tenzometrem o síle 50 kg, který zaznamenává působící síly. Do tenzometru v rameni byla upevněna sonda typu P75 (Ø 75 mm), která celou svou plochou působí na vzorek. Tato sonda byla zvolena dle již dříve probíhajícího pokusu o vhodnosti sond pro měření texturních vlastností u kapra obecného, kde bylo zjištěno, že tento typ dokáže nejlépe eliminovat vliv mezisvalových kůstek na měření. Vzorek svaloviny byl vkládán mezi sondu a pokusný stolek vždy stranou kůží dolů. Průběh měření se zaznamenává prostřednictvím počítačového programu ve formě deformační křivky, viz obr. 3. Počítačový program dovoluje další zpracování, jako je statistické vyhodnocení záznamů (stanovení maximální, minimální a průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, variačního koeficientu

sledovaného parametru, atd.), matematické výpočty (označení maxima, minima parametru na křivce, výpočet plochy pod křivkou, stanovení maximální, minimální a průměrné křivky a porovnání ostatních křivek vůči nim, atd.), ukládání záznamů k dalšímu zpracování, a jiné. Tím je uživateli umožněno sledovat měřený materiál za delší časový úsek. Data byla ukládána s pomocí programu Texture Expert program, version 1.11 (Stable Micro Systems Ltd.).

Obr. 3 Výsledná deformační křivka TPA



### 3.1.3 Sledované parametry

Hodnoty naměřené texturometrem byly vykresleny do křivek, ze kterých byly následně vyhodnoceny jednotlivé texturní vlastnosti (křehkost, tuhost, soudržnost, elasticita). Tyto vlastnosti byly dále dopočítány dle předem nastaveného makra a softwaru Texture Exponent 32, dodaného spolu s texturometrem, nebo dle níže uvedených vzorců.

- **Křehkost** (fracturability) – je znázorněna jako první vrchol křivek. Je to síla potřebná k počátku rozpadu vzorku. Parametr je vyjádřený jako bezrozměrný.

Výpočet: hodnota F

- **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 H

- **Elasticita** (springiness): Poměr (bezrozměrný) mezi časem během druhého stlačení a časem během prvního stlačení kompresního cyklu.

Výpočet: T2/T1

- **Soudržnost** (cohesiveness): Poměr (bezrozměrný) mezi silou během druhého stlačení a silou během prvního stlačení kompresního cyklu (pouze směrem dolů). Síla vnitřních spojů tvořících vzorek.

Výpočet: A2/A1

A1 = Area 1 je oblast křivky (v mm<sup>2</sup>) během prvního stlačení vzorku, která je přímo úměrná k práci provedené sondou na vzorku během první komprese. Je to práce provedená v průběhu prvního skousnutí.

A1 = Area 2 je oblast křivky (v mm<sup>2</sup>) v průběhu druhého stlačení, která je úměrná k práci sondy, provedené na vzorku během druhé komprese. Je to práce vykonaná během druhého skousnutí.

### 3.1.4 Nastavení dokumentu makra

Makro dokument je seznam příkazů s účelem automatizovat proces vyhodnocování výsledných křivek. Vytvoření makra je nutné pro výpočet jednotlivých dat (plocha křivky, průměr, dráha, časová diference atd.). Při vytváření makra dokumentu byly zadány příkazy, tak aby vyhovovaly našemu typu analýzy TPA a následně bylo možno využít pro výpočet jednotlivých texturních vlastností.



### 3.1.4.1 Příklad použitého makra při hodnocení testu TPA u masa kapra obecného

Description (popis)	Settings (nastavení)	Units (jednotky)
Search Forwards (postup hledání)		
Go to Min. Time (min. doba)		
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	220	g
Go to Peak + ve Value (přechod na	Force (síla)	
Mark Value Force (označení hodnoty	Hardness (tuhost)	x
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Area (plocha)	Active vs Active (aktivní vs aktivní)	*
Time Difference (rozdíl času)		*
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to Peak - ve Value (přechod na	Force (síla)	
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to Peak + ve Value (přechod na	Force (síla)	
Search Backwards (zpětné hledání)		
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Search Forwards (hledané termíny)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Area (plocha)	Active vs Active (aktivní vs aktivní)	*
Go to Peak - ve Value (přechod na	Force (síla)	
Time Difference (rozdíl času)		*
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g

### 3.1.5 Vytvoření a uložení testu

Nastavení a uložení testu slouží k vytvoření postupu, podle kterého bude prováděno měření námi zjišťovaných vlastností u daného vzorku. Je třeba si vždy uvědomit, jaký materiál bude analyzován a jaké parametry chceme zjišťovat. Podle typu materiálu je vždy třeba parametry testu nastavit tak, aby měření probíhalo bez

nějakých výrazných odchylek či poruch. Pro měření texturních vlastností u kapra obecného byla zvolena metoda analýzy profilu textury (TPA - Texture profile analysis), která nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením (**Tornberg, 1996**). Při dané metodě je možno získat celou škálu texturních vlastností a tím lépe ohodnotit kvalitu daného produktu. Při měření texturních vlastností u svaloviny kapra byly zjišťovány 4 texturní vlastnosti: křehkost, tuhost, soudržnost a elasticita. Dané vlastnosti byly zvoleny tak, aby co nejlépe specifikovaly kvalitu rybí svaloviny. Při měření jsme se setkali s různými výškami námi analyzovaných vzorků svaloviny a tak bylo nutné použít nastavení cílového režimu v procentech a ne v milimetrech. Daným nastavením předcházíme možným chybám při měření a sjednotíme deformace filetů. Při našem pokusu bylo použito nastavení cílového režimu do 50% výšky daného vzorku.

### 3.1.5.1 Příklad nastavení testu TPA používaného u masa kapra obecného

TA.XTPlus Settings (nastavení)	Value (hodnota)	Unit (jednotky)
Pre-Test Speed (rychlost před stlačením)	5	mm.sec <sup>-1</sup>
Test Speed (testovací rychlost při stlačování)	2	mm.sec <sup>-1</sup>
Post-Test Speed (rychlost po stlačení)	2	mm.sec <sup>-1</sup>
Target Mode (cílový režim)	Strain (tlak)	
Strain (deformace)	50	%
Time (čas)	5	sec
Trigger Type (druh spouštěcí síly)	Auto (Force) (automatická síla)	
Trigger Force (spouštěcí síla)	5	g

### 3.1.6 Základní chemická analýza svaloviny kapra

Při základní chemické analýze byly vyhodnoceny obsahy třech základních složek: sušina masa, hrubý tuk a hrubé bílkoviny. Obsah sušiny masa byl zjišťován gravimetricky referenční metodou podle ČSN 57 6021, kdy se sušina stanovila jako zbytek vzorku s pískem po vysušení do konstantní hmotnosti při teplotě 103 ± 2°C. Obsah bílkovin byl stanovován jako množství organicky vázaného dusíku (přepočítáno koeficientem 6,25) na poloautomatickém analyzátoru Kjeltec System

1002 Distiling unit (Tecator, Švédsko), metodou podle doporučení výrobce. Obsah tuku byl kvantitativně stanovován extrakcí rozpouštědly (petrolether) na poloautomatickém systému Soxtec (Tecator, Švédsko) metodou podle doporučení výrobce (AN 67/83). V souvislosti s vyhodnocováním výsledků textury je v následujících kapitolách uváděn pouze obsah tuku analyzovaných ryb.

## **3.2 Porovnání texturních vlastností kaprovitých a lososovitých ryb**

### **3.2.1 Charakteristika použitých ryb a příprava vzorku**

Pro daný pokus byl kapr obecný získán od společnosti Městské lesy a rybníky České Budějovice. Jednalo se o tržního kapra chovaného polointenzivním způsobem s příkrmováním obilovinami chovaných na rybnících Českobudějovické soustavy, Vrbenské rybníky. Jednalo se o 4letého tržního kapra o hmotnosti  $2800 \pm 150$  g, délka těla  $460 \pm 10$  mm, výška těla  $140 \pm 10$  mm. Z lososovitých ryb byl použit pstruh duhový chován extenzivně na pstruhařství ČRS Kaplice spol. s.r.o. Zde byl pstruh duhový chován v betonových nádržích a příkrmován krmivou od firmy BioMar. Pro daný pokus byl použit 2letý tržní pstruh o hmotnosti  $300 \pm 25$  g, délka těla  $300 \pm 30$  mm, výška těla  $100 \pm 20$  mm. Ryby byly zváženy, změřeny a dále zpracovány v souladu s odstavcem § 5, odstavce 2, písmene e), zákona na ochranu zvířat proti týrání. Měření probíhalo v týdenních intervalech 3 týdny po sobě, obě skupiny ryb byly vždy zastoupeny čtyřmi kusy. Data byla ukládána s pomocí programu Texture Expert program, version 1.11 (Stable Micro Systems Ltd.). Příprava vzorku a samotné měření probíhalo stejnou metodikou jako při pokusu: Vliv příkrmování doplňkovými krmivou na texturní vlastnosti kapra obecného v letech 2008 – 2010.

## **3.3 Statistické zpracování experimentálních dat**

Při statistickém zpracování experimentálních dat svaloviny kapra obecného příkrmovaného různými doplňkovými krmivou v návaznosti na změny texturních vlastností v jednotlivých letech byl využit především Bartlettův test ověřující homoskedasticitu jednotlivých výběrů tj.  $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \dots = \sigma_k^2$  vs.  $H_1 : non H_0$ . Tento jev nastává, když je rozptyl nezávislý na parametru a tudíž je homogenní. V případě ověření homoskedasticity bylo možné přejít k analýze rozptylu (ANOVA), kde byla testována shoda středních hodnot texturních vlastností. Při zjištění

signifikantního rozdílu středních hodnot bylo možné přistoupit k vícenásobnému srovnávání (post-hoc analýza), kde byl využit Tuckey HSD test. V tomto testu byl porovnán mezi sebou vliv dvou krmiv na analyzovanou texturní vlastnost. V případě neověření homoskedasticity bylo zapotřebí ještě použít neparametrický Kruskal - Wallisův test.

Při testování rozdílu textury u pstruha duhového a kapra obecného byl využit Shapirův - Wilkův test a dále F - test na posouzení shody rozptylů dvou výběrů. Následně klasický dvouvýběrový t - test pro nezávislé výběry. V případě porušení předpokladu normality byl využit Mannův - Whitneyův neparametrický test.

Pro určování základní analýzy dat byla využita deskriptivní statistika, kde byly vypočteny základní míry polohy pro jednotlivé texturní vlastnosti. Pro charakterizování variability hodnot byla použita směrodatná odchylka spolu s relativním ukazatelem variability neboli variačním koeficientem. Popisná charakteristika byla doplněna o výpočty konfidenčních intervalů. Pro grafické znázornění bylo využito především box - whiskers diagramů spolu s grafy konfidenčních intervalů.

## **4. Výsledky**

### **4.1 Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na sádkách 2008**

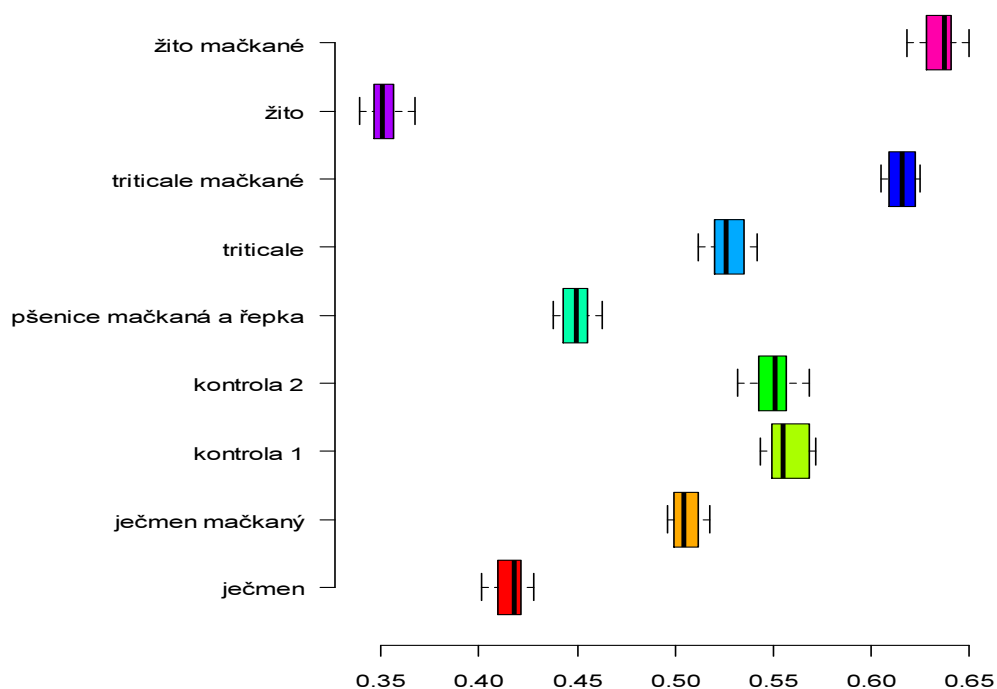
V roce 2008 krmný pokus s následným vyhodnocením textury probíhal na sádkách Třeboň. Ryby byly rozděleny do 9 skupin, 7 z nich byly příkrmovány různými doplňkovými krmivy popřípadě upravené mačkáním a dvě skupiny sloužily, jakožto kontrola kde byly ryby chovány extenzivně. U všech skupin byla provedena analýza texturního profilu, kde byly získány hodnoty tuhosti (4. 1. 1), křehkosti (4. 1. 2), soudržnosti (4. 1. 3) a elasticity (4. 1. 4).

#### **4.1.1 Porovnání tuhosti svaloviny kapra obecného**

Primární a jednou z nejdůležitějších vlastností je tuhost masa, dle hodnot dané vlastnosti se začíná velká část zpracovatelů rozhodovat, k jaké další úpravě bude daný produkt vhodný. V návaznosti na tuhost jsem vyhodnocoval obsah tuku v hřbetní části svaloviny u jednotlivých skupin: žito  $7,33 \pm 1,60$  %, u pšenice mačkané s řepkou byl obsah tuku  $6,69 \pm 1,08$  %. Kapři příkrmovaní ječmenem měli  $6,49 \pm 1,18$  % tuku, s triticales  $6,14 \pm 0,83$  % a s příkrmováním mačkaného triticales  $5,98 \pm 1,12$  % tuku, u mačkaného žita  $5,01 \pm 1,18$  % tuku, s mačkaným ječmen  $5,97 \pm 1,4$  % tuku. U kontrolních skupin byl naměřen nejnižší obsah tuku  $4,38 \pm 0,98$  % a  $3,38 \pm 0,79$  %. V příloze č. 11 jsou uvedeny teploty a pH jednotlivých ryb, které byly použity pro analýzu textury.

Nejvyšších hodnot tuhosti svaloviny dosahovaly ryby příkrmované mačkaným triticales  $0,6155 \pm 0,0105$  kg, mačkaným žitem  $0,6375 \pm 0,0195$  kg a kontrolní skupiny: kontrola č. 1  $0,5550 \pm 0,017$  kg a kontrola č. 2:  $0,55050 \pm 0,0185$  kg. Hodnoty tuhosti svaloviny kapra obecného jsou znázorněny v grafu 1.

Graf 1. **Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo**



Pro jednotlivé skupiny ryb jsou uvedeny v tabulce čtyři míry polohy, které určují polohy hodnot tuhosti pro danou skupinu příkrmovaných ryb. Z tabulky je možno vysledovat, že nejnižší hodnotu tuhosti svaloviny dosahovaly ryby, které byly příkrmovány žitem  $0,3505 \pm 0,0165$  kg a nejvyšších ryby příkrmované žitem mačkaným kdy hodnota tuhosti byla  $0,6352 \pm 0,0172$  kg. U ryb příkrmovaných žitem byl zjištěn nejvyšší obsah tuku ve svalovině  $7,33 \pm 1,60$  %.

Tabulka 4. **Míry polohy pro tuhost (kg) svaloviny u kapra obecného**

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.4010	0.4098	0.4175	0.4154	0.4205	0.4280
Ječmen mačkaný	0.4960	0.4998	0.5045	0.5054	0.5098	0.5180
Kontrola 1	0.5430	0.5490	0.5550	0.5577	0.5680	0.5720
Kontrola 2	0.5320	0.5442	0.5505	0.5506	0.5565	0.5680
Pšenice mačkaná a řepka	0.4380	0.4428	0.4495	0.4498	0.4552	0.4630
Triticale	0.5120	0.5205	0.5260	0.5271	0.5345	0.5420
Triticale mačkané	0.6050	0.6095	0.6155	0.6154	0.6220	0.6250

<b>Žito</b>	0.3390	0.3472	0.3505	0.3516	0.3558	0.3670
<b>Žito mačkané</b>	0.6180	0.6288	0.6375	0.6352	0.6398	0.6500

V tabulce 5 jsou uvedeny hodnoty analýzy, při které byla zjišťována shodnost rozptylů u všech skupin ryb přikrmovaných různými doplňkovými krmivy, při hladině významnosti 0,05.

Tabulka 5. **Bartlettův test homogenity rozptylů**

	<b>Bartlettova testová statistika</b>	<b>Stupně volnosti</b>	<b>Dosažená hladina významnosti (p-value)</b>
<b>Výsledek</b>	4.1006	8	0.8479

Vzhledem k dosažené hladině významnosti (p-value = 0,8479) nelze zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze tedy říci, že je úroveň rozptylu pro tuhost svalstva shodná ve všech sledovaných skupinách. Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA), viz tabulka 6.

Tabulka 6. **Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo**

<b>Faktor</b>	<b>Stupně volnosti</b>	<b>Součet čtverců</b>	<b>Průměrný součet čtverců</b>	<b>Testové kritérium</b>	<b>Dosažená hladina významnosti</b>	<b>Signifikance</b>
<b>Krmení</b>	8	0.82376	0.102970	1339.9	$< 2.2 \cdot 10^{-16}$	***
<b>Residua</b>	99	0.00761	0.000077			
<b>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</b>						

Na základě výsledku provedené analýzou rozptylu, lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tj. s 95% spolehlivostí říci, že se průměrné úrovně tuhosti svalstva signifikantně v jednotlivých skupinách liší (p-value  $< 2,2 \cdot 10^{-16}$ ). Z důvodu zjištění rozdílů u jednotlivých skupin ryb byly provedeny testy vícenásobného srovnávání. V tomto testu jsou vždy porovnána dvě krmiva a jejich vliv na tuhost svaloviny kapra. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 7.

Tabulka 7. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Ječmen mačkaný - ječmen	0,090	0,079	0,101	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Kontrola 1- ječmen	0,142	0,131	0,154	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Kontrola 2 - ječmen	0,135	0,124	0,147	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Pšenice mačkaná a řepka - ječmen	0,034	0,023	0,046	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale - ječmen	0,112	0,100	0,123	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale mačkané - ječmen	0,200	0,189	0,211	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - ječmen	-0,064	-0,075	-0,052	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - ječmen	0,220	0,208	0,231	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Kontrola 1 – ječmen mačkaný	0,052	0,041	0,064	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Kontrola 2 – ječmen mačkaný	0,045	0,034	0,057	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Pšenice mačkaná a řepka - ječmen mačkaný	-0,056	-0,067	-0,044	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale - ječmen mačkaný	0,022	0,010	0,033	$8,99 \cdot 10^{-7}$
Triticale mačkané - ječmen mačkaný	0,110	0,099	0,121	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - ječmen mačkaný	-0,154	-0,165	-0,142	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - ječmen mačkaný	0,130	0,118	0,141	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Kontrola 2 - kontrola 1	-0,007	-0,018	0,004	0,561325238
Pšenice mačkaná a řepka - kontrola 1	-0,108	-0,119	-0,097	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale - kontrola 1	-0,031	-0,042	-0,019	$2,29 \cdot 10^{-10}$
Triticale mačkané – kontrola 1	0,058	0,046	0,069	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito – kontrola 1	-0,206	-0,217	-0,195	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané – kontrola 1	0,077	0,066	0,089	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Pšenice mačkaná a řepka - kontrola 2	-0,101	-0,112	-0,089	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale - kontrola 2	-0,024	-0,035	-0,012	$8,58 \cdot 10^{-8}$
Triticale mačkané – kontrola 2	0,065	0,053	0,076	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito – kontrola 2	-0,199	-0,210	-0,188	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané – kontrola 2	0,085	0,073	0,096	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale - pšenice mačkaná a řepka	0,077	0,066	0,089	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale mačkané - pšenice mačkaná a řepka	0,166	0,154	0,177	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - pšenice mačkaná a řepka	-0,098	-0,110	-0,087	$2,23 \cdot 10^{-10}$



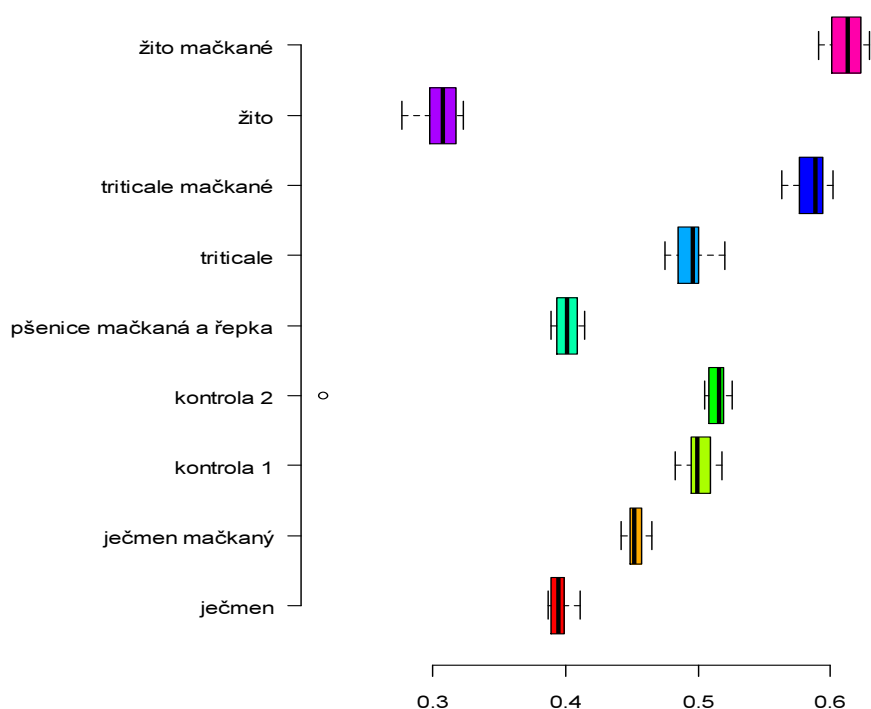
řepka				
Žito mačkané - pšenice mačkaná a řepka	0,185	0,174	0,197	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale mačkané - triticales	0,088	0,077	0,100	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - triticales	-0,176	-0,187	-0,164	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - triticales	0,108	0,097	0,119	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - triticales mačkané	-0,264	-0,275	-0,252	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - triticales mačkané	0,020	0,008	0,031	$9,57 \cdot 10^{-6}$
Žito mačkané - žito	0,284	0,272	0,295	$2,23 \cdot 10^{-10}$

Po provedení párového testu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , lze konstatovat, že tuhost svaloviny u jednotlivých skupin krmených odlišnými krmivými se od sebe liší, a to tak, že u většiny skupin bylo dosaženo hladiny významnosti (p-value)  $2,23 \cdot 10^{-10}$ . Pouze u skupin triticales - ječmen mačkaný, žito mačkané - triticales mačkané a triticales - kontrola 2 byla získána hladina významnosti vyšší, ale i u těchto skupin byla prokázána odlišnost. Jen u jediné varianty byla prokázána shoda a to u skupiny kontrola 1 - kontrola 2, kde hladina významnosti vyšla (p-value) 0,561. Pro snazší představu byly jednotlivé údaje graficky znázorněny konfidenčními intervaly (příloha 1). V tomto grafu je možno lépe vysledovat, které z krmiv má podobné účinky na výslednou tuhost svaloviny. Jedná se především o skupiny krmiv, jejichž konfidenční přímka se blíží, popřípadě prochází hodnotou 0, např. žito mačkané – triticales mačkané, triticales – ječmen mačkaný. A naopak lze konstatovat, že nejvíce odlišným způsobem ovlivňují výslednou tuhost masa skupiny žito – žito mačkané, žito – triticales mačkané.

#### 4.1.2 Křehkost svaloviny kapra obecného

Druhou primární vlastností, která patří do celkového texturního profilu, je křehkost svaloviny. Jedná se o bezrozměrnou hodnotu. Ze získaných hodnot byl vytvořen pro jednotlivé skupiny ryb graf 2. V daném grafu je možno vidět, že nejvyšší hodnoty křehkosti dosahují ryby přikrmované žitem mačkaným a nejnižší hodnoty ryby přikrmované žitem.

Graf 2. Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



V tabulce 8 jsou uvedeny aritmetické průměry a další hodnoty, které určují míry polohy pro jednotlivé skupiny příkrmovaných ryb. Z uvedené tabulky je možno upřesnit nejvyšší hodnotu křehkosti u žita mačkaného  $0,612 \pm 0,021$  a nejnižší hodnotu u žita  $0,3055 \pm 0,0295$ .

Tabulka 8. Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
<b>Ječmen</b>	0.3870	0.3898	0.3945	0.3958	0.3992	0.4110
<b>Ječmen mačkaný</b>	0.4420	0.4492	0.4525	0.4532	0.4562	0.4650
<b>Kontrola 1</b>	0.4830	0.4952	0.4995	0.5012	0.5082	0.5180
<b>Kontrola 2</b>	0.2170	0.5102	0.5165	0.4909	0.5185	0.5260
<b>Pšenice mačkaná a řepka</b>	0.3890	0.3942	0.4015	0.4012	0.4072	0.4150
<b>Triticale</b>	0.4750	0.4872	0.4960	0.4945	0.4995	0.5200
<b>Triticale mačkané</b>	0.5630	0.5775	0.5890	0.5860	0.5938	0.6020
<b>Žito</b>	0.2760	0.2975	0.3070	0.3055	0.3173	0.3230
<b>Žito mačkané</b>	0.5910	0.6020	0.6135	0.6120	0.6232	0.6300

Pro střední hodnotu a základní charakteristiky variability u sledovaných skupin byl vyhodnocen konfidenční interval pro střední hodnotu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , směrodatná odchylka a variační koeficient. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 9. Z uvedených dat lze konstatovat, že nejvyšší variabilita měření byla u skupin označených jako kontrola 2 a žito. Ryby v těchto skupinách měly vyšší rozdíl v jednotlivých hodnotách měření než u ostatních skupin. U skupiny kontrola 2 vyšel variační koeficient 17,61819 a u skupiny kde bylo zkrmováno žito 4,651218.

Tabulka 9. 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.3910253; 0.4004747)	0.007436091	1.878987
Ječmen	(0.4488249; 0.4575085)	0.006833518	1.507948
Kontrola 1	(0.4942338; 0.5080995)	0.01091149	2.177218
Kontrola 2	(0.4359631; 0.5458702)	0.08649063	17.61819
Pšenice mačkaná a řepka	(0.3957101; 0.4067899)	0.008719101	2.172985
Triticale	(0.4860818; 0.5029182)	0.01324936	2.679344
Triticale mačkané	(0.5788321; 0.5931679)	0.01128152	1.925174
Žito	(0.2964717; 0.3145283)	0.01420947	4.651218
Žito mačkané	(0.6035839; 0.6204161)	0.01324593	2.164367

V tabulce 10 je výsledek Bartlettova testu, kde byla testována shoda rozptylů u jednotlivých měření při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 10. Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( $p$ -value)
Výsledek	162.117	8	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$

Vzhledem k dosažené hladině významnosti ( $p$ -value  $< 2,2 \cdot 10^{-16}$ ) bylo nutné v případě křehkosti svaloviny zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze tedy říci, že úroveň rozptylu pro křehkost svalstva se liší alespoň v jedné ze sledovaných skupin. Z tohoto důvodu není možné provést testování shody

středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA) a je nutné použít neparametrický Kruskal - Wallisův test. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 11.

Tabulka 11. **Kruskal - Wallisův neparametrický test pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení**

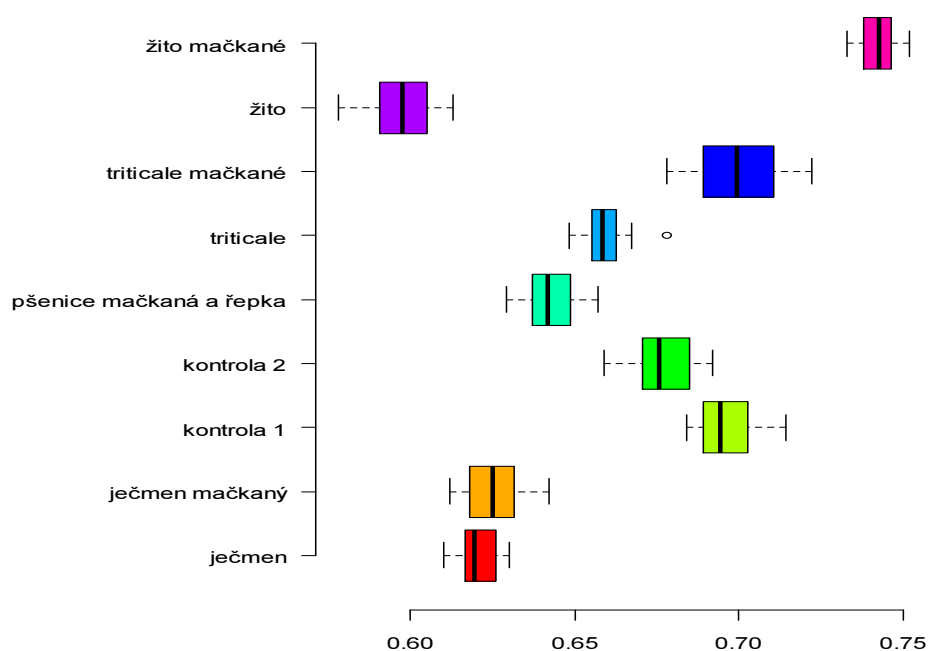
	<b>Kruskal-Wallisova <math>\chi^2</math> testová statistika</b>	<b>Stupně volnosti</b>	<b>Dosažená hladina významnosti (<i>p</i>-value)</b>
<b>Výsledek</b>	97.8001	8	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$

Na základě provedení Kruskal - Wallisova neparametrického testu na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  lze říci, že hodnoty křehkosti svaloviny u testovaných skupin ryb nepocházejí ze stejného rozdělení. Jinými slovy existuje alespoň jedno krmivo, které ovlivňuje křehkost svaloviny kapra obecného jiným způsobem než soubor předkládaných krmiv.

#### **4.1.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného**

První vyhodnocovanou sekundární vlastností byla soudržnost. Hodnoty této vlastnosti jsou bezrozměrné. I u této texturní vlastnosti dosahovaly nejvyšších hodnot ryby přikrmované mechanicky upravovanými krmivy (žito mačkané, triticales mačkané) a následovaly ryby odchovávané extenzivně (kontrola 1 a kontrola 2). Hodnoty soudržnosti svaloviny kapra přikrmovaného různými doplňkovými krmivy jsou znázorněny v grafu 3.

Graf 3. Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



Z grafu je patrné, že úprava krmiv ovlivňuje výslednou soudržnost svaloviny kapra. A to nejen v porovnání všech skupin ale i v rámci porovnání jednoho druhu krmiva (žito x žito mačkané). Kde aritmetický průměr soudržnosti u ryb příkrmovaných žitem je 0,5975 a u ryb příkrmovaných žitem mačkaným je 0,7425. Hodnoty míry polohy pro ostatní skupiny jsou uvedeny v tabulce 12.

Tabulka 12. Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.6100	0.6173	0.6195	0.6207	0.6250	0.6300
Ječmen mačkaný	0.6120	0.6180	0.6250	0.6252	0.6312	0.6420
Kontrola 1	0.6840	0.6890	0.6940	0.6964	0.7017	0.7140
Kontrola 2	0.6590	0.6718	0.6755	0.6759	0.6840	0.6920
Pšenice mačkaná a řepka	0.6290	0.6370	0.6415	0.6425	0.6482	0.6570
Triticale	0.6480	0.6550	0.6585	0.6593	0.6622	0.6780
Triticale mačkané	0.6780	0.6890	0.6995	0.6999	0.7082	0.7220
Žito	0.5780	0.5912	0.5975	0.5973	0.6040	0.6130
Žito mačkané	0.7330	0.7380	0.7425	0.7424	0.7457	0.7520

Také u soudržnosti byl vyhodnocen konfidenční interval pro střední hodnotu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Tento interval je určen levostranným a pravostranným intervalem, neboli by se dalo říci, že se jedná o horní a dolní mez, které obsahují veškeré hodnoty pro danou skupinu krmiv s určitou směrodatnou odchylkou a při dané hladině významnosti. Veškeré hodnoty jsou uvedeny v tabulce 13. V tabulce jsou uvedeny hodnoty variačního koeficientu, který poukazuje na vyrovnanost hodnot měření u jednotlivých skupin.

Tabulka 13. **95 % konfidenční interval pro střední hodnotu a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného**

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.6168034; 0.6245299)	0.006080271	0.9796355
Ječmen mačkaný	(0.6197101; 0.6307899)	0.008719101	1.394498
Kontrola 1	(0.6902478; 0.7025855)	0.009709024	1.39414
Kontrola 2	(0.6691520; 0.6826814)	0.01064688	1.575176
Pšenice mačkaná a řepka	(0.6374279; 0.6475721)	0.007982936	1.24248
Triticale	(0.6543722; 0.6642945)	0.007808309	1.184273
Triticale mačkané	(0.6910568; 0.7087765)	0.01394442	1.992298
Žito	(0.5907899; 0.6038767)	0.01029857	1.724091
Žito mačkané	(0.7384957; 0.7463376)	0.00617117	0.8312272

Výsledky analýzy o shodě rozptylů pro soudržnost jsou uvedeny v tabulce 14. Shodu či neshodu rozptylů určuje získaná hladina významnosti pro jednotlivé skupiny příkrmovaných ryb. Pro danou analýzu byla určena hladina významnosti 0,05.

Tabulka 14. **Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení**

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( $p$ -value)
Výsledek	12.2041	8	0.1423

Vzhledem k dosažené hladině významnosti ( $p$ -value = 0,1423) nelze zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Poněvadž dosažené  $p$ -value je vyšší, než hladina významnosti určená pro test homogenity. Z tohoto důvodu bylo

provedeno testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA), výsledky jsou uvedeny v tabulce 15.

Tabulka 15. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	8	0.202926	0.0253657	291.23	< 2.2e-16	***
Residua	99	0.008623	0.0000871			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Na základě výsledků získaných analýzou rozptylu lze s 95 % spolehlivostí říci, že se průměrné úrovně soudržnosti svalstva v jednotlivých skupinách liší (p-value < 2,2.10<sup>-16</sup>). Z tohoto důvodu byl dále proveden test vícenásobného srovnávání prostřednictvím Tuckey HSD testu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 16.

Tabulka 16. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Ječmen mačkaný - ječmen	0,005	-0,008	0,017	0,95407272
Kontrola 1- ječmen	0,076	0,064	0,088	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 - ječmen	0,055	0,043	0,067	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka - ječmen	0,022	0,010	0,034	3,80.10 <sup>-06</sup>
Triticale - ječmen	0,039	0,027	0,051	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané - ječmen	0,079	0,067	0,091	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito - ječmen	-0,023	-0,035	-0,011	6,55.10 <sup>-07</sup>
Žito mačkané - ječmen	0,122	0,110	0,134	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 1 – ječmen mačkaný	0,071	0,059	0,083	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 – ječmen mačkaný	0,051	0,039	0,063	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka – ječmen mačkaný	0,017	0,005	0,029	0,00054764
Triticale – ječmen mačkaný	0,034	0,022	0,046	2,24.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané – ječmen mačkaný	0,075	0,063	0,087	2,23.10 <sup>-10</sup>

Žito – ječmen mačkaný	-0,028	-0,040	-0,016	2,53E <sup>-09</sup>
Žito mačkané – ječmen mačkaný	0,117	0,105	0,129	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 – kontrola 1	-0,021	-0,033	-0,008	1,73.10 <sup>-05</sup>
Pšenice mačkaná a řepka – kontrola 1	-0,054	-0,066	-0,042	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale - kontrola 1	-0,037	-0,049	-0,025	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané – kontrola 1	0,004	-0,009	0,016	0,99141107
Žito – kontrola 1	-0,099	-0,111	-0,087	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané – kontrola 1	0,046	0,034	0,058	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka – kontrola 2	-0,033	-0,046	-0,021	2,25.10 <sup>-10</sup>
Triticale - kontrola 2	-0,017	-0,029	-0,004	0,00105844
Triticale mačkané – kontrola 2	0,024	0,012	0,036	2,95.10 <sup>-7</sup>
Žito – kontrola 2	-0,079	-0,091	-0,066	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané – kontrola 2	0,067	0,054	0,079	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale - pšenice mačkaná a řepka	0,017	0,005	0,029	0,00082856
Triticale mačkané – pšenice mačkaná a řepka	0,057	0,045	0,070	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito - pšenice mačkaná a řepka	-0,045	-0,057	-0,033	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané - pšenice mačkaná a řepka	0,100	0,088	0,112	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané - triticale	0,041	0,028	0,053	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito - triticale	-0,062	-0,074	-0,050	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané - triticale	0,083	0,071	0,095	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito – triticale mačkané	-0,103	-0,115	-0,090	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané - triticale mačkané	0,043	0,030	0,055	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané - žito	0,145	0,133	0,157	2,23.10 <sup>-10</sup>

Z hodnot p-value uvedených u jednotlivých dvojic krmiv je možno vidět, že byl zjištěn stejný vliv na soudržnost u dvou dvojic a to u ječmene mačkaného a ječmene, triticale mačkaného a kontroly 1. U ostatních dvojic krmiv byl signifikantně prokázán rozdílný vliv na výslednou soudržnost svaloviny. Ze získaných hodnot konfidenčních intervalů byl vytvořen graf (příloha 2), kde je možno lépe vysledovat

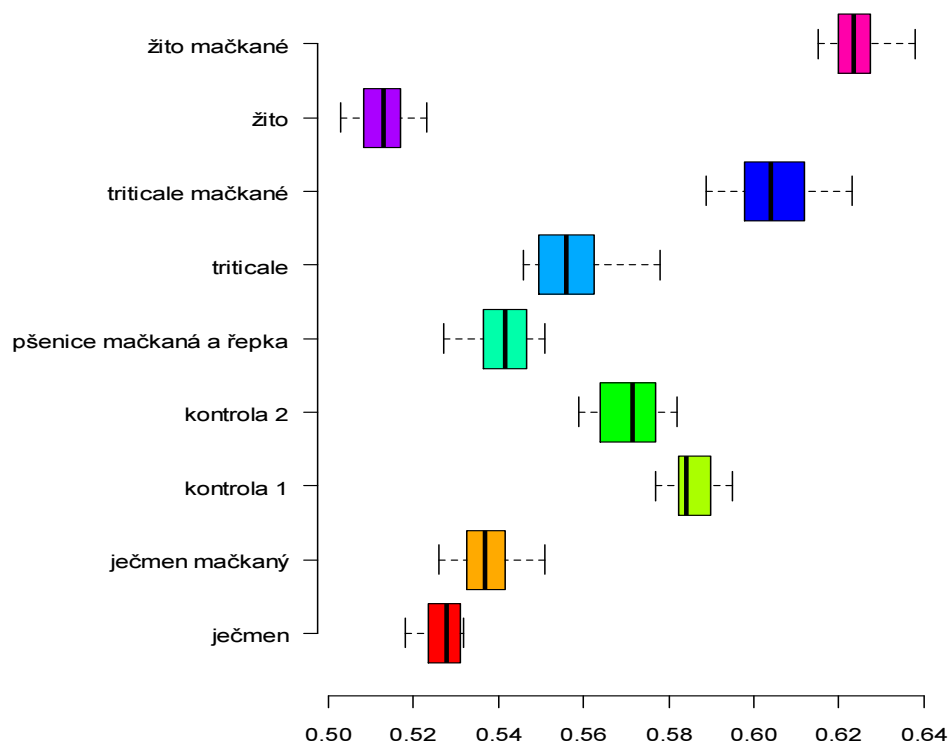


vliv jednotlivých dvojic. V grafu je možno vysledovat, že nejvíce odlišný vliv mají skupiny krmiv žito a žito mačkané, žito a triticales mačkané.

#### 4.1.4 Elasticita svaloviny kapra obecného

Druhou sekundární vlastností je elasticita, která vyjadřuje pružnost svalových vláken. Hodnoty elasticity jsou bezrozměrné. Pro analýzu byly použity stejné vzorky jako u předešlých texturních vlastností. Z naměřených hodnot byl vytvořen graf 4, kde je možno vidět, že nejvyšší pružnost svalových vláken mají ryby přikrmované žitem mačkaným a triticaelem mačkaným.

Graf 4. **Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticity svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo**



I u této vlastnosti se potvrdilo, že úprava krmiv má do jisté míry vliv na konečnou hodnotu jednotlivých texturních vlastností. Zatím u všech analyzovaných texturních vlastností vycházely vždy nejvyšší hodnoty u ryb přikrmovaných mačkaným žitem a mačkaným triticaelem. Průměrná hodnota elasticity pro skupinu ryb, kde bylo přikrmováno žito mačkané je 0,6243 a oproti tomu ryby přikrmované neupraveným žitem 0,5132. Z uvedených hodnot je možno vysledovat, že po mechanické úpravě

zkrmovaného krmiva mohou nastat výrazné změny u dané texturní vlastnosti svaloviny ryb. Míry polohy pro zbylé skupiny jsou uvedeny v tabulce 17.

Tabulka 17. Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.5180	0.5248	0.5280	0.5269	0.5310	0.5320
Ječmen mačkaný	0.5260	0.5332	0.5370	0.5374	0.5412	0.5510
Kontrola 1	0.5770	0.5828	0.5840	0.5858	0.5895	0.5950
Kontrola 2	0.5590	0.5640	0.5715	0.5710	0.5765	0.5820
Pšenice mačkaná a řepka	0.5270	0.5368	0.5415	0.5411	0.5458	0.5510
Triticale	0.5460	0.5502	0.5560	0.5572	0.5622	0.5780
Triticale mačkané	0.5890	0.5985	0.6040	0.6047	0.6120	0.6230
Žito	0.5030	0.5088	0.5130	0.5132	0.5165	0.5230
Žito mačkané	0.6150	0.6205	0.6235	0.6243	0.6272	0.6380

V tabulce 18 jsou uvedeny pro jednotlivé skupiny konfidenční intervaly se směrodatnou odchylkou. Tyto intervaly ohraničují úsek, kde se jednotlivé hodnoty nacházejí. Dále je zde uveden variační koeficient, jehož hodnota poukazuje na vyrovnanost či nevyrovnanost hodnot měření pro danou skupinu. Z hodnot variačních koeficientů, je možno vidět vyrovnanost měření.

Tabulka 18. 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.5237403; 0.5300930)	0.004999242	0.9487729
Ječmen mačkaný	(0.5327206; 0.5421128)	0.007391129	1.375307
Kontrola 1	(0.5822476; 0.5892524)	0.005512383	0.9410811
Kontrola 2	(0.5664504; 0.5755496)	0.007160498	1.254028
Pšenice mačkaná a řepka	(0.5368129; 0.5453538)	0.006721179	1.242171
Triticale	(0.5511706; 0.5631628)	0.009437193	1.693783
Triticale mačkané	(0.5984748; 0.6108585)	0.00974524	1.611671

<b>Žito</b>	(0.5093368; 0.5169965)	0.006027714	1.174611
<b>Žito mačkané</b>	(0.6204323; 0.6282344)	0.006139786	0.9834147

Výsledek analýzy o shodě rozptylů dle předpokladu  $H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 \dots = \sigma_k^2$  vs.  $H_1 : \text{non } H_0$ , je uveden v tabulce 19.

Tabulka 19. Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
<b>Výsledek</b>	9.0233	8	0.3403

Vzhledem k dosažené hladině významnosti (*p*-value = 0,3403) nelze zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze tedy říci, že je úroveň rozptylu pro elasticitu svalstva shodná ve všech sledovaných skupinách. Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky jsou uvedeny v tabulce 20.

Tabulka 20. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soubornost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
<b>Krmení</b>	8	0.13236	0.016545	8 320.6	$< 2,0 \cdot 10^{-16}$	***
<b>Residua</b>	99	0.00511	0.000052			
<b>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</b>						

Na základě výsledné hodnoty analýzy rozptylu  $p\text{-value} < 2,0 \cdot 10^{-16}$ , lze s 95% spolehlivostí říci, že se průměrné úrovně elasticity svalstva v jednotlivých skupinách liší. Vzhledem k dosaženému výsledku bylo možno provést test vícenásobného srovnávání mezi dvojicemi krmiv. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 21.

Tabulka 21. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Ječmen mačkaný - ječmen	0,011	0,001	0,020	0,0150331
Kontrola 1- ječmen	0,059	0,050	0,068	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 - ječmen	0,044	0,035	0,053	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka - ječmen	0,014	0,005	0,023	0,0001678
Triticale - ječmen	0,030	0,021	0,040	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané - ječmen	0,078	0,068	0,087	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito - ječmen	-0,014	-0,023	-0,004	0,00029422
Žito mačkané - ječmen	0,097	0,088	0,107	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 1 - ječmen mačkaný	0,048	0,039	0,058	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 – ječmen mačkaný	0,034	0,024	0,043	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka - ječmen mačkaný	0,004	-0,006	0,013	0,94285429
Triticale - ječmen mačkaný	0,020	0,010	0,029	3,93.10 <sup>-8</sup>
Triticale mačkané – ječmen mačkaný	0,067	0,058	0,077	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito - ječmen mačkaný	-0,024	-0,034	-0,015	2,46.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané - ječmen mačkaný	0,087	0,078	0,096	2,23.10 <sup>-10</sup>
Kontrola 2 - kontrola 1	-0,015	-0,024	-0,005	7,51.10 <sup>-5</sup>
Pšenice mačkaná a řepka – kontrola 1	-0,045	-0,054	-0,035	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale - kontrola 1	-0,029	-0,038	-0,019	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale mačkané – kontrola 1	0,019	0,010	0,028	1,47E <sup>-7</sup>
Žito – kontrola 1	-0,073	-0,082	-0,063	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané – kontrola 1	0,039	0,029	0,048	2,23.10 <sup>-10</sup>
Pšenice mačkaná a řepka – kontrola 2	-0,030	-0,039	-0,021	2,23.10 <sup>-10</sup>
Triticale - kontrola 2	-0,014	-0,023	-0,005	0,0002632
Triticale mačkané – kontrola 2	0,034	0,024	0,043	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito – kontrola 2	-0,058	-0,067	-0,049	2,23.10 <sup>-10</sup>
Žito mačkané – kontrola 2	0,053	0,044	0,063	2,23.10 <sup>-10</sup>

Triticale - pšenice mačkaná a řepka	0,016	0,007	0,025	$1,11 \cdot 10^{-5}$
Triticale mačkané - pšenice mačkaná a řepka	0,064	0,054	0,073	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - pšenice mačkaná a řepka	-0,028	-0,037	-0,019	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - pšenice mačkaná a řepka	0,083	0,074	0,093	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Triticale mačkané - triticales	0,048	0,038	0,057	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - triticales	-0,044	-0,053	-0,035	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - triticales	0,067	0,058	0,076	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito - triticales mačkané	-0,091	-0,101	-0,082	$2,23 \cdot 10^{-10}$
Žito mačkané - triticales mačkané	0,020	0,010	0,029	$4,48 \cdot 10^{-8}$
Žito mačkané – žito	0,111	0,102	0,120	$2,23 \cdot 10^{-10}$

Z vypočtených hodnot je možno pouze u jedné skupiny krmiv říci, že mají podobný vliv na výslednou elasticitu svaloviny. Jedná se o skupinu krmiv pšenice mačkaná a řepka- ječmen mačkaný, kde konfidenční intervaly vyšly -0,006 a 0,013 a byla dosažena hladina významnosti 0,94285429. Z hodnot konfidenčních intervalů pro jednotlivé páry krmiv byl vytvořen graf (příloha 3), kde je možné lépe určit vliv krmiv na elasticitu.

#### **4.2. Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na rybnících 2009**

Do krmných pokusů v roce 2009 bylo zařazeno 5 skupin ryb chovaných polointenzivně a jedna skupina chována extenzivně. Ryby chované polointenzivně byly příkrmovány běžnými doplňkovými krmivy (ječmen, pšenice, triticales, žito, kukuřice), skupina chována extenzivně v pokusu sloužila jakožto kontrola. Ryby byly chovány v rybnících za stejných podmínek a byly příkrmovány stejným množstvím krmiva. Z každé skupiny byly náhodně vybrány ryby, které dále posloužily pro vyhodnocení texturních vlastností. Byly vyhodnocovány texturní vlastnosti tuhost (4. 2. 1), křehkost (4. 2. 2), soudržnost (4. 2. 3) a elasticita (4. 2. 4).

### 4.2.1 Tuhost svaloviny kapra obecného

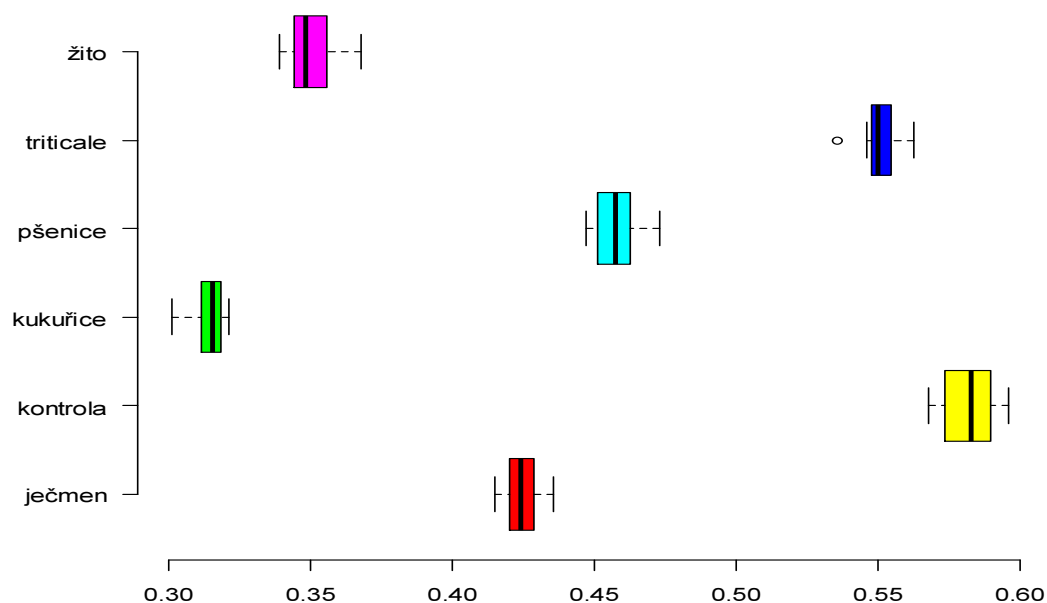
Primární vyhodnocovanou texturní vlastností byla tuhost masa. Ze získaných hodnot tuhosti masa jsem zjistil, že nejtuzší svalovinu mají ryby, které nebyly přikrmovány a nejnižší tuhost masa mají ryby přikrmované kukuřicí. Hodnota tuhosti masa u kontrolní skupiny vyšla  $0,5830 \pm 0,015$  kg a u skupiny přikrmované kukuřicí  $0,3155 \pm 0,0145$  kg. Hodnoty tuhosti pro další skupiny jsou uvedeny v tabulce 22. U všech skupin byl také vyhodnocen obsah tuku ve svalovině. Nejvyšší obsah měla skupina přikrmovaná kukuřicí  $10,42 \pm 0,78$  % a následovaly žito  $7,45 \pm 0,69$  %, ječmen  $7,09 \pm 0,57$  %, pšenice  $6,92 \pm 0,97$  %, triticales  $6,75 \pm 0,72$  % a výrazně nižší obsah tuku měla kontrolní skupina  $4,41 \pm 0,89$  %. Tyto výsledky potvrzují závěry několika autorů, že tuhost masa je nepřímo úměrná obsahu tuku ve svalovině.

Tabulka 22. Míry polohy pro tuhost (kg) svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.4150	0.4205	0.4240	0.4249	0.4290	0.4360
Kontrola	0.5680	0.5738	0.5830	0.5819	0.5895	0.5960
Kukuřice	0.3010	0.3127	0.3155	0.3143	0.3182	0.3210
Pšenice	0.4470	0.4518	0.4575	0.4575	0.4623	0.4730
Triticales	0.5360	0.5480	0.5500	0.5512	0.5540	0.5630
Žito	0.3390	0.3450	0.3485	0.3505	0.3560	0.3680

Pro lepší přehled jsem ze získaných hodnot vytvořil graf 5, kde jsou hodnoty pro každé krmivo znázorněny Box-whisker diagramem. V uvedeném grafu je možné lépe vyhodnotit rozdíly mezi jednotlivými skupinami a hlavně rozdíl mezi skupinou ryb chovanou extenzivně a skupinou ryb chovanou polointenzivně. V grafu je možno vidět, že druhou nejvyšší tuhost mají ryby přikrmované triticales, tyto ryby měly druhý nejnižší obsah tuku.

Graf 5. Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



Pro každou skupinu byly dle naměřených hodnot určeny konfidenční intervaly pro střední hodnoty (spodní a horní) s 95 % pravděpodobností výskytu naměřených hodnot, tyto intervaly jsou uvedeny v tabulce 23. K daným hodnotám jsou uvedeny i směrodatné odchylky a variační koeficienty. Při porovnání naměřených hodnot nám variační koeficienty vycházejí nízké, což poukazuje na vyrovnanost naměřených hodnot ve skupinách. Pouze u skupiny žita vyšel variační koeficient o něco vyšší, lze tedy konstatovat, že v uvedené skupině jsou hodnoty více rozmanité.

Tabulka 23. 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu tuhosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro tuhost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
<b>Ječmen</b>	(0.4207155; 0.4291178)	0.006612087	1.55609
<b>Kontrola</b>	(0.5762179; 0.5876154)	0.008969223	1.541324
<b>Kukuřice</b>	(0.3105858; 0.3180808)	0.005898125	1.876392
<b>Pšenice</b>	(0.4525896; 0.4624104)	0.007728342	1.689255
<b>Triticale</b>	(0.5465464; 0.5557869)	0.00727178	1.319343
<b>Žito</b>	(0.3449577; 0.3560423)	0.00872301	2.488733

V tabulce 24 je uvedena hodnota dosažené hladiny významnosti, kdy byla testována shodnost rozptylů pro skupiny předkládaných krmiv. Analýza byla provedná při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 24. **Bartlettův test homogenity rozptylů pro tuhost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení**

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
<b>Výsledek</b>	2.6801	5	0.7492

Vzhledem k dosažené hladině významnosti (*p*-value = 0,7492) nelze zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze se tedy domnívat, že je úroveň rozptylu pro tuhost svalstva shodná ve všech sledovaných skupinách krmiv. Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky jednofaktorové analýzy rozptylu jsou uvedeny v tabulce 25.

Tabulka 25. **Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo**

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
<b>Krmení</b>	5	0.6788	0.13575	5 2343	$<2.10^{-16}$	***
<b>Residua</b>	66	0.0038	0.00006			
<b>Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1</b>						

Na základě výsledku provedené analýzou rozptylu lze říci, že se průměrné hodnoty úrovně tuhosti svalstva v jednotlivých skupinách liší, poněvadž získaná hodnota *p*-value je  $< 2,0.10^{-16}$ . Proto bylo možné provést testy vícenásobného srovnávání prostřednictvím Tuckey HSD testu. V rámci tohoto testu byly porovnány vždy dvojice krmiv a jejich vliv na výslednou hodnotu tuhosti. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 26.



Tabulka 26. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska tuhosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,157	0,147879	0,166121	0
Kukuřice - ječmen	-0,11058	-0,1197	-0,10146	0
Pšenice - ječmen	0,032583	0,023462	0,041704	0
Triticale - ječmen	0,12625	0,117129	0,135371	0
Žito - ječmen	-0,07442	-0,08354	-0,0653	0
Kukuřice - kontrola	-0,26758	-0,2767	-0,25846	0
Pšenice - kontrola	-0,12442	-0,13354	-0,1153	0
Triticale - kontrola	-0,03075	-0,03987	-0,02163	0
Žito - kontrola	-0,23142	-0,24054	-0,2223	0
Pšenice - kukuřice	0,143167	0,134046	0,152288	0
Triticale - kukuřice	0,236833	0,227712	0,245954	0
Žito - kukuřice	0,036167	0,027046	0,045288	0
Triticale - pšenice	0,093667	0,084546	0,102788	0
Žito - pšenice	-0,107	-0,11612	-0,09788	0
Žito - triticale	-0,20067	-0,20979	-0,19155	0

Při použití testu pro párové srovnávání mezi krmivy bylo dosaženo u veškerých skupin p-value rovno 0. Tento výsledek byl dosažen při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Na základě toho výsledku lze říci, že ve všech párových skupinách byl prokázán statisticky průkazný rozdíl. Neboli, každé z krmiv má odlišný vliv na výslednou tuhost masa. Pro snadnější představu, která z dvojice krmiv má nejvíce odlišný vliv na výslednou tuhost masa, byly graficky znázorněny jejich konfidenční intervaly do grafu (příloha 4).

#### 4.2.2 Křehkost svaloviny kapra obecného

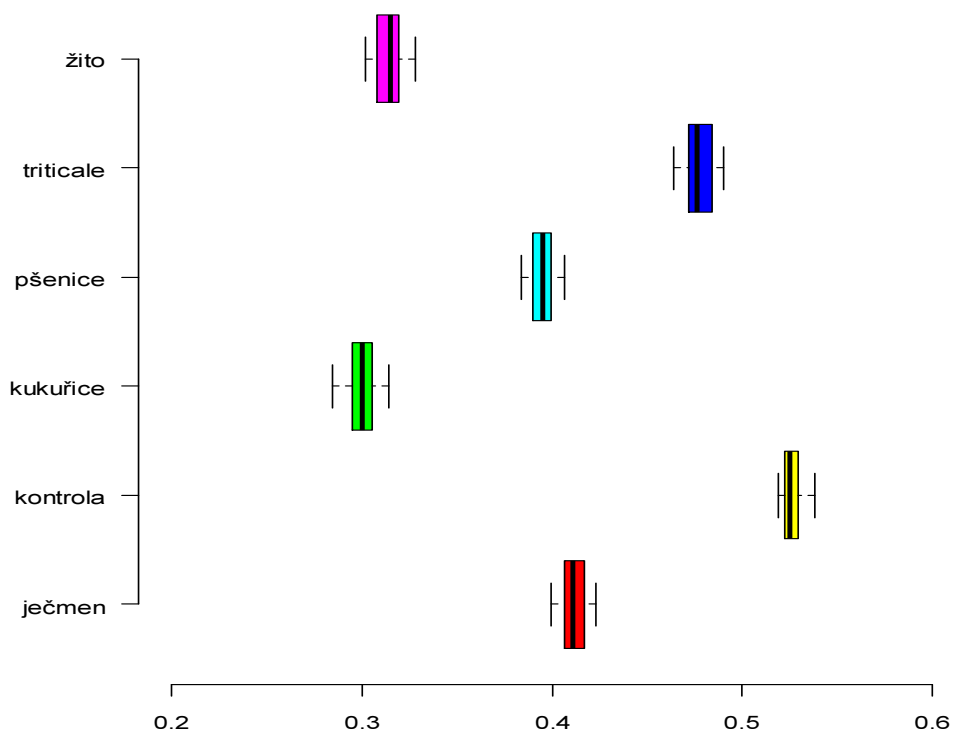
Druhou vyhodnocovanou texturní vlastností byla křehkost svaloviny kapra obecného. Míry polohy křehkosti pro jednotlivé skupiny příkrmovaných ryb jsou uvedeny v tabulce 27. Z tabulky je možno vidět, že nejkřehčí svalovinu kapra mají ryby příkrmované kukuřicí a žitem. Kde křehkost svaloviny dosahovala hodnot u kukuřice 0,2840 – 0,314 a u žita 0,302 – 0,328. A naopak nejméně křehká svalovina byla prokázána u ryb odchovaných extenzivně, kde se hodnota křehkosti pohybovala v rozmezí 0,519 – 0,538. Hodnoty křehkosti jsou vyjádřeny jako bezrozměrné.

Tabulka 27. Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.3990	0.4060	0.4105	0.4108	0.4165	0.4230
Kontrola	0.5190	0.5225	0.5250	0.5258	0.5290	0.5380
Kukuřice	0.2840	0.2955	0.3000	0.3001	0.3052	0.3140
Pšenice	0.3840	0.3905	0.3950	0.3948	0.3985	0.4060
Triticale	0.4640	0.4725	0.4760	0.4776	0.4830	0.4900
Žito	0.3020	0.3083	0.3150	0.3139	0.3185	0.3280

Z naměřených dat pro jednotlivé skupiny byl vytvořen boxový graf 6, kde je znázorněn medián, minimum a maximum pro každou skupinu. V grafu je možno vidět, jak se křehkost svaloviny u jednotlivých skupin liší. Můžeme si všimnout, že u skupin, kde byl přikrmován ječmen a pšenice nebo kukuřice a žito, by mohl být předpoklad podobného či dokonce stejného vlivu na křehkost svaloviny. Tato domněnka je v další části kapitoly statisticky ověřovaná.

Graf 6. Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



Než je možno přistoupit k statistickému vyhodnocování, je zapotřebí určit variační koeficient naměřených hodnot, konfidenční intervaly pro střední hodnoty a směrodatnou odchylku. Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 28. Ze získaných výsledků je možno říci, že největší variabilita u naměřených hodnot je u krmiv žito a kukuřice. Tyto odchylky mohly nastat při jednotlivých měřeních, kdy hodnoty křehkosti vycházejí nižších hodnot a přístroj je obtížněji analyzuje. Hodnoty nejsou příliš vysoké a neměly by mít vliv na výsledné statistické vyhodnocení.

Tabulka 28. 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu křehkosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.4061656; 0.4155010)	0.007346407	1.788172
Kontrola	(0.5223656; 0.5293011)	0.005457827	1.037939
Kukuřice	(0.2949971; 0.3051696)	0.008005207	2.667661
Pšenice	(0.3908041; 0.3986959)	0.006210329	1.573231
Triticale	(0.4723759; 0.4827908)	0.008195989	1.716138
Žito	(0.3090972; 0.3187362)	0.007585373	2.416365

Pro statistické vyhodnocování vlivu příkrmování různými doplňkovými krmivy na křehkost svaloviny byly použity testy, kde byla nejdříve ověřena homogenita rozptylů při stupni volnosti 5. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 29.

Tabulka 29. Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	2.5038	5	0.7759

Vzhledem k dosažené hladině významnosti (*p*-value = 0.7759) nelze zamítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze se tedy domnívat, že je úroveň rozptylu pro křehkost svalstva shodná ve všech sledovaných skupinách. Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA) výsledky jsou uvedené v tabulce 30.

Tabulka 30. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro křehkost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	5	0.47164	0.094329	1819.1	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	66	0.00342	0.000052			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Na základě výsledku provedené analýzou rozptylu, lze s 95 % spolehlivostí říci, že se průměrné hodnoty křehkosti svalstva v jednotlivých skupinách liší (p-value  $< 2,2 \cdot 10^{-16}$ ). Proto bylo možné dále provést test vícenásobného srovnání. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 31.

Tabulka 31. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska křehkosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,115	0,106371	0,123629	0
Kukuřice - ječmen	-0,11075	-0,11938	-0,10212	0
Pšenice - ječmen	-0,01608	-0,02471	-0,00745	1,08E-05
Triticale - ječmen	0,06675	0,058121	0,075379	0
Žito - ječmen	-0,09692	-0,10555	-0,08829	0
Kukuřice - kontrola	-0,22575	-0,23438	-0,21712	0
Pšenice - kontrola	-0,13108	-0,13971	-0,12245	0
Triticale - kontrola	-0,04825	-0,05688	-0,03962	0
Žito - kontrola	-0,21192	-0,22055	-0,20329	0
Pšenice - kukuřice	0,094667	0,086038	0,103295	0
Triticale - kukuřice	0,1775	0,168871	0,186129	0
Žito - kukuřice	0,013833	0,005205	0,022462	0,00018881
Triticale - pšenice	0,082833	0,074205	0,091462	0
Žito - pšenice	-0,08083	-0,08946	-0,0722	0
Žito - triticale	-0,16367	-0,1723	-0,15504	0

Dle dosažených hodnot hladin významnosti pro jednotlivé dvojice krmiv lze konstatovat, že u všech skupin byl prokázán odlišný vliv na křehkost svaloviny.

### 4.2.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného

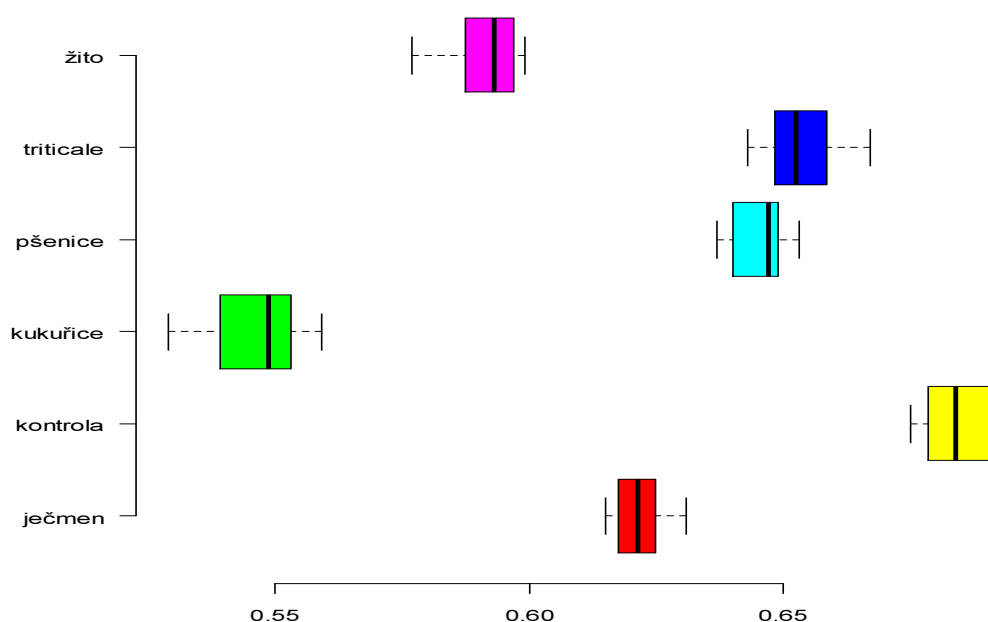
Soudržnost byla třetí vyhodnocovanou texturní vlastností, která patří do profilu textury. Také u této vlastnosti dosahovaly nejmenších hodnot ryby přikrmované kukuřicí, kde naměřené hodnoty soudružnosti se pohybovaly v intervalu od 0,529 do 0,559. Hodnoty pro zbylá přikrmovaná krmiva jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 32. Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.6150	0.6178	0.6215	0.6218	0.6245	0.6310
Kontrola	0.6750	0.6788	0.6840	0.6848	0.6920	0.6930
Kukuřice	0.5290	0.5390	0.5485	0.5462	0.5530	0.5590
Pšenice	0.6370	0.6405	0.6470	0.6452	0.6485	0.6530
Triticale	0.6430	0.6488	0.6525	0.6539	0.6582	0.6670
Žito	0.5770	0.5882	0.5930	0.5913	0.5965	0.5990

Pro vizuální představu a snadnější vyhodnocení byly hodnoty naměřené u jednotlivých skupin znázorněny do grafu 7. Z grafu je patrné, že největší soudržnost svaloviny mají ryby odchované extenzivně a nejmenší soudržnost ryby přikrmované kukuřicí. Tento výsledek byl prokázán již u tuhosti a křehkosti.

Graf 7. Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



V tabulce 33 jsou uvedeny konfidenční intervaly, který udávají horní a dolní mez pro hodnoty soudržnosti u jednotlivých krmiv. V druhém sloupci jsou uvedeny směrodatné odchylky od středních hodnot a v posledním sloupci je uveden variační koeficient pro skupinu naměřených hodnot u jednotlivých krmiv. Hodnota variačního koeficientu poukazuje na vyrovnanost naměřených dat v jednotlivých skupinách. V tomto případě jsou hodnoty variačních koeficientů do 2, tudíž se dá říci, že hodnoty jsou vyrovnané a lze tedy přistoupit k statistickému vyhodnocování.

Tabulka 33. **95% konfidenční interval pro střední hodnotu soudržnosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného**

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.6186874; 0.6249792)	0.004951278	0.7962387
Kontrola	(0.6803805; 0.6891195)	0.006877169	1.004333
Kukuřice	(0.5404449; 0.5520551)	0.00913659	1.672602
Pšenice	(0.6418004; 0.6486996)	0.005429298	0.8414254
Triticale	(0.6495696; 0.6582638)	0.006841828	1.046284
Žito	(0.5870127; 0.5956540)	0.006800178	1.149974

Pro ověření zda jsou rozptyly soudržnosti závislé či nezávislé na parametru byl použit Bartlettův test. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 34.

Tabulka 34. **Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení**

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	4.9652	5	0.4201

Při testování o shodě rozptylů mezi jednotlivými druhy předkládaných krmiv při hladině významnosti 0,05, byla dosažena hodnota *p*-value = 0,4201. Tudíž nelze zavrhnout předpoklad shody rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze se tedy domnívat, že je úroveň rozptylu pro soudržnost svalstva shodná ve všech sledovaných skupinách. Z tohoto důvodu bylo možno provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 35.

Tabulka 35. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	5	0.14584	0.0291694	629.97	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	66	0.00305	0.0000463			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Vzhledem k dosažené hodnotě p-value  $< 2,2 \cdot 10^{-16}$  lze konstatovat, že se průměrné hodnoty soudržnosti svalstva v jednotlivých skupinách liší. Vzhledem k dosaženému výsledku z jednofaktorové analýzy, lze provést testy vícenásobného srovnávání prostřednictvím Tuckey HSD testu. V této analýze byly testovány dvojice krmiv, zda nemají stejný vliv na soudržnost svaloviny. Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 36.

Tabulka 36. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

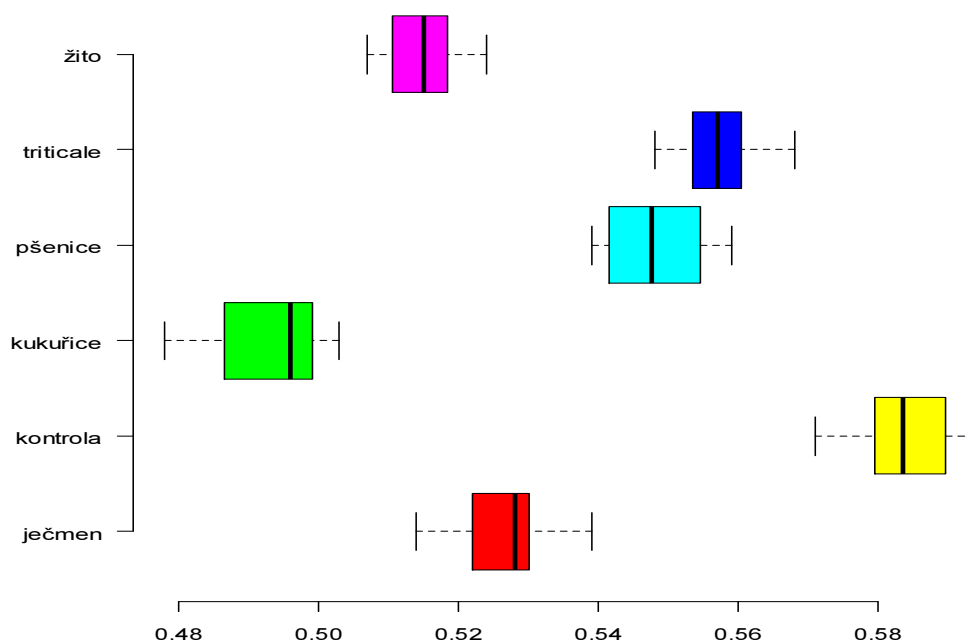
Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,06292	0,05476	0,07107	0,0000
Kukuřice - ječmen	-0,07558	-0,08374	-0,06743	0,0000
Pšenice - ječmen	0,02342	0,01526	0,03157	0,0000
Triticale - ječmen	0,03208	0,02393	0,04024	0,0000
Žito - ječmen	-0,03050	-0,03865	-0,02235	0,0000
Kukuřice - kontrola	-0,13850	-0,14665	-0,13035	0,0000
Pšenice - kontrola	-0,03950	-0,04765	-0,03135	0,0000
Triticale - kontrola	-0,03083	-0,03899	-0,02268	0,0000
Žito - kontrola	-0,09342	-0,10157	-0,08526	0,0000
Pšenice - kukuřice	0,09900	0,09085	0,10715	0,0000
Triticale - kukuřice	0,10767	0,09951	0,11582	0,0000
Žito - kukuřice	0,04508	0,03693	0,05324	0,0000
Triticale - pšenice	0,00867	0,00051	0,01682	0,0308
Žito - pšenice	-0,05392	-0,06207	-0,04576	0,0000
Žito - triticale	-0,06258	-0,07074	-0,05443	0,0000

Po provedení párového srovnávání testu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tj. s 95 % spolehlivostí lze prohlásit, že soudržnost svaloviny u jednotlivých skupin příkrmovaných odlišnými krmivy se od sebe liší. Z důvodu, že u většiny dvojic krmiv bylo dosaženo hladiny významnosti  $p\text{-value} = 0,000$ . Pouze u skupiny krmiv triticales – pšenice byla hladina významnosti odlišná a to  $p\text{-value} = 0,0308$ , ale i u této skupiny byla prokázána odlišnost vlivu z důvodu, že hodnota  $p\text{-value}$  je nižší než 0,05. Pro snazší představu o různosti vlivů krmiv na soudržnost, jsou jednotlivé údaje graficky znázorněny konfidenčními intervaly v příloze 6. V grafu je možno lépe vysledovat, které z krmiv má podobné účinky na výslednou soudržnost svaloviny. Jedná se především o skupinu s konfidenčním intervalem blízcí se k 0, např. triticales – pšenice. A naopak lze konstatovat, že nejvíce odlišným způsobem ovlivňují výslednou soudržnost svaloviny skupiny kukuřice – kontrola, kukuřice – triticales.

#### 4.2.4 Elasticita svaloviny kapra obecného

Poslední vyhodnocovanou texturní vlastností byla elasticita svaloviny. Z naměřených hodnot byl vytvořen graf 8, kde byly znázorněny hodnoty elasticity pro všechny skupiny analyzovaných ryb. V grafu je možno vidět, že nejvyšších hodnot dosahovaly ryby odchované extenzivně a nejnižších hodnot ryby příkrmované kukuřicí.

Graf 8. Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo





Hodnoty elasticity pro zbylá krmiva jsou uvedeny v tabulce 37. Z hodnot uvedených v tabulce by bylo možno usoudit podobný či stejný vliv u ryb chovaných extenzivně a u ryb příkrmovaných triticales. Kdy medián vyšel u kontroly 0,5835 a u triticales 0,5570.

Tabulka 37. Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.5140	0.5225	0.5280	0.5263	0.5295	0.5390
Kontrola	0.5710	0.5802	0.5835	0.5837	0.5892	0.5940
Kukuřice	0.4780	0.4868	0.4960	0.4931	0.4985	0.5030
Pšenice	0.5390	0.5418	0.5475	0.5481	0.5538	0.5590
Triticale	0.5480	0.5538	0.5570	0.5576	0.5598	0.5680
Žito	0.5070	0.5112	0.5150	0.5150	0.5178	0.5240

Před statistickým vyhodnocováním byly nejdříve určeny variační koeficienty, konfidenční intervaly a směrodatné odchylky od středních hodnot. Z vypočtených hodnot uvedených v tabulce 38 lze zjistit, že hodnoty naměřené nemají vysokou variabilitu, tudíž při měření nedocházelo k chybám a hodnoty měření je možno dále statisticky zpracovat.

Tabulka 38. 95% konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.5220383;	0.006759953	1.284348
Kontrola	(0.5792287;	0.006984832	1.196716
Kukuřice	(0.4880333;	0.007948223	1.611943
Pšenice	(0.5435381;	0.007153617	1.305206
Triticale	(0.5538054;	0.005946096	1.066405
Žito	(0.5115411;	0.005443929	1.057074

První statistickou analýzou byl Bartlettův test homogenity rozptylů. Tento test ověřuje shodu rozptylů elasticity u všech skupin ryb. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 39.

Tabulka 39. Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	1.9047	5	0.8622

Z dosažené hladiny významnosti *p*-value = 0,8622 nelze odmítnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Tudíž je možné interpretovat závěr, že je úroveň rozptylu pro elasticitu svalstva shodná u sledovaných skupin. Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Hodnoty analýzy jsou uvedeny v tabulce 40.

Tabulka 40. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro elasticitu svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	5	0.063003	0.0126006	276.1	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	66	0.003012	0.0000456			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Na základě výsledku provedené analýzou rozptylu lze konstatovat, že se průměrné hodnoty elasticity svalstva v jednotlivých skupinách liší. Poněvadž dosažená hodnota hladiny významnosti byly nižší než 0,05. Proto bylo možno provést testy vícenásobného srovnávání prostřednictvím Tuckey HSD testu. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 41.

Tabulka 41. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Kontrola - ječmen	0,05733	0,04924	0,06543	0,00000
Kukuřice - ječmen	-0,03325	-0,04134	-0,02516	0,00000
Pšenice - ječmen	0,02175	0,01366	0,02984	0,00000
Triticale - ječmen	0,03125	0,02316	0,03934	0,00000
Žito - ječmen	-0,01133	-0,01943	-0,00324	0,00151
Kukuřice - kontrola	-0,09058	-0,09868	-0,08249	0,00000

Pšenice - kontrola	-0,03558	-0,04368	-0,02749	0,00000
Triticale - kontrola	-0,02608	-0,03418	-0,01799	0,00000
Žito - kontrola	-0,06867	-0,07676	-0,06057	0,00000
Pšenice - kukuřice	0,05500	0,04691	0,06309	0,00000
Triticale - kukuřice	0,06450	0,05641	0,07259	0,00000
Žito - kukuřice	0,02192	0,01382	0,03001	0,00000
Triticale - pšenice	0,00950	0,00141	0,01759	0,01228
Žito - pšenice	-0,03308	-0,04118	-0,02499	0,00000
Žito - triticale	-0,04258	-0,05068	-0,03449	0,00000

Z tabulky párového srovnání vyplývá, že u všech párových skupin byl prokázán odlišný vliv na výslednou elasticitu svaloviny daného kapra obecného. Lze to konstatovat na základě dosažené hodnoty p-value, které vycházelo u většiny skupin 0. Pouze u dvou skupin byla dosažena hodnota jiná a to u skupiny triticale – pšenice (p-value = 0,01228) a u skupiny žito – ječmen (p-value 0,00151). I u těchto skupin byl výsledný p-value nižší než hodnota 0,05, tudíž i zde byl prokázán odlišný vliv. Pro lepší a snazší vyhodnocení byl ze získaných hodnot konfidenčních intervalů vytvořen graf (příloha 6). Zde je lépe vidět vliv krmiv v párovém srovnání na výslednou elasticitu. Po vyhodnocení grafu je možno vyslovit závěr, že nejvíce odlišný vliv mají krmiva kukuřice - kontrola a kukuřice - triticale a naopak nejméně rozdílný vliv má skupina triticale – pšenice.

### **4.3 Vyhodnocení změn texturních vlastností svaloviny kapra obecného při zkrmování různých doplňkových krmiv na rybnících 2010**

V roce 2010 krmné pokusy probíhaly na rybnících Rybářství Třeboň Hld. a.s., kde byly ryby rozděleny do 5 skupin, čtyři skupiny byly příkrmovány běžnými doplňkovými druhy krmiv (pšenice, triticale, žito a ječmen), ryby v páté skupině byly chovány extenzivně. Takto odchovávané ryby patřily do skupiny kontrolní. Ryby byly chovány ve stejných podmínkách, při stejných obsádkách a byly příkrmovány na stejnou energetickou hodnotu. Po vylovení byly ryby zváženy, zpracovány a vyhodnoceny základní chemické složky svaloviny. Hmotnost ryb příkrmovaných žitem byla nejvyšší a to  $2375 \pm 215 \text{ g.ks}^{-1}$  následovaly ryby příkrmované triticale  $2135 \pm 189 \text{ g.ks}^{-1}$ , pšenice  $2089 \pm 172 \text{ g.ks}^{-1}$ , ječmen  $1982 \pm 215 \text{ g.ks}^{-1}$  a kontrola  $1789 \pm 197 \text{ g.ks}^{-1}$ . V roce 2010 byly vyhodnocovány 4 texturní vlastnosti, které

tvoří profil textury svaloviny tuhost (4.3.1), křehkost (4.3.2), soudržnost (4.3.3) a elasticita (4.3.4).

### 4.3.1 Tuhost svaloviny kapra obecného

První a základní vyhodnocenou vlastností byla tuhost svaloviny. Jako již v předešlých dvou letech se potvrdilo, že nejvyšší tuhost mívají ryby chované extenzivně, a to  $0,5830 \pm 0,02$  kg a nejnižší tuhost ryby přikrmované žitem  $0,3465 \pm 0,0075$  kg. Hodnoty pro další skupiny jsou uvedeny v tabulce 42.

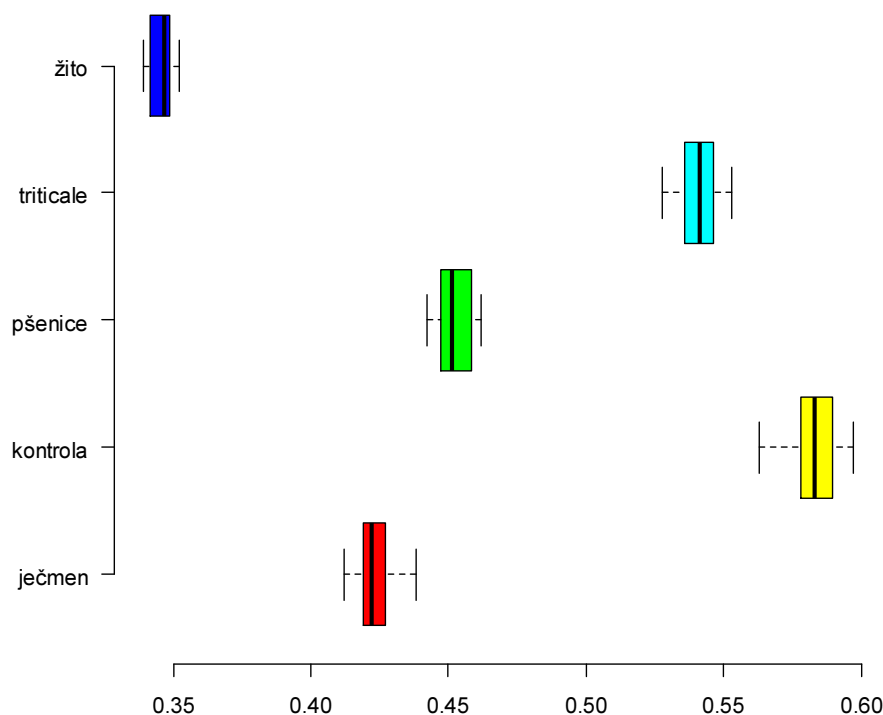
Při vyhodnocování texturních vlastností byl vyhodnocován i obsah tuku ve svalovině. Kde bylo zjištěno, že nejvyšší obsah měla skupina ryb přikrmovaná žitem  $7,52 \pm 0,54$  %, dále následovaly skupiny přikrmované ječmenem  $7,22 \pm 0,39$  %, pšenicí  $6,93 \pm 0,47$  %, triticales  $6,58 \pm 0,71$  % a kontrola  $4,82 \pm 0,63$  %.

Tabulka 42. Míry polohy pro tuhost (kg) svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
<b>Ječmen</b>	0.4120	0.4190	0.4220	0.4229	0.4270	0.4380
<b>Kontrola</b>	0.5630	0.5780	0.5830	0.5828	0.5882	0.5970
<b>Pšenice</b>	0.4420	0.4478	0.4515	0.4524	0.4583	0.4620
<b>Triticales</b>	0.5280	0.5360	0.5415	0.5415	0.5462	0.5530
<b>Žito</b>	0.3390	0.3418	0.3465	0.3456	0.3482	0.3520

Pro snadnější představu o rozdílnosti hodnot u jednotlivých skupin předkládaných krmiv, byl z naměřených dat vytvořen graf 9. Zde je možno vidět, jak lze výslednou tuhost svaloviny ovlivnit předkládáním různých druhů doplňkových krmiv. Z grafu lze usoudit, že krmiva pšenice a ječmen by mohly mít podobný vliv na tuhost svaloviny, kdy rozdíl v tuhosti svaloviny je přibližně 0,03 kg.

Graf 9. **Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo**



Pro každou skupinu byly dále určeny konfidenční intervaly pro střední hodnotu (spodní a horní), které určují interval, kde jsou obsaženy naměřené hodnoty. K daným intervalům byly dále určeny směrodatné odchylky. V tabulce 43, jsou také uvedeny variační koeficienty, které poukazují, jak velké byly odchylky mezi jednotlivými měřeními v dané skupině.

Tabulka 43. **95% konfidenční interval pro střední hodnotu tuhosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro tuhost svaloviny u kapra obecného**

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.4184365 0.4273968)	0.00705122	1.667283
Kontrola	(0.5769985 0.5886681)	0.009183318	1.575634
Pšenice	(0.4479694 0.4568639)	0.006999459	1.547127
Triticale	(0.5369143 0.5460857)	0.007217403	1.332854
Žito	(0.3427103 0.3484564)	0.004521833	1.308464

V tabulce 44 je uvedena hodnota homogenity rozptylů analyzovaných skupin ryb. Tato analýza probíhala při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 44. Bartlettův test homogenity rozptylů pro tuhost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	4.9555	4	0.2919

Vzhledem k dosažené hladině významnosti 0.2919, nelze zavrhnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze předpokládat, že je hodnota rozptylu pro tuhost svalstva shodná ve všech zkoumaných skupinách. Vzhledem k dosaženému výsledku bylo možno provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 45.

Tabulka 45. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	4	0.43014	0.107534	2103.7	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residu	55	0.00281	0.000051			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Hodnota hladiny významnosti zjištěná analýzou rozptylu byla nižší než 0,05, tudíž lze konstatovat, že se průměrné hodnoty tuhosti svalstva v jednotlivých skupinách liší. Z tohoto důvodu byl proveden test vícenásobného srovnávání. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 46.

Tabulka 46. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska tuhosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Kontrola - ječmen	0,1599	0,1517	0,1681	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - ječmen	0,0295	0,0213	0,0377	$4,06 \cdot 10^{-12}$

Triticale - ječmen	0,1186	0,1104	0,1268	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - ječmen	-0,0773	-0,0856	-0,0691	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - kontrola	-0,1304	-0,1386	-0,1222	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - kontrola	-0,0413	-0,0496	-0,0331	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - kontrola	-0,2373	-0,2455	-0,2290	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - pšenice	0,0891	0,0809	0,0973	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - pšenice	-0,1068	-0,1151	-0,0986	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - triticale	-0,1959	-0,2041	-0,1877	$3,64 \cdot 10^{-12}$

Po provedení Tuckey HSD testu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tj. s 95 % spolehlivostí lze konstatovat, že tuhost svaloviny u jednotlivých skupin krmných odlišnými krmivy se od sebe liší, a to tak, že u většiny skupin bylo dosaženo hladiny významnosti (p-value)  $3,64 \cdot 10^{-10}$ . Pouze u skupiny pšenice - ječmen byla hladina významnosti odlišná  $4,06 \cdot 10^{-12}$ , ale i tato hodnota je nižší než hodnota 0,05. Lze tedy konstatovat, že i u této skupiny byl prokázán odlišný vliv. Pro snadnější vyhodnocení byly jednotlivé údaje graficky znázorněny příloha 7. V tomto grafu je možno vidět, která dvojice krmiv by mohlo mít podobné účinky na výslednou tuhost svaloviny. Jedná se především o skupiny s konfidenčními intervaly blízkými se k 0, např. pšenice – ječmen, triticale - kontrola. A naopak lze konstatovat, že nejvíce odlišným způsobem ovlivňují výslednou tuhost masa skupiny kontrola – ječmen, žito – kontrola.

#### 4.3.2 Křehkost svaloviny kapra obecného

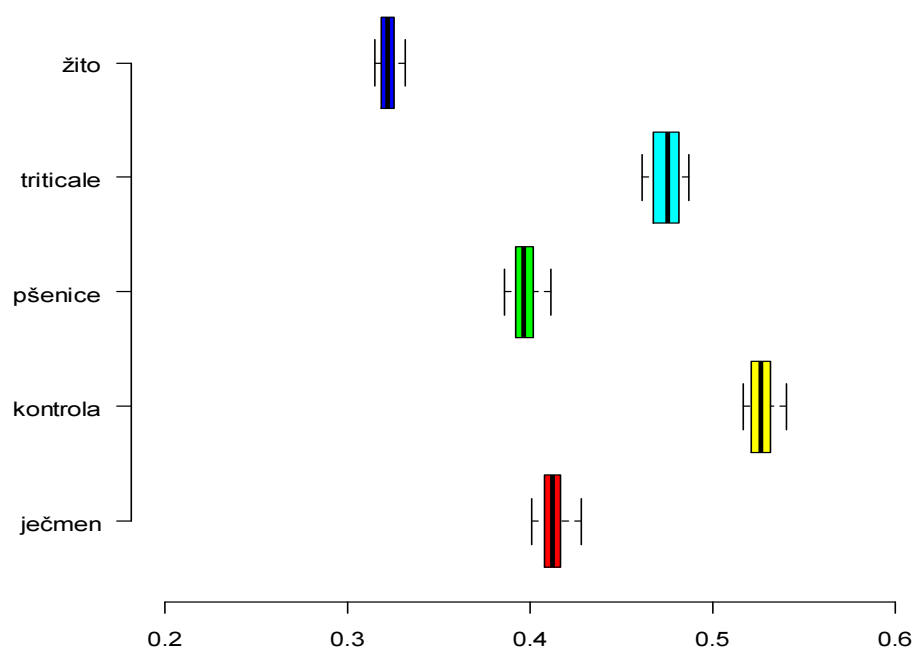
Druhou vyhodnocovanou texturní vlastností byla křehkost svaloviny. Hodnoty u křehkosti jsou bezrozměrné. Hodnoty křehkosti pro jednotlivé skupiny příkrmovaných ryb jsou uvedeny v tabulce 47. Z tabulky je možno usoudit, že nejkřehčí svalovinu mají ryby příkrmované žitem a pšenicí, kde křehkost svaloviny vycházela u ryb příkrmovaných žitem  $0,3225 \pm 0,0095$  a pšenicí  $0,3965 \pm 0,0155$ .

Tabulka 47. Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
<b>Ječmen</b>	0.4010	0.4085	0.4125	0.4134	0.4157	0.4280
<b>Kontrola</b>	0.5170	0.5218	0.5270	0.5274	0.5315	0.5410
<b>Pšenice</b>	0.3860	0.3920	0.3965	0.3973	0.4015	0.4120
<b>Triticale</b>	0.4620	0.4695	0.4760	0.4748	0.4820	0.4870
<b>Žito</b>	0.3150	0.3190	0.3225	0.3224	0.3253	0.3320

Z naměřených hodnot byl vytvořen graf 10. Kde je každé krmivo znázorněno box-whisker diagramem, který je určen maximem, minimem a střední hodnotou pro danou skupinu. V grafu je možno vidět, že i u křehkosti se potvrdily výsledky z předešlých let, že nejméně křehké maso mají ryby odchované extenzivně, kde hodnota křehkosti se pohybuje nad hodnotou 0,5.

Graf 10. **Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo**



Před statistickým vyhodnocením byla nejdříve vyhodnocena vyrovnanost jednotlivých měření ve skupinách za pomoci variačních koeficientů. Hodnota variačních koeficientů u všech skupin vycházela kolem hodnoty 2. Tento výsledek poukazuje na vyrovnanost měření v jednotlivých skupinách. Tudiž lze naměřené hodnoty dále statisticky zpracovávat. V tabulce 48 jsou dále uvedeny konfidenční intervaly se směrodatnými odchylky.



Tabulka 48. 95% konfidenční interval pro střední hodnotu křehkosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.4083232; 0.4185101)	0.008016555	1.939098
Kontrola	(0.5229694; 0.5318639)	0.006999459	1.327121
Pšenice	(0.3922769; 0.4023897)	0.007958224	2.002909
Triticale	(0.469454; 0.480046)	0.008335303	1.755725
Žito	(0.3193700; 0.3254633)	0.004795042	1.487219

Pro ověření shody rozptylů u jednotlivých skupin byl použit test homogenity, při stupni volnosti 4. Výsledky testu jsou uvedeny v tabulce 49.

Tabulka 49. Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	3.6962	4	0.4487

Z důvodu dosažení hladiny významnosti 0,4487 nelze zamítnout předpoklad o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny krmiv. Lze předpokládat, že hodnoty rozptylu pro křehkost svalstva jsou shodné. Tudíž lze provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 50.

Tabulka 50. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro křehkost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	4	0.29239	0.073098	1358.4	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	55	0.00296	0.000054			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Při analýze rozptylu byla dosažená hodnota hladiny významnosti  $< 2,2 \cdot 10^{-16}$ , tudíž lze s 95 % spolehlivostí říci, že se průměrné úrovně křehkosti svalstva v jednotlivých skupinách liší. Na základě tohoto zjištění bylo možné provést test vícenásobného

srovnávání. V rámci této analýzy byly mezi sebou porovnány výsledky křehkosti dvou skupin ryb. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 51.

Tabulka 51. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska křehkosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,114	0,106	0,122	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - ječmen	-0,016	-0,025	-0,008	$1,58 \cdot 10^{-5}$
Triticale - ječmen	0,061	0,053	0,070	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - ječmen	-0,091	-0,099	-0,083	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - kontrola	-0,130	-0,139	-0,122	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - kontrola	-0,053	-0,061	-0,044	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - kontrola	-0,205	-0,213	-0,197	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - pšenice	0,077	0,069	0,086	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - pšenice	-0,075	-0,083	-0,066	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - triticale	-0,152	-0,161	-0,144	$3,64 \cdot 10^{-12}$

Z uvedených výsledků je možno konstatovat, že křehkost svaloviny se u jednotlivých skupin mezi sebou liší. Tento závěr je podpořen získanými hodnotami p-value, které vycházely u všech skupin nižší než 0,05. Pro snadnější představu o rozdílném vlivu krmiv, byly hodnoty konfidenčních intervalů graficky znázorněny v příloze 8. Proto, aby krmiva měla stejný vliv na křehkost svaloviny, musela by úsečka daného konfidenčního intervalu protínat osu procházející nulou.

#### 4.3.3 Soudržnost svaloviny kapra obecného

Třetí vyhodnocovanou vlastností byla soudržnost. Z naměřených hodnot byly vypočítány míry polohy soudržnosti pro jednotlivé skupiny. Hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce 52. Z uvedených dat je možno vidět, že nejvyšší hodnotu soudržnosti vykazují ryby odchované extenzivně a nejnižší ryby přikrmované ječmenem.

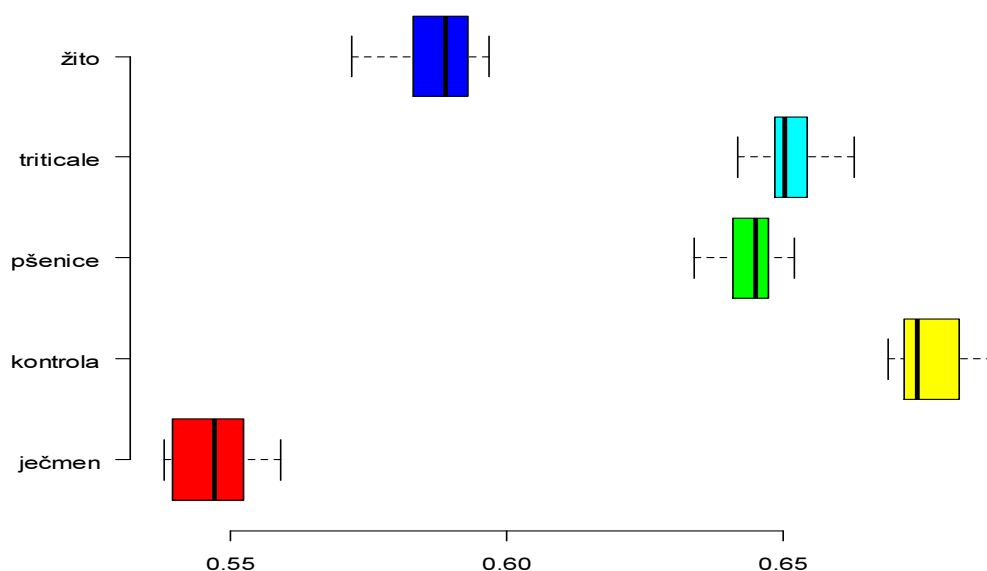
Tabulka 52. Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
<b>Ječmen</b>	0.5380	0.5398	0.5470	0.5468	0.5522	0.5590
<b>Kontrola</b>	0.6690	0.6720	0.6745	0.6768	0.6820	0.6880
<b>Pšenice</b>	0.6340	0.6415	0.6450	0.6442	0.6472	0.6520

<b>Triticale</b>	0.6420	0.6488	0.6505	0.6517	0.6532	0.6630
<b>Žito</b>	0.5720	0.5845	0.5890	0.5872	0.5925	0.5970

Z naměřených dat byl dále vytvořen graf 11, kde jsou znázorněny hodnoty soudržnosti box-whisker diagramy pro jednotlivá krmiva. Z grafu je možno lépe vysledovat míru vlivu předkládaných krmiv na soudržnost svaloviny.

**Graf 11. Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo**



Před začátkem statistického vyhodnocování, bylo třeba nejdříve určit variační koeficient, kterým lze zjistit, zda při měření nedošlo k nějaké odchylce a zda je možno naměřené hodnoty použít pro statistické výpočty. Dle výsledků variačních koeficientů uvedených v tabulce 53 je možno říci, že při měření nevznikly odchylky a výsledky je možno dále statisticky zpracovávat.

Tabulka 53. 95% konfidenční interval pro střední hodnotu soudržnosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.5420487; 0.5514513)	0.007399324	1.353329
Kontrola	(0.6729462; 0.6805538)	0.005986728	0.8846291
Pšenice	(0.6409515; 0.6473818)	0.005060243	0.7855487
Triticale	(0.6479685; 0.6553649)	0.005820549	0.8931788
Žito	(0.5819471; 0.5925529)	0.008346202	1.421235

První statistickou analýzou bylo vyhodnocení homogenity rozptylů, kdy zjistíme shodu či neshodu rozptylů jednotlivých skupin. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 54.

Tabulka 54. Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	3.437	4	0.4875

Při analýze byla dosažena hodnota hladiny významnosti 0,4875, tudíž nelze zavrhnout hypotézu o shodě rozptylů pro jednotlivé skupiny. Je možno předpokládat, že hodnota rozptylu pro soudržnost svalstva je shodná ve všech sledovaných skupinách. Díky tomuto předpokladu bylo možné provést analýzu rozptylu (ANOVA). V rámci této analýzy byly testovány shody středních hodnot soudržnosti. Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 55.

Tabulka 55. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	4	0.13484	0.033710	767.07	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	55	0.00241	0.000044			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Na základě výsledku provedené analýzou rozptylu, lze říci, že se průměrné úrovně soudržnosti svalstva v jednotlivých skupinách liší. Tento závěr byl dále potpořen provedením testu vícenásobného srovnávání, kdy byly porovnány hodnoty soudržnosti dvou skupin příkrmovaných ryb mezi sebou. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 56.

Tabulka 56. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,130	0,122	0,138	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - ječmen	0,097	0,090	0,105	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - ječmen	0,105	0,097	0,113	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - ječmen	0,041	0,033	0,048	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - kontrola	-0,033	-0,040	-0,025	$3,65 \cdot 10^{-12}$
Triticale - kontrola	-0,025	-0,033	-0,017	$1,16 \cdot 10^{-11}$
Žito - kontrola	-0,089	-0,097	-0,082	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - pšenice	0,008	0,000	0,015	0,0564
Žito - pšenice	-0,057	-0,065	-0,049	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Žito - triticale	-0,064	-0,072	-0,057	$3,64 \cdot 10^{-12}$

Ze zjištěných hodnot je možno konstatovat, že byl prokázán stejný vliv na soudržnost u pšenice s triticale. Kdy u této skupiny krmiv vyšla hladina významnosti 0,0564. U zbylých dvojic krmiv hodnoty hladiny významnosti byly nižší než hladina 0,05, tudíž byl zde prokázán odlišný vliv na soudržnost svaloviny. Z hodnot spodních a horních mezí konfidenčních intervalů byl vytvořen graf (viz. příloha 9), kde je možno lépe vidět odlišnost vlivů krmiv na výslednou hodnotu soudržnosti svaloviny.

#### 4.3.4 Elasticita svaloviny kapra obecného

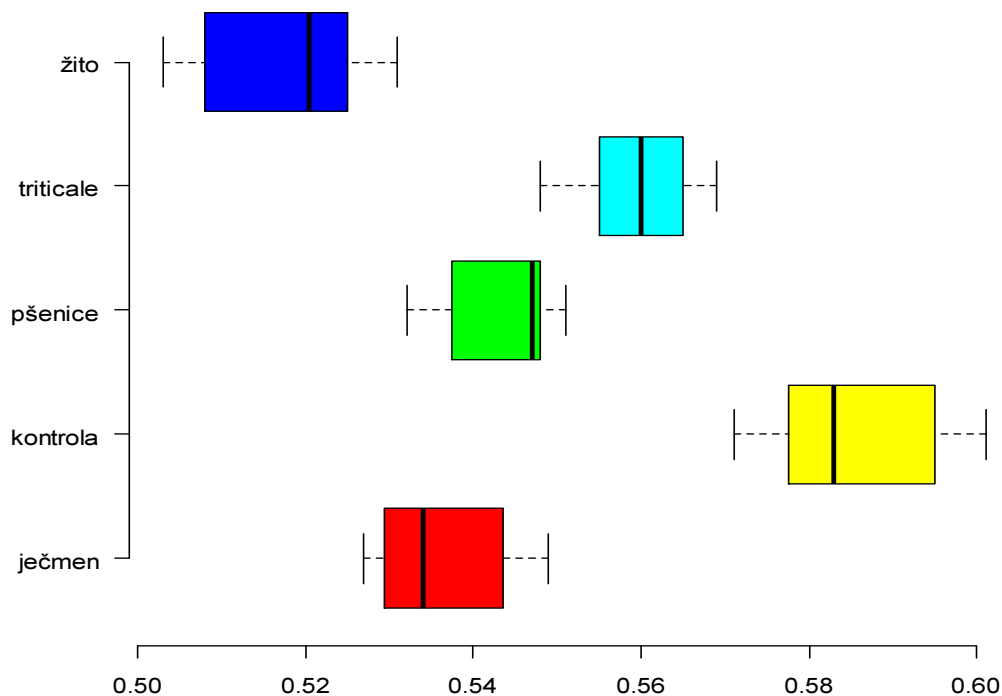
Poslední vyhodnocovanou texturní vlastností byla elasticita svaloviny. Z naměřených údajů byly vypočteny míry poloh elasticity, které jsou uvedeny v tabulce 57. Z hodnot uvedených v tabulce je patrné, že i u této vlastnosti vycházely nejvyšší hodnoty u ryb odchovaných extenzivně. Nejnižší hodnoty elasticity byly zjištěny u ryb příkrmovaných žitem.

Tabulka 57. Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného

Krmivo	Minimum	První kvartil	Medián	Aritmetický průměr	Třetí kvartil	Maximum
Ječmen	0.5270	0.5302	0.5340	0.5362	0.5418	0.5490
Kontrola	0.5710	0.5782	0.5830	0.5850	0.5940	0.6010
Pšenice	0.5320	0.5382	0.5470	0.5433	0.5480	0.5510
Triticale	0.5480	0.5555	0.5600	0.5596	0.5640	0.5690
Žito	0.5030	0.5085	0.5205	0.5178	0.5245	0.5310

Z naměřených údajů byl dále udělán graf 12, kde byl vytvořen box-whisker diagram pro každou zkoumanou skupinu ryb. V grafu je možno vidět, že u krmiv pšenice a ječmen by mohl být prokázán stejný vliv na výslednou elasticitu svaloviny. Tato domněnka bude ověřena statistickými analýzami.

Graf 12. Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticity svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo



Dříve než je možno přistoupit k vlastnímu statistickému vyhodnocování, je potřeba zjistit, zda není mezi naměřenými hodnotami vysoká variabilita. Pro zjištění tohoto předpokladu byly určeny variační koeficienty pro všechny skupiny. Hodnoty

variačních koeficientů poukazují na vyrovnanost naměřených hodnot v rámci skupiny, tudíž lze údaje statisticky zpracovat. V tabulce 58 jsou také uvedeny konfidenční intervaly pro střední hodnotu a směrodatné odchylky od střední hodnoty.

Tabulka 58. **95% konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného**

Krmivo	95 % konfidenční interval pro střední hodnotu	Směrodatná odchylka	Variační koeficient
Ječmen	(0.531123 0.541377)	0.008069302	1.504765
Kontrola	(0.5785602 0.5914398)	0.01013545	1.732555
Pšenice	(0.5392038 0.5474629)	0.006499417	1.196212
Triticale	(0.5555516 0.5636151)	0.006345483	1.133966
Žito	(0.511667 0.523833)	0.009573875	1.849131

Proto, aby bylo možno porovnat vlivy jednotlivých krmiv na elasticitu, bylo zapotřebí nejdříve ověřit homogenitu rozptylů při hladině významnosti 0,05. Výsledky analýzy jsou uvedeny v následující tabulce 59.

Tabulka 59. **Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení**

	Bartlettova testová statistika	Stupně volnosti	Dosažená hladina významnosti ( <i>p</i> -value)
Výsledek	3.8399	4	0.4281

Homogenita souboru byla prokázána díky zjištěné hodnotě  $p\text{-value} = 0,4281$ , která je vyšší, než hodnota hladiny významnosti při kterém byla tato analýza prováděna. Je možné se tedy domnívat, že je úroveň rozptylu pro elasticitu svalstva shodná u všech sledovaných skupin. V Z tohoto důvodu je možné provést testování shody středních hodnot prostřednictvím analýzy rozptylu (ANOVA). Výsledky analýzy jsou uvedeny v tabulce 60.

Tabulka 60. Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro elasticitu svalstva s ohledem na použité krmivo

Faktor	Stupně volnosti	Součet čtverců	Průměrný součet čtverců	Testové kritérium	Dosažená hladina významnosti	Signifikance
Krmení	4	0.0309281	0.0077320	113.04	$<2,2 \cdot 10^{-16}$	***
Residua	55	0.0037621	0.0000684			
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1						

Na základě získaného výsledku hladiny významnosti lze konstatovat, že se průměrné hodnoty elasticity svalstva v jednotlivých skupinách liší. Tento výsledek bude doplněn o test vícenásobného srovnávání prostřednictvím Tuckey HSD testu. Kde budou porovnány vlivy dvou krmiv mezi sebou, zda nebude prokázán stejný vliv u některé z dvojic krmiv. Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce 61.

Tabulka 61. Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2010)

Párové srovnání	Diference	Spodní mez konfidenčního intervalu	Horní mez konfidenčního intervalu	Dosažená hladina významnosti (p-value)
Kontrola - ječmen	0,0487	0,0392	0,0583	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Pšenice - ječmen	0,0071	-0,0024	0,0166	0,23569206
Triticale - ječmen	0,0233	0,0138	0,0329	$5,22 \cdot 10^{-8}$
Žito - ječmen	-0,0185	-0,0280	-0,0090	$1,06 \cdot 10^{-5}$
Pšenice - kontrola	-0,0417	-0,0512	-0,0321	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - kontrola	-0,0254	-0,0349	-0,0159	$5,12 \cdot 10^{-9}$
Žito - kontrola	-0,0672	-0,0768	-0,0577	$3,64 \cdot 10^{-12}$
Triticale - pšenice	0,0163	0,0067	0,0258	0,0001141
Žito - pšenice	-0,0256	-0,0351	-0,0161	$4,25 \cdot 10^{-9}$
Žito - triticale	-0,0418	-0,0514	-0,0323	$3,64 \cdot 10^{-12}$

Z uvedených údajů je možno potvrdit stejný vliv na elasticitu u pšenice s ječmenem. Tento jev byl prokázán hodnotou hladiny významnosti 0,23569206. U zbylých dvojic krmiv nebyla prokázána shoda. Pro lepší přehled o možném vlivu krmiv byl z uvedených dat vytvořen graf viz. příloha 10. Stejný či podobný vliv by měly krmiva, jejichž přímkou vytvořená z konfidenčních intervalů se blíží, popřípadě protíná hodnotu 0.



## 4.4 Porovnání texturních vlastností svaloviny kapra obecného a pstruha duhového

Druhý pokus byl zaměřen na porovnání texturních vlastností kapra obecného a pstruha duhového. Pokus probíhal tři týdny, textura byla hodnocena po týdnech (první týden 4.4.1, druhý týden 4.4.2 a třetí týden 4.4.3).

### 4.4.1 Texturní vlastnosti svaloviny v prvním týdnu pokusu

Hodnoty texturních vlastností měřených v prvním týdnu jsou uvedeny v tabulce 62. Z hodnot uvedených v tabulce je zřejmé, že svalovina pstruha duhového se vyznačuje vyššími hodnotami u všech sledovaných texturních vlastností. U některých vlastností se jedná i o dvakrát vyšší hodnoty např. u tuhosti (tuhost u kapra  $0,3055 \pm 0,0735$  kg a pstruha  $0,6435 \pm 0,0275$  kg). Tento výsledek poukazuje, že hodnoty texturních vlastností se neodvíjí pouze od chemického složení svaloviny, ale že i druh ryb má určitý význam při vytváření textury.

Během pokusu byl vyhodnocován obsah tuku u analyzovaných ryb a bylo zjištěno, že kapr obecný měl  $7,22 \pm 0,42$  % a pstruh duhový  $2,15 \pm 0,38$  % tuku.

Tabulka 62. Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu

Statistiky	Druh	Tuhost	Křehkost	Soudržnost	Elasticita	Teplota	pH
Minimum	kapr	0.2320	0.1050	0.5040	0.4520	16.20	6.830
	pstruh	0.6160	0.4150	0.6990	0.5310	16.10	6.910
1 kvartil	kapr	0.2872	0.1332	0.5303	0.4668	16.30	6.917
	pstruh	0.6388	0.4332	0.7032	0.5498	16.28	6.938
Medián	kapr	0.3055	0.1450	0.5440	0.4770	16.55	6.960
	pstruh	0.6435	0.4380	0.7095	0.5655	16.45	6.980
Aritmetický průměr	kapr	0.2998	0.1488	0.5448	0.4756	16.58	6.979
	pstruh	0.6492	0.4405	0.7104	0.5669	16.50	6.986
3 kvartil	kapr	0.3182	0.1733	0.5575	0.4832	16.80	7.062
	pstruh	0.6638	0.4448	0.7172	0.5862	16.70	7.005
Maximum	kapr	0.3330	0.1890	0.5950	0.5010	17.10	7.110
	pstruh	0.6790	0.4670	0.7240	0.5970	17.00	7.140

Z naměřených dat bylo vypočítáno několik základních údajů, které pomohou při statistickém vyhodnocování (tabulka 63). Konfidenční intervaly určují horní a dolní

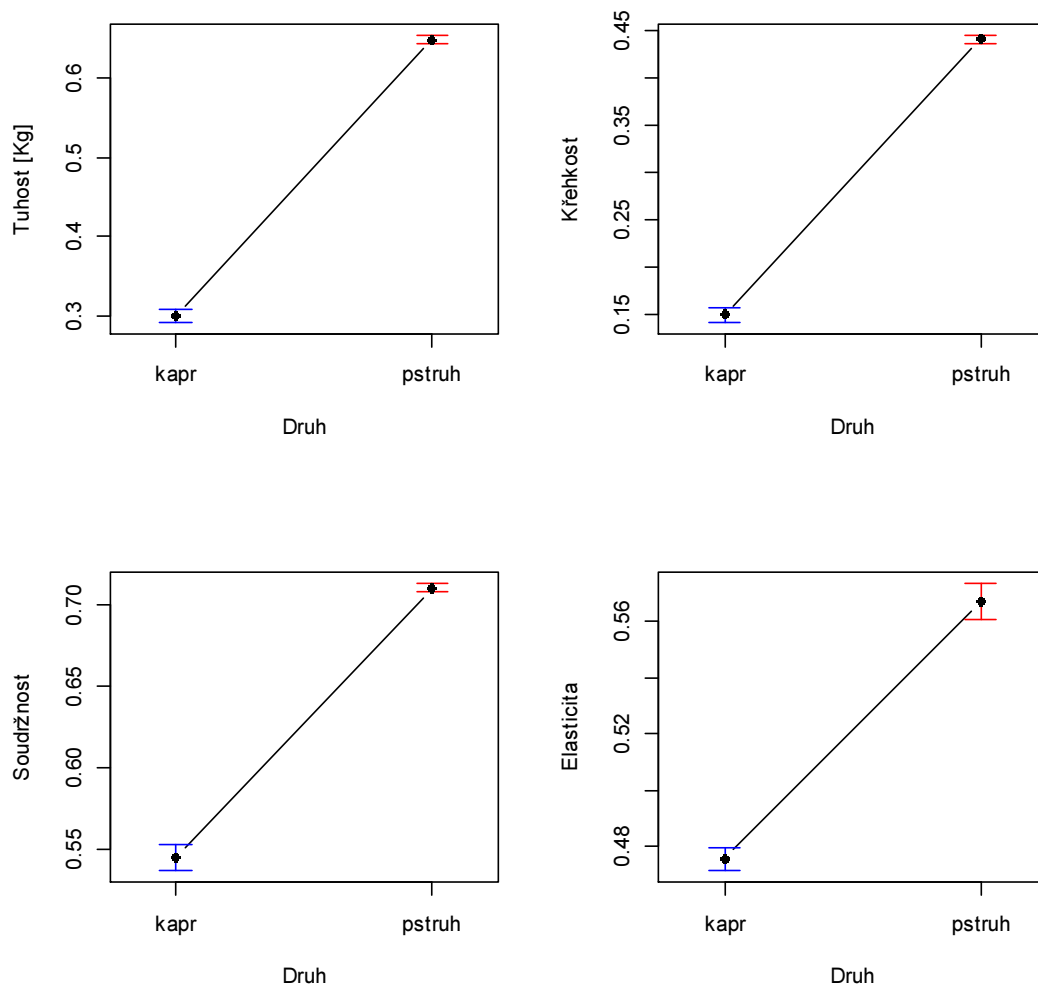
mez jednotlivých hodnot, v druhém řádku jsou určeny směrodatné odchylky od konfidenčních intervalů. V posledním řádku jsou uvedeny variační koeficienty, který poukazují na variabilitu naměřených dat u dané vlastnosti.

Tabulka 63. **95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu**

Statistiky	Druh	Tuhost	Křehkost	Soudržnost	Elasticita
<b>95% konfidenční interval</b>	kapr	(0.2819966; 0.3175034)	(0.1325942; 0.1650725)	(0.5264189; 0.5630811)	(0.4663145; 0.4848521)
	pstruh	(0.6366612; 0.6618388)	(0.4311876; 0.4498124)	(0.7048088; 0.7160246)	(0.5528692; 0.5809641)
<b>Směrodatná odchylka</b>	kapr	0.0279419	0.02555861	0.02885111	0.01458803
	pstruh	0.01981333	0.01465668	0.008826183	0.02210906
<b>Variační koeficient</b>	kapr	9.321736	17.17264	5.296211	3.067397
	pstruh	3.051726	3.327282	1.242395	3.899879

Ze získaných hodnot byl vytvořen graf 13, který poukazuje na rozdílnost hodnot u jednotlivých texturních vlastností u těchto dvou druhů ryb. Je zde i graficky znázorněn rozdíl hodnot konfidenční úsečkou u jednotlivých vlastností.

Graf 13. Grafické znázornění porovnání texturních vlastností ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového



Pro statistické vyhodnocení bylo použito Shapiro-Wilkova testu při homoskedasticitě a při průkazné heteroskedasticitě Welchovu modifikace t-testu. Výsledky jednotlivých analýz jsou uvedeny v tabulce 64. Jednotlivé analýzy byly prováděny při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

Tabulka 64. Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového

Texturní ukazatel	Druh	Normalita <sup>a</sup> (p-value)	t-test	p-value
Tuhost	Kapr	0.2028	t = -35.3452 <sup>b</sup> , df = 22	< 2,2.10 <sup>-16</sup> ***
	Pstruh	0.6717		
Křehkost	Kapr	0.6494	t = -34.2928 <sup>b</sup> , df = 22	< 2,2.10 <sup>-16</sup> ***
	Pstruh	0.3805		
Soudržnost	Kapr	0.4986	t = -19.0211 <sup>c</sup> , df = 13.041	6,795.10 <sup>-11</sup> ***
	Pstruh	0.2938		
Elasticita	Kapr	0.9673	t = -11.9445 <sup>b</sup> , df = 22	4,345.10 <sup>-11</sup> ***
	Pstruh	0.5177		
	Pstruh	0.1272		

<sup>a</sup> Posouzeno pomocí Shapiro-Wilkova testu; <sup>b</sup> Při homoskedasticitě (); <sup>c</sup> Při průkazné heteroskedasticitě (Welchova modifikace t-testu).

Ze zjištěných hodnot p-value u všech texturních vlastností je možno usoudit, že se texturní vlastnosti u kapra obecného a pstruha duhového liší.

#### 4.4.2 Texturní vlastnosti svaloviny v druhém týdnu pokusu

Hodnoty textury naměřené v druhém týdnu pokusu jsou uvedeny v tabulce 65. V tabulce si lze všimnout, že i během druhého měření byly naměřeny hodnoty texturních vlastností u pstruha duhového několikrát vyšší než u kapra obecného. U analyzovaných ryb byl měřen obsah tuku. Obsah tuku u kapra obecného byl  $6,98 \pm 0,56$  % a u pstruha duhového  $2,47 \pm 0,36$  %.

Tabulka 65. Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu kapra obecného a pstruha duhového

Statistiky	Druh	Tuhost	Křehkost	Soudržnost	Elasticita	Teplota	pH
Minimum	kapr	0.2560	0.1290	0.5360	0.4270	16.20	6.900
	pstruh	0.6230	0.4160	0.7050	0.5310	16.10	6.910
1 kvartil	kapr	0.2915	0.1358	0.5598	0.4358	16.28	6.930
	pstruh	0.6385	0.4328	0.7113	0.5662	16.30	6.948
Medián	kapr	0.2960	0.1455	0.5735	0.4565	16.35	6.960
	pstruh	0.6480	0.4365	0.7140	0.5710	16.45	6.965

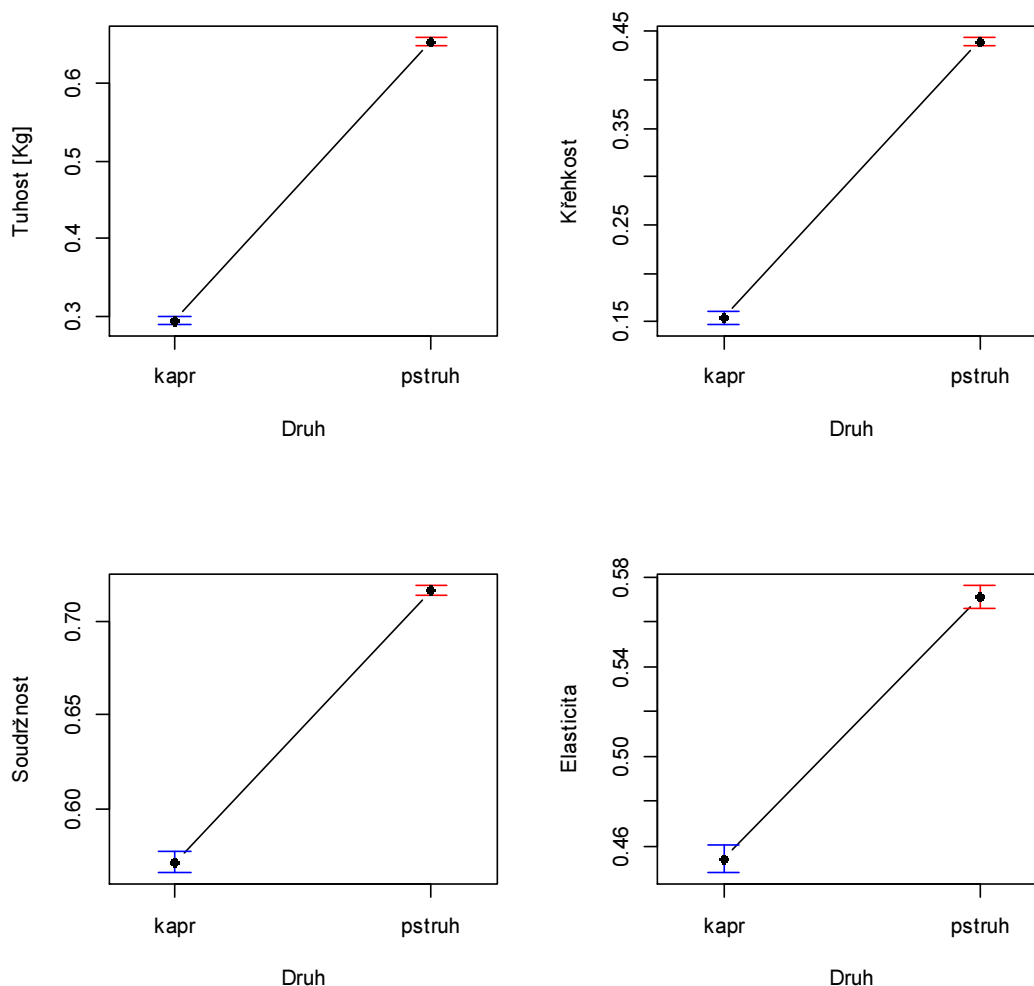
<b>Aritmetický průměr</b>	kapr	0.2952	0.1542	0.5714	0.4543	16.46	6.957
	pstruh	0.6522	0.4395	0.7159	0.5708	16.52	6.973
<b>3 kvartil</b>	kapr	0.3030	0.1757	0.5860	0.4642	16.55	6.980
	pstruh	0.6628	0.4382	0.7203	0.5830	16.80	6.980
<b>Maximum</b>	kapr	0.3140	0.1980	0.5960	0.4970	17.10	7.010
	pstruh	0.6890	0.4760	0.7340	0.5920	17.00	7.100

V tabulce 66 jsou uvedeny hodnoty variačních koeficientů, které poukazují na variabilitu naměřených dat. V tabulce jsou také uvedeny konfidenční intervaly, které poslouží k vytvoření grafu 14, ze kterého je možno lépe vysledovat velké rozdíly mezi jednotlivými druhy ryb.

**Tabulka 66. 95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů (spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha**

<b>Statistiky</b>	<b>Druh</b>	<b>Tuhost</b>	<b>Křehkost</b>	<b>Soudržnost</b>	<b>Elasticita</b>
<b>95% konfidenční interval</b>	kapr	(0.2855124; 0.3048209)	(0.1395473; 0.1687860)	(0.5590356; 0.5837977)	(0.4409581; 0.4677086)
	pstruh	(0.6396875; 0.6648125)	(0.4293612; 0.4496388)	(0.7104345; 0.7213988)	(0.5595816; 0.5820850)
<b>Směrodatná odchylka</b>	kapr	0.0151947	0.02300922	0.0194864	0.02105116
	pstruh	0.019772	0.01595733	0.008628266	0.01770893
<b>Variační koeficient</b>	kapr	5.147836	14.9249	3.410191	4.633418
	pstruh	3.031352	3.630792	1.205205	3.102294

Graf 14. Grafické znázornění porovnání texturních vlastností v mase kapra a pstruha v rámci druhého týdne



I v druhém týdnu byl zjištěn velký rozdíl mezi texturními vlastnostmi zkoumaných druhů ryb. Přičemž svalovina pstruha duhového se vyznačuje větší tuhostí, křehkostí, soudržností i elasticitou. Tento závěr byl statisticky ověřen za pomoci Mannovo - Whitneyovo t- testu, Shapiro-Wilkova testu při homoskedasticitě a při průkazné heteroskedasticitě Welchovou modifikací t-testu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Hodnoty jsou uvedeny v tabulce 67. Po získání těchto hodnot lze konstatovat závěr, že svalovina pstruha duhového se vyznačuje vyššími hodnotami texturních vlastností.

Tabulka 67. Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele a fyzikální vlastnosti (teplota; pH) ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového

Texturní ukazatel	Druh	Normalita <sup>a</sup> (p-value)	t-test (Mannův-Whitneyův test)	p-value
<b>Tuhost</b>	Kapr	0.07604	t = -49.6056 <sup>b</sup> , df = 22	< 2,2.10 <sup>-16</sup> ***
	Pstruh	0.6912		
<b>Křehkost</b>	Kapr	0.09083	(W = 0)	3,2.10 <sup>-5</sup> ***
	Pstruh	0.01425**		
<b>Soudržnost</b>	Kapr	0.5022	t = -23.4883 <sup>c</sup> , df = 15.154	2,465e.10 <sup>-13</sup> ***
	Pstruh	0.4175		
<b>Elasticita</b>	Kapr	0.6302	t = -14.6703 <sup>b</sup> , df = 22	7,676.10 <sup>-13</sup> ***
	Pstruh	0.2503		
<b>Teplota</b>	Kapr	0.02016**	(W = 60.5)	0,5024
	Pstruh	0.463		
<b>pH</b>	Kapr	0.8227	t = -0.973 <sup>b</sup> , df = 22	0.3412
	Pstruh	0.05287		

<sup>a</sup> Posouzeno pomocí Shapiro-Wilkova testu; <sup>b</sup> Při homoskedasticitě (); <sup>c</sup> Při průkazné heteroskedasticitě (Welchova modifikace t-testu).

#### 4.4.3 Texturní vlastnosti svaloviny ve třetím týdnu pokusu

Základní hodnoty charakterizující míry polohy pro jednotlivé druhy a jejich texturní vlastnosti jsou uvedeny v tabulce 68. Při tomto měření vychází hodnota tuhosti pstruha duhového  $0,6385 \pm 0,0335$  kg a v předešlých měřeních  $0,6491 \pm 0,0355$  kg a  $0,648 \pm 0,041$  kg a u kapra obecného ve třetím týdnu  $0,2985 \pm 0,0255$  kg, druhém týdnu  $0,296 \pm 0,04$  kg a v prvním týdnu  $0,3055 \pm 0,0735$  kg. Na základě výsledků by bylo možno určit míru hodnot 4 texturních vlastností pro pstruha duhového a kapra obecného, při obvyklých podmínkách chovu pro daný druh.

Tabulka 68. **Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu kapra obecného a pstruha duhového**

Statistiky	Druh	Tuhost	Křehkost	Soudržnost	Elasticita	Teplota	pH
<b>Minimum</b>	kapr	0.2790	0.1170	0.5260	0.4310	16.30	6.910
	pstruh	0.6190	0.4160	0.7060	0.5390	16.10	6.910
<b>1 kvartil</b>	kapr	0.2920	0.1255	0.5370	0.4472	16.38	6.920
	pstruh	0.6342	0.4268	0.7155	0.5625	16.38	6.928
<b>Medián</b>	kapr	0.2985	0.1400	0.5565	0.4585	16.70	6.945
	pstruh	0.6385	0.4390	0.7215	0.5735	16.70	6.945
<b>Aritmetický průměr</b>	kapr	0.3015	0.1407	0.5564	0.4579	16.66	6.948
	pstruh	0.6412	0.4420	0.7224	0.5711	16.62	6.951
<b>3 kvartil</b>	kapr	0.3115	0.1455	0.5740	0.4650	16.83	6.972
	pstruh	0.6490	0.4608	0.7275	0.5832	16.83	6.972
<b>Maximum</b>	kapr	0.3240	0.1780	0.5920	0.4920	17.10	7.000
	pstruh	0.6720	0.4710	0.7420	0.5930	16.90	7.010

Před ověřením rozdílu v hodnotách texturních vlastností u kapra obecného a pstruha duhového byl určen variační koeficient, jehož hodnoty poukazují na vyrovnanost hodnot měření. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 69. Kromě variačních koeficientů jsou zde určeny horní a dolní konfidenční intervaly se směrodatnou odchylkou. Uvedené ukazatele byly vypočítávány při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ , tj. s 95 % pravděpodobností.

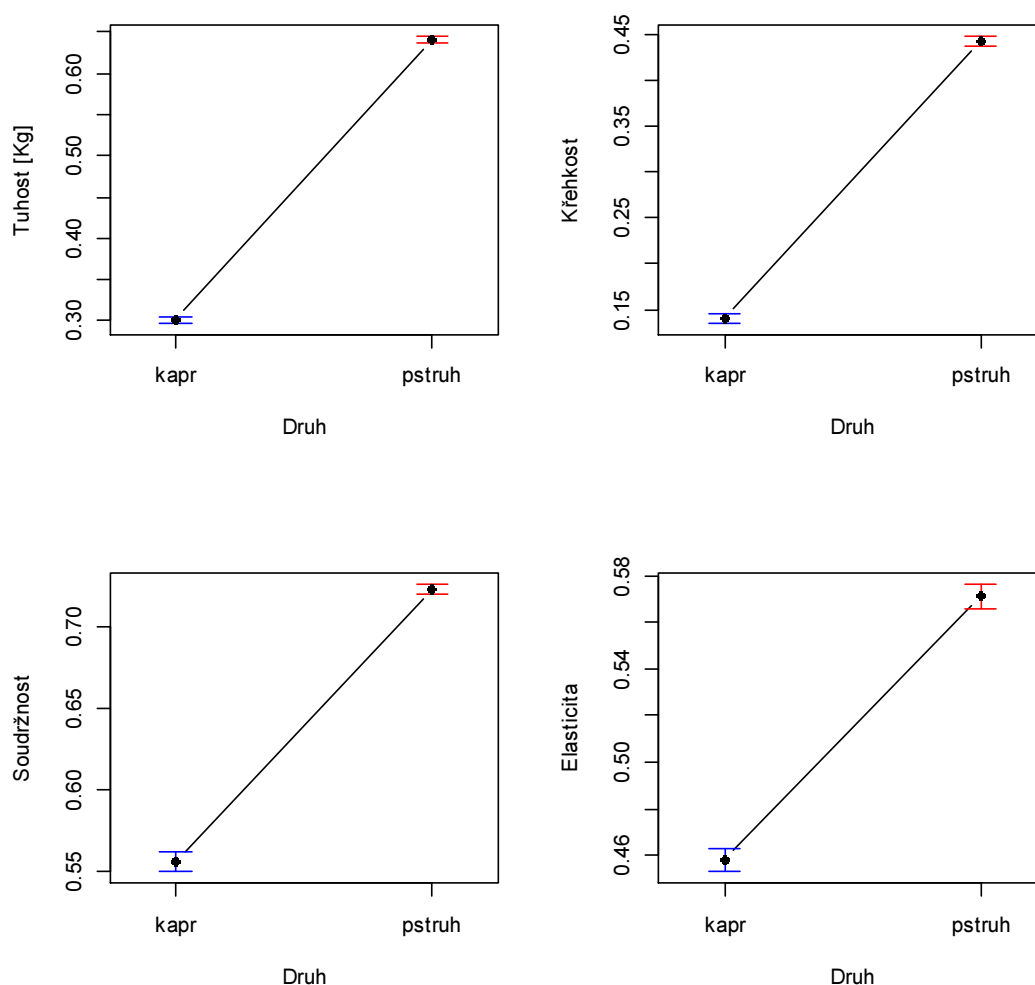
Tabulka 69. **95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu**

Statistiky	Druh	Tuhost	Křehkost	Soudržnost	Elasticita
<b>95% konfidenční interval</b>	kapr	(0.2926317; 0.3103683)	(0.1292354; 0.1520980)	(0.5427910; 0.5700424)	(0.4468936; 0.4689398)
	pstruh	(0.6324206; 0.6500794)	(0.4293244; 0.4546756)	(0.7159345; 0.7288988)	(0.5601036; 0.5820631)
<b>Směrodatná odchylka</b>	kapr	0.01395773	0.01799158	0.02144531	0.01734913
	pstruh	0.01389653	0.01994994	0.01020212	0.01728088
<b>Variační koeficient</b>	kapr	4.629429	12.79022	3.854183	3.78871
	pstruh	2.167101	4.51356	1.412222	3.025982



Z hodnot uvedených v předchozí tabulce byl sestaven graf 15, který je určen konfidenčními intervaly jednotlivých vlastností. Při vyhodnocení grafu dojdeme k závěru jako u předešlých měření a to, že hodnoty texturních vlastností jsou několika násobně vyšší u pstruha duhového než u kapra obecného. Tento výsledek poukazuje na teorii, že druh a jeho chemické složení svaloviny ovlivňuje výsledné hodnoty texturních vlastností.

**Graf 15. Grafické znázornění porovnání texturních vlastností v masě kapra obecného a pstruha duhového**



Z důvodu interpretace závěru, že texturní hodnoty svaloviny pstruha duhového dosahují několikanásobných hodnot než texturní vlastnosti u svaloviny kapra obecného, bylo zapotřebí výsledek statisticky podložit. Pro statistickou analýzu bylo použito Mannovo -Whitneyovo t- testu, Shapiro-Wilkova testu při

homoskedasticitě a při průkazné heteroskedasticitě Welchovou modifikací t-testu při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Hodnoty analýz jsou uvedeny v tabulce 70.

Tabulka 70. **Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele a fyzikální vlastnosti (teplota; pH) ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového**

Texturní ukazatel	Druh	Normalita <sup>a</sup> (p-value)	t-test	p-value
<b>Tuhost</b>	Kapr	0.9008	t = -59.7547 <sup>b</sup> , df = 22	< 2,2.10 <sup>-16</sup> ***
	Pstruh	0.8009		
<b>Křehkost</b>	Kapr	0.331	t = -38.8562 <sup>b</sup> , df = 22	< 2,2.10 <sup>-16</sup> ***
	Pstruh	0.2303		
<b>Soudržnost</b>	Kapr	0.6084	t = -24.2139 <sup>c</sup> , df = 15.736	7,055.10 <sup>-14</sup> ***
	Pstruh	0.9796		
<b>Elasticita</b>	Kapr	0.992	t = -16.0092 <sup>b</sup> , df = 22	1,316.10 <sup>-13</sup> ***
	Pstruh	0.267		
<b>Teplota</b>	Kapr	0.1367	t = 0.3754 <sup>b</sup> , df = 22	0.7109
	Pstruh	0.06098		
<b>pH</b>	Kapr	0.1443	t = -0.1961 <sup>b</sup> , df = 22	0.8463
	Pstruh	0.4545		

<sup>a</sup> Posouzeno pomocí Shapiro-Wilkova testu; <sup>b</sup> Při homoskedasticitě (); <sup>c</sup> Při průkazné heteroskedasticitě (Welchova modifikace t-testu).

Výsledky analýz potvrdily závěry předešlých dvou měření a to, že svalovina pstruha duhového vykazuje 2 až 3krát vyšší hodnoty texturních vlastností než svalovina pstruha kapra obecného.

## 5. Diskuze

### 5.1 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu (2008)

Krmný pokus kdy byly zkrmovány různé druhy doplňkových krmiv, s vyhodnocením výsledného vlivu na změnu textury svaloviny tržních kaprů probíhal na sádkách v Třeboni v měsících květen, červen, červenec, srpen a září, celkem 111 dní. Výhodou odchovu kapra v sádkách bylo, že kapři byli odchováváni ve stejném odchovném prostředí s jednotným přítokem z rybníka Svět. Ryby byly rozděleny do devíti skupin, v každé skupině bylo předkládáno jiné doplňkové krmivo, energetická úroveň krmné dávky byla vyrovnaná. Z těchto devíti skupin dvě skupiny sloužily jako skupiny kontrolní, zde nebylo předkládáno žádné doplňkové krmivo. U zbylých skupin bylo zkrmováno žito, triticales, ječmen, žito mačkané, triticales mačkané, ječmen mačkaný a pšenice mačkaná s řepkou. Faktorů, které mohou ovlivnit výslednou kvalitu masa a jejich kvalitativní znaky je celá řada, ale záleží na intenzitě jejich vlivu. Dle **Steina (2005)** mezi takovéto faktory patří věk, fáze rozmnožování, sezonní vlivy, stres, ale také způsob chovu a druh příkrmovaných doplňkových krmiv. Výživa je jedním z nejdůležitějších faktorů, které mohou ovlivnit výslednou kvalitu produktu a následný způsob využití. **Sanudo (2003)** uvádí, že chov je důležitější v ovlivnění tuhosti masa než věk či druh.

Primární a nejdůležitější vyhodnocovanou vlastností byla tuhost svaloviny, která je definovaná jako velikost síly potřebné k deformaci svalových vláken. Z hlediska tohoto krmného pokusu vycházelo, že nejvyšší tuhost svaloviny mají ryby příkrmované žitem mačkaným ( $0,6375 \pm 0,0195$  kg) a triticales mačkaným ( $0,6155 \pm 0,0105$  kg). Je zajímavé, že tuhost u těchto variant mechanicky upravených zrnin vycházela vyšší než u krmiv neupravených, a to u žita o 45,15 % a u triticales o 14,55 %. Tato skutečnost byla prokázána i u třetí dvojice krmiv, kde se v jednom případě zkrmovalo krmivo ječmen a v druhém krmivo ječmen mačkaný. Tuhost svaloviny u ryb příkrmovaných ječmenem mačkaným byla o 19,96 % vyšší. Rozdíl mezi těmito dvojicemi krmiv byl statisticky průkazný při hladině významnosti 0,05, za použití Tuckey HSD testu. K podobnému závěru došel při svých pokusech **Urbánek (2009)**. I u dalších analyzovaných texturních vlastností, kterými byly křehkost, soudržnost a elasticita, byl prokázán statisticky významný rozdíl mezi krmivy upravenými a neupravenými v rámci jednoho druhu krmiv. Ryby

přikrmované upravenými krmivy měly vyšší přírůstky a nižší obsah tuku. Podle **Oberleho (1995)** mají ryby s vyšším obsahem intramuskulárního tuku houbovitou texturu, která u konzumenta zanechává negativní dojem. Nejvíce rozdílný vliv na výsledné hodnoty jednotlivých texturních vlastností byly zjištěny u žita a žita mačkaného. Kde hodnoty texturních vlastností u žita patřily mezi nejnižší a naopak u žita mačkaného mezi nejvyšší, např. křehkost u žita -  $0,3055 \pm 0,0295$  a u žita mačkané  $0,6135 \pm 0,0225$  což je 50,25 % vyšší hodnota. Z hlediska dosažených výsledků lze konstatovat, že úprava krmiv mačkáním má méně příznivé účinky na texturní vlastnosti svaloviny. Ryby přikrmované upravovanými krmivy vykazují vyšší hodnoty texturních vlastností. Dle výzkumu **Urbánka (2009)** ryby přikrmované upravenými krmivy vykazují v průměru o 2 % vyšší přírůstky, což může být v důsledku rychlejšího trávení namačkaných obilovin s vyšší účinností vstřebávání živin. Podle **Másilka (2011)** hodnota přírůstku může být částečně ovlivněna stupněm namačkání.

V souvislosti s vyhodnocováním texturních vlastností byl také analyzován obsah tuku ve svalovině. Vzorky byly pro analýzu odebírány ze hřbetní svaloviny. Chemické složení masa má vliv na výsledné hodnoty texturních vlastností. Na chemické složení má vliv mnoho faktorů, mezi nimiž je nejdůležitější druh a technologie chovu (**Vácha, 2000; Buchtová, 2001; Pipek a Jirotková, 2001**). U ryb pocházejících z různých podmínek chovu pak kvalita použitých krmiv nebo použité zemědělské plodiny významně ovlivňují senzorní vlastnosti masa ryb i kvalitu jejich tukové složky (**Mareš, 2003**). Kvalita svaloviny může být také ovlivněna délkou sádkování, kdy se snižuje obsah tuku, což má za následek zlepšení senzorních hodnot svaloviny masa u kapra obecného (**Šustek et al., 2009**). Hodnoty tuhosti jsou nepřímo úměrné obsahu tuku, tudíž čím vyšší obsah tuku tím, nižší jsou hodnoty tuhosti. Obsah intramuskulárního tuku má významnou úlohu při vytváření textury masa (**Čepička et al. 1995**). Hodnoty obsahu tuku ve svalovině byly prokázány vyšší u ryb přikrmovaných neupravovanými krmivy žito  $7,33 \pm 1,60$  %, triticales  $6,14 \pm 0,83$  % a ječmen  $6,49 \pm 1,18$  %, tam kde bylo zkrmováno mačkané žito  $5,01 \pm 1,18$  %, mačkané triticales  $5,98 \pm 1,12$  % a mačkaný ječmen  $5,97 \pm 1,48$  %. Ryby přikrmované upravenými krmivy vykazovaly nižší obsah tuku než ryby přikrmované neupravovanými krmivy, což ve výsledku významně ovlivnilo výsledné profily textury u jednotlivých skupin. U ryb chovaných

extenzivně a sloužících jako kontrola byl zjištěn nejnižší obsah tuku, a to u kontroly č. 1 -  $4,38 \pm 0,98$  % a kontroly č. 2 -  $3,38 \pm 0,79$  % tuku. Z uvedených hodnot je možno interpretovat závěr, že ryby odchované extenzivně mají nejnižší obsah tuku. U těchto skupin byly zjištěny druhé nejvyšší hodnoty texturních vlastností, kdy tuhost dosahovala hodnot  $0,5505 \pm 0,0185$  kg, křehkost  $0,5165 \pm 0,2995$ , soudržnost  $0,6940 \pm 0,02$  a elasticita  $0,5840 \pm 0,011$ . Podle výzkumu **Oberleho (1995)** kdy pro příkrmování nebyla použita upravená krmiva, mají nejvyšší tuhost svaloviny ryby chované extenzivně.

## **5.2 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu (2009)**

Rok 2009 lze označit jako teplotně průměrný s teplotou  $8,5$  °C. Krmný pokus probíhal na rybnících Rybářství Třeboň Hld. a.s. v Třeboňské pánvi. Ryby byly chovány v šesti rybnících od dubna do září, kde bylo pět skupin chováno polointenzivně a jedna skupina extenzivně. Ryby chované polointenzivně byly příkrmovány ječmenem, kukuřicí, pšenicí, triticalem a žitem s dávkou upravenou na stejnou energetickou hodnotu. Poslední skupina chována extenzivně byla skupinou kontrolní.

Pro porovnání výsledků byl zvolen stejný postup analyzování celkového profilu textury, aby bylo možné porovnání s výsledky získaných v předchozím roce. Tabulka v příloze 12 poukazuje na teploty a pH analyzovaných vzorků svaloviny kaprů.

U ryb byl zjišťován obsah tuku ve hřbetní svalovině. Z výzkumu **Čepičky et al. (1995)** bylo zjištěno, že obsah tuku hraje významnou roli při vytváření výsledné textury svaloviny. Nejvyšších hodnot obsahu tuku dosahovaly ryby příkrmované kukuřicí  $10,42 \pm 0,78$  %. Tento výsledek je v souladu s výzkumem **Oberleho et al. (1997)**, který zjistil, že kapři na kukuřičné dietě vykazovali vyšší hodnoty obsahu tuku. V hodnotách obsahu tuku následovaly ryby příkrmované žitem  $7,45 \pm 0,69$  %, ječmenem  $7,09 \pm 0,57$  %, pšenicí  $6,92 \pm 0,97$  %, triticalem  $6,75 \pm 0,72$  % a výrazně nižší obsah tuku měly ryby v kontrolní skupině, kdy obsah tuku činil  $4,41 \pm 0,89$  %. Podle **Steffense (1985)** dochází u těchto ryb k pomalému růstu. Tyto výsledky jsou v plném souladu s pracemi **Vejsady (2008)** a **Hůdy (2009)**.

Z výsledků získaných při vyhodnocování celkového profilu textury svaloviny ryb příkrmovaných různými druhy krmiv je možno konstatovat, že nejnižších hodnot

jednotlivých vlastností dosahovaly ryby přikrmované kukuřicí. Hodnota tuhosti zde činila  $0,3155 \pm 0,0145$  kg, křehkost  $0,3 \pm 0,016$ , soudržnost  $0,5485 \pm 0,0195$  a elasticita  $0,496 \pm 0,018$ . Tyto ryby vykazovaly i nejvyšší obsah tuku, který převyšoval hodnotu 10 %. Podle studie **Oberleho et al. (1997)**, kapři s obsahem tuku nad 10 % vykazují prokazatelně horší sensorické vlastnosti masa a podle **Steina (2005)** nižší tuhost masa. K tomuto závěru došel ve své práci i **Urbánek (2009)**. Z výsledků je patrné, že nejvyšších hodnot dosahovaly ryby pouze na přirozené potravě bez jakýchkoliv doplňkových krmiv. Tyto ryby vykazovaly tuhost  $0,583 \pm 0,015$  kg, což je o 45,89 % vyšší hodnota než u ryb přikrmovaných kukuřicí. Jak bylo již dříve uvedeno, hodnoty texturních vlastností jsou závislé na chemickém složení svaloviny. Primární vlastnost, a to tuhost, je přímo závislá na obsahu tuku. V tomto případě ryby přikrmované kukuřicí mají o 57,67 % vyšší obsah tuku ve svalovině než ryby chované extenzivně. Grafy 9 - 15 ukazují rozdílné vlivy jednotlivých druhů doplňkových krmiv na výsledné hodnoty tuhosti, soudržnosti, křehkosti a elasticity. Z grafů konfidenčních intervalů pro danou vlastnost je možno vidět, že žádná z dvojic krmiv nemá stejný vliv na výslednou texturu. Toto tvrzení bylo ověřeno Tuckey HSD testem pro párové srovnání mezi dvojicí krmiv, při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . Rozdílnost hodnot texturních vlastností mohla být zapříčiněna retencí tuku z přijatého krmiva. Popřípadě odlišným chemickým složením předkládaných krmiv a kvantitou a zastoupením přirozené potravy.

Při porovnání výsledků krmných pokusů v závislosti na výslednou kvalitu masa ověřenou profilem textury svaloviny v letech 2008 a 2009 bylo zjištěno, že ryby přikrmované stejnými krmivy vykazovaly v roce 2008 nižší hodnoty jednotlivých texturních vlastností. Nižší hodnoty u ryb chovaných v roce 2008 byly patrně způsobeny odchovem v sádkách, kde mohla být nižší kvantita zooplanktonu a zoobentosu než v roce 2009, kdy byly ryby chovány v rybnících. Produkční schopnost krmiva je charakterizována hlavně úrovní využitelného zooplanktonu. Podle studie **Steffense (1985)** nedostatek bílkovin, z přirozené potravy vede ke značnému ztučňování ryb přikrmovaných obilovinami. To může mít za následek nižší hodnoty textury. **Hůda (2009)** při pokusu na sádkách došel k závěru, že přirozená potrava se podílí 41,93 % na přírůstku a přikrmování 58,07 % na celkovém přírůstku.

Z dosažených výsledků je patrné, že nejenom druh chovu, ale i předkládaná doplňková krmiva mají jistý vliv na výsledný celkový profil textury. Díky těmto poznatkům by bylo možné ryby chovat a přikrmovat určitými doplňkovými krmivy tak, abychom získali produkt požadované kvality při co možná nejnižších nákladech.

### **5.3 Možnost ovlivnění texturních vlastností způsobem chovu rybníky 2010**

V roce 2010 probíhal krmný pokus na rybnících Rybářství Třeboň Hld. a.s., kde byly ryby nasazeny do pěti rybníků o stejném kusovém počtu 363 ks.ha<sup>-1</sup>. Ve čtyřech rybnících byly ryby přikrmované čtyřmi nejběžnějšími doplňkovými krmivy, a to ječmenem, pšenicí, triticalem a žitem. V pátém rybníku byli kapři ponecháni na přirozené potravě, tato skupina byla kontrolní. Krmný pokus probíhal od května do října, celkem 165 dní.

Pro porovnání výsledků s předchozími lety byly zvoleny stejné podmínky krmného pokusu a analýzy textury. Tabulka v příloze 3 poukazuje na teploty a pH analyzovaných vzorků svaloviny kaprů.

Z výsledků uvedených v tabulce 42 je patrné, že nejvyšší hodnoty tuhosti  $0,583 \pm 0,02$  kg dosahovaly ryby chované extenzivně a nejnižší, ryby přikrmované žitem  $0,3465 \pm 0,0075$  kg. Tudiž rozdílný vliv na texturu svaloviny mezi chovem polointenzivním s přikrmováním žitem a extenzivním je 40,86 %, u dalších krmiv byl prokázán vliv v úrovni pšenice 22,55 %, ječmen 27,61 % a u triticales 7,11 %. Na základě daných hodnot se domnívám, že vliv druhu chovu na výsledný celkový profil textury je značný. Obsah tuku patří k nejvíce proměnlivým složkám rybí svaloviny, neboť na jeho přítomnost v tělních tkáních ryb má vliv řada intravitálně působících faktorů (**Buchtová a Vorlová, 2001**). Ryby chované extenzivně vykazovaly nejnižší přírůstky a nejnižší obsah tuku ve svalovině  $4,82 \pm 0,63$  %. Tento výsledek plně koresponduje s výzkumem **Oberleho (1995)**, který uvádí, že nejvyšší tuhost masa mají kontrolní skupiny. **Mareš (2003)** uvádí, že způsob chovu ovlivňuje nejen množství ale i kvalitu tuku. Obsah tuku hraje významnou roli při vytváření textury masa (**Stein, 2005**). Ryby chované extenzivně vykazovaly nejvyšší hodnoty a ryby přikrmované žitem naopak nejnižší hodnoty textury. Hodnoty jednotlivých texturních vlastností jsou uvedeny v tabulkách 42, 47, 52 a 57. Z hodnot uvedených v těchto tabulkách by se mohlo zdát, že některá krmiva by

mohla mít stejný či podobný vliv na danou texturní vlastnost. Tato myšlenka byla ověřena za pomoci testu párového srovnávání mezi krmivy při hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ . U tuhosti a křehkosti byl signifikantně prokázán zcela odlišný vliv u porovnávaných dvojic krmiv. U většiny skupin vycházela hladina významnosti  $3,64 \cdot 10^{-12}$ . Tato hodnota je mnohonásobně nižší než zvolená hladina významnosti při testování a tudíž byl prokázán rozdílný vliv u krmiv na texturu.

Při párovém porovnání příkrmovaných ryb triticaelem a pšenicí došlo u soudržnosti ke shodě vlivu, kdy hladina významnosti vyšla 0,0564. U zbylých dvojic krmiv byl opět prokázán rozdílný vliv na výslednou soudržnost svaloviny při dosažení hladiny významnosti  $3,64 \cdot 10^{-12}$ . U elasticity byla prokázána shoda vlivu u ryb příkrmovaných pšenicí a ječmenem. U dané dvojice byla dosažena hladina významnosti 0,235, v případě dalších dvojic byl statisticky prokázán odlišný vliv na elasticitu.

Při porovnání výsledků za období 2009 a 2010 u stejných krmiv byly zjištěny přibližně stejné hodnoty u analyzovaných texturních vlastností. V obou letech nejvyšších hodnot texturních vlastností dosahovaly ryby chované bez příkrmování, tyto ryby vykazovaly v sledovaném období nejnižší obsah tuku. Nejnižších hodnot dosahovali kapři příkrmovaní kukuřicí, u nichž byl zjištěn nejvyšší obsah tuku za sledované období. Z nejběžnějších doplňkových krmiv měly nejnižší hodnoty ryby příkrmované žitem a nejvyšší triticaelem. Hodnoty jednotlivých texturních vlastností pro daná krmiva jsou uvedeny v tabulce 71. Uvedené výsledky plně korespondují s výsledky **Oberleho (1995)** zjistil, že nejvyšší hodnoty dosahují kapři z kontrolní skupiny a nejnižší příkrmované kukuřicí.

Tabulka 71. **Hodnoty jednotlivých texturních vlastností pro doplňková krmiva**

Krmivo	Tuhost (kg)	Křehkost (bezrozměrné)	Soudržnost (bezrozměrné)	Elasticita (bezrozměrné)
<b>Žito</b>	0,339-0,368	0,302-0,332	0,572-0,599	0,503-0,531
<b>Pšenice</b>	0,442-0,473	0,384-0,412	0,634-0,653	0,532-0,559
<b>Ječmen</b>	0,412-0,438	0,399-0,428	0,538-0,631	0,514-0,549
<b>Triticale</b>	0,528-0,563	0,462-0,49	0,642-0,667	0,548-0,569
<b>Kukuřice</b>	0,301-0,321	0,284-0,314	0,529-0,559	0,478-0,503
<b>Bez příkrmování</b>	0,563-0,597	0,517-0,541	0,675-0,693	0,571-0,601



## 5.4 Porovnání texturních vlastností kapra obecného a pstruha duhového

Při daném pokusu byly porovnány texturní vlastnosti kapra obecného a pstruha duhového. Pokus probíhal tři týdny, kdy v každém týdnu bylo provedeno jedno měření, a byl vyhodnocen celkový profil textury. Analyzování texturních vlastností probíhalo dle připravené a ověřené metodiky. Od každého druhu ryb byly odebrány vzorky z místa uvedeného na obr. 2. **Sigurgisladdottira et al. z roku 1999** poukazuje ve své studii na to, že měřená tuhost a síla ve stříhu se zvyšovala od hlavy k ocasu a vzorky odebrané mezi hřbetní ploutví a postranní čarou nejvíce vyhovují měření texturních vlastností u ryb.

Z důvodu nestejně výšky svaloviny u jednotlivých ryb bylo zapotřebí v nastavení testu změnit cílový režim z měrných jednotek (cm, mm) na procenta (**Jeleníková, 2003**). Díky této změně bylo docíleno stejné deformace u všech analyzovaných vzorků. **Veland a Torrissen (1999)** prokázali ve své studii, že tloušťka filetu má velký význam na výsledky měření textury masa.

Jak již bylo dříve uvedeno, hodnoty jednotlivých texturních vlastností, jsou z velké části ovlivněny chemickým složením a zastoupením jednotlivých složek svaloviny daného druhu (tuk, voda, bílkoviny atd.). **Pipek (1995)** uvádí, že každý živočišný druh má různé zastoupení tkání, charakteristické chemické složení masa, především obsah tuku, poměr svaloviny a pojivové tkáně a s tím související fyzikální vlastnosti masa. Chemické složení rybí svaloviny 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**). V souvislosti s těmito poznatky bylo vedle analýzy textury vyhodnocováno chemické složení svaloviny daných vzorků. Kdy svalovina kapra obecného vykazovala v průměru 3,5 krát vyšší obsah tuku než svalovina pstruha obecného. Vysoká rozdílnost hodnot chemického složení se promítla u hodnot texturních vlastností. Při daném pokusu byl opět získáván profil textury, který zahrnuje tuhost, křehkost, soudržnost a elasticitu. Metoda analýzy profilu textury nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením (**Rahman et al., 2005**).

Z výsledků je patrné, že svalovina pstruha duhového vykazuje vyšší hodnoty pro veškeré analyzované texturní vlastnosti. Největší rozdíl byl prokázán u tuhosti a

křehkosti, kdy hodnoty u pstruha duhového byly o 60 % vyšší než u svaloviny kapra obecného. U zbylých dvou vlastností byly zjištěny nižší hodnoty rozdílu, a to u soudržnosti to bylo již jen 28 % a u elasticity 14 %. U všech analyzovaných vlastností byl signifikantně prokázán rozdíl při hladině významnosti 0,05, hodnoty p-value vyšly mnohonásobně nižší u všech zkoumaných skupin. Na základě získaných údajů byla sestavena tabulka 72, kde jsou uvedeny hodnoty pro texturní vlastnosti kapra obecného odchovaného v rybníční akvakultuře a pstruha duhového odchovaného intenzivním způsobem.

Tabulka 72. **Hodnoty texturních vlastností u kapra obecného a pstruha duhového**

<b>Texturní ukazatel</b>	<b>Druh</b>	<b>Hodnoty</b>
<b>Tuhost (kg)</b>	Kapr	0,230 – 0,340
	Pstruh	0,610 – 0,690
<b>Křehkost (bezrozměrné)</b>	Kapr	0,100 – 0,200
	Pstruh	0,410 – 0,480
<b>Soudržnost (bezrozměrné)</b>	Kapr	0,500 – 0,600
	Pstruh	0,700 – 0,750
<b>Elasticita (bezrozměrné)</b>	Kapr	0,420 – 0,510
	Pstruh	0,540 – 0,600

## 6. Závěr

- Příkrmování různými doplňkovými krmivými (obiloviny) v chovu tržního kapra vede k ovlivnění texturních vlastností odlišnými způsoby.
- Příkrmováním tržního kapra kukuřicí dochází ke zhoršení výsledných hodnot texturních vlastností svaloviny, z důvodu vyššího obsahu tuku. (Toto zjištění je v souladu s výzkumem Steina, který učinil v roce 2005).
- Zkrmování upravených obilovin mačkáním v rámci jednohoduhy obiloviny (žito x žito mačkané, triticales x triticales mačkané, ječmen x ječmen mačkaný) vede ke zhoršení texturních vlastností.
- Použití texturometru při vyhodnocení kvality svaloviny chovaných ryb se jeví jako velmi přínosné. Z důvodu možnosti posouzení kvality svaloviny v průběhu odchovu lze následně změnit krmiva či krmné dávky, tak abychom získali požadované hodnoty texturních vlastností svaloviny.
- Vyhodnocení textury dává možnost zpracovatelům lépe odhadnout způsob zpracování a využití daného produktu, při zachování velmi vysoké kvality a příznivé ceny.
- Ryby příkrmované nejběžnějším a neekonomičtějším krmivem, žitem, vykazují po kukuřici jedny z nejnižších hodnot texturních vlastností. Oproti tomu, ryby odchované extenzivně, vykazují nejvyšší hodnoty v celém spektru hodnocených vlastností tj. v tuhosti, křehkosti, soudržnosti a elasticitě.
- Výsledné hodnoty texturních vlastností jsou primárně ovlivněny chemickým složením masa. Hodnoty těchto vlastností jsou nepřímo úměrné obsahu tuku. Tudíž, čím vyšší podíl tuku, tím nižší hodnoty tuhosti.
- Při analýze svaloviny kapra obecného a pstruha duhového byla sestavena orientační tabulka hodnot jejich texturních vlastností.

- Svalovina pstruha duhového se vyznačuje 2 až 3 krát tak vyššími hodnotami texturních vlastností než svalovina kapra obecného. Zde byl podstatný vliv druhu ryb a obsahy intramuskulárního tuku zkoumaných druhů na texturu.
- Podle výsledku výzkumu byla sestavena certifikovaná metodika s názvem „Měření profilu textury masa kapra obecného“, dle které je možno postupovat při zjišťování texturních vlastností dané svaloviny.

## 7. Seznam použité literatury

ADÁMEK, Z., BERKA, R., HŮDA, J. (2009). Pond aquaculture production in the Czech Republic, *Aquaculture Research*, 40, 526-532.

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.

BALL, C. O., CLAUSS, H. E., STIER, E. F. (1957). Factors affecting quality of prepackaged meat. IB. Los sof weight and study of texture. *Food Technology*, 11, 281-284.

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.

BOURNE, M. C. (1982). *Food texture and viscosity: koncept and measurement*. Academic Press, New York.

BOURNE, M. C. (2002). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. 2nd ed. Academic Press, An Elsevier Science Imprint, 427 s.

BREUIL, P., MEULLENET, J. – F. (2001). A comparison of the free instrumental tests for predicting sensory texture profiles of cheese. *Journal of Texture Studies*, 32, 41-55.

BUCHTOVÁ, H. (2001). *Hygiena a technologie zpracování ryb a ostatních vodních živočichů. Alimentární onemocnění z ryb. Mrazírenství*. 1. vyd. Veterinární a farmaceutická univerzita Brno, 164 s. ISBN 80-7305-401-9.

BUCHTOVÁ, H. a VORLOVÁ, L. (2001). Jakostní a hygienické parametry požitelných částí kapra obecného (*Cyprinus carpio*, L.). *Veterinářství* 2001, 51, 472-476.

CULIOLI, J. (1995). Meat Tenderness: Mechanical Assessment. In: Ahmed Ouali (Eds.), *Expression of tissue proteinases and regulativ of protein degradation as related to meat quality*. ECCEAMST, 239-266 pp.

ČEPIČKA, J. (1995). Obecná potravinářská technologie, 1. vyd., VŠCHT Praha, 246 s., ISBN 80-7080-239-1.

ČSN ISO 11036. (1997). Senzorická analýza, Metologie, Profil textury, Český normalizační institut, 20 s.

FOEGEDING, E. A., BROWN, J., DRAKE, M. A., DAUBERT, CH. R. (2003). Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *International Dairy Journal*, 13, 585–591.

GUPTA, R. K., SHARMA, A., SHARMA, R. (2007) Instrumental Texture profile Analysis (TPA) of Shelled Sunflower Seed Caramel Snack using Response Surface Methology. *Food Science and Technology International*, 13 (6), 455-460.

HEPHER, B., PRUGININ, Y. (1982). Tilapia culture in ponds under controlled conditions. p. 185-203. In R. S. V. Pullin and R. H. Lowe-McConnell (eds.) *The biology and culture of tilapias*. ICLARM Conf. Proc. 7, 432.

HŮDA, J. (2009). Cereals efficiency in market carp farming. [in Czech]. Ph.D.Thesis. University of South Bohemia. 159.

INGR, I. (2003). Produkce a zpracování masa. 1. vyd., Brno, MZLU, 202 s., ISBN 80-7157-719-7.

JACK, F. R., PETERSON, A., PIGGOTT, J. R. (1995). Perceived texture: direkt and indirect methods for use in product development. *International Journal of Food Science and Technology*, 30, 1-12.

JEDLIČKA, J. (1988). Kvalita mása, 1. vyd., Príroda Bratislava, 292 s.

JELENÍKOVÁ, J. (2003). Textura masa a masných výrobků, VŠCHT Praha, Disertační práce, 141 s.

JIRÁSEK, J. (2005). Výživa ryb v akvakultuře. *Náš chov*, č. 11 s. 53-54.

JOHNSTON, J. M., FOX, R. M., JACOBSON, J. W., GREEN, G., MULICK, J. A. (2006). Positive behavior support and applied behavior analysis. *The Behavior Analyst*, 29, 51–74.

KADLEC, P. (editor) (2002). Technologie potravin. 1. vyd. Praha. VŠCHT, 300 s. ISBN 80-7080-509-9.

KAMDEN, A. T. K., HARDY, J. (1995). Grinding as a Method of meat Texture Evaluation. Meat Science, 39, 225-236, ISSN 0309-1740.

KIM, E. H. – J., CORRIGAN, V. K., HEDDERLEY, D. I., MOTOI, L., WILSON, A. J., MORGENSTERN, M. P. (2009). Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. Journal of Texture Studies, 40, 457-481.

KINCLOVÁ, V., JAROŠOVÁ, A., TREMLOVÁ, B. (2004). Senzorická analýza potravin [online]. Brno: Zpravodaj časopisu veterinářství, 2004 [cit. 2007-02-04]. Dostupné z WWW: <[www.vetweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=2984](http://www.vetweb.cz/projekt/clanek.asp?pid=2&cid=2984)>.

KRAMER, A., SZCZESNIAK, A. S. Eds. (1973). Texture Measurements of Food, Reidel Publ., Dordrecht, Netherlands.

LEPETIT, J., CULIOLI, J. (1994). Mechanical properties of meat. Meat Science, 36, 203-237.

LU, R., ABBOT, J. A. (2003). Force deformation techniques for measuring texture. Texture in food, Volume 1: Semi-Solid Foods, 1. Vyd., Woodhead publishing, 448 s., ISBN 185573673X.

LUTOVSKÁ, B. (2008). Stanovení texturních vlastností mlékárenských výrobků. 50 s. Agronomická fakulta, MZLU v Brně. Vedoucí bakalářské práce Ing. Šárka Nedomová, Ph.D.

MAREŠ, J. (2003). Složení rybího masa a některé zdravotní aspekty jeho konzumace. Jatečnictví, 5,21,25.

MÁSÍLKO, J., HARTVICH, P., ROST, M. (2011). Mechanická a tepelná úprava obilovin pro přikrmování kapra. In: Sborník referátů konference 201. Intenzivní metody chovu ryb a ochrana kvality vod. 18. 2. 2011, Třeboň, ČR, s. 37 – 46.

MATZ, S. A. (1962). Food Texture. AVI Publishing CO., Westport, Ct.

MOORE, L. B. (1985). The role of feeds and feeding in aquatic animals production. GeoJournal, 10, 2454-251.

O.K. SERVIS BIOPRO [online] [cit. 2006-12-05]. Dostupné z WWW: [www.oks.cz/pristroje/podle\\_pouziti/analyza\\_textury](http://www.oks.cz/pristroje/podle_pouziti/analyza_textury).

OBERLE, M. (1995). Einfluss von Futterungsmasnahmen auf Fettgehalt und Fettsauremuster und deren Auswirkungen auf die Schlachtkorper und Fleischqualitat von Karpfen (*Cyprinus carpio*, L.). [Ph.D. Thesis in Deutsch]. Munchen, 200.

OBERLE, M., SCHWARZ, F. J., KIRCHGESSNER, M. (1997). Growth and carcass quality of carp fed. *Aquaculture*, 1-4, 655-666.

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.

PERON, 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.

PIPEK, P. (1995). Technologie masa I. 4. vyd. VŠCHT Praha, 334 s. ISBN:80-7080

PIPEK, P., JIROTKOVÁ, D. (2001). Hodnocení jakosti, zpracování a zbožiznalství živočišných produktů. Část 3. Hodnocení a zpracování masa, drůbeže, vajec a ryb. České Budějovice. JU ZF, 136 s.

POKORNÝ, J. (1998). Senzorická analýza potravin, 1. vyd. VŠCHR Praha, 95 s., ISBN 80-7080-329.

RAHMAN, M., S., Al-FARSI, S., A. (2005). Instrumental texture profile analysis (TPA) of data flesh as a fiction of monture content. *Journal of Food Engineering*, 66(4), 505-511.

ROSENTHAL, A., J. (2010). Texture profile analysis-How important are the parameters?. *Journal of Texture Studies*, 41 (5), 672-684.

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.



- SANUDO, C. (2003). Meat texture of lambs from different European production system. *Australian Journal of Agriculture Research*, 54(6), 551-560.
- SHERMAN, P. (1970). *Industrial Rheology with Particular Reference to Foods, Pharmaceuticals and cosmetics*, Academic Press, New York.
- 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.
- SIMEONOVÁ, J. (2003). *Zpracování a zbožiznalství živočišných produktů*, 1. Vyd. Brno, MZLU, 122 s. ISBN: 80-7157-708-1.
- SMEWING, J. (2000). Jak analýza textury zlepšuje jakost. *Maso*, 10 (3), 27-28, ISSN 1210-4086.
- SMULDERS, F. J. M., LAACK, H. L. J. M. (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 p.
- SOCHOR, J. (2007). *Hodnocení textury masa fyzikálními a senzorickými metodami*. Doktorská disertační práce, Brno.
- STIEN, L. H., HIRNAS, 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.
- STEFFENS, W. (1985). *Industrialnije metody vyraščivaniya ryby*. [In Poland]. Moskva. Agropromizdat. 384.
- STEIN, L. H. (2005). The effects of stress and storage temperature on the colour and texture of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua*, L.). Blackwell Publishing Ltd. *Aquaculture Research*, 36, 1197-1206.
- SVEINSDOTTIR, K., HYLDING, 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.

SZCZESNIAK, A. S. (1990). Texture: It is still an overlooked food attribute? *Food Technology*, 44 (9), 86-95.

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

ŠÁRKA, E. (2006). Textura potravin [online], VŠCHT Praha. Dostupný z WWW: <[www.vscht.cz/sch/www321/11T.html](http://www.vscht.cz/sch/www321/11T.html)>.

ŠUBRT, J., KRÁČMAR, S., DIVIŠ, V. (2002). The profile of amino acids in intramuscular protein of bulls of milked and beef commercial types. *Czech Journal Animal Scienci*, 47, 21 - 29.

ŠUSTEK, M., MYŠKOVÁ, K., JAROŠOVÁ, A., MAREŠ, J. (2009). Vliv podmínek chovu na sensorické vlastnosti svaloviny kapra obecného. In ŽUFAN, P., *Firma a konkurenční prostředí 2009 – 4. část*. Brno: MSD s. r. o., s. 336–341. ISBN 978-80-7392-087-6.

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.

TORNBERG, E. (1996). Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43, 175-191.

URBÁNEK, M. (2009). Vliv příkrmování na produkční ukazatele a kvalitu masa tržních kaprů, České Budějovice, 179 s. 37-97. ZF JCU. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. Petr Hartvich, CSc.

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

VARELA, P., CHEN, J., FISZMAN, S., POVEY, M. J. (2006). Crispness assessment of roasted almonds by an integrated approach to texture description: Texture, acoustics, sensory and structure. *Journal of Chemometrics*, 20, 311-320.

VEJSADA, P. (2008). Vliv výživy na vybrané vlastnosti masa tržního kapra (*Cyprinus carpio*, L.) České Budějovice, 128 s. 54 – 62. ZF JCU. Vedoucí dizertační práce doc. Ing. František Vácha, CSc.

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.

VIOLA, S., RAPPAPORT, U., ARIELI, Y., AMIDAN, G., MOKADY, S. (1980). The effects of oil-coated pellets on carp (*Cyprinus carpio*) intensive culture. Aquaculture, no. 26, 49-65.

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.

WIENIAWSKI, J. (1983). Ziwienie karpí. Gospodarka rybna, 35(6), 15-18.

WIUM, H., GROSS, M., QVIST, K. B. (1997). Uniaxial compression of UF-Feta cheese related to sensory texture analysis. Journal of Texture Studies, 28, 455-76, ISSN 0022-4901.

XIONG, R., MEULLENET, J-F., HANKINS, J. A., CHUNG, W. K. (2002). Relationship between sensory and instrumental hardness of comercial cheeses. Journal of Food Science, 64(2), 877-83.

ŽIŽLAVSKÝ, J. (2005). Chov hospodářských zvířat, 1. vyd. Brno, MZLU, ISBN:80-7157-615-8.

## 8. Seznam tabulek v textu

**Tabulka 1.** Příklady termínů vyjadřujících shodnou senzoričnou vlastnost (Pokorný, 1998)

**Tabulka 2.** Definice mechanických vlastností textury (ČSN ISO 11 036, 1997)

**Tabulka 3.** Mechanické vlastnosti měřené analýzou texturního profilu

**Tabulka 4.** Míry polohy pro tuhost svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 5.** Bartlettův test homogenity rozptylů (sádky 2008)

**Tabulka 6.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Tabulka 7.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv pomocí Tuckey HSD testu - sádky 2008

**Tabulka 8.** Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 9.** 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 10.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (sádky 2008)

**Tabulka 11.** Kruskal - Wallisův neparametrický test pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (sádky 2008)

**Tabulka 12.** Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 13.** 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 14.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (sádky 2008)

**Tabulka 15.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Tabulka 16.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (sádky 2008)

**Tabulka 17.** Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 18.** 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (sádky 2008)

**Tabulka 19.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (sádky 2008)

**Tabulka 20.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Tabulka 21.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (sádky 2008)

**Tabulka 22.** Míry polohy pro tuhost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 23.** 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu tuhosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro tuhost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 24.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro tuhost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2009)

**Tabulka 25.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Tabulka 26.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska tuhosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2009)

**Tabulka 27.** Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 28.** 95 % konfidenční interval pro střední hodnotu křehkosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 29.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2009)

**Tabulka 30.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro křehkost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Tabulka 31.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska křehkosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2009)

**Tabulka 32.** Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 33.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu soudržnosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 34.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2009)

**Tabulka 35.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Tabulka 36.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2009)

**Tabulka 37.** Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 38.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (rybníky 2009)

**Tabulka 39.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2009)

**Tabulka 40.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro elasticitu svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Tabulka 41.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2009)

**Tabulka 42.** Míry polohy pro tuhost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 43.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu tuhosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro tuhost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 44.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro tuhost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2010)

**Tabulka 45.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro tuhost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Tabulka 46.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska tuhosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2010)

**Tabulka 47.** Míry polohy pro křehkost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 48.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu křehkosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro křehkost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 49.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro křehkost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2010)

**Tabulka 50.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro křehkost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Tabulka 51.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska křehkosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2010)

**Tabulka 52.** Míry polohy pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 53.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu soudržnosti svaloviny a základní charakteristiky variability pro soudržnost svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)

**Tabulka 54.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro soudržnost svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2010)

**Tabulka 55.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro soudržnost svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Tabulka 56.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska soudržnosti svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2010)

- Tabulka 57.** Míry polohy pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)
- Tabulka 58.** 95% konfidenční interval pro střední hodnotu elasticity svaloviny a základní charakteristiky variability pro elasticitu svaloviny u kapra obecného (rybníky 2010)
- Tabulka 59.** Bartlettův test homogenity rozptylů pro elasticitu svaloviny u kapra obecného s ohledem na typ krmení (rybníky 2010)
- Tabulka 60.** Jednofaktorová analýza rozptylu s pevnými efekty - výsledky pro elasticitu svalstva s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)
- Tabulka 61.** Výsledky párového srovnávání jednotlivých krmiv z hlediska elasticity svaloviny pomocí Tuckey HSD testu (rybníky 2010)
- Tabulka 62.** Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha v prvním týdnu měření
- Tabulka 63.** 95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů (tuhost, křehkost, soudržnost, elasticita) spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha v prvním týdnu měření
- Tabulka 64.** Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového při prvním týdnu měření
- Tabulka 65.** Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha ve druhém týdnu měření
- Tabulka 66.** 95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů (tuhost, křehkost, soudržnost, elasticita) spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha ve druhém týdnu měření
- Tabulka 67.** Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele a fyzikální vlastnosti (teplota; pH) ve svalovině kapra a pstruha ve druhém týdnu měření
- Tabulka 68.** Základní popisné charakteristiky pro hodnoty texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha ve třetím týdnu měření



**Tabulka 69.** 95% konfidenční interval pro střední hodnoty texturních ukazatelů (tuhost, křehkost, soudržnost, elasticita) spolu se základními charakteristikami variability texturních ukazatelů pro svalovinu kapra a pstruha ve třetím týdnu měření

**Tabulka 70.** Výsledky testování hypotéz pro texturní ukazatele a fyzikální vlastnosti (teplota; pH) ve svalovině kapra a pstruha při třetím týdnu měření

**Tabulka 71.** Hodnoty jednotlivých texturních vlastností pro doplňková krmiva

**Tabulka 72.** Hodnoty texturních vlastností u kapra obecného a pstruha duhového

## 9. Seznam grafů v textu

**Graf 1.** Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Graf 2.** Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Graf 3.** Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Graf 4.** Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticity svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (sádky 2008)

**Graf 5.** Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Graf 6.** Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Graf 7.** Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Graf 8.** Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticity svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2009)

**Graf 9.** Box-whisker diagramy pro hodnoty tuhosti (kg) svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Graf 10.** Box-whisker diagramy pro hodnoty křehkosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Graf 11.** Box-whisker diagramy pro hodnoty soudržnosti svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo

**Graf 12.** Box-whisker diagramy pro hodnoty elasticity svaloviny u kapra obecného s ohledem na použité krmivo (rybníky 2010)

**Graf 13.** Grafické znázornění porovnání texturních vlastností ve svalovině kapra obecného a pstruha duhového (první týden měření)

**Graf 14.** Grafické znázornění porovnání texturních vlastností v mase kapra a pstruha v rámci druhého týdne (druhý týden měření)

**Graf 15.** Grafické znázornění porovnání texturních vlastností v mase kapra obecného a pstruha duhového (třetí týden měření)

## **10. Seznam obrázků v textu**

**Obrázek 1.** Warner – Bratzlerův nůž trojúhelníkového tvaru

**Obrázek 2.** Pozice vzorků pro analýzu profilu textury

**Obrázek 3.** Výsledná deformační křivka TPA

## 11. Seznam příloh

**Příloha 1.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test pro posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 2.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test pro posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 3.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 4.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 5.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 6.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 7.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 8.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení křehkosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 9.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 10.** Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)

**Příloha 11.** Teploty a pH svalstva kapra obecného (sádky 2008)

**Příloha 12.** Teploty a pH svalstva kapra obecného (rybníky 2009)

**Příloha 13.** Teploty a hodnoty pH ve svalovině kapra (rybníky 2010)

**Příloha 14.** Texturometr Texture Analyser TA. XTPlus se sondou P 75

**Příloha 15.** Texturometr Texture Analyser TA. XTPlus se vzorkem svaloviny

**Příloha 16.** Certifikovaná metodika

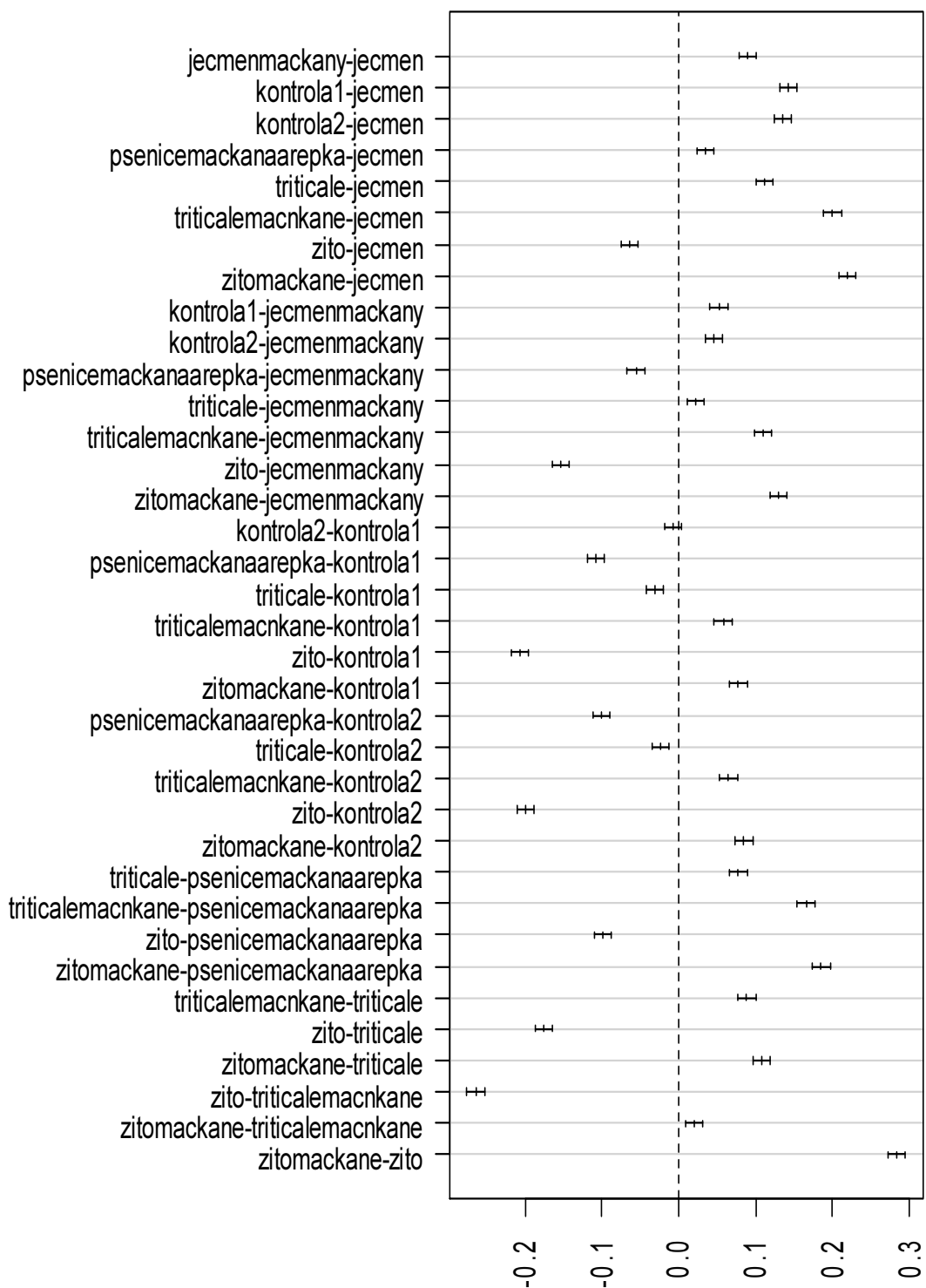
**Příloha 17.** Vácha F., **Cepák M.**, Urbánek M., Vejsada P., Hartvich P., Rost M., 2009. Impact of long term storage on the instrumental texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*, L.) flesh. International Journal of Food Properties. (accepted for publication), (IF 2009 - 0,994)

**Příloha 18.** Stejskal, V., Vejsada, P., **Cepák, M.**, Špička, M., Vácha, F., Kouřil, J., Polícar, T., 2011. Sensory and textural attributes and fatty acid profiles of filets of extensively and intensively farmed Eurasian perch (*Perca fluviatilis*, L.). Food Chemistry 129: 1054-1059. (IF 2010 = 3.458)

**Příloha 19.** Vácha, F., **Cepák, M.**, Stejskal, V., Vejsada, P., Kouřil, J., Hamáčková, J., 2012. Texture profile analyses in tench (*Tinca tinca* L., 1758) from extensive and intensive culture. Aquaculture International (*submitted*) (IF 2011 = 1.314)

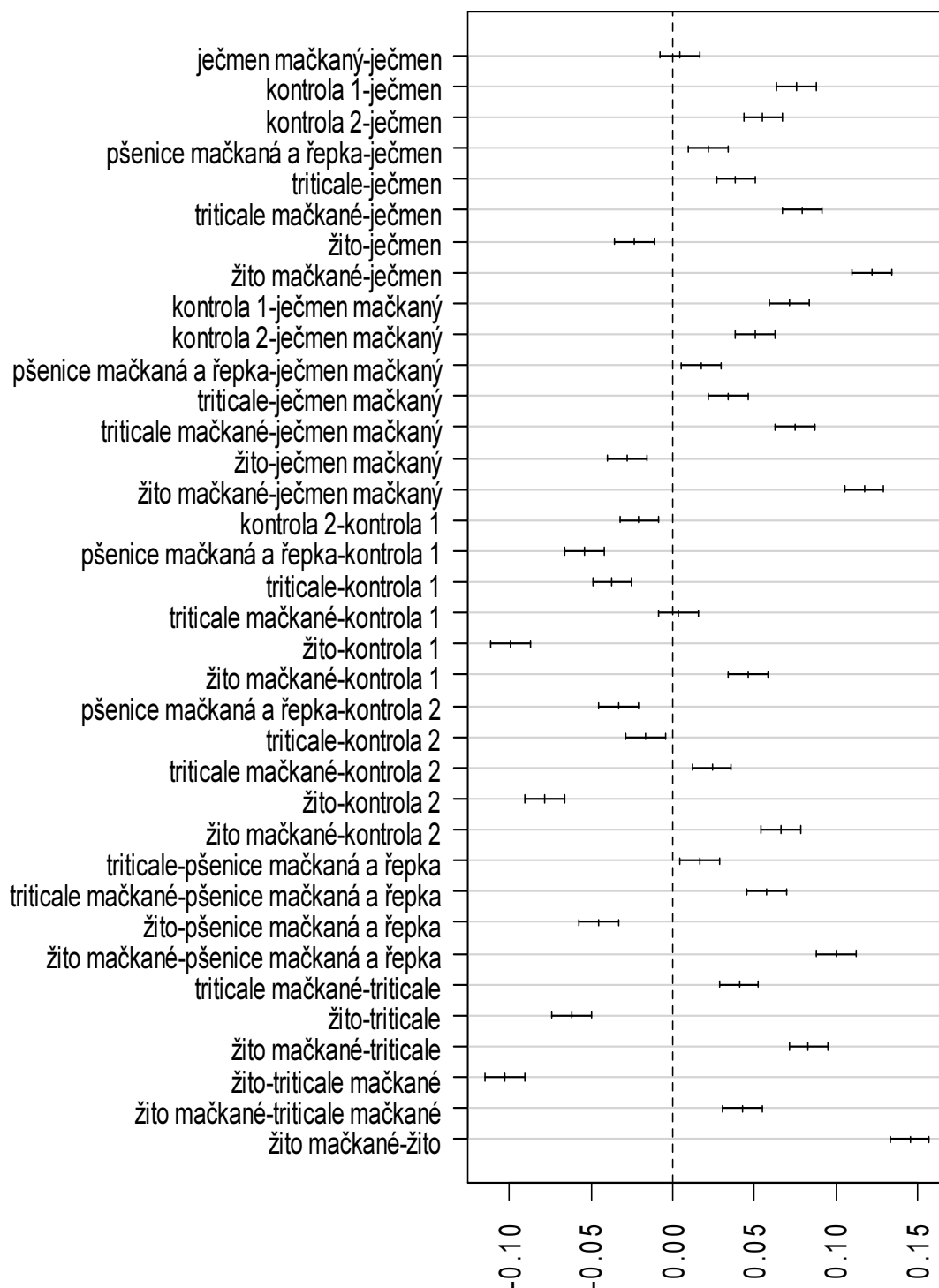
## **12. Přílohy**

**Příloha 1. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test pro posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)**

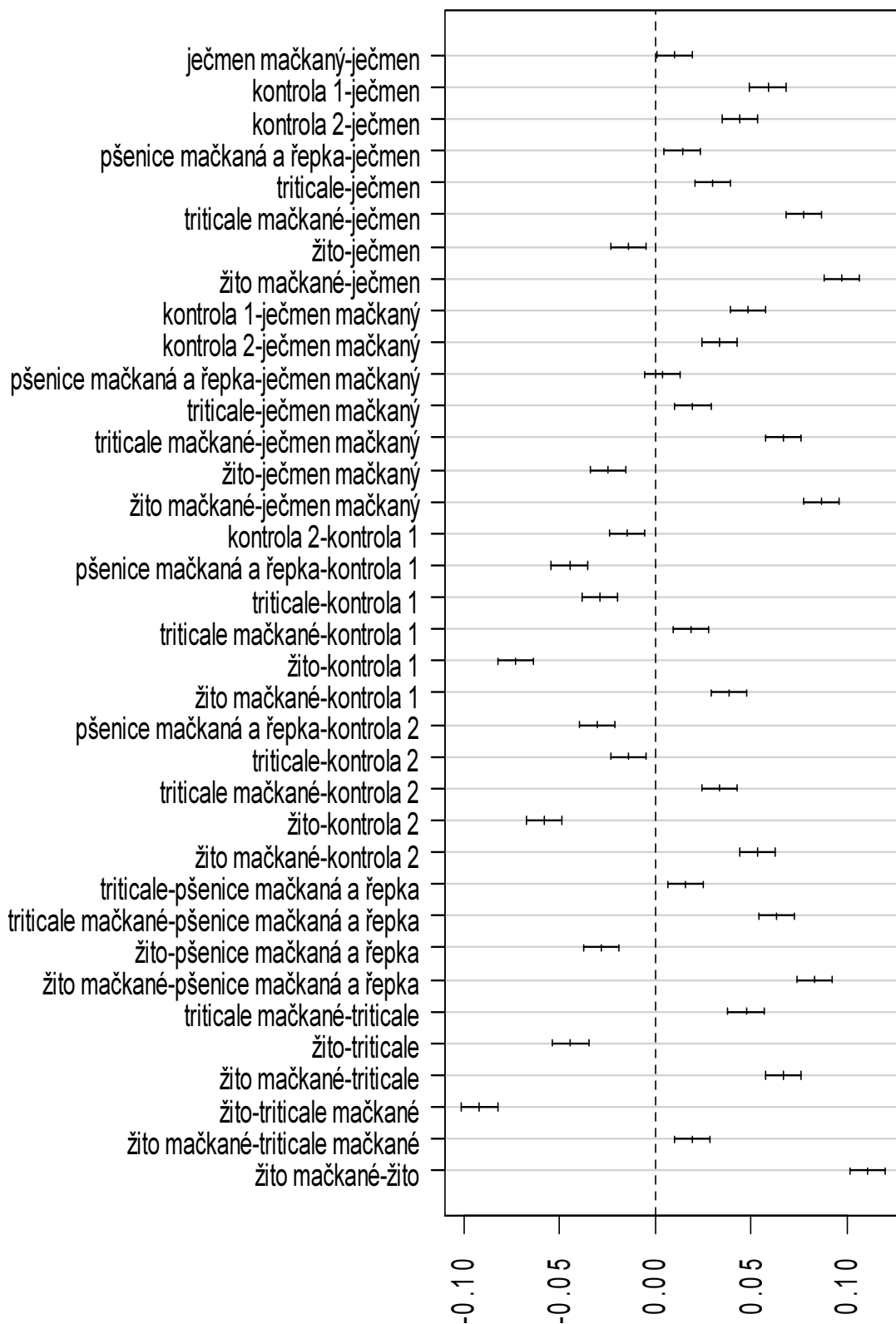




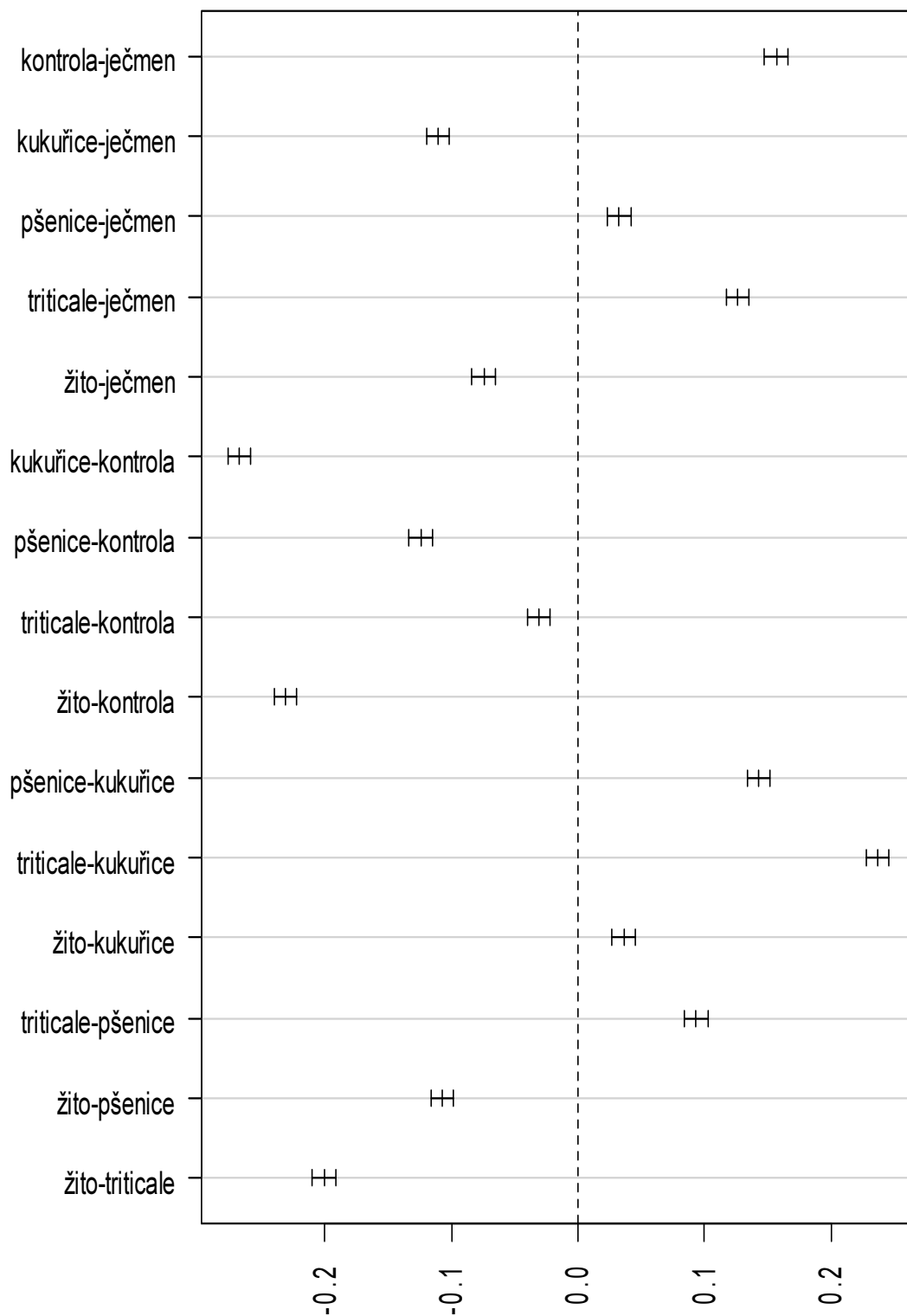
Příloha 2. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test pro posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)



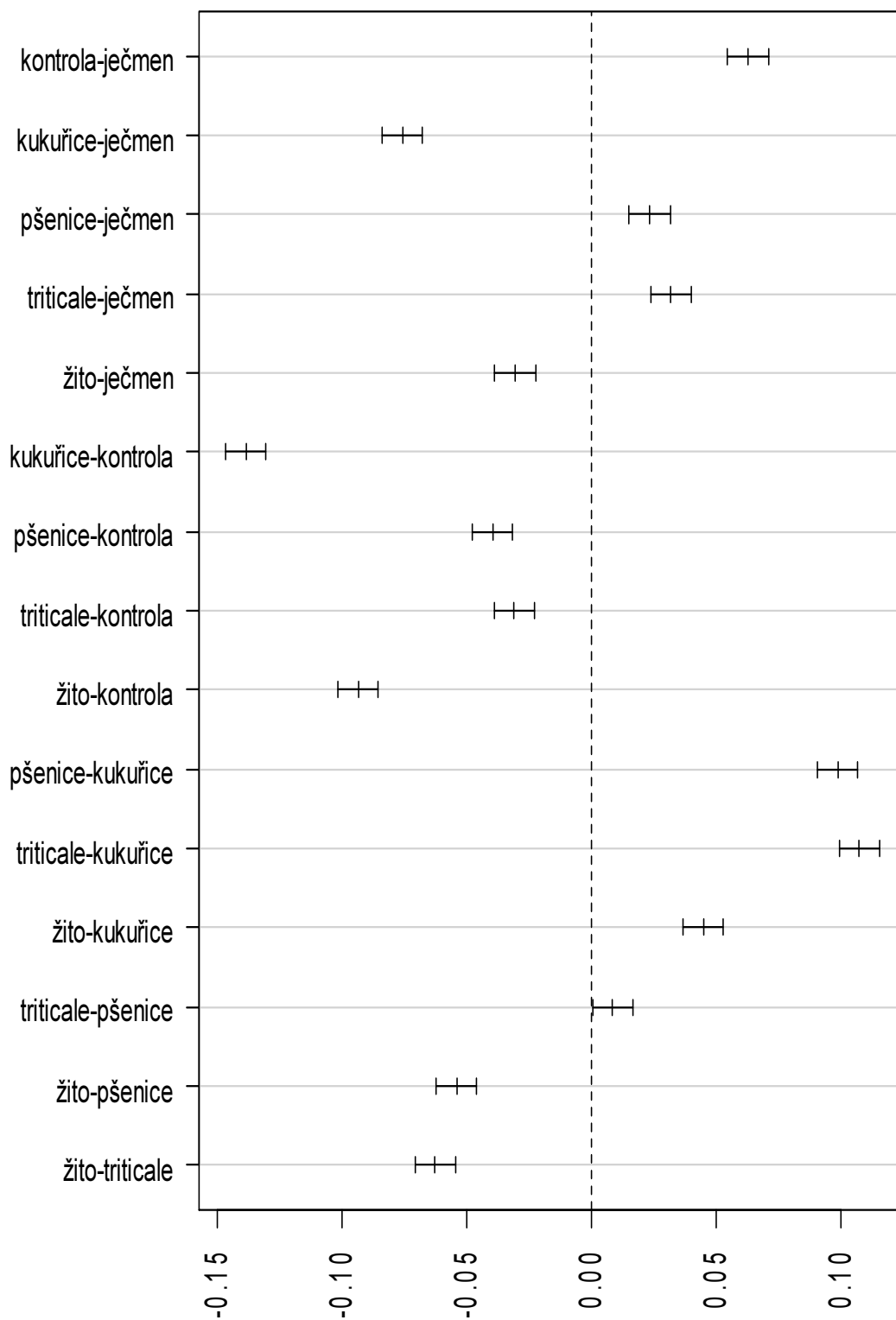
Příloha 3. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - sádky 2008 (výstup z programu statistického zpracování)



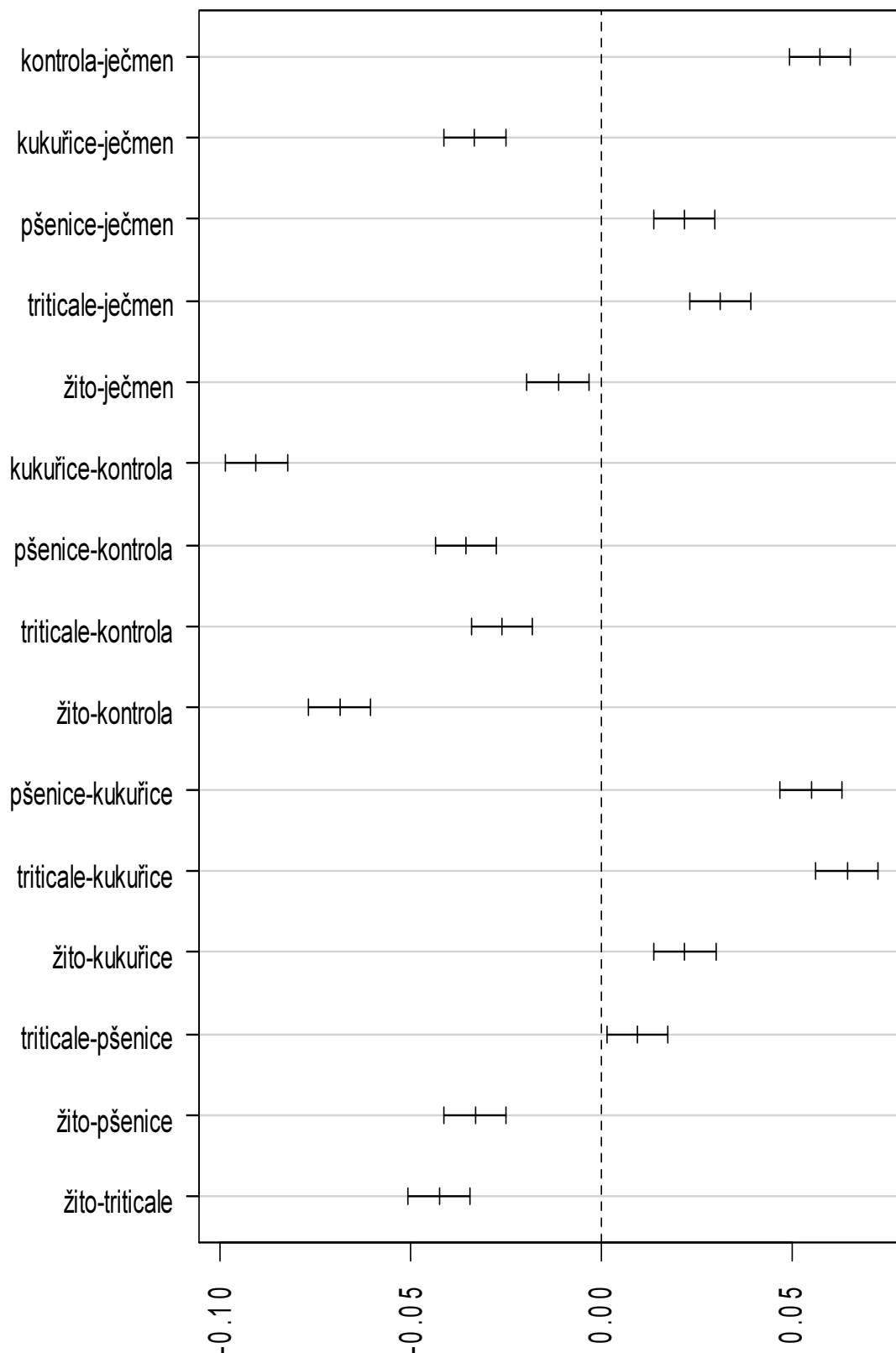
Příloha 4. **Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)**



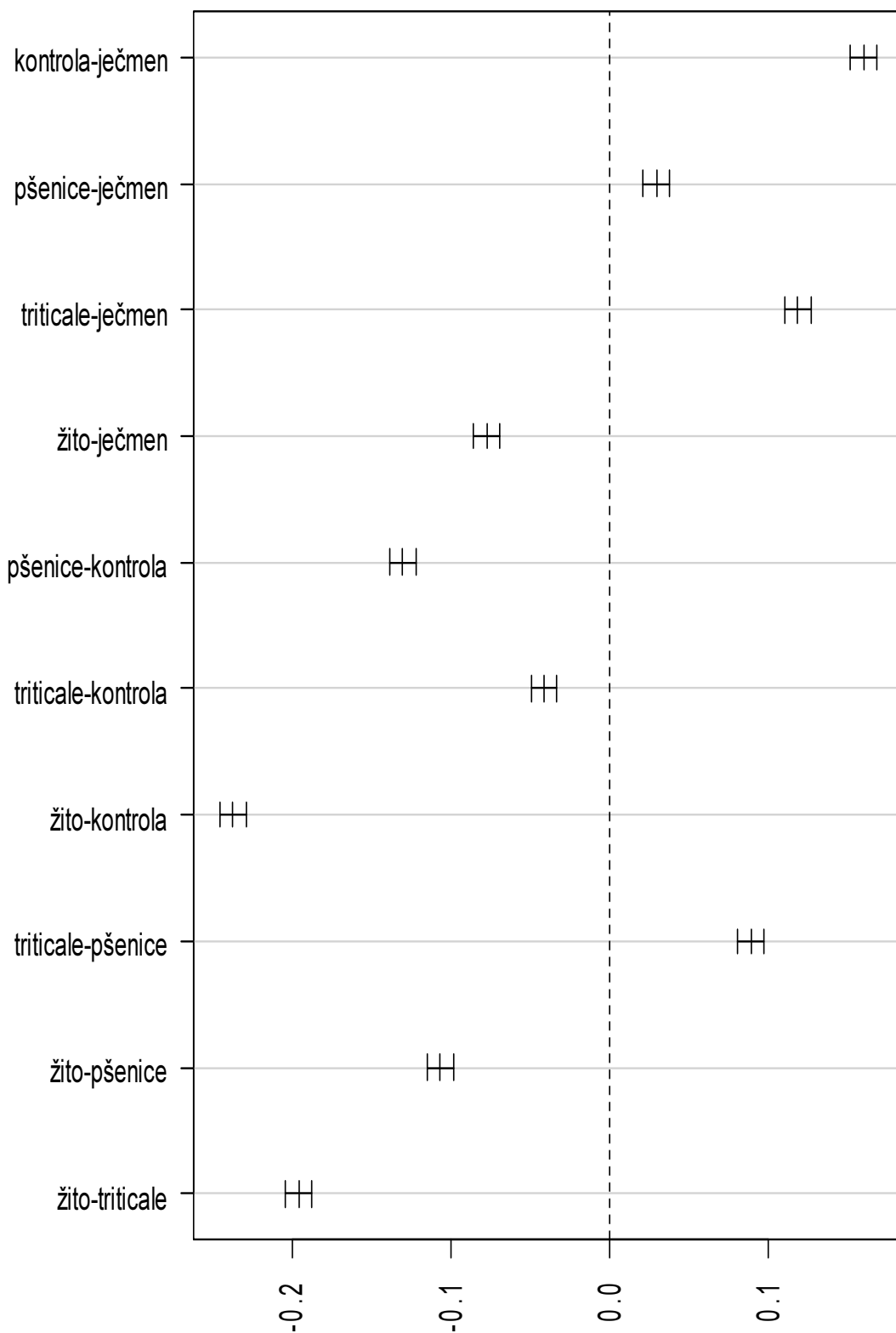
Příloha 5. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)



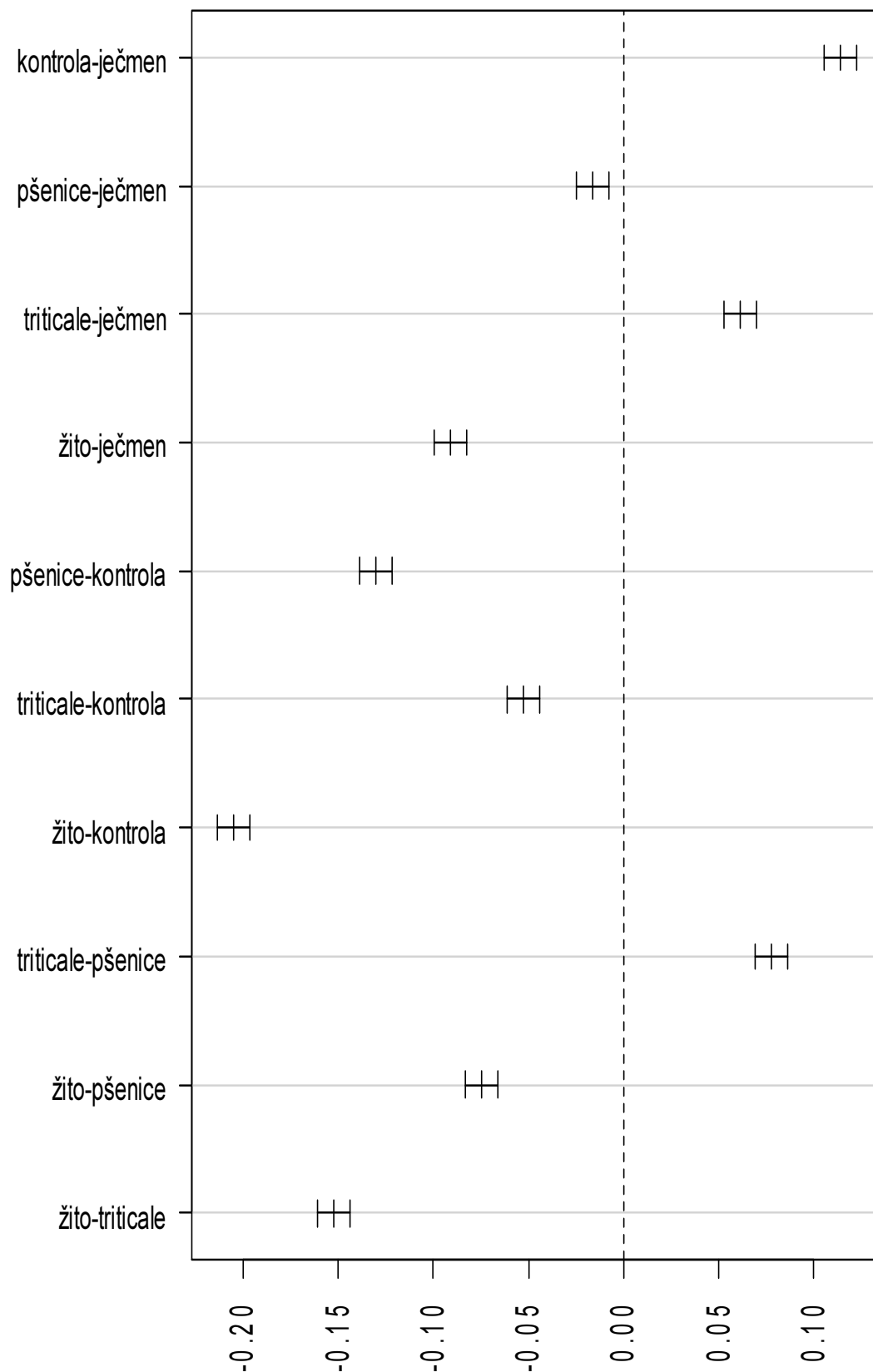
Příloha 6. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - rybníky 2009 (výstup z programu statistického zpracování)



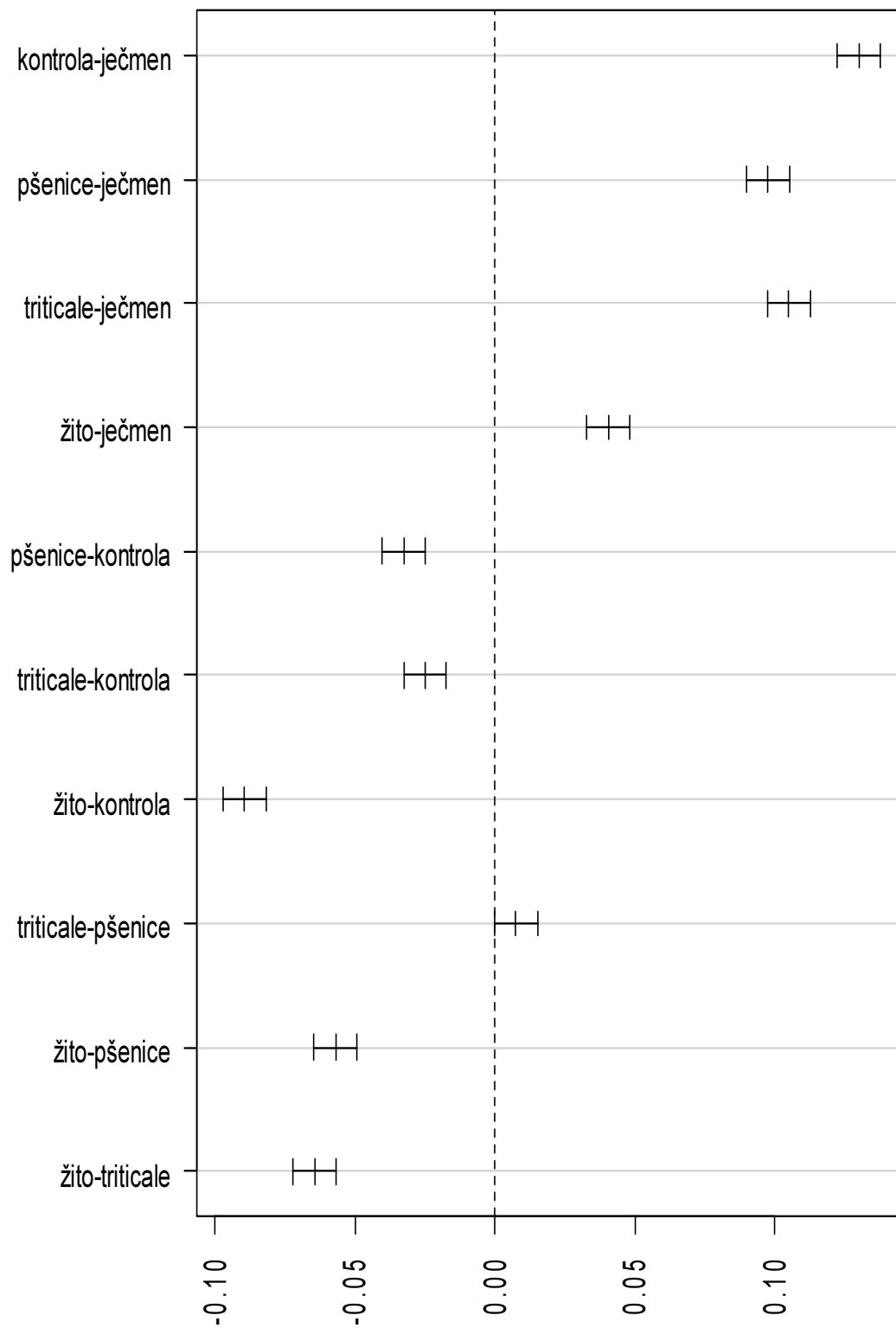
**Příloha 7. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení tuhosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)**



**Příloha 8. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení křehkosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)**

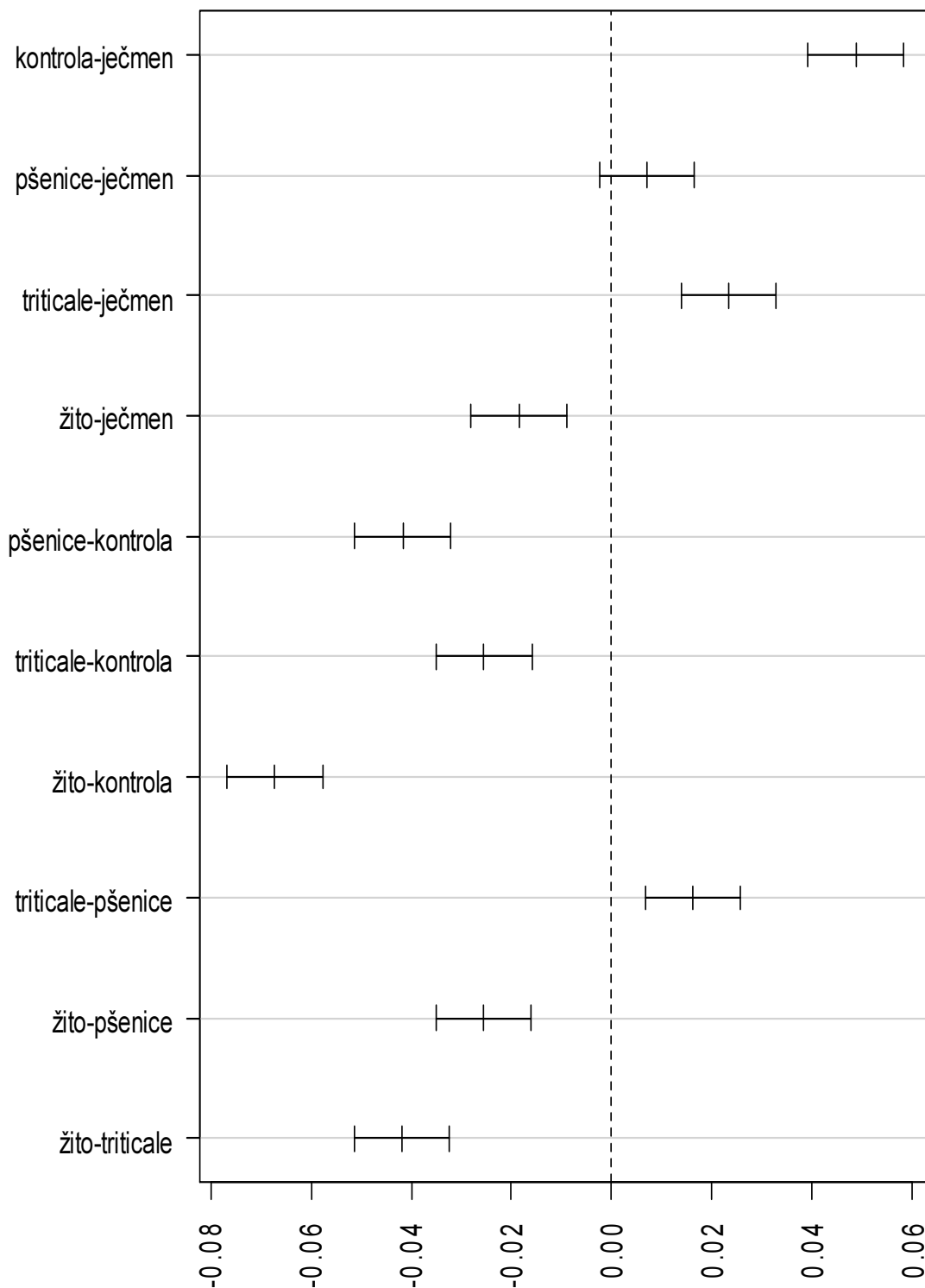


Příloha 9. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení soudržnosti svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)





Příloha 10. Grafické znázornění konfidenčních intervalů pro Tuckey HSD test v případě posouzení elasticity svaloviny kapra obecného - rybníky 2010 (výstup z programu statistického zpracování)



Příloha 11. Teploty a pH svalstva kapra obecného (sádky 2008)

Krmivo	Ukazatel	Průměr	Směrodatná odchylka	95 % konfidenční interval
<b>Žito</b>	teplota (°C)	16.8	0.3298301	(16.5737693; 16.9928974)
	pH	7.1	0.0457513	(7.1134310; 7.1715690)
<b>Triticale</b>	teplota (°C)	16.7	0.301888	(16.483190; 16.866810)
	pH	6.9	0.05738625	(6.94603852; 7.01896148)
<b>Ječmen</b>	teplota (°C)	16.6	0.3203928	(16.3880988; 16.7952345)
	pH	7.0	0.04864061	(7.00159523; 7.06340477)
<b>Žito mačkané</b>	teplota (°C)	16.7	0.3366502	(16.4527694; 16.8805640)
	pH	6.9	0.04077841	(6.94825730; 7.00007603)
<b>Triticale mačkané</b>	teplota (°C)	16.5	0.3117643	(16.3935811; 16.7897522)
	pH	6.9	0.04033008	(6.95020882; 7.00145784)
<b>Ječmen mačkaný</b>	teplota (°C)	16.8	0.3570714	(16.5981276; 17.0518724)
	pH	6.9	0.03449857	(6.94724732; 6.99108601)
<b>Pšenice mačkaná a řepka</b>	teplota (°C)	16.8	0.3524804	(16.6093780; 17.0572887)
	pH	6.9	0.03679386	(6.90745563; 6.95421103)
<b>Kontrola 1</b>	teplota (°C)	17.0	0.2774341	(16.8903934; 17.2429399)
	pH	6.9	0.01758098	(6.96882958; 6.99117042)
<b>Kontrola 2</b>	teplota (°C)	17.0	0.3676296	(16.7997526; 17.2669140)
	pH	6.9	0.02609714	(6.93258534; 6.96574800)

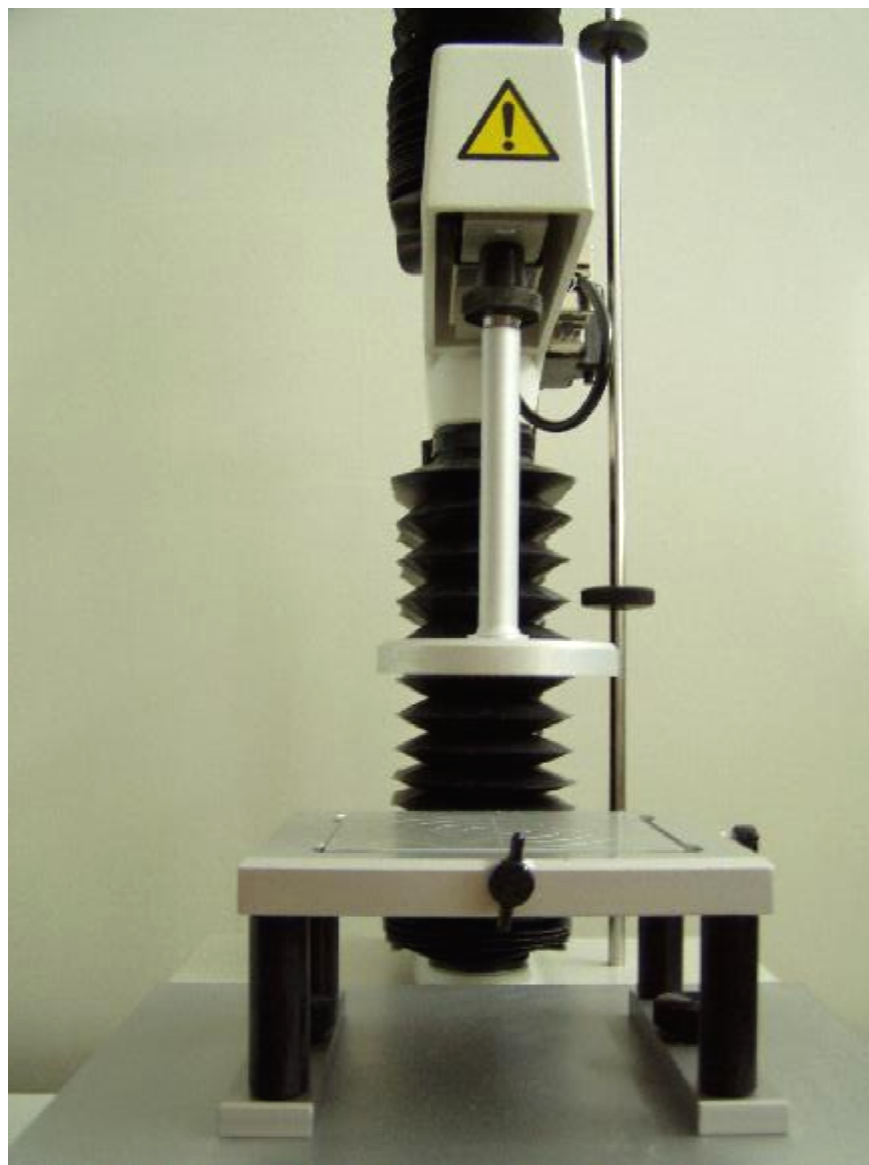
Příloha 12. Teploty a pH svalstva kapra obecného (rybníky 2009)

<b>Krmivo</b>	<b>Ukazatel</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>95 % konfidenční interval</b>
<b>Žito</b>	teplota (°C)	16.8	0.3821788	(16.5905085; 17.0761581)
	pH	6.9	0.08277388	(6.94574132; 7.05092535)
<b>Triticale</b>	teplota (°C)	16.6	0.293748	(16.505028; 16.878305)
	pH	6.9	0.06445576	(6.91404676; 6.99595324)
<b>Pšenice</b>	teplota (°C)	16.6	0.4273775	(16.3701240; 16.9132094)
	pH	6.9	0.05468228	(6.91442320; 6.98391013)
<b>Ječmen</b>	teplota (°C)	16.6	0.2708013	(16.4946077; 16.8387256)
	pH	6.9	0.06485415	(6.92212697; 7.00453969)
<b>Kukuřice</b>	teplota (°C)	16.8	0.30000	(16.65939; 17.04061)
	pH	6.9	0.04177864	(6.91345512; 6.96654488)
<b>Kontrola</b>	teplota (°C)	16.8	0.3260182	(16.6011912; 17.0154754)
	pH	6.9	0.05632024	(6.91338249; 6.98495084)

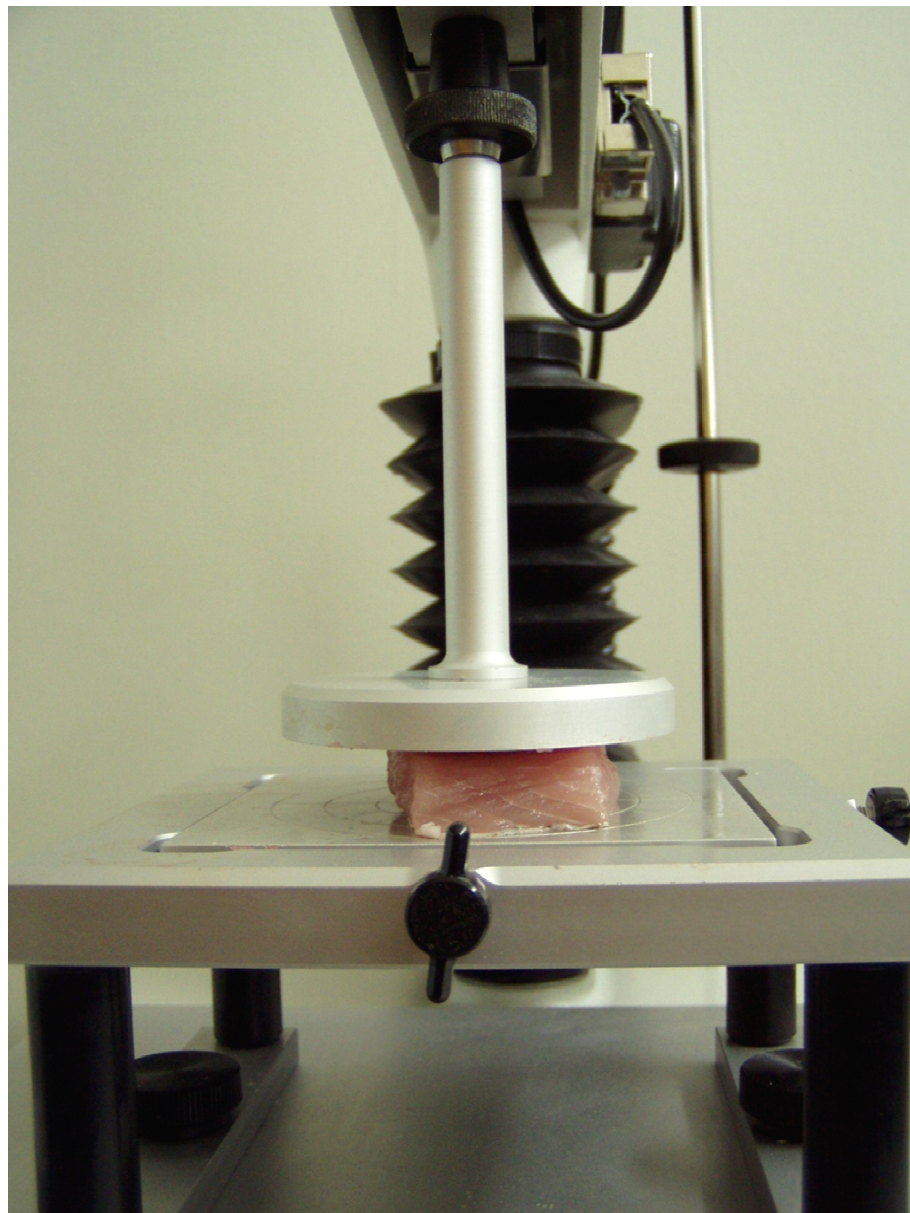
Příloha 13. Teploty a hodnoty pH ve svalovině kapra (rybníky 2010)

<b>Krmivo</b>	<b>Ukazatel</b>	<b>Průměr</b>	<b>Směrodatná odchylka</b>	<b>95 % konfidenční interval</b>
<b>Žito</b>	teplota (°C)	16.8	0.4100074	(16.5478271; 17.0688396)
	pH	6.9	0.08458455	(6.90125754; 7.00874246)
<b>Triticale</b>	teplota (°C)	16.6	0.3284491	(16.4579801; 16.8753532)
	pH	6.9	0.03845501	(6.93890018; 6.98776648)
<b>Pšenice</b>	teplota (°C)	16.6	0.3433348	(16.4651888; 16.9014779)
	pH	6.9	0.05710172	(6.90705263; 6.97961403)
<b>Ječmen</b>	teplota (°C)	16.6	0.3580249	(16.4225218; 16.8774782)
	pH	6.9	0.04187825	(6.90755850; 6.96077484)
<b>Kontrola</b>	teplota (°C)	16.8	0.3768892	(16.6355360; 17.1144640)
	pH	6.9	0.05344921	(6.90353999; 6.97146001)

Příloha 14. **Texturon** etr **Texture Analyser TA.XTPlus** se sondou **P 75**



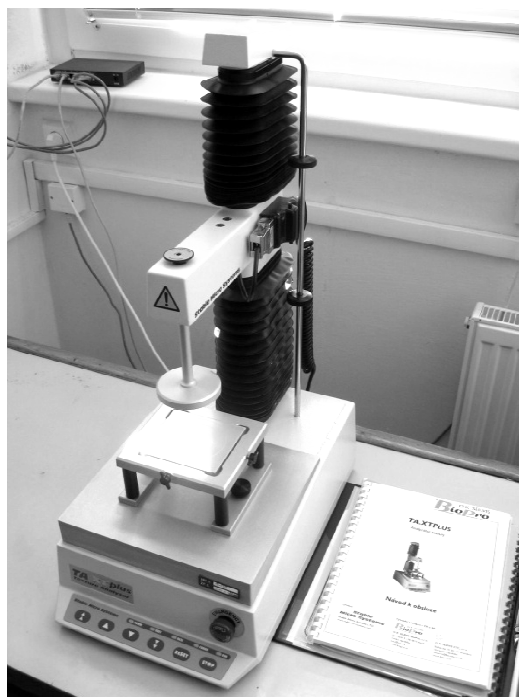
Příloha 15. **Texturon** etr **Texture Analyser TA. XTPlus** se vzorkem svaloviny



Příloha 16. **Certifikovaná metodika**

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany  
vod, Ústav akvakultury, Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice

## **Měření profilu textury masa kapra obecného**



M. Cepák, F. Vácha, P. Vejsada

Vodňany

2009

## **Obsah**

<b>1. Úvod</b>	3
1.1. Cíl metodiky	3
1.2. Vlastní popis metodiky	3
1.3. Srovnání „novosti postupů“	3
1.4. Popis uplatnění metodiky	3
1.5. Popis a definice textury	3
<b>2. Možnosti měření texturních vlastností</b>	4
2.1. Senzorická analýza	4
2.2. Instrumentální způsoby hodnocení textury	7
<b>3. Příprava vzorků pro měření profilu textury</b>	10
<b>4. Princip měření profilu textury analyzátozem TA.XTPlus</b>	11
<b>5. Nastavení přístroje</b>	11
5.1. Kalibrace přístroje	11
5.2. Výběr sondy	12
5.3. Vytvoření a uložení testu	14
5.4. Příklad testu TPA používaného u masa kapra obecného	16
5.5. Makro dokument	16
5.6. Příklad doporučeného makra při hodnocení testu TPA u masa kapra obecného	18
<b>6. Hodnocení výsledků</b>	19
<b>7. Závěr</b>	20
<b>8. Seznam použité související literatury</b>	20





## **1. Úvod**

### **1.1 Cíl metodiky**

Cílem této metodiky je předložit stručný návod pro měření profilu textury masa kapra obecného instrumentálním způsobem, na přístroji TA.XTPlus. Měření profilu textury by mělo sloužit jak chovatelům, tak zpracovatelům při posuzování kvality svých produktů. Hodnocení je nezávislé na subjektivních zkušenostech posuzovatele.

### **1.2 Vlastní popis metodiky**

Metodika poskytuje rybářské veřejnosti a zpracovatelům návod pro praktické nastavení analyzátoru textury k určení komplexního parametru - profilu textury masa. V metodice je uvedeno možné a prověřené nastavení testu a tvorba makra, což slouží pro výpočet jednotlivých vlastností (tuhost, soudružnost, žvýkatelnost, atd.).

### **1.3 Srovnání „novosti postupů“**

V metodice se jako první zabýváme možností měření profilu textury masa kapra obecného instrumentální metodou. Postup umožňuje zjišťování jednotlivých texturních vlastností při nižších nákladech a v kratším časovém úseku. Výsledky jsou nezávislé na osobě hodnotitele, nejsou ovlivněny různými zkušenostmi hodnotitelů.

### **1.4 Popis uplatnění metodiky**

Metodika by měla sloužit chovatelům a zpracovatelům zachovávat své produkty v dobré jakosti a snažit se jim pomoci hledat nové postupy chovu a zpracování při nižších nákladech. Dále poslouží při vývoji nových technologií zpracování a při přípravě výrobků na bázi rybí suroviny, popřípadě i při výběru nových vhodných přídatných látek (emulgátorů, stabilizátorů, atd.).

### **1.5 Popis a definice textury**

Na území České republiky se nachází více než 24 tisíc rybníků a vodních nádrží, jejichž celková plocha představuje téměř 52 tisíc ha, z toho je v Čechách a na Moravě využito k chovu ryb 42 tisíc hektarů rybníků. V rámci České republiky dosáhla produkce ryb chovem v roce 2008 úrovně 20,4 tisíc tun. Z toho se kapr obecný podílel na celkovém objemu lovených ryb 86% (15,7 tisíc tun), lososovité ryby zaujímaly 4% (0,737 tisíc tun), vedlejší ryby 8,8% (1,6 tisíc tun) a dravé ryby

1,2% (0,2 tisíc tun), (Rybářské sdružení ČR). Produkce kapra obecného je založena na přirozené potravě doplňované příkrmováním obilovinami. Svalovina takto produkovaných ryb je nutričně velmi dobře hodnocena, maso má vynikající chutnost, ale často rozdílné sensorické parametry. Pro hodnocení kvality rybiho masa a rybích výrobků se začíná využívat komplexní vyhodnocování texturních vlastností. Při hodnocení jednotlivých parametrů textury se vychází ze vztahu mezi chemickým složením masa, jeho strukturou a fyzikálními vlastnostmi produktu.

Studium textury zahrnuje hodnocení lidskými smysly nebo mechanickými a chemickými prostředky (Tornberg, 1996). Textura je velmi široký a obtížně definovatelný pojem. Při hodnocení potravin můžeme vycházet z následující charakteristiky:

1. Je to skupina fyzikálních vlastností, které jsou odvozené od struktury potravin.
2. Patří pod mechanickou nebo reologickou skupinu fyzikálních vlastností.
3. Skládá se ze skupiny vlastností, nejen z jedné vlastnosti.
4. Smyslově je textura primárně vnímána pomocí stlačování, převážně v ústech. Také další části těla se mohou podílet na jejím hodnocení.
5. Není spojená s chemickými smysly chuť a vůně.
6. Objektivní měření se provádí jen pomocí působení hmotnosti, síly, vzdálenosti a času.

Pokud se při hodnocení textury vychází z několika fyzikálních vjemů, je vhodnější hovořit o „profilu textury“, což naznačuje skupinu souvisejících vlastností (Bourne, 2002).

Další možnou definicí textury, kterou formuloval Szczesniak (1990) je: „Textura může být definovaná jako sensorická manifestace struktury potravin a způsob jakým tato struktura reaguje na aplikované síly.

Nejčastěji používané metody pro měření textury masa jsou sensorické a instrumentální. Usiluje se o postupné nahrazení sensorického 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. Mechanismus žvýkání při sensorickém

hodnocení je složitý; zahrnuje deformace ve stříhu, stlačování a tahu. Navíc během žvýkání potravina podléhá změnám ve struktuře, teplotě a hydrataci vlivem kontaktu se slinami (Mathoven *et al.*, 1995; Culioli, 1995; Thomsen *et al.*, 1998).

## **2. Možnosti měření texturních vlastností**

### **2.1 Senzorická analýza**

Při sensorickém hodnocení masa a mastných výrobků se textura posuzuje pohledem, pohmatem a ochutnáváním v dutině ústní. Při ochutnávání lze v ústech rozlišit tři fáze: kousání, žvýkání a polykání. Lze přitom pozorovat až 20 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 11 036 (1997). Senzorické a fyzikální definice mechanických texturálních vlastností jsou uvedeny v tabulce č. 1. První čtyři parametry se týkají přitažlivých sil, působících mezi částicemi potraviny a bránící 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 hrdle. Tyto vlastnosti můžeme rozlišit vzhledem k potravině. 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 potraviny. 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 (jeho teplota tání) v potravině (ČSN ISO 11 036, 1997; Civille *et al.*, 1973; Jack *et al.*, 1995; Harries *et al.*, 1972).

Profil textury se upřednostňuje proto, že poskytuje kompletní analýzu všech texturálních vlastností (Szczeniak, 1963; Civille *et al.*, 1973).

ČSN ISO 11 036 (1997) 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:

- Fáze před žvýkáním nebo bez žvýkání zahrnuje všechny geometrické, vlhkostní a tukové vlastnosti vnímané vizuálně nebo dotykem (kůže, ruka, rty).
- 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).
- Ve fázi žvýkání jsou vlastnosti jako žvýkatelnost, přilnavost a gumovitost vnímané dotykovými receptory v ústech během žvýkání anebo absorpce.
- 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.
- Při polykání se vnímá snadnost polknutí a popis jakýchkoliv zbytků, zbývajících v ústech (Lewis, 1987; Smewing, 2000).

Šťavnatost je hodnocena podle množství tekutiny uvolněné při žvýkání (Mathoven *et al.*, 1995).

Senzorická analýza je velmi závislá na zkušenostech hodnotitelů, je zdlouhavá a nákladná. Maso musí být před hodnocením tepelně opracované, což není bezpodmínečně nutné při instrumentálním hodnocení (Risvik, 1994; Lawrie, 1988). Proto se instrumentálnímu hodnocení dává přednost (Culioli 1995).

Tabulka č. 1. **Definice mechanických vlastností textury**

Parametry	Fyzikální definice	Senzorická definice	Technika /ČSN ISO 11 036/
<b>Základní</b>			
Tuhost	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 měřicí 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 vrací 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 rychlostem návratu stavu po deformujícím působením síly a k stupni, do něhož se deformovaný materiál vrací 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 drobký 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 1 s 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	Energie potřebná k rozrušení polotuhých potravin na stav vhodný pro polknutí, výsledek nízkého stupně tvrdosti a vysokého stupně soudržnosti.  Gumovitost se vzájemně vylučuje se žvýkatelností, protože výrobek je buď polotuhý nebo tuhý.	Mechanická texturní vlastnost vztahující se k soudržnosti měkkého výrobku. V ústech se vztahuje na úsilí, potřebné k rozmělnění výrobku do stavu vhodného k polknutí.	Vzorek se vloží do úst a zpracovává se jazykem proti patru. Posuzuje se rozsah manipulací, které jsou nezbytné k rozmělnění potraviny.

## 2.2 Instrumentální 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 svalů. Proto se pro hodnocení křehkosti masa používají právě instrumentální testy (Lepetit *et al.*, 1994).

Instrumentální 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 senzoryckým hodnocením. Je to pochopitelné, protože potravina je 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 koreluje se senzoryckým hodnocením. Mechanická zařízení napodobují stříhání, penetraci, kousání, mělnění a stlačování zuby a jejich cílem je s co 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 (Lawrie, 1988; Peron *et al.*, 1994).

Při senzoryckém hodnocení je maso kousáno předními zuby a pak je mělněno stoličkami. Pro co nejlepší korelaci se senzoryckým 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 hodnocení textury masa se nejčastěji používá metoda stříhu dle Warnera - Bratzlera, protože nejlépe koreluje se senzoryckým hodnocením křehkosti. Toto zařízení měří sílu (nebo práci) ve stříhu masa definovaných rozměrů. Nejlepším predikátorem křehkosti je síla ve stříhu. Výsledky měření závisí na typu nože, který je buď ve tvaru trojúhelníku, nebo čtverce a na podmínkách analýzy, zejména směru působení síly na svalová vlákna a na rychlosti měření. Při nejpoužívanější konfiguraci je rovina stříhu vedena kolmo na svalová vlákna (Pearson *et al.*, 1999; Tornberg, 1996; Culioli, 1995; Lepetit *et al.*, 1994; Shama *et al.*, 1973). Čím vyšší je rychlost měření, tím nižší je síla ve stříhu (Wheeler *et al.*, 1997). Rozměry vzorku a způsob tepelné úpravy také ovlivňují křehkost masa (Pearson *et al.*, 1999). Upřednostňuje se měření po tepelné úpravě (Culioli, 1995).



Nevýhodou měření dle Warnera - 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 *et al.*, 2001; Lawrie, 1988; Bouton *et al.*, 1978). Přesto se předpokládá, že korelační koeficient mezi hodnotami síly ve stříhu dle Warnera - 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 *et al.*, 1992). Pro toto měření musí být vzorek v homogenním stavu.

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 texturní vlastnosti za podmínek simulujících žvýkání. Zakládá se na měření rychlosti průniku klínu vzorkem masa za současného měření tlaku. 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 i pro hodnocení účinku zrání na křehkost masa (Honikel, 1998; Purslow, 1985).

Penetrační metoda je principiálně založena na pronikání ostrého hrotu (většinou systému 10 jehel) zatíženého konstantní silou do vzorku masa.

Měří se také elektrický výkon při mletí kousku masa na elektrickém mlýnku. Byla však zjištěna nízká korelace ( $r = 0,47$ ) mezi tímto měřením a sensorickým hodnocením křehkosti (Bouton *et al.*, 1972).

Metoda analýzy profilu textury (TPA - Texture profile analysis) nejlépe koreluje se sensorickým hodnocením (Tornberg, 1996; Bourne, 1978). Data mohou být analyzována a dále zpracována, získá se tím profil textury potraviny. Začátek jejího vývoje spadá do počátku 60. let 20. století, kdy se skupina vědců ze společnosti General Foods pokusila o přesnější identifikaci jednotlivých texturních vlastností potravin. Pomocí této metody se dá získat široká škála konkrétních texturních vlastností, viz. tab. č.1. Některé z nich se však navzájem vylučují, konkrétně žvýkatelnost (definovaná jako energie potřebná na rozmělnění polopevné potraviny do stádia připravenosti na polknutí). 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, *et al.*,

1982; Breene *et al.*, 1975; Boyd *et al.*, 1975; Bourne, 1978; Szczesniak, 1963). Analýza profilu textury hodnotí vlastnosti potravin, přičemž lépe odráží senzorické vlastnosti textury než způsoby hodnocení, které měří jeden vybraný znak.

Technika zahrnuje stlačování vzorku v několika (obvykle ve dvou) cyklech za přesně definovaných podmínek. Tento test stlačování napodobuje žvýkání potravin a měří sílu vynaloženou na vzorek, obvykle se napodobují první dvě skousnutí při žvýkání potravin. Při analýze profilu textury jsou vzorky stejných rozměrů stlačovány mezi deskami ve dvou cyklech.

Pro měření textury je důležitá standardizace podmínek vlastního měření (rozměry vzorků, orientace svalových vláken, rychlost a směr působení síly na svalová vlákna), (Honikel, 1998).

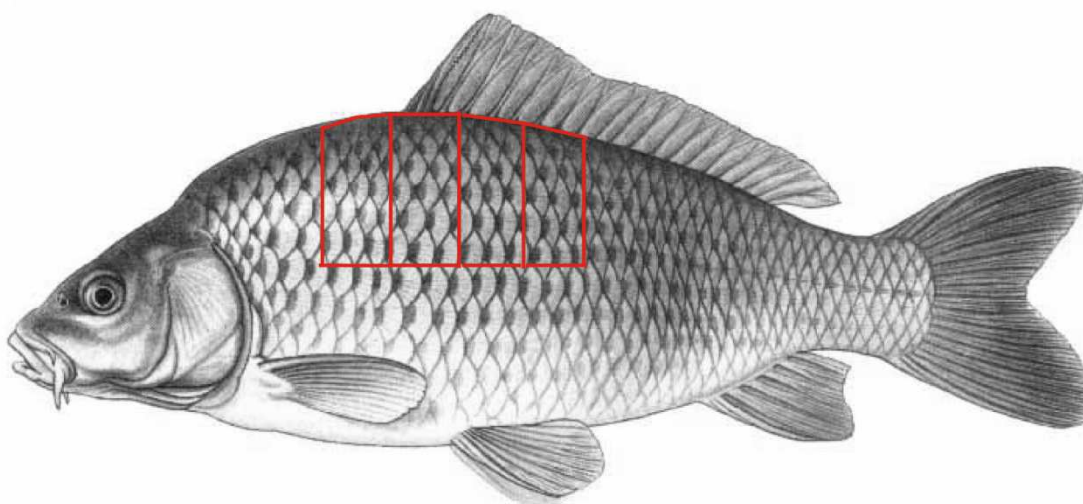
### 3. Příprava vzorků pro měření profilu textury

Pro měření profilu textury a následné vyhodnocení texturních vlastností je možno použít veškeré druhy kaprovitých i lososovitých ryb. Vždy záleží na velikosti měřených ryb a následné výšce filetu. Nejmenší výška měřeného filetu by měla mít alespoň 0,5 cm, při menší výšce filetu by mohla nastat chyba měření a následně i chyba výsledků. Při měření se můžeme setkat s tím, že výšky měřených filetů jsou různé, při této možnosti je nutné při nastavení testu vložit pod vlastnost Target mode (cílový režim) – Strain, tímto nastavením sjednotíme výšku deformace filetů.

Usmrcení ryb by mělo probíhat v souladu s §5, odstavcem 2, písmenem e, zákona na ochranu zvířat proti týrání. Následně ryby vyfiletujeme a odebereme vzorky z každé filety, viz. obrázek č. 1. Vhodná velikost vzorku při použití válcové sondy typu P75 je 3cm x 3cm. Vzorek vkládáme mezi sondu a pokusný stolek vždy stranou s kůží dolu.

Pro měření doporučujeme používat čerstvé ryby, protože při jedné z našich studií jsme došli k závěru, že při uchování vzorků v mrazících zařízeních probíhají velké změny texturních vlastností (tuhost, soudružnost) během prvních 3 měsíců, posléze změny nejsou již v takové míře.

Obr. 1. Pozice vzorků pro analýzu profilu textury



#### **4. Princip měření profilu textury analyzátozem TA.XT Plus**

Přístroj kontinuálně zaznamenává sílu, dráhu a čas za současné deformace materiálu v tahu nebo tlaku. 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 zaznamenává prostřednictvím počítačového programu ve formě deformační křivky. Propracovaný počítačový program dovoluje další zpracování, jako je statistické hodnocení záznamů (stanovení maximální, minimální a průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, variačního koeficientu sledovaného parametru, atd.), matematické výpočty (označení maxima, minima parametru na křivce, výpočet plochy pod křivkou, stanovení maximální, minimální a průměrné křivky a porovnání ostatních křivek vůči nim, atd.), ukládání záznamů k dalšímu zpracování, a jiné. Tím je uživateli umožněno sledovat měřený materiál za delší časový úsek.

Přístroj pracuje na základě uživatelem zadaného nastavení. Obsluha postupuje podle zvoleného režimu (měření síly nebo dráhy v tahu nebo tlaku), podmínek měření a podle předem nastavených parametrů (Pre test speed, Test speed, Post test speed, Distance, Force, Time, Trigger). Anglické termíny jsou používány v textu proto, že se zobrazují při nastavení a práci s přístrojem.

Obslužný program je konstruován tak, aby si uživatel mohl všechny parametry nastavení uložit a při dalším měření je rutinně opakovat. Využívá se tzv. projektů a maker, čímž se zjednodušuje obsluha přístroje na minimum.

## 5. Natavení přístroje

### 5.1 Kalibrace přístroje

Existují dva způsoby kalibrace: 1. kalibrace síly (Calibrate force)

2. kalibrace výšky sondy (Calibrate probe)

Kalibrace se doporučuje vždy při:

1. výměně tenzometru
2. přemístování přístroje
3. přetížení přístroje
4. v případě, že přístroj užívali různí uživatelé a máte pochybnosti o předchozím nastavení či zacházení

#### **Kalibrace síly**

Kalibrace síly je rychlá a snadná, tudíž je dobré při každém měření tuto kalibraci provést, zejména zamýšlíte-li testovat mnoho vzorků. Vyvarujete se možným chybám při měření.

- T. A. → Calibrate → Calibrate force – 2 možnosti (kalibrace výrobce nebo uživatelská kalibrace)
- Ujistit se, že se sonda ničeho nedotýká a na kalibrační plošce není nic umístěno → OK
- V případě uživatelské kalibrace umístíme požadované (dodávané) závaží na kalibrační plošku – hmotnost závaží nesmí přesáhnout kapacitu tenzometru → OK
- Na konci kalibrace se zobrazí hláška o úspěšnosti procesu → OK (→ odejmeme závaží)

## Kalibrace výšky sond

Provádí se při požadavku na měření výšky produktu nebo při penetraci/stlačení (tj. deformaci) apod. Do určité výšky produktu vyjádřeno v procentech (tj. při nastavení testu, kde je použito Strain).

- T.A. → Calibrate → Calibrate probe
- Ujistit se, že se sonda ničeho nedotýká a na měřicí základně nic není → nastavit požadovanou vzdálenost návratu, rychlost pohybu ramene a kontaktní sílu → OK.

## Ověření kalibrace síly

Provádí se za pomoci závaží o definované hmotnosti, která musí být menší než kapacita tenzometru.

- T.A. → Calibrate → Check force → otevře se tabulka s výzvou k umístění kalibračního závaží na kalibrační plošku → v kolonce „ Measured force,„ se uvádí aktuální síla.

## 5.2 Výběr sondy (Probe selection)

Pokyn „Probe selection“ slouží k určení, kterou sondou budou testy prováděny, z důvodu dalšího odkazování, nebo pro určité výpočty vyplývající z definice kontaktní plochy sondy.



## Typy sond

### Sondy válcové

Skupina válcových sond s plochým zakončením se vyrábí o průměru od 2 do 75 mm.

Válcové sondy se používají k testům masa ryb a jiných hospodářských zvířat, ke zjištění jejich indexu pevnosti a meze tečení, dále i k testování



perforace a penetrace gelů, pektinů, jogurtů, margarínu. Penetrační testy měří jak sílu v tlaku, tak ve smyku. Zjišťovány mohou být též vlastnosti jako viskoelastický tok, poddajnost, tlaková relaxace, plasticita či viskozita. Po porovnávání vhodnosti jednotlivých typů sond jsme došli k závěru, že pro měření texturních vlastností u kapra obecného je nejvhodnější sonda typu P 75 při velikosti vzorku 3cm x 3cm. Při této studii jsme si museli uvědomit, že jednotlivé vzorky masa kapra obecného jsou ve stavu nehomogenním (svalové kousky, tzv. ypsilonky). Tento typ sondy působí silou na celý povrch vzorku a tím eliminuje možnou chybu při měření texturních vlastností a případném naražení (zatlačení) do mezi svalových kústek.

### **Kobova sonda**

Jedná se o sondu s plochou 1cm<sup>2</sup>, která je určena pro standardní měření agarových gelů.

### **Sférické sondy**

Nejčastěji používané jsou čtyři sférické sondy s průměry 6,25 – 25,4 mm a jedna hemisférická 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, rovněž při testování relaxace napětí u jemného pečiva za účelem stanovení čerstvosti.

### **Kónické sondy**

Nejčastěji používané jsou čtyři typy kónických sond s úhly penetrace 30° až 60°. 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.

### **Kulové sondy**

Skupina kulových sond se vyrábí od průměru 2mm do 50mm. Kulové sondy se používají pro kompresi, propíchnutí a penetrační testy na gely, pektiny, jogurty, margarín a masa. Poskytují index tvrdosti, pevnosti a houževnatosti. Během testu stlačováním popřípadě propíchnutím se měří obě tlakové a smykové síly.

## Čepele a nože

Nejčastěji používaným typem těchto sond je Warner - Bratzlerův nůž. Tyto sondy slouží k měření síly ve stříhu u homogenních typů vzorků: sýr, margarín a maso. Pro dobrou publikovatelnost výsledků jsou tyto sondy velmi využívány. Tento typ není možno používat u měření texturních vlastností masa kaprovitých ryb kvůli nehomogennímu stavu masa.



## Kramerova cela

V Kramerově cele se simuluje jediné kousnutí, poskytují se informace o vlastnostech potravin, jako jsou chřupavost a pevnost. Používá se pro maso, výrobky z ryb a pro malé i velké druhy ovoce a zeleniny. Sonda o 5 nebo 10 čepelích se posouvá při konstantní rychlosti přes vzorek materiálu. Stříhání a extrudování se provádí prostřednictvím štěrbinové základny. Test je proveden na vzorku o definovaném množství. Násobek čepelí poskytuje měření na více místech současně tak, aby místní odchylky textury byly kompenzovány s touto metodou.



## 5.3 Vytvoření a uložení testu (T.A. Settings)

Nastavení a uložení testu slouží k vytvoření postupu, podle kterého bude prováděno měření určitých vlastností u daného materiálu. Je třeba si vždy uvědomit, jaký materiál bude měřen a jaké parametry chceme zjišťovat. Podle typu materiálu je vždy třeba dané parametry testu nastavit tak, aby měření probíhalo bez nějakých výrazných odchylek či poruch.

### Postup nastavení a uložení testu

V menu panelu nástrojů klikneme myší na T.A. → T.A. Setting → zobrazí se okno kde kliknutím na „Library” (knihovna) můžete v daném okně vybrat testy.

- můžete vybrat test, který chcete provést (test „Return to start“ patří mezi nejběžnější základní test)
- popis všech testů knihovny je přístupný kliknutím na menu Help (nápověda) → Library tests available (dostupné testy knihovny)



- pro analýzu profilu textury vzorku se používá test TPA
- po vybrání testu klikněte na OK, pak se zobrazí okno T.A. Setting
- zde můžete zvolit parametry testu tím, že je vypíšete do odpovídajících buněk.
- jakmile zadáte parametry, můžete kliknout na soubor (File) → uložit nastavení do souboru a později ho použít (Save as) → OK

### **Parametry testu**

Test mode: režim měření tlaku nebo tahu

Pre test speed: rychlost pohybu sondy před testem (před započítím snímání)

Test speed: rychlost pohybu sondy při snímání dat

Post test speed: rychlost pohybu sondy po skončení snímání dat

Target mode: cílový režim (měření do stanovené hloubky, hodnoty síly nebo deformace)

Distance: hloubka, kterou sonda zajede do vzorku (u vzorků, u kterých lze sjednotit výšku vzorků)

Strain: deformace dráhy sondy vyjádřena jako procento z výšky vzorku od polohy, ve které bylo dosaženo spouštěcí síly (trigger). Vyžaduje předem kalibraci výšky sondy (používá se u vzorků, kde není možno sjednotit výšku vzorku).

Time: doba, po kterou bude měření prováděno

Count: počet cyklů měření

Trigger type: způsob, jakým se spustí měření (Auto force) – automaticky při zaznamenání síly; Button – ručně stisknutím tlačítka; Pre travel – je třeba zadat tzv. „trigger distance” tj. vzdálenost, kterou sonda projde před započítím snímání a poté začne sběr dat

Trigger force: hodnota spouštěcí síly (síla, kterou vyvine vzorek vůči působení sondy a při které začne snímání dat)

Break mode: režim přetržení (Level – je třeba zadat citlivost („break sensitivity“), tj. definovat bod „přetržení“, při poklesu síly pod jeho hodnotu se test zastaví; Rate – očekává pokles síly rovný nebo větší než je nastavená citlivost (break sensitivity)

Stop plot at: ukončení záznamu grafu (Start position = ukončení záznamu při návratu sondy do původní polohy, Trigger return = ukončení záznamu grafu po návratu ramene do výšky, ve které byla zaznamenaná spouštěcí síla (tj. Trigger force); After reset = ukončení záznamu po stisknutí tlačítka Reset (na základně přístroje), Target position = ukončení záznamu po dosažení cílové síly nebo hloubky

Tare mode: režim tárování pro vyrovnání hmotnosti sondy apod. (Auto – automatické vytárování přístroje před zahájením testu, Off – vytárování proběhne při spuštění testu, ale test se spustí až po stisknutí tlačítka Reset (výhodné pro testy v tenzi)

#### 5.4 Příklad testu TPA používaného u masa kapra obecného

TA.XTPlus Settings (nastavení)	Value (hodnota)	Unit (jednotky)
Pre-Test Speed (rychlost před stlačením)	5	mm/sec
Test Speed (testovací rychlost při stlačování)	2	mm/sec
Post-Test Speed ( rychlost po stlačení)	2	mm/sec
Target Mode (cílový režim)	Strain	
Strain (deformace)	50	%
Time (čas)	5	sec
Trigger Type (druh spouštěcí síly)	Auto (Force)	
Trigger Force (spouštěcí síla)	5	g

## 5.5. Makro dokument

Makro je seznam příkazů s účelem automatizovat proces vyhodnocování křivek. Vytvoření makra je nutné pro výpočet jednotlivých dat (plocha křivky, průměr, dráha, časová diference atd.). Tato data je možno dále použít pro výpočet jednotlivých vlastností (tuhost, elasticnost, soudružnost, žvýkatelnost atd.). Pro vytvoření makra je nejdůležitější vědět, jakou analýzou byl pokus prováděn a dále jaké vlastnosti dané potraviny chceme zjistit.

### Vytvoření nového makra

- File → New → Title → Macro → OK.
- Do kolonky „ Title ” zapíšeme námi zvolený název makra (zobrazí se v seznamu maker v horním panelu).
- Pokud se nezobrazí kolonka pro zadání názvu makra lze zvolit jiný postup: View → Title & Information → pokud zde je zaškrtnuto pole Title: Same as filename – makro budeme mít v seznamu maker a dole na záložce listu stejný název pod jakým jsme ho uložili jako soubor (nebude-li pole Title: Same as filename zaškrtnuto můžeme jej pojmenovat odlišně).
- 

### Vytvoření vlastního seznamu příkazů

- pokud budete postupovat dle uvedených příkazů, tak se zpřístupní okno pro programování makra s již několika přednastavenými postupy. Tyto pokyny makra můžete odstranit, pokud nevyhovují vašim potřebám, ale ve většině případů se předvolené příkazy pro úspěšný začátek doporučují
- okno makra se skládá ze dvou sekcí – v levém poli okna je seznam příkazů dostupných pro vaše použití a v pravém poli okna je program makra, který je uživatelem volenou sekvencí příkazů
- v levém sloupci v pěti záložkách jsou příkazy pro tvorbu makra
- kliknout na klávesu >> nebo 2x na vybraný příkaz (popřípadě doplnit fyzikální jednotku ve které chceme daný příkaz uvádět
- postup opakovat pro všechny požadované příkazy

- File → Close → zobrazí se dotaz zda chceme makro uložit

### **Spuštění makra**

- otevřeme graf, který chceme analyzovat
- ze seznamu maker v horním panelu ikon vybereme makro, které chceme použít
- spustíme makro: Program → Run nebo ikona stránky se šipkou vedle seznamu maker

### **Úprava makra**

- otevřeme makro, které chceme upravit: File → Open → a otevřeme typ souboru MAC., tím najdeme makro v adresáři
- vybereme příkaz, který chceme přidat ze seznamu příkazů a 2x klikneme
- nový příkaz se vloží za označený příkaz (který jsme již dříve označili) v seznamu makra (vpravo)
- tlačítka můžeme příkazy v seznamu příkazů (vpravo) posouvat
- k odstranění příkazů ze seznamu vpravo slouží tlačítko <<

## 5.6 Příklad doporučeného makra při hodnocení testu TPA u masa kapra obecného

<b>Description</b> (popis)	<b>Settings</b> (nastavení)	<b>Units</b> (jednotky)
Search Forwards (postup hledání)		
Go to Min. Time (min. doba)		
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	220	g
Go to Peak + ve Value (přechod na vrchol)	Force (síla)	
Mark Value Force (označení hodnoty síly)	Hardness (tuhost)	x
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Area (plocha)	Active vs Active	*
Time Difference (rozdíl času)		*
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to Peak - ve Value (přechod na vrchol)	Force (síla)	
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to Peak + ve Value (přechod na vrchol)	Force (síla)	
Search Backwards (zpětné hledání)		
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		

Search Forwards (hledané termíny)		
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		
Area (plocha)	Active vs Active	*
Go to Peak - ve Value (přechod na vrchol)	Force (síla)	
Time Difference (rozdíl času)		*
Set Threshold...Force (nastavení síly)	15	g
Go to..Force (přechod na sílu)	0	g
Drop Anchor (pokles kotvy)		

## 6. Hodnocení výsledků

Hodnoty naměřené textuometrem jsou převážně vykresleny do křivek viz. obrázek č. 2, z kterých jsou následně vyhodnoceny jednotlivé texturní vlastnosti (tuhost, žvýkatelnost, pružnost a soudružnost atd.). Tyto vlastnosti jsou dále dopočítávány za pomoci softwaru Texture Exponent 32, dodaného spolu s textuometrem. Tyto vlastnosti lze také dopočítat podle následných postupů uvedených v části Primární a Sekundární parametry.

### Primární parametry

Křehkost (fracturability) – F, je znázorněna jako první vrchol křivek

Tvrдость (hardness) – H, je znázorněna jako nejvyšší vrchol křivek

Soudržnost (cohesiveness) – je to podíl ploch jednotlivých křivek -  $A_2 / A_1$

Přilnavost (adhesiveness) – obsah křivky pod osou -  $A_3$

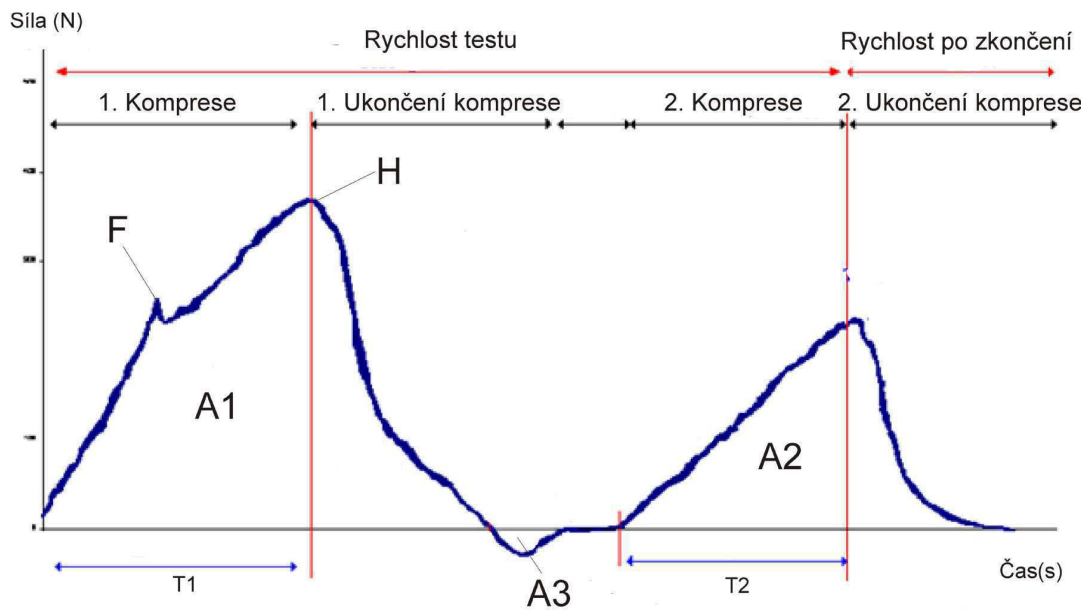
Elasticita (springiness) – je to podíl jednotlivých časů měření při jednotlivých cyklech -  $T_2 / T_1$

## Sekundární parametry

Gumovitost (gumminess) – součin tvrdosti a soudržnosti (pro polotuhé vzorky)

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

Obr. 2. Výsledná křivka TPA



## **7. Závěr**

Subjektivně neovlivněné měření a hodnocení textury masa nachází širší uplatnění při rostoucích nárocích odběratelů ryb na kvalitu, zejména při obchodu s náročným spotřebitelem na zahraničních trzích. V obchodu s rybami je požadována vyrovnaná a zaručená kvalita. Profil textury je obrazem technologického zásahu do obchodu s rybami, odráží zejména vliv chovu, příkrmování a zacházení s rybou. Při zpracování ryb a vývoji výrobků na bázi rybí suroviny dává nutné podklady k postupům a zásahům vedoucím ke standardizaci produktu dodávaného do tržní sítě. Hlavní uplatnění profilu textury je při vývoji technologií zpracování masa, při vývoji nových výrobků, při výběru vhodných přídatných látek (emulgátorů, zahušťovadel, stabilizátorů). To umožňuje zpracovatelům zachování požadované textury daných výrobků při nižších nákladech a usnadnění postupů při vývoji nových výrobků.



## 8. Seznam použité související literatury

- 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.
- 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.
- Bourne, M. C., 1978. Texture profile analysis. *Food Technology*, 37 (7): 62-66.
- Bourne, M. C., 2002. Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. 2nd ed. Academic Press, An Elsevier Science Imprint, 427 p., ISBN 0-12-119062-5.
- Bouton, P. E., Harris, P. V., 1972. A comparison of some objective methods used to assess meat tenderness. *Journal of Food Science*, 37: 218-221.
- Bouton, P. E., Harris, P. V., 1978. Factors affecting tensile and Warner-Bratzler shear values of raw and cooked meat. *Journal of Texture Studies*, 9: 395-413.
- Boyd, J. V., Sherman, P., 1975. A study associated with hardness evaluation in several foods, *Journal of Texture Studies*, 6: 507-522.
- Breene, W. M., Barker, T. G., 1975. Development and application of a texture measurement procedure for textured vegetable protein. *Journal of Texture Studies*, 6: 459-472.
- Civille, G. V., Szczesniak, A. S., 1973. Guidelines to training a texture profile panel. *Journal of Texture Studies*, 4: 204-223.
- 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 pp.
- ČSN ISO 11 036, 1997. Senzorická analýza, Metodologie – Profil textury, Český normalizační institut.

- Harries, J. M., Rhodes, D. N., Chrastall, B. B., 1972. Meat texture I. Subjective assessment of the texture of cooked beef. *Journal of Texture Studies*, 3: 101-114.
- Honikel, K. O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49 (4): 447-457.
- 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.
- Lawrie, R. A., 1988. Developments in Meat Science - 4, Red, London and New York, *Elsevier Applied Science Publishers*, Lai, 361 p.
- Lepetit, J., Culioli, J., 1994. Mechanical properties of meat. *Meat Science*, 36: 203-237.
- Lewis, M. J., 1987. Physical properties of foods and food processing systems. Wiley, John & Sons, Incorporated, London, 465 p., ISBN 08-957-3399-4.
- Mathoven, 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.
- 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 p.
- Peron, 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.
- Purslow, P. P., 1985. The physical basis of meat texture: observations on the fracture behaviour of cooked bovine. *Meat Science*, 12: 39-60.
- Risvik, E., 1994. Sensory properties and preferences. *Meat Science*, 36: 67-77.
- Rybářské sdružení České republiky, 2009. Výlov tržních ryb u členů RS v roce 2008 a užití produkce ryb v ČR v letech 1990-2008. České Budějovice, 30 pp.

- Shama, F., Sherman, P., 1973. Evaluation of some textural properties of food with the Instron universal testing machine. *Journal of Texture Studies*, 4: 344-353.
- Smewing, J., 2000. Jak analýza textury zlepšuje jakost. *Maso*, 10 (3): 27-28.
- Smulders, F. J. M., Laack, H. L. J. M., 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 pp.
- Szczesniak, A. S., 1963. Classification of textural characteristics. *Journal of Food Science*, 28: 385-389.
- Szczesniak, A. S., 1990. Texture: It is still an overlooked food attribute? *Food Technology*, 44(9): 86 -95.
- Thomsen, H. H., Zeuthen, P., 1998. The Influence of mechanically deboned meat and the pH on the water holding capacity and texture of emulsion type products. *Meat Science*, 24: 189-194.
- Tornberg, E., 1996. Biophysical aspects of meat tenderness. *Meat Science*, 43: 175-191.
- 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.

## 9. Seznam publikací, které předcházely metodice

- Cepák, M., Vácha, F., Vejsada, P., 2008. Vhodnost sond pro analýzu texturních vlastností u masa kapra obecného (*Cyprinus carpio*). Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, XI. Česká ichtyol. konf., Brno, ISBN 978-80-7375-246-0, 37-43 pp.
- Vacha, F., Cepak, M., Vejsada, P., Kouril, J., Hamackova, J., Stejskal. V., 2008. Texture profile analyses in tench (*Tinca tinca L., 1758*) from extensive and intensive culture. Biology and Culture of the tench, Ceresole d Alba, ISBN 978-88-902754-1-8, 57 p.
- Vacha, F., Vejsada, P., Cepak, M., Spicka, J., Kadlec, J., Kouril, J., Hamackova J., 2008. The impact of diet on tench (*Tinca tinca L.*) filets fatty acids profile. Biology and Culture of the tench, Ceresole d Alba, ISBN 978-88-902754-1-8, 58 p.
- Stejskal, V., Vejsada, P., Vácha, F., Kouřil, J., Hamáčková, J., Cepák, M., 2008. Porovnání výtěžnosti a sensorických vlastností masa okouna říčního (*Perca fluviatilis L.*) chovaného v intenzivním a extenzivním systému. Comparative study of the slaughter yield and sensory flesh analysis of Eurasian perch (*Perca fluviatilis L.*) cultured in intensive and extensive conditions. Bulletin VÚRH Vodňany, ISSN 0007-389X, 44(2): 37-43.
- Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J., Hartvich, P., 2007. Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Aquacult Int.*, 15:321-329.

## Poděkování

Metodika je výsledkem řešení projektu NAZV - 71011 a COST – OC09042.

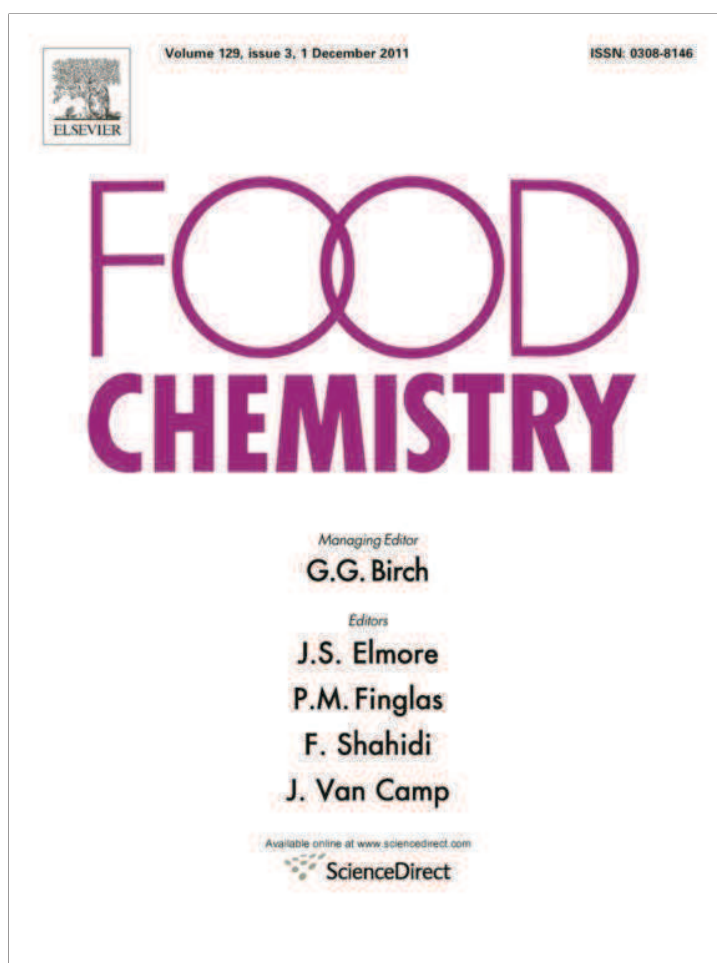
## Přehled použitých výrazů

Adhesiveness	přilnavost
After reset	ukončení záznamu po stisknutí tlačítka reset
Area	plocha
Auto force	automatické zaznamenání síly
Break mode	režim přetržení
Break sensitivity	nastavení citlivosti
Button	tlačítko
Calibrate	kalibrace
Calibrate force	kalibrace síly
Calibrate probe	kalibrace výšky sondy
Close	zavřít
Cohesiveness	soudružnost
Count	počet cyklů měření
Distance	hloubka, do které sonda zajede do vzorku
Drop anchor	pokles kotvy
File	dokument
Force	síla
Fracturability	křehkost
Go to ... force	přechod na sílu
Go to Min. Time	min. doba

Go to peak + ve Value	přechod na vrchol
Gumminess	gumovitost
Hardness	tvrdost, tuhost
Help	pomoc (nápověda)
Check force	ověření síly
Chewiness	žvýkatelnost
Level	úroveň, hodnota
Library	knihovna
Macro	makro
Mark value force	označení hodnoty síly
Measured force	měřená síla (uvádí se aktuální síla)
New	nový
Post test speed	rychlost pohybu sondy po skončení snímání dat
Pre test speed	rychlost pohybu sondy před testem
Pre travel	před pohybem sondy
Probe selection	výběr sondy
Rate	očekávaný pokles síly rovný nebo větší než je nastavitelná citlivost
Return to start	vrácení na start
Same as filename	stejně jako název dokumentu
Search backwards	zpětné hledání
Search forwards	postup hledání
Set Threshold... Force	nastavení síly
Springiness	elasticita
Start position	ukončení záznamu při návratu sondy do původní polohy
Strain	deformace, dráha sondy vyjádřena jako % z výšky vzorku

	od polohy
T.A.Setting	nastavení analýzy textury
Tare mode	režim tárování
Target mode	cílový režim
Target position	ukončení záznamu po dosažení cílové síly nebo hloubky
Test mode	režim měření tlaku nebo tahu
Test speed	rychlost pohybu sondy při snímání dat
Tesxture analysis (T.A.)	analýza textury
Texture profile analysis (TPA)	analýza profilu textury
Time	čas
Time difference	rozdíl času
Title	titul, název
Trigger	spouštěcí síla
Trigger distance	vzdálenost, kterou sonda projde před započítáním snímání a poté začne snímání dat
Trigger force	spouštěcí síla
Trigger return	ukončení záznamu grafu po návratu ramene do výšky, ve které byla zaznamenaná spouštěcí síla
Trigger type	druh spouštěcí síly
View	náhled

Provided for non-commercial research and education use.  
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in a journal published by Elsevier. The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.

Other uses, including reproduction and distribution, or selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

In most cases authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository. Authors requiring further information regarding Elsevier's archiving and manuscript policies are encouraged to visit:

<http://www.elsevier.com/copyright>





Contents lists available at ScienceDirect

## Food Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/foodchem](http://www.elsevier.com/locate/foodchem)

## Sensory and textural attributes and fatty acid profiles of fillets of extensively and intensively farmed Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.)

V. Stejskal<sup>a,\*</sup>, P. Vejsada<sup>a</sup>, M. Cepak<sup>b</sup>, J. Špička<sup>b</sup>, F. Vacha<sup>a</sup>, J. Kouril<sup>a</sup>, T. Polícar<sup>a</sup>

<sup>a</sup> University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Fisheries and Protection of Waters, South Bohemian Research Center of Aquaculture and Biodiversity of Hydrocenoses and Institute of Aquaculture, Husova tr. 458/102, 370 05 Ceské Budejovice, Czech Republic

<sup>b</sup> University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Agriculture, Studentská 13, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 20 December 2010

Received in revised form 11 March 2011

Accepted 18 May 2011

Available online 25 May 2011

## Keywords:

TPA

Texture

Sensory analysis

Fatty acid

Perch culture

## ABSTRACT

Sensory attributes, texture and fatty acid profiles of fillets of Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) reared under two conditions were compared. Perch were reared either in an extensive pond-based (EC) system in polyculture with carp, or intensively cultured (IC) in a recirculation system. Attributes of raw and cooked fillets of marketable perch (120–150 g) were compared. No significant differences were found between groups for odour, flavour, aftertaste, or consistency in subjective evaluation of cooked fillets. The texture profile analysis (TPA) showed raw fillets from the EC group to exhibit higher values of hardness, springiness, cohesiveness, and gumminess than the IC group. Fish from the IC group had a lower content of saturated fatty acids (SFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA) and a higher content of monounsaturated fatty acids (MUFA) in comparison to EC perch. The proportion of *iso*- and *anteiso*-SFAs was 2.6% in the EC group and 0.75% in the IC group. The content of *n*-3 PUFA was lower in IC than in EC, while the content of *n*-6 PUFA was higher in IC than in EC. The ratio of *n*-3:*n*-6 PUFA was 1.42 for the IC group and 2.85 for the EC group.

© 2011 Elsevier Ltd. All rights reserved.

### 1. Introduction

Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) is highly valued as a commercial fish species, which is reflected in the high market price for fillets (Watson, 2008). Lake fishing or traditional pond polyculture have been the usual sources of perch for the market. Natural food, such as zoobenthic animals or forage fish, is their main source of food (Mélard, Kestemont, & Grinard, 1996). Intensive methods utilising recirculating aquaculture systems (RAS) have been developed over the past two decades for the diversification of European inland aquaculture (Fontaine, 2009). Some pilot perch farms are in operation, others are under construction, and new farms are projected (Fontaine & Kestemont, 2008). This intensive culture uses controlled rearing conditions, such as high temperatures (optimum 23 °C), high stocking density (up to 60 kg m<sup>-3</sup>), and commercially formulated feed (Fiogbé & Kestemont, 2003; Mélard et al., 1996).

While growth and feed conversion are the most important factors for farmers, flesh quality, i.e. physico-chemical and sensory

\* Corresponding author. Address: University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Fisheries and Protection of Water, Research Institute of Fish Culture and Hydrobiology, Zatisi 728/II, 389 25 Vodnany, Czech Republic. Tel.: +420 383 382 402; fax: +420 383 382 396.

E-mail address: [stejskal@vurh.jcu.cz](mailto:stejskal@vurh.jcu.cz) (V. Stejskal).

attributes of fillets, are of importance later, since they are fundamental to consumer acceptance (Delwiche & Liggett, 2004; Sveinsdottir et al., 2009). Commercial feed can modify flesh quality and affect market value (Jobling, 2001; Mairesse, Thomas, Gardeur, & Brun-Bellut, 2007; Xu & Kestemont, 2002). Studies have been conducted to determine the effect of rearing techniques on flesh quality of perch. Xu, Fontaine, Mélard, and Kestemont (2001) showed that a higher level of dietary fat did not increase the level of fat in muscle. Lipid deposition and fatty acid profile can be influenced by the rearing system, season, and the geographic source (Gonzales et al., 2006; Jankowska, Zakes, Zmijewski, & Szczepkowski, 2010; Mairesse, Thomas, Gardeur, & Brun-Bellut 2006; Mairesse et al., 2007). Lake-caught and intensively cultured perch were compared by Jankowska, Zakęś, Zmijewski, Szczepkowski, and Kowalska (2007) to investigate the slaughter yield, chemical composition, and flesh colour. Several comparative studies have investigated differences in sensory parameters between various species of fish of farmed and wild origin (Delwiche & Liggett, 2004; Farmer, McConnell, Hagan, & Harper, 1995; Johnston et al., 2006; Lindsay 1980; Orban, Sinesio, & Paoletti, 1997; Periagó et al., 2005). In general, preference was shown for wild fish. However, little is known about flesh texture and sensory characteristics of Eurasian perch, and there are no data available on objective texture analysis.

The aim of our study was to compare the sensory characteristics, texture, and fatty acid profiles of perch from traditional pond-based culture to perch reared intensively in RAS.

## 2. Material and methods

### 2.1. Experimental fish

Two experimental groups of marketable fish (body weight: 120–150 g) were used in the present study.

Pond reared perch (EC; age 3+;  $n = 40$ ) were obtained from the fish farm Školní rybářství Protivín Inc., located in the southern Czech Republic (49°1'N, 14°10'E). Fish were reared in polyculture with common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*) with natural production of 250 kg ha<sup>-1</sup>. The food source was natural prey with the main forage fish being topmouth gudgeon (*Pseudorasbora parva*). The fish were harvested on 22 October during the usual Czech harvest period. Harvested fish were immediately transported to the Faculty of Fisheries and Protection of Water (FFPW) and they were kept in flow-through tanks for 7 days without feeding before killing for slaughter and analysis.

The second experimental group (IC; age 1+;  $n = 40$ ) comprised perch intensively cultured in three 500 l fibreglass tanks with a recirculation system according to Stejskal, Kouril, Policar, Hamackova, and Musil (2009). A constant temperature (22.8 ± 0.6 °C) and photoperiod (12L:12D) were applied. The fish were cultured at a density of 50 kg m<sup>-3</sup> and fed commercial feed (Ecolife 60, BioMar, France) with the nutrient values: protein 47%, fat 14%, fibre 3%, total phosphorus 1.01%, vitamin A 5,000 IU/kg, vitamin E 180 mg/kg, vitamin D3 1,000 IU/kg, pellet size 3.0 mm (manufacturer's data). The feed was offered at the optimal feeding ratio according to Fiogbé and Kestemont (2003) using automatic feeders during the 12 h light period. When perch reached marketable size, c. 140 g, they were harvested and kept in 800 l tanks at a water temperature of 15.4 ± 2.1 °C for 7 days without feeding before slaughter and analysis.

Basic biometric characteristics such as standard length (SL), body height (H), body width (D), and body weight (BW) were measured in all individuals of both groups following slaughter (Table 1).

The experiment was performed in accordance with Animal Protection Law of the Czech Republic and ECC directives 86/609/EEC.

### 2.2. Sensory analysis

The sensory quality of perch fillets was evaluated by comparison of attributes such as odour, flavour, aftertaste, and consistency (Martinsdóttir, Schelvis, Hyldig, & Sveinsdóttir, 2009). The samples were prepared from fish in each group as shown in Fig. 1. In total, 66 samples of 50 g (two groups, 11 fish from each in triplicate) were prepared for a panel of 11 members of a trained jury from the Faculty of Fisheries and Protections of Waters. Tasting samples were composed of 6 small pieces of flesh, each from a different specimen of the appropriate group (ISO 6658, 2005). Samples were taken from corresponding areas of the fish body (Fig. 1) and stored on ice for 2 h. Samples were cooked separately in 0.15 l glass jars, labelled with a numeric code for identification, for 15 min at 150 °C

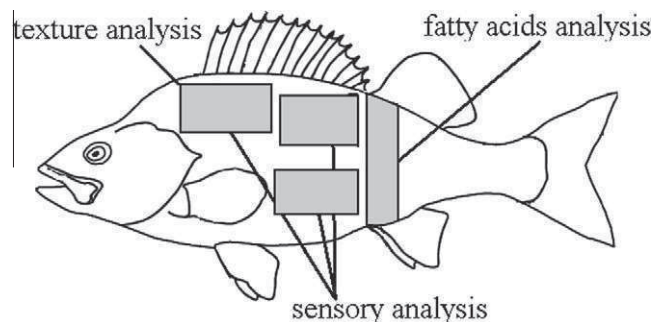


Fig. 1. Sample areas for texture, sensory attributes, and fatty acid analysis in perch.

in an electric oven. To conform to ISO 6658 (2005) and ISO 8589 (2007) no salt, oil, or spices were added. The samples were assessed in a room equipped with individual cubicles to separate panellists from one another (ISO 8589, 2007). Each panellist was provided with purified water, distillate and bread to cleanse the palate. A hedonic consumer test (Martinsdóttir et al., 2009) modified according to Kříž, Buňka, and Hrabě (2007) was used. In this method, panellists were asked to evaluate the intensity of odour, flavour, aftertaste, and consistency and indicate the rating by assigning it a point on a 100 mm unstructured abscissa (0 mm = very good quality; 100 mm = spoiled quality).

### 2.3. Texture analysis

Samples of raw skinned fillets 24 mm in diameter (Fig. 1) were prepared from 20 individuals of each group and stored on ice until analysis. Texture profile analysis (TPA) was conducted using a Texture Analyser TA.XTPlus (Stable Micro Systems, Godalming, England) at a stable temperature of 4.8–5.2 °C. A compression plate 50 mm in diameter was selected. The plate was pressed down onto the fillet at a speed of 2 mm s<sup>-1</sup> until the fillet was compressed to 50% of its original thickness. Samples were allowed to rebound for 15 s with the compression plate just contacting the surface. Data collection and calculations (hardness, springiness, cohesiveness, and gumminess) were carried out using the Texture Expert program, version 1.11 (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, England). Hardness was defined as the maximum force detected during first compression, expressed in grams. Cohesiveness was measured as the ratio of the positive force during the second compression to the positive force during the first compression (Alvarez, Canet, & López 2002). Gumminess is defined as the product of hardness × cohesiveness. Springiness is defined as the ratio of the time or distance from the start of the second area to the second probe reversal over the distance, or the time between the start of the first area and the first probe reversal (Alvarez, Canet, & López, 2002). Cohesiveness, gumminess, and springiness are dimensionless.

### 2.4. Analysis of fatty acids profile

Fillet samples (Fig. 1) prepared from 10 fish of each group were analysed for fatty acid (FA) composition. The lipids were extracted from lyophilised flesh samples using petroleum ether at 4 °C for 24 h. The filtered extract was vaporised at 60 °C under nitrogen to constant weight. Base-catalysed derivation used 40–50 mg of extracted fat, which was dissolved in 1 ml petroleum ether. Then 0.2 ml 2 M KOH in methanol (CH<sub>3</sub>OH) was added, and the sample was incubated for 2 min in a water bath at 60 °C. Subsequently, the sample was neutralised with 0.4 ml 1 M HCl in methanol, diluted with 1 ml petroleum ether and injected into the gas chromatograph. (Javorský & Krečmer 1987). The FA composition was

Table 1

Biometric characteristics of extensively (EC) and intensively farmed perch (IC) ( $n = 40$ ). Abbreviations are standard length (SL), body height (H), body depth (D), body weight (BW) and coefficient of condition (FK).

Parameter	IC	EC
SL (mm)	191.4 ± 7.7	193.8 ± 6.7
H (mm)	53.2 ± 3.1*	57.6 ± 2.9
D (mm)	30.3 ± 2.2	30.3 ± 3.7
BW (g)	141.5 ± 13.2	147.6 ± 15.1
FK	1.4 ± 0.2	1.3 ± 0.2

\* Mean values ( $n = 40$ ) are significantly different at  $p > 0.05$ .

determined by gas liquid chromatography (GLC) using a Varian 4000 GC/MS (Palo Alto, USA) instrument on a capillary column 30 m × 0.25 mm and 0.25 μm film thickness (SUPELCO; USA). Specific FA representation was determined by calculating the peak area for a given acid as a proportion of total peak area for all acids present. The conditions were: initial temperature, 180 °C; heating rate, 2 °C min<sup>-1</sup>; final temperature, 240 °C; injector temperature, 250 °C; detection temperature, 250 °C; carrier gas, helium 1.5 ml min<sup>-1</sup>; sample injection, 1 μl split 10; total time of analysis, 35 min. FAME mix (SUPELCO, USA) was used as a standard.

### 2.5. Calculations

The lipid quality indexes related to ischaemic heart disease risk, including atherogenic index (AI) and thrombogenicity index (TI) were calculated according to Ulbricht and Southgate (1991) using the formulae:

$$AI = [12 : 0 + (4 \times 14 : 0) + 16 : 0] / [(PUFA \ n - 6 + n - 3) + 18 : 1 + \text{other MUFA}]$$

$$TI = [14 : 0 + 16 : 0 + 18 : 0] / [0.5 \times 18 : 1 + 0.5 \times \text{other MUFA} + 0.5 \times n - 6PUFA + 3 \times n - 3 PUFA + (n - 3)PUFA \ n - 6 PUFA]$$

### 2.6. Statistics

Two-way ANOVA was used for evaluation of differences in sensory attributes. Variables were culture method (EC, IC) and panelist (1–11). Data on texture and fatty acid profile were subjected to one-way ANOVA. Data on percentage of fatty acids was arcsin transformed. Homogeneity of variance was tested using Cochran–Hartley–Bartlett test. All analysis was done using Statistica 7.0 (StatSoft CR, Prague, Czech Republic).

## 3. Results

### 3.1. Sensory analysis

No significant differences between IC and EC were found for the four sensory attributes odour, flavour, aftertaste, and consistency. The sensory scores are shown in Fig. 2. Significantly lower values were found in aftertaste compared to other parameters. No aftertaste was detected (value of 0 mm) in 31% of samples of group IC or in 27% of samples of group EC. The results of sensory analysis indicated that the culture system had no effect on sensory attributes.

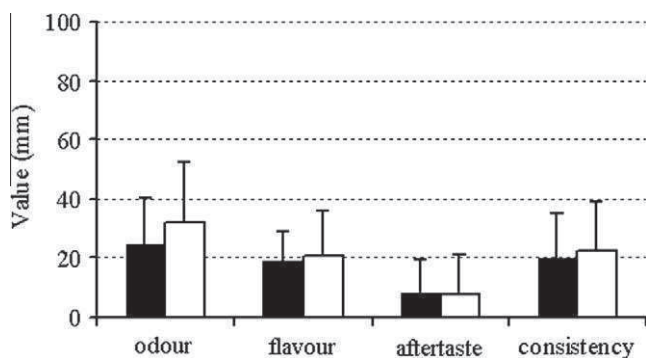


Fig. 2. Sensory attribute analysis of the IC group (black bars) and EC group of perch (open bars) perch. Sensory evaluation (mm) is presented as mean (bars) ± S.D. (whiskers). \*Significant difference ( $p < 0.05$ ),  $n = 33$ .

### 3.2. Texture analysis

In contrast to sensory analysis, the texture profile analysis revealed significant differences between groups in hardness, springiness, cohesiveness, and gumminess (Fig. 3). Differences between groups of up to 46% and 29% were found for gumminess and hardness, respectively. The lowest differences were found for springiness (12%) and cohesiveness (13%). The results of the texture profile analysis indicated that the intensive culture system has a strong effect on the fish flesh texture (lower levels of all texture parameters of IC group).

### 3.3. Fatty acid profiles

The total amount of saturated fatty acids (SFA) was significantly higher in the EC group. Palmitic acid (C16:0) was the predominant SFA, and their relative content was significantly higher in EC group (Table 2). Myristic acid (C14:0) and stearic acid (C18:0) were also present at high levels. Other SFAs, including *iso* and *anteiso* isomers, made up less than 1% of the total FA. However, some of these lower content FAs showed differences between groups reaching as high as 85% (*iso* C17:0).

The total monounsaturated fatty acid (MUFA) level was higher in IC than EC with a difference of 5%. Oleic acid (C18:1  $n-9$ ) was the predominant MUFA in both groups with a difference in relative content between EC and IC group of 22%. The greatest differences in levels of individual MUFA between groups were observed for oleic (22%), vaccenic acid (18:1  $n-7$ ) (44%), and erucic acid (22:1  $n-11$ ) (81%).

No difference was found in the total polyunsaturated fatty acid (PUFA) between groups. Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6  $n-3$ ) was the predominant PUFA, and no difference in relative content was found between EC and IC groups. The greatest differences in the content of individual PUFAs between groups were observed for linoleic (LA, 18:2  $n-6$ ) (65%), alpha-linolenic acid (αLA, 18:3  $n-3$ ) (65%) and arachidonic acid (20:4  $n-6$ ) (83%). EC showed 20% more  $n-3$  FA. On the other hand, the IC group showed 39% more  $n-6$  FA. There was also a significant difference between groups ( $p > 0.001$ ) in  $\sum n-3 : \sum n-6$  ratio in contrast to the EPA:DHA ratio, which was not influenced by the culture method.

There was a significant difference ( $p > 0.001$ ) in the atherogenic index, which was calculated as  $0.41 \pm 0.02$  for EC and  $0.45 \pm 0.02$  for IC. No significant difference between groups was found in the thrombogenicity index, which reached  $0.25 \pm 0.01$  for EC and  $0.26 \pm 0.01$  for IC.

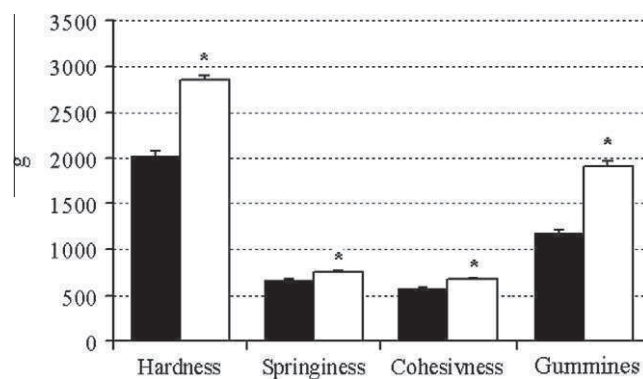


Fig. 3. Instrumental texture analysis of the IC group (black bars) and the EC group of perch (open bars) perch. Data on hardness is expressed as gram (g). Springiness, cohesiveness, and gumminess are dimensionless. \*Significant difference ( $p < 0.05$ ),  $n = 20$ .

**Table 2**

Fatty acid profiles of extensively (EC) and intensively (IC) cultured perch. Data are expressed as percentages of total fatty acids and mean  $\pm$  S.D. is presented ( $n = 10$ ); nd = not defined.

Fatty acid	EC	IC
C12:0	0.05 $\pm$ 0.02	0.04 $\pm$ 0.01
C13:0	0.03 $\pm$ 0.02	nd
iso C14:0	0.05 $\pm$ 0.02	0.08 $\pm$ 0.04
C14:0	2.25 $\pm$ 0.32	3.88 $\pm$ 0.30
iso C15:0	0.61 $\pm$ 0.08 <sup>†</sup>	0.14 $\pm$ 0.01
anteiso C15:0	0.11 $\pm$ 0.02 <sup>†</sup>	0.02 $\pm$ 0.02
C15:0	0.79 $\pm$ 0.05 <sup>†</sup>	0.37 $\pm$ 0.03
iso C16:0	0.29 $\pm$ 0.04 <sup>†</sup>	0.08 $\pm$ 0.01
C16:0	17.79 $\pm$ 0.70 <sup>†</sup>	16.98 $\pm$ 0.67
iso C17:0	0.90 $\pm$ 0.13 <sup>†</sup>	0.13 $\pm$ 0.04
anteiso C17:0	0.57 $\pm$ 0.08 <sup>†</sup>	0.19 $\pm$ 0.10
C17:0	0.69 $\pm$ 0.05	0.20 $\pm$ 0.02
iso C18:0	0.07 $\pm$ 0.01	0.10 $\pm$ 0.01 <sup>†</sup>
C18:0	3.41 $\pm$ 0.40 <sup>†</sup>	1.58 $\pm$ 0.28
C20:0	0.12 $\pm$ 0.01 <sup>†</sup>	0.01 $\pm$ 0.02
C22:0	0.01 $\pm$ 0.02	nd
C24:0	0.12 $\pm$ 0.05	nd
Total SFs	27.86 $\pm$ 0.98 <sup>†</sup>	23.91 $\pm$ 1.02
C14:1	0.30 $\pm$ 0.06	0.36 $\pm$ 0.05 <sup>†</sup>
C15:1	0.25 $\pm$ 0.05 <sup>†</sup>	0.04 $\pm$ 0.02
C16:1	9.64 $\pm$ 0.80	10.05 $\pm$ 1.13
C18:1 <i>n</i> -9	17.24 $\pm$ 1.13	22.20 $\pm$ 1.17 <sup>†</sup>
C18:1 <i>n</i> -7	3.84 $\pm$ 0.28	2.16 $\pm$ 0.07
C18:1	0.13 $\pm$ 0.02	0.16 $\pm$ 0.01 <sup>†</sup>
C20:1	0.33 $\pm$ 0.08	0.29 $\pm$ 0.04
C20:1 <i>n</i> -9	0.70 $\pm$ 0.13	1.64 $\pm$ 0.21 <sup>†</sup>
C22:1 <i>n</i> -11	0.12 $\pm$ 0.07	0.64 $\pm$ 0.16 <sup>†</sup>
C22:1 <i>n</i> -9	0.05 $\pm$ 0.03	0.10 $\pm$ 0.02 <sup>†</sup>
C22:1	0.03 $\pm$ 0.03	nd
total MUFs	32.63 $\pm$ 1.90	37.64 $\pm$ 1.95 <sup>†</sup>
C16:2	nd	0.09 $\pm$ 0.07
C16:2 <i>n</i> -4	0.67 $\pm$ 0.04	0.79 $\pm$ 0.06
C16:3 <i>n</i> -4	1.22 $\pm$ 0.10 <sup>†</sup>	0.74 $\pm$ 0.05
C16:3	0.37 $\pm$ 0.13 <sup>†</sup>	0.05 $\pm$ 0.01
C16:4	0.62 $\pm$ 0.13	0.54 $\pm$ 0.09
C18:2	0.23 $\pm$ 0.03	0.31 $\pm$ 0.01 <sup>†</sup>
C18:2 <i>n</i> -6	4.80 $\pm$ 0.85	13.84 $\pm$ 1.55 <sup>†</sup>
C18:3 <i>n</i> -6	0.35 $\pm$ 0.02 <sup>†</sup>	0.21 $\pm$ 0.02
C18:3	0.24 $\pm$ 0.02 <sup>†</sup>	0.10 $\pm$ 0.02
C18:3 <i>n</i> -3	5.12 $\pm$ 0.81 <sup>†</sup>	1.77 $\pm$ 0.14
C18:4 <i>n</i> -3	0.72 $\pm$ 0.06	0.93 $\pm$ 0.08
C18:4	0.03 $\pm$ 0.03	0.11 $\pm$ 0.01
C20:2	0.39 $\pm$ 0.12 <sup>†</sup>	0.29 $\pm$ 0.02
C20:3	0.80 $\pm$ 0.08 <sup>†</sup>	0.22 $\pm$ 0.22
C20:4 <i>n</i> -6	3.22 $\pm$ 0.24 <sup>†</sup>	0.55 $\pm$ 0.05
C20:4 <i>n</i> -3	0.94 $\pm$ 0.10 <sup>†</sup>	0.51 $\pm$ 0.02
C20:4	nd	0.04 $\pm$ 0.01
C20:5 <i>n</i> -3 (EP)	5.12 $\pm$ 0.23 <sup>†</sup>	4.56 $\pm$ 0.40
C22:2	nd	nd
C22:4	0.56 $\pm$ 0.31 <sup>†</sup>	0.19 $\pm$ 0.02
C22:5 <i>n</i> -6	0.92 $\pm$ 0.13 <sup>†</sup>	0.24 $\pm$ 0.02
C22:5 <i>n</i> -3	1.97 $\pm$ 0.14 <sup>†</sup>	1.24 $\pm$ 0.13
C22:6 <i>n</i> -3 (DH)	11.51 $\pm$ 1.96	11.31 $\pm$ 1.65
Totl PUFs	39.81 $\pm$ 2.15	38.65 $\pm$ 1.15
$\sum n-3$	25.39 $\pm$ 1.84 <sup>†</sup>	20.32 $\pm$ 1.69
$\sum n-6$	8.94 $\pm$ 0.71	14.63 $\pm$ 1.52
$\sum n-3$ : $\sum n-6$	2.85 <sup>†</sup>	1.42
EP:DH	0.46	0.41

<sup>†</sup>  $p > 0.05$ .

#### 4. Discussion

Cultured fish tend to have a milder, less robust flavour than wild fish, which has been related to differences in muscle structure and proximate composition as well as in aromatic compounds that impart flavours (Grigorakis, Taylor, & Alexis, 2003; Periagó et al., 2005). This was not confirmed in the present study. On the contrary, no significant differences were found in the sensory profiles (odour, flavour, aftertaste, texture) of the experimental groups, in agreement with reports on yellow perch (*Perca flavescens*)

(Delwiche & Liggett 2004; Lindsay 1980), Atlantic salmon (*Salmo salar*) (Farmer et al., 1995), and seabream (Orban et al., 1997). In the present study odour was assessed, and no differences between the groups IC and EC were found. A similar comparative study of Common dentex showed less fresh odour and flavour for cultured fish (Cakli, Dincer, Cadun, Firat, & Saka, 2005). According to Lindsay (1980), the intensity of aftertaste appeared to be the factor the most influenced overall preference for a product. In the present study, no aftertaste was detected in 7 of 33 samples of IC or in 6 of 33 samples of EC fish, which was the highest score of all attributes. Aftertaste reported in cultured fish flesh is identified to be the result of geosmin and 2-methylisoborneol (Selli, Prost, & Serot, 2009; Yamprayoon & Noohorm, 2000). Prost, Sérot, & Demaimay (1998) identified 24 potential odorants which can influence taste or after-taste in intensively cultured fish. The fat in fish flesh has been reported to affect the sense of flavour and the general sensation of cooked flesh in the mouth as well as odour (Dunajski 1979; Grigorakis et al., 2003; Periago et al., 2005). No differences were found in the consistency of cooked fillets in the present study. On the other hand, some studies have reported significant differences between intensively and extensively cultured fish in non-instrumentally assessed texture (with preference for extensively cultured or wild) (Farmer, McConnell, & Kilpatrick, 2000; Sveinsdottir et al., 2009).

Texture is a complex trait involving parameters of hardness, springiness, cohesiveness, gumminess, and mouth feel (Haard, 1992). Generally, consumers prefer firm and elastic fish flesh (Rasmussen, 2001). Depending upon storage time and nutritional state, among other factors, fish flesh can vary in firmness. The results of instrumental texture measurements of raw perch fillets showed significant differences between culture systems. A significantly better score was observed for hardness in the EC group. These results are consistent with data on salmon and sea bass (Johnston et al., 2006; Periagó et al., 2005; Veiseth-Kent et al., 2010). On the other hand, no significant difference was found by 11 trained panellists in the consistency of cooked fillets, suggesting that there is variability between instrument evaluated and subjective analysis of texture. This may be affected by fibre, which is not a factor in texture of cooked fish, whereas it is important in raw fish (Foegeding, Lanier, & Hultin, 1996). Likewise, the differences between groups in springiness and cohesiveness were significant, but differences in absolute values were small in comparison to values of hardness and gumminess.

To summarise, there were significant differences in all attributes of instrumentally assessed flesh texture with the EC group found to be superior. These results are in agreement with data on sea bass (Periagó et al., 2005). Flesh texture is influenced by many factors, including the structure of the muscle and the properties of its components, in particular the myofibrillar and connective tissue proteins and fat (Johnston et al., 2006). According to Rasmussen and Ostenfeld (2000), growth rate has a significant impact on the content of muscle fibre, and, therefore, potentially influences flesh texture (Johnston, 1999). This may have influenced results of instrumental texture analysis in our study, since fish groups differed in age (1+ vs. 3+). The investigation of Fauconneau, Alami-Durante, Laroche, Marcel, and Vallot (1995) showed that fat content has an important effect on texture, and increasing the fat content leads to a softening of the flesh. Similarly, studies on gilthead seabream (Orban et al., 1997) and rainbow trout (Andersen, Thomassen, & Rorå, 1997) have shown that, as the fat content increases, the resistance to instrumental compression decreases in raw fillets. This may have influenced the texture parameters in the present study, since higher fat content in cultured perch has been reported (Jankowska et al., 2007; Mariesse et al., 2006; Stejskal et al., 2009; Jankowska et al., 2010).

In many cases, the FA profiles reflected the diet composition. The results of fatty acid profiles obtained in this study are similar to those reported for perch by other authors, where fatty acid profiles differed in wild and farmed fish. We reported a wider spectrum of FA, including *iso* and *anteiso* isomers, in comparison to other authors such as Mariesse et al. (2006), Jankowska et al. (2010), and Gonzales et al. (2006).

Total SFA was higher for EC group in the present study, in agreement with other authors (Alasalvar, Taylor, Zubcov, Shahidi, & Alexis, 2002; Fuentes, Fernandez-Segovia, Serra, & Barat, 2010; Gonzales et al., 2006; Mariesse et al. 2006; Oku et al., 2009). On the other hand, Jankowska et al. (2010) found no difference in SFA between wild and reared perch. Palmitic acid (PA) was the predominant SFA in all samples, and no difference in the relative content was found between EC and IC. However, Mariesse et al. (2006) reported a higher content of PA, and a difference of about 2% between intensively and extensively reared perch. Palmitic acid has been identified as the dominant SFA in other species (Alasalvar et al., 2002; Fuentes et al. 2010; Gonzales et al., 2006; Mariesse et al., 2006; Oku et al., 2009; Saglik, Guven, Gezgin, Alpaslan, & Tekinay, 2007). The palmitic acid content is also reported to increase with the level of domestication in perch (Mariesse et al., 2007). Differences in the content of myristic acid and stearic acid show similar patterns to earlier studies (Jankowska et al., 2010; Mariesse et al., 2006).

Recent studies have shown some *iso* and *anteiso* FAs to inhibit growth of some cancer cell lines both *in vitro* and *in vivo* (Wongtangintharn, Oku, Iwasaki, & Toda, 2004; Yang et al., 2000), and their use as a potential anti-cancer agent is discussed (Lock & Bauman, 2004). In the EC group, similar proportions of *iso* and *anteiso* SFAs as those found in wild coregonids (Kaitaranta & Linko, 1979) suggests that perch flesh is a good source of these SFAs. However, very little published information about fish flesh and its content of *iso* and *anteiso* SFAs is available.

Higher total amounts of MUFA in the IC group (difference 5%) is in accordance with other studies (Fuentes et al., 2010; Jankowska et al., 2010; Mariesse et al., 2006; Saglik et al., 2007). However, Mariesse et al. (2006) reported smaller differences (2.5%) between groups and markedly lower content of MUFA (16.5% in wild and 19.0% in IC) than observed in our study. Jankowska et al. (2010) reported MUFA content of IC perch similar to that seen in our study. This inconsistency may be the result of feed used or analytical techniques. Oleic acid was identified as the major MUFA in both groups. The difference observed in the relative content between EC and IC could reflect its content in the feed used. We found higher levels of these FAs in both groups in comparison to other studies on perch (Jankowska et al., 2010; Mariesse et al., 2006).

No difference between groups in the content of PUFA was seen in the present study, in contrast to a study by Jankowska et al. (2010) reporting higher levels of PUFA in wild perch. Conversely, Mariesse et al. (2006) reported higher PUFA content in IC perch. The  $\sum n-3:\sum n-6$  ratio is reported to be lower in farmed fish than in wild fish (Fuentes et al., 2010; Oku et al., 2009; Saglik et al., 2007), probably as a result of replacement of fish oils with vegetable oils in the feed. This was confirmed in the present study. The ratio of  $\sum n-3:\sum n-6$  fatty acids was higher in the EC group than in IC, indicating that pond aquaculture provided a good source of PUFA  $n-3$ . This suggests a reduction in the nutritional quality of the lipid components in cultured perch. The linoleic acid content found in the present study was higher (IC group) than that reported by Jankowska et al. (2010), as was the differences between groups (3-fold higher content of LA in the IC than in EC). Mariesse et al. (2006) reported lower content of LA in intensively cultured perch, and no difference in LA content between wild and cultured perch. Based on the present study, IC perch can be considered a good source of LA. Both methods of rearing perch (EC, IC) can be

considered to produce a good source of DHA, which was detected as the major PUFA with similar content in both groups. Jankowska et al. (2010) reported similar results, but with higher content in both groups. However, Mariesse et al. (2006) reported significantly higher DHA content in intensively cultured perch. Other authors have found higher levels of eicosapentaenoic acid than those seen in our study, with no differences between culture systems (Jankowska et al., 2010; Mariesse et al., 2006). The present study showed the EC group to be a better source of EPA than IC. The EPA:DHA ratio found in the present study is consistent with that in wild and cultured perch (Mariesse et al., 2006; Jankowska et al., 2010), but differs from that determined for sea bass (Fuentes et al., 2010). The lipid quality indexes (AI, TI) in the present study reached similar values to those reported by Jankowska et al. (2010) for perch. These indices indicate a general dietetic quality of lipids and their impact on the development of coronary disease (Cahu, Salen, & de Lorgeril, 2004; Ulbricht and Southgate, 1991). These values are lower than those found in beef or chicken, indicating that farmed fish can be considered healthful food in terms of the risk of cardiovascular diseases (Ulbricht and Southgate, 1991).

We conclude that intensive culture of perch in recirculating systems using formulated feed has no impact on sensory parameters, especially for aftertaste. However, fillet texture is clearly influenced by the rearing system. On the other hand, fillets of intensively cultured perch can be considered a possible good source of some beneficial FAs including LA, EPA, and DHA. Fillets of extensively cultured perch can be considered sources of *iso* and *anteiso* FA, aLA, EPA, and DHA.

## Acknowledgements

This work was supported by MSM Project (No. 6007665809), NAZV Projects (No. QH 71 011 and QI101C033), GAJU Project (No. 047/2010/Z) and Research Centre CENARVA (CZ.1.05/2.1.00/01.0024).

## References

- Alasalvar, C., Taylor, K. D. A., Zubcov, E., Shahidi, F., & Alexis, M. (2002). Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): Total lipid content, fatty acid and trace mineral composition. *Food Chemistry*, 79, 145–150.
- Alvarez, M. D., Canet, W., & López, M. E. (2002). Influence of deformation rate and degree of compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis. *European Food Research and Technology*, 215, 13–20.
- Andersen, U. B., Thomassen, M. S., & Rørå, A. M. B. (1997). Texture properties of farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Effects of diet, muscle fat content at time of storage on ice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 347–353.
- Cahu, C., Salen, P., & de Lorgeril, M. (2004). Farmed and wild fish in the prevention of cardiovascular diseases: Assessing possible differences in lipid nutritional values. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 14, 34–41.
- Cakli, S., Dincer, T., Cadun, A., Firat, K., & Saka, S. (2005). Quality characteristics of wild and cultured common dentex (*Dentex dentex*, Linnaeus 1758). *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 56, 104–108.
- Delwiche, J. F., & Liggett, R. E. (2004). Sensory preference and discrimination of wild-caught and cultured yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of Food Science*, 69, Q144–7.
- Dunajski, E. (1979). Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 10, 301–318.
- Farmer, L., McConnell, J. M., Hagan, T. D., & Harper, D. B. (1995). Flavour and off-flavour in farmed and wild Atlantic salmon from locations around Northern Ireland. *Water Science and Technology*, 31, 259–264.
- Farmer, L. J., McConnell, J. M., & Kilpatrick, D. J. (2000). Sensory characteristics of farmed and wild Atlantic salmon. *Aquaculture*, 187, 105–125.
- Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, J., & Vallot, D. (1995). Growth and meat quality relations in carp. *Aquaculture*, 129, 265–297.
- Fiogbé, E. D., & Kestemont, P. (2003). Optimum daily ratio for Eurasian perch *Perca fluviatilis* L. Reared at its optimum growing temperature. *Aquaculture*, 216, 234–252.
- Foegeding, E. A., Lanier, T. C., & Hultin, H. O. (1996). Characteristics of edible muscle tissues. In O. R. Fennema (Ed.), *Food Chemistry* (pp. 879–942). NY: Marcel Dekker Inc..
- Fontaine, P. (2009). Development of European inland fish culture and domestication of new species. *Cahiers Agricultures*, 18, 144–147.

- Fontaine, P., & Kestemont, P. (2008). Preface. In P. Fontaine, P. Kestemont, F. Teletchea, & N. Wang (Eds.), *Percid fish culture – From research to production* (pp. 8). Belgium: Namur.
- Fuentes, A., Fernandez-Segovia, I., Serra, J. A., & Barat, J. M. (2010). Comparison of wild and cultured sea bass (*Dicentrarchus labrax*) quality. *Food Chemistry*, *119*, 1514–1518.
- Gonzales, S., Flick, G. J., ÓKeefe, S. F., Duncan, S. E., McLean, E., & Craig, S. R. (2006). Composition of farmed and wild yellow perch (*Perca flavescens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, *19*, 420–426.
- Grigorakis, K., Taylor, K. D. A., & Alexis, M. N. (2003). Organoleptic and volatile aroma compounds comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*): Sensory differences and possible chemical basis. *Aquaculture*, *225*, 109–119.
- Haard, N. F. (1992). Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. *Food Research International*, *25*, 289–307.
- Jankowska, B., Zakeš, Z., Zmijewski, T., & Szczepkowski, M. (2010). Fatty acid profile of muscles, liver and mesenteric fat in wild and reared perch (*Perca fluviatilis* L.). *Food Chemistry*, *118*, 764–768.
- Jankowska, B., Zakeš, Z., Zmijewski, T., Szczepkowski, M., & Kowalska, A. (2007). Slaughter yield, proximate composition, and flesh colour of cultivated and wild perch (*Perca fluviatilis* L.). *Czech Journal of Animal Science*, *52*, 260–267.
- Javorský, P., & Krečmer, F. (1987). Chemické rozbor v zemědělských laboratořích. Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 2 díl, 4 část, 90–94. (in Czech).
- Jobling, M. (2001). Nutrient partitioning and influence of feed composition on body composition. In D. Houlihan, T. Boujard, & M. Jobling (Eds.), *Food intake in fish* (pp. 354–375). Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Johnston, I. A. (1999). Muscle development and growth: Potential implications for flesh quality in fish. *Aquaculture*, *177*, 99–115.
- Johnston, I. A., Li, X., Vieira, V. L. A., Nickell, D., Dingwall, A., Alderson, R., et al. (2006). Muscle and flesh quality traits in wild and farmed Atlantic salmon. *Aquaculture*, *256*, 323–336.
- Kaitaranta, J. K., & Linko, R. R. (1979). Fatty acids of a whitefish (*Coregonus albula*) flesh lipids. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *30*, 921–926.
- Kříž, O., Buňka, F., & Hrabě, J. (2007). *Sensorická analýza potravin II*. Tomas Bata University in Zlín. (in Czech): Statistické metody. Zlín.
- Lindsay, R. C. (1980). Comparative sensory analysis of aquacultured and wild yellow perch (*Perca flavescens*) filets. *Journal of Food Quality*, *3*, 283–289.
- Lock, A. L., & Bauman, D. E. (2004). Modifying milk fat composition of dairy cows to enhance milk fatty acids beneficial to human health. *Lipids*, *39*, 1197–1206.
- Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J. N., & Brun-Bellut, J. (2006). Effects of geographic source, rearing system, and season on the nutritional quality of wild and farmed *Perca fluviatilis*. *Lipids*, *41*, 221–229.
- Mairesse, G., Thomas, M., Gardeur, J. N., & Brun-Bellut, J. (2007). Effects of dietary factors, stocking biomass and domestication on the nutritional and technological quality of the Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture*, *262*, 86–94.
- Martinsdóttir, E., Schelvis, R., Hyldig, G., & Sveinsdóttir, K. (2009). Sensory evaluation of seafood: Methods. In H. Rehbein & J. Oehlenschläger (Eds.), *Fishery products quality, safety and authenticity* (pp. 411–440). Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Mélard, C., Kestemont, P., & Grinard, J. C. (1996). Intensive culture of juvenile and adult Eurasian perch (*Perca fluviatilis*): Effect of major biotic and abiotic factor on growth. *Journal of Applied Ichthyology*, *12*, 175–180.
- Oku, T., Sugawara, A., Choudhury, M., Komatsu, M., Yamada, S., & Ando, S. (2009). Lipid and fatty acid compositions differentiate between wild and cultured Japanese eel (*Anguilla japonica*). *Food Chemistry*, *115*, 436–440.
- Orban, E., Sinesio, F., & Paoletti, F. (1997). The functional properties of proteins, texture and sensory characteristics of frozen sea bream (*Sparus aurata*) from different farming system. *Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie*, *30*, 214–217.
- Periagó, M. J., Ayala, M. D., López-Albors, O., Abdel, I., Martínez, C., García-Alcázar, A., et al. (2005). Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass *Dicentrarchus labrax* L. *Aquaculture*, *249*, 175–188.
- Prost, C., Sérot, T., & Demaimay, M. (1998). Identification of the most potent odorants in wild and farmed cooked turbot (*Scophthalmus maximus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *46*, 3214–3219.
- Rasmussen, R. S., & Ostensfeld, T. H. (2000). Influence of growth rate on white muscle dynamics in rainbow trout and brook trout. *Journal of Fish Biology*, *56*, 1548–1552.
- Rasmussen, R. S. (2001). Quality of farmed salmonids with emphasis on proximate composition, yield and sensory characteristics. *Aquaculture Research*, *32*, 767–786.
- Saglik, S. A., Guven, K. C., Gezgin, T., Alpaslan, M., & Tekinay, A. (2007). Comparison of fatty acid contents of wild and cultured rainbow trout *Onchorhynchus mykiss* in Turkey. *Fisheries Science*, *73*, 1195–1198.
- Selli, S., Prost, C., & Serot, T. (2009). Odour-active and off-odour components in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) extracts obtained by microwave assisted distillation–solvent extraction. *Food Chemistry*, *114*, 317–322.
- Stejskal, V., Kouril, J., Policar, T., Hamackova, J., & Musil, J. (2009). The growth pattern of all-female perch (*Perca fluviatilis* L.) juveniles – is monosex perch stock beneficial? *Journal of Applied Ichthyology*, *25*, 432–437.
- Sveinsdóttir, K., Martinsdóttir, E., Green-Petersen, D., Hylding, G., Schelvis, R., & Delahunty, C. (2009). Sensory characteristics of different product related to consumer preferences and attitudes. *Food Quality and Preference*, *20*, 120–132.
- Ulbricht, T. L. V., & Southgate, D. A. T. (1991). Coronary disease seven dietary factors. *Lancet*, *338*, 985–992.
- Weiseth-Kent, E., Hildrum, K. I., Ofstad, R., Rørå, M. B., Lea, P., & Rødbotten, M. (2010). The effect of postmortem processing treatments on quality attributes of raw Atlantic salmon (*Salmo salar*) measured by sensory and instrumental methods. *Food Chemistry*, *121*, 275–281.
- Watson, L. (2008). The European market for perch (*Perca fluviatilis*). In P. Fontaine, P. Kestemont, F. Teletchea, & N. Wang (Eds.), *Percid fish culture – From research to production* (pp. 10–14). Belgium: Namur.
- Wongtangintharn, S., Oku, H., Iwasaki, H., & Toda, T. (2004). Effect of branched-chain fatty acids on fatty acid biosynthesis of human breast cancer cells. *J Nutritional Science and Vitaminology*, *50*, 137–143.
- Xu, X., & Kestemont, P. (2002). Lipid metabolism and FA composition in tissues of Eurasian perch *Perca fluviatilis* as influenced by dietary fats. *Lipids*, *37*, 297–304.
- Xu, X. L., Fontaine, P., Mélard, C., & Kestemont, P. (2001). Effects of dietary fat levels on growth, feed efficiency and biochemical compositions of Eurasian perch *Perca fluviatilis*. *Aquaculture International*, *9*, 437–449.
- Yamprayoon, J., & Noohorm, A. (2000). Geosmin and off-flavour in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *9*, 29–41.
- Yang, Y., Shangpei, L., Chen, X., Chen, H., Huang, M., & Zheng, J. (2000). Induction of apoptotic cell death and *in vivo* growth inhibition of human cancer cells by a saturated branched-chain fatty acid, 1,3-Methyltetradecanoic acid. *Cancer Research*, *60*, 505–509.

**The impact of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*, L.) flesh**

Journal:	<i>International Journal of Food Properties</i>
Manuscript ID:	LJFP-2010-0257
Manuscript Type:	Original Article
Date Submitted by the Author:	01-Jul-2010
Complete List of Authors:	Vacha, Frantisek; University of South Bohemia, Institute of Aquaculture
Keywords:	freezing, fish, textural properties, hardness, texture profile analysis



# The impact of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*, L.) flesh

Frantisek Vacha<sup>1</sup>, Milos Cepak<sup>2</sup>, Martin Urbanek<sup>3</sup>, Pavel Vejsada<sup>1</sup>, Petr Hartvich<sup>1</sup> and Michael Rost<sup>3</sup>

<sup>1</sup> University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Fisheries and Protection of Waters, Institute of Aquaculture, Branisovska1645/31a, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic.

<sup>2</sup> University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of Agriculture, Studentska 13, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic.

<sup>3</sup> Fishery Associaton of the Czech Republic, Prazska 495/58, 371 38 Ceske budejovice, Czech Republic

<sup>4</sup> Departments of Applied Mathematics and Informatics, Faculty of Economics, University of South Bohemia, 370 05 Ceske Budejovice, Czech Republic.

## ABSTRACT

The aim of the work was to measure and confirm changes in the qualitative properties of frozen carp flesh (*Cyprinus carpio* L.), during 84 days storage at -20 °C, using texture profile analysis, focused on hardness, cohesiveness and springiness. Hardness in fresh fish was 2.908 kg, in fish stored 28 days – 1.238 kg, 56 days – 0.505 kg and 84 days – 0.491 kg. Cohesiveness in fresh fish was 0.838, after 28 days – 0.740, 56 days – 0.720 and 84 days – 0.712. Springiness in fresh fish was 0.682, after 28 days – 0.625, 56 days – 0.577 and 84 days – 0.534. The texture profile analysis effect was determined by several regression and linear models. It is possible to calculate a certain time period in which changes develop up to the level of 50% of deterioration - in hardness 17.5 days and in cohesiveness 12.9 days, as this was proven to a defined significance level ( $P > 0.01$ ). Only changes in springiness showed a linear progression in the level of 0.00175 for each day. Studies have shown that the intensity of the most important changes in textural properties occur



1  
2  
3 during the initial 56 days after freezing. From that to 84 days of storage the changes continue at a  
4  
5 lesser rate.  
6  
7  
8  
9

10 *Keywords* : Freezing; Storage; Textural properties; Hardness; Carp; TPA  
11  
12  
13

## 14 15 **1. INTRODUCTION**

16  
17 The aim of this study was to identify, through a more detailed knowledge of texture  
18 changes, the chronological succession of hardness, cohesiveness and springiness in stored fish  
19 flesh at households during commonly recommended term of three months. Due to the amount of  
20 fish consumed and processed in Europe, an enhancement of quality provides a competitive edge  
21 over periods of distribution chain and household storage. Defined steady temperature had been  
22 selected to eliminate highly different temperature changes to which the product is exposed, case by  
23 case, during its storage in retail, transport and the consumer household. There is comparatively  
24 little information on what happens following purchase by the consumer during storage in a  
25 domestic freezer and the effect of storage conditions on food quality [1]. Fish processing spans a  
26 wider geographical area and the carp fish species chosen for the study are mainly representative of  
27 Asia, Central and Eastern European regions. An understanding of the changes leads to more  
28 efficient utilization of fish and knowledge of the textural parameters in fish flesh is an important  
29 item for evaluation of safe and proper distribution methods from processing through the market to  
30 a consumer [2].  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49

50 The advantages of food preservation by freezing with minimum change of organoleptic  
51 properties are, to a certain extent, counterbalanced by the textural changes within the tissue. It is  
52 well known that the crystallisation of ice has two steps: the first is the formation of nuclei and the  
53 second is the later growth of the nuclei to a specific crystal size. Rapid freezing leads to a superior  
54 food quality comparing to that obtained by slow freezing which may cause severely damaging  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1 intracellular ice crystallisation [3, 4, 5]. Freezing preservation offers great logistical advantages,  
2 which are required for the handling of fish fillets [6] and storage of fish in household facilities.  
3  
4 Some [7, 8, 9] mentioned three deterioration phenomena that are often closely related: mechanical  
5  
6 damage, denaturation of muscle proteins and loss of water-holding capacity. These effects have  
7  
8 been widely demonstrated in many fish species, like cod, haddock, hake, Alaska pollock and  
9  
10 tilapia [10, 11, 12, 13]. It is known that post-mortem textural changes are caused directly or  
11  
12 indirectly by physicochemical changes in myofibrillar proteins and changes in extracellular  
13  
14 structure such as loss of fibre compaction and increase of extracellular space between fibres [14,  
15  
16 15, 16]. Rheological properties and other parameters commonly cited are white stripes  
17  
18 (connective tissue), bloodstains and marbling [17, 18, 19] as the fish muscle is made up of millions  
19  
20 of fibres arranged in short segments or blocks [20].  
21  
22

23  
24  
25  
26  
27  
28 The texture of fish flesh may be measured by an instrumental method, such as texture  
29  
30 profile analysis which is effective in food texture assessment [21, 22]. Double compression makes  
31  
32 it possible to perform a texture profile analysis (TPA) from a plot of force-time curves [23, 24].  
33  
34 Many attempts have been made to correlate physical measurements with sensory evaluation of  
35  
36 texture [25, 26, 27]. The reproducibility of texture measurements may be affected by sampling  
37  
38 technique because of the heterogeneity of the fish fillets [25, 28, 19], especially in carp for its  
39  
40 content of muscle bones within muscle tissue. Despite substantial research accomplished [5, 6, 29,  
41  
42 30 and others], there is little satisfactory or coherent explanation for qualitative alteration during  
43  
44 the longer term storage in frozen carp flesh.  
45  
46  
47  
48  
49  
50

## 51 2. MATERIAL AND METHODS

### 52 2.1. Experimental material

53  
54  
55  
56 The fish - common carp (*Cyprinus carpio*, L.) - were cultured in one collective earth pond  
57  
58 at the farming facilities of the Fisheries Třeboň Ltd., Czech Republic and sampled in September  
59  
60 2009. The fish were reared on the basis of natural food (plankton and benthos in the pond) and

1  
2 supplemented by cereal feeding (rye). The fish were of  $2500 \pm 100$  g in live weight,  $450 \pm 10$  mm  
3  
4 in length,  $140 \pm 10$  mm in width and the age was 3 years. Carp were caught, immediately stunned  
5  
6 by head blow, bled, eviscerated, cleaned and manually filleted. Each fillet was cut into 4 parts  
7  
8 (locality 1-4, Fig. 1). The fresh fillets were placed in moisture-impermeable polyethylene bags.  
9  
10 One group of fresh samples (A) was used immediately for measuring and other samples were  
11  
12 frozen in a Sabroe compartment (Denmark) on horizontal steel plates. The temperature decreased  
13  
14 instantly to the target freezing temperature of  $-40$  °C; a temperature of  $-10$  °C being reached in  
15  
16 about 8 minutes and in 45 minutes the temperature reached  $-40$  °C ( $35 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ ). Then the fish  
17  
18 were stored in a freezing box at  $-20$  °C for specific times of 28 days (B), 56 days (C) and 84 days  
19  
20 (D). The temperature in the freezer and freezing box was monitored by a temperature logger type  
21  
22 S0110, range  $-40$  to  $+80$  °C (Comet system Ltd., Czech Republic) and the data was collected with  
23  
24 an acquisition rate of one measurement per five seconds. The flesh pH was monitored using a pH  
25  
26 Tester 20, range 1.00 to 15.00 (Chromservis Ltd., Czech Republic). Changes in pH values are not  
27  
28 discussed in this paper. For texture measurements, the samples were kept at round  $16.5$  °C (Tab.  
29  
30 2) for 12 hours to allow them to unify and integrate well before measurements. The temperature  
31  
32 of the fish fillets while outside of the freezing box was monitored by a thermometer Testo 106,  
33  
34 range  $-50$  to  $+275$  °C (Testo Ltd., Czech Republic). Texture profile analyses measurements were  
35  
36 performed on the flesh located above the lateral line (Fig.1).  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43

## 44 2.2. Basic chemical analyses

45  
46 For basic chemical composition we determined three descriptors: Content of dry matter in  
47  
48 flesh – DM, crude proteins – CP, crude fat – CF. The DM content was determined gravimetrically  
49  
50 following the reference method (Czech Standard No. 57 6021) for determination of moisture  
51  
52 content in flesh after drying the sample with sand down to constant weight at  $103 \pm 2$  °C. The CP  
53  
54 content was determined as the amount of organically bonded nitrogen (recalculating coefficient  $f_1$   
55  
56 = 6.25) using a semiautomatic analyzer Kjeltac System (Tecator, Sweden) with the method  
57  
58 following the recommendations of the producer. The content of CF was determined  
59  
60

1  
2 quantitatively by extraction in diluent (petrolether) using Soxtec semiautomatic system (Tecator,  
3  
4 Sweden) with the method following the recommendations of the producer.  
5

6  
7 Results were based on application of the TA.XTPlus texture analyzer (Stable Micro  
8  
9 Systems, Godalming, England) with a load cell of 50 kg. This instrument provides a rigid  
10  
11 framework for tension, compression cycling and texture tests to generate a true 3-dimensional  
12  
13 product analysis of force, distance and time.  
14

### 15 16 **2.3. Methods**

17  
18 The texture of carp flesh was characterised by an instrumental method - texture profile  
19  
20 analysis (TPA) – for hardness, cohesiveness and springiness. Textural parameters were calculated  
21  
22 using a software TPA application (TA.XTPlus, Stable Micro Systems, Godalming, England).  
23  
24 Hardness was defined as maximum force detected during first compression, expressed in kg.  
25  
26 Cohesiveness was measured as the ratio of the positive force area during the second compression  
27  
28 to the positive area during the first compression. Springiness was defined as the ratio of the time  
29  
30 from the start of the second area up to the second probe reversal to that between the start of the  
31  
32 first area and the first probe reversal. Cohesiveness and springiness are dimensionless. Flesh  
33  
34 samples of 42 mm in diameter were prepared by calibrated tube blade equipment, measured at a  
35  
36 temperature of 16.5 °C. No muscular bones were removed. Distal body parts were placed skin  
37  
38 side on the base of the analyzer facing intramedially to the compression plate.  
39  
40  
41  
42  
43

### 44 45 **2.4. Compression plate**

46  
47 A round compression plate of 75 mm in diameter was used. Probes approached the sample  
48  
49 at the speed of 2 mm/sec; target mode strain was 50%. A penetration depth of 7 mm into the  
50  
51 sample was selected as the maximum distance which could be applied without breaking the  
52  
53 muscle fibres and affecting the muscle structure by disrupting it and leaving a mark on the sample.  
54  
55 The sample was allowed to rebound for 15 sec with the compression plate just touching the  
56  
57 surface. Double compression was applied to construct the TPA parameters. The compression  
58  
59  
60

1  
2 plate was then pressed on the sample a second time and TPA was obtained by analyzing the force  
3  
4 time curve as in [31].

5  
6 Data collection and calculations were carried out using the Texture Expert program,  
7  
8 version 1.11 (Stable Micro Systems Ltd.).

## 11 2.5. Statistical analysis

12  
13 We considered several regression models (linear regression, polynomial regression and non-linear  
14  
15 regression) with the aim of modelling the textural properties of the fillets. As the most  
16  
17 useful model, with some theoretical and empirical support, we chose, for the particular texture  
18  
19 properties, a non-linear regression model of the form:  
20  
21

$$22 \quad y = \theta_0 + \theta_1 2^{-t/\theta_2} + \varepsilon .$$

23  
24 We can point out that such reparametrization of a more familiar form of negative exponential  
25  
26 decay model  $y = \theta_0 + \theta_1 \exp(-t/\theta_2) + \varepsilon$  can facilitate the interpretation of regression parameters.  
27  
28

29  
30 In such a case, we can interpret three parameters  $\theta_0, \theta_1, \theta_2$  directly as follows:  $\theta_0$  is the ultimate  
31  
32 value of a considered property, more formally the asymptote. The parameter  $\theta_1$  is the total  
33  
34 amount to be lost and, finally, the regression parameter  $\theta_2$  could be interpreted as the time taken to  
35  
36 lose half the amount remaining to be lost.  
37  
38

39  
40 For estimation of the non-linear regression coefficients included in these models we used a  
41  
42 numerical optimization method – specifically the Gauss-Newton algorithm method of Hartley  
43  
44 [32]. The numerical evaluation was carried out through the marked programming environment R  
45  
46  
47  
48 2.6.2.

## 55 3. RESULTS AND DISCUSION

1 The work was focused on evaluation of the fish storage (in domestic freezers for three  
2 months as storage recommended time at households) on the change in the textural properties of the  
3 fish flesh (hardness, springiness, cohesiveness) in common carp.  
4  
5  
6  
7

### 8 **3.1. Flesh characteristics**

9  
10 The composition of nutrients and other materials analyzed from the sample fish flesh is  
11 given in Table 1.  
12  
13

14 The pH of the flesh when analyzed ranged from 6.58 to 7.31 and the temperature of the  
15 flesh from 16.5 – 17.1 °C - in Table 2.  
16  
17

18 The progress and changes in fish flesh (fresh and during the subsequent period of 84 days)  
19 are stated in Table 3.  
20  
21  
22  
23

### 24 **3.2. Model for hardness, cohesiveness and springiness changes**

25 In our study we have proven significant changes in texture profile during the first month  
26 of carp flesh storage. In those properties we evaluated, the course of exponential changes was  
27 proven. In Table 4 we provide the estimated values of regression coefficients for particular  
28 models with their standard errors, correlations and significance. The estimated negative  
29 exponential decay model for hardness could be written as  $\hat{y} = 0.331 + 2.584 \cdot 2^{-t/17.565}$  with mean  
30 square error (MSE) = 0.0539, for cohesiveness as  $\hat{y} = 0.712 + 0.125 \cdot 2^{-t/12.943}$  with MSE =  
31 0.00096. The graphs for these negative exponential models are shown in Fig. 2. It is possible to  
32 calculate a certain time period in which further changes will develop up to the level of 50 % of  
33 deterioration in hardness 17.5 days and cohesiveness 12.9 days – as it was proven to a defined  
34 significance level (P> 0.01).  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51

52 Only changes in springiness (in Fig. 2) showed a linear progress in the level of 0.00175 for  
53 each day. It is apparent from the results shown in Table 4 that the exponential decay model  
54 chosen for springiness is not the best one. In this case we used a simple linear regression. These  
55 results are presented in the same table. A better estimated model for springiness could be written  
56 as  $\hat{y} = 0,678 - 0,000149t$  with MSE = 0.000825 and a coefficient of determination of 0.7842.  
57  
58  
59  
60

### 3.3. Discussion

We suppose that changes of TPA properties are particularly influenced by two main factors: the formation of ice crystals and protein denaturation. In the above mentioned method of freezing technology, ice crystals grow and this amplifies any mechanical disruption of the tissue. Increased formation and growth of ice crystals are directly connected with the damage of cells caused by changes in the structure of frozen raw material. There is also an increase in dehydration and salt concentration in the tissue. Ice crystals bind water from the proteins, resulting in the disruption and weakening of the protein binding system. This distortion leads to the break-up of the three-dimensional structure of proteins and their aggregation. Subsequently, the proteins cannot bind the water molecules, which are retained by means of capillary forces only [33]. It is assumed that the freezing temperature of  $-10^{\circ}\text{C}$  to  $-20^{\circ}\text{C}$  leads to the increase in concentration of dissolved solids by ten times [34]. The most susceptible proteins for denaturation are myofibrillar proteins. It is particularly myosin, as stated in Tsuchiya [34], which, during the freezing of cod, reach an 80 % deterioration compared to the natural myosin form, whereas, under the same conditions, the deterioration of the natural form of actin was negligible. Ganesh [13] presents that, during 180 days of carp fillets being frozen at a temperature of  $-18^{\circ}\text{C}$ , the protein solubility decreased from initial values of 77.48 % to 61.42 %. This decrease in solubility may be explained by denaturation of the proteins, in particular regarding the actinomyozin. Another factor which could contribute to the change of textural properties of frozen carp fillets is lipid oxidation. In [34] stated that the free fatty acids, arising from non-enzymatic and enzymatic hydrolytic lipids are found in cell membranes and have an unfavourable effect on the texture quality of fish. Also as it has been reported in the carp fillets study [36, 37], the toughness of fish flesh increases during frozen storage.

We can assume that the carp fillets are less susceptible to degradation during freezing than marine fish, probably due to the absence of the trimethylamine system responsible for the

1 formation of formaldehyde, which promotes protein denaturation and deterioration of the texture  
2 of fish flesh during the period of storage. It can be understood that the composition of fish flesh  
3 has a substantial effect on the desirable storage period of frozen fish maintained in proper  
4 conditions during their shelf life, lasted from two to three months at -18 °C.  
5  
6  
7  
8  
9

10  
11 Based on several studies, it is recommended for fish species more susceptible to oxidative  
12 rancidity, that they should be stored at very low temperatures (at least -29 °C), while species less  
13 susceptible to rancidity might be stored at temperatures from -18 °C to -23 °C [38].  
14  
15  
16  
17

18 In the course of food defrosting, water from small ice crystals is reabsorbed into the tissue  
19 at the same position as its original location and this does not cause heavy damage to the cells. In  
20 contrast, slowly frozen foodstuffs contain large ice crystals which damage the tissue and, during  
21 thawing, the water leaks away. The damaged tissues lose their desirable appearance and other  
22 important characteristics of a foodstuff [39]. Investigations of [40] on chilled and frozen carp meat  
23 mention changes in fatty acids composition. Also, in the investigations of Hallier [41] it appeared  
24 that fillets of European catfish became less juicy after a freezing-thawing cycle, perhaps due to a  
25 loss of water-holding capacity. They also stressed that an increase in hardness and a decrease in  
26 resilience; disintegration and shear resistance of fillets highlighted after a freezing-thawing cycle.  
27 On the other hand [42] mention that freezing procedure did not have a significant effect on the  
28 texture of carp fillets at -25 °C for 75 days of storage. The above investigations indicate gaps in  
29 knowledge of the cause of stability variation in different species.  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48

#### 49 4. CONCLUSION

50  
51 The study was concerned with the influence of freezing and storage time of common carp flesh at  
52 -20 °C on the quality of resulting textural properties in the thawed foodstuff. Studies have shown  
53 that important changes, especially in hardness and cohesiveness occur in a more rapid way during  
54 the initial 28 days after freezing. Up to 84 days of storage, the changes continue at a lesser rate.  
55  
56  
57  
58  
59  
60 The TPA effect was determined by several regression models and linear models ( $P < 0.01$ ). Thus,



1  
2 the experimental protocols already developed can help in finding more detailed solutions to the  
3  
4 processing and texture profile analysis of the properties of the carp fillets during/after frozen  
5  
6 storage  
7  
8  
9

## 10 11 **ACKNOWLEDGMENTS**

12  
13 This study was supported by the NAZV project QH71011, COST project OC09042 and MSM 600  
14  
15 7665 806, Czech Republic.  
16  
17

## 18 19 20 **REFERENCES**

- 21  
22  
23 1. Laguerre, O. (2008). Consumer handling of frozen foods. In *Frozen Food Science and*  
24  
25 *Technology*. Evans, J.A. (Ed.), Blackwell Publ., 325-346.  
26  
27  
28  
29  
30 2. Nesvadba, P., Houska, M., Wolf, W., Gekas, V., Jarvis, D., Sadd, P.A. and Johns, A.I. (2004)  
31  
32 Database of physical properties of agro-food materials. *Journal of Food Engineering* 61(4) 497-  
33  
34 503.  
35  
36  
37  
38  
39 3. Martino, M.N. and Zaritzky, N.E. (1986). Fixing condition in the freeze substitution technique  
40  
41 for light microscopy observation of frozen beef tissue. *Food Microstructure*, 5, 19-24.  
42  
43  
44  
45  
46 4. Kalichevsky, M.T., Knorr, D. and Lillford, P.J. (1995). Potential food applications of high-  
47  
48 pressure effects on ice-water transitions. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 253-258.  
49  
50  
51  
52  
53 5. Nesvadba, P. (2008). Thermal properties and ice crystal development in frozen foods. In:  
54  
55 *Frozen Food Science and Technology*. Evans, J.A. (Ed.), Blackwell Publ., 1-25.  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2 6. Fagan, J.D. Gormley, T.R. and Mhuircheartaigh, M.U. (2003). Effect of freeze-chilling, in  
3  
4 comparison with fresh, chilling and freezing, on some quality parameters of raw whiting, mackerel  
5  
6 and salmon portions. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie*, 36, 647-655.  
7  
8  
9  
10  
11 7. Fauconneau, B., Alami-Durante, H., Laroche, M., Marcel, J. and Vallot, D. (1995). Growth and  
12  
13 meat quality relations in carp. *Aquaculture*, 129, 265-297.  
14  
15  
16  
17  
18 8. Thyholt, K. and Isaksson, T. (1997). Differentiation of frozen and unfrozen beef using near-  
19  
20 infrared spectroscopy. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 525-532.  
21  
22  
23  
24  
25 9. Careche, M., Herrero, A.M., Rodriguez-Casado, A., Del Mazo, M.L. and Carmona, P. (1999).  
26  
27 Structural changes of hake (*Merluccius merluccius* L.) fillets: effect of freezing and frozen storage.  
28  
29 *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 47, 952-959.  
30  
31  
32  
33  
34  
35 10. Mackie, I.M. (1993). The effects of freezing on flesh proteins. *Food Reviews International*, 9,  
36  
37 575-610.  
38  
39  
40  
41  
42 11. Sigurgisladottir, S., Ingvarsdottir, H., Torrissen, O.J, Cardinal, M. and Hafsteinsson, H.  
43  
44 (2000). Effects of freezing/thawing on the microstructure and the texture of smoked Atlantic  
45  
46 salmon (*Salmo salar*). *Food Research International*, 33, 857-865.  
47  
48  
49  
50  
51 12. Badii, F. and Howell, N.K. (2002). Effect of Antioxidants, citrate, and cryoprotectans on  
52  
53 protein Denaturation and texture of frozen cod (*Gadus morhua*). *Journal of Agriculture and Food*  
54  
55 *Chemistry*, 50, 2053-2061.  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60
13. Ganesh, A., Dileep, A.O., Shamasundar, B.A. and Singh, U. (2005). Gel forming ability of common carp fish (*Cyprinus carpio*) meat: Effect of freezing and frozen storage. *Journal of Food Biochemistry*, 30, 342-361.
14. Ingolfssdottir, S. (1997). Post mortem changes in fish muscle proteins structural changes. In Olafsdóttir, G., Lutén, J., Dalgaard, P., Carech, M., Verrez-Bagnis, V., Martinsdóttir, E., and Heia, K. (Eds.), Methods to determine the freshness of fish in research and industry. *Proceedings of the final meeting of the concerted action "Evaluation of Fish Freshness"*. Nov. 12-14, p. 198-202.
15. Ingolfssdottir, S., Stefansson, G. and Kristbergsson, K. (1998). Seasonal variations in physicochemical and texture properties of North Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 7, 39-61.
16. Vácha, F., Vejsada, P., Hůda, J. and Hartvich, P. (2007). Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture International*, 15, 321-329.
17. Koteng, D.F. (1992). *Markedsundersøkelse Norsk Laks* [in Norwegian]. (Market Investigation Norwegian Salmon, pp. 165-166). Bergen, Norway: Projeckt God Fisk, Fiskerinæringens Landsforening.
18. Pomeranz, Y. and Meloan, C.E. (1994). *Food Analysis: Theory and Practice*, (pp. 449-487). New York, USA.

- 1  
2 19. Sigurgisladottir, S., Torrissen, O., Lie, O.J, Thomassen, M. and Hafsteinsson, H. (1997).  
3  
4 Salmon quality: Methods to determine the quality parameters. *Reviews in Fisheries Science*, 5,  
5  
6 223-252.  
7  
8  
9  
10  
11 20. Magnussen, O., Hemmingsen, A., Hardarsson, V., Nordtvedt, T. and Eikevik, T. (2008)  
12  
13 Freezing of fish. In: *Frozen Food Science and Technology*. Ed: Evans, J.A., Blackwell Publ.,151-  
14  
15 164.  
16  
17  
18  
19  
20 21. Barroso, M., Carech, M. and Borderias, A.J. (1998). Quality control of frozen fish using  
21  
22 rheological techniques. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 223-229.  
23  
24  
25  
26  
27 22. Pérez-Won, M., Barraza, M., Cortes, F., Madrid, D., Cortes, P., Roco, T., Osorio, F. and  
28  
29 Tabilo-Munizaga, G. (2006). Textural characteristics of frozen blue squat lobster (*Cervimunida*  
30  
31 *johni*) tails as measured by instrumental and sensory methods. *Journal of Food Process*  
32  
33 *Engineering*, 29, 519-531.  
34  
35  
36  
37  
38  
39 23. Bourne, M.C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-72.  
40  
41  
42  
43  
44 24. Botta, J.R. (1994). Freshness quality of seafoods. In *Seafoods: Chemistry, Processing,*  
45  
46 *Technology and Quality*, F. Shahidi and J. R. Botta (Ed.). Pp. 140-168. New York, USA: Blackie  
47  
48 Academic and Professional.  
49  
50  
51  
52  
53 25. Botta, J.R. (1991). Instrument for non-destructive texture measurement of raw Atlantic cod  
54  
55 (*Gadus morhua*) fillets. *Journal of Food Science*, 56, 962-968.  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60
26. Durance, T.D. and Collins, L.S. (1991). Quality enhancement of sexually mature chum salmon *Oncorhynchus keta* in retort pouches. *Journal of Food Science*, 56, 1281-1286.
27. Chamberlain, A.I., Kow, F. and Balasubramaniam, E. (1993). Instrumental method for measuring texture of fish. *Food Australia*, 45, 439-433.
28. Reid, R.A. and Durance, T.D. (1992). Textural changes of canned Chum salmon related to sexual maturity. *Journal of Food Science*, 57, 1340-1342.
29. Sun, Da Wen (2006). Handbook of frozen food processing and package. Boca Raton, London, New York; CRC, Taylor and Francis, p.737.
30. Rahman, M.S. (2006). State diagram of foods: Its potential use in food processing and product stability. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 129-141.
31. Godavari Bai, S., Khabade, V.S. and Prakash, V. (1987). Effect of freezing and sodium citrate treatment on the association-dissociation of proteins from shrimp (*Parapenaeopsis styliifrea*). *Journal of Food Science Technology*, 24, 243-246.
32. Hartley, H. O. (1961). *Technometrics*, 3, 2, 269-280.
33. Tejeda, M., Careche, M., Torrejon, P., Del Mazo, M., Solas, M.T., Garcia, M.L. and 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, 3308-3314.

- 1  
2 34. Sharp, A. and Offer, G. (1992). The mechanism of formation of gels from myosin molecules.  
3  
4 *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 58, 63-73.  
5  
6  
7  
8  
9 35. Tsuchiya, Y., Tsuchiya, T. and Matsumoto, J.J. (1979). The nature of the cross-bridges  
10  
11 constituting aggregates of frozen stored carp myosin and actomyosin. *Advances in fish Sciences*  
12  
13 *and Technology*. (pp. 434-438). Aberdeen, UK: Torry Research Station.  
14  
15  
16  
17  
18 36. Leblanc, E., Leblanc, R. and Blum, I. (1988). Prediction of quality in frozen cod (*Gadus*  
19  
20 *morhua*) fillets. *Journal of Food Science*, 53, 328-340.  
21  
22  
23  
24  
25 37. Dias, J., Nunes, M.L. and Mendes, R. (1994). Effects of frozen storage on the chemical and  
26  
27 physical properties of black and silver scabbardfish. *Journal of the Science of Food and*  
28  
29 *Agriculture*, 66, 327-335.  
30  
31  
32  
33  
34  
35 38. Lester, E. and Lester, J. (1996). *Freezing Effects on Food Quality*. ( p. 502), CRC Press.  
36  
37  
38  
39  
40 39. Ingr, I. (2003). *Základy konzervace potravin* [In Czech], (pp. 119-120). Brno, Czech  
41  
42 Republic: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita.  
43  
44  
45  
46 40. Puchala, R., Bialowas, H., and Pilarczyk, M. (2005) . Influence of cold and frozen storage on  
47  
48 carp (*Cyprinus carpio*) flesh quality. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, 14/55:103-106.  
49  
50  
51  
52  
53  
54 41. Hallier, A., Chevallier, S., Serot, T. and Prost C. (2008). Freezing-thawing effects on the  
55  
56 colour and texture of European catfish flesh. *International Journal of Food Science and*  
57  
58 *Technology*, 43, 1253-1262.  
59  
60

1  
2 42. Sequeira-Munoz, A., Chevalier, D., Simpson, B.K., LeBail, A., and Ramaswamy, H.S. (2010).  
3  
4 Effect of pressure-shift freezing versus air-blast freezing of carp (*Cyprinus carpio*) fillets: A  
5  
6 storage study. Prepared at McGill University Montreal, Quebec,  
7  
8  
9 internet: [www3.interscience.wiley.com/journal/118694635/articletext?DOI=10...](http://www3.interscience.wiley.com/journal/118694635/articletext?DOI=10...)  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27

28 Corresponding author. address: University of South Bohemia in Ceske Budejovice, Faculty of  
29  
30 Fisheries and Protection of Waters, Institute of Aquaculture, Branisovska1645/31a, 370 05 Ceske  
31  
32 Budejovice, Czech Republic. Phone: + 420 387 772 731  
33  
34  
35 [fvacha@frov.jcu.cz](mailto:fvacha@frov.jcu.cz)  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## ILLUSTRATIONS

### Fig.1.

Position of sample extraction for texture profile analysis (TPA). Each fillet was cut into 4 parts.

Texture profile analysis measurements were performed on the flesh located above the lateral line.

### Fig.2.

Plots of texture properties versus time after freezing with particular samples (dashed lines) and corresponding fitted curve according to particular models. The thick lines are shown for hardness, springiness and cohesiveness as negative exponential models.

## TABLES

### Table 1.

Composition of fresh carp flesh. Values are the mean of 20 fish  $\pm$  standard deviation.

Probabilities of difference among groups were calculated using one way analysis of variance.

### Table 2.

Temperature and pH in analyzed fish. Values are the mean of 10 fish  $\pm$  standard deviation.

Probabilities of difference among groups were calculated using one way analysis of variance.

### Table 3.

Confidence intervals for texture properties with respect to time from freezing. The progress and changes in fish flesh (fresh and during subsequent frozen storage period of months) are stated in the table.

Values are the mean of 10 fish  $\pm$  standard deviation. Probabilities of difference among groups were calculated using one way analysis of variance.

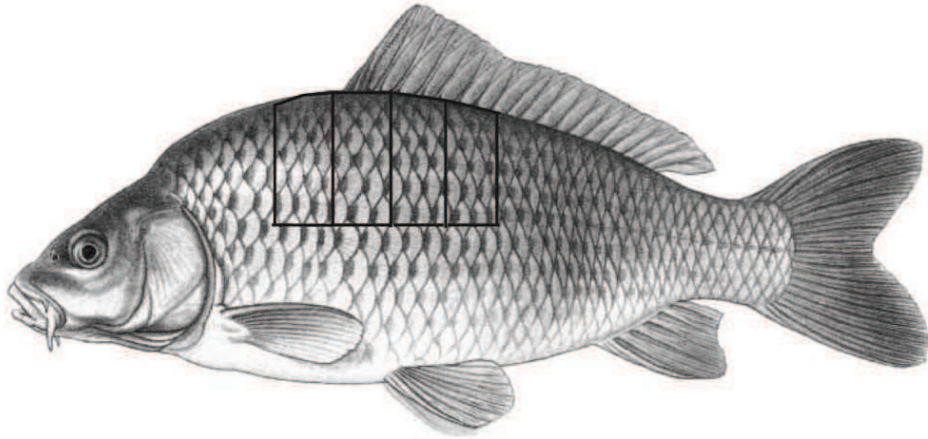


**Table 4.**

Parameters summary for reparametrized negative exponential decay models for particular texture properties. In those properties we evaluated, the course of exponential changes was proven. We provide the estimated values of regression coefficient for particular models with their standard errors, correlations and significance.

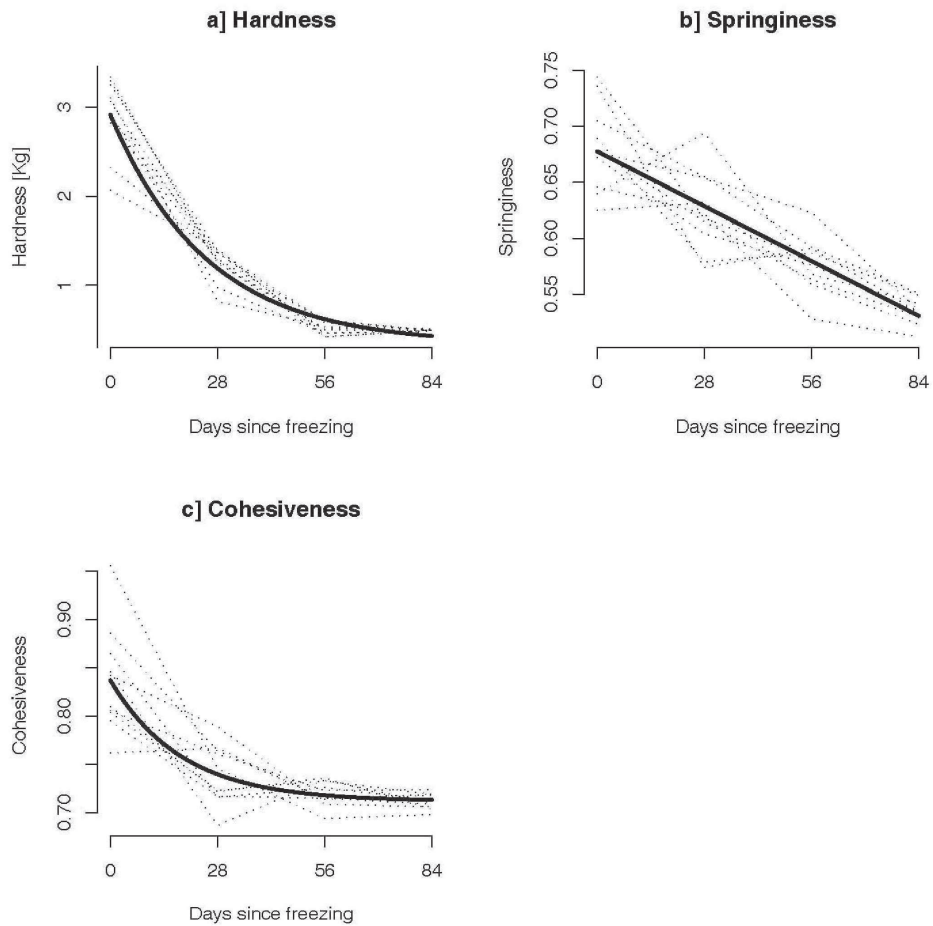
For Peer Review Only

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60



Position of sample extraction for texture profile analysis (TPA). Each fillet was cut into 4 parts. Texture profile analysis measurements were performed on the flesh located above the lateral line. 43x21mm (600 x 600 DPI)

Review Only



Plots of texture properties versus time after freezing with particular samples (dashed lines) and corresponding fitted curve according to particular models. The thick lines are shown for hardness, springiness and cohesiveness as negative exponential models.  
182x182mm (600 x 600 DPI)

**Table 1** Composition of fresh carp flesh

Specification	Content (g kg <sup>-1</sup> ) <sup>a</sup>
Dry matter	234 ± 49.6
Crude protein (N x 6.25)	140.3 ± 31.7
Crude fat	69.5 ± 21.2
Ash	25 ± 10.4

<sup>a</sup> Values are mean of 20 fish ± standard deviation.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42 Author's name:

43  
44 Vacha, F. et al. The influence of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus*  
45 *carpio*, L.) flesh  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

**Table 2** Temperature and pH in analyzed fish

Samples	Fresh fish		28 days		56 days		84 days	
	Temperature		Temperature		Temperature		Temperature	
	(°C)	pH	(°C)	pH	(°C)	pH	(°C)	pH
1	16.5	7.14	16.6	6.98	16.6	6.68	16.9	6.58
2	16.6	7.21	16.7	7.05	16.8	6.76	17.0	6.81
3	16.8	7.31	16.8	6.89	16.9	6.58	16.8	6.64
4	16.9	7.25	16.9	6.89	16.6	6.71	16.9	6.75
5	16.8	7.12	16.5	6.77	16.8	6.85	16.8	6.82
6	16.5	7.24	16.8	6.95	16.9	6.75	16.7	6.71
7	16.7	7.12	16.7	6.87	16.7	6.64	16.6	6.69
8	16.6	7.09	16.9	6.81	16.6	6.69	17.1	6.79
9	16.8	7.18	16.8	6.84	16.9	6.72	16.9	6.63
10	16.5	7.23	16.7	7.02	17.0	6.83	16.7	6.74
mean	16.67	7.18	16.74	6.90	16.78	6.72	16.84	6.71
± SD <sup>a</sup>	0.149	0.07	0.126	0.09	0.147	0.08	0.15	0.00

<sup>a</sup> Values are standard deviation .

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

For Peer Review Only

Author's name:

Vacha, F. et al. The influence of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*, L.) flesh

**Table 3** Confidence intervals for texture properties with respect to time from freezing

Property	Units	Fresh fish	28 days	56 days	84 days
Hardness	kg <sup>a</sup>	2.908 ± 0.419	1.238 ± 0.193	0.505 ± 0.069	0.491 ± 0.006
Springiness	dimensionless <sup>a</sup>	0.682 ± 0.039	0.625 ± 0.036	0.577 ± 0.025	0.534 ± 0.011
Cohesiveness	dimensionless <sup>a</sup>	0.838 ± 0.055	0.740 ± 0.031	0.720 ± 0.031	0.712 ± 0.008

<sup>a</sup> Values are mean of 10 samples ± standard deviation.



1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

For Peer Review Only

Author's name:

Vacha, F. et al. The influence of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus carpio*,  
*L.*) flesh

**Table 4** Parameters summary for reparametrized negative exponential decay models for particular texture properties

Texture properties	Parameter	Estimate	Standard error	<i>p</i> -value	Correlation matrix		
					$\theta_0$	$\theta_1$	$\theta_2$
Hardness	$\theta_0$	0.331	0.102	0.0025	1		
	$\theta_1$	2.584	0.122	< 0.0001	-0.78	1	
	$\theta_2$	17.565	2.304	< 0.0001	-0.85	0.56	1
Springiness	$\theta_0$	0.257	0.469	0.549	1		
	$\theta_1$	0.424	0.465	0.912	-1	1	
	$\theta_2$	136.663	185.710	0.466	-1	1	1
Springiness	$\theta_0$	0.678	0.0078	< 0.0001	1		
<i>linear model</i>	$\theta_1$	-0.00175	0.000149	< 0.0001	-0.8	1	
Cohesiveness	$\theta_0$	0.712	0.010	0.0025	1		
	$\theta_1$	0.125	0.014	< 0.0001	-0.69	1	
	$\theta_2$	12.942	4.568	0.00742	-0.77	0.43	1

$\theta_0$  is the ultimate value of a considered property, more formally the asymptote.

$\theta_1$  is the total amount to be lost.

$\theta_2$  could be interpreted as the time taken to lose half the amount remaining to be lost.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44 Author's name:

45 Vacha, F. et al. The influence of long term storage on the texture properties of frozen common carp (*Cyprinus*  
46 *carpio*, L.) flesh  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60



27 The TPA effect was determined by analysis of variance and Tukey's mean test ( $P < 0.01$ ).  
28 The results proved, that the flesh of fish on natural food is harder, springier, more cohesive  
29 and more gummy. Comparing the methods of fish rearing, studies of instrumental textural  
30 properties determined fish flesh coming from extensive conditions as more efficient for  
31 consumers.

32

33 **Key words:** cohesiveness, hardness, muscle, springiness, tench, texture profile analysis

34

### 35 **Introduction**

36 Tench spans a wider geographical area, mainly representative of Central, Eastern and  
37 Southern European regions.

38 Textural quality is primarily a sensory attribute; several, instrumental methods are  
39 used for quantifying it in foods. Texture profile analysis (TPA) is resulting force – time curve  
40 generated then used to quantify a number of textural parameters that correlate well with  
41 results from sensory evaluation [1, 2].

42 Myofibrillar proteins and collagen, which constitute 70 % to 80 % of total protein  
43 content, control the structure and the specific rheological properties of fish muscle [3, 4].  
44 Post-mortem textural changes are caused directly or indirectly by physicochemical changes in  
45 myofibrillar proteins and changes in extracellular structure such as loss of fibre compaction  
46 and increase of extracellular space between fibres [5]. Muscle texture is also affected by other  
47 parameters such as fish rearing, seasonality and methods of capture, handling and processing  
48 [6-9]. The main quality parameters for fresh fish are fat, colour, texture and freshness. Other  
49 parameters commonly cited are white stripes (connective tissue), bloodstains, marbling and  
50 melanin [10, 11]. Texture can be regarded as a manifestation of the rheological properties of a  
51 food [12]. Texture of fish muscle may be measured by sensory and instrumental procedures.

52 Destructive instrumental methods such as texture profile analysis, Kramer test and puncture  
53 test are important and effective in food texture [13]. Double compression makes it possible to  
54 perform TPA from a plot of force–time curves [14, 15]. Other terms use to describe texture  
55 are firmness, stiffness and yield point [16-19]. When using instrumental methods, such  
56 measurements are limited by the instrumental behaviour of materials in terms of stress, strain  
57 and time effects. Many attempts have been made to correlate physical measurements with  
58 sensory evaluation of texture [20-27]. Reproducibility of texture measurements is affected by  
59 sampling technique because of the heterogeneity of the fillets [16; 24; 28, 29]. Therefore, it is  
60 difficult to find a representative average sample in fish and measurements of textural  
61 properties may depend on the location within the fillet. Some authors recommend raw fish to  
62 be tested in the form of a fillet or a part of a fillet [11; 30].

63 The work presents proved results that are useful for farmers when deciding on the type of fish  
64 culture alternatives.

65 The results based on texture profile analyses are also applicable in fish processing into new  
66 forms of products - to meet consumer demand for good duality of value added products.

67

68

## 69 **Material and Method**

70

### 71 **Fish and diets**

72 Two groups of 12 tench (*Tinca tinca*) were disposed for analyses. The first group of  
73 fish (EC) was raised in natural pond conditions; the second group of fish (IC) was cultured in  
74 a recirculation system on a commercial diet. The structure of the commercial diet was 92 %  
75 dry matter, 26 % protein, 5.3 % fat, 2.7 % fiber and 4 % ash, determined following the  
76 reference method (Czech Standard No. 57 6021).

77 Group EC was set up with six females (ECF) and six males (ECM), group IC was also  
78 set up of six females (ICF) and six males (ICM) for further evaluation. Fish in group EC were  
79 pre-reared initially in a flow-through earth pond. Fish were raised in polyculture with  
80 common carp, stocking density for common carp was 500 pcs.ha<sup>-1</sup> and for tench 400 pcs.ha<sup>-1</sup>.  
81 No supplemental feeding was used. Natural production was 220 kg.ha<sup>-1</sup>. The oxygen  
82 concentration was from 6 to 8 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup> without the use of an aerator. The pH level ranged  
83 from 6.8 to 7.5.

84 Fish in group IC were progressively trained to accept the formulated feed. The fish  
85 were held in fibreglass tanks connected to a recirculation system. Fish used in this trial had  
86 been well adapted to the experimental diets and environment for more than five months, as  
87 they were previously used in growth trials, during which they were fed the same diets and  
88 kept at the same conditions as in the present study. The rearing system consisted of tanks (600  
89 litres of usable volume), mechanical drum filter and three percolating filters. Water  
90 temperature was stabilized at 23.3 ± 0.5 °C, monitored by a thermometer Testo 106, range -50  
91 to + 275 °C (Testo Ltd., Czech Republic). The water was oxygenated by oxygen diffusers.  
92 The oxygen concentration at the inflow did not fall below 8.0 mg O<sub>2</sub> l<sup>-1</sup>. The total ammonia  
93 nitrogen concentration at the inflow and outflow did not exceed 0.29 and 0.68 mg TAN l<sup>-1</sup>,  
94 respectively. The water pH level ranged from 6.85 to 7.14 and it was monitored using a pH  
95 Tester 20, range 1.00 to 14.00 (Chromservis Ltd., Czech Republic). The water flow rate was  
96 kept constant during the experiment. For the trial the fish size between groups was well  
97 balanced and live weight was 150 ± 20 g, total body length was 200 ± 20 mm, body height  
98 was 45 ± 10 mm. The fish were killed, gutted and filleted. For further texture analyses,  
99 specific parts of fillet were determined by the position above the lateral line towards the  
100 cranial body part in an identical manner (Fig. 1).

101 The dry matter content was determined gravimetrically following the reference  
102 method for determination of moisture content in flesh after drying the sample with sand up to  
103 constant weight at  $+ 103 \pm 2$  °C.

104

#### 105 **Fat content determination**

106 For determination of fat content the Soxhlet system was used. The fatty acid  
107 composition was determined by gas liquid chromatography (GLC) Varian 3300. Fatty acids  
108 for chromatography determination were transferred to methylester by re-esterification of fat  
109 petrolether solution using potassium hydroxid. Fatty acid representation was specified  
110 counting peak area proportion to total peak area of all determined acids (Table 1).

111

112 Table 1: Chromatography determination characteristics

Characteristics	value
Column	Omegawax 530, 30m x 0,53 mm
Detektor	FID
Temperature: - column	170 °C
- injection	250 °C
- detektor	250 °C
Nitrogen flow	6 ml/min
Injection	1µl

113

#### 114 **Texture analyses**

115 The texture of tench flesh was characterised by an instrumental method - texture  
116 profile analysis (TPA) – for hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and chewiness.  
117 Samples of raw skinned fillets 24 mm in diameter were prepared from each tench specimen



118 and stored on ice until analysis. Texture profile analysis (TPA) was conducted using a  
119 Texture Analyser TA.XTPlus (Stable Micro Systems, Godalming, England) at a stable  
120 temperature of 17 °C. A compression plate 50 mm in diameter was selected. The plate was  
121 pressed down onto the fillet at a speed of 2 mm s<sup>-1</sup> until the fillet was compressed to 50% of  
122 its original thickness. Samples were allowed to rebound for 15 s with the compression plate  
123 just contacting the surface. Data collection and calculations (hardness, springiness,  
124 cohesiveness, gumminess and chewiness) were carried out using the Texture Expert program,  
125 version 1.11 (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, England). Hardness was defined as the  
126 maximum force detected during first compression, expressed in kg, g or N. Springiness is  
127 defined as the ratio of the time or distance from the start of the second area to the second  
128 probe reversal over the distance, or the time between the start of the first area and the first  
129 probe reversal [31]. Cohesiveness was measured as the ratio of the positive force during the  
130 second compression to the positive force during the first compression [31]. Gumminess is  
131 defined as the product of hardness x cohesiveness. Chewiness is defined as  
132 hardness × cohesiveness × springiness. Cohesiveness, gumminess, springiness and chewiness  
133 are dimensionless.

134

## 135 **Instruments**

136 Results were based on application of the TA.XTPlus texture analyzer with a load cell  
137 of 50 kg (Stable Micro System, England). This instrument provides a rigid framework for  
138 tension, compression cycling and texture tests to generate true 3 – dimensional product  
139 analysis of force, distance and time.

140

## 141 **Compression plate**

142 A compression plate of 75 mm diameter was selected. Penetration depth of 5 mm into  
143 the fillet was selected as the maximum distance which could be applied without breaking the

144 muscle fibres and affecting the muscle structure by disrupting it and leaving a mark on the  
145 fillet. Double compression was applied to construct the TPA parameters. Then the cylinder  
146 was pressed on the fillet a second time and TPA was obtained by analyzing the force time  
147 curve [32].

#### 148 **Statistical analysis**

149 The TPA effect was determined by using one-way ANOVA by analysis of variance  
150 and Tukey's mean test ( $P < 0.01$ ). The software used was StatSoft, Inc. (2001). STATISTICA  
151 Cz, version 6. The TPA effect was determined by analysis of variance and Tukey's mean test  
152 ( $P < 0.01$ ).

153

#### 154 **Results and Discussion**

155 Difference of texture quality (hardness, springiness, cohesiveness, gumminess and  
156 chewiness) was studied between groups EC and IC (extensive and intensive fish culture). The  
157 results of texture analyses in group EC were: mean hardness – 16.01 N; mean springiness –  
158 0.72; mean cohesiveness – 0.665; mean gumminess – 10.73; mean chewiness – 7.69. The  
159 results of texture analysis in group B were: mean hardness – 15.16 N; mean springiness –  
160 0.59; mean cohesiveness – 0.525; mean gumminess – 8.06; mean chewiness – 4.96. The  
161 results (Table 2) of texture analyses between females and males (ECF – ECM, ICF – ICM)  
162 indicated that the flesh of female samples does not have such high hardness, springiness,  
163 cohesiveness, gumminess and chewiness figures as the flesh in male samples.

164 Probability of difference between groups (EC/IC) proved to be: for hardness 0.001;  
165 springiness 0.001; cohesiveness 0.001; gumminess 0.001 and chewiness 0.001. The results of  
166 texture analysis proved, that the flesh of fish from group A fed on natural food is harder,  
167 springier, more cohesive, gummier and chewier – in Figures 2 - 6.

168 Mean content of fat in group EC was 4.54 % in 100 % of total solids and in group IC  
169 was 28.04 % in 100 % of total solids.

170 Texture quality expressed in time curves [1, 2] resulting in sensory evaluation,  
171 correlates well with the gained data. Similar indications were found by the procedure [15; 32]  
172 using double compression to perform TPA in force-time curves. Also heterogeneity of the  
173 fillets is important factor to mention especially for freshwater fish species as common carp,  
174 tench, perch and some others as mentioned by several authors [28, 29] We used the  
175 procedure indicated [11] to measure it in the form of a fillet.

176

## 177 **Conclusion**

178 The experiment proved that the texture of tench flesh can be influenced both by the  
179 method of fish culture (extensive, intensive) and by the gender of the fish, which is also  
180 confirmed as an important factor of the texture profile.

181 Fish which were fed on the commercial diet also incorporated higher content of  
182 muscular fat.

183 Beside the fish farming, the results can be used in different ways of fish processing  
184 into value added products, especially at regions where tench is preferred fish species and, in  
185 general, in fish market approach into tench marketing as favourite food.

186 Thus, the experimental protocols already developed can help in finding more  
187 detailed solutions to the processing and texture profile analyses of the tench to commercial  
188 use.

189

190 This study was supported by the CENAKVA CZ.1.05/2.1.00/01.0024 and GA JU  
191 047/2010/Z.

192

## 193 **References**

- 194 [1] M. Bourne, A.S. Szczesniak, Sensory evaluation-texture, in B. Caballero, L. Trugo, P.  
195 Finglas (Eds.), Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition, Academic Press, Amsterdam,  
196 the Netherlands, 2003, p. 5167-5174.  
197
- 198 [2] C.M.L.Cardoso, R. Mendes, M.L. Nunes, Instrumental texture and sensory characteristics  
199 of cod Frankfurter sausages, International Journal of Food Properties 12(3) (2009) 625-643.  
200
- 201 [3] E. Dunajski, Texture of fish muscle, Journal Texture Studies 10(4) (1979) 301-318.  
202
- 203 [4] S. Kasapis, Developing mince fish products of improved eating duality: An interplay of  
204 instrumental and sensory texture, International Journal of Food Properties 12(1) (2009) 11-  
205 26.  
206
- 207 [5] S. Ingolfssdottir, Post mortem changes in fish muscle proteins structural changes, in: G.  
208 Olafsdóttir, J. Luten, P. Dalgaard, M. Carech, V. Verrez-Bagnis, E. Martinsdóttir, K. Heia,  
209 (Eds.), Methods to determine the freshness of fish in research and industry. Proceedings of the  
210 Final Meeting of the Concerted Action “Evaluation of Fish Freshness“.1997 Nov 12-14;  
211 Nantes, France. Paris: International Institute of Refrigeration (1997) p 198-202.  
212
- 213 [6] R. Hurling, J.B. Rodell, H.D. Hunt, Fiber diameter and fish texture, Journal of Texture  
214 Studies 27 (1996) 679-685.  
215
- 216 [7] S. Ingolfssdottir, G. Stefansson, K. Kristbergsson, Seasonal variations in physicochemical  
217 and texture properties of North Atlantic cod (*Gadus morhua*) mince, Journal Aquatic Food  
218 Product Technology 7 (1998) 39-61.

219

220 [8] I.A. Johnston, R. Alderson, C. Sandham, A. Dingwall, D. Mitchell, C. Selkirk, D. Nickell,  
221 R. Baker, B. Robertson, D. Whyte, J. Springate, Muscle fibre density in relation to the colour  
222 and texture of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar* L.), Aquaculture 189 (2000) 335-349.

223 [9] M.J. Periago, M.D. Ayala, O. López-Albors, I. Abdel, C. Martínez, A. García-Alcázar, G.  
224 Ros, F. Gil, Muscle cellularity and flesh quality of wild and farmed sea bass, *Dicentrarchus*  
225 *labrax* L. Aquaculture 249 (2005) 175-188.

226

227 [10] D.F. Koteng, Markedsundersokelse, Norsk laks. Publ by Fiskerinaeringsens  
228 Landsforening (FNL), Norway (1992).

229

230 [11] S. Sigurgisladottir, O. Torrissen, O. Lie, M. Thomassen, H. Hafsteinsson, Salmon  
231 quality: Methods to determine the quality parameters, Review in Fisheries Science 5 (1997) 1-  
232 30.

233

234 [12] Y. Pomeranz, C.E. Meloan, Rheology. Food Analysis: Theory and Practice, An Aspen  
235 Publication, New York, United States, 1994 p. 449-487.

236

237 [13] M. Barroso, M. Carech, A.J. Borderias, Quality control of frozen fish using rheological  
238 techniques, Trends in Food Science and Technology 9 (1998) 223-229.

239

240 [14] M.C. Bourne, Texture profile analysis, Food Technology 32 (1978) 62-72.

241

242 [15] M.S. Rahman, State diagram of foods: Its potential use in food processing and product  
243 stability, Trends in Food Science and Technology 17 (2006) 129-141.

244

245 [16] T. Borressen, Fish texture. A discussion paper submitted to WEFTA working group on  
246 analytical methods for fishery products. Fiskerieresministeriets forsokslaboratorium, Lyngby,  
247 Denmark, (1986) p. 1-14.

248 [17] J.R. Botta, Freshness quality of seafoods, in F. Shahidi, J.R. Botta (Eds.), Seafoods:  
249 Chemistry, Processing, Technology and Quality, Blackie Academic & Professional, New  
250 York, 1994, p. 140-168.

251

252 [18] U.B. Andersen, Measurements of texture quality in farmed Atlantic salmon (*Salmo*  
253 *salar*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), Doctor Scientarium Thesis, Agricultural  
254 University of Norway, 1995.

255

256 [19] F. Vácha, P. Vejsada, J. Hůda, P. Hartvich, Influence of supplemental cereal feeding on  
257 the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus*  
258 *carpio*), Aquaculture International 15 (2007) 321-329.

259

260 [20] W.M. Breene, Application of texture profile analysis to instrumental food texture  
261 evaluation, Journal Text. Stud.6 (1975) 53-82.

262

263 [21] A.J. Borderias, M. Lamua, M. Tejada, Texture analysis of fish fillets and minced fish by  
264 both sensory and instrumental methods, Journal Food Technology 18 (1983) 85-95.

265

266 [22] H. Karl, W. Schreiber, Texture analysis of canned fish, Journal Text. Stud. 16 (1985)  
267 271-280.

268

- 269 [23] K. Ragnarsson, The effect of various salts on the chemical and textural changes in frozen  
270 gadoid and non - gadoid fish mince, Ph. D. thesis, Cornell University, 1987.  
271
- 272 [24] J.R. Botta, Instrument for nondestructive texture measurement of raw Atlantic cod  
273 (*Gadus morhua*) fillets, Journal of Food Science 56 (1991) 962-968.  
274
- 275 [25] T.D. Durance, L.S. Collins, Quality enhancement of sexually mature chum salmon  
276 *Oncorhynchus keta* in retort pouches, Journal of Food Science 56 (1991) 1281-1286.  
277
- 278 [26] S. Johansen, O.M. Magnussen, T.S. Nortvedt, Bløt Fisk. Norway, Sintef Raport no.  
279 STF11 A91075 (1991).  
280
- 281 [27] A.I. Chamberlain, F. Kow, E. Balasubramaniam, Instrumental method for measuring  
282 texture of fish, Food Australia 45 (1993) 439-433.  
283
- 284 [28] R.A. Reid, T.D. Durance, Textural changes of canned Chum salmon related to sexual  
285 maturity, Journal of Food Science 57 (1992) 1340-1342.  
286
- 287 [29] P. Nesvadba, M. Houska, W. Wolf, V. Gekas, D. Jarvis, P.A. Sadd, A.I. Johns, Database  
288 of physical properties of agro-food materials, Journal of Food Engineering 61(4) (2004) 497-  
289 503.  
290
- 291 [30] V. Stejskal, P. Vejsada, M. Cepák, M. Špička, F. Vácha, J. Kouřil, T. Polícar, Sensory  
292 and textural attributes and fatty acid profiles of fillets of extensively and intensively farmed  
293 Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.), Food Chemistry 129 (2011) 1054-1059.

294

295 [31] M. D. Alvarez, W. Canet, M. E. López, Influence of deformation rate and degree of  
296 compression on textural parameters of potato and apple tissues in texture profile analysis,  
297 European Food Research and Technology, 215 (2002) 13–20.

298

299 [32] M.C. Bourne, Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement. Academic Press,  
300 New York, 1982, pp. 45-117.

301

302

303

304

305

306

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318



**Table 2 - The results of texture profile analyses**

Attribute	Extensive culture		Intensive culture	
	ECF	ECM	ICF	ICM
Hardness (N)	13.46	18.55	9,49	20.83
springiness	0.70	0.75	0.67	0.51
cohesiveness	0.67	0.66	0.47	0.58
gumminess	8,86	12,60	5,50	10,16
chewiness	6,60	8,77	2,85	7,14

320 ECF - female, ECM - male, ICF- female, ICM – male

321

322

323

324

325

326

327

328

329

330

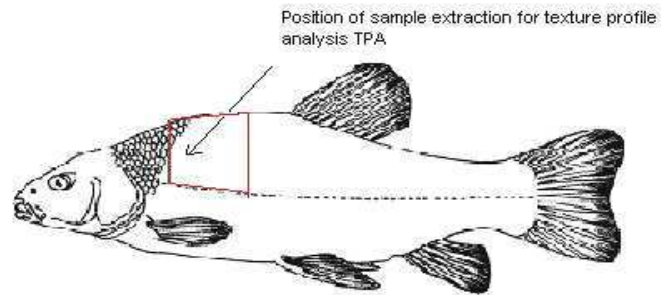
331

332

333

334

335



336

337 **Fig. 1 – Texture measurements location in tench body**

338

339

340

341

342

343

344

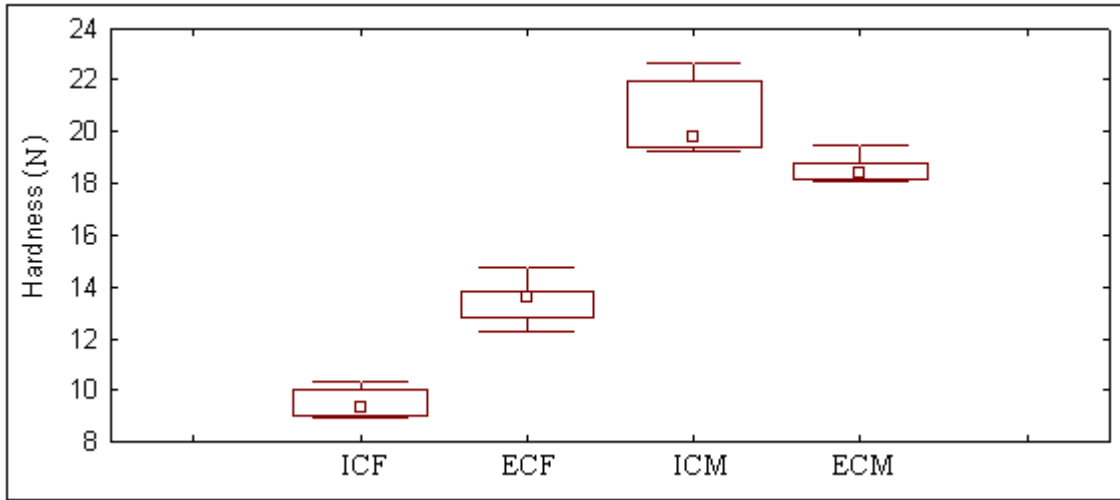
345

346

347

348

349



350

351 ECF - female, ECM - male, ICF- female, ICM – male

352 Data are mean and standard deviation

353 **Fig. 2 - Hardness of tench fillets**

354

355

356

357

358

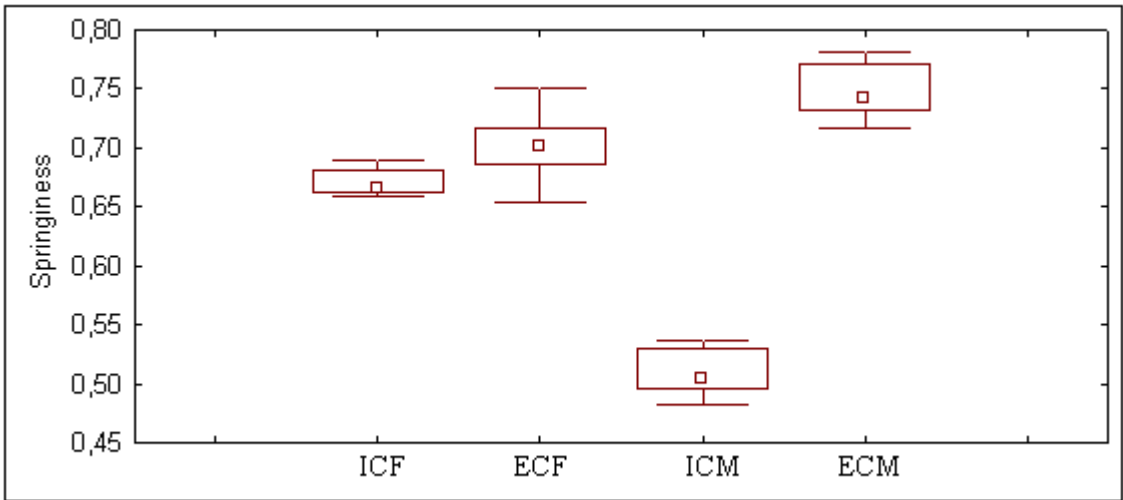
359

360

361

362

363



364

365 ECF - female, ECM - male, ICF- female, ICM – male

366 Data are mean and standard deviation

367 **Fig. 3 - Springiness of tench filets**

368

369

370

371

372

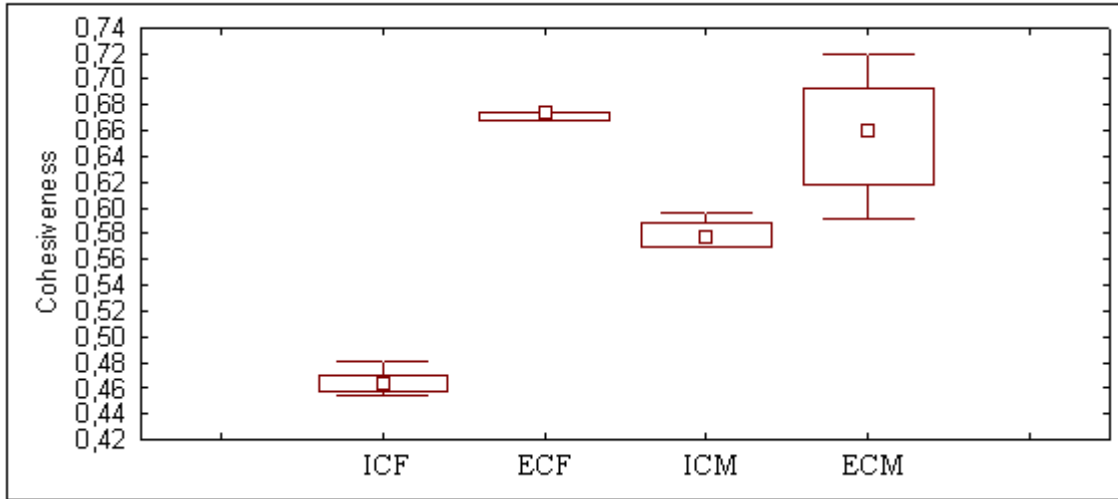
373

374

375

376

377



378

379 ECF - female, ECM - male, ICF- female, – male

380 Data are mean and standard deviation

381 **Fig. 4 - Cohesiveness of tench fillets**

382

383

384

385

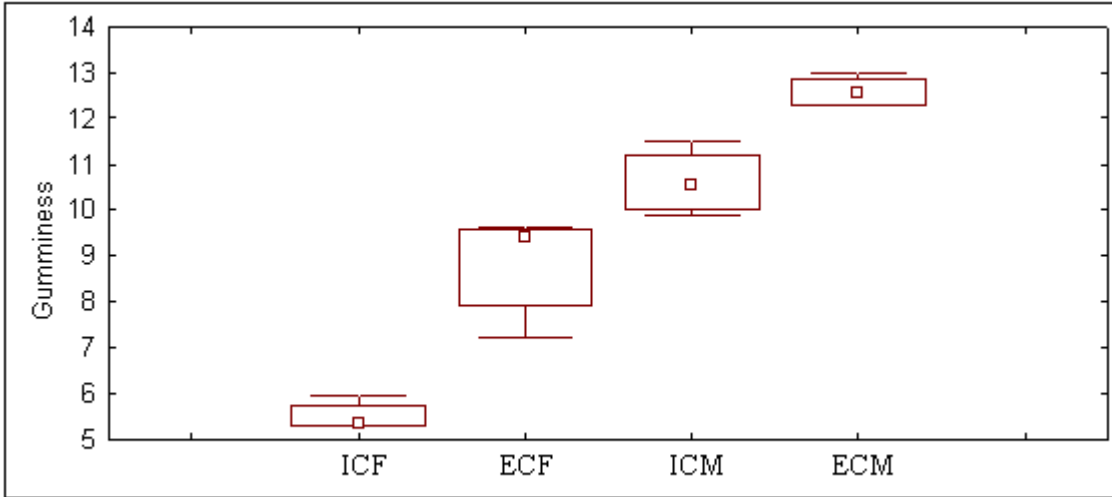
386

387

388

389

390



391

392 ECF - female, ECM - male, ICF- female, ICM – male

393 Data are mean and standard deviation

394 **Fig. 5 - Gumminess of tench fillets**

395

396

397

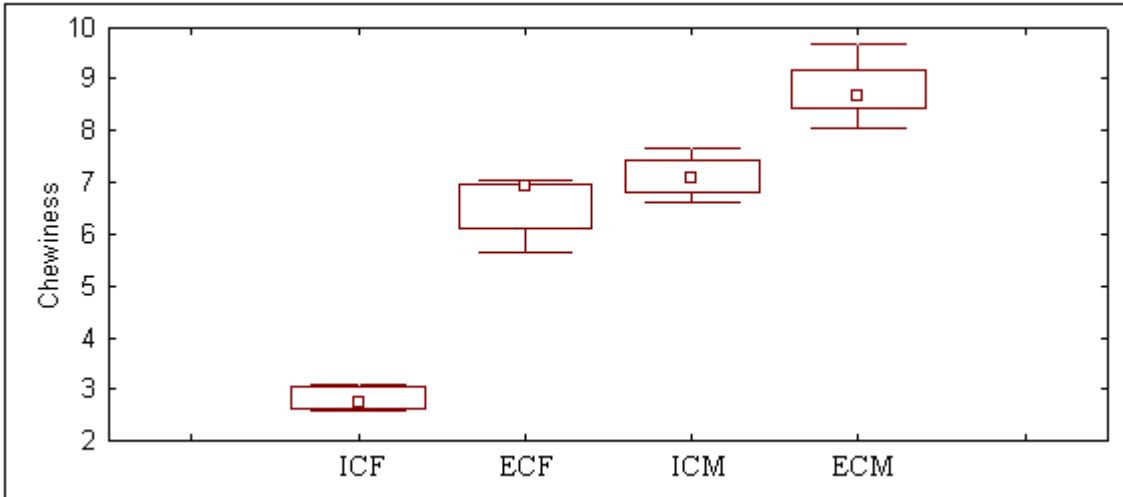
398

399

400

401

402



403

404 ECF - female, ECM - male, ICF- female, ICM – male

405 Data are mean and standard deviation

406 **Fig. 6 - Chewiness of tench fillets**