



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

# TECHNICKÁ ZPRÁVA PROJEKTU

Název projektu:

**Optimalizace podmínek před  
zpracováním ryb pro zvýšení jejich  
welfare a kvality masa**

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/17\_011/0000455



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



Fakulta rybnářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

**Příjemce (veřejnoprávní subjekt):**

*Obchodní firma nebo název:* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod

*Adresa:* Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

*IČ:* 60076658

*Registrační číslo projektu:* CZ.10.2.101/2.1/0.0/17\_011/0000455

*Název projektu:* Optimalizace podmínek před zpracováním ryb pro zvýšení jejich welfare a kvality masa

*Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna příjemce dotace zastupovat:*

doc. Ing. Tomáš Machula, Dr., Ph.D., Th.D.

**Partner projektu (podnik akvakultury spolupracující na projektu s příjemcem):**

*Obchodní firma nebo název:* Rybnářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s.

*Adresa:* Boženy Němcové 711/IV, 503 51 Chlumeck nad Cidlinou

*IČ:* 48173193

*Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna vědecký subjekt zastupovat:*

Ing. Ladislav Vacek

**Zpracovatel technické zprávy projektu:**

*Název nebo obchodní jméno:* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybnářství a ochrany vod

*Adresa:* Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany

*IČ:* 60076658

*Místo a datum zpracování technické zprávy:* Vodňany, 30. 3.2020

*Jména a příjmení osob, které zpracovaly technickou zprávu:*

doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.

*Jméno a příjmení osoby, která je oprávněna zpracovatele technické zprávy zastupovat:*

doc. Ing. Tomáš Machula, Dr., Ph.D., Th.D.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

### **Souhlas s publikací technické zprávy:**

Souhlasím se zveřejněním této technické zprávy projektu v rámci opatření 2.1. Inovace z Operačního programu Rybářství 2014 – 2020 na internetových stránkách Ministerstva zemědělství a s využíváním výsledků této technické zprávy všemi subjekty z odvětví rybářství.

Podpis osoby oprávněné zastupovat:

1. Příjemce dotace (veřejnoprávní subjekt):

doc. Ing. Tomáš Machula, Dr., Ph.D., Th.D.

2. Partnera projektu (podnik akvakultury):

Ing. Ladislav Vacek

3. Zpracovatele technické zprávy:

doc. Ing. Tomáš Machula, Dr., Ph.D., Th.D.



## Obsah

1. Cíl.....	5
1.1. Co je cílem projektu .....	5
1.2. V čem spočívá inovativnost technologie .....	5
1.3. Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu.....	5
2. Úvod.....	6
3. Materiál a metodika.....	7
3.1. Přehled průběhu experimentů a testování.....	7
3.2. Místo experimentů a testování.....	8
3.3. Testované druhy a stádia ryb .....	8
3.4. Testované faktory .....	8
3.5. Průběh experimentů.....	9
3.5.1. Vliv kvality vody (obsahu kyslíku) při krátkodobém uchovávání ryb .....	9
3.5.2. Vliv sezóny .....	10
3.5.3. Vliv způsobu omráčení/zabití .....	11
3.5.4. Vliv způsobu vykrvení ryb.....	12
3.5.5. Vliv teploty a délky skladování .....	13
3.5.6. Vliv filetaže před, v a po rigoru .....	13
3.6. Analýzy.....	13
3.6.1. Hodnocení autolytických změn.....	13
3.6.2. Mikrobiologické analýzy .....	16
3.6.3. Oxidace tuků .....	16
3.6.4. Sensorické hodnocení .....	17
3.6.5. Analýza barvy masa .....	17
3.6.6. Analýza obsahu hemu .....	17
3.6.7. Statistické hodnocení .....	18
4. Výsledky.....	18
4.1. Vliv kvality vody při krátkodobém uchovávání ryb.....	18
4.2. Vliv sezóny .....	21
4.3. Vliv způsobu omráčení/zabití.....	22
4.4. Vliv způsobu vykrvení ryb .....	24
4.6. Vliv filetaže před, v a po rigoru.....	30
5. Vyhodnocení faktorů a navrhované změny.....	34
6. Ekonomické hodnocení navržených změn .....	35
7. Závěr.....	37
8. Seznam literatury.....	38



## **1. Cíl**

### ***1.1. Co je cílem projektu***

Stres a špatný welfare ryb před zpracováním a při jejich zabití má zásadní vliv na průběh postmortálních změn a kvalitu rybího masa. Z literatury je známo, že u ryb dochází při nedostatečném okysličení vody, příliš vysoké obsádce a špatném zacházení ke zvýšení stresové odpovědi organismu, špatnému vykrvení a následně k prudkému průběhu postmortálních změn a změn v sensorické i chemické kvalitě masa, vyšší ztrátě vody apod. Stejně tak způsob omráčení a vykrvení zásadně ovlivňuje celý následný průběh postmortálních změn s dopadem na kvalitu a trvanlivost rybích výrobků. Mnohé z těchto faktorů ale dosud nebyly u sladkovodních ryb testovány a v našich zpracovnách na ně není brán zřetel. Výsledkem je nevyrovnaná kvalita a velmi nízká trvanlivost rybích výrobků. Zjištěním, které faktory zásadně ovlivňují welfare ryb a kvalitu masa dojde ke zvýšení know-how v této důležité oblasti a k optimalizaci celého zpracovatelského postupu a zvýšení kvality a trvanlivosti rybích výrobků. Zlepšením podmínek před zpracováním ryb a při jejich zabití také dojde ke snížení kvalitativních a kvantitativních ztrát v průběhu zpracování a skladování. V rámci projektu bude též vyhodnocena ekonomická náročnost a přínos těchto změn.

### ***1.2. V čem spočívá inovativnost technologie***

Inovativnost produktu spočívá v tom, že přináší identifikaci klíčových parametrů před a při zpracování, které ovlivňují průběh postmortálních změn a kvantifikuje jejich dopady na kvalitu masa a ztráty vody.

Faktory ovlivňující welfare ryb před zpracováním a při jejich zabití nejsou u sladkovodních ryb dostatečně studovány. Následkem toho je welfare ryb v mnoha případech nedostatečný, což má následně negativní vliv na průběh postmortálních změn a kvalitu masa ryb. Prozkoumáním těchto faktorů a optimalizací podmínek dojde ke zvýšení welfare ryb a zvýšení kvality jejich masa.

### ***1.3. Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu***

Je známo, že rybí maso rychle podléhá zkáze a rychle ztrácí své kvalitativní parametry. Z literatury je známo, že podmínky před zpracováním ryb a při jejich zabití mají výrazný vliv na welfare ryb a průběh postmortálních změn. Bohužel mnohé z těchto faktorů dosud nebyly u sladkovodních ryb testovány a v našich zpracovnách na ně není brán zřetel. Výsledkem je nevyrovnaná kvalita a velmi nízká trvanlivost rybích výrobků.



## 2. Úvod

Oproti hospodářským zvířatům ryby rychle podléhají zkáze díky vysokému obsahu vody, malému oxysolení svaloviny, malému množství pojivových tkání a vysokému množství polynenasycených mastných kyselin. Spotřebitelé vyžadují čerstvé ryby vysoké kvality, a proto je důležité najít způsoby, jak oddálit postmortální změny v rybím masu. Jednou z prvních postmortálních změn u ryb, která má výrazný dopad na vzhled ryb a jejich kvalitu je nástup posmrtného ztuhnutí tzv. rigor mortis. Po usmrcení ryb jsou ryby v tzv. pre rigor fázi, kdy jsou uvolněné a flexibilní. Během nástupu rigor mortis (tzv. in rigor fáze) tuhnou a stávají se neohebné. Po in rigor fázi nastupuje post rigor fáze, kdy ryby postupně měknou a stávají se opět elastickými (Erikson 2001).

Vývoj rigor mortis úzce souvisí se snížením energetických zásob ve formě ATP (adenosin 5-trifosfát), protože to je potřebné pro uvolnění aktinu a myosinu, aby mohlo nastat uvolnění svalů. Po zabití ryb se krevní oběh zastaví, kyslík již není dodáván, a tak se svaly rychle stávají anaerobními. Bez kyslíku je ATP generováno ze svalového glykogenu a glukózy pomocí anaerobní glykolýzy. V ní je jako vedlejší produkt vytvářena kyselina mléčná, která se hromadí ve svalovině a v důsledku toho se snižuje pH. Rigor mortis nastává, když jsou zásoby ATP vyčerpány a hladina ATP klesne pod kritickou úroveň. Počátek rigoru začíná nejprve ve svalových vláknech, která vyčerpají ATP a jak rigor postupuje, rybí tělo se postupně stává ztuhlým (Thompson et al. 2006).

Postup vývoje rigor mortis může ovlivnit mnoho faktorů. Jedním z důležitých faktorů je druh ryby (Bito et al. 1983). U některých druhů ryb, jako je štikozubec obecný (*Merluccius hubbsi*), granátník (*Macrourus whitsoni*) a treska modravá (*Micromesistius australis*), může být nástup rigoru velmi rychlý a je obtížné filetovat je ještě před rigorem (Trucco et al., 1982). Zatímco u jiných druhů, jako je kapr obecný (*Cyprinus carpio*), losos obecný (*Salmo salar*) a treska obecná (*Gadus morhua*), je nástup rigoru pomalejší, a proto je obvykle dostatek času na zpracování filetu v pre rigor fázi (Huss, 1995). Například losos obecný je obvykle v plném rigoru do 24 hodin po úmrtí a v post rigor fázi 3-4 dny po smrti (Roth et al. 2006; Skjervold et al. 2001).

Pokud jsou ryby před a při zabití ve stresu, dochází k vyčerpání zásob energie a následně se dramaticky zkracuje dobu nástupu a průběhu rigor mortis (Rahmanifarah et al., 2011; Scherer et al., 2005). Maximální svalové napětí při rigoru je také vyšší u stresovaných ryb, což může vést k vyššímu smrštění pre rigor filetu nebo k vyššímu gappingu (Erikson 2001; Stien et al. 2005). Stres před zabitím způsobuje také snížení textury masa, větší ztráty vody, větší oxysolení svaloviny a změny barvy masa (Stien et al., 2005; Morkore et al., 2008). Se zrychleným průběhem rigor mortis se také zrychlují další autolytické a mikrobiální změny rybiho masa a dochází ke zkrácení jeho skladovatelnosti. Vhodné postupy před a při zabití tak mohou podstatně zlepšit kvalitu masa a prodloužit jeho skladovatelnost.

U kapra obecného nastupuje rigor mortis v závislosti na metodě zabití mezi 3 a 60 hodinami po zabití (Rahmanifarah et al., 2011). To jasně ukazuje, že optimalizace postupů manipulace a zabití má vysoký potenciál prodloužit čerstvost kapra o 2,5 a více dní.

Teplota vody, na kterou jsou ryby před zabitím aklimatizovány, má velký dopad na průběh rigor mortis. Kapr aklimatizovaný na studenou vodu má pomalejší průběh rigor mortis a související biochemické změny ve srovnání s kaprem aklimatizovaným na teplou vodu (Hwang et al., 1991).



Skladovací teplota rybích výrobků také ovlivňuje průběh rigoru. Obvykle čím vyšší je teplota skladování, tím rychlejší je průběh rigoru. Filety pocházející z pre, in a post rigor filetování mají velmi odlišnou kvalitu masa. Běžnou metodou zpracování je filetování buď v pre, anebo po rigoru. Filetování ve fázi in-rigor se obvykle nedělá, protože zvyšuje riziko mezerovitosti (gappingu) a vede k nižší výtěžnosti filet. Vážnou nevýhodou filetování po rigoru je však ztráta čerstvosti, kratší trvanlivost a vyšší náklady na skladování.

U kapra obecného studovalo tyto postmortální změny a jejich vliv na kvalitu několik studií. Většinou byly zaměřeny na dopad stresu a porážkových metod (Varga et al., 2014; Duran et al., 2008; Rahmanifarah et al., 2011) nebo na dopad teploty vody a skladování (Hwang et al., 1991; Watabe et al., 1990). Existuje však jen velmi málo informací o průběhu postmortálních změn u kapra a dalších sladkovodních ryb o tržní hmotnosti z polointenzivního chovu v rybnících.

V rámci projektu budou vytipovány a otestovány faktory, které ovlivňují stres a welfare ryb před zpracováním a při jejich zabití a bude zjištěno, jakým způsobem následně ovlivní kvalitu a trvanlivost masa a rybích výrobků. Budou navrženy kroky k optimalizaci zpracovatelského řetězce od přivezení ryb do manipulačních nádrží u zpracovny až po jejich zabití a vykrvení. Předpokládáme, že z cca 10 předpokládaných faktorů ovlivňujících stres a welfare ryb před zpracováním a při zabití budou vybrány a do finální podoby optimalizovány minimálně 3. Vzhledem k tomu, že tyto faktory budou optimalizovány v praxi přímo na zpracovně spolupracujícího podniku, očekáváme, že bude podnik i po skončení projektu tyto optimalizované postupy využívat.

### **3. Materiál a metodika**

#### ***3.1. Přehled průběhu experimentů a testování***

Postup řešení projektu byl rozdělen do několika následujících fází:

##### **1) Vytipování faktorů k testování, které ovlivňují welfare ryb před zpracováním a v průběhu zabití**

V této fázi byly na základě diskuse vědeckých pracovníků a odborníků z praxe a prozkoumání podmínek přímo na místě zpracovny spolupracujícího podniku vytipovány faktory k dalšímu testování.

##### **2) Testování jednotlivých faktorů**

V této fázi byly postupně testovány jednotlivé faktory a jejich různé parametry (obsah kyslíku ve vodě, sezóna, způsob zabití, způsob vykrvení, teplota a délka skladování, filetaže v různých fázích rigor mortis).

##### **3) Zpracování ryb a odběr vzorků**

Po simulaci jednotlivých faktorů byly ryby zpracovány a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy.

##### **4) Hodnocení parametrů kvality**

U odebraných vzorků ryb byly stanovovány postmortální změny (rigor mortis, pH masa), ztráty vody a parametry kvality - chemické (produkty oxidace, autolytické změny), mikrobiální (potravinová bezpečnost, trvanlivost) a senzorické (chuť, vůně, textura, přítomnost pachuti).

##### **5) Vyhodnocení faktorů**



EVROPSKÁ UNIE  
Evropský námořní a rybářský fond  
Operační program Rybářství



Fakulta rybářství  
a ochrany vod  
Faculty of Fisheries  
and Protection  
of Waters

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice  
Czech Republic

V závislosti na výsledcích z těchto analýz byly navrženy eventuální úpravy postupů a podmínek před a při zabití ryb.

### **6) Ekonomická analýza**

Ekonomické zhodnocení změněných postupů a upravených podmínek. V závislosti na výsledcích předchozích analýz a navržených úprav byla hodnocena ekonomická náročnost a přínos těchto navržených změn.

### **3.2. Místo experimentů a testování**

Testování faktorů a optimalizace podmínek před a při zabití ryb bylo prováděno na zpracovně ryb firmy Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s. a na zpracovně Fakulty rybářství a ochrany vod Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích (FROV JU). Analýzy vzorků byly provedeny v Laboratoři výživy FROV JU.



Obr. 1. Loga spolupracujících organizací.

### **3.3. Testované druhy a stádia ryb**

Hlavní testovanou rybou byl tržní kapr obecný (*Cyprinus carpio*). Dále byly použity tržní ryby těchto druhů: pstruh duhový (*Oncorhynchus mykiss*), amur bílý (*Ctenopharyngodon idella*), tolstolobec pestrý (*Aristichthys nobilis*). Jednalo se o ryby z produkce Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s.

### **3.4. Testované faktory**

Na základě informací z vědecké literatury, zjištění situace na zpracovně ryb a diskuse s vedoucím zpracovny byly pro sledování vybrány následující faktory. Byl sledován vliv nasycení kyslíku ve vodě při krátkodobém uchování ryb před jejich zpracováním. Byl sledován vliv sezóny, vliv způsobu zabití a vykrvení. Dále byl sledován vliv délky skladování filetu při různých teplotách a vliv doby filetače (před rigorem, v průběhu rigoru a po rigoru). Vycházelo se především ze standardních postupů používaných na zpracovně a navržených vylepšení.





### 3.5. Průběh experimentů

#### 3.5.1. Vliv kvality vody (obsahu kyslíku) při krátkodobém uchování ryb

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s. jsou ryby před zpracování naveny ze sádek do manipulačních nádrží vedle zpracovny ryb. Jedná se o 3 betonové nádrže o rozměrech 2,2 (šířka) x 3,14 (délka) x 1,2-1,35 (hloubka; svažené dno k výpusti) metrů a objemu vody 6,74 m<sup>3</sup>. Průtok vody v každé nádrži je 4,5 l/s (16,2 m<sup>3</sup>/hodinu) a tudíž je objem vody v nádrži vyměněn 2,4krát za hodinu. Nádrže jsou opatřeny krytem proti vyskakování ryb a výpustí se šoupětem, která ústí do centrálního slovovacího kanálu s přítlačnou mříží a výtahem na dopravu ryb do zpracovny (Obr. 2 a 3). Při zjišťování podmínek na zpracovně ryb a diskusi s vedoucím zpracovny bylo zjištěno, že kapacita vzduchování v manipulačních nádržích není optimální vůči množství ryb, které se v nich před zpracováním uchovává (v závislosti na teplotě vody 50-150 kg/m<sup>3</sup>) a dochází k suboptimálním obsahům rozpuštěného kyslíku ve vodě, především pak v teplém období roku. Na základě těchto zjištění byl navržen a nainstalován do jedné ze 3 manipulačních nádrží nový aerační systém s vyšší kapacitou (trojnásobnou; Obr. 4) a byl sledován obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě v průběhu uchování ryb. Bylo zjištěno, že nový aerační systém pomohl zvýšit nasycení vody kyslíkem na 50-70 % v porovnání s 10-30 % v nádržích se starým systémem. Pro posouzení vlivu této změny byly odebrány ryby, které byly vystaveny krátkodobému uchování (60 minut) ve vodě o 3 různých koncentracích kyslíku. Jednalo se o skupiny: 1) Optimální obsah kyslíku, který korespondoval se situací po vylepšení aeračního systému (obsah kyslíku se pohyboval kolem 5 mg O<sub>2</sub>/l); 2) Suboptimální obsah kyslíku, který korespondoval se situací se starým aeračním systémem (obsah kyslíku kolem 3 mg O<sub>2</sub>/l); 3) Nízký obsah kyslíku, který korespondoval se situací se starým aeračním systémem při situacích v letním období (obsah kyslíku kolem 1 mg O<sub>2</sub>/l). Ryby byly po hodinové expozici vyloveny, zabity omračovacím elektrickým systémem používaným na zpracovně s následným vykrvením proříznutím žaberních oblouků. Ryby byly dále omyty a zchlazeny v ledu. Část ryb byla zabalena do igelitových sáčků, uložena v chladícím boxu (teplota skladování 2,5 ° C) a v pravidelných intervalech u nich byl sledován vývoj rigoru a pH masa. Druhá část ryb byla zpracována do filet, zabalena individuálně do igelitových sáčků, uložena do chladícího boxu a v pravidelných intervalech z nich byly odebrány vzorky pro další analýzy.



Obr. 2. Celkový pohled na manipulační nádrže pro krátkodobé uchování ryb před jejich zpracováním.



Obr. 3. Vlevo: pohled na výpustní zařízení manipulačních nádrží a slovovací kanál. Vpravo: pohled na vypuštěnou manipulační nádrž a aerační trubici starého systému.



Obr. 4. Pohled na vypuštěnou manipulační nádrž a aerační trubice nového systému.

### 3.5.2. Vliv sezóny

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s. jsou ryby zpracovávány celoročně. Při zjišťování podmínek na zpracovně ryb a diskusi s vedoucím zpracovny bylo zjištěno, že především v letním období, kdy se zpracovávají ryby z letních odlovů a je vyšší teplota vody, dochází často k rychlému nástupu postmortálních změn a k větším ztrátám vody. Na základě těchto poznatků bylo navrženo a zrealizováno porovnání průběhu postmortálních změn a kvalitativních parametrů u ryb z 5 období. První skupinou byly ryby z podzimního období, které byly po podzimních výloveh sádkovány standardním způsobem pro vánoční trh. U této skupiny se vzhledem k nízké teplotě vody (8 °C), relativně dobrému výživnému stavu ryb a krátké době sádkování předpokládaly nejlepší výsledky průběhu postmortálních změn a kvality masa. Druhou skupinou byly ryby odebrané ze sádek v lednu a jednalo se o ryby, které se neprodaly během vánočních prodejů. Teplota vody u nich byla nejnižší (3 °C). Další skupinou byly ryby z jarních výlovů (březen; 12 °C). U této skupiny se předpokládaly o něco horší výsledky vzhledem k delší době hladovění ryb přes zimní období. Čtvrtou skupinou byly ryby z jarních výlovů, které zbyly na sádkách a byly odebrány v květnu (17 °C). Poslední skupinou byly ryby z letního odlovů (červen; 25 °C), u kterých se předpokládaly výrazně rychlejší



postmortální změny s ohledem na vysokou teplotu vody. Všech 5 skupin bylo zabito tupým úderem do hlavy s následným vykrvením. Ryby byly poté omyty a zchlazeny ledem, individuálně zabaleny do igelitových sáčků a uloženy do chladicího boxu (teplota skladování 2,5 ° C). V pravidelných intervalech byly sledovány změny průběhu rigor mortis.

### **3.5.3. Vliv způsobu omráčení/zabití**

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s. jsou ryby zabíjeny v elektrické zabíječce (se střídavým proudem o napětí 230 V, 50 Hz, 5 A, se vzdáleností elektrod 58 cm a elektrokonduktivitou vody cca 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; Obr. 5) s následným vykrvením pomocí proříznutí břišní stěny a vykuchání. Při zjišťování podmínek na zpracovně ryb a diskusi s vedoucím zpracovny bylo zjištěno, že nastavení systému pro zabíjení ryb není vždy optimální a je potřeba ho v závislosti na druhu ryby a období nastavovat tak, aby ryby dostatečně omráčil. Obsluha elektrické zabíječky musí parametry upravovat tak, aby došlo k dostatečně dlouhému omráčení ryb do doby, než jsou vykrveny vykucháním. Upravován je především čas doby aplikace elektrického proudu, kdy se nejběžněji využívá délka expozice 5-7 minut. Vzhledem k tomu, že v předchozích studiích bylo prokázáno, že délka expozice elektrickému proudu výrazně urychluje autolytické změny v rybím masu a průběh rigor mortis, byl navržen a zrealizován experiment pro zjištění, jak velké dopady má způsob zabíjení používaný na zpracovně ryb na průběh postmortálních změn a následné kvalitativní parametry masa ryb. Byly testovány 2 doby expozice elektrickému proudu v zabíjecím zařízení (5 a 7 minut) ve srovnání s kontrolní skupinou zabitou pomocí omráčení tupým úderem do hlavy s následným vykrvením pomocí přeříznutí žaberních oblouků. Ryby byly po zabití vykuchány, omyty a zchlazeny v ledu. Část jich byla přesunuta v celku včetně hlavy (v igelitových sáčcích) do chladicího boxu (teplota skladování 2,5 ° C) a byl u nich v pravidelných intervalech sledován průběh rigor mortis a pH masa. Druhá část ryb byla filetována, filety vloženy do igelitových sáčků, uloženy do chladicího boxu a v pravidelných intervalech z nich byly odebírány vzorky pro další analýzy.



Obr. 5. Vlevo: Boční pohled na elektrickou zabíječku ryb navazující na odšupinovačku. Vpravo: Pohled shora na odšupinovačku a za ní na elektrickou zabíječku ryb s výklopným košem.



### 3.5.4. Vliv způsobu vykrvení ryb

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s. jsou omráčené ryby elektrickým proudem nejprve odšupinovány v odšupinovače a následně vykrvovány pomocí proříznutí břišní stěny a vykuchání. Na základě vědecké literatury bylo zjištěno, že za určitých podmínek může čas mezi zabitím a vykrvením hrát důležitou roli v míře vykrvení ryb. Především je toto časové rozpětí významné v případě, že je vyšší teplota vody, vyšší míra stresu ryb a horší podmínky jejich krátkodobého přečlovávání před zpracováním a nevhodný způsob zabíjení. Při zjišťování podmínek na zpracovně ryb a diskusi s vedoucím zpracovny bylo zjištěno, že především v letním období, kdy se zpracovávají ryby z letních odlovů, je vyšší teplota vody, ryby jsou navezeny na zpracovnu přímo z odlovu, a tak mají vyšší míru stresu, je používána delší expozice elektrickému proudu v zabíječe a je tak zvýšené riziko nedostatečného vykrvení ryb. Na základě těchto poznatků byl navržen a zrealizován experiment pro zjištění, jak velké dopady má způsob vykrvení používaný na zpracovně ryb na míru vykrvení, průběh postmortálních změn a následné kvalitativní parametry masa ryb. Byly testovány 3 skupiny ryb. První skupina byla vykrvena pomocí vykuchání, což koresponduje s metodou používanou na zpracovně ryb (prořezávačka břišní stěny viz Obr. 6). Druhá skupina byla ihned po omráčení vykrvena přetnutím žaberních oblouků, což koresponduje s nejrychlejší možnou metodou vykrvení. Třetí skupinou byla kontrolní skupina (špatně vykrvená) s odloženým vykrvením. Tyto ryby byly po zabití uloženy do ledu a zpracování u nich proběhlo až po jedné hodině od zabití. Tato skupina sloužila jednak jako kontrolní pro kontrast špatně a dobře vykrvených ryb a jednak koresponduje s případy, kdy dojde k zabití ryb prostřednictvím udušení a jejich zpracování neproběhne ihned. Následně byly ryby vykuchány, omyty a zchlazeny v ledu. Část jich byla zabalena do igelitových sáčků a přesunuta do chladicího boxu (teplota skladování 2,5 ° C) a byl u nich v pravidelných intervalech sledován průběh rigor mortis a pH masa. Druhá část ryb byla vyfiletována, filety byly zabaleny do igelitových sáčků a přesunuty do chladicího boxu a následně z nich byly v pravidelných intervalech odebírány vzorky pro další analýzy.



Obr. 6. Pohled na okružní pilu s vodícími lištami pro prořezávání břišní stěny ryb.



### **3.5.5. Vliv teploty a délky skladování**

Chlazené rybí výrobky jsou skladovány při teplotě 0-5 °C. To je z hlediska rozvoje mikroorganismů poměrně velké rozpětí, kdy rozdíl mezi rozvojem mikroorganismů na rybím masu může být mezi 0 a 5 °C téměř dvojnásobný a má tak velký vliv na skladovatelnost rybích výrobků. Je snaha rybí výrobky expedovat ze zpracovny co nejrychleji po jejich výrobě. Nicméně např. v předvánočním období je potřeba výrobky vyrobit s předstihem, aby bylo možné vyrobit potřebné množství rybích výrobků pro vánoční trh. Může tak dojít k jejich skladování až po dobu 3 dnů od jejich výroby. Při zjišťování podmínek na zpracovně ryb a diskusi s vedoucím zpracovny bylo zjištěno, že používaná teplota skladování chlazených výrobků je 2-2,5 °C. Nicméně v letním období, popř. při navezení velkého množství ryb do chladicího boxu může dojít ke krátkodobému zvýšení teploty až k 5 °C. Expedice rybích výrobků je většinou během 24 hodin od jejich výroby s výjimkou např. předvánočního období, kdy může dojít ke skladování až po 3 dny od výroby.

Na základě těchto poznatků byl navržen a zrealizován experiment pro zjištění, jak velké dopady má teplota a délka skladování chlazených výrobků na průběh postmortálních změn a následné kvalitativní parametry masa ryb. Chlazené ryby byly skladovány při 3 teplotách (0; 2,5 a 5 °C). Z ryb byly v průběhu skladování v pravidelných intervalech odebrány vzorky pro následné analýzy.

### **3.5.6. Vliv filetace před, v a po rigoru**

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s. jsou ryby nejčastěji filetovány během dvou hodin od jejich zabití. Předpokladem tedy je, že jsou většinou filetovány v pre-rigor fázi. V případě, že jsou filetovány ryby z letních odlovů, kde probíhají rychlé postmortální změny, popř. se ryby nestihly včas vyfiletovat, může docházet k jejich filetaci ve fázi rigor mortis. Klasická zpracovatelská poučka zní, že s rybou ve fázi rigor mortis není vhodné manipulovat a filetovat ji, aby se předešlo potrhání svaloviny. V zahraničí je tedy běžné, že pokud se nestihly ryby vyfiletovat v pre-rigor fázi, počká se až rigor odezní a filetují se až v post-rigor fázi (nejběžnější způsob zpracování např. u lososa). Pro ověření vlivu filetace kapra v jednotlivých fázích rigoru na kvalitu masa byl navržen a realizován následný experiment.

Tržní ryby kapra obecného o hmotnosti cca 2 kg byly zabity tupým úderem do hlavy s následným vykrvením pomocí přerušení žaberních oblouků. Ryby byly poté vykuchány, omyty a zchlazeny v ledu. Část jich byla přesunuta do chladicího boxu a byl u nich v pravidelných intervalech sledován průběh rigor mortis a pH masa. Druhá část ryb byla rozdělena do 3 skupin a byly filetovány v pre-rigor fázi (<2 hodiny po smrti), v plném rigoru (42 hodin po smrti) a po rigoru (100 hodin po smrti), filety byly zabaleny do igelitových sáčků a přesunuty do chladicího boxu (teplota skladování 2,5 °C) a následně z nich byly v pravidelných intervalech odebrány vzorky pro další analýzy.

## **3.6. Analýzy**

### **3.6.1. Hodnocení autolytických změn**

#### **Rigor status**

Vývoj průběhu stavu rigor mortis byl sledován v pravidelných intervalech během doby skladování ryb v chladicím boxu. Ryby byly kvůli prevenci osychání individuálně zabaleny do igelitových sáčků a položeny v rovné horizontální poloze. Stupeň stavu rigoru byl hodnocen



vždy stejným zkušeným pracovníkem, aby byla zajištěna jednotnost hodnocení a každá ryba zvlášť byla jemným osaháním hodnocena na škále tzv. rigor statutu od 0 do 5 podle Erikson (2001).

Fáze Rigor statutu:

0 = pre- nebo post-rigor; ryba je zcela ohebná

1 = nástup rigoru; první známky tuhnutí, například v oblasti za hlavou nebo ocasu

2 = lehký rigor; větší část ryby je zjevně ztuhlá

3 = rigor celé ryby

4 = silný rigor

5 = velmi silný rigor; ryba je extrémně tuhá, tyčovitá (Obr. 7)



Obr. 7. Ukázka kapra obecného v plném rigor mortis.

### pH masa

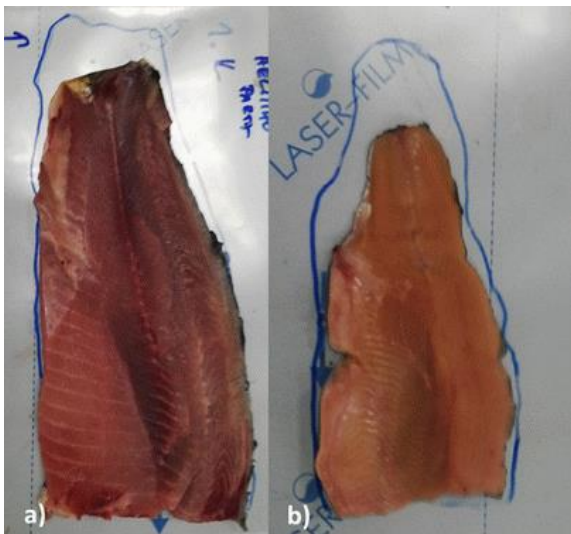
pH masa ryb bylo měřeno pomocí pH metru s penetrační sondou (Testo 206 s penetrační sondou pH2, Testo s.r.o., Česká republika). Měření byla prováděna 2 cm do hřbetního svalu pod začátkem hřbetní ploutve (Obr. 8). Sonda byla vložena vždy ve stejné poloze a byla před měřením očištěna destilovanou vodou a otřena papírovým ubrouskem.



Obr. 8. Měření pH masa pomocí pH metru s penetrační sondou.

#### Kontrakce filet

Fotografie filet byly pořízeny ihned po filetování a poté v pravidelných intervalech, aby se vyhodnotilo smrštění filet (Obr. 9). Změny v délce a ploše filet byly vyhodnoceny pomocí softwaru Microlmage verze 4.0 (Olympus Optical co. GMBH, Hamburk, Německo).



Obr. 9. Ukázka smrštění filet kapra (a) a pstruha (b) filetovaných v pre rigor fázi (silueta označená modrou čarou), ke kterému došlo po nástupu rigor mortis.

#### Ztráty vody

Vzorky svaloviny (50 x 50 x 30 mm) z hřbetní části ryb byly odebrány, osušeny papírovým ubrouskem, zváženy a umístěny odděleně do uzavřených plastových sáčků pro stanovení ztrát vody.

Vzorky pro stanovení ztráty vody při chlazeném skladování byly po zvážení a umístění do sáčků uloženy do chladicího boxu (2,5 °C). Po setření exsudátu byly pravidelně váženy. Ztráta vody byla vypočtena jako:



$$\text{ztráta vody při chlazeném skladování (\%)} = \frac{(\text{hmotnost vzorku v čase 0} - \text{hmotnost vzorku v čase T})}{(\text{hmotnost vzorku v čase 0})} \times 100$$

Vzorky pro stanovení ztráty vařením byly vařeny v sáčcích ve vodní lázni při 75 ° C po dobu 10 minut. Poté byly ochlazeny na 4 ° C v lednici, exsudát byl otřen a vzorky byly zváženy. Ztráta vařením byla vypočtena jako:

$$\text{ztráta vařením (\%)} = \frac{(\text{hmotnost vzorku před vaření} - \text{hmotnost vařeného vzorku})}{(\text{hmotnost vzorku před vařením})} \times 100$$

Vzorky pro stanovení ztráty při rozmrazení byly zmrazeny (-20 °C) a rozmrazeny na 4 ° C v chladničce po 2 dnech, exsudát byl otřen a vzorky byly zváženy. Ztráta vody po rozmrazení byla vypočtena jako:

$$\text{ztráta po rozmrazení (\%)} = \frac{(\text{hmotnost před zmrazením} - \text{hmotnost po rozmrazení})}{(\text{hmotnost před zmrazením})} \times 100$$

### **Mezerovitost (gapping)**

Mezerovitost svaloviny byla hodnocena u filet na konci doby skladování. Byla hodnocena na stupnici od 0 do 5 (Andersen et al. 1994), kde 0 představuje žádné mezery a 5 představuje extrémní mezery s rozpadáním filetu.

### **3.6.2. Mikrobiologické analýzy**

Mikrobiologický rozbor vzorků ryb byl proveden na základě metody stanovení celkového počtu aerobních mezofilů a psychrotrofních bakterií pomocí standardních mikrobiologických metod (ISO 2001, 20013). 10 g svaloviny bylo odebráno asepticky z hřbetního svalu a homogenizováno po dobu 3 minut (Masticator Classic Panoramic IU 500; IUL Instruments, Barcelona, Španělsko) s 90 ml 0,1% peptonové vody. Byla provedena série ředění a vzorky byly nanášeny na Petriho misky s agarem. Pro stanovení mesofilních bakterií byly misky inkubovány (NB 203 XL; N-Biotek, Pyeongcheon-ro, Jižní Korea) po dobu 3 dnů při 30 °C, a vzorky pro analýzu psychrotrofních bakterií byly inkubovány po dobu 10 dní při 6,5 °C (NORDline UR600; Nosreti). Po inkubaci byly spočteny kolonie bakterií na jednotlivých miskách. Data byla vyjádřena jako logaritmus kolonie tvořících jednotek na gram svaloviny (KTJ/g).

### **3.6.3. Oxidace tuků**

Rybí maso je obecně náchylné k oxidačním změnám, které mají vliv na jeho kvalitu. Je to dáno především kvůli velkému obsahu polynenasycených mastných kyselin, které jsou vůči oxidaci výrazně citlivější než mastné kyseliny v tuku hospodářských zvířat. Stupeň oxidace ve výrobcích byl měřen metodou obsahu hydroperoxidů a metodou TBARS (*thiobarbituric acid reactive substances*). Pro stanovení hydroperoxidů bylo ke gramu vzorku svaloviny přidáno 11 ml 65% chloroformu v methanolu. Vzorek byl homogenizován (Ultra Turrax T 18 basic; IKA) po dobu 3 minut a následně filtrován. K 7 ml supernatantu byly přidány 2 ml 0,5% NaCl, zamíchány vortexem (Vortex GENIUS 3; IKA) a odstředěny při 3000 x g po dobu 5 minut. K 5





ml bylo přidáno 0,25  $\mu$ l roztoku thiokyanátu amonného a chloridu železitého (podrobné pokyny k přípravě viz Shanta a Decker, 1994) a vzorky byly inkubovány po dobu 20 minut. Poté byla měřena absorbance při 500 nm. Standardní křivka byla připravena za použití kumen hydroperoxidu (CHP) a data byla vyjádřena v  $\mu$ mol CHP/kg.

TBARS analýza byla provedena pomocí spektrofotometrické metody (Miller et al., 1988). 1 gram vzorku byl homogenizován pomocí ultra turaxu (Janke & Kunkel, Staufen, Germany, T25IKA-Labortechnik,) po dobu 3 x 20 sekund při rychlosti 14000 rpm spolu s 9,1 ml (0,61 mol/l) kyseliny trichlor octové a 0,2 ml (0,09 mol/l) butylovaného hydroxy toluenu v metanolu. Poté byl vzorek filtrován přes filtrační papír (Munktell Filter AB, Grycksbo, Sweden). Dvakrát 1,5 ml filtrátu bylo přeneseno do nových zkumavek. Do první zkumavky bylo přidáno 1,5 ml kyseliny thiobarbiturové (0,02 mol/l) a do druhé bylo přidáno 1,5 ml vody (jako blank). Vzorky byly ponechány ve tmě po dobu 15 hodin při pokojové teplotě. Reakční komplex byl detekován při vlnové délce 530 nm vůči blanku pomocí UV-Vis spektrofotometru (Specord 210; Analytik Jena, Germany). Množství TBARS bylo vyjádřeno jako malondialdehyd v  $\mu$ g/ g vzorku.

#### **3.6.4. Senzorické hodnocení**

Senzorická analýza vzorků ryb byla provedena na syrových a vařených vzorcích masa. Vzorky byly hodnoceny panelem deseti členů pracovníků Ústavu akvakultury a ochrany vod. Byly prováděny v jednotlivých boxech, aby se oddělily panelisté od sebe navzájem a za kontrolovaných podmínek teploty, světla a vlhkosti. Každý vzorek byl označen náhodně 3 nebo 4místným kódem a vyhodnocení bylo provedeno trojmo. Mezi hodnoceními, byly 40minutové přestávky a s každým novým hodnocením měl vzorek jiný kód. Syrové vzorky ryb byly hodnoceny na texturu (5 pevná x 1 měkká), barvu (5 bez zabarvení x 1 s extrémním zabarvením), zápach (od 5 velmi žádoucí x 1 extrémně nežádoucí), celkovou přijatelnost (5 je mimořádně přijatelný x 1 mimořádně nepříjemný). Vzorky pro hodnocení po uvaření byly nakrájené na malé kousky (přibližně 2 cm x 2 cm). Každý vzorek zahrnoval tři kousky masa, z nichž každý pocházel z jiné části filetu. Ty byly umístěny do skleniček o objemu 0,2 litru, uzavřeny víčkem a vařeny v elektrické troubě po dobu 15 minut při 150 ° C, bez přidání soli, oleje nebo koření. Hodnocené byly 4 parametry: chuť, vůně, pachů a konzistence na škále od 5 (velmi žádoucí) po 1 (extrémně nežádoucí).

#### **3.6.5. Analýza barvy masa**

Barva masa ryb byla měřena na dorsální straně filetu na třech místech (přední, střední a zadní část) pomocí spektrofotometru (CM-600d; Konica Minolta, Tokio, Japonsko). Byly měřeny hodnoty Colour space CIELAB s parametry L\* (světlost, od černé [0] po bílou [100]), a\* (červenost, od zelené [-a] po červenou [+a]), a b\* (žlutost, od modré [-b] po žlutou [+b]).

#### **3.6.6. Analýza obsahu hemu**

Pro analýzu obsahu hemu byly použity vzorky bílé svaloviny, které byly extrahovány pomocí okyseleného acetonu (Hornsey, 1956; Olsen et al, 2006). 5 g vzorku bylo homogenizováno (Ultra Turrax T 18 basic; IKA, Staufen im Breisgau, Německo) s 20 ml kyselého acetonu po dobu 15 s a inkubováno po dobu 1 hodiny v lednici (NORDline UR600; Nosreti). Poté byl homogenát filtrován přes filtrační papír (Whatman č. 1) a odstředěný (Hereus Megafuge 16R; Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) při 10 000 x g po dobu 15 minut. Absorbance byla měřena při



640 nm (DR2800; Hach Lange GmbH, Düsseldorf, Německo). Standardní křivka byla připravena z hovězího hemoglobinu a data byla vyjádřena jako koncentrace hemoglobinu v  $\mu\text{mol/kg}$ .

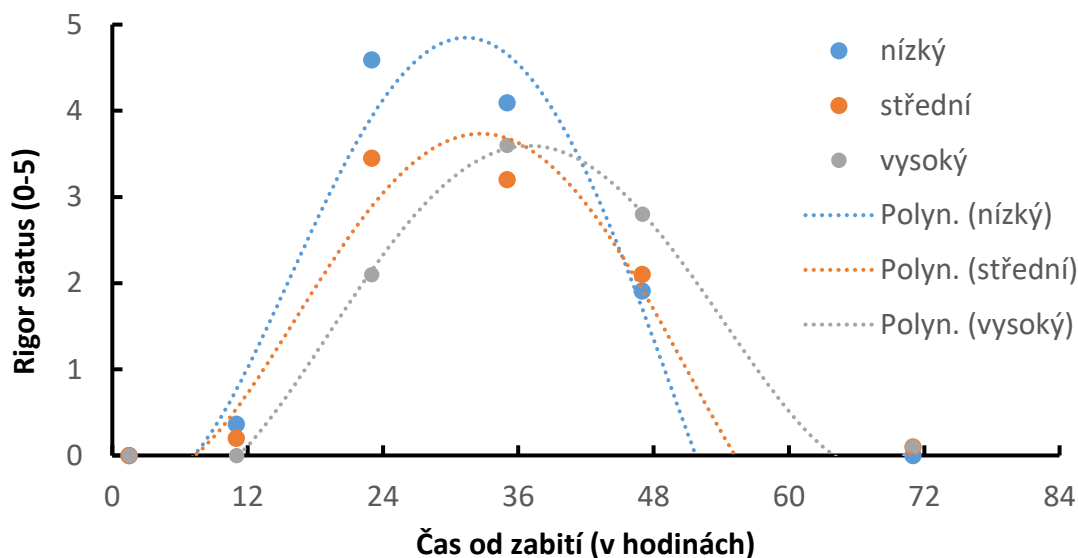
### 3.6.7. Statistické hodnocení

Data byla statisticky vyhodnocena nejprve v softwaru Microsoft Excel. Ze zdrojových dat byl vypočítán průměr a směrodatná odchylka. Rozdíly mezi skupinami byly hodnoceny v softwaru STATISTICA CZ, verze 12.0 (StatSoft, Inc.) pomocí analýzy variance ANOVA s následným post hoc Tukeyho testem. Pro sledování závislosti parametrů na čase byla provedena regresní analýza za účelem nalezení trendů v každé experimentální skupině během skladování. Rozdíly byly hodnoceny jako statisticky signifikantní na úrovni  $p < 0,05$ .

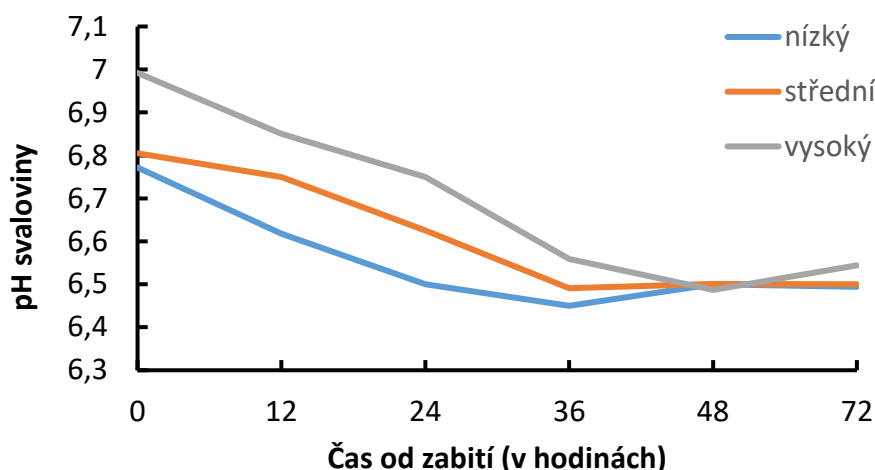
## 4. Výsledky

### 4.1. Vliv kvality vody při krátkodobém uchování ryb

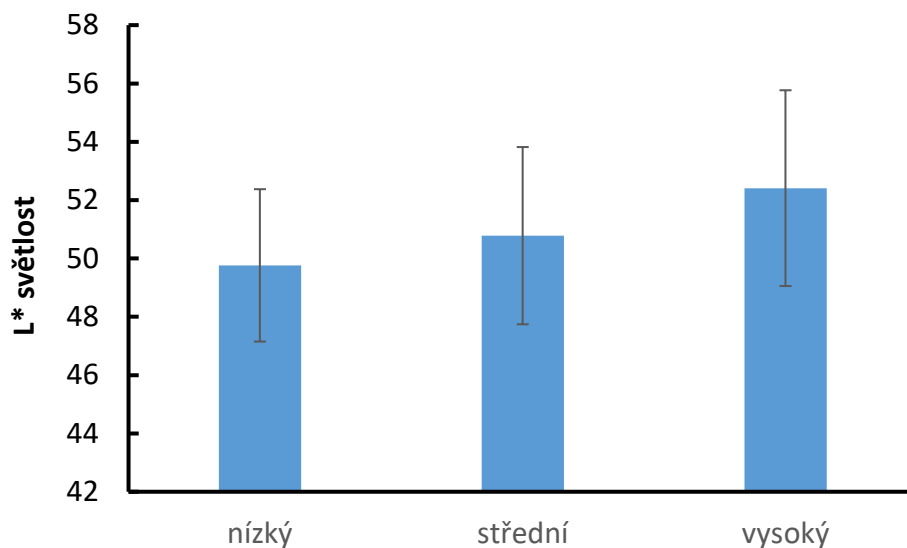
V závislosti na teplotě vody v různých ročních obdobích, nakrmění ryb a hustoty jejich obsádky se výrazně mění obsah kyslíku ve vodě. To má výrazný vliv na welfare a stres ryb. V rámci projektu byl v jedné ze 3 manipulačních nádrží vylepšen aerační systém, který výrazně zvýšil nasycenost vody kyslíkem. Pro porovnání vlivu tohoto vylepšení byly ryby krátkodobě (1 hodina) uchovávány při 3 různých koncentracích kyslíku (1; 3 a 5  $\text{mg O}_2/\text{l}$ ). Vliv koncentrace kyslíku ve vodě měl statisticky významný vliv na průběh postmortálních změn v masě kapra. Se zvyšující se koncentrací kyslíku ve vodě před zabitím se prodlužoval nástup rigor mortis a jeho stupeň při maximálním vrcholu byl nižší (Graf. 1).



Graf. 1. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na průběh rigor mortis u kapra obecného v průběhu skladování při 2,5 °C.

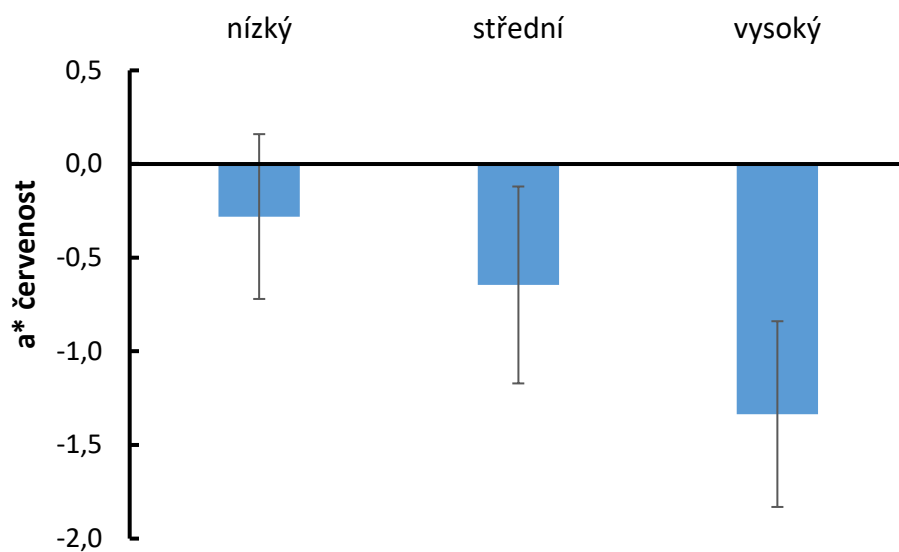


Graf. 2. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na změny pH svaloviny u kapra obecného v průběhu skladování při 2,5 °C.

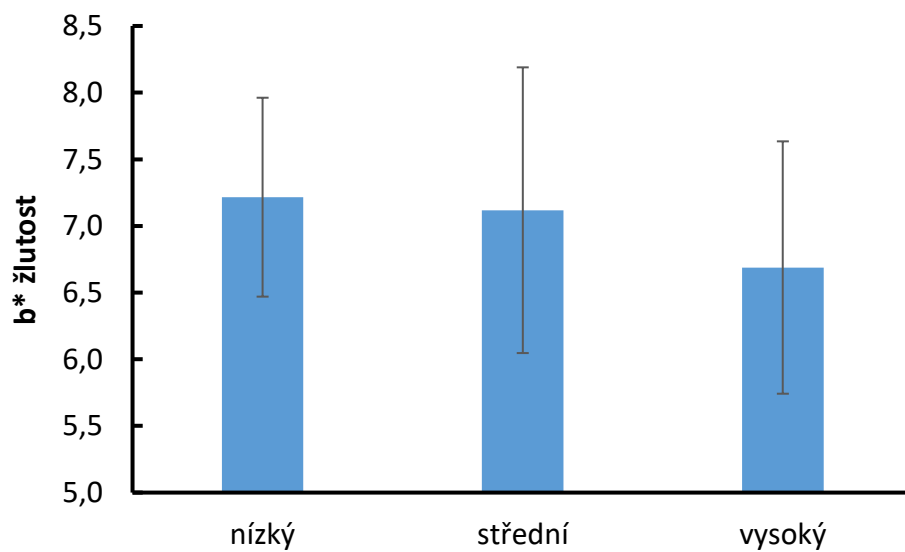


Graf. 3. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na L\* světlost svaloviny kapra obecného.

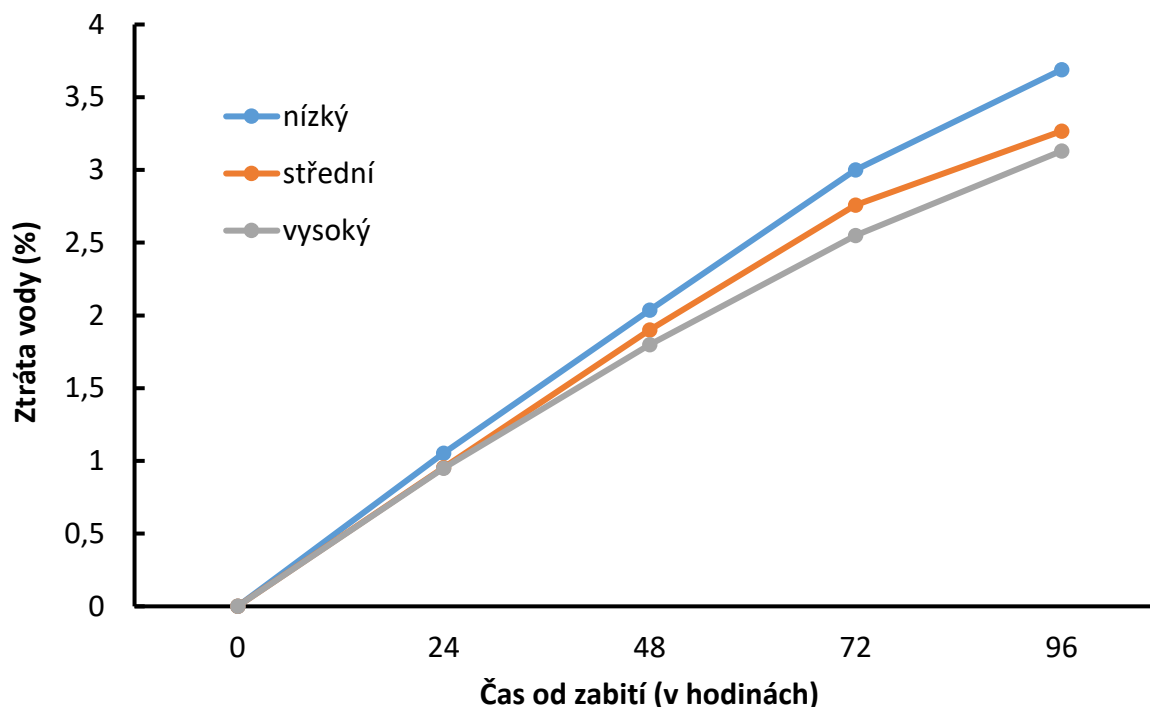
Se zvyšující se koncentrací kyslíku ve vodě před zabitím byl pozvolnější pokles pH svaloviny a minimální hodnota pH byla vyšší (Graf. 2). Obsah kyslíku měl také velký vliv na barvu masa filet kapra. Se zvyšující se hodnotou kyslíku stoupala hodnota L\* světlosti masa (Graf 3), klesala a\* červenost masa (Graf 4) a mírně klesala žlutost masa (Graf 5). S vyšší koncentrací kyslíku také klesaly ztráty vody při chlazeném skladování (Graf 6) i při vaření (Graf 7). To nasvědčuje tomu, že při lepší nasycenosti vody kyslíkem před zabitím ryb měly ryby lepší welfare, nedocházelo u nich ke zvýšené spotřebě energetických zásob, došlo k lepšímu vykrvení, zpomalení postmortálních změn a menším ztrátám vody. Je tedy doporučováno, aby byla kvalita vody (především koncentrace kyslíku ve vodě) u manipulačních nádrží u zpracoven ryb co nejvyšší tak, aby nebyly ryby stresovány, měly dobrý welfare a došlo tak ke zpomalení postmortálních změn a lepší kvalitě masa.



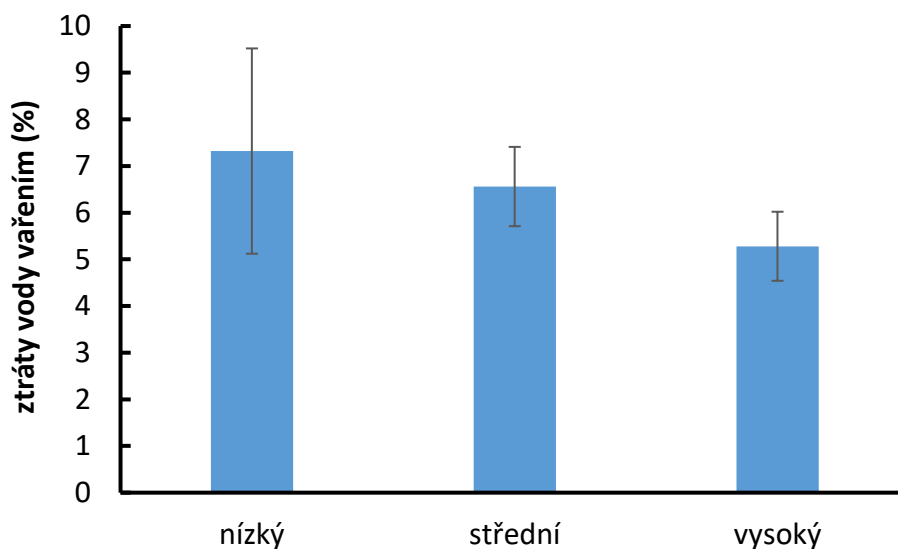
Graf. 4. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na červenost svaloviny kapra obecného.



Graf. 5. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na žlutost svaloviny kapra obecného.



Graf. 6. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na ztráty vody (%) filet kapra obecného skladovaných při 2,5 °C.



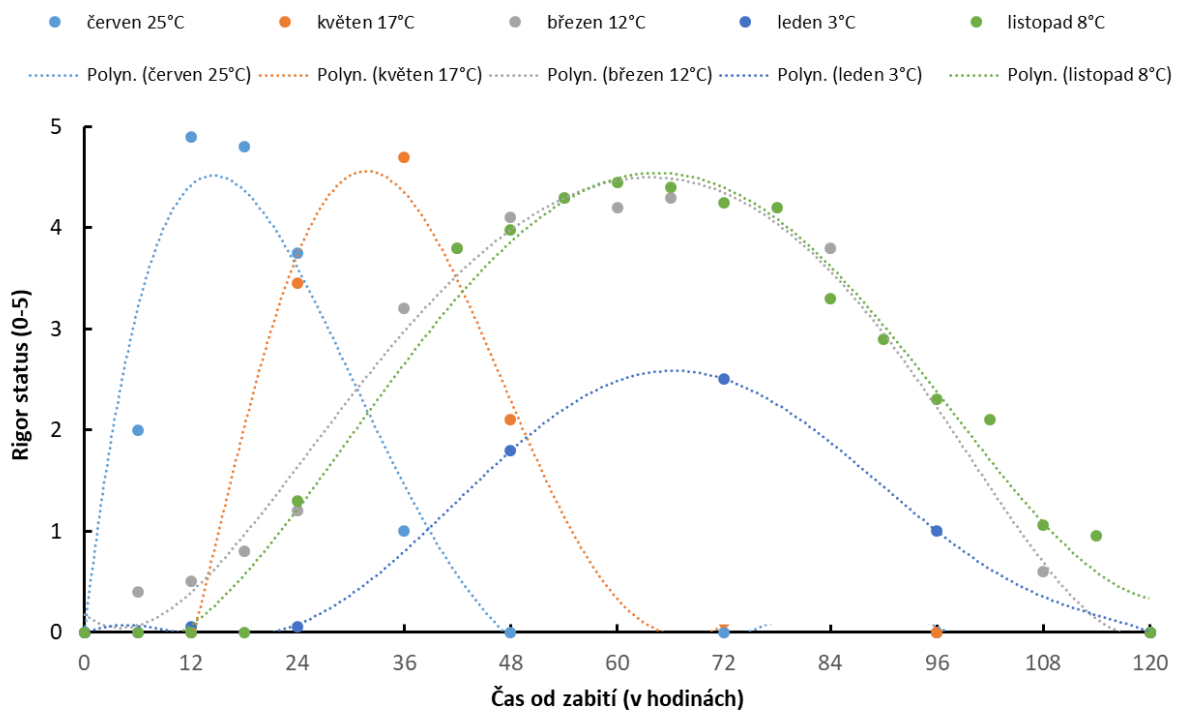
Graf. 7. Vliv nasycení vody kyslíkem před zabitím na ztráty vody vařením (%) filet kapra obecného.

#### 4.2. Vliv sezóny

Z literatury je známo, že sezóna, a především teplota vody, na kterou jsou ryby aklimatizované, hraje velkou roli v průběhu postmortálních změn. Na čím nižší teplotu jsou ryby aklimatizovány, tím je pomalejší průběh rigor mortis a jeho stupeň je nižší. To se potvrdilo



i v rámci našeho projektu, kde jsem sledovaly průběh rigor mortis u kaprů v 5 různých obdobích roku (Graf 8). Nejrychlejší průběh rigoru (a zároveň nejsilnější) byl u ryb zabitých v červnu při teplotě vody 25 °C. U těch byl dosažen nejsilnější rigor status 4,9 již během prvních dvanácti hodin. Následovala skupina zabitá v květnu při 17 °C, poté skupina zabitá v březnu (12 °C) a listopadu (8 °C). Nejpomalejší (72 hodin) a zároveň nejslabší (rigor status 2,5) průběh rigoru byl pozorován u skupiny zabitě v lednu při teplotě 3 °C. Lze potvrdit hypotézu, že teplota vody, na kterou jsou ryby aklimatizovány, hraje v průběhu rigoru velmi významnou roli a že čím je nižší teplota vody, tím je průběh rigoru pomalejší a jeho stupeň je nižší. Z toho lze usuzovat, že při nízké teplotě bude zároveň nejlepší kvalita masa, nejmenší ztráty vody a nejdelší skladovatelnost. Nejhorší kvalita masa, nejvyšší ztráty vody a nejkratší skladovatelnost bude naopak u ryb v létě při vysoké teplotě.



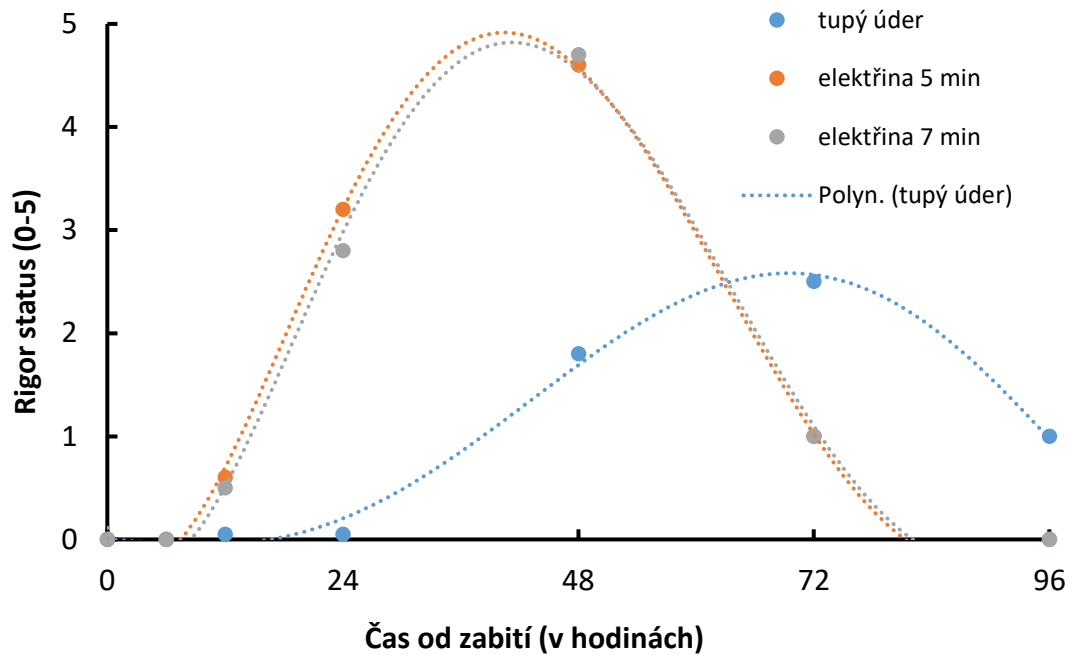
Graf 8. Průběh rigor mortis u kapra obecného v různých časových obdobích roku (teplota vody v °C). Data jsou průměr, n=10.

### 4.3. Vliv způsobu omráčení/zabití

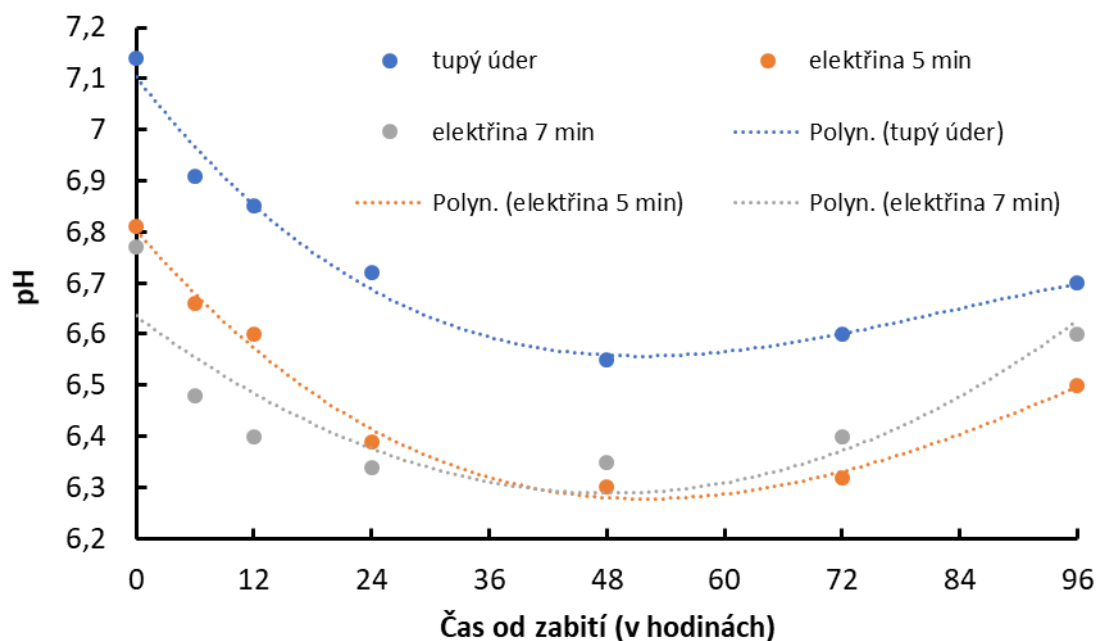
Způsob zabití má velký vliv na autolytické změny v rybím masu. Pokud je při zabití ryba ve stresu, popř. proces zabití trvá dlouho, dochází k rychlému vyčerpání energetických zdrojů ve formě ATP, glukózy a glykogenu, což urychluje průběh rigor mortis (rychlost i stupeň) výrazněji okyseluje svalovinu a dochází k vyšším změnám ve svalu, rychlejšímu měknutí textury a k vyšším ztrátám vody v průběhu skladování. V našem experimentu se tyto principy taktéž potvrdily. Ryby zabitě tupým úderem do hlavy s následným vykrvením měly výrazně pomalejší nástup rigor mortis a také nebyl tak silný na rozdíl od obou skupin zabitých elektrickým proudem s následným vykucháním, u kterých došlo k rychlému a silnému průběhu rigoru (Graf 9). Podobný jev byl pozorován i u pH masa, kde byl pomalejší pokles a nedošlo k tak silnému



okyselení svaloviny na rozdíl od obou skupin zabitých elektrickým proudem (Graf 10). Skupina, u které byl aplikován elektrický proud po dobu 5 minut měla o něco pomalejší nástup rigoru a poklesu pH, než skupina s aplikací proudu 7 minut.



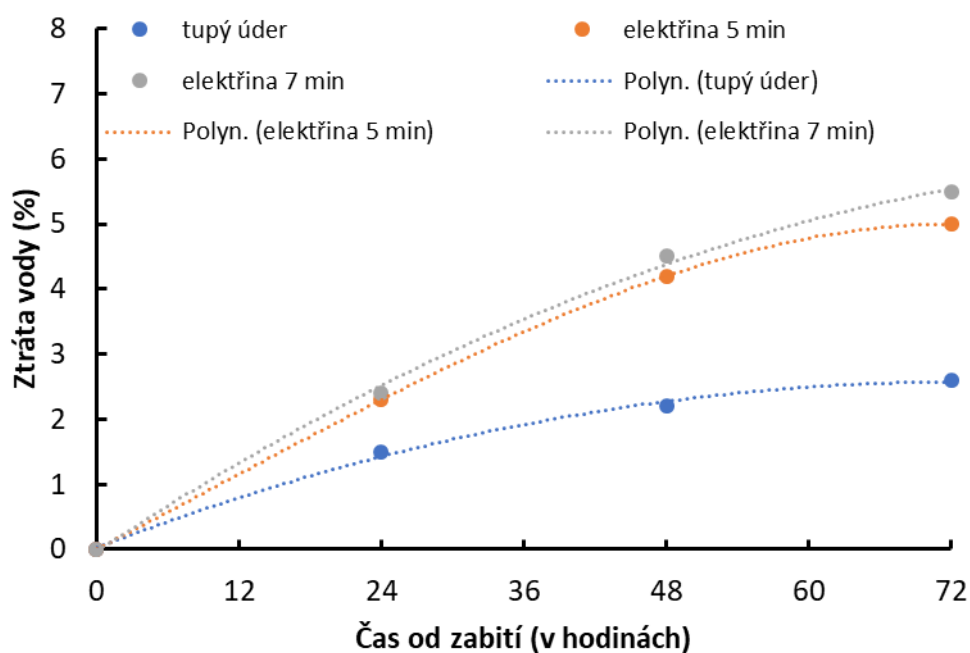
Graf. 9. Vliv způsobu zabití na průběh rigor mortis u ryb skladovaných při 2,5 °C. Data jsou průměr, n=10.



Graf. 10. Vliv způsobu zabití na průběh pH svaloviny u ryb skladovaných při 2,5 °C. Data jsou průměr, n=10.



U ryb zabitých tupým úderem do hlavy s následným vykvrvením došlo také k mnohem menším ztrátám vody v průběhu skladování při 2,5 °C, které po 72 hodinách skladování dosahovaly 2,6 % na rozdíl od skupin zabitých elektrickým proudem, kde ztráty dosáhly 5 a 5,4 %. Skupina zabitá proudem po dobu 7 minut měla o něco vyšší ztráty vody v porovnání se skupinou zabitou proudem po dobu 5 minut (Graf 11). Závěrem lze tedy říci, že nejlepší výsledky vykazovala skupina zabitá tupým úderem do hlavy. Čím delší byla expozice elektrickému proudu, tím horší byly výsledky.

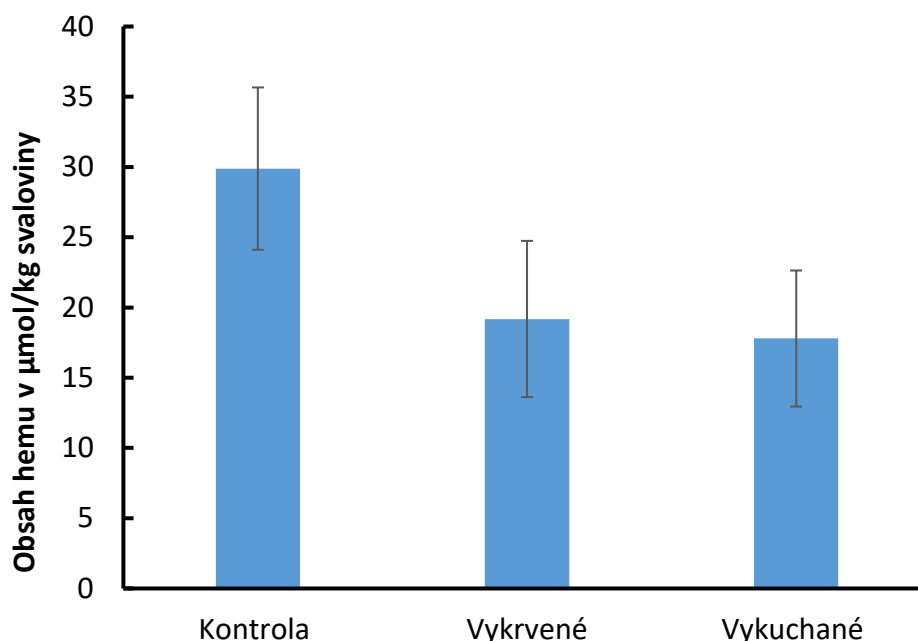


Graf. 11. Vliv způsobu zabití na průběh ztráty vody (%) ze svaloviny ryb skladovaných při 2,5 °C. Data jsou průměr, n=10.

#### 4.4. Vliv způsobu vykvrvení ryb

Způsob a rychlost vykvrvení ryb silně ovlivňuje množství krve, která zůstává v mase ryb. Obecně platí, že čím rychlejší vykvrvení a způsob zajišťující velkou masivnost krvácení, tím lépe se ryba vykvrví a snižuje se riziko toho, že ve svalovině zůstane větší množství krve. Krev ve svalovině je obecně negativní jev. Způsobuje u filet krváceniny a podlitiny, mění barvu masa a podporuje oxidativní a mikrobiologické změny. Vyšší obsah krve ve svalovině byl potvrzen statisticky vyšším obsahem hemu ve svalovině kontrolních ryb (Graf. 12). Ostatní dvě skupiny se mezi sebou statisticky nelišili.





Graf. 12. Vliv způsobu vykrvení na obsah hemu (v  $\mu\text{mol/kg}$  svaloviny) ve svalovině kapra obecné. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=10).

Negativní vliv špatného vykrvení na barvu masa a krváceniny byl pozorován i v našem experimentu. Nejhorší parametry kvality měla právě kontrolní špatně vykrvená skupina. Skupina vykrvená vykucháním a skupina s přeříznutím žaberních oblouků mezi sebou nevykazovaly statisticky významné rozdíly. Kontrolní skupina měla již vizuálně červenější svalovinu s velkým množstvím krvácenin a podlitin (Obr. 10 a 11). Ty jsou pro zákazníka odpudivé a pokud jsou takové ryby uzeny, dochází ke vzniku nežádoucích tmavých krvavých skvrn ve svalovině. Přístrojové měření barevnosti filet je s tímto pozorováním v souladu s tím, že kontrolní skupina byla statisticky tmavší (parametr  $L^*$ ; graf 13) a červenější (parametr  $a^*$ ; Graf 14). Kontrolní skupina byla také významně hůře hodnocena při sensorickém hodnocení vzorků masa, a to jak u hodnocení syrových, tak i vařených ryb (Graf 15).

Mezi skupinami nebyly statisticky významné rozdíly v průběhu rigor mortis ani v pH svaloviny ( $p > 0,05$ ). Nebyl tedy nalezen vztah mezi stupněm vykrvení a rozvojem autolytických změn v mase testovaných ryb.

Krev obsahuje v hemoglobinu atom železa, který při posmrtných procesech funguje jako silný prooxidant. V grafu 16 jsou porovnány výsledky měření metodou TBARS u jednotlivých skupin v průběhu skladování po dobu 8 dnů. Při koncentraci malondialdehydu, představujícího hlavní produkt oxidace rybího masa, nad  $3 \mu\text{g/g}$  vzorku, jsou produkty oxidace sensoricky rozpoznatelné. Proto je vhodné omezit veškeré prooxidační faktory a udržovat míru oxidace na minimu. Zvláště pak důležité je, pokud jsou filety určeny pro přípravu mražených výrobků. Důvodem jsou potencionální oxidační pochody v průběhu skladovacího procesu a jejich vliv na sensorické vlastnosti (lipidy oxidují do teploty  $-40^\circ\text{C}$ ). Některé oxidační produkty mohou být toxické a potencionálně způsobovat zdravotní potíže. Výsledky analýz potvrzují, že ani jedna skupina v průběhu skladování po dobu 8 dnů nepřekročila hranici  $3 \mu\text{g}$  malondialdehydu na gram výrobku. Při správném skladování (teplota do  $+4^\circ\text{C}$ , vakuové balení) lze konstatovat, že po 8 dnech nebyly zaznamenány změny ohrožující sensorické vlastnosti. U všech testovaných



skupin došlo v průběhu skladování k mírnému nárůstu koncentrace malondialdehydu. K oxidačním změnám došlo nejvýrazněji u kontrolní skupiny a nejméně pak u skupiny vykrcené přeříznutím žaberních oblouků. Ani v nejhorším případě však nedošlo k překročení limitů. Nicméně i tyto mírné rozdíly by měli velký vliv při skladování mražených výrobků z těchto filet. Je tedy doporučeno nevyrábět mražené výrobky ze špatně vykrcených ryb.

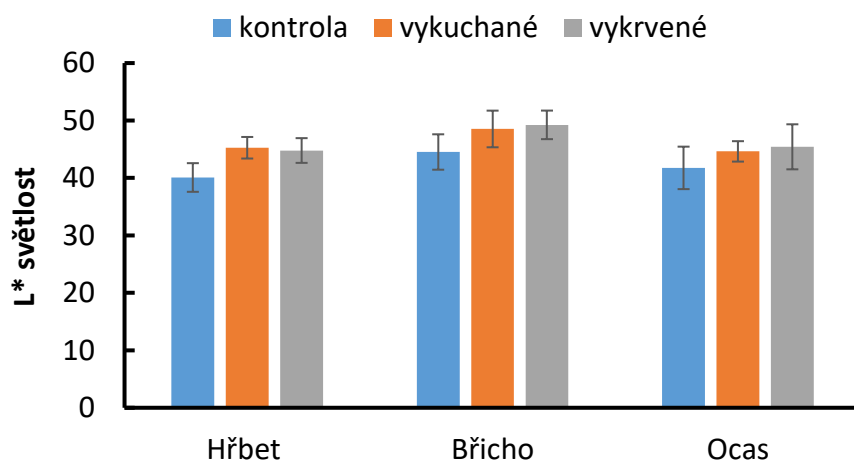
Bylo také prokázáno, že kontrolní (špatně vykrcená) skupina měla významně horší mikrobiologické výsledky. Druhé dvě skupiny se od sebe nelišily, a tak jsou prezentovány dohromady. Výsledky počtu mezofilních a psychrotrofních bakterií byly velmi podobné. Kontrolní skupina měla po 6 dnech počty obou skupin bakterií již o řád vyšší než vykrcené skupiny a po 12 dnech skladování dokonce o dva řády vyšší (Tab. 1). Výsledky tedy ukazují, že dobré vykrcení ryb významně zlepšuje barvu masa, obsah krvácenin, sensorické vlastnosti, oxidační parametry i mikrobiologické výsledky. Mezi vykrcením vykucháním a přeříznutím žaberních oblouků nebyli nalezeny významné rozdíly.



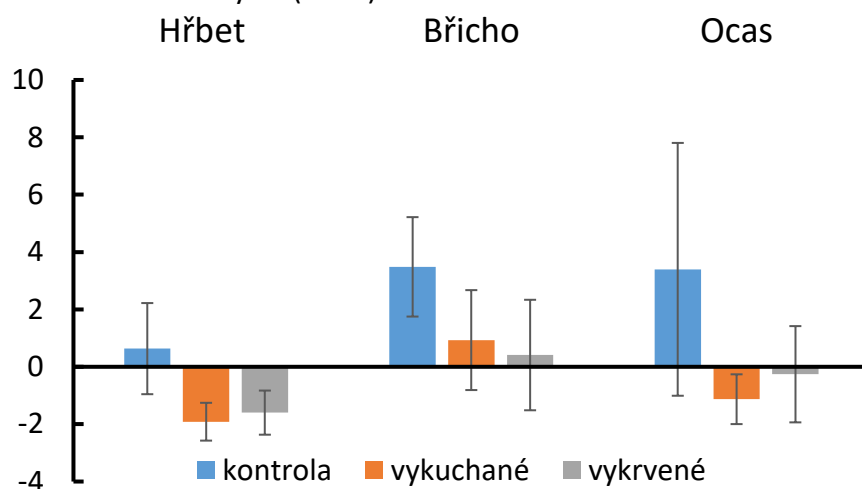
Obr. 10. Vliv způsobu vykrcení na barvu a krevní skvrny filet kapra. Zleva: špatně vykrcené, vykrcené vykucháním, vykrcené pomocí přerušování žaberních oblouků.



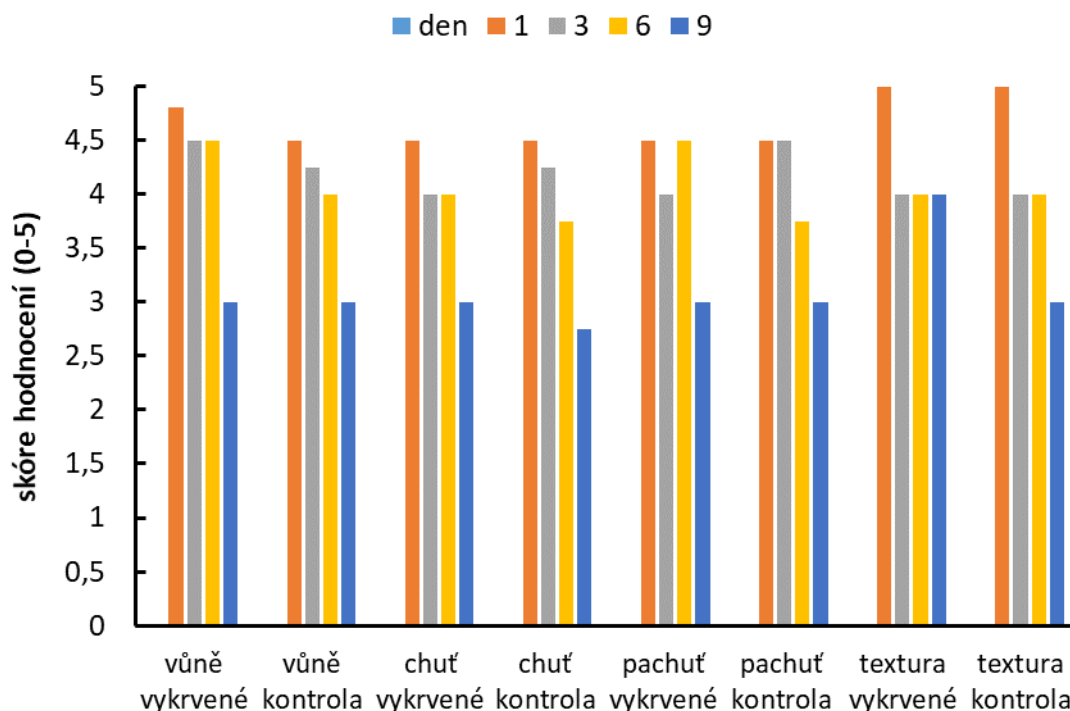
Obr. 11. Ukázka krvácenin a krevních podlitin u filet špatně vykrceného kapra.



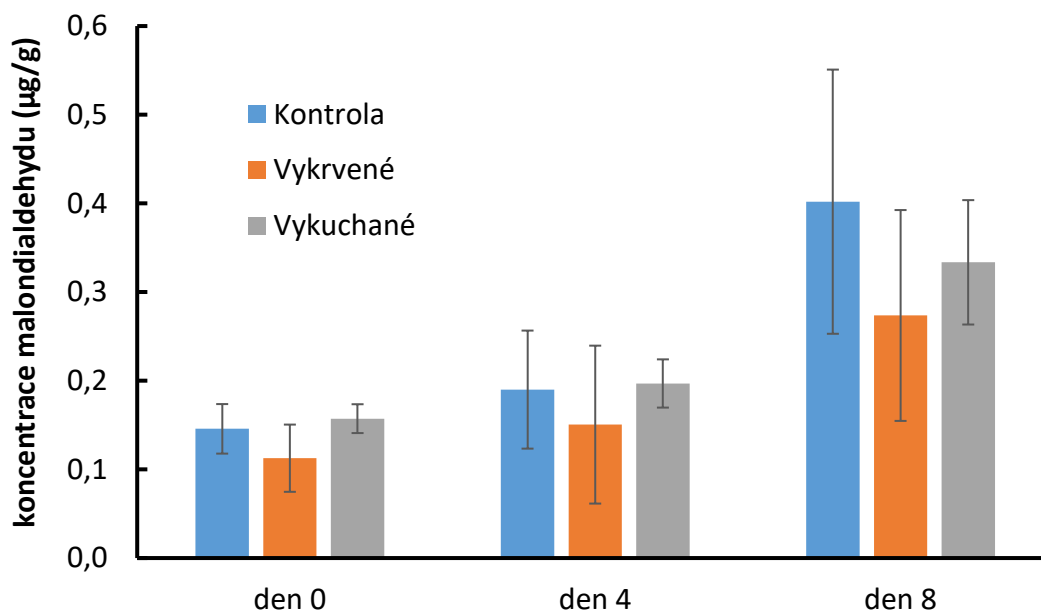
Graf. 13. Vliv způsobu vykrcení na L\* světlost svaloviny kapra obecného. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=10).



Graf. 14. Vliv způsobu vykrcení na a\* červenost svaloviny kapra obecného. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=10).



Graf. 15. Vliv vykrvení (vykrvené x kontrola špatně vykrvená) na senzorycké skóre (0 nejhorší x 5 nejlepší) hodnocení kvality masa kapra skladovaného při 2,5 °C. Data jsou průměr, n=10.



Graf 16. Vliv způsobu vykrvení na obsah malondialdehydu ( $\mu\text{g/g}$ ) ve svalovině kapra obecného v průběhu skladování při 2,5 °C. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=10).

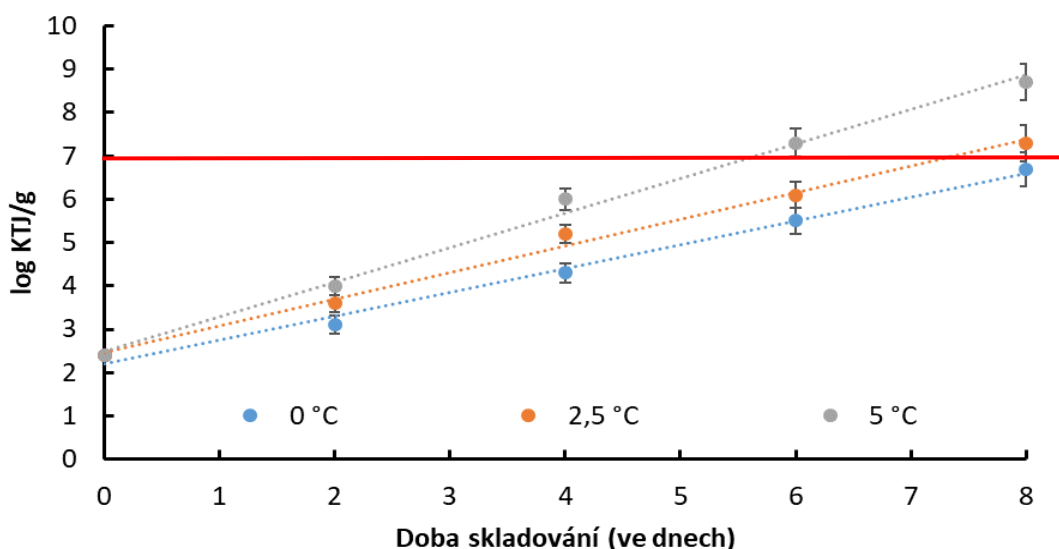


Tab. 1. Vliv vykvetení na rozvoj mezofilních a psychrotrofních bakterií v průběhu skladování při 2,5 °C.

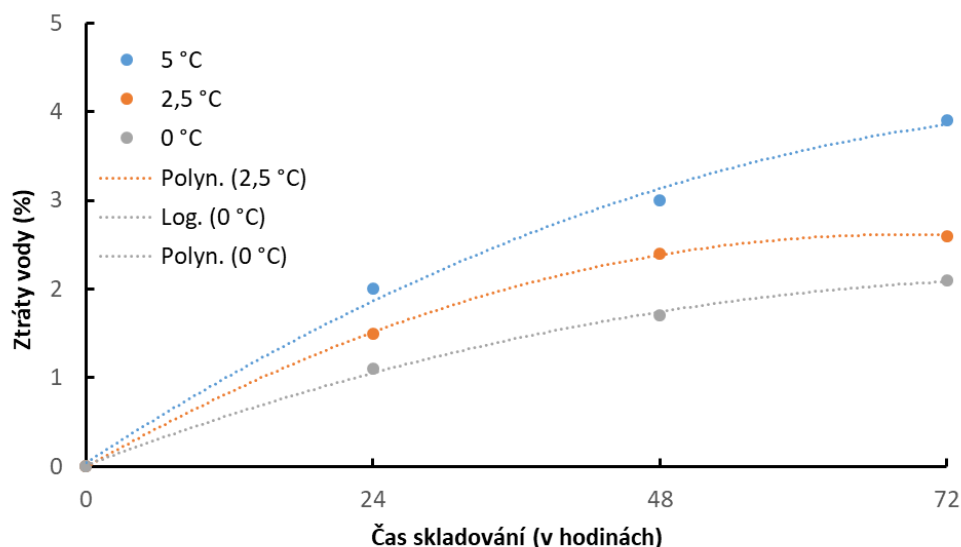
Den skladování	Mezofilní bakterie (log KTJ/g)		Psychrotrofní bakterie (log KTJ/g)	
	vykvetené	kontrola	vykvetené	kontrola
1	1.9±0.1	1.7±0.1	1.8±0.1	1.6±0.1
3	2.7±0.1	3.1±0.1	2.5±0.2	2.9±0.1
6	3.1±0.2	4.1±0.1	3.2±0.2	3.9±0.1
9	3.3±0.2	4.3±0.1	3.8±0.2	4.2±0.1
12	4.0±0.2	6.4±0.1	4.2±0.2	6.2±0.3

#### 4.5. Vliv teploty a délky skladování

Z vědecké literatury je známo, že se stoupající skladovací teplotou dochází u chlazených rybích výrobků k rychlejšímu autolytickému i mikrobiálnímu rozvoji. Toto potvrzují i naše výsledky. Celkový počet životaschopných bakterií v čase u všech skupin rostl exponenciálně (při převedení absolutních počtů na logaritmičeské lineárně). Se zvyšující se teplotou rostly počty bakterií rychleji s tím, že rozdíl mezi 2,5 a 5 °C byl vyšší než mezi 0 a 2,5 °C (Graf 17). Obecně je za hranici zkázy rybích výrobků považována hodnota 7 log KTJ/g rybího masa. Skupina 5 °C by tuto hodnotu dosáhla po 5,5 dnech skladování, skupina 2,5 °C po 7,5 dnech a skupina 0 °C po téměř 9 dnech. Je tedy vidět, že i rozdíl pouhých 5 °C znamená s ohledem na rozvoj mikrobiálních změn rozdíl ve skladovatelnosti až 4 dnů. Podobné výsledky byly také sledovány u ztrát vody při chlazeném skladování. Ztráty vody u všech skupin v čase stoupaly s tím, že čím vyšší byla skladovací teplota, tím vyšší byly ztráty vody (Graf 18). Ztráty vody po 3 dnech skladování tvořily 2,1; 2,6 a 3,9 % původní hmotnosti filetů.



Graf 17. Vývoj celkového počtu životaschopných bakterií (log KTJ/g) v čase (ve dnech) v mase kapra skladovaného při třech různých teplotách (0, 2,5 a 5 °C). Data jsou průměr ± SD; n=6.



Graf 18. Ztráty vody (%) v čase (v hodinách) filet kapra obecného skladovaného při třech různých teplotách (0, 2,5 a 5 °C). Data jsou průměr ± SD; n=10.

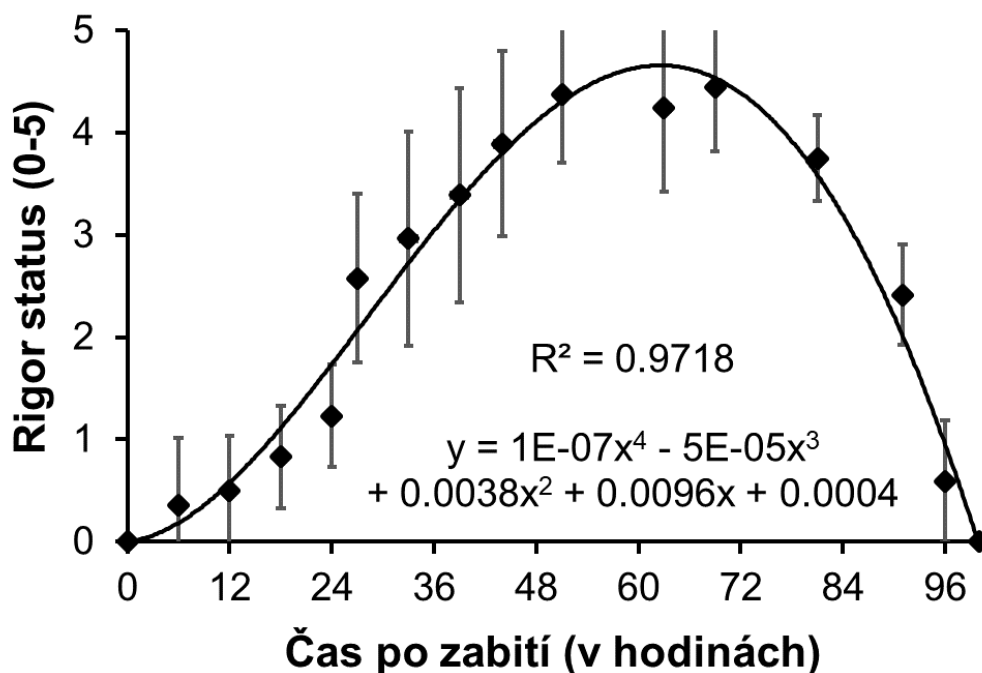
#### 4.6. Vliv filetace před, v a po rigoru

Z vědecké literatury je známo, že filetace ryb v různých fázích rigor mortis (v pre, in a post rigor) má velký vliv na kvalitu výsledných filet. U kapra obecného chovaného v polointenzivním způsobu chovu v rybnících a o hmotnosti relevantní pro české rybníkářství nebyl dosud průběh rigor mortis a vliv filetace v různých fázích rigoru studován. V rámci našeho experimentu bylo zjištěno, že nástup a průběh rigoru u kapra z podzimního sádkování v našich podmínkách je poměrně pomalý a pozvolný (Graf 19). Nástup rigoru (Rigor status 1) byl zahájen až 24 hodin po zabití a plný rigor byl dosažen až po 48 hodinách. Trval cca do 72 hodin po zabití a poté začal postupně klesat. Plné uvolnění rigoru nastalo teprve až po 96 hodinách (tj. 4 dnech). Oproti jiným druhům ryb je tak u kapra dostatečně dlouhá doba ryby vyfiletovat v pre rigor fázi. Na rozdíl od kapra, je u mnoha druhů nástup rigoru téměř okamžitý, a tak nebývá snadné ryby stihnout vyfiletovat v pre rigor fázi. Obecná poučka ve zpracování ryb je, že by se ve fázi in rigor nemělo s rybami manipulovat, a tak se čeká až rigor odezní a ryby se filetují v post rigor fázi. Toto je nejběžnější způsob například u lososa. Ten se po primárním zpracování (do stádia vykuchané ryby s hlavou) obvykle transportuje po světě v polyboxech se šupinkovým ledem, během transportu proběhne rigor mortis a po transportu, kdy už je ryba v post rigor fázi se teprve filetuje. U kapra je naopak dostatek času ryby vyfiletovat v pre rigor fázi a čekat až plně odezní rigor je nepraktické, protože to nastalo až po 4 dnech, což je za polovinou doby trvanlivosti kapřích chlazených filet. Nicméně je nutno říci, že to platí pro ryby z podzimního sádkování, kdy je filetováno nejvíce ryb v rámci roku. Odlišná situace by mohla nastat u ryb z letních odlovů, kdy je vysoká teplota vody.

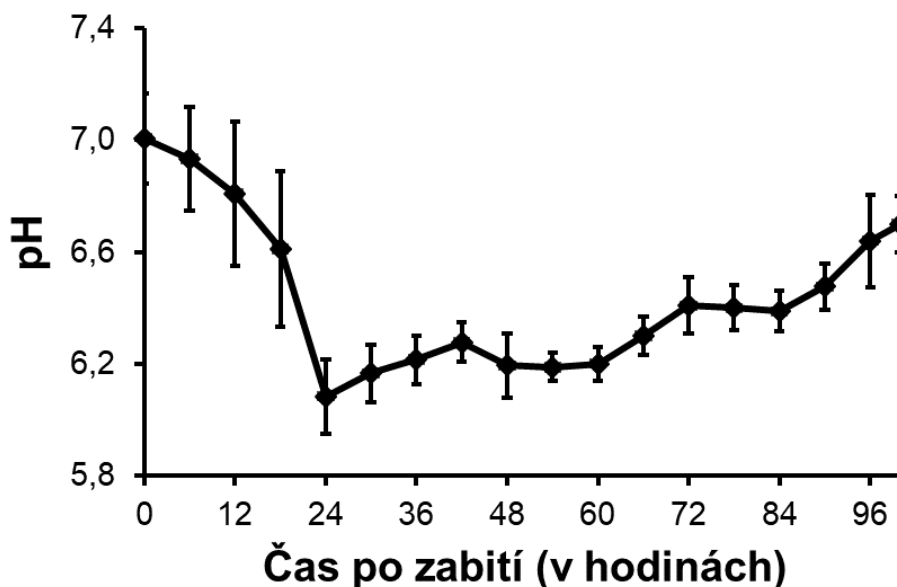
Průběh hodnot pH svaloviny v čase je ukázán na Grafu 20. Ihned po zabití měla svalovina pH 7 a během 24 hodin hodnota poklesla na 6,1. Poté pozvolna začala stoupat zpět směrem k neutrálnímu pH. Oproti jiným druhům (např. treska) dochází poměrně k malému okyselení svaloviny. To na jednu stranu způsobuje rychlejší mikrobiální kažení v porovnání s hospodářskými zvířaty, ale na druhou stranu vyšší okyselení u ryb způsobuje intenzivnější



změny ve svalovině, výrazné smrštění a deformace filet, vysoké ztráty vody apod. V tomto srovnání tedy filety kapra z podzimního sádkování vychází velmi dobře.



Graf 19. Průběh rigor mortis u kapra obecného skladovaného při 2,5 °C. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n=20).

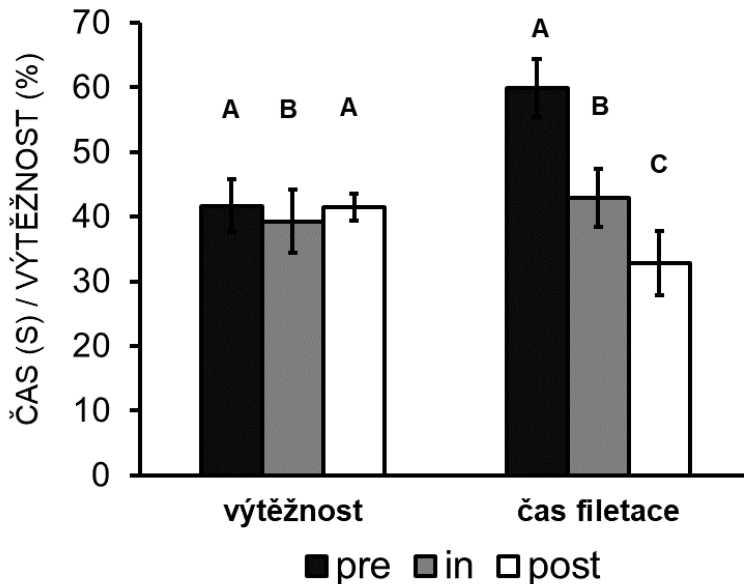


Graf 20. Průběh hodnot pH svaloviny u kapra obecného skladovaného při 2,5 °C. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n=5).

Je známo, že při filetaci ryb v in rigor fázi dochází často k nižší výtěžnosti filet z důvodu ztuhlosti rybiho těla. To se potvrdilo i v naší studii, kde byla výtěžnost filet v in rigor fázi o 2 % nižší než v pre a post rigor fázi. Zajímavým zjištěním bylo, že s postupujícím časem od zabití

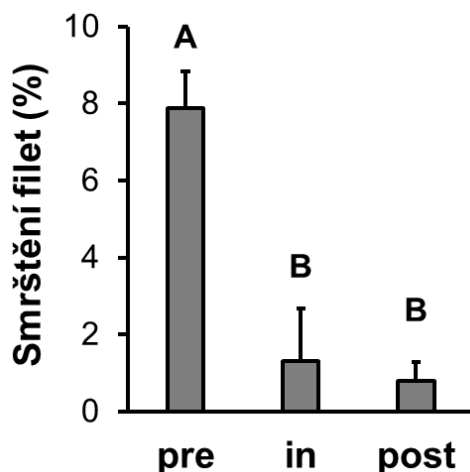


bylo jednodušší ryby filetovat a výrazně se snižovala doba potřebná k filetaci. Doba potřebná k filetaci ryb v post rigor fázi byla téměř poloviční (Graf 21) ve srovnání s rybami v pre rigor fázi. Domníváme se, že je to způsobeno měkčí svalovinou, která je natrávena autolytickými enzymy, vedoucí k snazšímu řezání rybího masa.



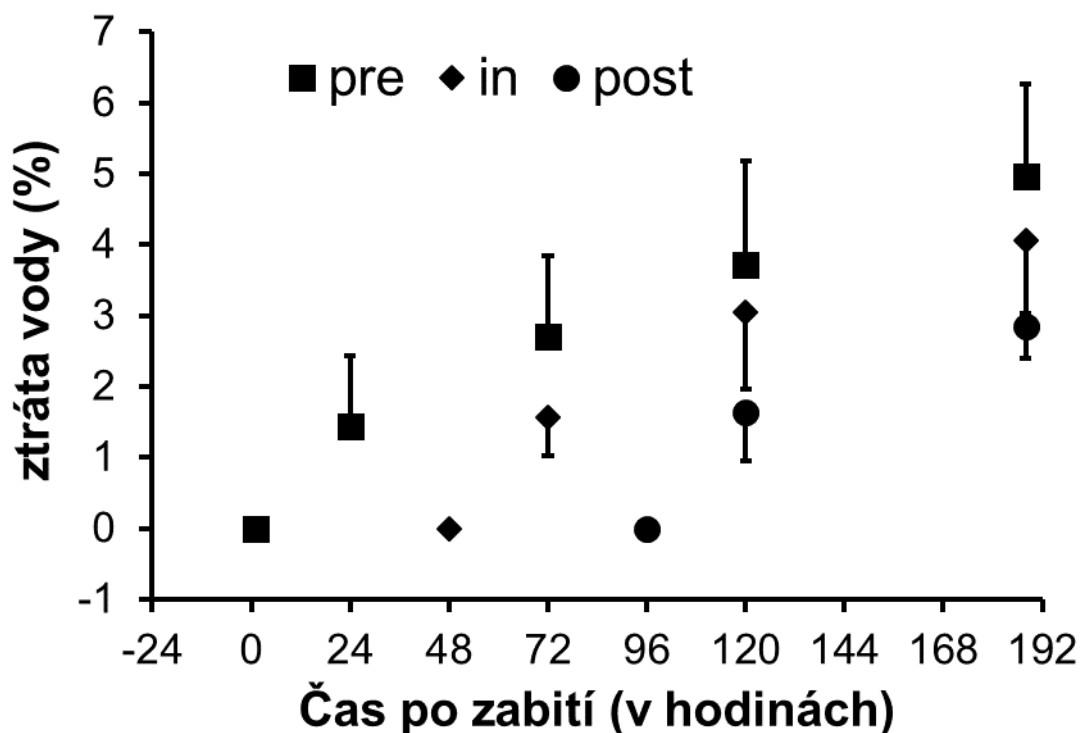
Graf 21. Výtěžnost filet (%) a čas potřebný k filetaci (vteřiny/filet) kapra obecného filetovaného v pre, in a post rigor fázi. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=10; p<0,05).

Při filetaci ryb v pre rigor fázi dochází v průběhu rigoru ke smršťování filet, protože svalovina není napnutá na kostře. To bývá u některých ryb velký problém, protože tím může dojít k deformaci tvaru filet. Například u tresky může dojít až k 40 % smrštění původní délky filet. U kapra v naší studii došlo pouze k malému smrštění pre rigor filet o cca 8 % původní plochy filety (Graf 22). Není tedy velké riziko deformace kapřích filet v případě podzimního sádkování.

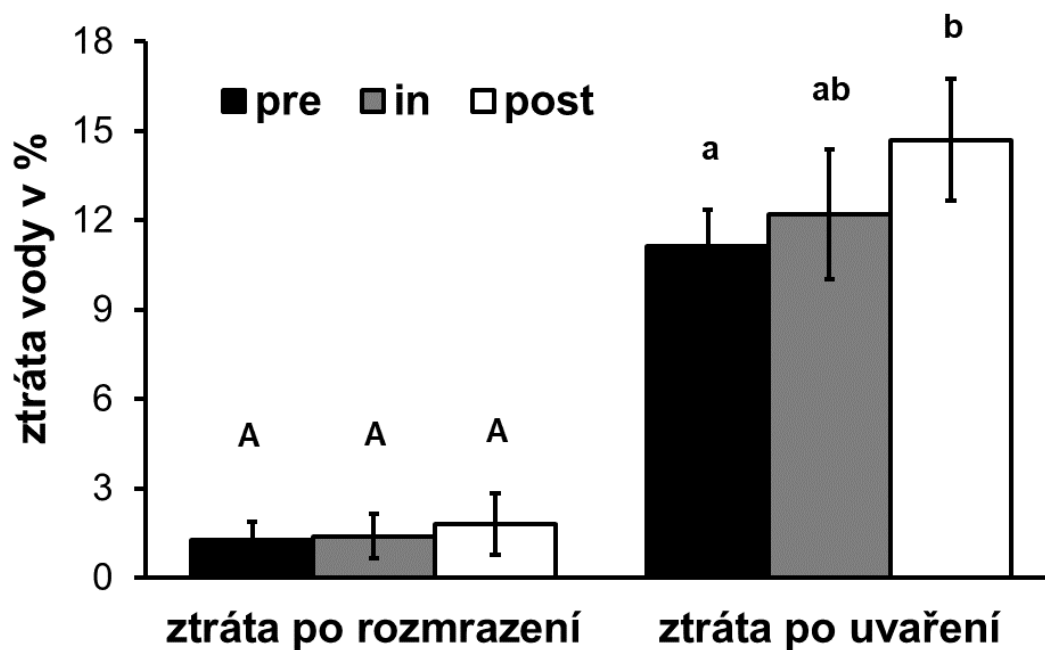


Graf 22. Smrštění filet (% původní plochy) kapra obecného filetovaného v pre, in a post rigor fázi skladovaného při 2,5 °C. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka (n=5; p<0,05).





Graf 23. Vývoj ztráty vody (%) v čase z filet kapra obecného filetovaných v pre, in a post rigor fázi skladovaných při 2,5 °C. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n=5).

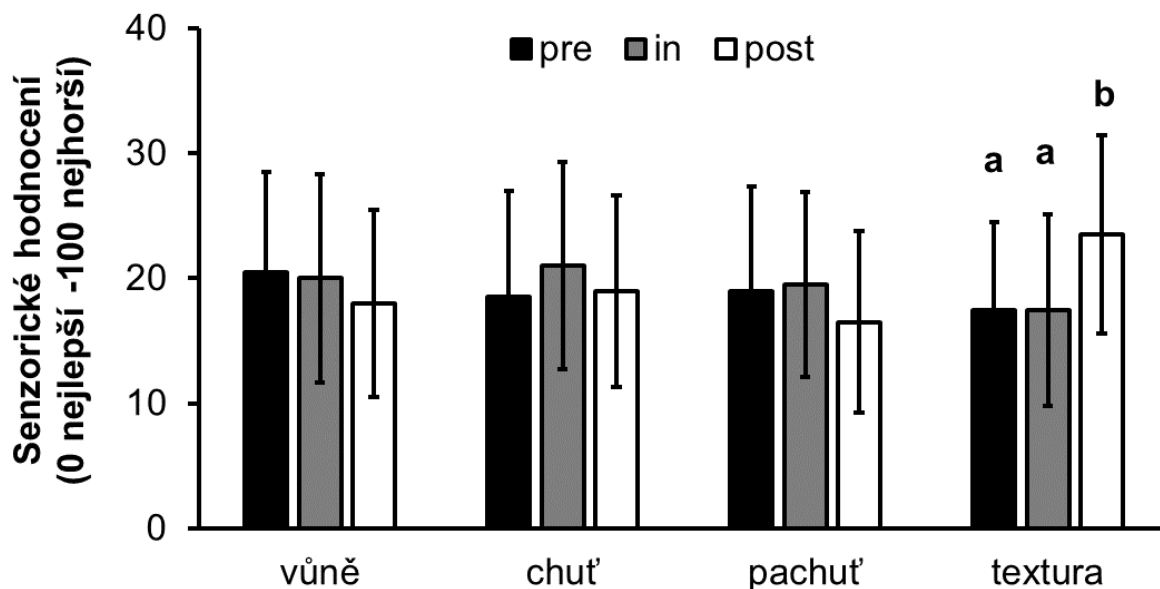


Graf 24. Ztráty vody (%) po rozmrazení a uvaření z filet kapra obecného filetovaných v pre, in a post rigor fázi. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka (n=5; p<0,05).



Ztráty vody při skladování chlazených filet dosahovaly po 8 dnech skladování cca 5 % původní hmotnosti (Graf 23). To je v porovnání s jinými studii, popř. jinými druhy ryb relativně dobrý výsledek. Ztráty vody po rozmražení se pohybovaly okolo cca 2 %, což je velmi málo v porovnání s jinými studii, kde se ztráty po rozmražení běžně pohybují mezi 5 a 10 % původní hmotnosti před zmražením. Ukazuje to jednak na velmi dobrý stav ryb použitých pro tuto studii, nízkou teplotu vody před zabitím, šetrný způsob zabití a efektivní metodu zmražení a rozmražení vzorků. Nejvyšší ztráty vody byly zaznamenány u vzorků po uvaření, které se pohybovaly okolo 12-15 %. Nejvyšší ztráta vody byla u post rigor skupiny (Graf 24).

Při hodnocení sensorických vlastností vzorků ryb nebyly nalezeny rozdíly v chuti, pachuti a vůni. Statisticky se lišila pouze skupina post rigor v textuře masa oproti ostatním dvěma skupinám (Graf 25). To může být ovlivněno tím, že u post rigor filet nedochází ke smrštění filety, a tak může mít výsledně o něco měkčí svalovinu.



Graf 25. Vliv doby filetace (pre, in a post rigor) na sensorické vlastnosti masa kapra obecného. Všechny vzorky byly hodnoceny 120 hodin po zabití. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka ( $n=10$ ;  $p<0,05$ ).

## 5. Vyhodnocení faktorů a navrhované změny

Jednotlivé studie a experimenty prokázaly, že všechny studované faktory mají významný vliv na průběh postmortálních změn. Z faktorů ovlivňujících postmortální změny před zabitím měla největší vliv sezóna/teplota vody (zima x léto), dále způsob zabití (úder tupým předmětem x elektřina) a poté nasycení vody kyslíkem. Čím nižší teplota vody, šetrnější způsob zabití a vyšší nasycení vody kyslíkem, tím menší byl stres ryb a menší vyčerpání energetických zásob ve formě glykogenu, glukózy a ATP ve svalovině a tím pomalejší a méně výrazné postmortální změny. Zabití ryb se skládá z jejich omráčení a následného vykrvení. Míra vykrvení neměla vliv na autolytické změny, nicméně měla velmi výrazný vliv na



senzorické vlastnosti, barvu, množství krvácenin a podlitin, rozvoj oxidace lipidů a bakterií. Čím efektivnější je vykrvení, tím lepší je kvalita masa a pomalejší mikrobiální a oxidativní změny. V rámci zpracování ryb má velký vliv to, kdy jsou ryby filetovány. Nejlepší kvalitativní parametry byly u skupiny filetované v pre rigor fázi. Teplota skladování měla výrazný vliv na rozvoj mikroorganismů a ztráty vody. Při čím nižší teplotě byly filety skladovány, tím nižší byl rozvoj mikroorganismů a ztrát vody. Je tedy doporučena optimalizace kombinace testovaných technologických podmínek a postupů tak, docházelo k co nejpomalejším postmortálním změnám, k prodloužení skladovatelnosti rybích výrobků a k jejich co nejvyšší kvalitě.

Co se týká navržení jednotlivých změn, doporučujeme následující:

- 1) Pokud možno ryby nezpracovávat, pokud jsou vysoké teploty vody, které výrazně urychlují rigor mortis. Stejně tak minimalizovat veškeré faktory způsobující stres ryb.
- 2) Vylepšit systém a kapacitu aerace manipulačních nádrží tak, aby byla vždy docílena dostatečná koncentrace kyslíku ve vodě (alespoň 50 % nasycení).
- 3) Změnit systém zabíjení ryb elektřinou na co nejkratší a nejefektivnější systém, který ryby omráčí během jedné vteřiny od aplikace proudu a zároveň docílí při krátké době aplikace dostatečné omráčení ryb.
- 4) Zajistit okamžité a masivní vykrvení ryb po jejich omráčení.
- 5) Zpracovávat ryby na filety, pokud možno, v pre rigor fázi.
- 6) Zajistit co nejrychlejší zchlazení ryb po jejich usmrčení na teploty blízké nule pomocí šupinkového ledu, skladovat ryby při co nejnižší teplotě blízké nule a skladovat je co nejkratší dobu.

## **6. Ekonomické hodnocení navržených změn**

1) **Změna aeračního systému** výrazně zlepšila nasycenost vody kyslíkem, což jednak zlepšuje welfare ryb, ale i jejich skladovatelnost, kvalitu, ztráty vody a usnadňuje logistiku dovozu ryb na zpracovnu, protože je v nádržích možno uchovat najednou více ryb. Náklady upgradu aeračního zařízení na všechny 3 manipulační nádrže vychází na cca 100 000 Kč bez DPH. Na této zpracovně se zpracovává cca 230 tun kapra, 45 tun tolstolobika a tolstolobce a 10 tun amura. Pokud budeme počítat životnost aeračního systému 2 roky vychází cena takového upgradu na  $(100\ 000\ \text{Kč} / 2\ \text{roky} / 285\ 000\ \text{Kg} = 0,175\ \text{Kč/kg}$  bez DPH). Vzhledem k přínosům této změny se jedná o zanedbatelné náklady a určitě se změna vyplatí.

2) **Sezóna** se bohužel vzhledem k cyklu kapra a pravidelnosti výlovů a letních odlovů nedá příliš ovlivnit. V případě ryb z letních odlovů by měla být po zabití ryba co nejrychleji zchlazena na co nejnižší teplotu blízkou nule pomocí šupinkového ledu. Potřeba ledu pro dostatečné zchlazení ryb se vypočítá následovně:

### **Výpočet potřebného množství ledu:**

Teplota ryb z letního odlovu je 27 °C a chceme 100 kg ryb zchladit na 2 °C pomocí šupinkového ledu. Průměrná specifická teplotní kapacita ryb = 0,9 kcal/kg; latentní teplo tání ledu = 80 kcal/kg. Náklady na elektřinu a vodu pro výrobku 1 kg šupinkového ledu jsou 0,3 Kč.

Výpočet:

$$100\ \text{kg} \times (27-2)\ ^\circ\text{C} \times 0,9\ \text{kcal/kg} = 2250\ \text{kcal}$$



$2250 \text{ kcal} / 80 \text{ kcal/kg} = 28,125 \text{ kg ledu}$   
 $28,125 \text{ kg ledu} \times 0,3 \text{ Kč/kg} = 8,44 \text{ Kč výrobní náklady na výrobu potřebného šupinkového ledu pro zchlazení 100 kg ryb z } 27 \text{ }^\circ\text{C na } 2 \text{ }^\circ\text{C}$

Vzhledem k tomu, jak velký pozitivní vliv má dostatečné zchlazení (Především v letním období, kdy mají ryby vysokou teplotu) na kvalitu a skladovatelnost ryb je náklad na výrobku šupinkového ledu potřebného pro jejich zchlazení výrazně nižší než dosažené přínosy.

3) **Způsob zabítí** má na kvalitu a skladovatelnost velký vliv. Bohužel v průmyslových podmínkách není reálné ryby zabít individuálně pomocí tupého úderu do hlavy. Nicméně současný systém zabíjení pomocí elektrického proudu není optimální. Jednak nesplňuje požadavky na welfare ryb tak, aby ztratily vědomí do jedné vteřiny od začátku aplikace proudu a jednak je nutná příliš dlouhá doba aplikace proudu (5-7) minut tak, aby byly ryby dostatečně omráčeny. Vzhledem k výrazným vlivům tohoto způsobu zabíjení na kvalitu masa a postmortální změny je vhodné jej předělat na optimálnější systém, který zajistí dostatečný welfare ryb a sníží negativní dopady na postmortální změny. V poslední době se vyvíjejí vhodné elektrické zabíječky ryb, které fungují dvoustupňově. V prvním stupni jsou ryby rychle omráčeny v elektrickém poli 2,5 V/cm při frekvenci 1000 Hz a poté jsou ve druhé stupni zabity v elektrickém poli 0,5-1,0V/cm s frekvencí 50 Hz po dobu 30-60 vteřin (v případě, že je elektrokonduktivita vody 500 $\mu$ S/cm. Tento způsob jednak odpovídá požadavkům na welfare ryb i na udržení dobré kvality rybího masa, ale zároveň i významně snižuje spotřebu elektrické energie oproti jednostupňovým zabíječkám. Za dobu životnosti se díky úspoře elektrické energie počáteční investice vrátí. V případě, že firma nechce investovat do změny systému měla by se alespoň používat co nejkratší expozice potřebná k dostatečnému omráčení ryb. Úprava délky expozice elektrickému proudu sebou prakticky nenese nijak zvýšené náklady.

4) **Způsob vykrvení** měl velký vliv na sensorické, oxidativní i mikrobiální změny v mase ryb. Způsob vykrvení používaný na zpracovně v podobě vykrvení pomocí vykuchání ryb je v porovnání s vykrvením pomocí přeříznutí žaberních oblouků stejný a není ho tedy nutné měnit. V případě, že dojde k úmrtí ryb udušením, je nutné je vykrvit co nejdříve, jinak hrozí nedostatečné vykrvení, ztráta kvality a skladovatelnosti. Vzhledem k tomu, že by byly vykuchány stejně, nenese to žádné další náklady spojené s vlastní metodou. Problém je to spíše logistický v případech kdy např. dojde k přidušení ryb při výlovu.

5) **Vliv teploty a délky skladování** má po zpracování ryb velmi významný vliv na skladovatelnost ryb a jejich kvalitu. Ačkoliv se může zdát rozdíl mezi 0 a 5  $^\circ\text{C}$  jako nepatrný je s ohledem na mikrobiální rozvoj skladovatelnost při 5  $^\circ\text{C}$  téměř poloviční oproti skladování při 0 $^\circ\text{C}$ . Používaná teplota chlazení na zpracovně 2-2,5  $^\circ\text{C}$  je vhodná, nicméně důležité je, aby do chladicího boxu byly přesouvány ryby již dostatečně prochlazené pomocí šupinkového ledu. To je důležité především v teplé části roku. Potřeba ledu a náklady na jeho výrobu viz bod č. 2. Ryby jsou na zpracovně do chladicího boxu přesouvány v manipulačních vozících o hmotnosti ryb cca 100 kg. Pokud v letním období nedojde k dostatečnému prochlazení ryb před jejich přesunem do chladicího boxu je velmi pravděpodobné, že v manipulačních vozících bude poměrně dlouho trvat, než se ryby prochladí až do jejich středu. To povede k zhoršení kvality i skladovatelnosti ryb ve středu vozíku a k nevyrovnané kvalitě mezi rybami. Vzhledem



k negativnímu vlivu doby skladování na kvalitu ryb a ztráty vody je vhodné, aby byly rybí výrobky expedovány co nejdříve po jejich výrobě. Prodloužení skladování z 24 na 48 hodin od výroby zvyšuje ztrátu vody o cca 1 % což při výrobních nákladech 170 Kč/kg kapřích filet bez DPH tvoří ztrátu 1,7 Kč/Kg bez DPH. To už je poměrně vysoká hodnota. K tomu je dále ještě potřeba připočítat náklady na skladování výrobků v chladícím boxu (energie + blokováná kapacita boxu).

6) **Filetace v různých fázích rigoru** má velký vliv na kvalitu výrobků i výtěžnost ryb. Nejlepší je filetovat ryby ihned po jejich primárním zpracování a zchlazení tak, aby byly v pre rigor fázi. Pokud je z kapacitních důvodů nutné filetaci odložit, měla by být provedena během 12 hodin od zabití ryb, před tím, než začne nástup rigor mortis. Oproti jiným druhům ryb je rigor mortis u kapra za standardních podmínek poměrně pomalý a dopady filetace v rigoru nejsou tak velké. Vzhledem ke zkrácení doby skladovatelnosti u post rigor filet, není vhodné čekat s filetací až do fáze post rigor. Filetace v pre rigor fázi sebou nenese žádné přidané náklady oproti filetaci v dalších dvou fázích. Jedná se tedy pouze o logistický problém.

## 7. Závěr

V rámci projektu *Optimalizace podmínek před zpracováním ryb pro zvýšení jejich welfare a kvality masa* byly testovány faktory a jejich vliv na kvalitu a postmortální změny v rybím masu. Na základě studia vědecké literatury, zjištění podmínek a postupů používaných na zpracování ryb a společné diskuse bylo pro testování vybráno 7 následujících faktorů:

1) Vliv nasycení kyslíku ve vodě při krátkodobém uchování ryb před jejich zpracováním; 2) Vliv sezóny/teploty vody; 3) Vliv způsobu zabití; 4) Vliv způsobu vykrvení; 5) Vliv délky skladování ryb 6) Vliv teploty skladování ryb a 7) Vliv doby filetace (před rigorem, v průběhu rigoru a po rigoru). Vycházelo se především ze standardních postupů používaných na zpracování a navržených vylepšení.

Všechny studované faktory měly výrazný vliv na kvalitu masa ryb, průběh postmortálních změn, skladovatelnost výrobků a vyšší ztráty vody. Je tedy doporučena optimalizace kombinace testovaných technologických podmínek a postupů tak, aby docházelo k co nejpomalejším postmortálním změnám, k prodloužení skladovatelnosti rybích výrobků a k jejich co nejvyšší kvalitě.

Byl vyhodnocen a kvantifikován jejich vliv na průběh postmortálních změn, kvalitu a stabilitu rybího masa viz kapitola 4. Byly navrženy doporučené změny v podmínkách či technologických postupech viz kapitola 5. Vyhodnocení faktorů a navrhované změny. V kapitole 6. je vyhodnocena ekonomická náročnost a přínos navržených změn v podmínkách a postupech používaných na zpracování ryb Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s. Optimalizované postupy jsou z pohledu ekonomiky přínosné.

Věříme, že navržené změny spolupracující subjekt firma Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s. zavede do své praxe a bude je nadále používat.

Výsledky projektu byly prezentované v rámci výuky Bc. a Mgr. Studentů na FROV JU. Budou také prezentovány odborné veřejnosti na odborných konferencích. Dále budou sloužit jako podklad pro přípravu odborných vědeckých publikací. Díky tomu předpokládáme, že si do své praxe tyto postupy zařadí i další zpracovatelské provozy v ČR.



## 8. Seznam literatury

- Andersen U.B., Stromsnes A.N., Steinsholt K., Thomassen M.S., 1994. Fillet gaping in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Norwegian Journal of Agricultural Sciences*, 8, 165-179.
- Bito M., Yamada K., Mikumo Y., Amano K., 1983. Studies on rigor mortis of fish – I. Difference in the mode of rigor mortis among some varieties of fish by modified Cutting's method. *Bulletin of Tokai regional Fisheries research laboratory*, 109, 89-96.
- Duran A., Erdemli U., Karakaya M., Yilmaz M.T., 2008. Effects of slaughter methods on physical, biochemical and microbiological quality of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* and mirror carp *Cyprinus carpio* filleted in pre-, in- or post-rigor periods. *Fisheries Science*, 74(5), 1146-56.
- Erikson U., 2001. Rigor measurements. In: Kestin S, Warris P. (ed.): *Farmed fish quality*. Blackwell Science, Oxford, UK, 283-97.
- Hornsey HC., 1956. The colour of cooked cured pork. I. – Estimation of the nitric oxide-haem pigments. *J Sci Food Agric*. 7(8):534–40.
- Huss H.H., 1995. Quality and quality changes in fresh fish. *FAO Fisheries Technical paper 348*, FAO, Rome.
- Hwang G.C., Ushio H., Watabe S., Iwamoto M., Hashimoto K., 1991. The effect of thermal-acclimation on rigor-mortis progress of carp stored at different temperatures. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 57(3), 541-8.
- ISO 17410:2001. Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of psychrotrophic microorganisms. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO); 2001.
- ISO 4833-1:2013. Microbiology in the food chain. Horizontal method for the enumeration of microorganisms – Part 1: Colony count at 30 degrees C by pour plate technique. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization (ISO); 2013.
- Miller, B. C., Ho-Wai, L., Tyler, N. E., & Cottam, G. L., 1988. Liver composition and lipid metabolism in NZB/W F1 female mice fed dehydroisoandrosterone. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Lipids and Lipid Metabolism*, 962(1), 25-36.
- Morkore T., Mazo T.P.I., Tahirovic V., Einen O., 2008. Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar* L). *Aquaculture*. 277(3-4), 231-238.
- Olsen SH, Sorensen NK, Stormo SK, Elvevoll EO., 2006. Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture* 258(1–4):462–9.
- Rahmanifarah K., Shabanpour B., Sattari A., 2011. Effects of clove oil on behavior and flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.) in comparison with pre-slaughter CO2 stunning, chilling and asphyxia. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(1), 135-43.
- Roth B., Slinde E., Arildsen J., 2006. Pre or post mortem muscle activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*). The effect on rigor mortis and the physical properties of flesh. *Aquaculture*, 257(1-4), 504-10.
- Scherer R., Augusti P.R., Steffens C., Bochi V.C., Hecktheuer L.H., Lazzari R., Radunz-Neto J., Pomblum S.C.G., Emanuelli T., 2005. Effect of slaughter method on postmortem changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) stored in ice. *Journal of Food Science*, 70(5), C348-C53.
- Shanta NC, Decker EA., 1994. Rapid, sensitive, iron-based spectrophotometric methods for determination of peroxide values of food lipids. *J AOAC Int*. 77(2):421–4.
- Skjervold P.O., Rora A.M.B., Fjaera S.O., Vegusdal A., Vorre A., Einen O., 2001. Effects of pre-, in-, or post-rigor filleting of live chilled Atlantic salmon. *Aquaculture*, 194(3-4), 315-26.
- Stien L.H., Hirmas E., Bjornevik M., Karlsen O., Nortvedt R., Rora AM.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 Research*, 36(12), 1197-1206.
- Thompson J.M., Perry D., Daly B., Gardner G.E., Johnston D.J., Pethick D.W., 2006. Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *Meat Science*, 74(1), 59-65.
- Trucco R.E., Lupin H.M., Giannini D.H., Crupkin M., Boeri R.L., Barassi C.A., 1982. Study on the evolution of rigor mortis in batches of fish. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 15(2), 77-9.
- Varga D., Szabo A., Hancz C., Jeney Z., Ardo L., Molnar M., Molnar T., 2014. Impact of handling and pre-mortal stress on the flesh quality of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh*, 66, 1-6.
- Watabe S., Hwang G.C., Ushio H., Hashimoto K. (1990): Changes in rigor-mortis progress of carp induced by temperature-acclimation. *Agricultural and Biological Chemistry*, 54(1), 219-21.