



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 postupů pro snížení ztrát  
vnitrobuněčné vody po rozmrazení u  
rybích výrobků**

Registrační číslo projektu: CZ.10.2.101/2.1/0.0/18\_013/0000789



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

#### **Příjemce:**

*Obchodní firma nebo název:* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod  
*Adresa:* Branišovská 1645/31a, 370 05 České Budějovice  
*IČ:* 60076658  
*Registrační číslo projektu:* CZ.10.2.101/2.1/0.0/18\_013/0000789  
*Název projektu:* Optimalizace postupů pro snížení ztrát vnitrobuněčné vody po rozmrazení u rybích výrobků

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

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

#### **Partner projektu:**

*Obchodní firma nebo název:* Rybářství Chlumeck nad Cidlinou, a.s.  
*Adresa:* Boženy Němcové 711/IV, 503 51 Chlumeck nad Cidlinou  
*IČ:* 48173193

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

Ing. Ladislav Vacek

#### **Zpracovatel technické zprávy projektu:**

*Název nebo obchodní jméno:* Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Fakulta rybářství a ochrany vod  
*Adresa:* Zátíší 728/II, 389 25 Vodňany  
*IČ:* 60076658

*Místo a datum zpracování technické zprávy:* Vodňany, 31. 3. 2021

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

doc. Ing. Jan Mráz, Ph.D.

Ing. Zdeňka Machová

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

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.



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):

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.

2. Partnera projektu (podnik akvakultury):

Ing. Ladislav Vacek

3. Zpracovatele technické zprávy:

prof. PhDr. Bohumil Jiroušek, Dr.



## Obsah

1. Cíl.....	5
1.1. Co je cílem projektu.....	5
1.2. V čem spočívá inovativnost procesu .....	5
1.3. Proč je nutná inovace, která je předmětem projektu .....	5
2. Úvod .....	5
3. Materiál a metodika .....	6
3.1. Přehled průběhu experimentu a testování .....	6
3.2. Místo experimentů a testování .....	6
3.3. Testované druhy a stádia ryb .....	7
3.4. Testované faktory.....	7
3.5. Průběh experimentů.....	7
3.5.1. Vliv sezóny .....	7
3.5.2. Vliv kvality vody (obsah kyslíku) při krátkodobém uchování ryb .....	8
3.5.3. Rozdílný způsob omráčení/zabití .....	11
3.5.4. Různé druhy ryb .....	12
3.5.5. Způsob vykrvení.....	13
3.5.6. Prořezané versus neprořezané filety.....	14
3.5.7. Ryba před a po rigoru .....	15
3.5.8. Předchlazení na různé teploty.....	15
3.5.9. Předchlazení částí filet versus svalovina ve vrstvě .....	16
3.5.10. Vakuované versus nevakuované skladování .....	17
3.5.11. Rychlost promrznutí .....	17
3.5.12. Různé způsoby zamražení .....	18
3.5.13. Délka skladování.....	20
3.6. Analýzy.....	20
3.6.1. Ztráta vody po rozmražení .....	20
3.6.2. Ztráta vody vařením .....	21
3.6.3. Sušina.....	22
3.6.4. Kyselina mléčná .....	22
3.6.5. Glukosa a glykogen .....	22
3.6.6. Oxidace tuků – TBARS.....	23
3.6.7. Analýza obsahu hemoglobinu .....	23
3.6.8. Statistické hodnocení .....	24



4.	Výsledky.....	24
4.1.1.	Vliv sezóny .....	24
4.1.2.	Vliv kvality vody (obsah kyslíku) při krátkodobém uchování ryb .....	24
4.1.3.	Rozdílný způsob omráčení/ zabití.....	27
4.1.4.	Různé druhy ryb .....	29
4.1.5.	Způsob vykrvení.....	31
4.1.6.	Prořezané vs neprořezané filety.....	33
4.1.7.	Ryba před a po rigoru .....	35
4.1.8.	Předchlazení na různé teploty .....	37
4.1.9.	Předchlazení částí filet versus svalovina ve vrstvě .....	39
4.1.10.	Vakuové vs nevakuové balení .....	41
4.1.11.	Teplota mražení.....	43
4.1.12.	Různé způsoby zamražení .....	45
4.1.13.	Délka skladování.....	47
5.	Vyhodnocení faktorů a navrhované změny .....	48
6.	Ekonomické hodnocení navržených změn .....	49
7.	Závěr .....	52



## 1. Cíl

### 1.1. *Co je cílem projektu*

U zmrazených rybích produktů dochází při rozmrazení k vysoké ztrátě vody. U kapřího masa mohou ztráty dosahovat až 12% hmotnosti před zmrazením. Tato ztráta vody je způsobena několika různými faktory, např. způsobem skladování, způsobem zpracování masa, ale také mírou stresu před usmrcením ryb nebo výživovým stavem ryb.

Cílem projektu je v provozních podmínkách rybářského podniku vyvinout a ověřit postupy vedoucí k omezení ztrát vody při rozmrazování rybího masa u nás běžně chovaných ryb.

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

Inovativnost procesu spočívá v optimalizaci technologických postupů při výrobě mražených rybích produktů, tak, aby po jejich následném rozmrazení došlo k co nejmenší ztrátě vody, a tedy i hmotnosti. Mimo jiné jsou optimalizovány podmínky krátkodobého skladování ryb před usmrcením, způsob usmrcení, zpracování ryb, balení výrobků, způsob zamražení a skladování. Předpokládáme, že nalezení optimálních podmínek a jejich zavedení do praxe povede k nemalým úsporám tím, že požadovaná kvalita produktu zůstane zajištěna a nebude docházet k nadměrným ztrátám vody/hmotnosti.

### 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

U zmrazených rybích produktů dochází při rozmrazení k velké ztrátě vody, ztráty u kapřího masa mohou dosahovat až 12% hmotnosti před zmrazením. Velikost ztráty uvolněné (vnitrobuněčné) vody je ovlivněna mírou stresu u ryb před usmrcením, způsobem zpracování masa a způsobem skladování. Dále je prokázán vztah mezi výživovým stavem ryby a stresem na výslednou ztrátu vody v mase. U dlouhodobě sádkované ryby je ztráta vody ve svalovině vyšší než u ryby, která byla sádkovaná cca 3 týdny. Dalšími faktory s přímým vlivem na kvalitu masa jsou obsah glykogenu ve svalovině, působení glykolytických enzymů, procesy autolýzy, vliv rigor mortis (jednotlivé fáze – pre, rigor, post). Na empirický výzkum čeká ověření, zda je ztráta vody po rozmrazení vyšší u pre-rigor filetu nebo u post-rigor filetu. Dalším faktorem s vlivem na ztráty vnitrobuněčné vody u výrobků po rozmrazení je technologické zpracování – filetače, prořezání ypsilon kostí, balení, glazurace, způsoby rozmrazení apod. Zjištěním, které faktory mají největší vliv na ztráty vnitrobuněčné vody u rybích výrobků po rozmrazení, dojde ke zvýšení know-how v této důležité oblasti zpracování, ke snížení ztrát při výrobním



procesu vlivem rozmrazení výrobků a k optimalizaci celého zpracovatelského postupu. V rámci projektu bude rovněž vyhodnocena ekonomická náročnost a přínos těchto změn.

### 3. Materiál a metodika

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

Postup řešení projektu byl rozdělen do několika následujících fází:

**1) Výběr testovaných faktorů ovlivňujících stres ryb před zpracováním a vytipování zpracovatelských postupů s předpokládaným velkým vlivem na ztráty vnitrobuněčné vody u zmrazených fileť.** Na základě diskuse vědeckých pracovníků a odborníků z praxe a na základě zjištění konkrétních podmínek přímo v místě zpracovny spolupracujícího podniku byly vytipovány faktory k dalšímu testování.

**2) Testování vybraných faktorů:** v této fázi projektu byly postupně testovány jednotlivé faktory a jejich různé parametry a míra vlivu na ztráty vnitrobuněčné vody.

**3) Zpracování ryb a odběr vzorků:** po simulaci jednotlivých faktorů byly ryby zpracovány vybranými upravenými technologickými postupy a ze zmrazených výrobků byly odebrány vzorky pro analýzy.

**4) Hodnocení kvalitativních a kvantitativních parametrů:** u vzorků fileť byly sledovány parametry kvality – chemické (produkty oxidace, autolytické změny, změny proteinů), mikrobiální (potravinová bezpečnost, trvanlivost), nutriční hodnoty (základní živiny, kompozice mastných kyselin) a kvantitativní ztráty.

**5) Vyhodnocení faktorů:** v závislosti na výsledcích jednotlivých analýz byly navrženy vhodné úpravy výrobních technologických postupů a optimalizace podmínek před zabitím ryb.

**6) Ekonomická analýza:** v závislosti na výsledcích předchozích analýz byla hodnocena ekonomická náročnost a přínos optimalizací.

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

Testování faktorů a optimalizace podmínek před zabitím ryb a při zpracování rybích produktů 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) (Obr. 1). 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*) a tolstolobik bílý (*Hypophthalmichthys molitrix*). Jednalo se o ryby z produkce Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s.

### **3.4. Testované faktory**

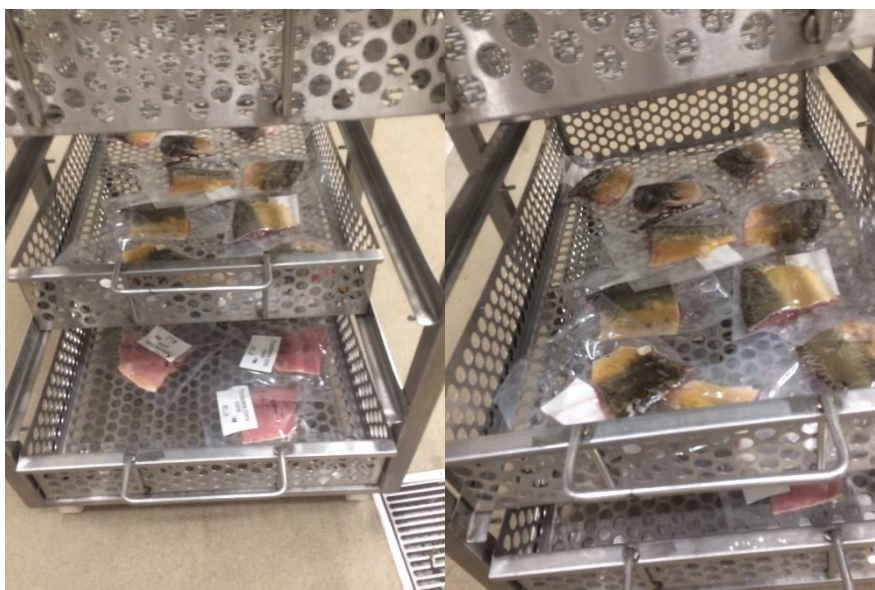
Na základě informací z vědecké literatury, zjištění situace na zpracovně ryb a diskuse s vedoucím zpracovny byly pro sledování vybrány následující faktory. Byl sledován vliv nasycení kyslíku ve vodě při krátkodobém uchování ryb před jejich zpracováním. Byl sledován vliv sezóny a vliv způsobu zabíjení (vykrvení). Dále byl sledován vliv doby filetace (před rigorem a po rigoru), prořezání filetu, vakuování, předchlazení na různé teploty, různé způsoby a teploty zamražení a v neposlední řadě různé druhy ryb. Vycházelo se především ze standardních postupů používaných na zpracovně a navržených vylepšení.

### **3.5. Průběh experimentů**

#### **3.5.1. 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 u mražených rybích výrobků. Na základě těchto poznatků bylo navrženo a zrealizováno porovnání kvalitativních parametrů u výrobků z ryb ze 4 období. První skupinou byly ryby z podzimního období, které byly po podzimních výloveh sádkovány standardním způsobem pro vánoční trh (7. 10. 2019). U této skupiny se vzhledem k nízké teplotě vody (cca 8 °C), relativně dobrému výživnému stavu ryb a krátké době sádkování předpokládaly nejlepší výsledky. Druhou skupinou byly ryby odebrané ze sádek v únoru 2020 a jednalo se o ryby, které se neprodaly během vánočních prodejů. Teplota vody u nich byla nejnižší (3 °C) a očekávala se nejhorší kvalita masa vzhledem k délce hladovění. Další skupinou byly ryby z jarního výlovu (20. 5. 2020; 15 °C). Poslední skupinou byly ryby z letního odlovu (10. 8. 2020; 25 °C), u kterých se předpokládaly výrazně rychlejší postmortální změny s ohledem na vysokou teplotu vody. Všechny 4 skupiny byly standardním způsobem usmrceny pomocí elektřiny s následným vykrvením pomocí vykuchání a následně byly umyty a vyfiletovány. Ryby byly zchlazeny ledem, byly z nich připraveny vzorky o hmotnosti cca 200 g, individuálně zabaleny do igelitových sáčků a zmrazeny v šokeru (-40°C). Dále byly přesunuty do mrazicího boxu (-20°C), po týdnu byly rozmrazeny v rozmrazovně pomocí proudícího vzduchu a pro zajištění rovnoměrného rozmražení byly vzorky filetu uloženy v perforovaných kovových koších (Obr. 2). Vzorky byly osušeny papírovou utěrkou (Obr. 3), zváženy na vahách s přesností na 0,1 g a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy.





Obr. 2 Uložení filetů pro rozmrazení



Obr. 3 Filet před osušením (vlevo), filet po osušení (vpravo)

### 3.5.2. Vliv kvality vody (obsah kyslíku) při krátkodobém uchování ryb

Na zpracovně ryb Rybářství Chlumeč nad Cidlinou, a.s. jsou ryby před zpracováním navezeny 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; svažitě 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. 4 a 5).

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 v předchozím období navržen a nainstalován do jedné ze 3 manipulačních nádrží nový aerační systém s vyšší kapacitou (trojnásobnou; Obr. 6) a byl sledován obsah rozpuštěného kyslíku ve vodě v průběhu uchovávání 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. Nedostatečný obsah kyslíku ve vodě při krátkodobém uchování ryb je stresový faktor pro organismus a projevuje se také na kvalitě masa.

Pro posouzení vlivu tohoto faktoru byly ryby vystaveny krátkodobému uchování (60 minut) v kádích s vodou o 3 různých koncentracích kyslíku (Obr. 7). Jednalo se o skupiny: 1) Vysoký obsah kyslíku, který korespondoval s maximální možnou nasyceností vody kyslíkem při dané teplotě vody (obsah kyslíku se pohyboval kolem 12 mg/l, 100 % nasycení); 2) Střední obsah kyslíku, který korespondoval se situací s novým aeračním systémem (obsah kyslíku kolem 5-6 mg/l, 50 % nasycení); 3) Nízký obsah kyslíku, který korespondoval se situací se starým aeračním systémem při situacích v letním období (obsah kyslíku kolem 1-2 mg O<sub>2</sub>/l, 10 % nasycení). Ryby byly po hodinové expozici vyloveny, zabity omračovacím elektrickým systémem používaným na zpracovně s následným vykrvením pomocí vykuchání. Ryby byly dále zpracovány do filet a zchlazeny v šupinkovém ledu. Z filet byly připraveny vzorky o hmotnosti cca 200 g, osušeny, zabaleny do igelitových sáčků a zmrazeny v šokeru (-40° C) a následně uchovávány v mrazáku při teplotě -18° C. Vzorky byly po týdnu rozmrazeny rozmrazovací místností za použití proudění vzduchu v perforovaných koších. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, byly zváženy a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy. Dále bylo sledováno, jaký vliv má tento faktor na ztrátu vody ze svaloviny po rozmražení a vaření. Byly sledovány i další ukazatele jako je obsah glukosy a glykogenu a obsah kyseliny mléčné ve svalovině a obsah sušiny (Obr. 8).



Obr. 4. Celkový pohled na manipulační nádrže pro krátkodobé uchování ryb před jejich zpracováním.





Obr. 5. Vlevo: pohled na výpustní zařízení manipulačních nádrží a slovovací kanál. Vpravo: pohled na vypuštěnou manipulační nádrž a aerační trubici starého systému.



Obr. 6. Pohled na vypuštěnou manipulační nádrž a aerační trubice nového systému.



Obr. 7. Kádě s obsádkou o různém nasycení kyslíkem.



Obr. 8. Navážené vzorky připravené k zamražení

### **3.5.3. Rozdílný způsob 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. 9) s následným vykrvením pomocí proříznutí břišní stěny a vykuchání. Vzhledem k tomu, že v předchozích studiích bylo prokázáno, že expozice elektrickému proudu výrazně urychluje autolytické změny v rybím masě a průběh rigor mortis, byl navržen a zrealizován experiment pro zjištění, jak velké dopady má způsob zabití používaný na zpracovně ryb na ztráty vody u mražených rybích výrobků. Bylo testováno zabití pomocí elektrického proudu v zabíjecím zařízení 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, vyfiletovány a zchlazeny v ledu. Z filetu byly připraveny vzorky o hmotnosti cca 200 g, byly vloženy do igelitových sáčků a byly zmrazeny v šokeru ( $-40^{\circ}\text{C}$ ) a následně uloženy do mrazicího boxu ( $-18^{\circ}\text{C}$ ). Vzorky byly po týdnu rozmrazeny v rozmrazovací místnosti za použití proudění vzduchu v perforovaných koších. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, byly zváženy a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy. U těchto skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. Z odebraných vzorků, které byly uloženy v  $-80^{\circ}\text{C}$  byly dále provedeny analýzy determinace a kvantifikace glukosy a glykogenu a kyseliny mléčné ve svalovině.





Obr. 9. 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. Různé druhy ryb

Pro porovnání vlivu druhu ryby na ztráty u mražených výrobků byly použity 3 různé druhy ryb. Použili jsme kapra obecného (*Cyprinus carpio*), pstruha duhového (*Oncorhynchus mykiss*) a tolstolobika bílého (*Hypophthalmichthys molitrix*). Vzhledem k tomu, že velikost vzorku má vliv na rychlost jeho promrzání a následně na ztráty vody, byly vzorky pro tuto část projektu vyříznuty z filet tak, aby měly stejnou velikost (Obr. 10). Tyto vzorky byly osušeny papírovou utěrkou, zváženy s přesností na 0,1 g a vloženy do igelitových sáčků. Poté byly zamrazeny v šokeru (-40°C) a uloženy do mrazáku (-20 °C). Vzorky byly po týdnu rozmrazeny v rozmrazovací místnosti za použití proudění vzduchu v perforovaných koších. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, byly zváženy a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy. U těchto skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny.



Obr. 10. Vlevo: Výřezy vzorků o stejné velikosti z kapřích filet. Vpravo: Výřezy vzorků o stejné velikosti ze pstružích filet.



### 3.5.5. Způsob vykrvení

Krev ryb obsahuje hemoglobin, který působí jako pro-oxidant. V případě, že jsou ryby nedostatečně vykrveny, se v průběhu skladování mražených výrobků zvyšuje oxidace lipidů a proteinů a následkem toho může docházet ke zvýšeným ztrátám vody po rozmražení. 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 a použití elektrického proudu 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 přechovávání 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 zabíječce 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 a ztráty vody u mražených rybích výrobků. Byly testovány 3 skupiny ryb. První skupina byla vykrvena pomocí vykuchání, což koresponduje s metodou používanou na zpracovně ryb (prořezávačka břišní stěny viz Obr. 11). 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 (Obr. 12). 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. Poté byly ryby vyfiletovány a byly z nich připraveny vzorky o hmotnosti cca 200 g, byly osušeny papírovou utěrkou, zváženy s přesností na 0,1 g, byly vloženy do igelitových sáčků a zmrazeny v šokeru (-40°C) a uloženy do mrazícího boxu (-18°C). Vzorky byly po 6 měsících skladování rozmrazeny v rozmrazovací místnosti za použití proudění vzduchu v perforovaných koších. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, byly zváženy s přesností na 0,1 g a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy. U těchto skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení. Z odebraných vzorků, které byly uloženy v -80°C byly dále provedeny analýzy determinace a kvantifikace TBARS a hemoglobinu ve svalovině.



Obr. 11. Pohled na okružní pilu s vodícími lištami pro prořezávání břišní stěny ryb.



Obr. 12. Rozdíl ve vzhledu rybí svaloviny dle způsobu vykrvení. Zleva: kontrola, vykuchaná, vykrvená.

### ***3.5.6. Prořezané versus neprořezané filety***

Dalším faktorem, který může ovlivňovat ztrátu vody v masě je způsob zpracování filetů. Filety se připravují buď s prořezanými ypsilon kostmi či bez prořezání (Obr. 13). Prořezání kostí narušuje buňky, ze kterých se následně vyplaví tekutiny spolu s enzymy, které mohou urychlit autolytické změny. Pro posouzení velikosti vlivu tohoto faktoru na ztráty vody po rozmražení byly připraveny prořezané a neprořezané filety z tržního kapra obecného. Byly z nich připraveny vzorky o hmotnosti cca 200 g, byly osušeny papírovou utěrkou, zváženy s přesností na 0,1 g, vloženy do igelitových sáčků. Následně byly zmrazeny v šokeru (-40°C) a uloženy do mrazicího boxu (-18°C). Vzorky byly po týdnu skladování rozmrazeny v rozmrazovací místnosti, za použití proudění vzduchu v perforovaných koších. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, zváženy s přesností na 0,1 g a byly z nich odebrány vzorky pro další analýzy. U těchto skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny.



Obr. 13. Rozdíl mezi prořezanou a neprořezanou filetou.





### 3.5.7. Ryba před a po rigoru

Po zabití ryb dochází následkem vyčerpání energetických zásob pro svalovou práci postupně k nástupu posmrtného ztuhnutí (rigor mortis; Obr. 14). V tomto stavu je ryba ztuhlá a nemělo by se s ní manipulovat, aby nedošlo k potrhání svaloviny. Vlivem autolytických změn postupně dojde k narušení svalových struktur a ryba se stává znovu flexibilní a je možné s ní opět manipulovat. Obvykle se doporučuje ryby zpracovávat a filetovat buď před nástupem rigoru (pre-rigor fáze), nebo až po jeho odeznění (post-rigor fáze). Nástup rigoru, jeho síla a trvání je ovlivněna mnoha faktory, především pak teplotou, stresem a druhem ryb. Nejrychleji rigor nastupuje u ryb v letním období a u ryb stresovaných. Vzhledem ke změnám, které v různých fázích rigoru probíhají ve svalovině je pravděpodobné, že budou mít ryby filetované v pre-rigor a post-rigor fázi rozdílné ztráty vody po rozmražení. Pro ověření této hypotézy byl proveden experiment na filetech z kapra obecného. Byly vytvořeny dvě skupiny. První skupina filet byla vyfiletována v pre-rigor fázi a druhá skupina byla vyfiletována v post-rigor fázi. U obou skupin byly z filet udělány cca 200g vzorky, které byly papírovými utěrkami osušeny a zváženy. Vzorky byly zabaleny do označených sáčků a zamrazeny v šokeru (-40°C). Po promrznutí byly vzorky uloženy do mrazicího boxu (-18°C). Po týdenním skladování byly vzorky filet rozmrazeny v perforovaných koších v rozmrazovací místnosti s cirkulací vzduchu. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou, zváženy s přesností na 0,1 g a byly odebrány vzorky pro další analýzy, které byly skladovány při -80°C. U zvolených skupin byly sledovány ztráty vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. U vzorků, které byly uskladněny při -80°C byly dále provedeny analýzy determinace a kvantifikace glukosy a glykogenu a kyseliny mléčné ve svalovině.



Obr. 14. Ukázka kapra obecného v plném rigor mortis

### 3.5.8. Předchlazení na různé teploty

Vstupní teplota svaloviny, před zamražením ovlivňuje rychlost promrznutí svaloviny. Následkem toho může dojít k tvorbě velkého množství ledových krystalů, narušení svalových buněk a větší ztrátě vody po rozmražení. Zvláště u ryb z letních odlovů je velké riziko pomalého průběhu mražení a velkých ztrát vody po rozmražení. Pro zjištění toho, jak velký vliv má počáteční teplota svaloviny na ztráty vody po rozmražení byl proveden experiment s filety kapra obecného a pstruha duhového. Pro porovnatelnost výsledků mezi druhy ryb, byly z filet udělány vzorky ze hřbetní svaloviny o stejné





velikosti. Vzorky byly před zamražením předchlazeny na tři různé teploty 0°C, 10°C a 20°C (Obr. 15). Vzorky byly osušeny papírovou utěrkou, zváženy a zabaleny do igelitových sáčků. Poté byly vzorky rozendány do chladniček, které byly vytemperované na různé teploty. Po prochlazení na požadované teploty byly vzorky zmrazeny v šokeru (-40°C) a poté uskladněny při -18°C. Po týdenním skladování byly vzorky rozmrazeny v rozmrazovací místnosti s cirkulací vzduchu. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou a zváženy s přesností na 0,1 g (Obr. 16). U sledovaných skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. U sledovaných druhů ryb byla porovnávána získaná data z teplotních dataloggerů ohledně rychlosti promrznutí vzorků.



Obr. 15. Vzorky zchlazené na 10°C před zamražením



Obr. 16. Osušení a vážení vzorků po uvaření.

### 3.5.9. Předchlazení částí filet versus svalovina ve vrstvě

Vliv na rychlost promrznutí a tím na tvorbu krystalů ledu, které narušují buňky a umožňují uvolnění vyššího obsahu vnitrobuněčné vody má také vliv, zda se zmrazují filety samostatně uložené, rozprostřené v prostoru nebo zda je svalovina naskládána do velkého bloku či vrstvy. Byly sledovány dvě skupiny uložení. První skupinu tvořily části z hřbetní svaloviny filet kapra obecného a pstruha duhového o stejné velikosti, které byly osušeny papírovými utěrkami a zabaleny do igelitových sáčků. Druhou skupinu tvořily části filet (kapří i pstruží), které byly také osušeny papírovou utěrkou, zváženy a naskládány do vrstvy. Vzorky filet i vrstev byly dány na vytemperování do chladniček o různých teplotách (0°C, 10°C a 20°C). Po dosažení požadovaných teplot předchlazení, byly vzorky filet i vrstev uskladněny v mrazáku -18°C. Po týdenním skladování byly vzorky rozmrazeny a po osušení papírovou utěrkou byly zváženy s přesností 0,1g. U sledovaných skupin se zaznamenávala ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. Byly sledovány také teplotní záznamy o rychlosti promrznutí.



### 3.5.10. *Vakuované versus nevakuované skladování*

Mražené filety z kapra se nejčastěji balí do igelitových sáčků vakuově nebo bez vakua (Obr. 17). Výhodou vakuového balení u mražených rybích výrobků je snížení přístupu kyslíku ke svalovině, který podporuje oxidační změny v průběhu mraženého skladování. Oxidativní změny u ryb probíhají nejprve u lipidů a následně i u proteinů. Následkem oxidace proteinů dochází ke zvýšení ztrát vody po rozmražení. Na druhou stranu vakuum může napomáhat vytvářeným podtlakem k vyšší ztrátě vody. Pro ověření velikosti tohoto faktoru byl proveden experiment na filetech z kapra obecného. Části filetů o velikosti cca 200 g byly osušeny papírovou utěrkou a zváženy. Poté byly uloženy do igelitových sáčků, které byly rozděleny do dvou skupin. První skupina byla vakuově uzavřena, druhá byla ponechána pouze volně uložena v sáčcích. Obě skupiny byly zamrazeny pomocí šokeru (-40°C) a následně byly na týden uskladněny v mrazáku při -18°C. Po týdenním skladování byly vzorky rozmrazeny v perforovaných koších v rozmrazovací místnosti s cirkulací vzduchu. Po rozmražení byly vzorky osušeny papírovou utěrkou a zváženy s přesností na 0,1 g. U obou skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny.



Obr. 17. Volně uložené filety po rozmražení

### 3.5.11. *Rychlost promrznutí*

Teplota mražení má velký vliv na rychlost promrznutí rybí svaloviny. Při pomalém promrznutí dochází k tvorbě velkých ledových krystalů, které naruší svalové buňky a následkem toho dochází k vyšším ztrátám vody po rozmražení. Při průmyslovém zpracování ryb se v ČR obvykle používá pro zmražení rybích výrobků mražení pomocí šokeru s teplotou -40°C a s prouděním studeného vzduchu. Díky tomu dochází k rychlému promrznutí a nižším ztrátám vody. Naproti tomu v domácích podmínkách lidé ryby často mrazí v mrazničce o teplotě -18°C, která obvykle nemá ventilaci pro proudění studeného



vzduchu. Následkem toho dochází k velmi pomalému mražení, k tvorbě velkých ledových krystalů a k vysokým ztrátám vody. Pro ověření velikosti vlivu tohoto faktoru byl proveden experiment na filetech z kapra obecného. Z filet kapra byly vytvořeny vzorky o hmotnosti cca 100 g, byly osušeny papírovou utěrkou a zváženy. Poté byly uloženy do označených sáčků a rozděleny do dvou skupin. První skupina byla dána do mrazáku -18°C a druhá skupina byla zamrazena pomocí zmrazovací komory - šokeru -40°C (Obr. 18). Po dosažení promrznutí na požadovanou teplotu byly vzorky uskladněny také v mrazáku při -18°C. Po týdenním skladování byly vzorky rozmrazeny, osušeny a zváženy s přesností na 0,1 g. U obou sledovaných skupin byla sledována ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. U obou skupin vzorků byly použity teplotní datalogery k záznamu rozdílů rychlosti promrznutí.



Obr. 18. Zamražení svaloviny na různé teploty mrazáku

### 3.5.12. Různé způsoby zamražení

Při mražení rybích výrobků se na zpracovně v Chlumci nad Cidlinou ryby nejčastěji mrazí v kartonových bednách o výšce 10 cm uložené v pojízdných stojanech s policemi. V těchto kartonových boxech jsou ryby nejčastěji mrazeny bez obalu nebo zabalené individuálně ve vakuovém balení. Kartonová bedna a výška rybího bloku 10 cm by mohla způsobovat pomalejší promrznutí. Pro ověření velikosti vlivu tohoto faktoru jsme provedli experiment na filetech z kapra obecného. Byly vyzkoušeny tři způsoby – filety uložené volně v perforovaném koši, proložené mikrotenovým materiálem (Obr. 19) filety uložené v uzavřené papírové bedně proložené mikrotenovým materiálem (Obr. 20) a filety vakuově zabalené uložené v uzavřené papírové bedně (Obr. 21). Filety byly před zamražením osušeny papírovými utěrkami a zváženy.

Poté byly zabaleny dle skupiny a byly zamrazeny pomocí šokeru na -40°C a následně byly uskladněny v mrazáku -18°C. Po týdenním skladování byly filety rozmrazeny v rozmrazovací místnosti s cirkulací vzduchu. Po rozmražení byly filety osušeny papírovými utěrkami a zváženy s přesností na 0,1 g. U všech třech skupin se sledovala ztráta vody po rozmražení, ztráta vody vařením a obsah sušiny. U skupin byly sledovány také teplotní záznamy rychlosti promrznutí pomocí teplotních datalogerů.





Obr. 19. Zamražení filet v perforovaném koši.



Obr. 20. Zamražené filety v papírové krabici s mikrotenovým prokladem.



Obr. 21. Zamražené filety v papírové krabici vakuově zabalené.

### **3.5.13. Délka skladování**

Z literatury je známo, že v průběhu skladování mražených rybích výrobků dochází postupně k oxidaci lipidů a proteinů a následkem toho dochází ke zvýšení ztrát vody po rozmražení. Tyto oxidační změny probíhají až do teploty  $-40^{\circ}\text{C}$ . Vzhledem k tomu, že běžná teplota skladování mražených rybích výrobků je  $-18$  až  $-20^{\circ}\text{C}$ , je pravděpodobné, že čím déle budou rybí výrobky skladovány v mrazáku, tím větší ztráty vody u nich budou. Pro ověření velikosti vlivu tohoto faktoru byl proveden experiment na filetech z kapra obecného. Byly vytvořeny tři skupiny, které byly skladovány v mrazáku při  $-20^{\circ}\text{C}$ . Před zamražením byly vzorky osušeny a zváženy.

Ve dvouměsíčních intervalech se postupně přesunuli z  $-20^{\circ}\text{C}$  do mrazáku  $-80^{\circ}\text{C}$ , kde se předpokládá, že již oxidační změny neprobíhají. Na konci experimentu byly všechny vzorky rozmrazeny a osušeny papírovou utěrkou. Osušené vzorky byly zváženy s přesností na 0,1 g a byla u nich sledována ztráta vody po rozmražení.

## **3.6. Analýzy**

### **3.6.1. Ztráta vody po rozmražení**

Ztráta vody po rozmražení byla stanovena pomocí analytických vah s přesností na 0,1 g. Vzorky svaloviny byly vždy před vážením důkladně osušeny pomocí papírových utěrek (Obr. 22). Ztráta vody po rozmražení je prezentována jako procentuální úbytek hmotnosti.



Obr. 22. Osušení a vážení vzorků rybí svaloviny.

### **3.6.2. Ztráta vody vařením**

Ztráty vody tepelnou úpravou – vařením, byly zjišťovány pomocí analytických vah s přesností na 0,1 g. Ze vzorku filet byly připraveny vzorky o hmotnosti 20 – 30 g a v označených igelitových sáčcích byly vařeny ve vodní lázni při teplotě vody 70°C po dobu 10 minut (Obr. 23). Poté byly prudce zchlazeny pomocí šupinkového ledu, do kterého byly vzorky přemístěny. Po zchlazení, byly vzorky vyjmuty ze sáčků, osušeny papírovými utěrkami a zváženy.



Obr. 23. Vaření vzorků ve vodní lázni



### **3.6.3. Sušina**

Obsah sušiny se stanovuje gravimetrickou metodou. Do předem vysušeného (při 105°C) praného mořského písku je naváženo 5 g rozmělněného vzorku svaloviny a promícháno s pískem, z důvodů zvýšení odpařované plochy. Vzorek se suší při teplotě 105°C do konstantní hmotnosti. Pomocí přesných analytických vah se zjistí hmotnost sušiny.

### **3.6.4. Kyselina mléčná**

Obsah kyseliny mléčné ve svalovině je ovlivněn mírou stresu, kterému je zvíře vystaveno před usmrcením. Čím delší vystavení stresu, tím by měl být obsah laktátu vyšší. Obsah laktátu má vliv na kvalitu svaloviny a tím ovlivňuje také možnost délky skladování svaloviny.

Laktát stanovujeme pomocí acetonitrilové extrakce dle Au et al., 1984, kde se 1 g svaloviny navažuje do 10 ml ledového acetonitrilu HPLC kvality. Vzorek se homogenizuje pomocí tyčového homogenizátoru Ultra Turax (Janke & Kunkel, Staufen, Germany, T25IKA-Labortechnik). Zhomogenizovaný vzorek se filtruje pomocí Whatmanova filtračního papíru č. 1. Filtrát se následně odpařuje pomocí plynného dusíku při teplotě 35°C do sucha. Vyextrahovaná kyselina mléčná se následně rozpustí ve 4 ml 0,03M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Takto připravený vzorek se analyzuje na HPLC sestavě (HPLC UV- DAD – Ultimate 3000, Thermo Scientific Dionex, (Germering, Germany)), kde byl jako standart použit roztok kyseliny mléčné o různých koncentracích. Kyselina mléčná ve vzorcích je detekována v UV VIS při vlnové délce 210nm a pomocí kalibrační křivky kyseliny mléčné je vyjádřena její koncentrace v μmol/g vzorku.

Au et al., 1989. Extraction of Intracellular Nucleosides and Nucleotides with Acetonitrile. CLINICAL CHEMISTRY, Vol. 35, No. 1.

### **3.6.5. Glukosa a glykogen**

Obsah glukosy a glykogenu je také obrazem welfare ryb před usmrcením. Čím nižší obsah glykogenu ve svalovině, tím byla ryba vystavena vyššímu stresu. A stejně jako přítomnost laktátu ve svalovině i obsah glykogenu ovlivňuje kvalitu svaloviny a možnosti skladování.

Kvantifikace glukosy a glykogenu se provádí pomocí spektrofotometrické metody (Einen and Thomassen, 1998; Huijing, 1970). Pro analýzu se navažuje 0,5 g svaloviny, která se zalije vodou o teplotě 60°C a homogenizuje se pomocí tyčového homogenizátoru Ultra Turax (Janke & Kunkel, Staufen, Germany, T25IKA-Labortechnik). Zhomogenizovaný vzorek se zahřívá 30 minut na teplotu 60°C a následně se prudce zchladí. Zchlazený vzorek se filtruje přes filtrační papír Whatman č. 1. Část získaného filtrátu se použije pro stanovení glukosy a část pro hydrolýzu glykogenu.

Pro hydrolýzu glykogenu potřebujeme 100 μl extraktu glukosy, ke kterému se přidá čerstvě připravený amyloglukosidační roztok, vzniklý roztok se inkubuje 2 hodiny při teplotě 60°C a následně se odstředí po dobu 1 minuty při rychlosti 10 000 rpm.





Glukosa a glykogen se stanovují pomocí Amplex Red Glukosa/Glukózooxidázy Assay kit (katalog. Č. A22189), kde se postupuje podle přiloženého návodu k sadě. Pomocí KITu se připraví kalibrační řada pro výpočet koncentrace glukosy a glykogenu. Vše se míchá do mikrodestičky, která se nechá 30 minut vyvíjet ve tmě a následně proběhne detekce při vlnových délkách excitace 530 – 560 nm a fluorescence 590 nm pomocí UV-Vis spektrofotometru (Specord 210; Analytik Jena, Germany).

Získané koncentrace látek se uvádějí v  $\mu\text{mol/g}$  vzorku.

Einen and Thomassen. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). II. White muscle composition and evaluation of freshness, texture and colour characteristics in raw and cooked fillets. *Aquaculture* 169, 37–53.

Huijing. 1970. A RAPID ENZYMIC METHOD FOR GLYCOGEN ESTIMATION IN VERY SMALL TISSUE SAMPLES. *Clin. Chim. Acta*, 30, 567-572.

### **3.6.6. Oxidace tuků – TBARS**

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 svalovině byl měřen metodou TBARS (*thiobarbituric acid reactive substances*). TBARS analýza byla provedena pomocí spektrofotometrické metody (Miller et al., 1988). 1 gram vzorku byl homogenizován pomocí ultraturaxu (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 trichloroctové a 0,2 ml (0,09 mol/l) butylovaného hydroxytoluenu 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  $\mu\text{g/g}$  vzorku.

### **3.6.7. Analýza obsahu hemoglobinu**

Pro analýzu obsahu hemoglobinu 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 odstředěn (Hereus Megafuge 16R; Thermo Scientific, Waltham, MA, USA) při 10 000  $\times$  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 hemu v  $\mu\text{mol/kg}$ .





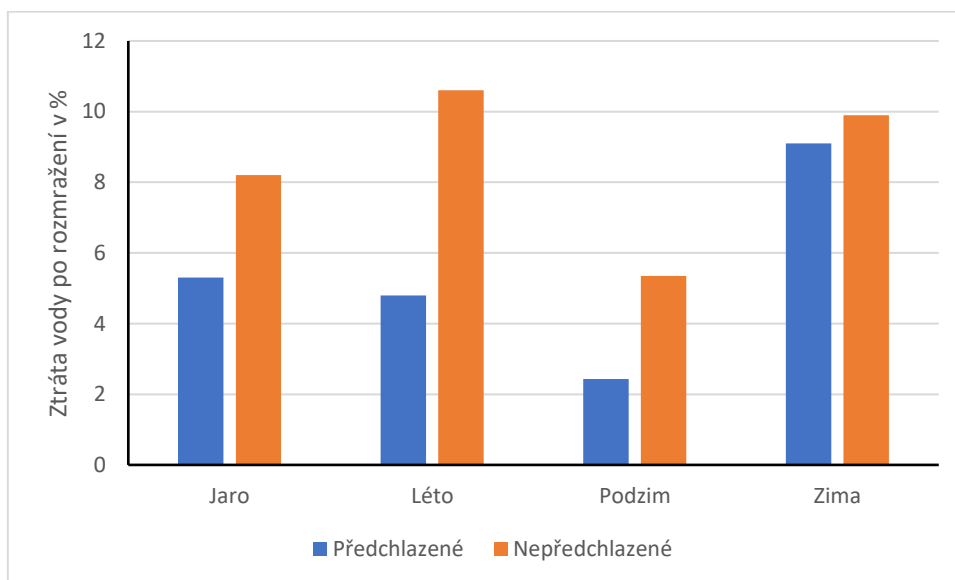
### 3.6.8. Statistické hodnocení

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 12 pomocí t-testu (2 skupiny) či analýzy variance ANOVA s následným post hoc LSD testem (více než 2 skupiny). Rozdíly byly hodnoceny jako statisticky signifikantní na úrovni  $p < 0.05$ .

## 4. Výsledky

### 4.1.1. Vliv sezóny

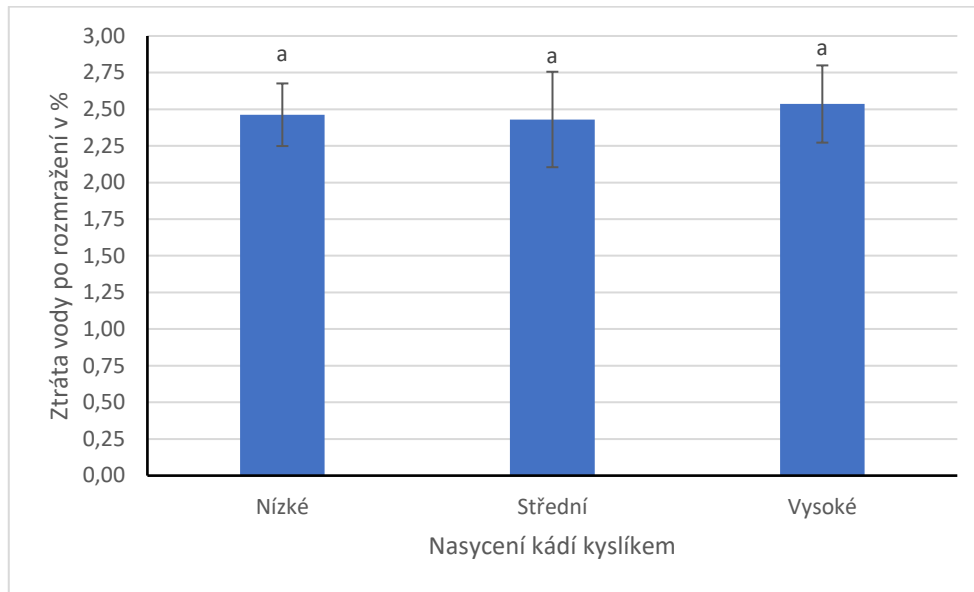
Ze získaných dat vyplývá, že sezóna má velký vliv na ztrátu vody po rozmražení. Nejvyšší ztráta vody byla u filet z letního odlovu a nejnižší u podzimní ryby (Graf 1). Předchlazení filet pomocí šupinkového ledu před mražením výrazně snížilo ztráty vody a zlepšilo kvalitu masa. A to především u ryb v teplé části roku.



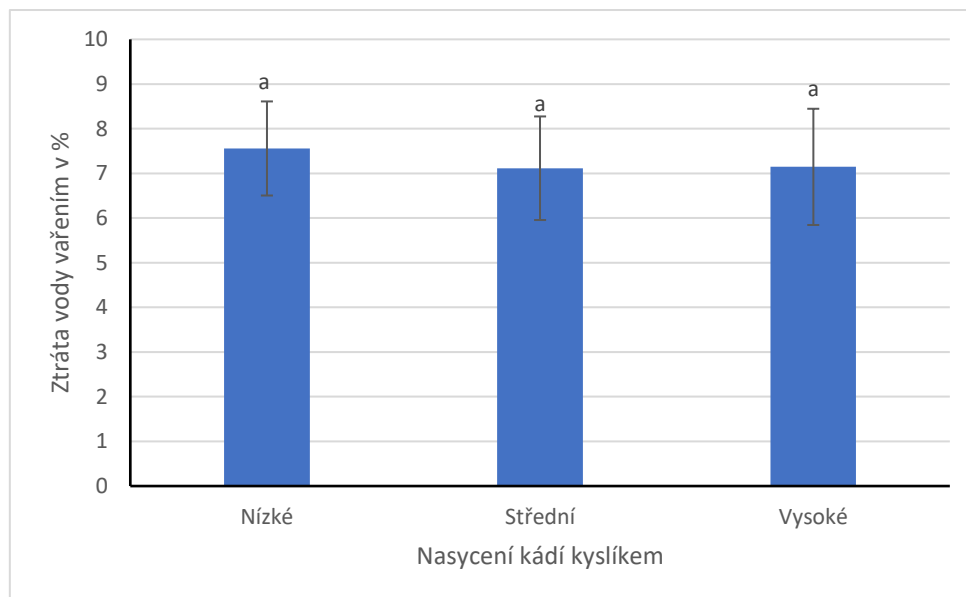
Graf 1. Průměrná procentuální ztráta vody po rozmražení.

### 4.1.2. Vliv kvality vody (obsah kyslíku) při krátkodobém uchování ryb

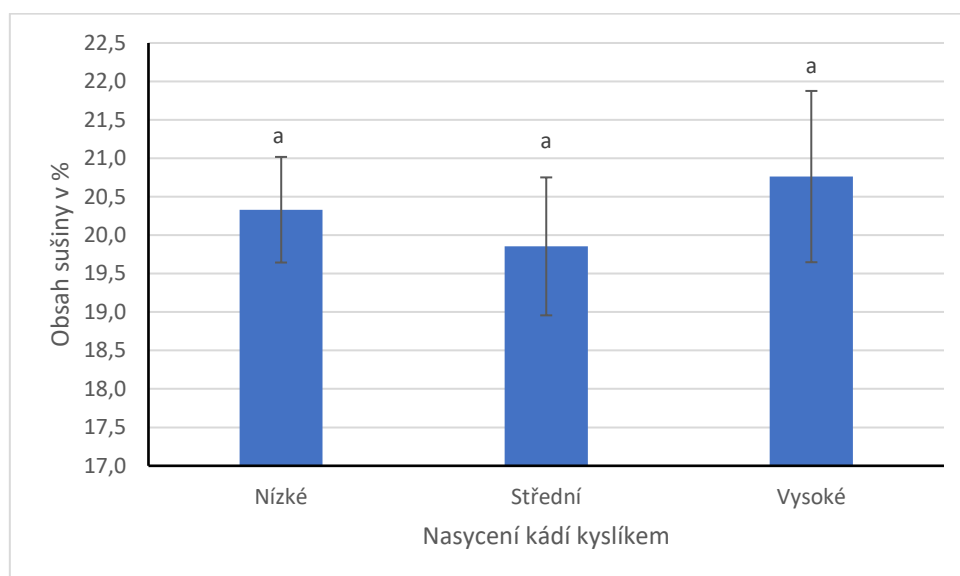
Obsah kyslíku ve vodě při krátkodobém skladování ryb před zpracováním má vliv na kvalitu svaloviny a ztráty vody. Čím méně stresu, tím lepší welfare ryb a lepší kvalita masa. Nasycenost vody kyslíkem neměla vliv na ztráty vody po rozmražení, po vaření ani na obsah sušiny (Graf 2,3,4). Obsah glykogenu ve svalovině byl nejvyšší u skupiny s vysokým obsahem kyslíku ve vodě a byl téměř dvojnásobný oproti ostatním sledovaným skupinám. To naznačuje, že skupiny s nižším obsahem kyslíku ve vodě byly ve větším stresu a probíhaly u nich rychleji postmortální změny (Graf 6).



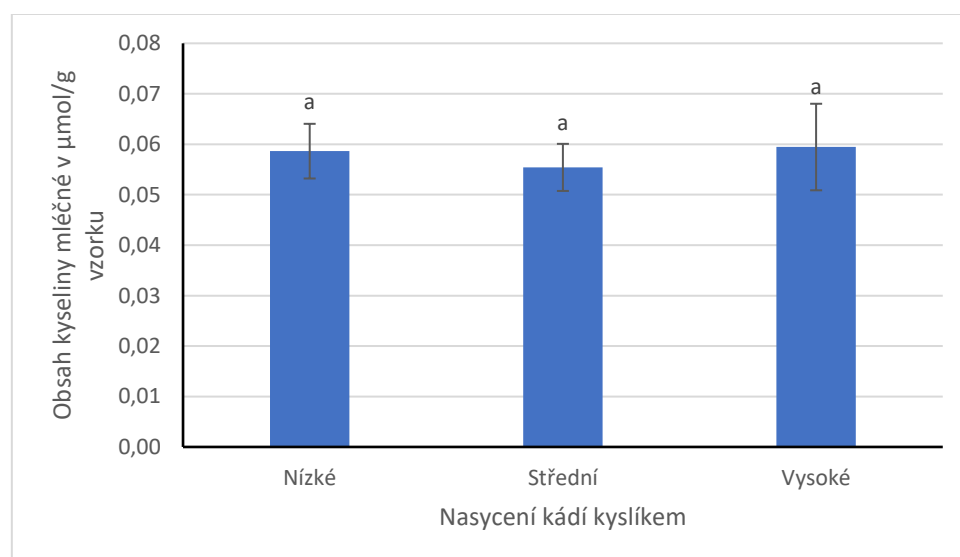
Graf 2. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na nasycení kádí kyslíkem před usmrcením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



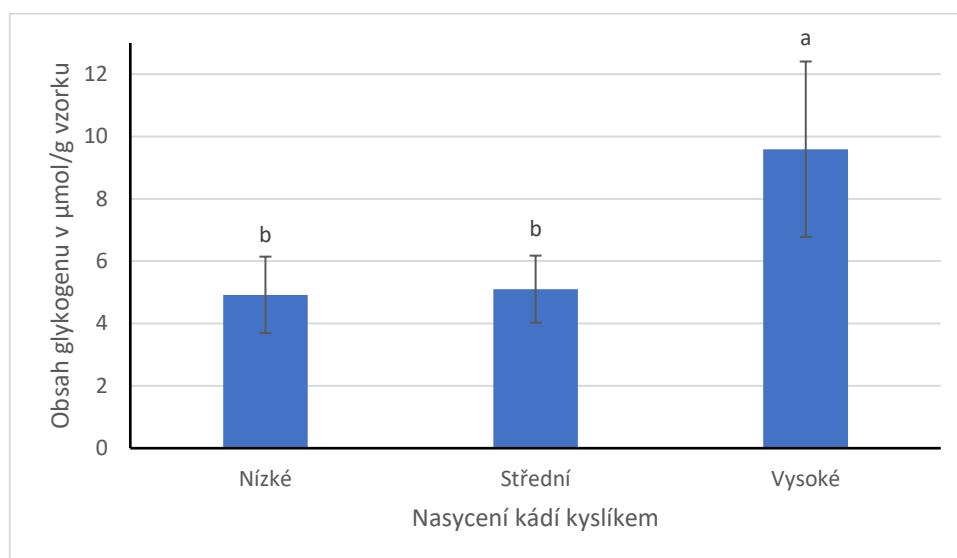
Graf 3. Ztráta vody tepelnou úpravou v závislosti na nasycení kyslíkem před usmrcením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 4. Obsah sušiny ve svalovině v závislosti na nasycení kyslíkem před usmrcením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



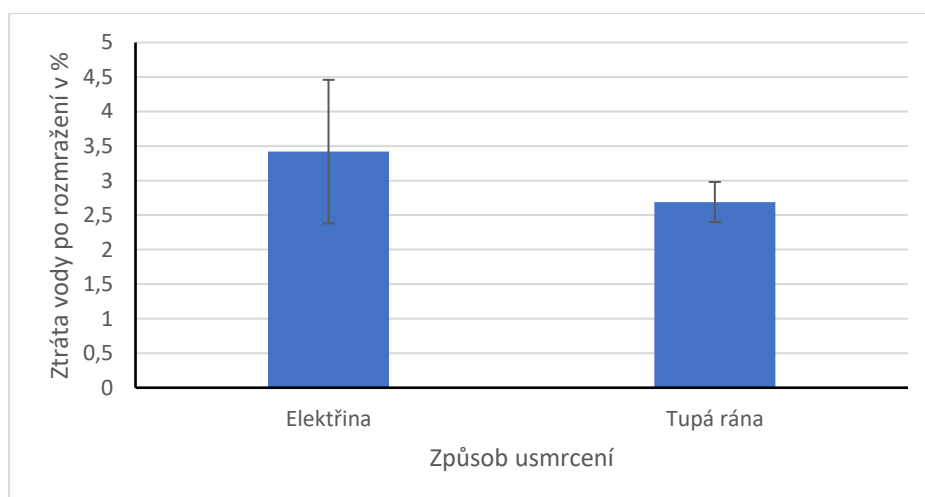
Graf 5. Průměrný obsah kyseliny mléčné v závislosti na obsahu kyslíku v kádích před usmrcením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



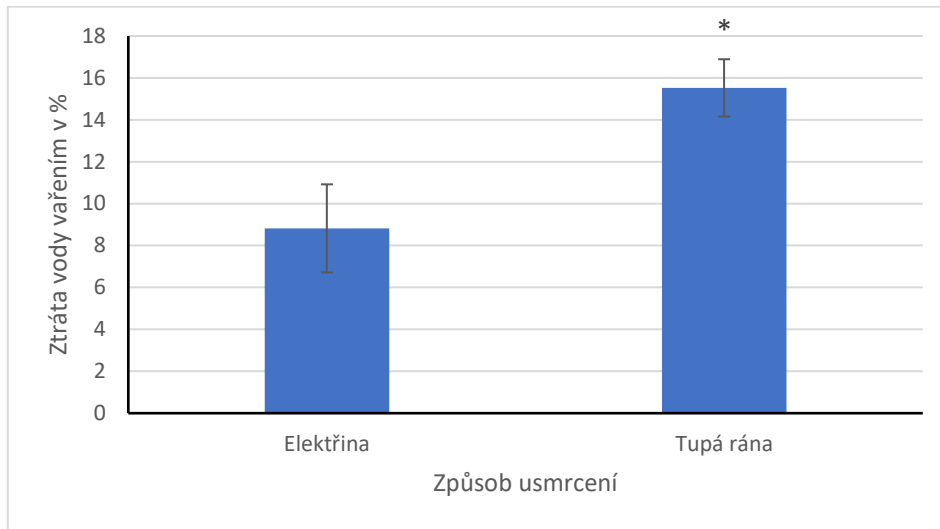
Graf 6. Průměrný obsah glykogenu ve svalovině v závislosti na obsahu kyslíku v kádích před usmrcením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.3. Rozdílný způsob omráčení/ zabití

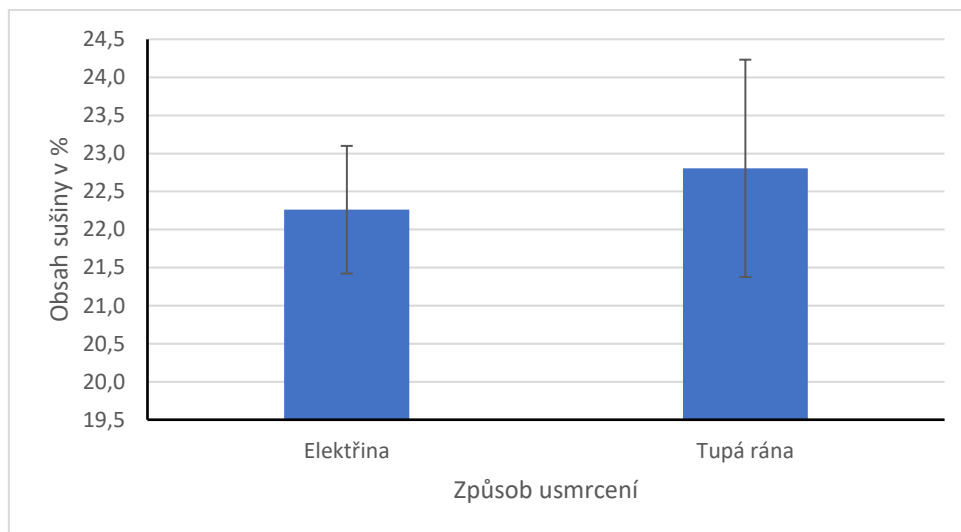
Vliv způsobu zabití se projevila především ve ztrátách vody vařením a v koncentraci glykogenu ve svalovině. Skupina zabitá tupým úderem měla lepší výsledky, což naznačuje, že je šetrnější než zabití elektrickým proudem. Po rozmrazení má tato skupina mírně nižší ztráty vody než svalovina ryb, které byly usmrceny elektrickým proudem (Graf 7).



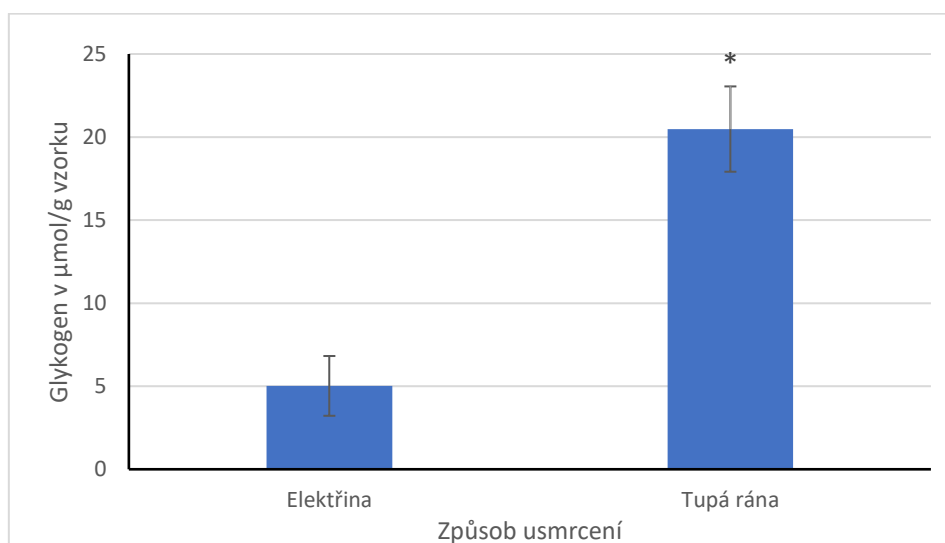
Graf 7. Průměrná procentuální ztráta vody rozmražením v závislosti na způsobu usmrcení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



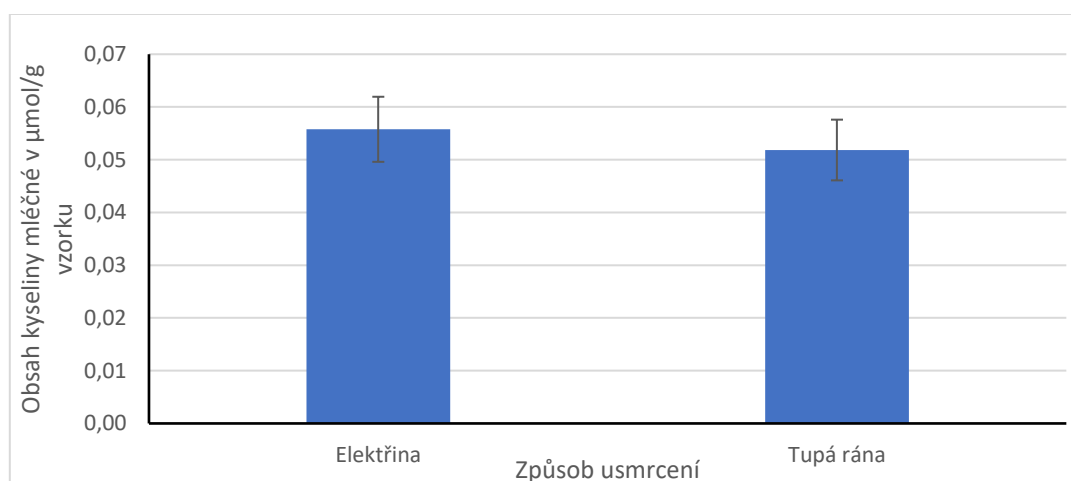
Graf 8. Průměrná procentuální ztráta vody vařením v závislosti na způsobu usmrcení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 9. Průměrný procentuální obsah sušiny v závislosti na způsobu usmrcení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



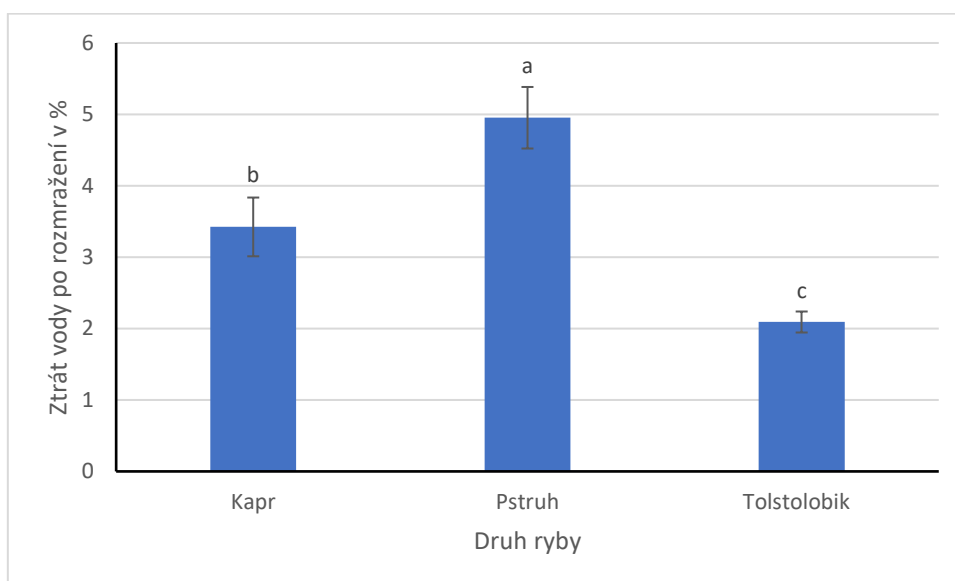
Graf 10. Průměrný obsah glykogenu v  $\mu\text{mol/g}$  vzorku svaloviny v závislosti na způsobu usmrcení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



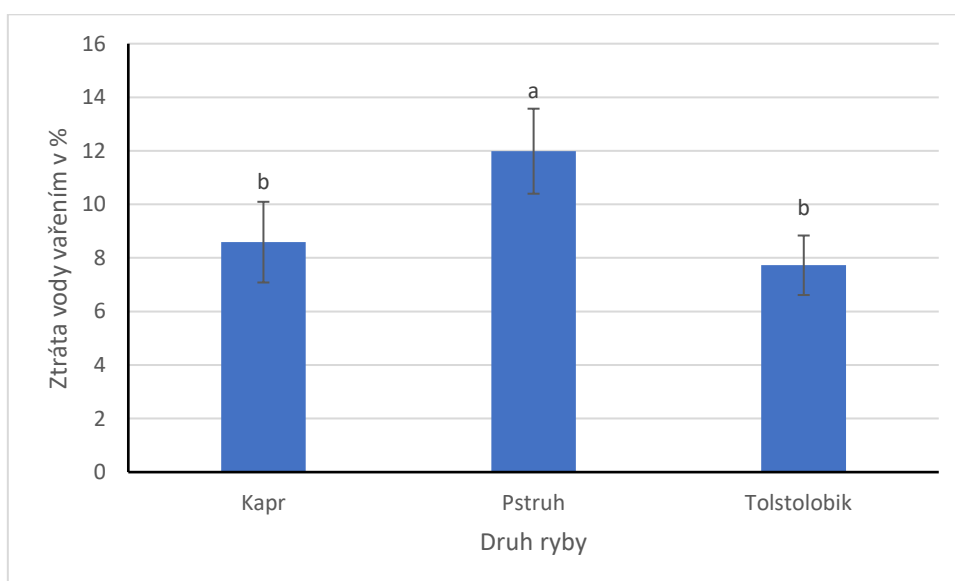
Graf 11. Průměrný obsah kyseliny mléčné v  $\mu\text{mol/g}$  vzorku svaloviny v závislosti na způsobu usmrcení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.4. Různé druhy ryb

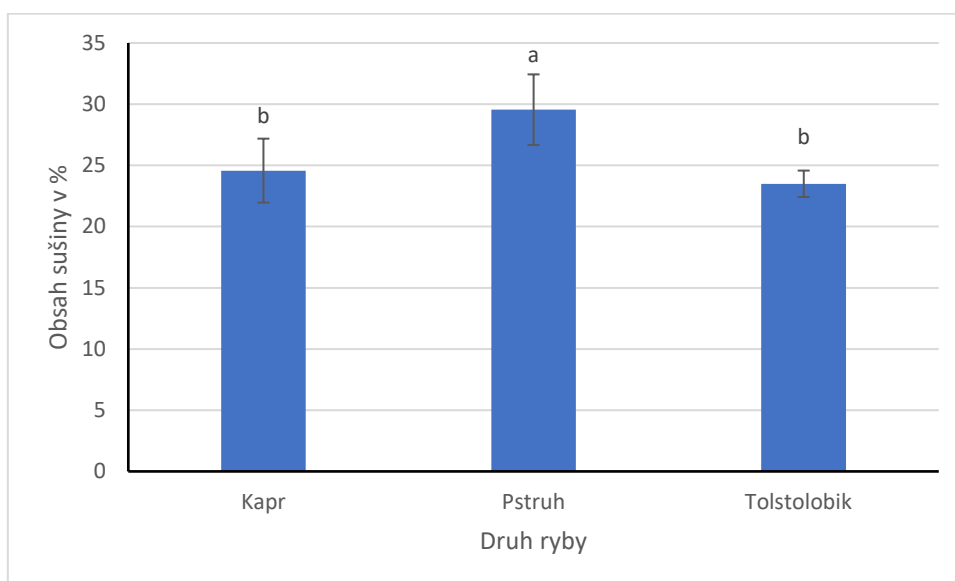
Různé druhy ryb mají i různé druhy svaloviny. I toto může ovlivnit ztrátu vody po rozmražení (Graf 12), po tepelné úpravě (Graf 13) a různí se i obsah sušiny ve svalovině (Graf 14). Nejvyšší hodnoty ve všech sledovaných aspektech byly zjištěny u pstruha duhového, zatímco nejnižší ztráty byly u tolstolobika.



Graf 12. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na druhu ryby. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 13. Ztráta vody po tepelné úpravě v závislosti na druhu ryby. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

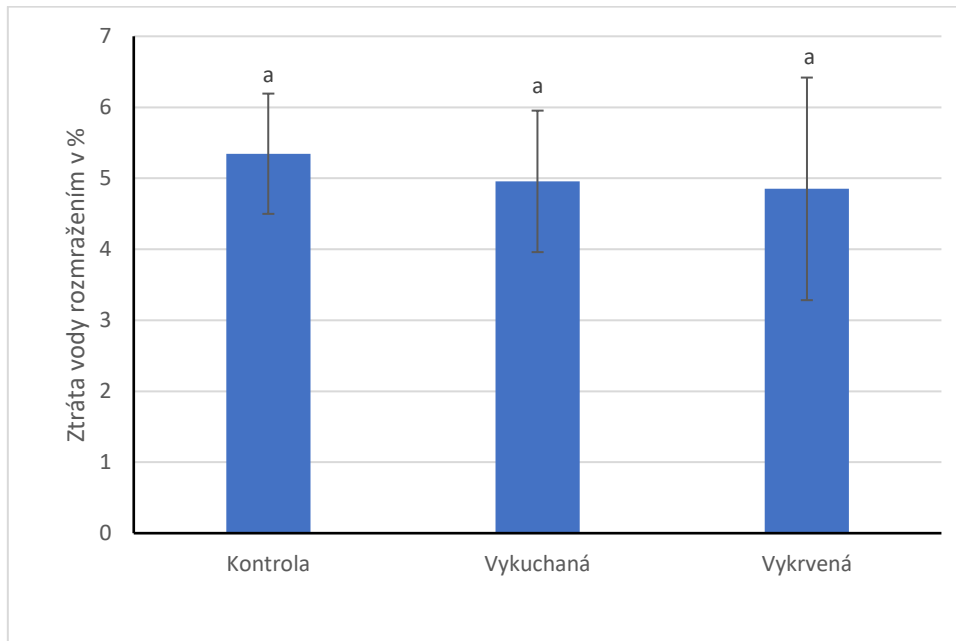


Graf 14. Průměrný obsah sušiny v závislosti na druhu ryby. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

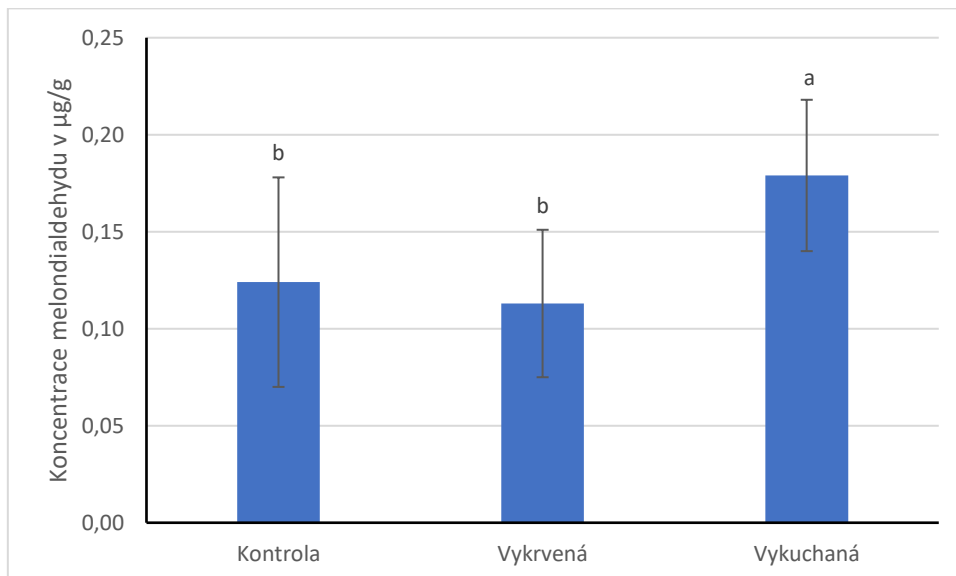
#### 4.1.5. Způsob vykrvení

Způsob vykrvení výrazně ovlivňuje kvalitu masa. Hemoglobin obsažený v krvi je silný pro-oxidant a při skladování mražených výrobků zvyšuje oxidační změny, což má vliv také na ztrátu vody. Ze získaných výsledků plyne, že nejvyšší ztráty vody byly u filet z kontrolních ryb (špatně vykrvených). Naopak nejnižší ztráty byly u filet, které pocházely z vykrvených ryb (Graf 15). Výsledky obsahu hemu ve svalovině odpovídají způsobu vykrvení (Graf 17). Nejvyšší byl u kontrolních filet, které se nedostatečně vykrvily. Oxidace tuků byla nejvyšší u filet z vykuchaných ryb, zatímco nejnižší byla u filet z vykrvených ryb (Graf 16).

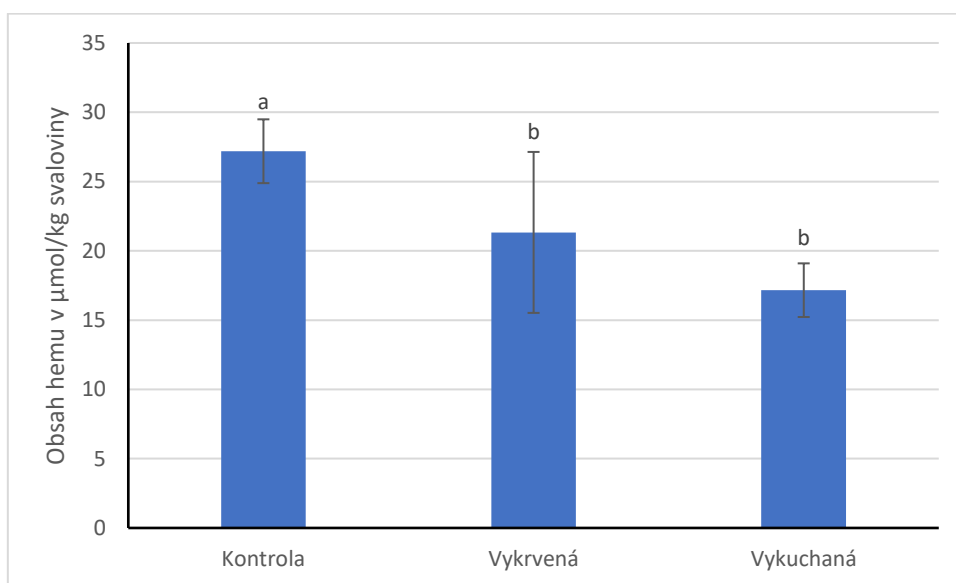




Graf 15. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na způsobu vykrvení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 10$ ;  $p < 0,05$ ).



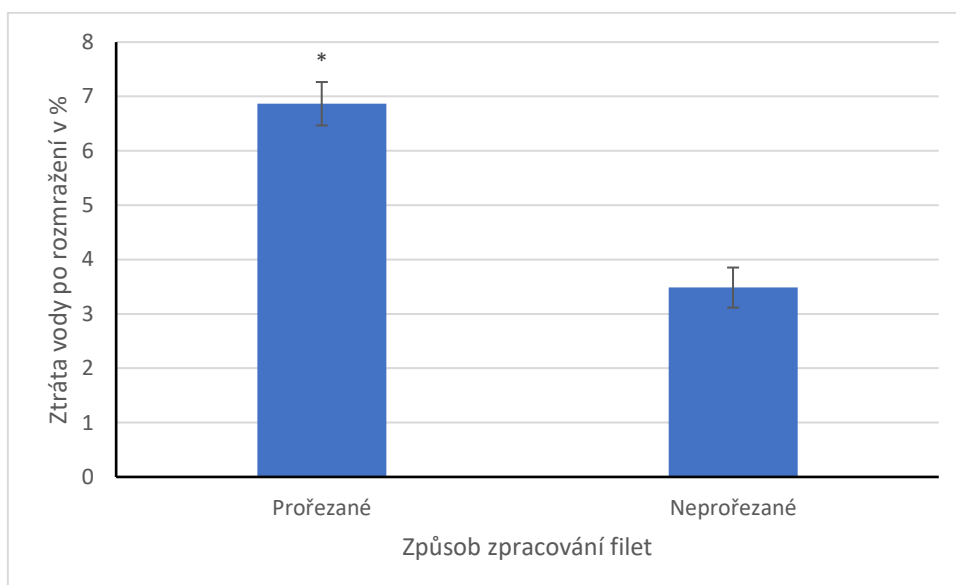
Graf 16. Koncentrace melondialdehydu v závislosti na způsobu vykrvení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 10$ ;  $p < 0,05$ ).



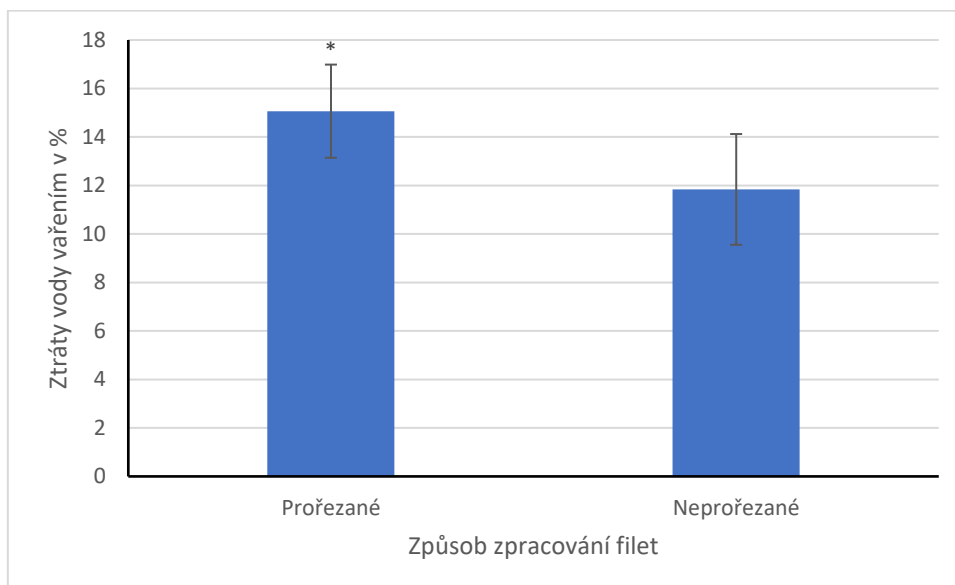
Graf 17. Obsah hemu ve svalovině v závislosti na způsobu vykrvení. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 10; p<0,05).

#### 4.1.6. Prořezané vs neprořezané filety

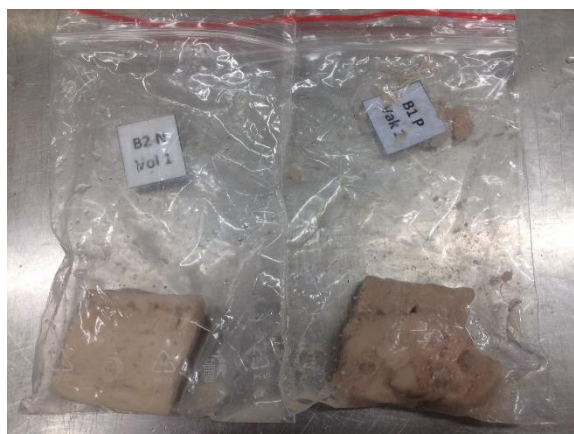
Na otázku, zda je lepší zamrazit filety celé nebo s prořezanými ypsilon kostmi bylo prokázáno, že menší ztráty vody po rozmražení jsou u filet, které byly ponechány vcelku (Graf 18), u kterých nedošlo k mechanickému porušení struktury masa. Jelikož prořezáním kostí, dochází také k porušení buněk a vyplavení autolytických enzymů. Stejný vliv má tato mechanická úprava masa i na ztrátu vody po tepelné úpravě – vařením (Graf 19) a zároveň má tepelná úprava vliv také na vizuální stav masa (Obr. 24). Obsah sušiny byl u sledovaných skupin téměř shodný (Graf 20).



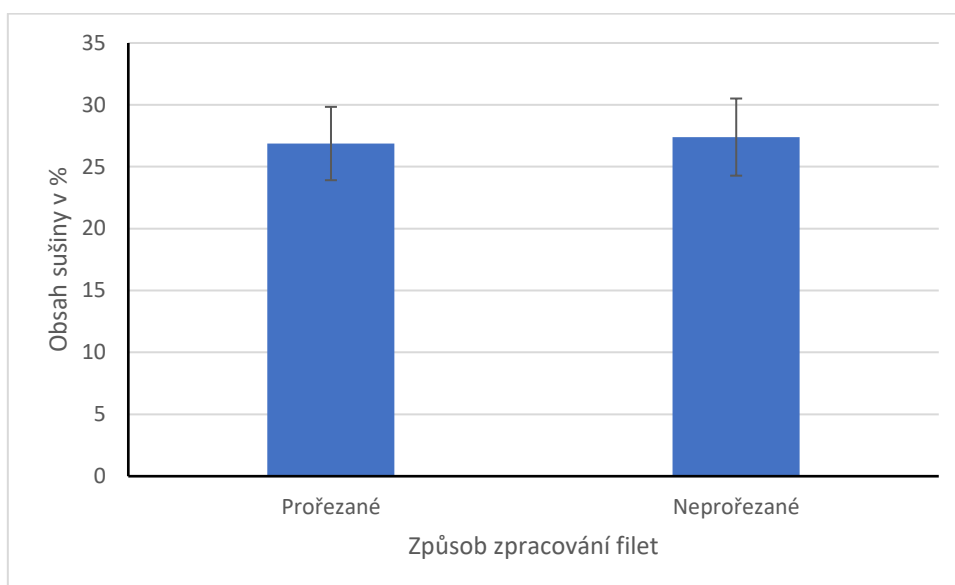
Graf 18. Průměrná ztráta vody po rozmražení u filet, které měly prořezané a neprořezané ypsilon kosti. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 8; p<0,05).



Graf 19. Průměrná ztráta vody vařením u filet, které měly prořezané a neprořezané ypsilon kosti. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



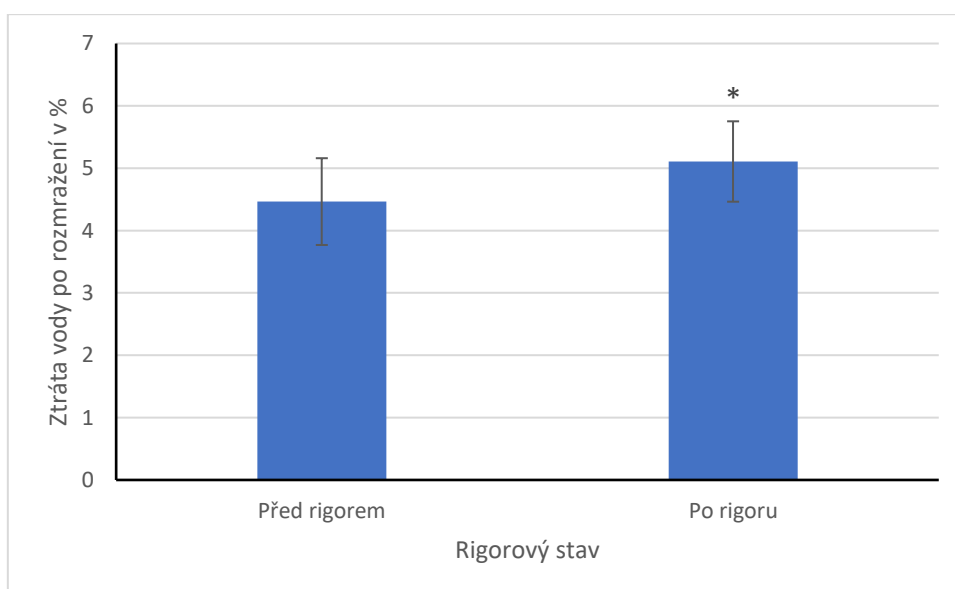
Obr. 24. Rozdílná konzistence svaloviny u vzorků s prořezanými a neprořezanými ypsilon kostmi po uvaření



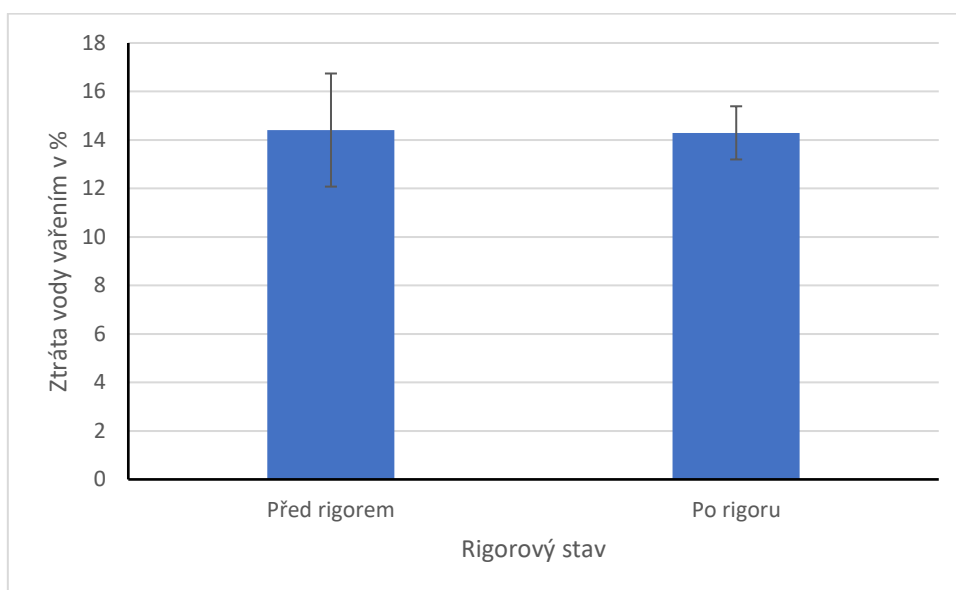
Graf 20. Průměrný obsah sušiny u filet, které měly prořezané a neprořezané ypsilon kosti. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.7. Ryba před a po rigoru

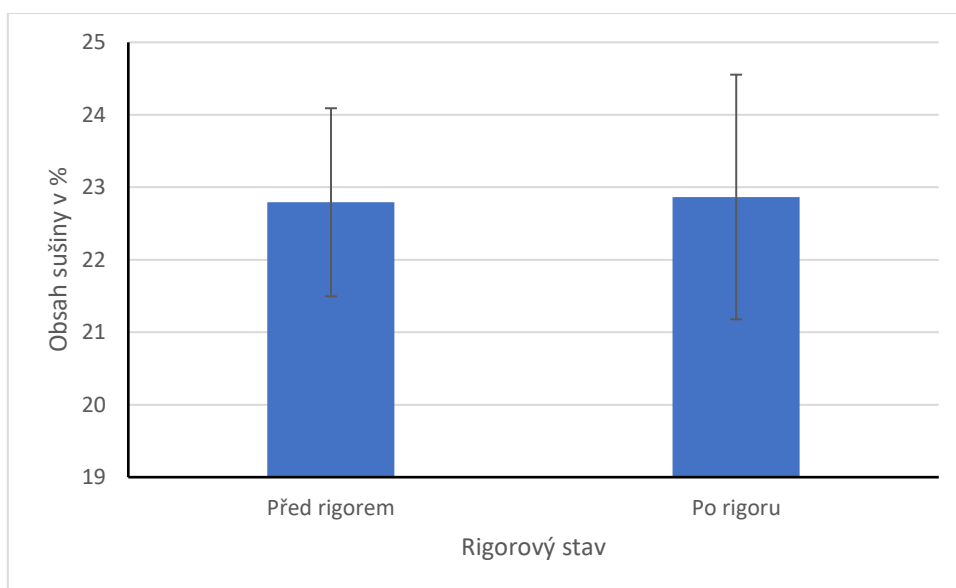
Porovnáním ztráty vody po rozmražení u skupin před rigorem a po rigoru bylo zjištěno, že vyšší ztráta byla u svaloviny ryb, u kterých již proběhl rigorózní stav (Graf 21). Po tepelné úpravě byly ztráty vody u obou sledovaných skupin velmi podobné (Graf 22). Obsah sušiny se mezi skupinami nelišil (Graf 23).



Graf 21. Průměrná ztráta vody po rozmražení v závislosti na rigorovém stavu ryb před zamražením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 11$ ;  $p < 0,05$ ).

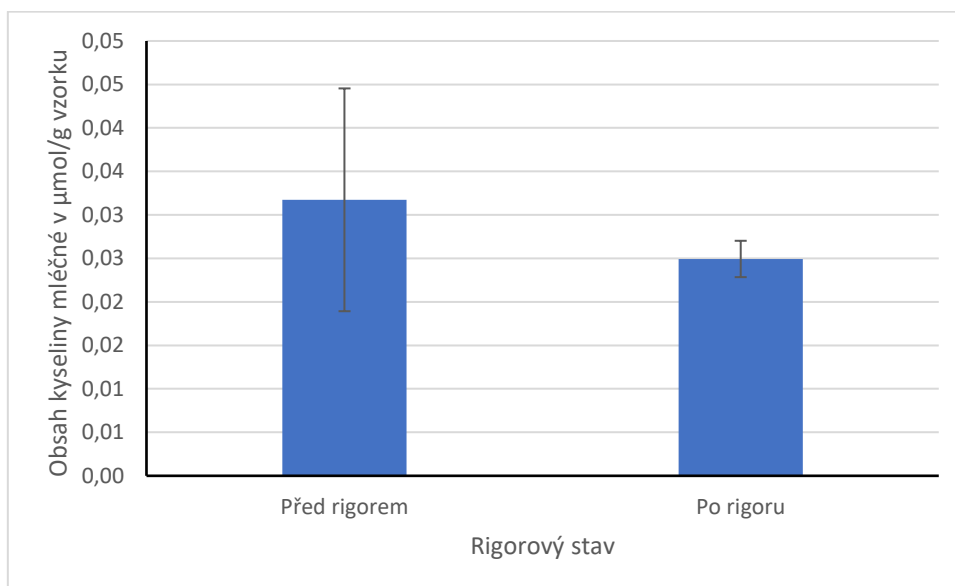


Graf 22. Průměrná ztráta vody po tepelné úpravě v závislosti na rigorovém stavu ryb před zamražením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 11$ ;  $p < 0,05$ ).

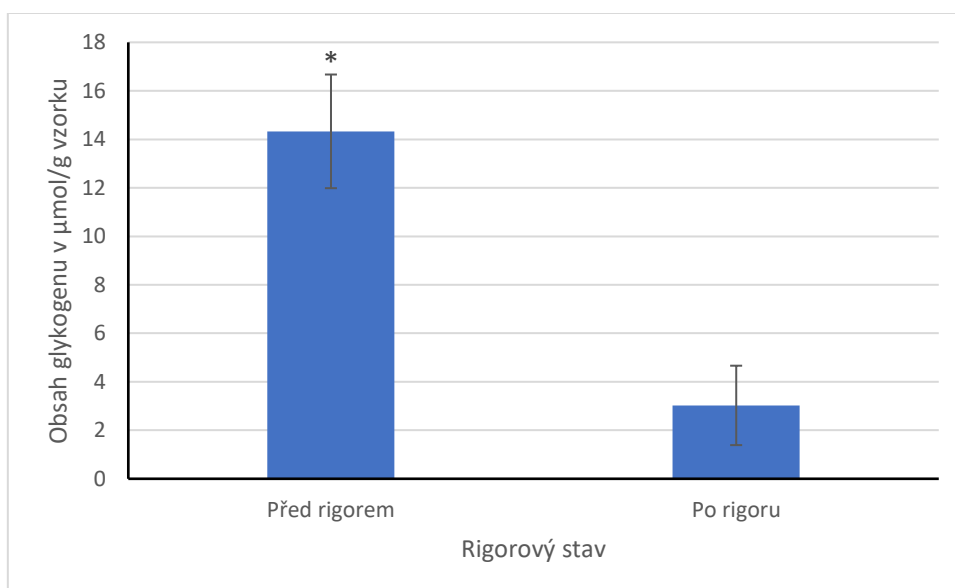


Graf 23. Průměrný obsah sušiny v závislosti na rigorovém stavu ryb před zamražením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 13$ ;  $p < 0,05$ ).

Koncentrace kyseliny mléčné se mezi skupinami pre-rigor a pos-rigor statisticky nelišila (Graf 24). Nejvyšší obsah glykogenu byl ve svalovině ryb před rigorem, což má pozitivní vliv na kvalitativní parametry masa (Graf 25).



Graf 24. Průměrný obsah kyseliny mléčné ve svalovině v závislosti na rigorovém stavu ryby před zamražením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 13$ ;  $p < 0,05$ ).



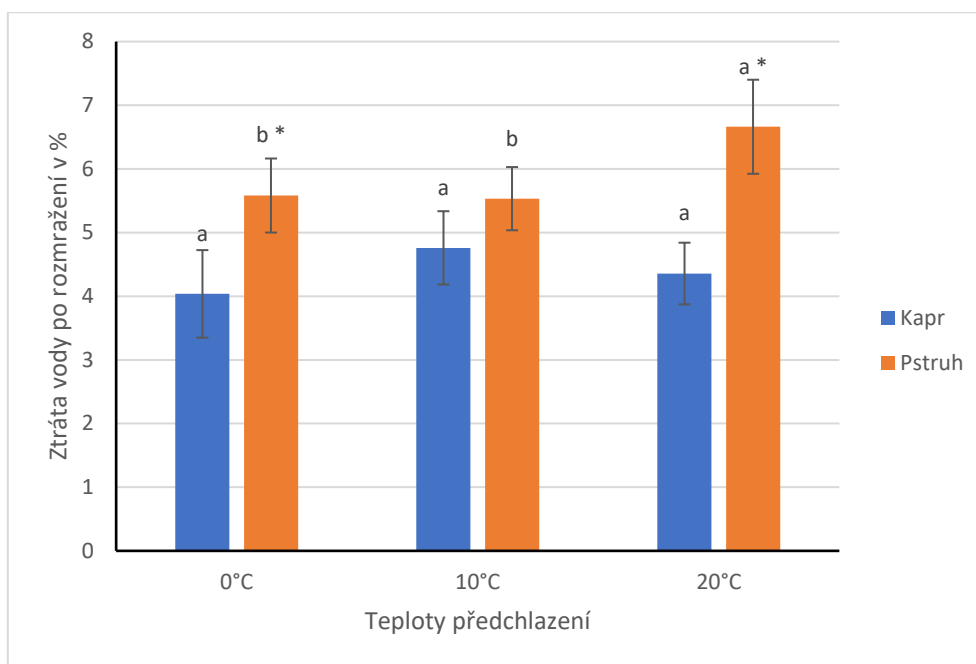
Graf 25. Průměrný obsah glykogenu ve svalovině závislosti na rigorovém stavu ryby před zamražením. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 13$ ;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.8. Předchlazení na různé teploty

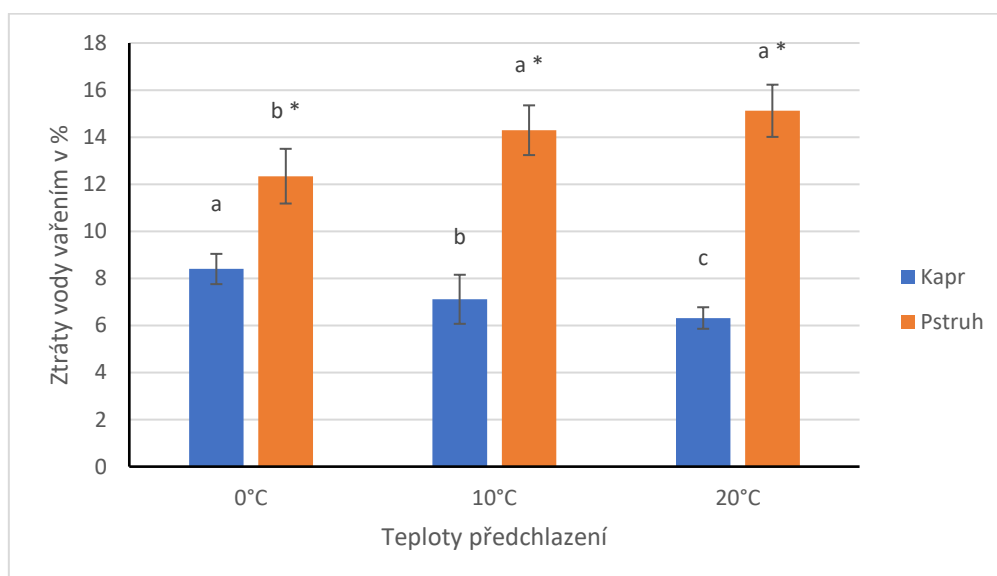
Vstupní teplota svaloviny ryb má vliv nejen na rychlost promrznutí, ale také na ztrátu vody ze svaloviny po rozmrazení. Výrazně vyšší ztráty vody po rozmrazení byly u pstruha v porovnání s kaprem. Dále je patrné, že nejnižší ztráty vody rozmražením byly u ryb předchlazených na 0°C. Nejvyšší ztrátu vody po rozmrazení měli vzorky pstruha duhového předchlazeného na 20°C oproti tomu ztráta vody ze svaloviny kapra obecného byla nejvyšší u vzorků, které byly předchlazené na 10°C (Graf 26). Při tepelné úpravě byla velice rozdílná ztráta vody mezi porovnávanými druhy ryb. U pstruha duhového



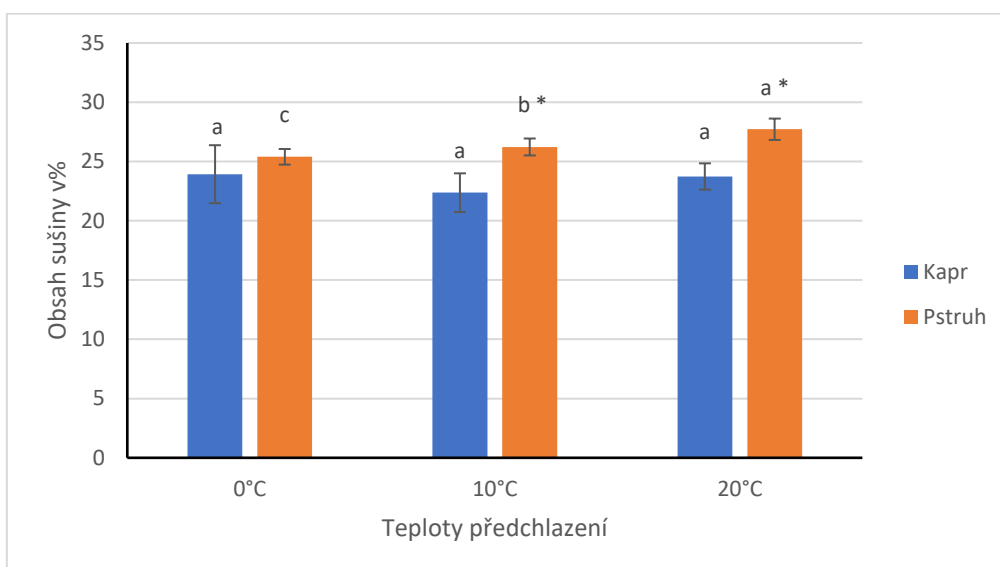
byla nejvyšší ztráta vody u vzorků předchlazených na 20°C a u kapra byla nejvyšší ztráta vody u vzorků předchlazených na 0°C (Graf 27). Obsah sušiny byl také vyšší u vzorků pstruha duhového, kde byl nejvyšší obsah u vzorků předchlazených na 20°C. U vzorků kapra byl nejvyšší obsah sušiny u vzorků, které byly předchlazeny na 0°C (Graf 28). Zajímavostí je, že filetům předchlazeným na 0°C trvalo nejdéle překonat hranici -5°C (Graf 29).



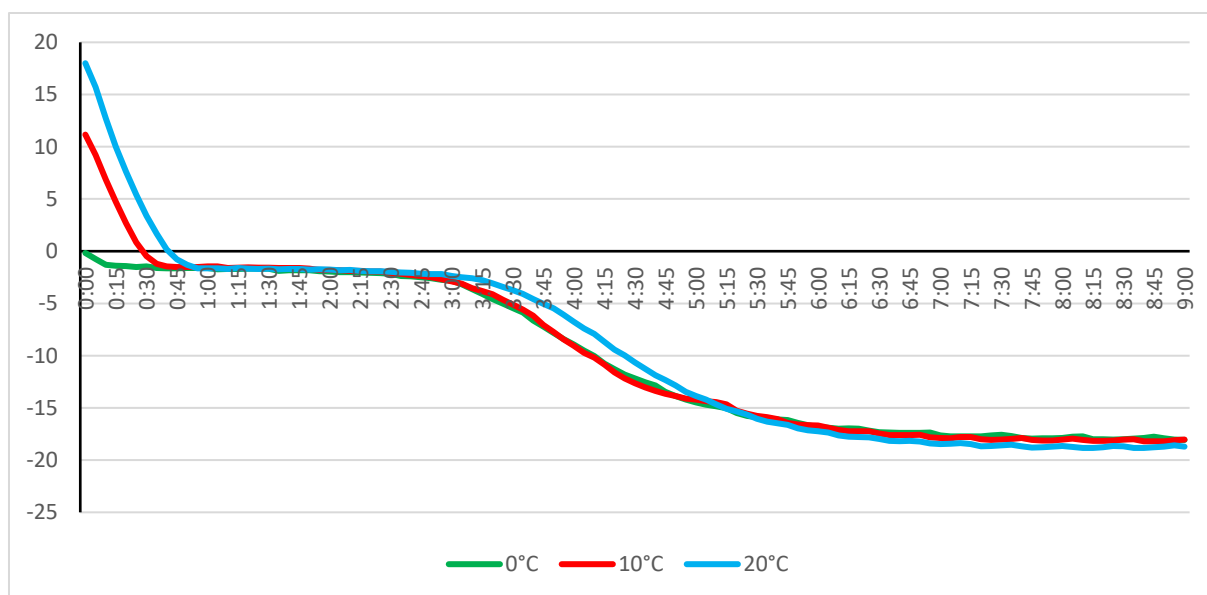
Graf 26. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na teplotě předchlazení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 27. Ztráta vody po teplené úpravě vařením v závislosti na teplotě předchlazení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 28. Průměrný obsah sušiny u vzorků v závislosti na teplotě předchlazení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 29. Teplotní průběh zamražení vzorků kapra na teplotu  $-18^{\circ}\text{C}$  v závislosti na předchlazení.

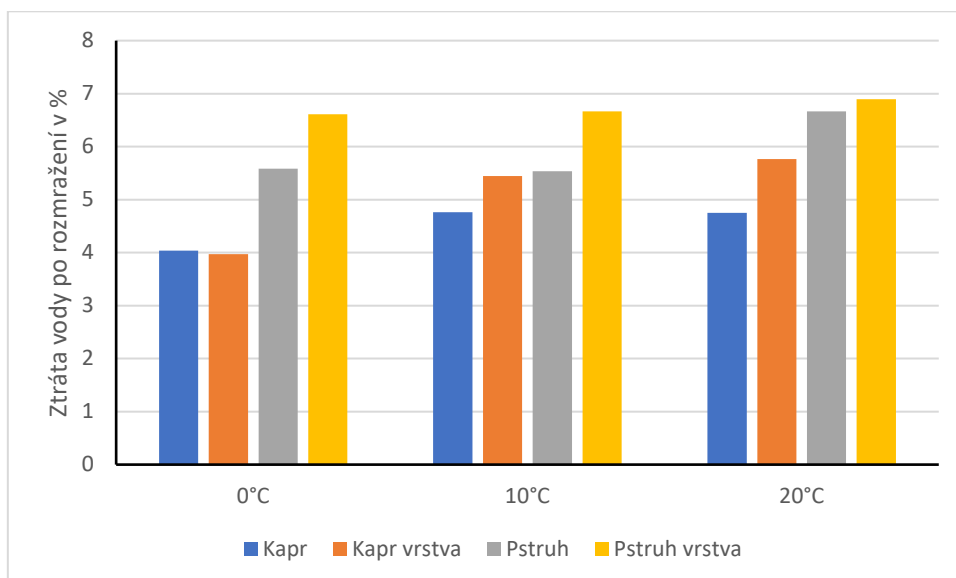
#### 4.1.9. Předchlazení částí filet versus svalovina ve vrstvě

Samostatné filety měly menší ztrátu vody po rozmražení v porovnání se skupinou mraženou ve vrstvě. Výrazně vyšší ztráty vody jsou u pstruha než u kapra (Graf 30). Ztráta vody vařením byla také výrazně vyšší u svaloviny zamražené ve vrstvě. Velmi výrazné rozdíly byly u kapra předchlazeného na  $20^{\circ}\text{C}$  (Graf 31). Při stanovení sušiny nebyly patrné výrazné rozdíly mezi druhy ryb ani mezi způsobem zamražení (Graf 32). V teplotních záznamech promrzání kapří svaloviny byly výrazné rozdíly v rychlosti

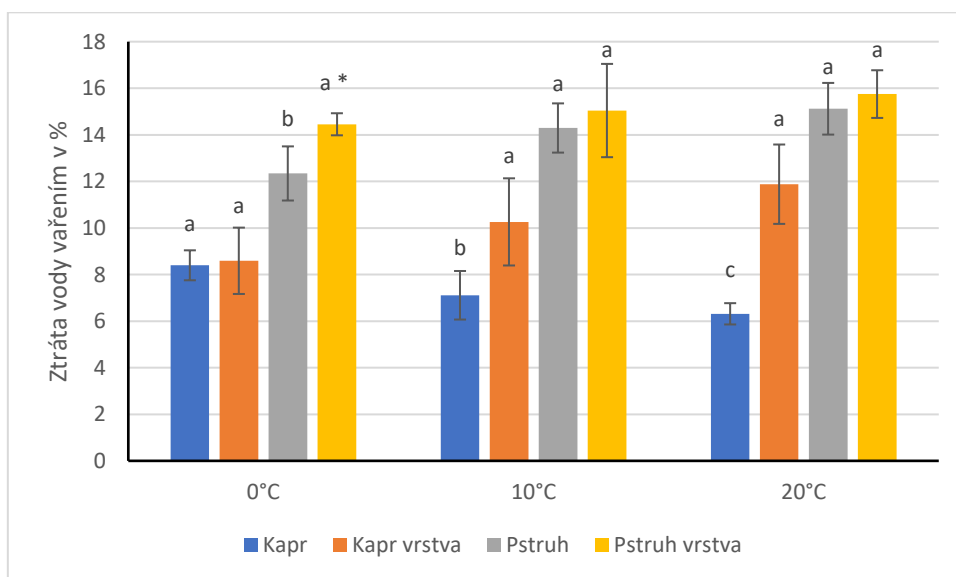




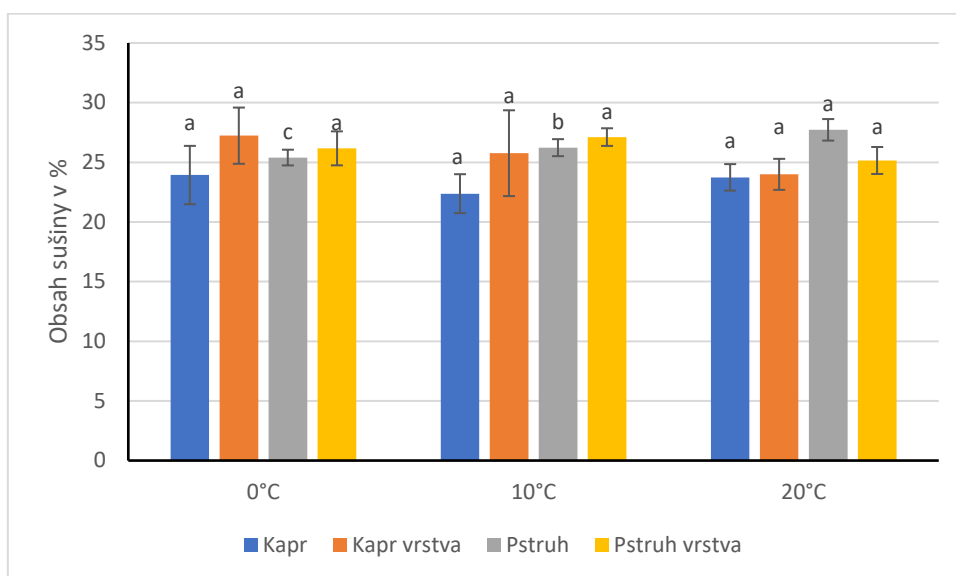
promrznutí. U filet je patrné, že se velmi rychle teploty sjednotily, zatímco u svaloviny ve vrstvě jsou teploty rozdílné po celou dobu, než se teplota ustálila na  $-18^{\circ}\text{C}$  (Graf 33).



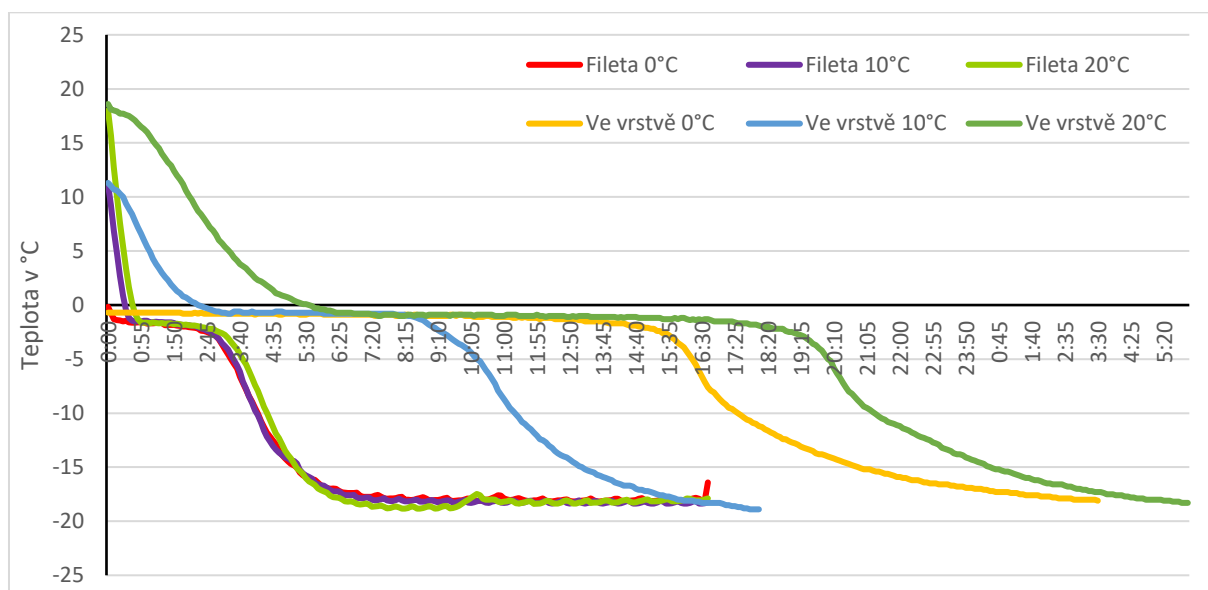
Graf 30. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na způsobu zamražení a druhu ryb.



Graf 31. Ztráta vody vařením v závislosti na způsobu zamražení a druhu ryb. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



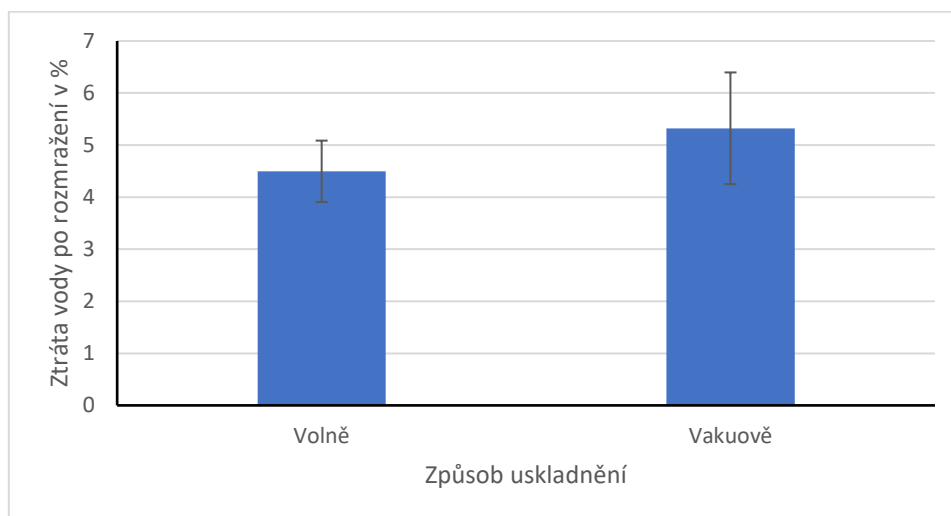
Graf 32. Obsah sušiny v závislosti na způsobu zamražení a druhu ryb. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 8; p<0,05).



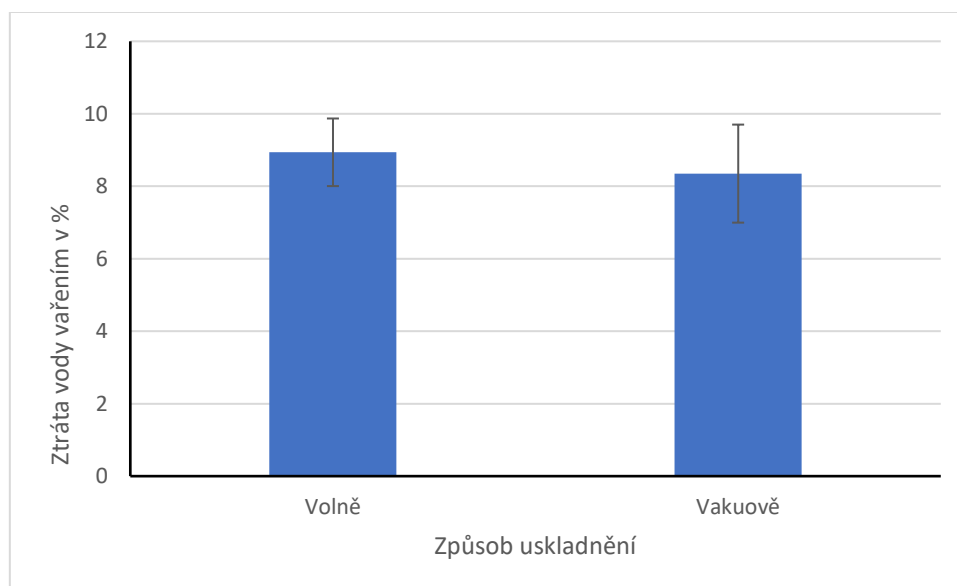
Graf 33. Teplotní záznam promrznutí kapří svaloviny v závislosti na způsobu zamražení.

#### 4.1.10. Vakuové vs nevakuové balení

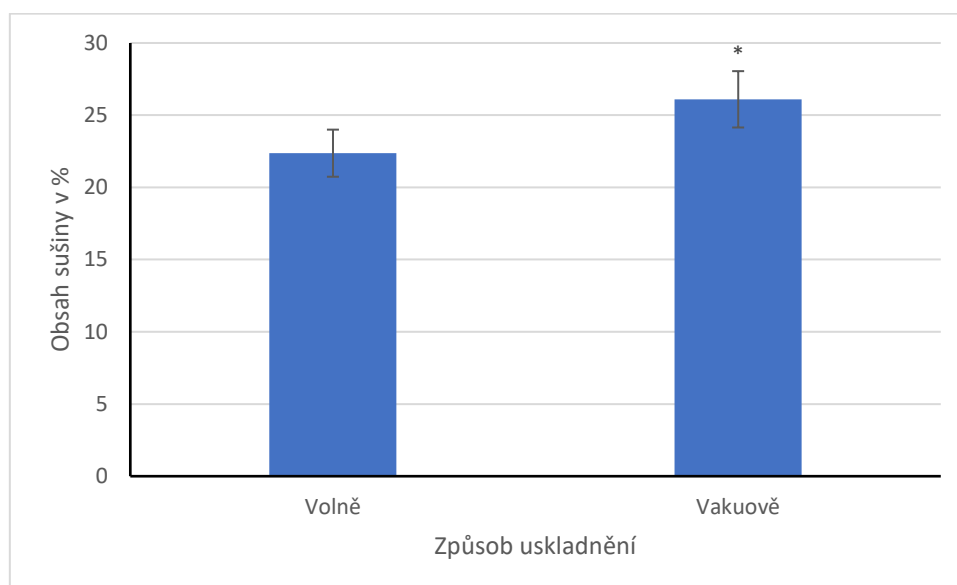
Vakuově balené filety měly vyšší ztráty vody po rozmražení (Graf 34), zatímco ztráta vody po tepelné úpravě (Graf 35) byla vyšší u ryb volně ložených. U obsahu sušiny byl vyšší obsah sušiny zjištěn u vzorků, které byly vakuově zabaleny (Graf 36).



Graf 34. Průměrné ztráty vody rozmražením v závislosti na způsobu uskladnění filet. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



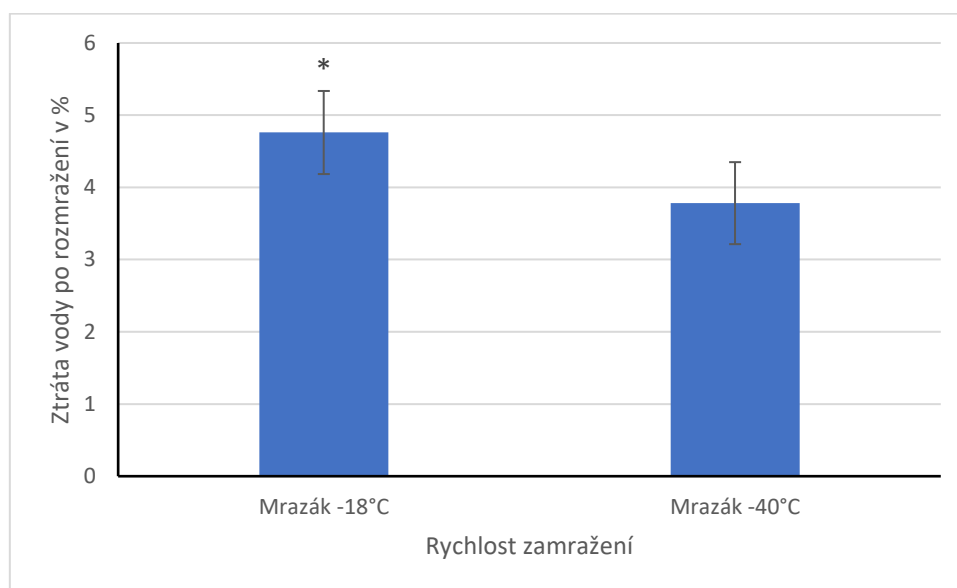
Graf 35. Průměrné ztráty vody po tepelné úpravě v závislosti na způsobu uskladnění filet. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).



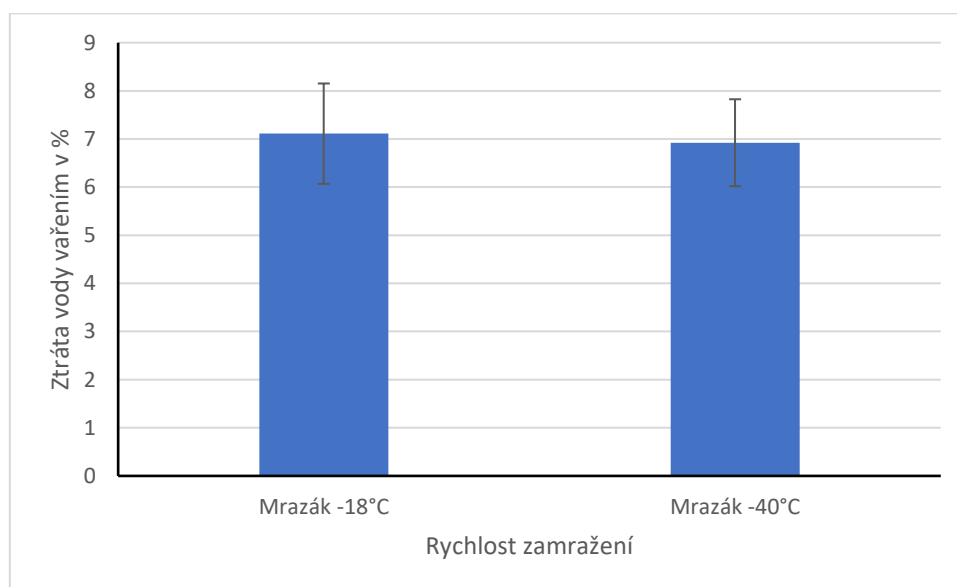
Graf 36. Průměrný obsah sušiny v závislosti na způsobu uskladnění filet. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

#### 4.1.11. Teplota mražení

Teplota mražení měla velký vliv na ztráty vody a kvalitativní parametry. V porovnání, zda je lepší rychlejší promrznutí na  $-40^{\circ}\text{C}$  či pomalejší na  $-18^{\circ}\text{C}$ , vyšlo lépe rychlé zmražení v šokeru na  $-40^{\circ}\text{C}$  (Graf 37). Ovšem po tepelné úpravě byla ztráta vody vyšší u svaloviny, která byla zamrazena na  $-18^{\circ}\text{C}$  (Graf 38). Obsah sušiny byl také vyšší u vzorků, které byly zamrazeny na  $-40^{\circ}\text{C}$  (Graf 39), což koreluje se ztrátou vody po rozmražení z toho důvodu, že při rychlém zmražení nevznikají velké krystaly vody, které by mohly poškodit buňky svaloviny. Z teplotních záznamů promrznutí, je vidět, jak výrazně se zkracuje doba dosažení požadovaného promrznutí (Graf 40) při použití šokové mrazicí komory.

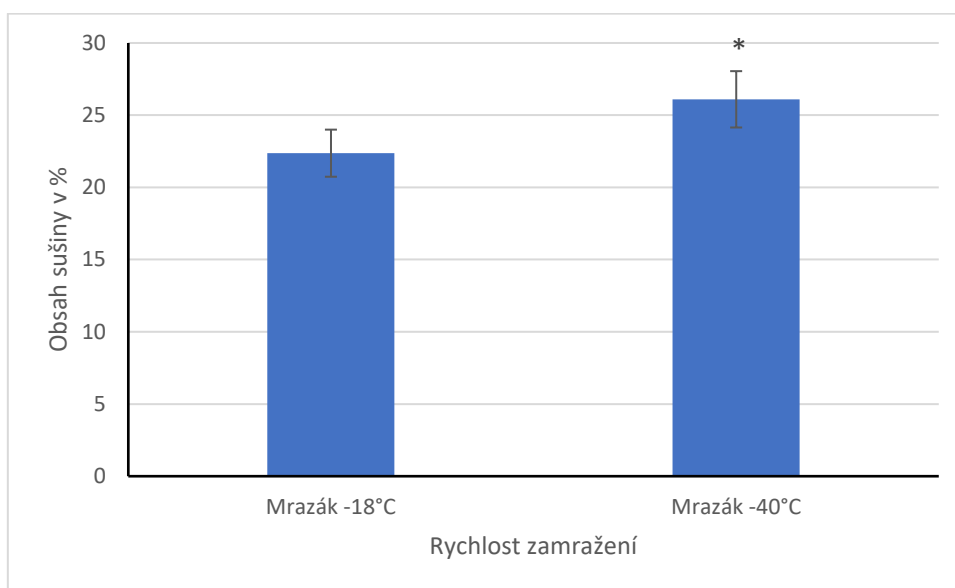


Graf 37. Průměrná ztráta vody rozmražením v závislosti na rychlosti promrznutí. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).

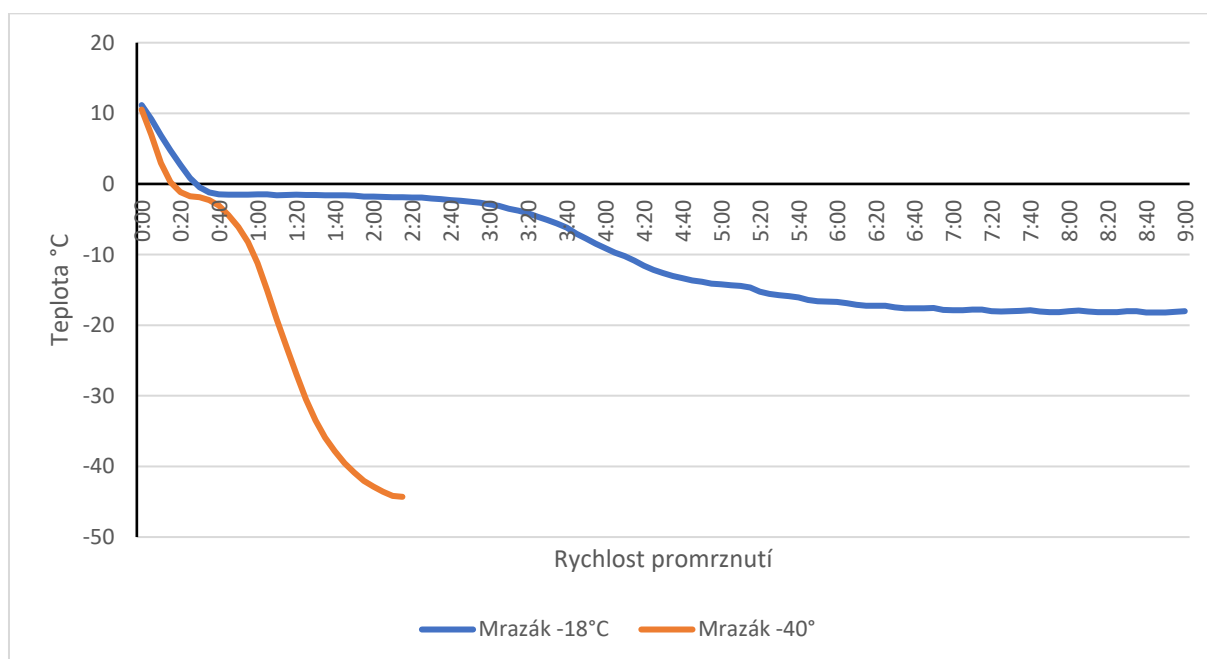


Graf 38. Průměrná ztráta vody tepelnou úpravou v závislosti na rychlosti promrznutí. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 8$ ;  $p < 0,05$ ).





Graf 39. Průměrný obsah sušiny v závislosti na rychlosti promrznutí. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, hvězdička značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 8; p<0,05).



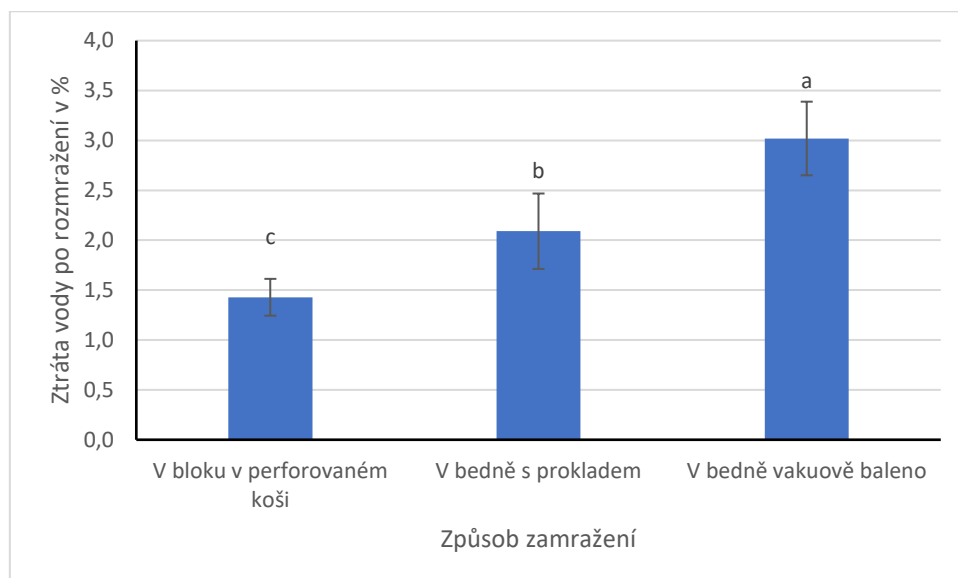
Graf 40. Teplotní záznam průběhu zamražení v závislosti na rychlosti a hloubce zmražení.

#### 4.1.12. Různé způsoby zamražení

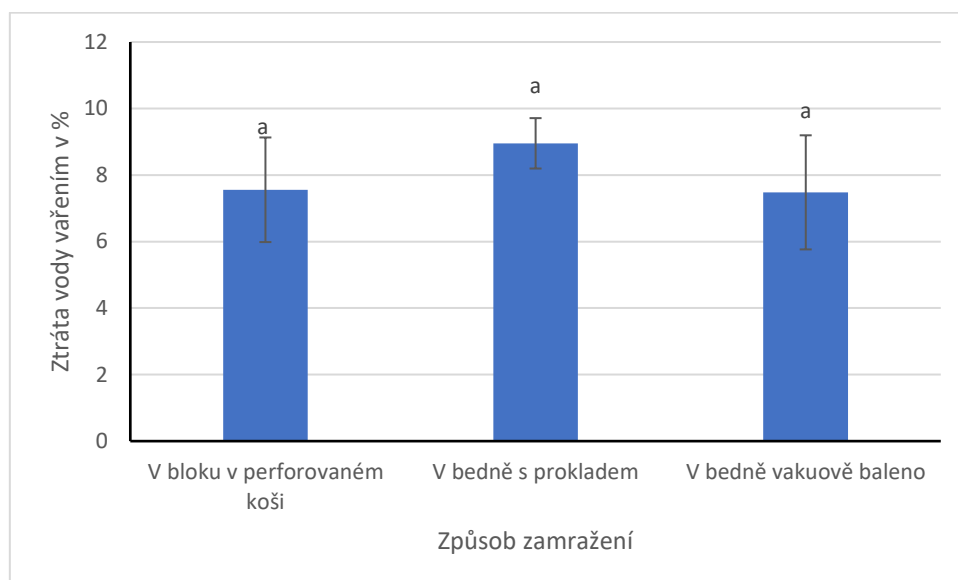
Při různém způsobu zamražení, byly nejvyšší ztráty vody po rozmražení a nejvyšší obsah sušiny u filet, které byly jednotlivě zavakuovány a naskládány do papírové bedny s víkem (Graf 41, Graf 43). Při tepelné úpravě byly nejvyšší ztráty vody u filet, které byly zamrazeny v zavřené papírové bedně s mikrotenovým prokladem (Graf 42). Porovnáním teplotních záznamů je patrné, že překonat hranici -



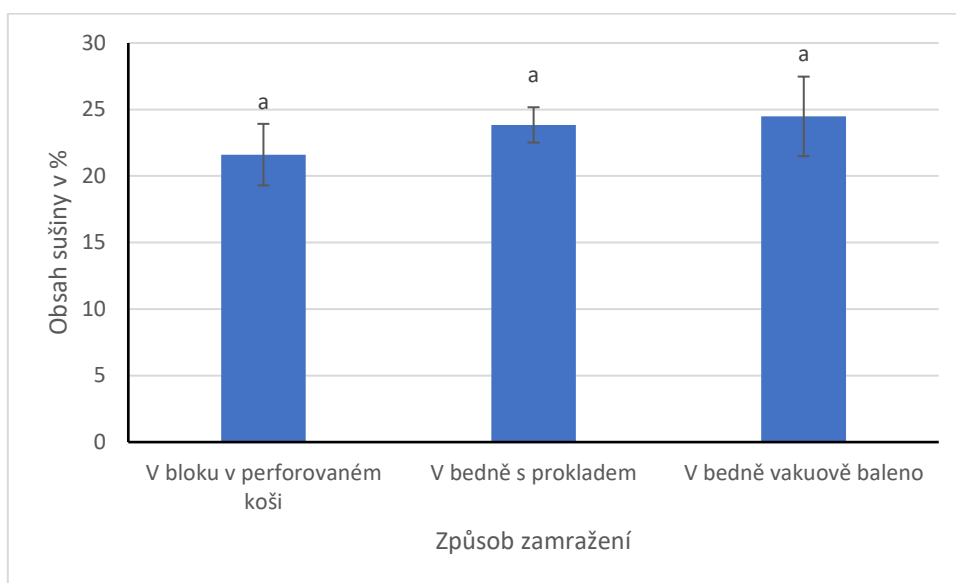
5°C nejdéle trvalo vzorkům, které byly zamrazeny v uzavřené bedně jednotlivě vakuově balené (Graf 44).



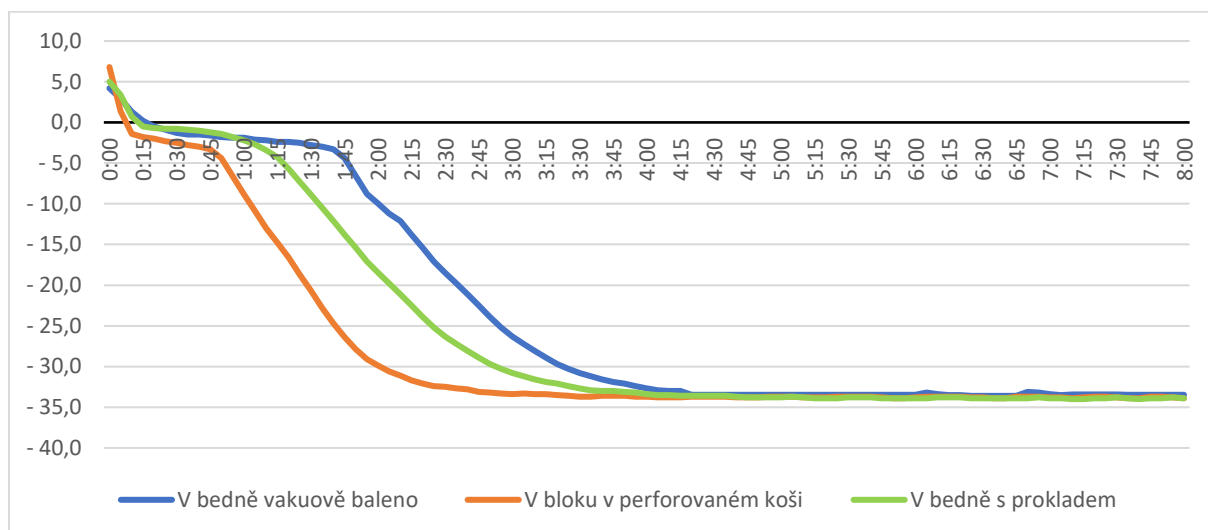
Graf 41. Průměrná ztráta vody po rozmražení v závislosti na způsobu zamražení. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 6; p<0,05).



Graf 42. Průměrná ztráta vody po tepelné úpravě v závislosti na způsobu zamražení. Data jsou průměr ± směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami (n = 6; p<0,05).



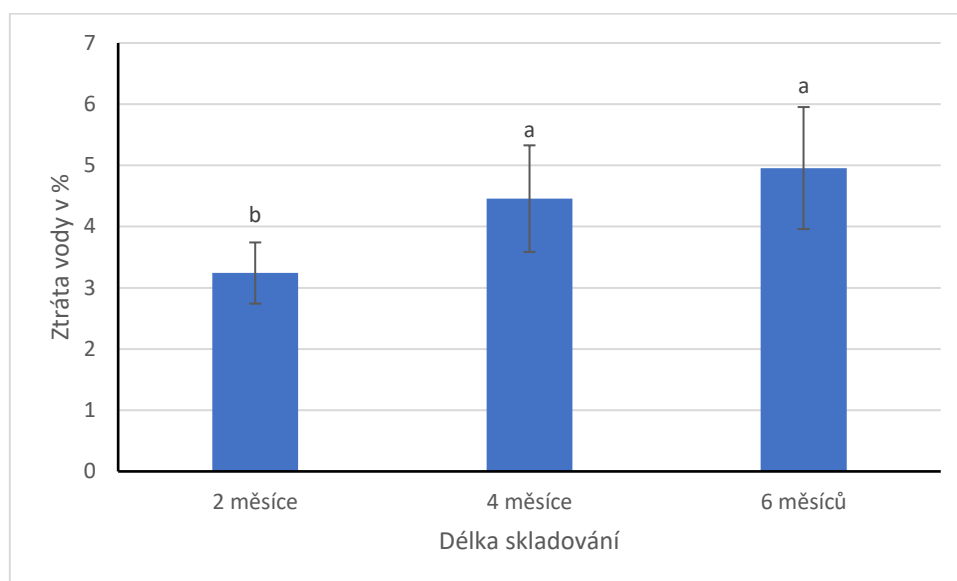
Graf 43. Průměrný obsah sušiny v závislosti na způsobu zamražení. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 6$ ;  $p < 0,05$ ).



Graf 44. Záznam průběhu teplot zmražení na  $-33^{\circ}\text{C}$  v závislosti na způsobu zamražení.

#### 4.1.13. Délka skladování

Délka skladování velmi ovlivňuje ztrátu vody po rozmražení. Největší ztráty vody byly u vzorků, které byly skladovány po dobu 6 měsíců (Graf 45).



Graf 45. Ztráta vody po rozmražení v závislosti na délce skladování. Data jsou průměr  $\pm$  směrodatná odchylka, různé písmeno značí statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami ( $n = 10$ ;  $p < 0,05$ ).

## 5. Vyhodnocení faktorů a navrhované změny

Jednotlivé studie a experimenty prokázaly, že většina studovaných faktorů má významný vliv na ztráty vody po rozmražení rybích výrobků. Ze studovaných faktorů měla největší vliv na ztráty vody po rozmražení sezóna a dostatečné předchlazení ryb šupinkovým ledem před mražením. Se sezónou vzhledem k produkčnímu cyklu kapra, výlovům a letním odlovům není možné nic udělat. Nicméně, dostatečné předchlazení, především v teplém období roku, je poměrně jednoduše realizovatelné a má obrovský vliv na ztráty vody. Welfare a kvalitu masa ryb dále ovlivnila kvalita vody (nasycení vody kyslíkem) při krátkodobém skladování ryb před zpracováním. Pro optimalizaci podmínek na zpracovně doporučujeme upgrade aeračního zařízení v manipulačních nádržích. Další faktor, který výrazně ovlivnil welfare, kvalitu a ztráty vody byl způsob zabíjení. Výsledky naznačují, že elektrická zabíječka používaná na zpracovně není optimální, zvyšuje ztráty vody a snižuje kvalitu výrobků. Doporučujeme zvážit upgrade a pořízení dvoustupňové zabíječky ryb. Zabití ryb se skládá z jejich omráčení a následného vykrvení. Míra vykrvení měla vliv na barvu masa, oxidativní změny v průběhu skladování a ztrátu vody. Čím efektivnější je vykrvení, tím lepší je kvalita masa a menší ztráty vody. Nedoporučuje se vyrábět mražené rybí výrobky z přidušených či málo vykrvených ryb. V rámci zpracování ryb má velký vliv to, kdy jsou ryby filetovány. Lepší kvalitu a menší ztráty vody byly u pre-rigor filet. Vakuové balení zvýšilo ztráty vody stejně jako prořezání filet. Čím rychlejší je proces mražení, tím méně velkých ledových krystalů se ve svalovině vytvoří a dojde tak k menšímu narušení buněk a menším ztrátám vody. Je vhodné tedy ryby mrazit šokerem při co nejnižší teplotě společně s ventilací vzduchu, aby docházelo k rychlému promrznání. Stejně tak je vhodné mrazit filety v co nejmenší vrstvě a bez obalového materiálu a víka kartonového boxu. Rybí výrobky v průběhu mraženého skladování oxidují, což zvyšuje ztráty vody. Při výrobě refresh výrobků z mražených produktů je vhodné, aby se využily co nejčerstvější výrobky a nedocházelo tak k zvýšené ztrátě vody.



Je tedy doporučena optimalizace kombinace testovaných technologických podmínek a postupů tak, aby docházelo k co nejmenšímu stresu ryb před zpracováním a při zabití, k dostatečnému prochlazení ryb před mražením, co nejrychlejšímu zmražení a nejkratšímu skladování.

Co se týká navržení jednotlivých změn, doporučujeme následující:

- 1) Pokud možno ryby nezpracovávat, pokud jsou vysoké teploty vody, které výrazně urychlují rigor mortis a prodlužují promrzání. 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 největší prochlazení ryb po jejich usmrcení na teploty blízké nule pomocí šupinkového ledu.
- 7) Neprořezávat filety před mražením.
- 8) Zajistit co nejrychlejší promrznutí ryb kombinací nízké vrstvy při mražení, nízké teploty a ventilace, používáním co nejmenšího množství obalových materiálů při mražení, které působí jako izolanty a zpomalují proces promrzání.

## 6. Ekonomické hodnocení navržených změn

**1) Vliv sezóny.** Sezóna měla významný vliv na ztráty vody po rozmražení. U nepředchlazených filet byla největší ztráta vody v zimě a v létě. Důvodem velké ztráty vody v létě je pravděpodobně vysoká teplota ryb a delší doba promrzání svaloviny. Důvodem vysoké ztráty vody u ryb v zimě je pravděpodobně to, že jsou po dlouhém sádkování ryby bez dostatečné zásoby tuku a svalovina má velké množství vody. Předchlazení filet šupinkovým ledem nejvýznamněji snížilo ztráty vody u letní ryby a nejméně u ryby zimní. Rozdíl mezi nejlepší a nejhorší skupinou byl 8,17 % což odpovídá finanční ztrátě 13,9 Kč/kg filet bez DPH (při výrobní ceně 170 Kč/kg kapřích filet bez DPH). Sezóna se bohužel vzhledem k cyklu kapra a pravidelnosti výlovů a letních odlovů nedá ovlivnit. Nicméně předchlazení filet pomocí šupinkového ledu mělo velmi významný vliv na snížení ztrát vody, především pak u letní ryby. Potřeba ledu pro dostatečné zchlazení ryb se vypočítá následovně:

### Výpočet potřebného množství ledu:

Teplota ryb z letního odlovu je např. 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:

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

$$2250 \text{ kcal} / 80 \text{ kcal/kg} = 28,125 \text{ kg ledu}$$

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





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 výrobu šupinkového ledu potřebného pro jejich zchlazení výrazně nižší než dosažené přínosy.

**2) Vliv kyslíku ve vodě.** Změna aeračního systému výrazně zlepšila nasycenost vody kyslíkem. Náš experiment neprokázal vliv nasycení vody kyslíkem na ztrátu vody po rozmražení. Nicméně u skupiny s vysokým obsahem kyslíku byla ve svalovině výrazně vyšší hodnota glykogenu ve srovnání se skupinou s nízkým obsahem kyslíku. To ukazuje, že vysoký obsah kyslíku při krátkodobém skladování před zabitím výrazně zlepšuje welfare ryb, ale i jejich kvalitu 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.

**3) Způsob zabití** má na kvalitu a skladovatelnost ryb velký vliv. U skupiny zabitě tupým úderem do hlavy byla nižší ztráta vody po rozmražení (2,69 %) ve srovnání se skupinou zabitou elektrickým proudem (3,42 %). Při výrobní ceně kapřích filet 170 Kč/kg bez DPH tvoří ztráta 0,73 % ztrátu 1,23 Kč/kg bez DPH. U skupiny zabitě tupým úderem byl čtyřikrát vyšší obsah glykogenu ve srovnání se skupinou zabitou elektrickým proudem. To má dopady nejen na welfare ryb při jejich zabíjení, ale i na kvalitativní parametry masa. Bohužel v průmyslových podmínkách není reálné ryby zabíjet individuálně pomocí tupého úderu do hlavy. Nicméně současný systém zabíjení pomocí elektrického proudu na zpracovně 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. Rozdílný způsob omráčení/ zabití

**4) Způsob vykrvení** měl vliv na barvu masa, oxidativní změny i ztráty vody po rozmražení. 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. Ztráta vody u špatně vykrvených ryb byla o 0,5 % vyšší než u ryb dobře vykrvených. To odpovídá finanční ztrátě 0,85 Kč/kg kapřích filet bez DPH. Vzhledem k tomu, že zbytky krve ve svalovině jsou silný pro-oxidant, docházelo by v průběhu skladování ryb k velkým oxidativním změnám, takže by se rozdíl



mezi skupinami s délkou skladování výrazně zvětšoval. Není tedy vhodné udušené ryby či z jiného důvodu špatně vykrvené ryby využívat pro výrobu mražených rybích výrobků.

**5) Vliv druhu ryby** měl velký vliv na ztráty vody po rozmražení. Nejnižší ztráty vody po rozmražení byly u tolstolobika (2,09 %), střední u kapra (3,42 %) a nejvyšší u pstruha (4,95 %). Tento faktor nejde nijak optimalizovat, ale rozdílnou ztrátu vody je potřeba vzít při kalkulaci cen či plánování výroby refresh výrobků ze zmražených produktů z různých druhů ryb v potaz.

**6) Filetace v různých fázích rigoru** měla vliv na ztrátu vody po rozmražení. Filety před rigorem měly nižší ztrátu vody (4,46 %) než filety zmražené po rigoru (5,11 %). Rozdíl ve ztrátě vody 0,65 % odpovídá finanční ztrátě 1,1 Kč/kg filet bez DPH. 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. Filetace v pre rigor fázi sebou nenesou žádné přidané náklady oproti filetaci v dalších dvou fázích. Jedná se tedy pouze o logistický problém.

**7) Vliv prořezání filet** měl velký vliv na ztráty vody po rozmražení. Neprořezané filety měly významně nižší ztráty vody (3,48 %) oproti filetům prořezaným (6,87 %). Rozdíl ztrát mezi skupinami činil 3,4 % a odpovídá finanční ztrátě 5,76 Kč/kg filet bez DPH. Jedná se tak o poměrně velké hmotnostní i finanční ztráty.

**8) Předchlazení na různé teploty** významný vliv na ztráty vody po rozmražení. Nejnižší ztráta vody byla u ryb přechlazených na 0°C a nejvyšší u ryb o teplotě 20°C. Rozdíl mezi těmito skupinami byl u kapra nižší (cca 0,5 %) než u pstruha (cca 1 %). Finanční ztráta nedostatečným prochlazením tak odpovídá 0,85-2 Kč/kg filet bez DPH.

**9) Velikost vrstvy ryb při mražení** měla významný vliv na ztráty vody po rozmražení. U skupin, kde se mrazili jednotlivé filety byla ztráta vody po rozmražení cca o 1 % nižší než u skupin mražených ve vrstvě. Což odpovídá finanční ztrátě 1,7 Kč/kg filet bez DPH. Tato ztráta se zvyšovala u ryb, které nebyly dostatečně předchlazené.

**10) Vakuové balení** mělo negativní vliv na ztráty vody po rozmražení. Filety volně balené měli nižší ztrátu vody (4,5 %) než filety vakuované (5,32 %). Rozdíl ztráty vody mezi skupinami tvořil 0,82 % a odpovídá finanční ztrátě 1,4 Kč/kg filet bez DPH.

**11) Teplota mražení** měla významný vliv na ztráty vody po rozmražení. Skupina filet zmražených v šokeru měla nižší ztráty vody (3,78 %) v porovnání se skupinou mraženou v mrazáku (-18°C), která měla ztrátu vody 4,76 %. Rozdíl mezi skupinami činil 0,98 % a odpovídal finanční ztrátě 1,67 Kč/kg filet bez DPH.

**12) Vliv obalového materiálu.** Obaly používané při mražení v šokeru měly významný vliv na ztráty vody po rozmražení. Nejvyšší ztráty vody byly u ryb individuálně vakuově zabalených a naskládaných do kartonového boxu (3,02 %), zatímco nejnižší ztráta vody byla u skupiny filet rozložených volně v perforovaných koších (1,43 %). Rozdíl mezi skupinami činil 1,59 %, což odpovídá finanční ztrátě 2,7 Kč/kg filet bez DPH. Náklady na vkládání filet do kartonového boxu před zmražením nebo po zmražení



jsou téměř totožné. Jedná se spíše o logistický problém spojený s tím, aby se do boxu vešlo požadované množství ryb.

**13) Vliv délky skladování v mrazu.** Délka skladování mražených výrobků v mrazírenském boxu měla vliv na ztráty vody po rozmražení. Nejvyšší ztráta vody po rozmražení byla u skupiny skladované po dobu 6 měsíců (4,96 %) a nejnižší u skupiny skladované 2 měsíce (3,24 %). Rozdíl mezi skupinami činil 1,72 % což odpovídá finanční ztrátě 2,92 Kč/kg filet bez DPH. Pokud tedy plánuje podnik ze zmražených výrobků refresh výrobky, mělo by jít o výrobky co nejčerstvější, popř. musí počítat při kalkulaci ceny s tím, že s délkou skladování se bude zvyšovat ztráta vody.

## 7. Závěr

V rámci projektu *Optimalizace postupů pro snížení ztrát vnitrobuněčné vody po rozmražení u rybích výrobků* byly testovány faktory a jejich vliv na ztráty vody po rozmražení rybích výrobků. Na základě studia vědecké literatury, zjištění podmínek a postupů používaných na zpracovně ryb a společné diskuse bylo pro testování vybráno 13 následujících faktorů:

1) Vliv sezóny/teploty vody; 2) Vliv kvality (obsahu kyslíku) při krátkodobém skladování ryb před jejich zpracováním; 3) Vliv způsobu zabití; 4) Vliv způsobu vykrvení; 5) Vliv druhu ryby; 6) Vliv doby filetace (před rigorem a po rigoru); 7) Vliv prořezání filet; 8) Vliv předchlazení filet; 9) Vliv velikosti vrstvy ryb; 10) Vliv balení (vakuové x bez vakua); 11) Vliv teploty mražení; 12) Vliv obalového materiálu; 13) Vliv délky skladování v mrazáku. Vycházelo se především ze standardních postupů používaných na zpracovně a navržených vylepšení.

Většina studovaných faktorů měly výrazný vliv na ztráty vody po rozmražení a další kvalitativní parametry. Je tedy doporučena optimalizace kombinace testovaných technologických podmínek a postupů tak, aby docházelo k co nejmenším kvalitativním změnám a k nejnižším ztrátám vody po rozmražení.

Byl vyhodnocen a kvantifikován jejich vliv na ztráty vody po rozmražení a další kvalitativní změny 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 zpracovně ryb Rybářství Chlumec nad Cidlinou, a.s. Optimalizované postupy jsou z pohledu ekonomiky přínosné.

Věříme, že navržené změny spolupracující subjekt firma Rybářství Chlumec 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.