

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4103 Zootechnika

Studijní obor: 4103R007 Zootechnika

Katedra: Katedra zootechnických věd

Vedoucí katedry: prof. Ing. Václav Matoušek, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Možnosti prodloužení kvality („čerstvosti“) rybího masa
a analýza změn při jeho skladování

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jitka Rutkayová, Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. David Klečacký

České Budějovice, 2018

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

Jméno a příjmení: **Bc. David KLEČACKÝ**
Osobní číslo: **Z16307**
Studijní program: **N4103 Zootechnika**
Studijní obor: **Zootechnika**
Název tématu: **Možnosti prodloužení kvality ("čerstvosti") rybího masa a analýza změn při jeho skladování**
Zadávací katedra: **Katedra zootechnických věd**

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

Z ekonomického hlediska je v provozní praxi potřeba zvýšit možnosti udržení a prodloužení čerstvosti rybího masa s ohledem na udržení konkurenceschopnosti. Konkrétně oproti některým sousedním státům je deklarace zajištění čerstvosti některých ryb a rybích výrobků v České republice až o dva dny kratší. Cílem diplomové práce je porovnat různé možnosti skladování rybího masa kapra obecného (*Cyprinus carpio* L.) s ohledem na zachování čerstvosti masa.

V literární části práce se zaměříte na hlavní možnosti skladování ryb a rybích výrobků u nás a jejich rozšíření. Dále soustředíte informace o průběhu skladování a uvedete vlivy působící jak na vlastní čerstvost, tak i na finanční kalkulaci odhadovaných nákladů.

Provedete vlastní pokus na kapřím mase (půlky nebo filety) s různými možnostmi skladování v chladicím zařízení (boxy, lednice, chladicí místnosti) s různými typy ledu, případně i s vakuovanými vzorky.

Získaná data statisticky zpracujete do tabulek a grafů, vyhodnotíte je a ze zjištěných výsledků uvedete vlastní závěr a doporučení do provozní praxe.

Rozsah grafických prací: 10 tabulek, 10 grafů

Rozsah pracovní zprávy: 40 - 50 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

Distell. 2010. Technical Manual Distell Fish Freshness Meter - model Torrymeter. Distell.com, Scotland.

FAO corporate document repository, 2016. Quality and changes in fresh fish: 8. Assessment of fish quality. FAO [online]. [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.fao.org/docrep/V7180E/v7180e09.htm>

Ochrem, A.S, Zapletal, P., Maj, D., Gil, Z., Zychlinska-Buczek, J., 2014. Changes in Physical and Dielectrical Properties of carp meat (*Cyprinus carpio*) during cold storage. Journal of Food Process Engineering. 37(2), 177-184.

Vácha, F., 2015. Biologická hodnota a konkurenceschopnost našich ryb. In: Naše rybářství. ed. Urbánek, M., Rybářské sdružení ČR, nakl. TYP, ISBN 978-80-87699-05-8, s 141-155.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jitka Rutkayová, Ph.D.

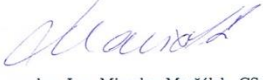
Katedra zootechnických věd

Datum zadání diplomové práce: 10. března 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2018


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvák 1889, 370 05 České Budějovice


doc. Ing. Miroslav Maršálek, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 10. března 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Možnosti prodloužení kvality („čerstvosti“) rybího masa a analýza změn při jeho skladování“ jsem vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č.111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejné přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Podpis:

Bc. David Klečacký

V Českých Budějovicích dne:

Poděkování

Děkuji své vedoucí Ing. Jitce Rutkayové, Ph.D. za odbornou pomoc, ochotu a věnovaný čas při vypracování této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Beneši, Ph.D. a doc. Ing. Jarmile Voříškové, Ph.D. za pomoc během realizace pokusů a také za veškerý čas a ochotu při řešení problémů v průběhu celé práce.

Nemalý dík směřuji své rodině za podporu při studiu a také všem ostatním, kteří mi po dobu studia byli jakkoli nápomocni.

Obsah

1 Úvod	7
2 Literární přehled	8
2.1 Skladování rybího masa.....	8
2.2 Metody skladování rybího masa	9
2.2.1 Chlazení	9
2.2.2 Základní klimatické podmínky v chladiřenství	10
2.2.3 Zchlazení ledem.....	12
2.2.4 Typy ledu	14
2.2.5 Nízkoteplotní chlazení – tzv. superchlazení	15
2.2.6 Mrazení	16
2.3 Změny vybraných kvalitativních ukazatelů masa během skladování.....	18
2.3.1 Textura rybího masa	18
2.3.2 Biogenní aminy	20
2.3.3 Vaznost masa.....	23
2.3.4 pH masa	27
2.3.5 Barva masa	28
2.3.6 Aktivita vody v mase	29
2.3.7 Senzorické hodnocení kvality masa ryb	31
2.3.8 Měření čerstvosti pomocí přístroje Fish Freshness Meter (Distell)	32
2.3.9 Měření tuku pomocí přístroje Fish Fatmeter Distell	33

1 Úvod

Ryby jsou součástí lidského jídelníčku od nepaměti. V dobách, kdy člověk přešel od sběru potravy k lovu, staly se ryby významnou a poměrně snadně dostupnou potravou. Značný obsah cenných látek v jejich těle napomáhal správnému vývoji lidského organismu. Už tenkrát bylo potřeba ryby usmrtit a zbavit vnitřností. Mohlo by se tedy hovořit o počátcích ve zpracování ryb.

V současné době lze bez nadsázky říci, že ryby z čeledi kaprovitých (*Cyprinidae*) jsou nejdůležitější chovanou čeledí kostnatých ryb. Nejvýznamnějším zástupcem této čeledi je bezesporu kapr obecný (*Cyprinus carpio*, L.), který má v České republice již dlouholetou tradici sahající více než 900 let do minulosti. O jeho význačnosti se lze přesvědčit ze statistik Rybářského sdružení ČR, podle kterých kapr zaujímá cca 18 300 tun z celkových 21 000 tun vyprodukovaných tržních ryb. K největší spotřebě kapřího masa dochází v České republice během vánočního období, kdy se kapr dostává na štědrovečerní tabuli mnoha rodin. Snahou rybářů a zpracovatelů ryb je celoročně dodávat na trh produkty co nejvyšší kvality. Samotné udržení co možná nejlepší kvality rybího masa je jedním z primárních cílů zpracovatelských procesů. S rostoucí lidskou populací a pomalu se zvyšující poptávkou po rybím mase je v současné době zapotřebí zvýšit kvalitu intenzivní akvakultury, a to především ve zpracování a následném skladování. Z kulinářského hlediska a následujícího chuťového požitku je nejvhodnější použití čerstvých ryb. V praxi je snaha s ohledem na konzumenta dosáhnout takového způsobu skladování, který udržuje ryby a rybí produkty co nejdéle čerstvé.

Cílem této diplomové práce bylo porovnat různé možnosti skladování rybího masa kapra obecného (*Cyprinus carpio*, L.) se zaměřením na zachování čerstvosti masa. Tato práce má být příspěvkem k objasnění kvalitativních změn odehrávajících se v kapřím mase během uložení na šupinkovém ledu. Pro posouzení bylo využito několika ukazatelů charakterizujících průběh procesu skladování.

2 Literární přehled

2.1 Skladování rybího masa

Svalovina ryb je většinou známá svojí krátkou dobou udržitelnosti ve srovnání se svalovinou suchozemských zvířat. LUCAS a SOUTHGATE (2003) informovali o obecném tvrzení, že nejvyšší jakost rybího masa uloženého v chladném prostředí je pouze do tří až čtyř dnů skladování. Za hlavní příčiny rychlé degradace rybího masa lze uvést jeho složení, aktivitu mikroorganismů, a to především bakterií. Mezi důvody, proč je maso ryb snadno napadnutelné mikroorganismy, patří například:

- Teplota životního prostředí ryb (cca 0 – 40 °C), která umožňuje existenci široké škály druhů bakterií (SAMPELS *et al.*, 2014).
- Minimální kyselost rybí svaloviny v průběhu postmortálních změn (pH u ryb se zpravidla pohybuje nad hodnotou 6), což bakteriím umožňuje přežití (GRAM a DALGAARD, 2002).
- Vysoký obsah nebílkovinného dusíku v rybí svalovině je pro bakterie snadno dostupný růstový substrát.

Jakmile je ryba usmrcena, dochází ke změně podmínek v jejím těle, které předtím udržovaly dynamickou rovnováhu fyziologických dějů. Jedná se o celou řadu postmortálních biochemických procesů, které se podílejí především na degračních přeměnách energetických složek svalů (glykogen a adenosintrifosfát) a stavebních složek svalových tkání (proteiny). Rozkladné autolytické procesy, které jsou katalyzovány několika enzymy, jsou postupně překryty rozkladnými proteolytickými procesy ovlivňovanými mikrobiálními enzymy kontaminující mikroflóry (BYKOWSKI a DUTKIEWICZ, 1996). Oba procesy po počáteční autolýze probíhají paralelně s rozdílnou intenzitou. Tyto reakce jsou ireverzibilní, kdy degradují energetické a stavební složky tělních tkání až na konečné jednoduché produkty (BUCHOTVÁ, 2001).

Jakýmkoli technologickým procesem, jímž je maso rozděleno na menší části, se enormně zvětšuje plocha přicházející do styku s kontaminanty. To umožní rychlejší pomnožování bakterií, které má za následek urychlení autolýzy a proteolýzy. Ať už jsou takovéto výrobky určené k přímé spotřebě či nikoli, nesmí jejich teplota překročit 4 °C (DRDÁK *et al.*, 1996).

V průběhu samotného skladování, což je doba od jejich vzniku do doby zániku jejich užitné hodnoty jako zboží, jsou potraviny vystaveny celé řadě vlivů, mezi které se řadí:

- Klimatické vlivy (teplota, vlhkost vzduchu, sluneční záření),
- Biologické vlivy (mikrobiální činnost),
- Mechanické vlivy (statické a dynamické vlivy),
- Společenské vlivy (neodborná manipulace) (MERTEN, 2002).

2.2 Metody skladování rybího masa

Primárním úkolem před skladováním ryb je provést očištění opracovaných sladkovodních ryb. Tím je docílena základní mikrobiální dekontaminace, ke které došlo při předešlých úkonech. Ryby je potřeba po oprání a okapání co nejrychleji zchladit, popřípadě co nejdříve tepelně upravit (INGR, 2004).

2.2.1 Chlazení

Jedním z nejpoužívanějších způsobů prodloužení skladovatelnosti masa, kterým dosáhneme zpomalení mikrobiálních, fermentativních a chemických pochodů, je zchlazení (MALEŘ, 1994).

VÁCHA a VEJSADA (2013) potvrdili, že teplota nejvíce ovlivňuje jak enzymatickou, tak mikrobiologickou aktivitu. Při teplotním rozsahu od 0 °C do 25 °C je považována mikrobiologická aktivita za důležitější než enzymatická aktivita. Mnoho druhů bakterií omezuje svůj život při teplotách pod 10 °C. U psychrotrofních bakterií byl prokázán zpomalený růst při teplotách blízkých se bodu mrazu. KAPUTE (2011) popsal odpovídající teplotu pro chlazení ryb od -1 °C až po 4 °C, tj. rozmezí, kdy dojde k inhibici nárůstu mikroorganismů. Pro mrazení doporučil teplotu od -18 °C do -30 °C, která zaručí kompletní zastavení růstu bakterií. VÁCHA A BUCHTOVÁ (2005) doplnili vliv teploty i na mykózy, u kterých dochází při poklesu k nízkým teplotám okolního prostředí ke znatelné inhibici.

Je fakt, že zchlazení těla ryb na teploty blízké 0 °C napomáhá udržovat čerstvost, avšak úplně nezabrání mikrobiální kontaminaci či aktivitě trávicích enzymů. Ryby a další akvakulturní produkty, které se nacházejí ve studených vodách, jsou často nositelem bakterií typu *Schewanella putrefaciens*. Její růst je při běžných chladírenských podmínkách omezen na jednu desetinu, přesto může dojít

ke znehodnocení svaloviny rychleji, než u ryb původem z teplých vod (SAMPELS *et al.*, 2014).

Zchlazení ryby by mělo nastat co nejrychleji po usmrcení. Například u mořského kranase malabarského je popsáno značné zkrácení doby údržnosti v závislosti na zpoždění zchlazení. Tudíž zpoždění o 4, 6, 8 a 10 hodin zkrátilo dobu údržnosti z 18 na 14, 10, 6 a 3 dny. V porovnání se pstruhem došlo při zpoždění o 4 a 8 hodin ke zkrácení doby udržitelnosti z 9–11 na 5–7 a 1–3 dny. Je důležité docílit co nejrychlejšího, ale také důkladného zchlazení, jinak dochází k problémům s údržností (SAMPELS *et al.*, 2014). VÁCHA a VEJSADA (2013) doporučují skladovat lososa při uchovávací teplotě 0 °C po dobu 11 dnů. Při teplotě 5 °C doporučená doba poklesla na 8 dnů a při teplotě v chladírenském prostoru 10 °C je doba skladování snížena na 3 dny. VÁCHA *et al.* (2010) zkoumali dobu skladovatelnosti na základě obsahu aminu putrescinu, který se projevil jako vhodný indikátor kvality kapřího masa. Při teplotě 3 °C byl 13. den skladování zaznamenán obsah putrescinu 54,8 mg.kg⁻¹. Dekompoziční proces je dle VÁCHY *et al.* (2010) ohraničen hodnotou 40 mg.kg⁻¹ putrescinu. OCHREM *et al.* (2014) doporučil jako maximální dobu skladování vykuchaných kaprů v chladírenských podmínkách do 8 dní.

2.2.2 Základní klimatické podmínky v chladírenství

K dodržení principu psychroanabiózy (chladírenství) je důležité dodržení určité teploty vzduchu, která je pro prostory chladírny závazně stanovena. VÁCHA a BUCHTOVÁ (2005) tvrdí, že nejvhodnější teplota v chladírnách je max. 4 °C. FERNANDES (2009) však uvedl teplotní rozmezí pro chlazené ryby od 3 °C do 7 °C. MERTEN (2002) doplňuje tvrzení o skutečnost, že by teplota v chladírně zásadně neměla klesnout pod 0 °C. Teploty uvnitř chladících prostor by měly být stálé, i když určitá rozmezí jsou povolena. HALL (2011) je přesvědčen, že teplotní výkyvy během skladování a transportu majoritně ovlivňují kvalitu skladovacího prostředí. Případné zvýšení teploty by mělo za následek aktivaci již zmíněných mikrobiálních a enzymatických systémů (FERNANDES, 2009). U nezabalených produktů může v souvislosti s nízkou hodnotou relativní vlhkosti vzduchu docházet k vysychání, a tím i vzniku senzorických vad na potravině (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005).

Pokud nastane stav, kdy je teplota v chladícím prostoru blízká 0 °C ještě před nástupem posmrtné fáze *rigor mortis*, může se dostavit jev známý jako „chladové zkrácení“. Vlivem chladu dojde ke smrštění svalových vláken a zamezení jejich opětovného natažení, z důvodu omezené funkce enzymů (SAMPELS *et al.*, 2014). Chladovému zkrácení lze zabránit tím, že se potravina chladí takovou rychlostí, aby teplota do doby nástupu *rigor mortis* neklesla pod 10 °C. Další možností je urychlení postmortálních změn působením elektrického proudu, což má za následek brzké vyčerpání zásob glykogenu a ATP (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

Netučné ryby při *rigor mortis* a teplotě 17 °C podléhají, z důvodu silných svalových kontrakcí, zeslabení pojivových tkání a dochází k popraskání svaloviny. Na struktuře svaloviny jsou znatelné ruptury a s tím spojená mezerovitost, což má za následek zhoršený vzhled. V neposlední řadě je znehodnocena schopnost masa vázat vodu (VÁCHA a VEJSADA, 2013).

Mezi další základní klimatické činitele ovlivňující průběh chladírenských procesů patří vlhkost. Vlhkost je úzce spjata s teplotou v chladírenských prostorách. Čím nižší je teplota vzduchu, tím je tlak nasycených vodních par nižší a naopak. Nastane-li moment, kdy je napětí vodních par ve vzduchu vyšší než napětí vodních par na styčné ploše rybiho produktu, přechází vlhkost ze vzduchu do potraviny a naopak (STEINHAUSER *et al.*, 2000). Hodnoty relativní vlhkosti lze v chladírnách regulovat podchlazením vzduchu, který je přiváděn do výparníků chladicího zařízení, kde dojde k vysrážení většího množství vodních par obsažených ve vzduchu. Relativní vlhkost v prostorách chladírny má být udržována v doporučeném rozmezí, a to od 80 až po 85 % (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) připouštějí i relativní vlhkost 90 %, kdy je nízký odpar vody a současně ne příliš vysoká aktivita vody na povrchu masa. MERTEN (2002) v tabulce 1 zachytil vhodnou vlhkost vzduchu odpovídající skladovací teplotě.

Tabulka 1 - Relativní vlhkost v závislosti na skladovací teplotě (MERTEN, 2002).

Skladovací teplota [°C]	Relativní vlhkost vzduchu [%]
0	89 – 90
1	85
2	81
3	78
4	75

Posledním důležitým činitelem ovlivňujícím klima v chladírnách je proudění vzduchu. Jeho účel ve skladovacích prostorách je pouze odvod tepla, které proniká do skladu z vnějšího prostředí. Vedle regulace teploty je proudění využíváno k úpravě vlhkosti v úložných prostorách. Intenzita obratu vzduchu v chladírenských skladech je doporučena 10–15x za hodinu (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005).

Dle MERTENA (2002) je místnost chladírny popsána jako temný bezokenní prostor, izolovaný vůči teplejšímu vnějšímu prostředí a dobře větratelný. Musí umožňovat jednoduchou a rychlou výměnu zboží a být snadno udržovatelné v dobrém hygienickém stavu.

2.2.3 Zchlazení ledem

Proces uchování ryb na přírodním ledu je doložen z dob před třemi tisíci lety původem ze starověké Číny. HUSS (1995) popsal zásadní důvody pro využití ledu k uchování ryb:

- Poklesem teplot k 0 °C je docíleno inhibice rozvoje patogenních mikroorganismů, které mají vliv na rozvoj rozkladných procesů a dále jsou eliminována potravně bezpečnostní rizika. Dalo by se říci, že snížení teploty produktu je nejpodstatnějším využitím ledu při skladování. GRAHAM *et al.* (1993) uvedl, že při uložení rybiho filetu do 10 cm hlubokého boxu a při 2 – 3 cm pokrytí vrstvou ledu dojde ke snížení teploty z 10 °C na 0 °C za cca 24 hodin.
- Táním ledu je zabezpečeno udržení vlhkého povrchu ryb. Tím je zabráněno dehydrataci povrchu těla a s tím spojené snížení ztrát na hmotnosti. Nejlepších výsledků chlazení bylo dosaženo při využití suspenze ledu a vody. Voda má schopnost vést účinněji teplo než vzduch, a tím dochází ke znatelnějšímu přenosu tepla mezi rybou a ledem (BYKOWSKI a DUTKIEWICZ, 1996). Za nevýhodu je považováno vyplavení pigmentu ze žaber a kůže ryb. U filetů může odtávající voda rozpustit a odplavit velké množství živin a rozpustných látek (VÁCHA a VEJSADA, 2013). VÁCHA (2000) poukazuje na důležitost zabezpečení odtoku odtávající vody při uskladnění. Je potřeba zajistit odtok vody bočními otvory v přepravních nádobách stranou mimo spodní přepravní nádoby z důvodu zamezení zvýšení bakteriální zátěže.

- Dle HUSSA (1995) patří mezi další důvody pro využívání ledu jeho výhodnost. Led má několik vlastností, které upřednostňují jeho použití. Je to vlastně přenosná chladicí metoda. Může být skladován, převážen a používán. Výrobní surovina pro led je běžně dostupná. Led je relativně levnou metodou uchování ryb, zvláště v podnicích, kde je led úsporně vyráběn, skladován a používán. Jako poslední výhodu lze zařadit skutečnost, že led je brán jako bezpečná potravní složka. Je-li vyráběn za použití nezávadné pitné vody, nezpůsobuje žádná omezení spotřebitelům ani přeprávcům při zacházení.
- Hlavní důvod pro využití ledu při zchlazování ryb je prodloužení skladovatelnosti čerstvé ryby za pomoci relativně jednoduchého způsobu. Konečným úkolem však není pouze prodloužení doby uchovatelnosti, avšak dosažení bezpečné čerstvé ryby dobré kvality (VÁCHA a VEJSADA, 2013).
- Při porovnání s ostatními metodami chlazení má led výhodné fyzikální vlastnosti:

VÁCHA a VEJSADA (2013) popsali jako význačnou fyzikální vlastnost ledu jeho velkou chladicí kapacitu. Latentní teplo pro tání ledu se pohybuje kolem 80 kcal.kg^{-1} , což vede k názoru, že pro zchlazení 1 kg ryb je zapotřebí relativně malé množství ledu. Schopností hospodařit s menším množstvím ledu je zvýšena efektivita a rentabilita přepravy zchlazených ryb. Jako následné klady lze uvést více místa v přepravním boxu, nižší hmotnost pro zacházení a přepravu, snížení potřeby ledu a méně odtáté vody.

Jako samokontrolního teplotního systému je využíváno odtávání ledu. Při tání ledu dochází ke změně pevného skupenství vody na tekuté, kdy mezníkem pro tento jev je teplota $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Jedná se o výhodnou vlastnost, bez níž by bylo těžké dodat rybí produkt vyrovnané kvality na trh. Odtátý led zajišťuje udržení žádoucí teploty kolem celého povrchu rybiho těla (HUSS, 1995).

Svalovina ryb začíná mrznout v rozsahu kolem $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Samotný bod mrznutí je závislý na koncentraci látek rozpuštěných v tkáňových roztocích. Pro příklad u tresky obecné a skvrnitě dochází k mrznutí v rozsahu od $-0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ do $-1 \text{ }^\circ\text{C}$, u sledě až při $-1,4 \text{ }^\circ\text{C}$ (VÁCHA, 2000).

2.2.4 Typy ledu

K chlazení ryb je nejčastěji používán šupinkový led, který zamezuje mechanickému poškození rybí pokožky. Jedná se o uměle vyrobený led z vody, která musí všemi svými vlastnostmi vyhovovat požadavkům na pitnou vodu (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Led je vyráběn ve výrobnících. Během posledních let bylo používáno mnoho typů ledu lišících se kapacitou výroby, svojí formou a tvarem. Pro distribuci ryb jsou nejrozšířenější vločky, šupinky, plátky, kostky, drcený led a duté válečky (VÁCHA, 2000). HUSS (1995) poznamenal, že rozdíl v obsahu solí a tvrdostí mezi ledem vyrobeným ze sladké vody a ledem vyrobeným z destilované vody, nemá žádný praktický vliv na kvalitu skladování.

Kromě nejčastěji aplikovaného šupinkového ledu jsou ve světě využívány alternativní a mnohdy účinnější metody chlazení čerstvých ryb. Mezi ně lze zařadit technologie RSW, tzv. chlazená mořská voda. Jedná se o způsob hojně využívaný při mořském rybolovu, kdy je docíleno úspory času a prostoru, tudíž je ekonomicky výhodnější. Jiným způsobem je použití tzv. ledové kaše, také známé jako tekutý led. Toto chladicí médium je charakteristické tím, že dosažení teplot okolo 0 °C je velmi rychlé, díky vyšší výměnné tepelné kapacitě ryb (SAMPELS *et al.*, 2014).

Při využití různých tvarů ledu je potřeba si uvědomit, že stejný objem dvou různých typů ledu nebude mít stejnou chladicí schopnost. Uváděno je, že objem ledu na jednotku hmotnosti bývá až 2x větší než objem vody (HUSS, 1995). Stejnou problematikou se zabýval i VÁCHA a VEJSADA (2013). Podle nich lze obecně říci, že ledové vločky umožňují snazší, stejnoměrné a jemné rozmístění ledu v okolí ryby. Na druhé straně ledové vločky zabírají značný prostor a při zvlhnutí se znatelněji snižuje chladicí kapacita než u ostatních typů ledu, dáno větším povrchem na jednotku hmotnosti. U drceného ledu uvádí HUSS (1995) zvýšené riziko vzniklé velkými a ostrými kousky, které mohou mechanicky poškozovat rybu.

MERTEN (2002) popsal odzkoušené použití šupinkového ledu při skladování. Dle jeho názoru sníží teplotu na 5 °C za 3,3 hodiny aplikace 25 % ledu z hmotnosti skladované suroviny. Při použití 50 % ledu je teplota snížena na 1 °C za 6 hodin a při uskladnění se 75 % ledu klesne teplota k 1 °C za 2,25 hodiny.

2.2.5 Nízkoteplotní chlazení – tzv. superchlazení

Pojmem nízkoteplotní chlazení je vystihnuto skladování ryb při teplotách mezi 0 °C až –4 °C. Někdy lze stejný proces naléznout pod označením superchlazení či parciální zamražení. V akvakultuře je tato metoda využívána jako jedna z možností podstatně prodloužit dobu skladování ryb a různých měkkýšů (VÁCHA, 2000).

Stěžejní podstatou technologie je nástřik předchlazené vody na povrch rybího těla a vytvoření tenké vrstvičky ledu, díky které dochází k zabránění volného styku těla ryby s vnějším prostředím. Vzniklá vrstva ledu na povrchu těla má význam i jako obal chránící před vysycháním a oxidací (VÁCHA a VEJSADA, 2013). SAMPELS *et al.* (2014) ve své knize popsali vliv nízkoteplotního chlazení v kombinaci s dalšími faktory na údržnost lososa obecného. Když je technika superchlazení spojena se zabalením do ochranné atmosféry a potravina udržována při –2 °C, doba skladovatelnosti filet je prodloužena na 24 dní. Filety uložené bez ochranné atmosféry a pouze nízkoteplotně zchlazené jsou udržitelné do 21 dní. Nejkratší doba skladnosti byla prokázána u lososích filetů, které byly zchlazené na teplotu 4 °C běžně využívanou v chladírenských podmínkách. Takto uložené maso je udržitelné po 7 dní (SAMPELS *et al.*, 2014). HUSS (1988) popisuje prodloužení skladovatelnosti masa v závislosti na druhu zpracované ryby při nízkoteplotním zchlazení na dobu 4–5 týdnů.

VÁCHA (2000) poukázal na výhody této metody v porovnání se skladováním ryb v ledu. Tento způsob umožňuje rychlejší zchlazení surovin, zamezení přístupu kyslíku a snížení tlaku ledu na svalovinu a v neposlední řadě prokazatelné úspory pracovní síly.

Jako nevýhodu je potřeba poznamenat možnost ovlivnění sensorické hodnoty, které je markantnější spíše u mořských ryb. Mezi další negativní efekty způsobené superchlazením lze zařadit ztrátu vody, ovlivnění vzhledu a textury masa kvůli tvorbě velkých krystalů ledu. Mimo jiné je zde i možnost vzniku denaturace proteinů (VÁCHA a VEJSADA, 2013). SAMPELS *et al.* (2014) doplňují tyto negativa o možnost oxidace lipidů po částečném zmrznutí rybí svaloviny. I přes fakt, že metoda nízkoteplotního zchlazování má některé negativní vlivy na sensorické parametry, bude patrně vhodnější než jiné technologie.

2.2.6 Mrazení

Zmrazování je způsob konzervace masa řazený mezi nejvýhodnější metody pro docílení dlouhodobého uchování masa a ostatních potravin (INGR, 2003). Chlazení masa je bráno jako zákrok prodlužující jeho údržnost řádově o dny, kdežto mrazení je řazeno k metodám konzervačním, které umožňují skladování ryb až na několik měsíců. Při mrazírenském skladování by nemělo docházet ke zbytečnému prodlužování doby skladování, jelikož lipidy obsažené v mase jsou náchylné k oxidačnímu žluknutí (INGR, 2004). Jako možnost zamezit žluknutí lipidů, uvedl KAPUTE (2011) vakuování nebo jiné uložení zabraňující přístupu vzduchu. Jak plyne z předešlého výkladu, značný vliv na kvalitu zmrazených ryb má obsah tuku v závislosti na druhu i jedinci. CONELL (1990) popsal vliv obsahu tuku na udržení dobré kvality masa v závislosti na teplotě uložení. U málo tučných ryb skladovaných při $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ je vyhovující kvalita zachována do 4–8 měsíců, při uchování v $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až 8–24 měsíců. Naopak ryby bohatší na obsah tuku si udrží dostatečnou kvalitu při uložení v $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ pouze 3–4 měsíce a v prostorách s $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ maximálně 6 až 12 měsíců. Podle PIGOTTA (1998) může právě mrazení (oproti jiným zpracovatelským metodám používaných k uchování ryb) zachovat nejen technologickou kvalitu, ale i nutriční vlastnosti a chuť čerstvých ryb.

K negativním vlastnostem mrazení uvedl SAMPELS *et al.* (2014) možnost negativního ovlivnění struktury a chemických vlastností svaloviny (např. zvýšení výskytu volných mastných kyselin). Potraviny lze chránit před působením mikroorganismů zmrazením na úroveň -18 až $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dojde k omezení aktivity mikroorganismů a enzymů v mase (MERTEN, 2002). Americká organizace US FDA stanovila režim uskladnění, při kterém dochází k usmrcení parazitů. Dle jejich názoru dojde ke zlikvidování parazitů za působení teploty $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, které je potravina vystavena během zmrazování i následného skladování po dobu min. 15 hodin (HALL, 2011). INGR (2003) hovoří o hranici $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, kdy dojde k omezení aktivity enzymů. Je-li ryba skladována při -20 až $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, hovoří o úplném zastavení aktivity.

VÁCHA a BUCHTOVÁ (2005) rozdělili proces zmrazení na tři základní etapy:

- Etapa zchlazování potravin až k dosažení bodu mrznutí,
- Etapa přechodu zóny maximálního tvoření krystalů,
- Etapa domrazení a teplotního ustálení (srovnání teploty potraviny a okolního prostředí).

Bodu mrznutí je dosaženo, jakmile teplota klesne k hodnotám, kdy se začne voda obsažená v surovině měnit na led. V rybí svalovině je voda obsažena z 60–80 %, a to v závislosti na druhu a sezóně. Tkáňová tekutina obsahuje soli a jiné sloučeniny. Proto sval zmrzne poněkud jiným způsobem než voda (NICHOLSON, 1973). Teplota, při níž nastane bod mrznutí, je u všech potravin různá. Kolísá v závislosti na obsahu rozpuštěných organických a anorganických látek (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001). INGR (2004) uvedl teplotní rozmezí $-0,5$ až $-2,5$ °C, za kterého dojde v mase k přeměně vody v led. Dle VÁCHY a BUCHTOVÉ (2005) dochází k tomuto procesu od $-1,5$ °C až $-1,8$ °C, kdy při $-2,5$ °C je vymrzáno přes 63 % vody.

Doba, kdy probíhá přeměna většiny vody na led, je podle BYKOWSKIHO a DUTKIEWICZYHO (1996) označována jako pásmo maximální tvorby ledových krystalů. U většiny potravin je připisována k teplotám od -2 až po -7 °C (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Nepříznivé účinky vzniklých krystalů lze popsat jako mechanické poškození buněčných tkání. Mechanické poškození je tím vyšší, čím větší krystaly vznikají. Je potřeba brát v potaz fakt, že na velikost krystalů má vliv proces jejich tvorby. Když nárůst krystalů probíhá pomaleji, vzniknou velké krystaly. Zmrazuje-li se velmi rychle, vytváří se velký počet malých krystalků, které nepoškozují tolik tkáň a při pomalém rozmrazování neodtéká značné množství vody (PIGOTT, 1998). GARTHWAITE (1986) souhlasil s vlivem rychlosti zmrazení na rybí maso a připouští i možnost ovlivnění textury u finálního produktu.

Důležitým okamžikem při zmrazování je fáze *rigor mortis*. Nesmí být dopuštěno zmrazení v této fázi, protože by došlo k značnému vymrznutí vody v mezibuněčných prostorech, jelikož je při *rigor mortis* minimální vaznost (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001). VÁCHA a VEJSADA (2013) však připouštějí zmrazení celé ryby či filetu ve stavu před nástupem *rigor mortis*. Podle nich i takto provedený způsob uchování podává dobrý výsledek, kdy větší důraz kladou na vliv pomalého rozmrazení za nízkých teplot. MERTEN (2002) doporučuje, aby ke zmrazení došlo nejdéle 16 hodin po zpracování ryby.

Procesu zmrazení je docíleno pomocí několika systémů, mezi které jsou řazeny: tlakové, kryogenní, kapalinové, deskové a vzduchové způsoby zmrazení. Při deskovém zmrazení dochází k přímému styku produktu s mrazícím povrchem. V těchto systémech je obecně využívána teplota -40 °C. Vzduchový způsob představuje nejjednodušší systém. Zmrazovaná surovina je umístěná v místnosti či tunelu, kde dochází k proudění ledového vzduchu. U kapalinových systémů

je důležité, aby zmrazované produkty byly neprodyšně uzavřeny. Zmrazení je docíleno ponořením do kapalného mrazícího média nebo je toto médium na surovinu nanášeno nástřikem (SAMPELS *et al.*, 2014). Kryogenní způsob zmrazení je vesměs stejný, rozdíl je pouze v použitém mrazícím médiu. Využíváno je kapalného dusíku nebo jeho par, kdy může být surovina zmrazena třemi způsoby. První metoda je postavena na aplikaci média nástřikem, dále vystavení produktu parám zmrazovacího média a třetí možností, jak zmrazit pomocí kryogeneze, je ponoření do kapalného dusíku (HUNG a KIM, 1996).

Kvalita masa u sladkovodních ryb, které jsou skladovány do třech týdnů ve zmrzlém stavu, se příliš nemění. Postupem času začíná zmrazené maso ztrácet na kvalitě a z tohoto důvodu se obecně doporučuje uchovávat zmrazené filety či rybí porce nejdéle tři měsíce (ŠILHAVÝ a URBÁNEK, 2012).

2.3 Změny vybraných kvalitativních ukazatelů masa během skladování

2.3.1 Textura rybího masa

Samotná definice pojmu textura masa je obtížná a pro různá průmyslová odvětví charakteristická. Posouzení textury je důležitým ukazatelem u čerstvých i různě konzervovaných ryb (BØRRESEN, 2008). Mnoho autorů se pokoušelo o její definici. Jedním z nich, který se pokusil o definici, byl i FOEGEDING (2003). Vysvětlil ji jako parametr, který zahrnuje reologické a strukturní vlastnosti produktu vnímané mechanickými, taktilními (hmatovými) a případně zrakovými a sluchovými receptory. INGR (2003) popsal význam texturních vlastností masa hlavně pro sensorické hodnocení a pro jeho technologické zpracování. Zajímavý je význam měření textury dle BOURNA (2002), který tvrdí, že textura potravin je pro člověka důležitá kvůli pocitu uspokojení ze žvýkání.

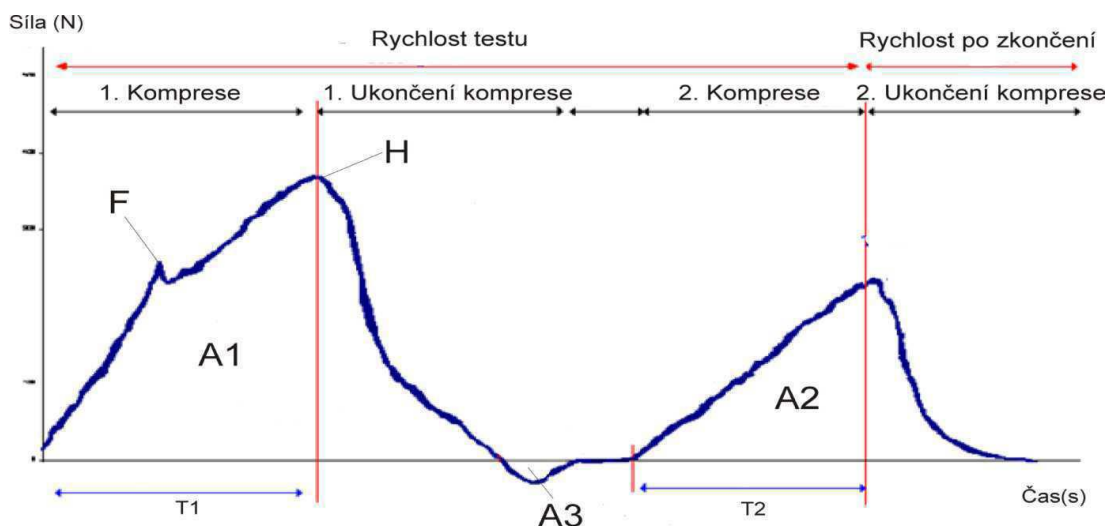
Textura rybího masa je v porovnání se svalovinou teplokrevných živočichů rozdílná. Příčinou je nižší obsah pojivových tkání tvořících podpůrnou síť svaloviny ryb. U homoiotermních živočichů se pohybuje obsah kolagenních látek okolo 23 %, ryby obsahují méně jak 3 %. Diference v textuře masa je uváděna mezi jednotlivými druhy ryb. Navíc dochází k určité variabilitě i v jednotlivých partiích rybího masa (SAMPLES *et al.*, 2014).

Textura ryb je ovlivněna množstvím biologických podmínek. Jako důležité uvedl LUCAS a SOUTHGATE (2003) hladinu glykogenu v rybí mase a pufrovací

schopnost svaloviny, které ovlivňují texturu v rámci konkrétního druhu. SAMPELS *et al.* (2014) připouští určité rozdíly i v rámci jednoho druhu, přičemž difference existuje při různé technologii chovu nebo v následném zpracování a skladování. Další podmínkou ovlivňující texturu je složení krmiva. Obsah tuku ve svalovině má také vliv na texturu. U ryb s nízkým obsahem tuku (candát) je pozorována vláknitější a sušší textura (SAMPELS *et al.*, 2014).

Z mnoha vlastností potravin byla textuře věnována malá pozornost. V dnešní době lze zaznamenat vzrůstající tendenci v analýzách zaměřených právě na strukturu potravin. Pro hodnocení textury je potřeba vycházet z několika fyzikálních vjemů společně tvořících „profil textury“. Mezi mechanické vlastnosti textury lze podle BOURNA (2002) zařadit tuhost, soudržnost, viskozitu, pružnost a přilnavost.

Dle KIMA *et al.* (2009) jsou možné dvě varianty měření texturních vlastností. První metodou je senzorní hodnocení, které je závislé na zkušenosti hodnotitelů, je zdlouhavé a finančně náročné. Dnes je snaha o jeho nahrazení moderními instrumentálními způsoby hodnocení textury. Metoda analýzy profilu textury (TPA) se nejlépe shoduje se senzorním hodnocením (AROCHA a TOLEDO, 1982). Touto metodou lze získat širokou škálu texturních vlastností. Přístroj používaný k měření profilu textury je texturometr TA.XTPlus. Tímto přístrojem je možno analyzovat tuhost, pružnost, soudržnost a elasticitu (VÁCHA a VEJSADA, 2013). Principem měření je kontinuální zaznamenávání síly, dráhy a času při současné deformaci vzorku v tahu nebo tlaku. Průběh měření je zapisován pomocí počítačového programu ve formě deformační křivky zachycené na obrázku 1, kde křehkost je vyobrazena jako F, tvrdost jako H, soudržnost je vyjádřena jako podíl mezi silou druhého stlačení a prvního stlačení (A_2/A_1). Elasticita je podílem jednotlivých časů měření při konkrétních cyklech (T_2/T_1). Program dovoluje statisticky vyhodnotit výsledky, matematické výpočty či ukládání záznamů, což umožňuje sledovat posuzovaný materiál po variabilní časový úsek (CEPÁK *et al.*, 2009).



Obrázek 1 - Výsledná křivka TPA (CEPÁK *et al.*, 2009).

TAYLOR *et al.* (2002) se věnoval vlivu zchlazení během skladování na změnu struktury a textury svalových vláken lososa obecného. Textura byla posuzována pomocí metody měření síly ve stříhu a naměřené hodnoty vzájemně souhlasily se strukturálními změnami. Již po prvních 24 hodinách bylo prokázáno významné zhoršení textury a také uvolnění svalových vláken.

2.3.2 Biogenní aminy

Pod biogenními aminy je potřeba si představit skupinu aminů, které se vyznačují citelnými farmakologickými a fyziologickými účinky. Jako příklad lze uvést některé hormony, koenzym A, vitamíny, neurotransmitery atd. (VYLETĚLOVÁ, 2008). Jde o nízkomolekulární organické dusíkaté báze vyskytující se jako běžná součást mnoha druhů potravin. Pro člověka jsou biogenní aminy v krmivech a potravinách nežádoucí, jelikož se objevují jako zplodiny po konečném rozkladu bílkovin (KŘÍŽEK a KALÁČ, 1998). SAMPELS *et al.* (2014) ve své práci doplňuje tento výklad o skutečnost, že biogenní aminy jsou popisovány jako nízkomolekulární alifatické (diaminy, polyaminy), aromatické nebo heterocyklické organické látky.

Vznik biogenních aminů je iniciován v buňkách při dekarboxylaci aminokyselin (děj, při kterém je odbourávána karboxylová skupina – COOH a tvořen oxid uhličitý), který je způsoben celou řadou enzymů (VYLETĚLOVÁ, 2008). SANTOS (1996) uvedl další způsoby vzniku biogenních aminů, a to aminaci a transaminaci aldehydů a ketonů.

Důležité předpoklady pro tvorbu biogenních aminů mikroorganismy jsou:

- Dostatečné množství mikroorganismů s dekarboxylační aktivitou,
- Dostupné volné aminokyseliny,
- Vhodné podmínky pro tvorbu bakterií, biosyntézu dekarboxyláz a jejich aktivitu.

K nejvýznamnějším faktorům ovlivňujícím aktivitu mikrobiálních dekarboxylačních enzymů je dostupnost substrátu. Nejenom množství volných aminokyselin, ale i obsah využitelných sacharidů se podílejí na rozsahu biogenních aminů. Optimální podmínky pro syntézu enzymů jsou při rozmezí 0,5–3,0 % glukózy v substrátu. Naopak při 3,0% obsahu glukózy již dochází k inhibici enzymů (SANTOS, 1996).

Proteolýza, ať už bakteriální či autolytická, je důležitým předpokladem pro tvorbu biogenních aminů. Dekarboxylázami nejsou vybaveny všechny druhy bakterií, avšak vyskytují se v druzích mnoha rodů (SANTOS, 1996). KŘÍŽEK a KALÁČ (1998) charakterizovali bakterie schopné dekarboxylázy aminokyselin pro jednotlivé druhy potravin. U ryb jsou uvedeny např. *Proteus vulgaris*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumonia*, *Hafnia alvei*, *Clostridium perfringers*, *Morganella morgani*, *Staphylococcus xylosu*, *Enterobacter aerogenes*, *Bacillus spp.*

MALEČEK (2005) ve své práci uvedl dva zásadní důvody pro sledování těchto látek. Jako první důvod pro stanovení biogenních aminů je uvedena jejich toxicita. Dalším důvodem pro stanovení obsahu biogenních aminů je možnost využít jich jako indikátoru za účelem posouzení kvality pokrmů, popřípadě jakosti surovin určených k jejich přípravě. Intenzita obsahu aminů v pozorovaném vzorku může sloužit pro odhadnutí míry rozkladu sledovaného materiálu, jelikož při těchto probíhajících procesech u většiny látek obsah aminů v průběhu času vzrůstá.

V případě ryb je známým problémem spojeným s biologickou hodnotou ryb tvorba a obsah histaminu v rybí svalovině během skladování. Histamin, což je dle chemického vzorce (2-(4-imidazolyl)ethylamin), vzniká při neodborném skladování syrových ryb působením histidindekarboxylázy na aminokyselinu histidin (ALSALVAR a TAYLOR, 2002). Histamin je krystalický a rozpustný ve vodě. Jedná se o tkáňový hormon, tzv. mediátor zánětu, který je pozorován v centrálním nervovém systému a působí zde jako neurotransmitter. Vyskytuje se zejména v bílých

krvinkách, odkud se při alergické reakci uvolňuje do krevního řečiště (VYLETĚLOVÁ, 2008).

Při obvyklém výskytu jsou při požití detoxikovány v zažívacím traktu enzymy monoaminoxidázou (MAO) a diaminoxidázou (DAO), které biogenní aminy přemění na neškodlivé oxidy (KALÁČ, 1996). Po konzumaci ryb nevhodně nebo dlouhodobě skladovaných, u kterých nastal nárůst hodnot biogenního aminu histaminu, může dojít k intoxikaci organismu a tzv. histaminové otravě, často nazývané jako otrava makrelovitými rybami.

Název „otrava makrelovitými rybami“ je odvozen od ryb z čeledi makrelovitých, které obsahují velké množství histidinu, a tudíž následně i histaminu (KAPUTE, 2011). INGR (2004) tuto otravu charakterizoval jako scombrotismus. Právě před scombrotismem, vůči kterému jsou náchylné některé pokrmy v sushi restauracích, varuje OTWELL *et al.* (2006). Otrava histaminem je charakterizována krátkou a variabilní inkubační dobou (od 10 minut až 1 hodina) po konzumaci intoxikované poživatiny (SAMPELS *et al.*, 2014). Samotná otrava mívá krátkodobé trvání a symptomy jsou podobné alergickým reakcím (TAYLOR, 1986). SAMPELS *et al.* (2014) popsal příznaky otravy jako pocitování pepřné a kovové chuti v ústech, necitlivost úst, bolesti hlavy, závratě a potíže s polykáním. TAYLOR (1986) shrnul toxikologické a klinické aspekty toxicity histaminu ve stav, kdy při vyšších koncentracích dochází ke značnému působení na kardiovaskulární systém, s tím spojené rozšíření periferních krevních cév, kapilár a tepen s výsledným nižším tlakem a zčervenáním pokožky. U vážnějších případů je doporučena léčba intoxikace histaminem aplikací antihistaminik. Ve většině případů však dojde k odeznění příznaků otravy během 24 hodin.

VELÍŠEK (2002) uvedl, že obsah biogenních aminů v čerstvých rybách je na nízké úrovni, často se uvádí hodnoty pod 1 mg.kg^{-1} , například v mase tuňáka bývá $0 - 10 \text{ mg.kg}^{-1}$ histaminu a $0 - 2 \text{ mg.kg}^{-1}$ tyraminu. Při nekvalitním skladování dochází u makrel k nárůstu histaminu na hodnoty $3\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$, u tuňáka na $8\,000 \text{ mg.kg}^{-1}$. SAMPELS *et al.* (2014) popsal zjištěné množství histaminu u kapra obecného posouzeného z několika vybraných restauračních zařízení. Ze sedmi vzorků bylo u šesti stanoveno nedetekovatelné množství histaminu, u jednoho vzorku byla naměřena hodnota v rozmezí od $10 - 100 \text{ mg.kg}^{-1}$. V nařízení komise (ES) č. 2073/2005 je poznamenána limitující hodnota množství histaminu v rybách a rybích výrobcích na úrovni 200 mg.kg^{-1} (SAMPELS *et al.*, 2014).

Biogenní aminy ve skladovaném kapřím mase nepředstavují pro jedince závažné zdravotní riziko, protože senzorické signály předcházejí vzniku toxických hladin histaminu. Obsah nejproblematictějších aminů, tj. histaminu a tyraminu v kapřím mase, je nižší než u makrely nebo tuňáků. Putrescin se zdá být dobrým ukazatelem kvality, protože jeho koncentrace odpovídá smyslovým signálům vzorků (KŘÍŽEK *et al.*, 2002). Při zhoršených skladovacích podmínkách je prokázán značný nárůst obsahu kadaverinu a putrescinu. Po 3 dnech skladování se v prostředí se 4 °C obsah těchto aminů zvýšil na dvojnásobek. Naopak obsah sperminu, jako jediného aminu, měl během skladování klesající tendenci (PECHÁNEK *et al.*, 1980). V této souvislosti byl KARMASEM (1981) zaveden tzv. index biogenních aminů (BAI). V tomto indexu je zachycena skutečnost, že obsah histaminu, putrescinu a kadaverinu se v průběhu skladování zvyšuje, kdežto obsah sperminu a spermidu zůstává stejný.

$$BAI = \frac{HISTAMIN + PUTRESCIN + KADAVERIN}{1 + SPERMIN + SPERMID}$$

Preventivního snížení obsahu biogenních aminů lze dosáhnout rychlým a účinným uložením rybího masa do vhodných podmínek při teplotě okolo 0 °C. Při vyšších teplotách, bráno okolo 10 °C, již docházelo k intenzivnímu nárůstu obsahu aminů. Uskladnění při teplotách okolo 0 °C je z hlediska obsahu aminů vhodnější, než zavakuování a uložení v prostorách s teplotou 10 °C. Nasolení rybího masa snižuje tvorbu histaminu, jelikož NaCl inhibuje aktivitu histidinokarboxylázy (SHALBY, 1996).

Stanovení biogenních aminů dnes probíhá nejrůznějšími metodami zahrnujícími plynovou chromatografii, tenkovrstvou chromatografii, kapilární zónovou elektroforézu a také kapalinovou chromatografii (KŘÍŽEK a PELIKÁNOVÁ, 1998).

2.3.3 Vaznost masa

Vaznost neboli schopnost masa udržet vlastní a přijímat přidanou vodu, je důležitou vlastností masa, která významně ovlivňuje kvalitu masných výrobků (PIPEK A JIROTKOVÁ, 2001). INGR (1996) uvedl fakt, že vázaná voda dodává výrobku potřebné smyslové vlastnosti, jako například křehkost a šťavnatost. Dobrou vazností lze docílit snížením hmotnostních ztrát výrobku během jeho finálního zpracování. PIPEK A JIROTKOVÁ (2001) se domnívají, že schopnost vázat vlastní i přidanou vodu je podmíněna působením nějaké síly. Jestliže je působení této síly

vysoké, tím i schopnost vody přejít z imobilizovaného stavu do stavu volně pohyblivého je vysoká. Analýzou zjišťovaný podíl imobilizované vody však nezáleží pouze na působící síle, ale i na metodě, kterou je podíl zjišťován. INGR (1996) dále doplňuje informace k vaznosti o skutečnost, že vaznost masa se úměrně zvyšuje v závislosti na obsahu rozpustných bílkovin, především myofibrilárních.

Vaznost je obvykle vyjadřována v procentech jako podíl vody vázané (hydratační a imobilizovaná voda) k celkovému obsahu vody v posuzovaném masa. V libové svalovině je voda vázána různými způsoby a odlišně pevně. Nejpevnější způsob vázání byl prokázán u hydratační vody. Ostatní podíly vody jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svalové hmoty a zbytek se volně pohybuje v mezibuněčných prostorách (PIPEK A JIROTKOVÁ, 2001).

Obsah vody v masa kapra obecného byl popsán VELÍŠKEM (2002) na 78 %. INGR (2003) ve své knize poznamenal, že 70 % z celkového obsahu vody ve svalovině se nachází v myofibrilách, kolem 20 % v sarkoplasmě a okolo 10 % v mimobuněčných prostorách. Doplňuje však, že toto rozdělení není neměnné a jednotlivé podíly vody mohou mezi sebou přecházet za pomoci difuze. ZANG *et al.* (2017) provedl měření vaznosti masa na filetech z amura obecného (*Ctenopharyngodon idella*) uložených na ledu. Od počátku skladování do 7 dne pokusu byl zaznamenán příkrý pokles v hodnotách vaznosti. Po 7 dnech došlo k lehkému zvýšení ve vaznosti a následné ustálení až do konce pokusu.

Jako imobilizovaná voda je klasifikována ta část, která po naříznutí masa nevytéká a k jejímuž uvolňování dochází až po vyvinutí zvýšeného tlaku. Proces imobilizace je závislý na nábojích v molekule bílkoviny. Význam nábojů pro imobilizaci vody spočívá v ovládnutí odpudivých a přitažlivých sil, které jsou mezi peptidickými řetězci a dalšími strukturami svaloviny (PIPEK A JIROTKOVÁ, 2001).

Hydratační voda se ve svalovině váže elektrostaticky na disociované skupiny a vodíkovými můstky je vázána na nedisociované hydrofilní skupiny. Tato voda tvoří ve svalovině hlavní podíl a nazývá se „volná“. Hydratační voda je volně pohyblivá, kdežto zmíněná imobilizační část je znehybněná. Část vody volně se pohybující je uzavřena v buňkách a svalových vláknech. Tato voda volně nevytéká ze svaloviny, avšak teprve po narušení buněčných obalů je uvolňována (MALEČEK, 2005).

Dle INGRA (2003) je uváděno několik technologických vlastností s významnými vlivy na vaznost masa. Jako první je zmíněn podíl svalové tkáně a plazmatických

bílkovin, které ovlivňují vaznost pozitivně. Naopak podíl kolagenních bílkovin má na vaznost negativní vliv. Vaznost masa je též ovlivněna stádiem posmrtných změn, přičemž je nejhorší vaznost pozorována při stádiu *rigor mortis* (INGR, 2003). Stupeň rozmělnění masa se taktéž podílí na úrovni vaznosti masa. Teplota masa patří také k vlastnostem, přičemž nízká teplota je popisována jako vhodný prostředek pro docílení vyšší vaznosti.

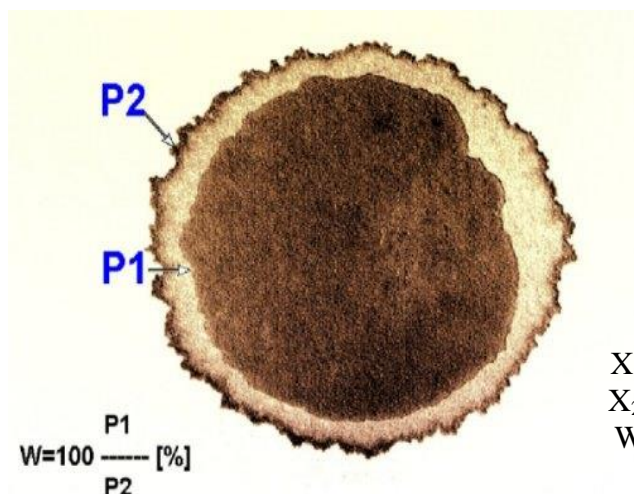
Významný vliv na náboj bílkovin a tím i na vaznost byl sledován při změnách pH (ČEPIČKA, 1995). Hodnota pH přibližně 5,2 je pro vaznost velice nevyhovující (STEINHAUSER *et al.*, 1995). Upravením hodnot pH ve svalovině, ať už okyselením či zalkalizováním, je snaha vzdálit se od izoelektrického bodu (stav, kdy je vyrovnán počet kladných a záporných nábojů na molekule bílkoviny) a změnit tak disociaci funkčních skupin bílkovin. To se projeví změnou rozložení nábojů, až dojde k oddálení peptidových řetězců, a jak již bylo řečeno, v prostoru mezi nimi dojde k imobilizaci většího množství vody (PIPEK a POUR, 1998).

PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) popsali vliv solí na vaznost masa jako velmi složitý proces, přičemž je největší vliv přikládán aniontům a kationtům. S gradující koncentrací solí v rybí svalovině vaznost masa zpočátku stoupá, po dosažení maxima opět klesá (odbobtnává) na původní hodnotu. Maxima vaznosti masa je dosaženo při koncentraci solí okolo 5 % (bez přídavku H₂O), kdy je potřeba brát v úvahu aktuální obsah vody a tuku. Hořečnaté, vápenaté, zinečnaté, železité a jiné vícemocné kationty mají vliv na pokles vaznosti. Jejich schopnost tvořit příčné vazby mezi peptidovými řetězci zapříčiňuje zesíťování struktury.

Metody měření vaznosti vody lze rozdělit do několika skupin, přičemž je potřeba brát v potaz za jakých podmínek a jaký podíl vody má být zjištěn. HONIKEL *et al.* (2004) uvedl způsoby, jak lze analyzovat vaznost vody. Jednotlivé způsoby se od sebe liší jednotlivými postupy při získávání výsledků. U první možnosti není využito mechanické síly a jedná se o měření tzv. ztráty odkapem. U této analýzy je posouzeno množství šťávy uvolněné za podmínek skladování. Jedná se o citlivou, avšak časově velmi náročnou metodu.

Jako poměrně pracný způsob získání výsledků o vaznosti vody v mase je považována lisovací metoda, uváděna jako metoda dle Graua a Hamma (STEINHAUSER *et al.*, 1995). Ač je na přípravu poněkud náročnější, je všeobecně uznávaná. Principem je působení definovaného tlaku na vzorek masa, kdy dojde k vylisování vody do chromatografického papíru. Výsledek je vyhodnocen

z planimetricky změřené plochy skvrny po vylisovaném masa v porovnání se samotnou plochou vylisovaného masa (PIPEK A JIROTKOVÁ, 2001). Vylisované plochy jsou znázorněny na přiloženém obrázku 2. Z naměřených ploch lze vypočítat podíl vody vázané v masa dle vzorců:



$$W = \frac{X_2}{X_1} \times 100$$

X_1 – hmotnost před stlačením [mg]

X_2 – hmotnost po stlačení [mg]

W – vaznost masa [%]

P1 – plocha vylisovaného masa

P2 – plocha skvrny vzniklé po vylisování masa

Obrázek 2 - Vylisované plochy (VÁCHA, 2000).

V současné době lze při vyhodnocení ploch použít videoanalýzy. Postup spočívá v natočení ploch videokamerou a v převedení do počítače, kde vhodný program vyhodnotí výsledky. Další pomůckou může být skener, kdy po naskenování zmíněných ploch jsou opět výsledky vyhodnoceny vhodným programem (PIPEK *et al.*, 1999).

Určitou modifikací předešlé metody, avšak s rozdílem, že podíl volné vody v masa je nasáknut do sádrové destičky, je kapilární volumetrie. Výsledek je zjištěn, jako objem vzduchu vytlačeného kapalinou, kdy množství nasáklé vody je úměrné množství vytlačeného vzduchu. Volná voda je ze svaloviny vysávána z hloubky cca 3 mm, bez vlivu směru vláken (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

INGR (1996) zmínil další možnost pro získání hodnot k vaznosti vody, a to schopnost udržet vodu při tepelném zpracování masa. Principem je určení množství vody, která vznikne při zahřátí masa. Ke zjištění množství je využíváno principu gravimetrie při definovaných podmínkách (teplota a doba jejího působení).

2.3.4 pH masa

Nástup posmrtného ztuhnutí je u ryb velmi rychlý. Zmíněné ztuhnutí je ovlivňováno několika faktory. Například velmi rychlý nástup ztuhnutí je u ulovených ryb těsně po vytření. Určité rozdíly v nástupu a trvání *rigoru mortis* byly prokázány u různých druhů ryb a dokonce i v rámci jednoho druhu v závislosti na velikosti jedince (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). BUCHTOVÁ a VORLOVÁ (2001) uvedly další intravitálně působící faktory, a to hladovění, kterému jsou ryby vystaveny během sádkování a dále stres, který ryby podstupují během manipulace. Obecně lze říci, že nástup posmrtného ztuhnutí u kapra je do půl hodiny po zabití a k uvolnění ztuhnutí dojde za 10 – 15 hodin (INGR, 1996).

SAMPELS *et al.* (2014) uvedl hodnotu pH u ryb po zabití více jak 6. BEVILACQUA (2016) popsal, že u čerstvě usmrcených ryb je pH mezi 5,5–6,5. Dále uvedl, že na této úrovni mohou růst všechny rozkládající bakterie. BUCHTOVÁ a VORLOVÁ (2001) ve své práci specifikovaly hodnoty pH u čerstvě zabíjených ryb do rozmezí 7,05–7,35. Dle jejich výkladu poklesne pH v průběhu *rigoru mortis* do oblasti hodnot 5,9–6,3. V těchto hodnotách se pH rybí svaloviny pohybuje krátkou dobu a v závislosti na skladovací teplotě je navraceno zpět do neutrálních až mírně zásaditých hodnot. Nejčastěji dojde k návratu na tyto pH hodnoty do 24 hodin. MILIJAŠEVIĆ *et al.* (2017) pozoroval změny pH v kapřích filetech během skladování na ledu a došel k závěru, že nejnižší pH bylo naměřeno 15. den uskladnění, a to $6,19 \pm 0,02$. Pro doplnění je uvedeno, že během skladování kolísalo pH od $6,51 \pm 0,09$ do $6,63 \pm 0,03$.

K samotnému okyselení masa ve fázi posmrtného tuhnutí dochází díky degradační přeměně glykogenu na kyselinu mléčnou. Nízké hodnoty pH jsou způsobeny nízkým obsahem glykogenu ve svalovině (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005).

Skutečnost, že přirozený ochranný účinek nízkého pH v rybím masu je pro dlouhodobější skladování nedostatečný, doplňuje BUCHTOVÁ (2001) o jednu z cest vedoucích k prodloužení údržnosti rybího masa. Pro konzervaci jsou využívány organické kyseliny, kdy je nejčastěji uplatňována kyselina mléčná a s ní související mléčnany (draselný, sodný). Aplikací těchto látek je docílena inhibice růstu patogenů zejména v počáteční rozmnožovací fázi. V potravinářském průmyslu jsou často využívány přípravky PURAC a PURASAL, které jsou odvozené od kyseliny mléčné.

Měření pH masa je možné provádět ve vodném výluhu zhomogenizovaného masa nebo za pomoci moderních vpichových elektrod přímo ve svalovině (STRAKA a MALOTA, 2006).

2.3.5 Barva masa

Barva masa je řazena mezi charakteristiky, která nejenže relevantně ovlivňuje konzumenta při výběru daného produktu, ale má určité spojitosti s celou řadou senzorických vlastností masa.

Červené zbarvení masa je způsobeno hemovými barvivy, a to hemoglobinem a myoglobinem (SOHN *et al.*, 2007). Množství obsažených hemových barviv ve svalovině je závislé na intravitálních vlivech. Jako příklad lze uvést souvislost mezi podílem hemoglobinu v mase a kvalitou vykrvení jedince, kdy dokonalejší vykrvení logicky zajistí nižší obsah hemoglobinu ve svalovině (KADLEC, 2002). Podíl hemoglobinu ze všech hemových barviv uvedli PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) jako 10–30 %.

Účinkem oxidačních činidel, převážně vzdušný kyslík či peroxid vodíku, je pozorována oxidace centrálního atomu železa. V této reakci dochází k tvorbě kationu metmyoglobinu, který má za následek změnu barvy masa na šedohnědou až hnědou (TROY a KERRY, 2010). K oxidaci kyslíkem dojde pouze za nízkého parciálního tlaku kyslíku. Při stavu, kdy je parciální tlak na vyšší úrovni, dojde přednostně k oxygenaci a tím k vytváření rumělkově červeného oxymyoglobinu (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001). KADLEC (2002) popsal postup rozpadu hemových barviv. Důvodem rozpadu je dle něj působení vzduchu a peroxidu vodíku nebo také činnost enzymů i mikroorganismů. Dále uvádí, že pokračující oxidací metmyoglobinu vznikají zelená barviva choleglobin, verdoglobin a verdohem.

Podle PIPKA a JIROTKOVÉ (2001) byl v nedávné době prokázán vliv hodnoty pH na světlost masa. Za stavu, kdy je pH blíže k isoelektrickému bodu, dochází ke snižování rozpustnosti bílkovin a následně pak vážou malé množství vody. Světlo tedy proniká do malé hloubky, odráží se více od vrstev na povrchu a je vytvářen dojem světlejšího masa (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

Barva je brána jakožto výsledek tří faktorů. Mezi tyto faktory řadíme odstín, světlost a sytost. Za pomoci odstínu jsou od sebe barvy navzájem rozlišovány, světlostí je vyjádřen počet fotonů dopadajících do oka a sytostí je označována čistota

barvy, jinak řečeno vzdálenost od neutrální šedé. Na světě existuje Mezinárodní komise pro osvětlení – Commission Internationale de l'Éclairagee (CIE), která stojí za vývojem několika systémů pro vyjadřování barvy (KORIFI *et al.*, 2013). Nejčastěji je barva vyjadřována v systému CIE pomocí hodnot L^* , a^* , b^* . Za nejvýznamnější veličinu je považována světlost (L^*), jenž závisí na poměru intenzity světla odraženého k intenzitě světla dopadajícího. Barevný odstín je zde charakterizován za pomoci koeficientů a^* a b^* , kdy souřadnice a^* udává vztah mezi zelenou (- hodnoty) a červenou barvou (+ hodnoty) a souřadnice b^* pak mezi modrou (- hodnoty) a žlutou (+ hodnoty) (SKIPNES *et al.*, 2011). DONG *et al.* (2016) analyzoval barvu dle CIE 30 minut po usmrcení a uložení na led. Porovnal různé partie kapra obecného a dospěl k výsledkům, kdy v hřbetní části zaznamenal hodnoty $L^* 46,6 \pm 2,3$, $a^* -0,61 \pm 0,14$ a $b^* -1,45 \pm 0,06$.

2.3.6 Aktivita vody v mase

Jako měřítko pro mobilitu vody v potravinách a její využitelnosti pro nežádoucí procesy mikrobiálního a nemikrobiálního kažení je aktivita vody (a_w) (INGR, 2007). VELÍŠEK (2002) hovoří o aktivitě vody, jako o poměru tlaku vodní páry nad potravinou (P) ku tlaku vodní páry nad vodou (P_0) při konstantní teplotě. Hodnotu aktivity vody získáme po výpočtu vzorce $a_w = P/P_0$. Voda má aktivitu vody na úrovni 1, kdy se zvyšováním koncentrace rozpuštěných látek se a_w snižuje pod hodnotu 1. STEINHAUSER *et al.* (2000) upozorňuje, aby nedocházelo k zaměňování aktivity vody s obsahem vody. Skutečnost je taková, že mikroorganismy mají schopnost využívat pouze volnou vodu v mase. Právě tato voda využitelná pro organismy je vyjadřována aktivitou vody.

Dle INGRA (2007) je aktivita vody v konkrétní surovině posuzována na základě hodnoty relativní vlhkosti vzduchu, při které nedochází u potraviny k dalšímu vysušování či zvlhčování. Hovoří o tzv. rovnovážné relativní vlhkosti vzduchu.

ŘEZNÍČKOVÁ *et al.* (2011) uvedla, že a_w může být chápána jakožto ekvivalent k rovnovážné relativní vlhkosti, kdy dosahuje hodnot 0 – 100 %, přičemž 1 % rovnovážné relativní vlhkosti je rovna hodnotě $a_w 0,1$.

Vědci si již delší dobu uvědomují, že aktivita vody je jako ukazatel pro jakost a stabilitu potravin důležitější, než celkové množství přítomné vody. Je potřeba si také uvědomit závislost aktivity vody a tlaku na teplotě. A_w je stanovována pouze za konstantní teploty. Obecně se dá říci, že hodnota a_w klesá se snižující se teplotou.

Tato teplotní závislost je významným faktorem stability při skladování (BARBOSA-CÁNOVAS, 2007). Většina mikroorganismů má své optimální hodnoty a_w , při kterých dochází k jejich silnému rozvoji. Je-li docíleno udržení suroviny pod touto hodnotou, je dosaženo, jak vyplývá z předešlého textu, snížení množství mikroorganismů a tím i prodloužení doby údržnosti potraviny (ABBAS *et al.*, 2009). STEINHAUSER *et al.* (2000) popsal jako optimální hodnotu pro většinu mikroorganismů rozmezí a_w 0,99 – 0,95. I pod těmito hodnotami však přežívá určité množství mikroorganismů, které při zvýšení a_w , způsobené například přidáním teplého masa k vychlazenému, kdy se vodní páry vysráží na vychlazeném mase, opět masivně narůstají (STEINHAUSER *et al.*, 2000).

ABBAS *et al.* (2009) uvedl bakterie jako nejcitlivější mikroorganismy vůči aktivitě vody. K jejich inhibici dochází při poklesu hodnot a_w pod 0,90 – 0,91. U kvasinek byla zaznamenána větší tolerance k rozpuštěným látkám, kdy k útlumu dochází při snížení pod 0,70 – 0,80. BARBOSA-CÁNOVAS (2003) uvedl aktivitu vody 0,62, jako limitující pro rozvoj všech mikroorganismů v rybím mase. Stejný výsledek je zachycen v tabulce 2, kde KADLEC (2002) porovnává vliv aktivity vody na růst mikroorganismů u různých druhů potravin. CAMPBELL-PLATT (2009) potvrdil tyto fakta a konkretizoval inhibiční hodnoty a_w pro specifické druhy bakterií. Dle jeho tvrzení je omezován růst bakterií *Salmonella*, *Escherichia* a *Clostridia* při a_w pod 0,91. ABBAS *et al.* (2009) připouští možnost růstu bakterií *Staphylococcus aureus* při a_w 0,85. VELÍŠEK (2002) popsal možnost výskytu kvasinek rodu *Xeromyces* za hodnot vodní aktivity kolem 0,60. V čerstvě ulovených rybách je a_w nad 0,95 (VELÍŠEK, 2002). Hodnota může být snížena procesy sušení a nasolení, čím je dosaženo snížení míry mikrobiálního růstu.

Tabulka 2 - Hodnoty aktivity vody vhodné pro růst mikroorganismů v potravinách (KADLEC, 2002).

a_w	Potraviny	Činnost organismů
0,1 - 0,2	cereálie, cukr, krekry, sůl, sušené mléko	mikroorganismy se nerozmnožují, nerostou, přežívají, jejich počet postupně klesá
< 0,60	med, čokoláda, špagety, nudle, sušenky	mikroorganismy se nerozmnožují, nerostou, přežívají po dlouhou dobu
0,60 - 0,85	džemy, rosoly, sušené ovoce a zelenina, parmezán, silně solené ryby, ořechy, sušené vaječné obsahy	plísně (při $a_w < 0,80$ nedochází k produkci mykotoxinů), mikroorganismy přežívají
0,85 - 0,93	fermentované salámy, slazené kondenzované mléko, sušené maso, syrová šunka, slanina	<i>Staphylococcus aureus</i> se rozmnožuje, ale netvoří toxiny, plísně se rozmnožují (produkce mykotoxinů)
0,93 - 0,98	kondenzované mléko, rajský protlak, chléb, ovocné šťávy solené ryby, tepelně opracované salámy, sýry	<i>Staphylococcus aureus</i> se rozmnožuje a tvoří toxiny, kvasinky a bakterie se rozmnožují pomaleji, se snižující se vodní aktivitou některé ukončují růst
0,98 - 0,99	mléko, čerstvé maso, ryby, konzervovaná zelenina, ovocné kompoty, vejce	všechny mikroorganismy rostou a rozmnožují se

2.3.7 Senzorické hodnocení kvality masa ryb

Znalost lhůty, po kterou je možno udržovat ryby v konzumní hodnotě v závislosti na skladovacích podmínkách, je řazena mezi skalní principy využívané ve zpracování ryb. Mezi základní a svým způsobem i nejspolehlivější metodu hodnocení čerstvosti rybího masa patří senzorická analýza (VÁCHA, 2015).

VÁCHA a BUCHTOVÁ (2005) doporučili vybrat u přípravy vzorku pro tepelnou úpravu náhodným způsobem části trupu ryb tak, aby byly zastoupeny porce ze hřbetu i boku. Jednotlivé označené vzorky jsou uloženy do samostatných skleněných nádob a uzavřeny víčkem. Úprava spočívá ve vystavení vzorku teplé páře, bez vody a dalších přísad. Na velikosti vzorku je závislá doba nutná pro požadovaný stupeň úpravy.

Po tepelné úpravě je přistoupeno k hodnocení jednotlivých vzorků a pocíťované hodnoty jsou ihned zanášeny do protokolu. Jako hodnotící ukazatele jsou doporučovány vůně, konzistence a chuť (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Během hodnocení by mělo být zamezeno nedodržení instrukcí sdělených před zahájením analýzy. Dále je nedoporučováno měnit již jednou provedený záznam po zkušenostech s dalším vzorkem (POKORNÝ *et al.*, 1998).

Hodnocení lze vynést na stupnice. V praxi je užíváno několik typů stupnic, z nichž je každá vhodná pro jiný účel. (INGR *et al.*, 2007). V poslední době je možné sledovat rozšíření použití grafických stupnic. Tyto stupnice jsou děleny na strukturované a nestrukturované. POKORNÝ (1997) poukázal na možnost strukturovaných grafických stupnic přitahovat při analýze hodnotitele k jednotlivým opěrným bodům a nevyužívat tak prostor mezi nimi.

GELMAN *et al.* (1990) uvedl v článku o fyziologických, chemických, mikrobiologických a sensorických změnách na kapřím filetu během skladování při různých teplotách několik zajímavých poznatků. Sensorickou analýzou bylo prokázáno, že kapří svalovina skladována při teplotě 0–2 °C měla maximální trvanlivost 24 až 25 dní. Ovšem 17. den byl hranicí, po kterém by již nebylo vhodné filety vystavovat k prodeji. Skladování při teplotě 5–6 °C zkrátilo životnost filetu 2–2,5x a jako extrém lze uvést příklad skladování, kdy za teploty 26–29 °C nepřesáhla údržnost kapřího filetu 13 hodin.

2.3.8 Měření čerstvosti pomocí přístroje Fish Freshness Meter (Distell)

Jak bylo již předesláno, ryba, potažmo rybí svalovina, je potravinou velmi nestálou. V průběhu skladování dochází ke změnám původních chutí a vůní na nepříjemné pachutě a zápachy. Je proto důležité, aby každý, kdo se zabývá kvalitou ryb, mohl měřit čerstvost, jinak řečeno velikost zhoršení, ke kterému došlo od ulovení. Výhoda přístroje Fish Freshness Meter spočívá v okamžitém zjištění aktuálního stavu suroviny, a to bez poškození svaloviny (DISTELL, 2010).

Pro měření je potřeba přístroj nejprve zkalibrovat pomocí organoleptických grafů pro konkrétní druh posuzovaných ryb. Pokud není požadovaný druh přednastaven v systému, může být pro jednotlivý rybí druh a šarži ručně nakalibrován. Výsledná stupnice od 16 (čerstvé) do 1 (zkažené) charakterizuje čerstvost. Lze tedy podle naměřené hodnoty odhadnout dobu od usmrcení. Pro větší rozsah a citlivější rozlišení při měření může být využito dalších měřitek přístroje, jako jsou TORRY-1

(0,1 až 18,5) nebo TORRY-STD (1 až 18). Vnitřní rozsah je přístupný pomocí kalibrace RESEARCH-1, která nabízí rozsah 0,1 až nad 99,9 (DISTELL, 2010).

Změny v dielektrických vlastnostech mezi rybí kůží a svaly ryb jsou úzce spjaty s mírou kažení a mohou sloužit jako ukazatele kvality (LOUGOVOIS *et al.*, 2003). Princip měření spočívá v tom, že určité dielektrické vlastnosti kůže a svalů ryb se systematicky mění během skladování, protože tkáňové složky degradují. Tyto změny, vyskytující se na mikroskopické úrovni, jsou silně spojené s hrubými změnami vzhledu, zápachu, textury a chuti, které se vyskytují během znehodnocování a které jsou obvykle používány k posouzení čerstvosti. Proto by stanovení dielektrických vlastností mělo pomoci určit čerstvost ryb (DISTELL, 2010). PIVARNIK *et al.* (1990) konstatoval, že mezi daty ze senzorického hodnocení a hodnotami torrymetru existuje významná lineární korelace. LOUGOVOIS *et al.* (2003) tuto skutečnost doplnil o tvrzení, že mezi hodnotami torrymetru a senzorickým skóre pro chuť byl velmi významný lineární vztah ($r = 0,960$, $P < 0,001$)

OCHREM *et al.* (2014) provedl výzkum, kde posuzoval čerstvost vykuchaného kapra uloženého při 4 °C pomocí přístroje Fish Freshness Meter (TORRY-STD). Naměřené hodnoty jsou zachyceny v tabulce 3.

Tabulka 3 - Změny čerstvosti (TORRY-STD) na určitých partiích kapra obecného v průběhu skladování (OCHREM *et al.*, 2014).

Den	Hlava	Břicho	Ocas
1	12,63 ± 0,94	13,90 ± 0,88	13,75 ± 1,18
2	13,00 ± 0,41	14,30 ± 0,54	13,75 ± 0,75
3	12,90 ± 0,42	13,75 ± 0,63	14,98 ± 0,49
4	13,00 ± 0,41	12,58 ± 0,79	13,98 ± 0,35
5	11,58 ± 0,79	11,05 ± 0,60	13,58 ± 0,63
6	10,55 ± 0,80	9,83 ± 0,28	12,25 ± 0,48
7	9,83 ± 0,44	8,48 ± 0,51	11,15 ± 0,30
8	7,58 ± 0,88	6,48 ± 1,09	9,50 ± 0,50
9	7,13 ± 0,62	4,83 ± 0,56	9,00 ± 0,58
10	6,23 ± 1,41	3,65 ± 0,30	6,90 ± 0,88

2.3.9 Měření tuku pomocí přístroje Fish Fatmeter Distell

Měření přístrojem Fish Fatmeter může být realizováno na živé, čerstvě zabité, nikoliv však na zamrazené rybě. Měření je neinvazivní a nedestruktivní. Pro zajištění co nejpřesnějšího výsledku je obsah tuku měřen celkem na 8 bodech. Přístroj přepočítá získané dílčí výsledky na průměrný obsah tuku a tuto hodnotu zobrazí na digitálním displeji (DISTELL, 2010).

Principem činnosti je analýza obsahu lipidů přirozeně se vyskytujících v rybách, který souvisí s obsahem vody v těle a pokud je známý vztah, změřením jedné veličiny slouží k určení druhé. Přístroj používá snímač mikropásků, který je citlivý na obsah vody ve vzorku. Výrobce udává rozsah měření v intervalu 1 – 45 % při 95% spolehlivosti. K dispozici je kalibrace pro více než 60 druhů, zejména mořských ryb. Ze sladkovodních je dostupná kalibrace pro kapra, pstruha, sivena a několik dalších. Pro měření obsahu tuku kapra obecného jsou přednastaveny dva režimy. První režim CARP-1 určený pro neupravené filety s kůží a druhý režim CARP-2 pro upravené filety bez kůže (DISTELL, 2010).

Používání Fatmetru má značný význam pro rybářskou praxi. Během vegetačního období můžeme zjišťovat v chovu tržních kaprů obsah tuku a v závislosti na naměřených hodnotách může být upravena krmná dávka předkládaných krmiv tak, aby obsah tuku nepřesahoval 10 % (MÁSÍLKO, 2012).