

2 Literární přehled

2.1 Spotřeba a produkce ryb v ČR

Spotřeba rybiho masa je v dnešní době velmi častým a diskutovaným tématem. Data a prameny zabývající se touto problematikou se často odlišují, neboť zjišťování údajů je problematické (PIPOVÁ, 2006). V potravinové politice mnoha států světa jsou značnou položkou sladkovodní a mořské ryby, které jsou zdrojem nutričně důležitých bílkovin, lipidů, vitamínů a minerálních složek. Světový roční výlov potravinářsky významných ryb činí v posledních letech cca 128 milionů tun (MRÁZ, 2014), z čehož mořské ryby zauímají 80 % a zbylých 20 % představují ryby sladkovodní (MZe ČR, 2016). V České republice je spotřeba rybiho masa velmi malá. Pohybuje se na hranici 5 až 5,5 kg.os⁻¹.rok⁻¹, z čehož sladkovodní ryby zastupují pouze 1,3 kg/os/rok (MZe ČR, 2016). Nejvíce konzumovanou rybou u nás je kapr obecný. Podle odborníků na lidskou výživu je optimální spotřeba kolem 20 kg.os⁻¹.rok⁻¹ (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). DOSTÁLOVÁ *et al.* (2012) hovoří o tom, že Česká společnost pro výživu doporučuje týdenní příjem rybiho masa alespoň 400 g. Největší spotřeba sladkovodních ryb je v rodinách sportovních rybářů a milovníků ryb (BUCHTOVÁ, 2001). INGR (1994) říká, že největší vliv na spotřebu ryb u nás, ale i ve světě, má poměr mezi cenami ryb a dalších druhů masa.

V rámci České republiky dosáhla v roce 2015 produkce tržních ryb úrovně 20 200 tun a z toho bylo vyloveno 19 570 tun ryb z rybníků (MZe ČR, 2016). Zbytek byl získán ze speciálních zařízení a z přehrad.

Tabulka 1 Spotřeba ryb v kg/obyvatel/rok (MZe ČR, 2016)

Rok	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Ryb celkem	5,7	5,8	5,5	5,5	5,1	5,4	5,4	5,3	5,4	5,5
Z toho sladkovodní	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4	1,5	1,5	1,4	1,3	1,4

2.1.1 Spotřeba ryb ve světě

V posledních letech vykazují celkové světové roční výlovy stále mírně stoupající tendenci. Ze 128 milionů tun ryb dostupných pro lidskou spotřebu je nejméně zkonsumováno v Africe (9,1 milionů tun, $9,1 \text{ kg.os}^{-1}.\text{rok}^{-1}$) a nejvíce v Asii (85,4 milionů tun, $20,7 \text{ kg.os}^{-1}.\text{rok}^{-1}$) (MRÁZ, 2014). Mezi největší spotřebitele ryb patří jednoznačně Čína, kde je spotřeba $31,9 \text{ kg.os}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. V Evropě je pak spotřeba na úrovni $22 \text{ kg.os}^{-1}.\text{rok}^{-1}$. Je evidentní, že největší spotřebu ryb vykazují právě přímořské státy, kde je rybařství dlouholetou tradicí (SPURNÝ, 2010). Konzumace ryb a jiných produktů akvakultury je propojena s mnoha pozitivními vlivy na lidský organismus, zejména s prevencí mnoha typů rakoviny, snížením rizika ischemické choroby srdeční a dalších kardiovaskulárních onemocnění, omezením zánětlivých procesů a artritidy (LUND, 2013).

2.2 Jakost rybího masa

Jakost rybího masa a vesměs všech potravin je ve vyspělých zemích jedním z nejvýznamnějších faktorů jejich ekonomické úspěšnosti (INGR, 1996). Jakost lze charakterizovat jako soubor vlastností, které výrobek má, nebo které má mít k naplnění funkcí, pro které je určen, a to při nejnižší nabývací ceně (INGR, 2004). Při posuzování jakosti masa se vychází ze dvou či tří základních chemických složek (voda, bílkoviny, tuk) a ze základních smyslových vlastností masa. Postupně se rozšiřuje a prohlubuje dynamické pojetí v hodnocení jakosti masa a vývoj není zdaleka ukončen.

2.3 Chemické složení rybí svaloviny

Chemické složení ryb je velice variabilní a liší se podle druhu, věku, pohlaví, prostředí a ročním období (DOXANSKÝ *et al.*, 2009). PIPOVÁ (2006) uvádí, že i u ryb stejného druhu je chemické složení svaloviny rozdílné. Zastoupení jednotlivých složek u ryb je shodné jako u savců. Mezi základní složky tkání ryb a rybí svaloviny jsou zejména voda, bílkoviny, tuky a méně zastoupeny jsou sacharidy, minerální látky a vitamíny (INGR, 2010). Nejvýraznější dopad na chemické složení svaloviny má množství a složení krmiva (FAO, 2016). Chovatelé ryb chtějí, aby ryby rostly co nejrychleji za minimální spotřeby krmiv, protože krmivo tvoří jednu

z nejnákladnějších položek (MAREŠ, 2011). Nejvyššího růstového potencionálu je dosaženo, když je rybám podáváno krmivo s vysokým obsahem lipidů pro energetické účely a s vysokým množstvím bílkovin s vyváženým složením aminokyselin (FAO, 2016). Chemické složení rybí svaloviny závažným způsobem ovlivňuje její kvalitu, senzorické vlastnosti a údržnost (PIPOVÁ, 2006).

2.3.1 Voda

Patří mezi hlavní složky rybí svaloviny. Její obsah je nepřímo závislý na množství tuku, kdy čerstvé bílé rybí maso obsahuje 80 % vody, zatímco průměrný obsah vody v těle tučných ryb je asi 70 % (BUCHTOVÁ, 2001). WHEATON a LAWSON (1985) říkají, že obsah vody se pohybuje okolo 66,2–79,8 g.100g⁻¹ svaloviny, BUCHTOVÁ a VORLOVÁ (2001) 72,39 g.100g⁻¹ svaloviny.

Voda v čerstvých rybách je pevně vázaná na proteiny takovým způsobem, že nemůže být snadno vyloučena ani za vysokého tlaku. Po dlouhodobém chlazení nebo mrazení jsou však proteiny méně schopné zadržovat vodu a tím dochází ke snížení kvality masa (MURRAY a BURT, 2001).

MAREŠ (2005) uvádí, že je rozdílný obsah vody v jednotlivých partiích svaloviny téže ryby. Nejméně vody obsahují partie okolo hlavy, a z tohoto důvodu se považuje z nutričního hlediska za nejcennější. Naopak nejvíce vody je v ocasní části, a proto je nejméně hodnotná (PIPOVÁ, 2006). Vysoký podíl vody má vliv na jakost, údržnost a také způsobuje měkkou strukturu masa (INGR, 2010). Toto měkké a vodnaté svalstvo se velmi snadno poddává mikrobiálnímu kažení (SIMEONOVÁ *et al.*, 2003).

2.3.2 Lipidy (tuky)

Lipidy tvoří základní energetickou složku ryb. Jsou funkčně i chemicky velice rozdílné a jejich společnou charakteristickou vlastností je nerozpustnost ve vodě, nicméně jsou dobře rozpustné v organických rozpouštědlech (VÁCHA a VEJSADA, 2013). Z celkového množství lipidů obsažených v potravě tvoří největší podíl 80–95 % triacylglyceroly (neutrální tuky), fosfolipidy a estery cholesterolu (HELFMAN *et al.*, 1997). Tuky jsou pouze podmnožinou skupiny lipidů. Chemicky se jedná o biomolekuly skládající se z uhlíku, vodíku a kyslíku. Vystupují jako estery vyšších mastných kyselin s trojmocným alkoholem glycerolem

(GUILLAUME, 2001). Obsah tuku v těle, ale i ve svalovině, se ze zvětšením tělesné hmotnosti zvyšuje a je spojen s poklesem podílu vody. Hlavním faktorem ovlivňující obsah tuku je krmivo. Proto je znalost obsahu tuku v těle ryby důležitým ekonomickým údajem. MERTEN (2002) uvádí, že obsah tuku u kapra je kolem 3 %.

U ryb, které jsou méně tučné (treska), je tuk ukládán z 40–60 % do jater (PIPOVÁ, 2006). Naopak ryby se značně vyšším obsahem tuku (tuňák, losos) ho mají více uloženy ve svalovině (INGR, 2010).

Enzymatické štěpení tuků probíhá v přední části tenkého střeva a po emulgaci žluči jej zajišťuje enzym lipáza, který produkuje pankreas. Lipáza tuky rozštěpí na monoglyceridy a z části až na glycerol a vyšší mastné kyseliny (DVOŘÁK, 2014). Jako běžné vyšší mastné kyseliny v lipidech ryb jsou monokarboxylové, alifatické, s přímým uhlíkovým řetězcem a sudým počtem uhlíků vyšším než 10, zároveň je řetězec buď nasycený, nebo nenasycený s minimálně jednou dvojnou vazbou (KALAČ a ŠPIČKA, 2006). Z výživového hlediska jsou důležité především nenasycené mastné kyseliny, a to především esenciální, jako např. mastné kyseliny skupiny “n–6“ (linolová, linolenová, arachidonová) a polynenasycené mastné kyseliny skupiny “n–3“ (eikosapentaenová a dokosahexaenová) (DVOŘÁK, 2014). HRABĚ *et al.* (2006) uvádí, že právě mastné kyseliny skupiny “n–3“ jsou pro výživu nejdůležitější. Právě tyto kyseliny mají největší uplatnění v prevenci proti kardiovaskulárním onemocněním (ZAJÍC *et al.*, 2014).

2.3.3 Bílkoviny

V poslední době se objevují informace, že lipidy nejsou jedinou složkou rybí svaloviny, která působí na lidské zdraví. V souvislosti se zdravotní prospěšností se čím dál častěji hovoří o rybím proteinu (RUDKOWSKA *et al.*, 2010). Proteiny jsou základní stavební složkou všech orgánů, tkání, enzymů i některých hormonů a tvoří v potravě ryb převažující složku (DVOŘÁK, 2014). Obsah bílkovin v rybí svalovině se pohybuje na poměrně vyrovnané hladině a to 16–19 % (VÁCHA, 2015), BUCHTOVÁ a VORLOVÁ (2001) uvádí obsah bílkovin 16,84 g.100g⁻¹, MATYÁŠ *et al.*, (1990) uvádí nejnižší hodnotu 15 g.100g⁻¹. Ke změnám dochází především během hladovění nebo při zkrmování nevyrovnaných krmiv v intenzivním chovu, kde může docházet k deficitu některých esenciálních aminokyselin vlivem malého obsahu v krmivu (KOUŘIL, 2008).

V rybí svalovině jsou bílkoviny označovány za plnohodnotné, neboť obsahují všechny důležité esenciální aminokyseliny ve vyváženém poměru pro člověka (KOPŘIVA *et al.*, 2010). Bílkoviny rybí svaloviny mají vysokou biologickou hodnotu s dobrou stravitelností. Obsah vazivových bílkovin je minimální a bílkovinu elastin vůbec neobsahuje, což umožňuje rychlou a snadnou tepelnou úpravu.

2.3.4 Sacharidy

Sacharidy u ryb jsou méně energeticky potřebnou složkou výživy ryb oproti výživě teplokrevných živočichů. Jejich obsah je velmi nízký. VÁCHA (2000) uvádí obsah sacharidů pod 0,5 %, BUCHTOVÁ a VORLOVÁ (2001) 0,55 %, PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) dokonce uvádí, že rybí maso neobsahuje žádné sacharidy. Trávení cukrů probíhá v tenkém střevě, kde jsou tráveny za pomoci amylolytických enzymů, z nichž nejvýznamnější je amyláza a u herbivorních ryb také maltáza (BUDDINGTON a DIAMOND, 1987). Díky těmto enzymům se sacharidy rozštěpí na jednodušší cukry. Ke vstřebávání dochází především v zadní třetině střeva (SPURNÝ, 2000). Ve svalovině ryb jsou sacharidy uloženy ve formě glykogenu, který tvoří energetickou rezervu a má výrazný vliv na postmortální změny masa (PIPOVÁ, 2006).

2.3.5 Vitamíny

Vitamíny patří mezi nenahraditelné biokatalyzátory pro správný průběh daných reakcí v organismu. Ryby musí přijímat potravu s vitamíny nebo jejich provitamíny, neboť nejsou schopny si je syntetizovat kromě vitamínu C (DVOŘÁK, 2014). Obecně platí, že rybí maso je dobrým zdrojem vitamínů skupiny B a v případě tučných druhů ryb je významný obsah vitamínů A a D (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). PETR a LOUDA (1998) řadí mezi významné vitamíny ryb A, B, D a E. Obsah vitamínů je závislý na ročním období a druhu ryby (INGR, 2010).

2.3.6 Minerální látky

Minerální látky jsou obsaženy zejména v kostech, kde jsou zastoupeny hlavně vápníkem a fosforem. Drobné svalové kůstky jsou během některých technologických procesů změkčovány a tudíž konzumovány jako součást rybiho masa. Rybí maso se také považuje za cenný zdroj mědi, železa, selenu a draslíku (WEBSTER *et al.*, 2002). Obsah minerálních látek v požitelném podílu je 1–2 % (VÁCHA

a BUCHTOVÁ, 2005), WHEATON a LAWSON (1985) uvádí 1,0–1,2 g.100g⁻¹. Dalším důležitým minerálním prvkem je jód. Ten je nezbytným mikroelementem pro zdravý vývoj a reprodukci lidí. Nejvíce jódu je obsaženo v mořských rybách, které se doporučují jíst jako prevenci jodové deficience (KOPRŘIVA *et al.*, 2010).

Tabulka 2 Obsah základních složek v rybím mase [%] (VÁCHA a VEJSADA, 2013)

Složka	Ryba (filet)		
	min.	průměr	max.
Bílkoviny	6	16–21	28
Lipidy	0,1	0,2–25	47
Sacharidy	<0,5	<0,5	<0,5
Minerální látky	0,4	1,2–1,5	1,5
Voda	48	66–80	84

2.4 Technologická hodnota ryb

Technologická hodnota závisí především na dvou faktorech a to výtěžnosti v základním opracování a vhodnosti druhu ryby k dalšímu zpracování do výroby (VÁCHA, 2015). Výtěžnost konzumovatelných částí ryby je spojena s druhem ryby, její tělesnou stavbou, dále s věkem a v té souvislosti i s velikostí a pohlavní zralostí.

Výtěžnost bývá ovlivněna poměrem mezi konzumovatelnými a nekonzumovatelnými částmi ryb a je rozhodujícím faktorem z pohledu technologické hodnoty ryby (VÁCHA a VEJSADA, 2013). Pro většinu kaprovitých ryb platí, že výtěžnost se často pohybuje pod 50 % (MERTEN, 2002). Během hodnocení technologické hodnoty by se mělo brát v úvahu různé využití k finálním výrobkům včetně sensorických vlastností, mezi které patří chuť, struktura svaloviny, vzhled, velikost či obsah kostí (VÁCHA, 2015).

Při stanovení výtěžnosti a stolní hodnoty se postupuje následovně (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005):

1. Jednotlivě se stanoví hmotnost ryb po okapání přebytečné vody;
2. Usmrcení ryby;
3. Posouzení celkového vzhledu, dále povrchu kůže, ploutví, hlavy, oka, skřelového víčka a žaber;
4. Posouzení vůně ryby v syrovém stavu neprodleně po vyjmutí vnitřních orgánů;
5. Posouzení konzistence (pružnosti) svaloviny a stanovení hmotnosti těla ryby;
6. Na závěr se provede výpočet výtěžnosti v %.

$$\text{Výtěžnost v \%} = \frac{\text{hmotnost těla} \times 100}{\text{hmotnost ryby}}$$

Základní roli v technologickém hodnocení uživatelské hodnoty hraje soubor charakteristik, který se nazývá čerstvost ryb. Po usmrcení ryb se tyto charakteristiky mění během skladování a účinnost těchto změn závisí na druhu ryby a skladovacích podmínkách (VÁCHA a VEJSADA, 2013).

2.5 Postmortální změny probíhající v rybí svalovině

Po usmrcení ryb, svalovina prochází složitým biologickým procesem, ve kterém probíhá řada postmortálních biochemických procesů. Tyto děje souhrnně označujeme jako zrání masa, při kterém svalovina nabývá požadovaných technologických, sensorických a kulinářských vlastností (INGR, 1996). Postmortální biochemické procesy, které probíhají v rybím mase lze rozdělit na dvě skupiny změn, a to změny autolytické, kam patří posmrtné ztuhnutí, zrání masa, hluboká autolýza, a změny proteolytické kam zahrnujeme mikrobiální proteolýzu, kažení či hnití masa (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). MERTEN (2002) rozděluje postmortální procesy na agónii, klinickou smrt, *rigor mortis*, autolýzu a zkázu. VÁCHA a VEJSADA (2013) rozdělují postmortální změny na tyto čtyři fáze:

1. Vyměšování slizu na povrchu ryby;
2. *Rigor mortis*;
3. Autolýza;
4. Mikrobiologické znehodnocení.

Rychlost postmortálních změn v rybí svalovině je ovlivněna řadou faktorů, jako je druh ryby, fyziologický stav před usmrcením, mikrobiální kontaminace a především teplota, ve které se ryba po usmrcení uchovává (OCAÑO-HIGUERA *et al*, 2009).

2.5.1 Vyměšování slizu

K vytváření slizu dochází v určitých buňkách na kůži ryb. Po usmrcení ryby se tento proces výrazně zintenzivňuje. Sliz obsahuje značné množství dusíkatých látek, jež jsou dobrým živným podkladem pro mikroorganismy z vnějšího prostředí. Z této příčiny dochází v tomto období k rychlému rozkladu, který vede v první fázi k nepříjemné pachuti ryb a ve druhé fázi pak umožňuje rozsáhlejší a hlubší pronikání bakterií do ryby (MERTEN, 2002). Některé ryby jako je např. úhoř, vyměšují více slizu než lososovité či okoun a často mají méně vyvinuté šupiny. U těchto ryb objem slizu dosahuje 2–3 % z hmotnosti ryby a to přirozeně vytváří problémy při zpracování (VÁCHA a VEJSADA, 2013).

Tento proces končí s nástupem *rigor mortis*.

2.5.2 Rigor mortis

Rigor mortis (posmrtné ztuhnutí) vystihuje senzorický projev, kdy svalová tkáň ryby ztuhne. Během této fáze probíhají ve svalové tkáni dva základní pochody, kdy dochází k odbourávání hlavních energetických složek svalu za jeho postupného okyselení a změny v konformaci bílkovin, projevujících se postupným ztuhnutím masa a snížením schopnosti vázat vodu (INGR, 2003). Posmrtné ztuhnutí obvykle začíná v kaudálních partiích těla a postupuje směrem od ocasních ploutví k hlavě, až je celé tělo ztuhlé (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Ryby setrvávají ve stavu *rigoru mortis* po různě dlouhou dobu. INGR (2004) uvádí od jedné hodiny až výjimečně tři dny. Začátek a konec tuhnutí závisí na mnoha faktorech, zejména na druhu ryby a její velikosti, kondici v době ulovení, teplotě prostředí, ve kterém se ryby po usmrcení nacházejí (BUCHTOVÁ, 2001).

Z hlediska biochemického dochází k postupnému odbourávání hlavních energetických složek svalů (glykogenu a adenosin trifosfátu) pomocí specifických nativních enzymů. Glykogen se postupně rozkládá na kyselinu mléčnou a dochází k okyselení masa. DASKALOVA a PAVLOV (2015) uvádějí pH u elektricky omráčených ryb 6,87 a perkusně omráčených 7,02. MERTEN (2002) uvádí pH čerstvě

zabitých ryb od 7,05–7,35, kdy v průběhu okyselení klesá na hodnotu 5,9–6,3. Zároveň probíhá degradace adenosintrifosfátu (ATP) přes adenosindifosfát (ADP) a adenosinmonofosfát (AMP) až na inosinmonofosfát (IMP) (INGR, 1994). Během těchto degradačních procesů vzniká také aktinomyosinový komplex, který je způsoben spojením hlavních myofibrilárních bílkovin aktinem a myosinem (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Výsledkem těchto dějů je ztuhnutí rybího masa.

2.5.3 Autolýza

Autolýza je proces, při kterém dochází k samovolnému rozkladu svaloviny tzv. „samotrávení“. Jakmile usmrtíme rybu, nastupují složité biochemické procesy, které vedou za pomoci enzymů k rozkladu základních složek tkání. Tento rozklad se vztahuje především na bílkoviny, lipidy a uhlohydráty (VÁCHA a VEJSADA, 2013).

Enzymy působící v rybách jsou odlišné od enzymů savců z důvodu tepelného optima. VÁCHA (2000) uvádí, že optimální činnost enzymů ryb je kolem 20°C, naopak u savců je teplota pro optimální činnost vyšší. Mechanismus enzymové činnosti v průběhu postmortálních procesů není dosud přesně popsán (NAGY, 2006).

Tento proces je ve zpracování ryb nežádoucí, neboť působením enzymů dochází k rozkladu svaloviny na amoniak, aminy, vodu, oxid uhličitý, merkaptany a sulfan (INGR, 2003). Autolýza přechází do další fáze velmi nezřetelně a často není možné ji odhalit, neboť aktivitu autolytických enzymů postupně přebírají mikrobiální enzymy (BUCHTOVÁ, 2001).

2.5.4 Mikrobiologické znehodnocení

Těla sladkovodních ryb mají bohaté zdroje mikroorganismů a zároveň i dobré možnosti jejich přenosu do svaloviny za předpokladu, že nejsou po usmrcení okamžitě vykuchány, opláchnuty zdravotně nezávadnou vodou, zchlazeny a chladírensky skladovány při teplotě do +3°C a nižší, případně zmrazeny či tepelně opracovány (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Jestliže nejsou dodrženy tyto základní technologické operace, dochází k brzkému prolnutí autolýzy mikrobiální proteolýzou, která způsobuje kažení masa.

MATYÁŠ (2002) uvádí, že nejbohatší zdroje mikroorganismů u ryb jsou žábry, kůže, trávicí trakt, povrchový sliz a dále může dojít ke kontaminaci ze znečištěné vody, kontaminovaných povrchů či při nesprávném dodržení skladovacích teplot.

Díky velmi mírnému a krátkodobému okyselení během fáze *rigor mortis*, vytváří rybí svalovina vhodné prostředí pro mikroorganismy, navíc obsahuje více vody a jen málo vazivových tkání, které vytvářejí přirozené bariéry pro průchodnost mikroorganismů (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005).

Daná stádia kažení a stupně čerstvosti sladkovodních ryb se sensoricky projevují organoleptickými změnami na rybách, které můžeme hodnotit a sledovat podle tabulky 3 (INGR, 1994).

Tabulka 3 Sensorické projevy čerstvosti a stupně kažení sladkovodních ryb (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005)

Stupeň čerstvosti	Kůže	Svalovina	Oko	Žábry	Vnitřnosti
Čerstvý	Svěží, lesklá, napohled typické zabarvení	Pevná, elastická, otisk prstu mizí, lehce narůžovělá	Lesklé, nezakalená rohovka, zornice ostře ohraničené	Třešňově červené, lístky napjaté	Pevné, typicky zbarvené
Začínající rozklad	Matná, vybledlá, zřasená	Měkce ochablá, po stisknutí zůstává dolík	Bez lesku, slabě zakalené až svraštělé	Vybledlé, lístky zplihlé, s neostrými okraji	Zřetelné, na okrajích změkklé
Pokročilý rozklad	Vybledlá, rozpadající se, silně páchnoucí	Zcela změkklá, rozbředlá	Vpadlé, svraštěné	Nažloutlé, s nezřetelnými lístky	Těžko od sebe rozeznatelné
Úplný rozklad	Odbarvená, vypadané šupiny, rozklad zasáhl i podkoží	Kašovitá	Neznatelné, nebo s uvolněnou čočkou	Bělavé, s holými chrupavčitými ostny	Roztekklé v dutině tělní

2.6 Možnosti skladování ryb

Nejvhodnějšími způsoby zvyšování údržnosti čerstvě získané svaloviny a prodloužení její uchovatelnosti jsou zchlazení a chladírenské uskladnění nebo zmrazení a mrazírenské skladování masa (INGR, 2003). Ke krátkodobému uchování masa se využívá chlazení, naopak velmi účinnou konzervační metodou používanou k dlouhodobému skladování je mrazení. Mrazením a chlazením kapra obecného se ve své práci zabýval GHANIM (2016).

Čerstvost zmrazených potravin je pokládána pouze za relativní, neboť v potravinách dochází i během mrazírenského skladování k určitým fyzikálním a především enzymatickým změnám (SAMPELS, 2014). Po překročení doby skladovatelnosti nebo nedodržení doporučené teploty skladování, případně při výkyvech teplot, dochází k oxidativnímu nebo hydrolytickému žluknutí tuků, ztrátě chuti, vůně a barvy (BELITZ, *et al.*, 2009). K poslednímu nebezpečí dochází při nesprávném rozmrazování, kdy zvýšený odtok vody má vliv na změnu konzistence a nutriční hodnoty potravin (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005).

2.6.1 Chlazení

Chlazené čerstvé ryby bývají prodávány a skladovány na šupinkovém ledu, kde je teplota těsně nad nulou (HEEN, 1982). Zchlazení ryb na teploty blízké 0 °C napomáhá udržení čerstvosti a zvyšování údržnosti (INGR, 2003). Zchlazování by mělo začít co nejrychleji po usmrcení ryby. Tím dojde ke zchlazení svaloviny až do jádra a to významně snižuje rozvoj mikroorganismů (VÁCHA, 2000). Ve většině zemích je běžné skladovat ryby právě v ledu a doba skladování při různých teplotách se vyjadřuje relativní mírou narušení (RRS – Relative Rate of Spoilage) definovanou vzorcem (VÁCHA a VEJSADA, 2013):

$$\text{Relativní míra narušení } t \text{ } ^\circ\text{C} = \frac{\text{doba skladování při } 0 \text{ } ^\circ\text{C}}{\text{doba skladování při } t \text{ } ^\circ\text{C}}$$

INGR (2003) říká, že rychlost zchlazování (chlazení) je ovlivněno několika faktory:

1. Teplotou chladicího vzduch, případně jiného chladicího média;
2. Rychlostí proudění vzduchu;

3. Relativní vlhkostí vzduch (nižší relativní vlhkost vzduchu mírně zvyšuje rychlost zchlazování);
4. Hmotností opracovaných těl nebo jejich částí;
5. Tukovým krytím, které je tepelným izolátorem.

Doba skladování zpracovaných ryb by měla být maximálně 72 hodin (MATYÁŠ, 2002). VÁCHA (2000) uvádí, že při 0 °C je doporučená doba skladování lososa 11 dnů, balené tresky 14 dnů za relativní míry narušení 1 a při 5 °C klesá doporučená doba skladování pro lososa na 8 dní a relativní míra narušení stoupá na 1,5. Krátkodobým skladováním lososa se zabýval TAYLOR *et al.* (2002).

Jak již bylo zmíněno, významnou roli pro udržení vysoké kvality ryb při chlazení hraje rychlost zchlazení. Ta neovlivňuje jenom kažení, bakteriální aktivitu a oxidaci, ale i texturu (SAMPELS, 2014). Právě textura je důležitým parametrem pro senzoričké hodnocení a technologické zpracování (INGR, 2003).

Vedle klasického chlazení existuje i nízkoteplotní chlazení. Nízkoteplotním chlazením se myslí skladování ryb při teplotách 0 °C až –4 °C (VÁCHA, 2000). Také se může použít termín super chlazení či parciální zamražení. Při použití této metody je větší jistota, že doba skladování ryb a rybích výrobků může být podstatně prodloužena (VÁCHA a VEJSADA, 2013). V akvakultuře je tato technika úspěšně využívána jako ochrana proti mikrobiální kontaminaci a zároveň k prodloužení údržnosti (SAMPELS, 2014).

2.6.2 Mrazení

Mrazírenské skladování je již po dlouhou dobu považován za způsob, jak uchovat maso po delší dobu. Během tohoto procesu se zachovává čerstvost, nutriční hodnota a zároveň dochází k prodloužení doby údržnosti (STERNIŠA *et al.*, 2016). Snížením teploty pod bod mrazu dochází k postupnému zamrznání roztoků živin, kterými se mikroorganismy živí, a tím se pro ně ztěžují životní podmínky (VÁCHA a VEJSADA, 2013). INGR (2004) uvádí, že potraviny lze chránit před mikroorganismy zmrazením již pod –12 °C, ale spolehlivější je teplota pod –18 °C. VÁCHA a BUCHTOVÁ (2005) uvádí teplotu pro potlačení aktivity mikroorganismů –18 °C až –30 °C. K úplnému vyhynutí však nedojde, neboť po rozmrazení a obnově vhodných podmínek se činnost mikrobů rychle vrací. Mikrobiologické změny se během skladování zmrazených potravin neuplatňují, na rozdíl od plesnivění. Právě

plísňe vegetují a rozmnožují se i v teplotách od $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (MATYÁŠ a VÍTOVEC, 1999). Teplota vzduchu, která se doporučuje pro dlouhodobé skladování, je mezi $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ a mrazírenské sklady by měly být provozovány tak, aby byla udržena teplota $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve všech bodech výrobku (VÁCHA, 2003).

Z hlediska rychlosti můžeme zmrazování dělit na pomalé při střední rychlosti $v < 0,16\text{ mm}$ za minutu, rychlé při $0,16\text{--}0,80\text{ mm}$ za minutu a jako velmi rychlé $v > 0,80\text{ mm}$ za minutu (INGR, 2004).

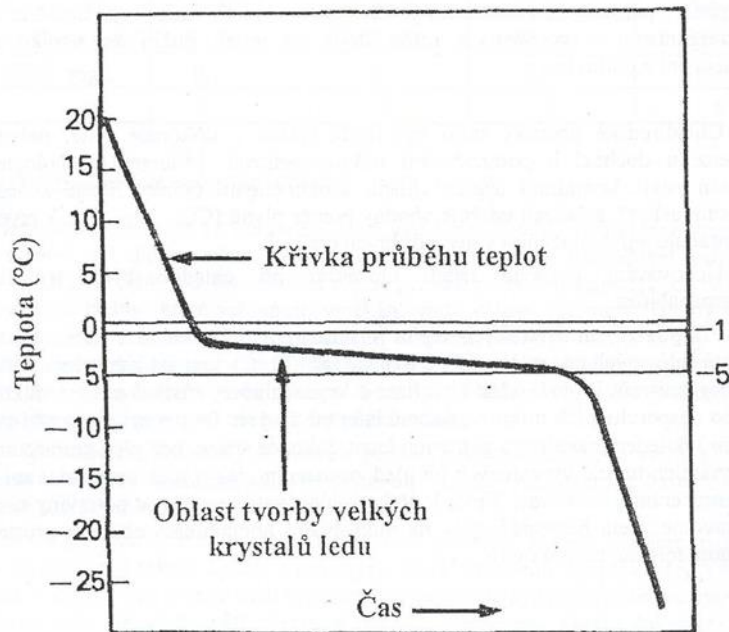
VÁCHA a BUCHTOVÁ (2005) uvádí, že podle postupu rychlosti mrazové zóny od povrchu zmrazovaného tělesa k jeho jádru rozeznáváme následující druhy zmrazování, které jsou uvedeny v tabulce 4. Průběh zmrazení zobrazuje Obrázek 1.

Tabulka 4 Druhy zmrazování (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005)

Druh zmrazování	Rychlost postupu mrazové zóny
Velmi pomalé	Pod $0,2\text{ cm.hod}^{-1}$
Pomalé	$0,2\text{--}1\text{ cm.hod}^{-1}$
Rychlé	$1\text{--}5\text{ cm.hod}^{-1}$
Velmi rychlé	$5\text{--}10\text{ cm.hod}^{-1}$
Kryogenní	Více jak 10 cm.hod^{-1}

VÁCHA (2000) uvádí, že celkový proces zmrazování lze rozdělit na tři fáze:

1. Ochlazení produktu k bodu mrazu (tato fáze probíhá poměrně rychle v závislosti na použití chladicího média);
2. Odvod skupenského tepla (v této fázi probíhá přeměna převážné části vody obsažené v produktu v led). Toto rozmezí, ve kterém tato přeměna probíhá, se nazývá pásmo maximální tvorby ledových krystalů. V produktu dochází ke změnám jako např. zvýšení koncentrace soli, mění se hodnota pH a vznikají krystalky ledu. Právě tvorbou krystalků ledu dochází ke vzestupu osmotického tlaku v mezibuněčných prostorech a podle pružnosti buněčných stěn dochází k jejich deformaci. Zásadně platí, že co nejrychlejším překonáním této fáze dojde ke kvalitnějšímu zmrazení produktu;
3. Zmrazení na požadovanou teplotu. Tato fáze probíhá obdobně jako ochlazení produktu k bodu mrazu poměrně rychle.



Obrázek 1 Průběh zmrazování (REGENSTEIN a REGENSTEIN, 1991)

Krom samotného zmrazovacího procesu je důležité následné skladování. Zmrazenou rybí svalovinu je potřebné udržovat ve stálém teplotním prostředí, protože teplotní fluktuaace, částečné rozmrazení a následné znovu zmrazení způsobí, že ledové krystalky se zvětšují a tím dochází ke snížení kvality produktu (LI a SUN, 2002). Zároveň příliš prudké zmrazení nám může způsobit tvorbu velkých ledových krystalků (ALIZADEH *et al.*, 2007). Ledové krystalky se mohou zvětšovat i při stálých teplotních podmínkách, kdy dochází ke spojení malých krystalků na větší, které mají kulovitý tvar a nejsou pro strukturu svaloviny nebezpečné, ale ovlivňují dobu skladování (SAMPELS, 2014).

Pokud dojde ke správnému zmrazení produktu a dodržení doby skladování, produkt by měl zachovat svou kvalitu i po následném rozmrazení (BELITZ, *et al.*, 2009). Mrazením filet kapra obecného se zabýval JEŽEK a BUCHTOVÁ (2012).

2.6.3 Způsoby zmrazování

Jednou ze starších metod zmrazování ryb je přímý styk s chladícím roztokem. Neustále dochlazovaný roztok cirkuluje pomocí čerpadla přes vlastní zmrazovací zařízení, v němž je ponořena potravina určená ke zmrazení. Jako roztok se nejčastěji používá solanka, která se udržuje na teplotách -16 °C až -20 °C (VÁCHA

a BUCHTOVÁ, 2005). Následně, aby byly odstraněny povrchově ulpělé soli ze zmrzlých ryb, dochází ke sprchování nebo namáčení ve vodě.

Mezi nové, nedávno vyvinuté techniky rychlého zmrazování masa, včetně rybího, patří mrazení tlakové, kryogenní, deskové a vzduchové (SAMPELS, 2014).

V deskovém zmrazování je produkt v přímém kontaktu s mrazícím povrchem. Účinnost deskových zmrazovačů je velmi dobrá a vyžaduje vhodné tvarování potraviny a obalu (INGR, 1996). Tento systém využívá často teplotu nižší než $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (KYZLINK, 1988). PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) uvádí teplotu deskového zmrazovače $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a tvrdí, že je výrazně rychlejší než zmrazování vzduchem.

Vzduchový, někdy označovaný jako tryskový systém, nám představuje velmi jednoduchou a zároveň vysoce účinnou mrazicí technologii pro ryby a produkty nepravidelného tvaru. Tento způsob zmrazování pracuje na jednoduché technologii zajišťující rychlé i kvalitní zmrazení a nejčastěji používaná teplota zařízení je $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ až $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (HALL, 2011). Produkt vyhrazený k zmrazení se umísťuje na posuvný pás, který posouvá surovinu tunelem, ve kterém je zajištěno proudění ledového vzduchu.

Kryogenní zmrazování využívá obdobného principu jako kapalinové mrazení. Rozdíl je v použitém médiu, kterým je oxid uhličitý nebo tekutý dusík (VÁCHA a VEJSDA, 2013). Vzhledem k velkému výparnému teplu a velmi nízkým teplotám, které mají tyto zkapalněné plyny, dochází k intenzivnímu ochlazování produktu a jeho následnému zmrazení. Ovšem nevýhodou je, že příliš prudké zmrazení nám způsobuje tvorbu velkých ledových krystalů ve svalovině (ALIZADEH *et al.*, 2007), jak již bylo zmíněno v kapitole 2.6.2.

Tlakové zmrazování nám funguje na zásadě, kdy je produkt vystaven vysokému tlaku, následně je pod tlakem ochlazen na teplotu mírně nad bodem mrazu vody při daném tlaku a po dosažení požadované teploty je tlak prudce uvolněn, což způsobí velmi rychlé zmrznutí celého produktu (SAMPELS, 2014). Při mrazení tlakem se vytváří výrazně menší ledové krystaly ve srovnání se vzduchovým zmrazováním (CHEVALIER *et al.*, 2000). Vysokotlakým zmrazováním se zabývali LI a SUN (2002).

2.6.4 Rozmrazování

Rozmrazování svaloviny je významnou operací celého komplexu zmrazování, ale v praxi mu bývá věnována jen malá pozornost. Způsob rozmrazování se odvíjí od způsobu zmrazování, stádia biochemických procesů v době zmrazování a neposlední řadě způsob či účel uplatnění zmrazeného masa (INGR, 2003).

Rozmrazení ryb by mělo vrátit jejich podobu a vlastnosti před zmrazením. Během tohoto procesu dochází ke ztrátám hmotnosti, obvykle kolem 5 %, a při nesprávném rozmrazování mohou být ztráty podstatně větší (INGR, 1994).

Aby se určitá hmotnost ryb rozmrazila, je třeba použít příslušnou dávku tepla. To se provádí volně na vzduchu nebo proudem vzduchu, případně za současného sprchování pitnou vodou anebo ve vodě při teplotě 21 °C, přičemž teplota v mase nesmí být vyšší než 7 °C (VÁCHA a BUCHTOVÁ, 2005). Novými metodami rozmrazování se zabývali LI a SUN (2002).

Při rozmrazování vzduchem dochází k rozložení bloků mražených ryb na čistou podložku, aby byly mezi nimi dostatečné mezery. Při teplotě vzduch kolem 15 °C je doba rozmrazování v hodinách, nikoliv ve dnech, a jen do takového stupně, aby to vyhovovalo dalšímu stupni zpracování (INGR, 2004).

Pokud dochází k rozmrazování vodou, je tato metoda vhodná zejména u celých nekuchaných ryb s hlavou a méně vhodná pro filety, neboť dochází k velkému vyluhování rozpustných bílkovin a dalších hodnotných složek masa (INGR, 1994). PIPOVÁ (2006) uvádí, že vodu k rozmrazování můžeme použít jen jednou a to z hygienických důvodů.

INGR (2004) uvádí šest metod rozmrazování vodou:

1. Pouhé ponoření do vodní lázně;
2. Hydromechanické rozmrazování;
3. Stacionární rozmrazování sprchováním;
4. Kontinuální rozmrazování sprchováním;
5. Kontinuální rozmrazování sprchováním a ve vodní lázni;
6. Vakuové rozmrazování.

Po rozmrazení je potřebné maso co nejrychleji tepelně zpracovat, protože došlo k aktivaci mikroorganismů a rozkladné procesy v masě by měly velmi rychlý průběh (INGR, 2003).

Tabulka 5 Vliv zmrazování a rozmrazování na charakteristiku masa kapra (VÁCHA, 2000)

Vliv svaloviny na zmrazování	Vliv svaloviny na rozmrazování
Dehydratace během zmrazování	Snížení obsahu glykogenu a ATP
Zvýšení koncentrace soli v nezmrazeném roztoku	Zvýšení obsahu laktátu
Narušení buněčných komponent (uvolnění buněčných enzymů)	Zvýšení koncentrace Ca^{2+} v myofibrilách
Narušení krevního řečiště (krevní skvrny) Narušení myofibril	Dočasné zvýšení tuhosti masa

2.7 Vlivy působící na kvalitu masa

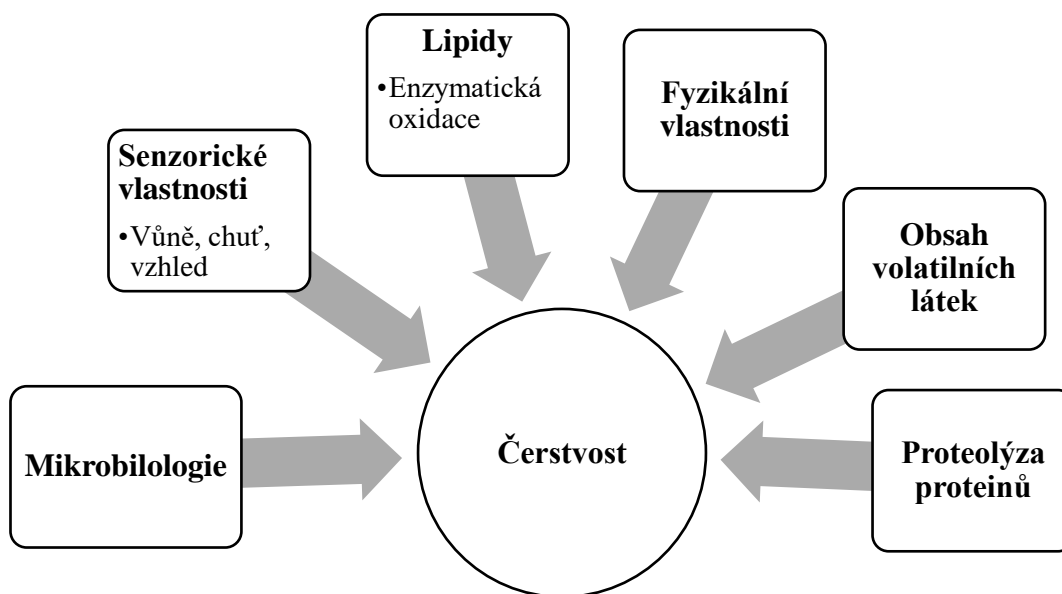
2.7.1 Dielektrické vlastnosti

Dielektrické vlastnosti jsou významným ukazatel, který přispívá ke kvalitě ryb a rybích výrobků (OLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997). Při hodnocení je důležité brát na zřetel, že tato vlastnost je důsledkem seskupení většího množství rozdílných vlivů a aspektů, viz Obrázek 2. Individuální vlivy mohou působit synergicky, jiné protichůdně a výsledkem je soubor vlastností, které chápeme jako čerstvost (ZAJÍC *et al.*, 2014).

Čerstvost ryb můžeme hodnotit podle aktuálního obsahu histaminu ve svalovině. Existují i další metody, jako např. měření teploty v jádře svaloviny vpichovým teploměrem a měření barvy atd. (ZAJÍC *et al.*, 2014). CHENG *et al.* (2014) uvádí, že pro indikaci čerstvosti produktů nám slouží i metody měřící texturu. Za tradiční metodu zjišťování čerstvosti se uvádí posouzení za pomoci lidských smyslů (DISTEL, 2010). Mezi nejspolehlivější metodu patří výpočet „K“ hodnoty, která je používána především v Japonsku a je postavena na rozkladu ATP ve svalovině až na kyselinu močovou (VÁCHA a VEJSADA, 2013).

$$K \text{ hodnota}(\%) = \frac{\text{inosin} + \text{hypoxantin}}{\text{IMP} + \text{inosin} + \text{hypoxantin}} \times 100$$

VÁCHA, (2000) uvádí, že čím je vyšší „K“ hodnota, tím menší je čerstvost ryb.



Obrázek 2 Vybrané vlastnosti ovlivňující čerstvost (OLAFSDÓTTIR *et al.*, 1997)

2.7.2 Textura

Textura rybího masa je mimořádně důležitou vlastností, která má vliv na kvalitu masa ať už syrového nebo vařeného (FAO, 2016). INGR (2003) hovoří o tom, že textura je velice důležitý parametr pro technologické zpracování a senzorické hodnocení. Textura rybí svaloviny je druhově specifická a závisí na složení pojivové tkáně, která tvoří podpůrnou síť procházející rybí svalovinou (ZAJÍC *et al.*, 2014).

Rozdíly v textuře mezi jednotlivými druhy ryb na základě obsahu sarkoplazmatických proteinů a velikostí svalových vláken se zabýval HATAE *et al.* (1990).

CEPÁK (2013) uvádí, že textura je velmi široký a těžko definovatelný pojem, protože každé odvětví průmyslu má svou definici a při hodnocení textury můžeme vycházet z následujících charakteristik:

1. Textura je skupina fyzikálních vlastností, které jsou odvozeny od struktury potravin;
2. Řadí se pod mechanickou nebo reologickou skupinu fyzikálních vlastností;
3. Je složena z více skupin vlastností, nejen z jedné vlastnosti;
4. Smyslově je textura primárně vnímána pomocí stlačování, převážně v ústech;
5. Nemívá spojení s chemickými smysly chuť a vůně;
6. Objektívni měření se provádí jen pomocí působení hmotnosti, síly, vzdálenosti a času.

Jestliže při hodnocení textury se vychází z několika fyzikálních vjemů, bylo by vhodnější hovořit o profilu textury, který naznačuje skupinu souvisejících vlastností (BOURNE, 2002). ZAJÍC *et al.* (2014) uvádí, že texturu syrových ryb lze posuzovat dvěma způsoby, a to subjektivně, kdy v tomto případě hodnotitel působí určitým tlakem svého prstu na vzorek filetu a hodnotí pevnost a elasticitu svaloviny na základě kombinace pocitové tvrdosti. Druhý způsob je hodnocení objektivní, kde se používá mechanických měřidel a vzhledem k různorodosti rybích filet je však obtížné dosáhnout průkazných výsledků. CHENG *et al.* (2014) rozděluje posuzování textury na metody vztahující se k senzorickému a instrumentálnímu měření. Při senzorickém hodnocení se textura hodnotí pohmatem, pohledem a ochutnáním (CEPÁK *et al.*, 2009). Naopak instrumentální metody umožňují objektivní měření pomocí přístrojů, které jsou snadno opakovatelné (VARELA *et al.*, 2006). Např. VÁCHA a VEJSADA (2013) uvádí, že přístroj pro měření profilu textury se nazývá texturometr, který umožňuje měření více parametrů jako jsou tuhost, pružnost, soudržnost a elasticitu.

Textura svaloviny ryb je ovlivněna řadou biologických faktorů. Odlišnosti jsou pozorovány i u stejných druhů ryb, pokud jejich chov, zpracování nebo skladování je rozdílné. Zároveň texturu může ovlivnit složení krmiva používané ve výkrmu (ZAJÍC *et al.*, 2014). LUNGER *et al.* (2007) uvádí, že ryby krmeny krmivem s větším

podílem živočišného proteinu mají svalovinu měkčí na rozdíl od ryb s větším podílem rostlinného proteinu v krmivu, které mají tužší svalovinu.

2.7.3 Vaznost masa

Vazností masa se rozumí schopnost masa vázat vodu a udržet ji během celého technologického procesu včetně tepelného opracování ve výrobku a to nejen vodu v mase přirozeně obsaženou, ale i vodu přidanou (INGR, 1996). Vaznost významně ovlivňuje jakost masných výrobků a ekonomiku výroby, především při ztrátě vody při výrobě, tepelném opracování a skladování (KADLEC *et al.*, 2009).

V libové svalovině je voda vázána různým způsobem a různě pevně. PIPEK a POUR (1998) uvádí, že nejpevněji je vázána voda hydratační, další podíly vody jsou imobilizovány mezi jednotlivými strukturálními částmi svaloviny a zbytek je volně pohyblivý v mezibuněčných prostorech. Z technologického hlediska se voda rozlišuje na volnou a vázanou, dále podle toho zda z masa volně vytéká za daných podmínek či nikoliv (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

Imobilizace vody nastává v síti membrán a filament strukturálních bílkovin a je závislá na nábojích v molekule bílkoviny, přičemž právě tyto náboje ovlivňují poměr přitažlivých a odpuzivých sil mezi jednotlivými strukturami svaloviny, čímž se zvětšuje nebo zmenšuje prostor, do kterého se může imobilizovat více či méně vody (KADLEC *et al.*, 2002).

Zvýšení množství imobilizované vody dochází, když se zvyšuje vzdálenost mezi peptidovými řetězci bílkovin elektrostatickým odpuzováním, zatímco snížením této vzdálenosti tvorbou příčných vazeb vede k úbytku části imobilizované vody (PIPEK a POUR, 1998). PIPEK a JIROTKOVÁ (2001) uvádí, že hlavní měrou se na této imobilizaci podílí aktin a myosin, tj. tlustá a tenká filamenta.

Imobilizace vody zásadně ovlivňuje spojování a štěpení příčných vazeb mezi bílkovinovými molekulami. KADLEC *et al.* (2009) říká, že mezi tyto vazby patří:

1. Příčné iontové vazby přes vícemocné (zejména vápník, hořčík a železo);
2. Vodíkové vazby mezi karbonylovými a iminoskupinami peptidových vazeb;
3. Iontové vazby mezi kladně a záporně nabitými skupinami;
4. Disulfidové vazby cystinu.

Jak již bylo zmíněno vaznost masa je definována jako schopnost masa udržet svoji vlastní, ale i přidanou vodu při působení nějaké síly. Čím více působí tato síla, tím více vody přechází z imobilizovaného stavu do stavu volně pohyblivého (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001). Analyticky zjišťovaný podíl imobilizované vody závisí nejen na působící síle, ale i na metodě, kterou vybereme ke stanovení a výsledek stanovení se vyjadřuje v procentech jako podíl vázané vody k celkovému obsahu vody (PIPEK a POUR, 1998).

Faktory, které ovlivňují vaznost masa, jsou především pH, teplota, obsah solí, obsah iontů, intravitální vlivy, průběh posmrtných změn a rozmělnění masa (INGR, 1996).

Hodnocení vaznosti je poměrně velmi složité a záleží na tom, jakým způsobem definujeme vázanou a volnou vodu. Podle toho se buď nepůsobí žádným fyzikálním vlivem, nebo se maso vystaví mechanickému namáhání či tepelnému zákroku (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001). PIPEK a POUR (1998) hovoří o tom, že mezi jednotlivými metodami nejsou přímé matematické vztahy a rozděluje metody na:

1. Metody bez použití síly:
 - Ztráty odkapem – kde se zjišťuje množství šťávy uvolněné za podmínek skladování masa;
2. Metody za použití síly:
 - Lisovací metoda – jde o měření plochy masa a tekutiny vylisované za definovaných podmínek na podloženém chromatografickém papíru;
 - Kapilární volumetrie – je modifikací lisovací metody;
3. Metody s působením tepla:
 - Ztráty vývarem – určuje množství vody, které se uvolní v důsledku ohřevu masa. Množství vody se zjišťuje gravimetricky.

2.7.4 Aktivita vody

Aktivita vody značí schopnost mikroorganismů a plísní růst při nízkých teplotách, kdy je limitována dostupnost vody. Obecně platí, že pokles aktivity vody pod optimální hodnotu prodlužuje lag fázi růstu mikroorganismů, což vede ke zpomalení růstu (STEINHAUSER, 2000). Dostupnost či nedostupnost vody pro mikroorganismy měříme a vyjadřujeme mírou mobilnosti vody, kterou je právě aktivita vody – a_w (INGR, 2007).

Jednu ze základních definic uvádí i VELÍŠEK (2002), který hovoří o tom, že aktivita vody vyjadřuje všechny interakce vody v potravinách mající za následek pokles entropie doprovázený snížením tlaku par vody a to lze odvodit vztahem:

$$a_w = \frac{p_w}{p_w^0}$$

Kde:

p_w = parciální tlak vodní páry nad roztokem;

P_w^0 = parciální tlak vodní páry čisté vody stejné teploty.

Aktivita vody by se měla pohybovat v rozmezí 0–1 a je-li potravina v rovnováze s okolním vzduchem, je aktivita vody v potravině stejná jako rovnovážná relativní vlhkost vzduchu, která je vyjádřena v procentech a pohybuje se v rozmezí 0–100 % (VELÍŠEK a HAJŠLOVÁ, 2009). Vztah a_w k obsahu vody v potravině vyjádřená v hmotnostních % není lineární, mění se složení potravin a podle hodnot a_w dělíme potraviny na tři základní skupiny (INGR, 2007):

1. 1,00–0,90 potraviny velmi vlhké;
2. 0,90–0,60 potraviny středně vlhké;
3. <0,60 potraviny suché.

A_w při stálém obsahu vody v potravině roste se zvyšující se teplotou. Pokud teplota vzroste o 10°C způsobí nárůst a_w v potravině o hodnotu asi 0,03–0,2, což může mít negativní vliv na stabilitu potravin (VELÍŠEK, 2002).

Všeobecně můžeme říct, že bakterie vyžadují pro svůj růst vyšší hodnoty a_w než plísně. Většina mikroorganismů má optimální a_w v hodnotách 0,99–0,95 a při snižující se hodnotě růstová schopnost v závislosti na jiných podmínkách výrazně klesá (STEINHAUSER, 2000).

Jelikož hodnoty a_w nelze vyvodit z obsahu vody v potravině, je nutné využít speciálních jednoúčelových přístrojů se speciálními senzory, které dosahují přesnosti 0,01 a_w a reprodukovatelnosti lepší jak 0,05 a_w (INGR, 2007).

Tabulka 6 Hodnoty a_w v různých potravinách (KADLEC, 2002)

a_w	Potraviny
0,98–0,99	Čerstvé maso, ryby, mléko, konzervovaná zelenina, ovocné kompoty, vejce
0,93–0,98	Chléb, kondenzované mléko, ovocné šťávy, solené ryby, rajský protlak, tepelně opracované salámy, sýry
0,85–0,93	Fermentované salámy, sušené maso, syrová šunka, slanina, slazené kondenzované mléko
0,60–0,85	Silně solené ryby, sušené ovoce a zelenina, džemy, rosoly, parmezán, ořechy
<0,60	Med, čokoláda, nudle, sušenky
0,1–0,2	Krevety, cukr, sůl, sušené mléko, cereálie

2.7.5 Barva masa

Barva masa je nápadným znakem, podle kterého spotřebitel posuzuje kvalitu svaloviny (ANDRÉS-BELLO *et al.*, 2013). Na barvě se výrazně podílejí krevní proteiny, jejichž podíl závisí na koncentraci a formě (FAUSTMAN a CASSENS, 1990). Barva masa tedy záleží na obsahu hemoglobinu a myoglobinu ve svalovině (SOHN *et al.*, 2007). Tyto proteiny jsou tvořeny bílkovinným nosičem nazývaným globin a barevná skupina zvaná hem, obsahující atom dvojmocného železa, komplexně vázaný v protoporfyrinovém skeletu (KADLEC *et al.*, 2009). Obsah hemových barviv v mase různých živočichů se pohybuje v rozmezí 100–10000 mg.kg⁻¹ a závisí na intravitálních vlivech (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

Podíl krevního barviva (hemoglobinu) záleží na tom, jak je maso kvalitně vykřveno (KADLEC *et al.*, 2002). Rozdíly v barvitelnosti mezi vykřvenou a nevykřvenou rybou se zabýval OLSEN *et al.* (2014). Jestliže dojde ke správnému vykřvení, vykuchání ihned po zabítí a jsou dodrženy vhodné podmínky pro skladování, barva rybí svaloviny je světlá. KADLEC *et al.* (2009) uvádí, že rybí maso je velmi světlé na rozdíl

od koňského a zvěřiny, které mají vysoký obsah hemových barviv. Špatné vykrvení a rychlé zmrazení vede ke hnědnutí svaloviny.

Barevné změny svaloviny souvisejí právě s reakcemi na atomu železa, kdy dochází buď k vazbě (donor-akceptorovou) některých molekul na tento centrální atom, aniž by při tom došlo ke změně valence železa, nebo naopak dochází k oxidaci na trojmocnou formu (KADLEC *et al.*, 2002). Tímto je ovlivněna doba skladování, jelikož s prodlužující se dobou skladování atom železa v krevní sloučenině oxiduje na trojmocnou formu a to způsobuje hnědnutí svaloviny (FAUSTMAN a CASSENS, 1990). Rozpad hemových barviv dále nastává působením vzduchu a peroxidu vodíku nebo činností enzymů či mikroorganismů (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

Barva je nejčastěji vyjadřována v systému CIE pomocí hodnot L^* , a^* a b^* . Nejpodstatnější hodnotou je světlost L^* , která je funkcí reflektance, což znamená poměr intenzity světla odraženého k intenzitě světla dopadajícího (PIPEK a POUR, 1998). Barevné odstíny jsou pak charakterizovány pomocí koeficientů a^* a b^* , kde a^* udává vztah mezi červenou a zelenou barvou, koeficient b^* pak mezi žlutou a modrou (PIPEK a JIROTKOVÁ, 2001).

V systému CIE se dnes méně užívá vyjádření pomocí dominantní vlnové délky (DWL) a sytosti či čistoty (EP), případně pomocí tzv. trichromatických koeficientů (x , y , z). Objektivně se barva vyhodnocuje pomocí spektrofotometru nebo videoanalýzou obrazu (PIPEK a POUR, 1998).

2.7.6 pH

Dalším důležitým faktorem ovlivňujícím údržnost masa je pH. Právě pH má vliv na růst a typ mikroorganismů, které se mohou vyskytovat ve výrobku (ENFORS, 2008). Hodnota pH je veličinou fyzikálně-chemickou, protože je vyjádřena koncentrace vodíkových iontů neboli míry kyselosti nebo zásaditosti prostředí, což je u masa velmi významné (INGR, 1996).

Za neutrální pH se z chemického hlediska považuje hodnota 7, je-li pod 7, považuje se prostředí za kyselé a je-li nad 7, označuje se jako zásadité (CHADWICK a CARDEW, 1999). Obecně platí, že většina hnilobných a patogenních mikroorganismů roste optimálně v rozmezí 6,0–7,2, kdy kvasinky vyžadují pro růst spíše kyselé prostředí a plísním vyhovuje nejlépe neutrální prostředí (STEINHAUSER, 1995).

V buňce pH jednak ovlivňuje aktivitu enzymů a jednak transport nutrientů do buňky. Postmortální hodnota je ovlivňována množstvím kyseliny mléčné vzniklé z glykogenu během anaerobní glykogenolýzy. Obsah glykogenu u ryb je podstatně nižší než u savců, a proto i pokles pH v masě ryb je nižší (VÁCHA a VEJSADA, 2013). Nejnižší hodnota pH, která je během zrání masa dosažena se nazývá pH ultimate a závisí na celé řadě faktorů (STEINHAUSER, 2000). VÁCHA (2000) uvádí, že konečná hodnota pH ryb je jen zřídka výrazně nižší než 6,0. Takovéto svaly potom nemají vytvořenou přirozenou bariéru a ke kažení dochází ve srovnání s masem s normálním průběhem zrání podstatně rychleji, jelikož přítomné mikroorganismy, které mají k dispozici snadno štěpitelné uhlohydráty, svými proteolytickými enzymy začnou štěpit proteiny a způsobují kažení masa (STEINHAUSER, 2000).

Změny pH masa nastávají jak při posmrtných změnách, tak i u některých technologických operacích, kdy se pH záměrně upravuje (PIPEK a POUR, 1998).

