

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

VARGA DÁNIEL

**KAPOSVÁRI EGYETEM
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**

2013

**KAPOSVÁRI EGYETEM
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**

Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minősítés Tanszék

A Doktori Iskola vezetője:

DR. KOVÁCS MELINDA
Tanszékvezető, egyetemi tanár, DSc.

Témavezető:

DR. SZABÓ ANDRÁS
PhD., habil

**A TERMÉSZETI KÖRNYEZET ÉS A TARTÁSI
KÖRÜLMÉNYEK HATÁSA PONTY (*CYPRINUS CARPIO* L.)
JÓLÉTÉRE ÉS TERMÉKMINŐSÉGÉRE**

Készítette:

VARGA DÁNIEL

KAPOSVÁR
2013

DOI: 10.17166/KE.2013.001

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	6
1. 1. Kutatási előzmények	7
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2. 1. A ponty általános jellemzése	10
2.1.1. A ponty származása és elterjedése	11
2. 2. A ponty húsmínőségi jellemzői	12
2.2.1. Zsírsavösszetétel	16
2. 3. A ponty húsmínőségének vizsgálati lehetőségei	17
2.3.1. Ponty Teljesítményvizsgálati Kódex	17
2.3.2. Konvencionális húsmínőségi vizsgálat	19
2.3.3. Teljestest összetétel	19
2.3.4. Non-invazív módszerek	20
2.3.5. Közeli infravörös spektroszkópia	21
2. 4. A fizikai aktivitás hatása halak élettani folyamataira	21
2.4.1. Izomfájták szerepe az úszásban	21
2.4.2. Halak úszásfajtái	22
2.4.2.1. Hosszantaró úszás	22
2.4.2.2. Meghosszabított úszás	22
2.4.2.3. Kirobbanó úszás	23
2.4.3. A halak úszási képessége	23
2.4.4. Úszási tesztek	24
2.4.5. Az úszás élettani hatásai	24
2. 5. Állatjóléti és termékminőségi összefüggések a halfeldolgozásban	26
2.5.1. Viselkedési és minőségi stresszindikátorok	27
2.5.2. Vágás előtti stresszorok és hatásai a húsmínőségre	29
2.5.2.1. Lehalászás, szállítás	29
2.5.2.2. Zsúfoltság	30
2.5.2.3. Oxigénhiány	31
2.5.3. Jelenleg alkalmazott vágási módszerek és állatjóléti megítélésük	32
2.5.3.1. Ütés	32
2.5.3.2. Elektromos kábítás	32
2.5.3.3. Hűtés	33
2.5.3.4. Szén-dioxidos kábítás	33
2.5.3.5. Kábítás nélküli vágás	34
2.5.3.6. Iki Jime	34
2.5.4. Vágási módszerek hatása a halhús minőségére	34
3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI	36
4. ANYAG ÉS MÓDSZER	38
4. 1. Eltérő környezetből származó pontyok húsmínőségi vizsgálata	38
4.1.1. Tógazdaságok, tavak	38
4.1.1.1. Attala	38

4.1.1.2. Nagyberki	38
4.1.1.3. Fonyód-Zardavár	39
4.1.1.4. Szeged-Fehértó	39
4.1.2. Pontyfajták	39
4.1.3. Mintavétel	40
4.1.4. Vágás és vágási paraméterek.....	40
4.1.5. Húsminőségi vizsgálatok	41
4.1.6. A vörös izom arányának meghatározása.....	41
4. 2. Fizikai aktivitás hatása ponty vérparamétereire és zsírsavösszetételére	42
4.2.1. Kísérleti állomány.....	42
4.2.2. Úsztató berendezés	42
4.2.2. Mintavétel, mintaelőkészítés.....	43
4.2.3. Vérparaméterek meghatározása.....	43
4.2.4. A filé foszfolipid zsírsavösszetételének meghatározása.....	43
4.2.5. A filé malondialdehid koncentrációjának meghatározása	44
4. 3. Extrém környezeti feltételek hatása ponty zsírsavösszetételére	45
4.3.1. Kísérleti állomány és mintavétel	45
4.3.2. Zsírsavösszetétel.....	45
4. 4. Perimortális stressz hatása a ponty húsminőségére.....	46
4.4.1. Kísérleti állomány, mintavétel	46
4.4.2. Mintavétel	46
4.4.3. Minőségi vizsgálatok	47
4.4.4. Laboratóriumi analitikai vizsgálatok	47
4. 5. Alkalmazott statisztikai módszerek.....	47
5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK.....	50
5. 1. Eltérő környezetből származó pontyok minőségi vizsgálata	50
5.1.1. Testméret indexek és vágási mutatók	50
5.1.3. Húsminőségi tulajdonságok	51
5.1.3.1. Zsirtartalom	51
5.1.3.2. Víztartóképesség.....	53
5.1.3.3. Szín.....	54
5.1.3.4. pH.....	55
5.1.4. A vörös izom aránya	55
5.1.4.1. A vörös izom aránya és a húsminőségi mutatók kapcsolata	56
5. 2. Fizikai aktivitás hatása ponty és filé foszfolipid zsírsavösszetételére és a vér metabolitjaira	58
5.2.1. Növekedés	58
5.2.2. Filé foszfolipid zsírsav összetétel.....	58
5.2.2.1. Arachidonsav és összes n6 zsírsav részarány.....	59
5.2.2.2. Margarinsav	61
5.2.2.3. Behénsav	61
5.2.3. Malondialdehid koncentráció	62
5.2.4. Vérszérum összetétel változása	63

5. 3. Extrém környezeti feltételek hatása ponty filé zsírsavösszetételére.....	72
5.3.1. A hévízi ponty béltartalmának és filéjének zsírsavösszetétele	72
5.3.2. A hévízi ponty filé zsírsavprofilja összehasonlításban az irodalmi adatokkal	75
5. 4. Perimortális stressz hatása a ponty húsmínőségére	78
5.4.1. A lehalászás, a szállítás, a tárolás és a vágás okozta stressz	78
5.4.2. Eltérő vágási módszerek hatása a húsmínőségre	79
5.4.3. Eltérő vágási módszerek hatása a <i>rigor mortis</i> és a halhús pH értékének alakulására	82
6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	85
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	88
8. ÖSSZEFOGLALÁS	90
9. SUMMARY	96
10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	103
11. IRODALOMJEGYZÉK	104
12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK	120
13. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK	122
14. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ	124
15. MELLÉKLETEK	126

1. BEVEZETÉS

Magyarországra a ponty-centrikus tavi haltermelés a jellemző. A ponty a tógazdasági haltermelésben első helyen áll 75% fölötti részarányával. Ez a hazai fogyasztási szokásokban is visszatükröződik, a legkeresettebb halfaj Magyarországon. A piac a kiváló húsminőséget egyelőre nem honorálja a felvásárlási árban, de ez a helyzet várhatóan megváltozik. A fogyasztási szokások átalakulásával egyre jelentősebb lesz a feldolgozott termékek, készítmények aránya, mely indokolja a különböző halfajok, különös tekintettel a ponty fokozott húsminőségi vizsgálatát.

A tógazdasági ponty fogyasztói megítélése – viszonylag nagyarányú felhasználásának ellenére – rossz. A szálkák mellett a fő kifogás a ponty ellen, hogy zsíros és sok esetben kellemetlen iszap-íze van. Ezek a rossz tulajdonságai összefüggésben vannak az életmódjával és a tartástechnológiával, melyek optimalizálásával a kellemetlen íz kiküszöbölhető.

Az itthon előállított halnak jelentős vetélytársai az olcsó, gyorsfagyasztott tengeri halak (hekk, tonhal), melyek a magyar piacon versenyképesebbek az élő, édesvízi halakkal szemben. A hazánkban termelt halak a versenyt az import halakkal szemben csak kiváló és állandó minőséggel és jó ár-érték aránnyal rendelkezve tudják felvenni.

A tengeri halak húsának jelentős mennyisége fagyasztva, egyéb módon tartósítva, vagy tovább feldolgozva kerül a piacra, így ezek húsminősége igen intenzíven vizsgált terület. Az édesvízi halak esetében a szakirodalom viszont nagyon szegényes a hagyományos húsvizsgálati adatokra vonatkozóan.

Mindezek tükrében indokoltnak tűnik a ponty termékminőségének vizsgálata – többek között - azokról az aspektusokról is, melyek ez idáig nem kerültek kellően előtérbe, úgymint a természeti környezet, a rendszeres terhelés vagy a tárolási- és perimortális stressz hatása a húsminőségre.

1. 1. Kutatási előzmények

A ponty az egyik legjelentősebb édesvízi hal, világszinten termelt mennyisége évente eléri a 4 millió tonnát, mely az édesvízi haltermelés közel 15%-a. Ennek több mint felét (2,4 millió tonna) Kína adja. (FAO, 2007). Kontinensünkön a ponty termelése Közép-, és Kelet-Európában jellemző. A ponty fogyasztása ugyanezekben a földrajzi területeken (Közép-, és Kelet-Európa valamint Ázsia) jelentős (SEGHAL ÉS SEGHAL, 2002), Nyugat-Európában és Észak-Amerikában e halfajnak nincs jelentősége az emberi táplálkozásban.

Nagyarányú termelése és fogyasztása ellenére a ponty húsminőségére vonatkozó kutatási eredmények világviszonylatban szerények és elsősorban a vágási mutatókra (pl. filékihozatal) és a zsírtartalomra fókuszáltak.

A nagyszámú hatótényező közül a természeti környezet is hatással van a halak, köztük a ponty minőségére (BAUER ÉS SCHLOTT, 2009). A természetes vízi és tógazdasági pontyok testzsír-tartalmának összehasonlítását (LENGYEL ÉS MTSAL., 2001), természetes- és gabonatakarmanynak hatását (HANCZ ÉS MTSAL., 1995), illetve a fajta hatását (vad és tógazdasági nemes) a zsírtartalomra (HANCZ ÉS MTSAL., 2002) már vizsgálták. A tógazdasági ponty testösszetételének szezonális változása is kutatott terület (KÖRMENDI ÉS MTSAL., 2002).

A rendszeres fizikai aktivitás hatását a testösszetételre és húsminőségre elsősorban állandó testhőmérsékletű gerinces fajoknál írták le (patkány, ember: HELGE ÉS MTSAL., 1999 és 2001; nyúl: SZABÓ ÉS MTSAL., 2002; vándorló madarak: GUGLIELMO ÉS MTSAL., 2002), halakra vonatkozóan kevés a vonatkozó irodalom. A rendszeres fizikai aktivitás az egyszeri terhelési formától erősen eltérő adaptációt indít el, melynek jellegzetes része a szénhidrátokról a zsírsavak oxidációjára való fokozatos áttérés, melyet már pisztrángban is leírtak (MANGONI ÉS WEBER, 2007). Az izomösszetételben a vörös izomrostok aránya emelkedik. Nő a haltest zsírtartalma, hiszen a rendszeres fizikai aktivitás az izomban a tároló lipidek (trigliceridek) mennyiségét (SZABÓ ÉS MTSAL., 2002), a struktúrális lipidek estében pedig azok minőségét (zsírsav összetételét) befolyásolja jelentősebb mértékben (ANDERSSON ÉS MTSAL., 1998). A húsminőség szempontjából kiemelten fontos, hogy a struktúrális lipidek zsírsavprofiljában főleg a C20-22-es n3 többszörösen telítetlen zsírsavak részaránya emelkedik meg (HELGE ÉS MTSAL., 2001).

A perimortális stressz mértékét, és összefüggését a húsminőséggel pontyfélékben kevés esetben vizsgálták. Ilyen jellegű kutatásokat jellemzően nagy tömegben tenyésztett és magasabb értéket képviselő tengeri (URBIETA ÉS GINES, 2000; HUIDOBRO ÉS MTSAL., 2001; OLSEN ÉS MTSAL., 2008) és édesvízi (LINES ÉS MTSAL., 2003) halfajokon végeztek. A vágás előtti kezelés (pl. szállítás, MERKIN ÉS MTSAL., 2010) és annak milyensége (zsúfoltság, BAGNI ÉS MTSAL., 2007) is jelentős stresszt okoz és ezen keresztül befolyással van a húsminőségre

Doktori munkám témaválasztása szempontjából szerencsés előzmény, hogy a Kaposvári Egyetem Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minősítés Tanszékén a Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumával közösen afrikai harcsán (*Clarias gariepinus*) már történtek hagyományos húsvizsgálatok, melyekben a takarmány

eltérő zsírsavforrásainak a húsminőségre gyakorolt hatásait írták le (SZABÓ ÉS MTSAI., 2009). A módszer többek között alkalmas arra, hogy az eltérő növényi olaj kiegészítések hatásait detektálja a halhús víztartó képességére, illetve annak nyíróerejére vonatkozóan is. Összefoglalva tehát megállapítható, hogy ponty fajban a húsminőséget befolyásoló környezeti faktorok, illetve a filé zsírsavprofiljának módosítási lehetőségei közül legfőképpen a takarmányozás hatását vizsgálták a korábbiakban. A dolgozatban foglalt munka ennek okán arra irányult, hogy felderítse a további környezeti tényezők húsminőségre gyakorolt hatását ponty fajban.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2. 1. A ponty általános jellemzése

A ponty (*Cyprinus carpio* L.) a pontyalakúak rendjébe (*Cypriniformes*), a ponty alkatúak alrendjébe (*Cyprinoidei*) és a pontyfélék családjába (*Cyprinidae*) tartozik. A vizeinkben élő vadpontynak két formáját különböztetjük meg: a nyurga pontyot (*C. c. morpha hungaricus*) és a tőpontyot (*C. c. morpha acuminatus*). A nyurga ponty teste nyújtott, hengeres, a tőponty magasabb hátú, rövidebb testű, oldalról lapítottabb forma. A tógazdasági nemes ponty még magasabb hátú és szintén lapított testű. Ezt a változatot a szakirodalom nem tartja önálló formának (PINTÉR, 2002).

A ponty szája csúcsba nyíló, harmonikaszzerűen kitolható. Négy bajuszszála van, ebből kettő rövidebb a felső ajkon, 1-1 hosszabb pedig a száj két szegleténél található. Szeme a testhez képest kicsi. Pikkelyei nagyok. A teljes pikkelyzetű vad és tógazdasági pontyoknál az oldalon pikkelyeinek száma 33-40 között változik. Az oldalon alatt és felett is 5-6 pikkelysor található. A tógazdasági nemes pontynál négy örökletes pikkelyzettségi típus ismeretes: pikkelyes, tükrös, oldalsoros és bőrponty (BAKOS, 1968).

Hosszú alapú hátúszójában 3-4 kemény és 16-22 osztott sugár található. Az utolsó kemény sugár hátsó része fogazott (bognártüske). A rövid farok alatti úszóban 3 kemény és 5-6 osztott sugár van, az utolsó kemény sugár tüskeszerű, hátul fogazott. Jól fejlett farokúszója mélyen kivágott.

A ponty színe élőhelytől és származástól függően is változik. A hát leggyakrabban sötét olajzöld vagy olajbarna, a testoldalon a zöldessárga szín dominál, a has sárgásfehér, néha teljesen fehér (PINTÉR, 2002).

A ponty az ivarérettséget hőmérséklettől függően 2-4 év alatt éri el. Természetes ivóhelyét a dús növényzettel benőtt kiöntések képezik.

A piaci méretet (1,5 - 2 kg) tógazdasági körülmények közt általában háromnyaras korára éri el.

A ponty mindenevő halfaj, természetes viszonyok esetében az állati eredetű táplálék fogyasztása dominál a táplálkozásában. A zsenge ivadék fő tápláléka a zooplankton (*Rotatoria*, *Copepoda*, *Cladocera*), a növekedés során azonban folyamatosan áttér a bentosz (szúnyoglárva) szervezetre. Természetes körülmények közt a növényi táplálék fogyasztása elenyésző (PINTÉR, 2002). SPECZIÁR (1999) vizsgálatai szerint a balatoni pontyok fő táplálékát a vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*), az árvaszúnyoglárva és a detritusz alkotja.

2.1.1. A ponty származása és elterjedése

Napjainkban a ponty földünkön a legszélesebb körben elterjedt édesvízi halfaj. Európában és Ázsiában részben természetes terjedésének, részben az ember tudatos telepítő tevékenységének köszönheti, hogy a legészakibb területek kivételével gyakorlatilag mindenütt megtalálható az élőhelyi igényeinek megfelelő vizekben (PINTÉR, 2002).

A ponty őse a Kaszpi-tó térségében alakulhatott ki a pleisztocén kor végére, az utolsó jégkorszak lezárultával. 8-10 ezer évvel ezelőtt jöttek létre olyan viszonyok, hogy az egyes pontytörzsek kelet felé az Aral-tó vízrendszerén keresztül eljutottak Kelet-Ázsiába, illetve nyugati irányban a Fekete-tenger környékéről a Duna vízrendszerébe. Európában minden más vízben történő megjelenése a későbbiekben az ember tudatos tevékenységének az eredménye. Mára - az Antarktiszt leszámítva - minden kontinensen nagy számban jelen van, sok helyen erőteljesen nemkívánatos tagja a vízi ökoszisztémáknak.

2. 2. A ponty húsminőségi jellemzői

A ponty húsának minőségét leginkább az életkor és a hal életkörülményei befolyásolják. A háromnyaras hal húsa a legjobb, mert a fiatal és öreg egyedek rostjai erősebbek, ezáltal szívósabbak, kevesebb zamatanyagot tartalmaznak (DARÁZS ÉS ACZÉL, 1987), illetve a kor előrehaladtával nő a zsírtartalom. A pontynál (mint a halaknál általában) – a homeotherm vágóállatokkal ellentétben – az ivar nem befolyásolja az ízt.

A ponty húsa közvetlenül a vágás után fogyasztható, kivételt képeznek a nagyméretű, idősebb egyedek, melyek húsa 2-3 nap jégen tartás alatt érlelődik, ízesebbé, puhábbá válik.

A legtöbb halfajnál - köztük a pontynál is – az izomzat megközelítőleg 90 %-a fehér izom, míg 10 %-a magasabb mioglobinnel tartalmú vörös izom. A fehér, glükolitikus rostú izomszövetek a gyors, hirtelen, magas intenzitású mozgásformákért felelősek, míg a vörös, oxidatív izomszövetekben gazdag izmok a hosszantartó, alacsony intenzitású úszásban kapnak szerepet (OSTRANDER, 2000). A vörös izom általában az oldalvonal mellett és az úszók függőlegesében található. A vörös izom zsír-, glikogén-, hemoglobinnel- és vitamintartalma, valamint mitokondrium sűrűsége magasabb, mint a fehér izomé.

A halhús élvezeti értékét rontják a hal izomszövetében lévő éles, vékony, Y alakú szálkák. A pontytest átlagosan 97 db szálkát tartalmaz, melyek nagy része a farok környékén és az úszók közelében helyezkedik el (BAKOS ÉS MTSAL, 1979). A halhús táplálkozás-élettani értéke igen nagy, a legfontosabb fehérjében, zsírokban és szénhidrátokban kívül ásványi anyagokban és vitaminokban is gazdag (DARÁZS ÉS ACZÉL 1987).

A nem túlhízalt ponty húsának átlagos **fehérjetartalma** kisebb, mint a homeotherm állatoké (LÁNYI, 1968). Összetételében azonban előnyösebb,

táplálkozás-élettani értéke magasabb. A halfehérje összetétele értékesebb a vágóállatok húsanak fehérje-összetételénél, mert igen kedvező arányban tartalmazza az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen aminosavakat (DARÁZS ÉS ACZÉL, 1987). A ponty egyedfejlődése során kismértékű növekedés figyelhető meg a fehérjataralmat illetően (TAKEUCHI ÉS MTSAL., 1979; HOSSAIN ÉS JAUNCEY, 1989), majd egy bizonyos idő múltán beáll egy viszonylag állandó értékre (16-19%) (FACONNEAU ÉS MTSAL., 1995). Ezt követően csak csekély változások figyelhetők meg, koplalás (SCHERBINA ÉS GRIYAYEV, 1990; SHIMENO ÉS MTSAL., 1990) és kiegyensúlyozatlan takarmányozás hatására (ZEITLER ÉS MTSAL., 1984; D'MELLO ÉS MTSAL., 1989; VIOLA ÉS MTSAL., 1992). A fehérje depozíció és tartalom ezeken kívül szteroidok etetésével növelhető (LONE ÉS MATTY., 1984; SATHYNARAYANA RAO ÉS MTSAL., 1988; BASAVARAJA ÉS MTSAL., 1989), ENNEK az Európai Unióban azonban nincs jelentősége.

A fehérjék aminosavainak szintézise különböző életkorokban szinte azonos intenzitású (ZEITLER ÉS MTSAL., 1984) és ez a megállapítás igaz az azonos életkorú, de eltérő fehérjeforrással táplált pontyokra is (SCHWARZ ÉS KIRCHGESSNER, 1993).

Az édesvízi halak – köztük a ponty – húsanak **szénhidráttartalma** (glikogén) elenyésző, mindössze 0,1-0,2 % (DARÁZS ÉS ACZÉL, 1987).

A halhús vörös izma gazdagabb **vitaminokban**. A zsírban oldódók közül az A és a D, a vízben oldódók közül pedig a B1 és a B2 vitamin tartalom a jelentősebb. A ponty vörös izma háromszor annyi C-vitamint tartalmaz, mint a fehér (KRISHNAMOORTHY ÉS MTSAL., 1972). Egyes halfajok mája jelentős mértékben tartalmaz A-, és D-vitamint. A ponty májának nincs jelentősége a táplálkozásban.

A halhús **víz tartalma** nagyobb, mint az állandó testhőmérsékletű állatoké, emiatt jóval romlékonyabb. A víztartalom 70-80 % körüli, mely nagyrészt a hal tápláltságától függ. A pontyhús víztartalma fordított arányban áll a

zsírtartalommal (FACONNEAU ÉS MTSAL., 1995), emiatt jóval magasabb például a teleltetett halak húsának víztartalma, mint a tenyésztidőszakban.

A pontyhús **ásványianyag tartalma** valamivel magasabb, mint az állandó testhőmérsékletű állatoké, legnagyobb mennyiségben foszfort, vasat, kalciumot, káliumot és szervesen kötött jódot tartalmaz (DARÁZS ÉS ACZÉL, 1987). A ponty ásványianyag tartalmát csirkével összehasonlítva az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat Ponty karkasz (KIRCHGESSNER ÉS SCHWARZ, 1986) és csontozott csirkehús (AL-NAJDAWI ÉS ABDULLAH, 2002 nyomán) ásványianyag tartalma

	1 kg ponty karkasz	1 kg csontozott csirke
Ca	6,1 g	0,17 g
P	5 g	n.a.
K	2,1 g	5,4 g
Na	0,85 g	1,9 g
Mg	0,25 g	0,31 g
Fe	20 mg	53 mg
Cu	1,1 mg	n.a.
Zn	63 mg	4 mg
Mn	0,7 mg	0,45 mg

Az élő szervezetekre jellemző általános törvény a pontyra is igaz: a teljes test és a hús **zsírtartalma** növekszik az állat méretével, és párhuzamosan csökken annak víztartalmával (FAUCONNEAU ÉS MTSAL., 1995).

A ponty testzsírtartalma a tartási körülményektől függően eltérő lehet. E tekintetben legfontosabb tényező a hal tápláltsága: a sovány ponty húsában 1,9 %, hizlalt kövér ponty húsában 8,7 %, túl hizlaltéban pedig 20 % körüli a zsírtartalom (DARÁZS ÉS ACZÉL, 1987). Más tényezők (hőmérséklet, szteroid pótlás) közvetett módon vannak hatással a táplálkozásra és ezen keresztül a zsírtartalomra (LONE ÉS MATTY., 1984; SATHYNARJANA RAO ÉS MTSAL, 1988; BASAVARAJA ÉS MTSAL., 1989; SANGER, 1992; VIOLA ÉS MTSAL., 1992).

A ponty zsírtartalma összefüggésben van a takarmányozással is. A megetetett takarmány minősége és mennyisége nagyban befolyásolja a ponty növekedését és minőségét. A szükségleten felüli túlzott etetés zsírossá teheti a húst, a táplálékban található hasznos anyagok mellett a káros anyagok is beépülnek az állat szervezetébe.

A takarmányozás nagyobb intenzitása és a kiegészítő takarmányozás (D'MELLO ÉS MTSAL., 1989; SCHERBINA ÉS MTSAL., 1990; SHIMENO ÉS MTSAL., 1990; VIOLA ÉS MTSAL., 1992) gyorsítja a növekedést és emeli a zsírtartalmat is. A jó minőségű takarmányok alkalmazása gyorsítja a növekedést, ami a tenyésztő csökkenésével jár, de a tógazdasági termelésben a zsírtartalom növekedését eredményezi (FAUCONNEAU ÉS MTSAL., 1995).

LENGYEL ÉS MTSAL (2001) vizsgálatai alapján a növendék pontyok testének nyerszsírtartalma visszavezethető a takarmányozásra. Intenzíven nevelt, döntően táppal takarmányozott pontyoknál a teljes testben 11,3-12,3%, míg a csak búzával etetett pontyoknál 16,5% nyerszsírtartalmat mértek. Extenzív halastóban nevelt, szintén búzával, de kevesebb takarmánnyal nevelt pontyok testzsír-tartalma viszont csak 10,8% volt.

A halastavakban nevelt ponty testösszetétele jelentős mértékben eltérhet az egyes térségekben alkalmazott takarmányozási módok szerint is. Ez gondokat jelenthet a garantált, kiegyenlített húsminőség biztosításában. A haltenyésztési technológiákat természetesen nem lehet egységesíteni, mert az adott termelő egységek sajátosságai ezt nem teszik lehetővé, de arra törekedni kellene, hogy a megtermelt halhús minősége egy később kialakítandó követelményrendszer határain belül állandó, vagy a jelenleginél kiegyenlítettebb legyen. Az eltérő takarmányok más-más hatással vannak a ponty testösszetételére, a természetes vízi pontyok húsának a nyersfehérje, de legfeltűnőbben a nyerszsír tartalma lényegesen eltér a tógazdasági pontyétól (LENGYEL ÉS MTSAL., 2001).

HANCZ ÉS MTSAL. (1995) kísérletükben egynyaras pontyokon vizsgálták természetes táplálék (zooplankton és Tubifex) és takarmány (búza) hatását a

gyarapodásra és a zsírtartalomra. Eredményeikből kiderül, hogy a Tubifexszel etetett halak hasonló tömeggyarapodást értek el, mint a búzával etetettek, de az abraktakarmányt fogyasztó egyedek elzsírosodtak.

HANCZ ÉS MTSAI (2002) egy másik kísérletben pontyfajták teljesítményvizsgálatai során arra a következtetésre jutottak, hogy a nyurga pikkelyes „vad” fajták a tógazdasági fajtákhoz viszonyítva, azonos takarmányozás mellett, nagyobb mértékben zsírosodnak el.

A ponty zsírtartalma a tenyésztési időszak alatt is nagy eltéréseket mutathat. Piaci méretű tógazdasági ponty nyerszsírtartalma két hónap alatt 10%-ot is emelkedhet (KÖRMENDI ÉS MTSAI, 2002). A nagyarányú zsírtartalom növekedés a nyári hónapok alatt történik, és a nagyobb mennyiségű etetett takarmánynak köszönhető.

2.2.1. Zsírsavösszetétel

A ponty filéjének és egyéb szöveteinek zsírsavösszetétele elsősorban a takarmányozástól, a hőmérséklettől és a környezettől függ (TAKEUCHI ÉS WATANABE, 1977; WATANABE ÉS MTSAI, 1981; FARKAS ÉS CSENGERI, 1976; FARKAS, 1984; CSENGERI ÉS FARKAS, 1993).

A túlzott gabonatakarmanyozasnál, illetve főlegben biztosított takarmány etetése esetén a keményítő lebontás - zsírsav építés folyamatában nagyobb arányú az értéktelenebb, telített zsírsavak részaránya. A természetes táplálék, például a szúnyoglárva, plankton, amelyek hosszú láncú n3 zsírsavakat képesek előállítani, megfelelő táplálékot jelentenek (TRENOVSZKI ÉS MTSAI., 2008).

Ideális esetben a ponty sok természetes táplálékot fogyaszt, melyre szűkös takarmányozással rászoktatható. Ilyen jellegű racionális takarmányozásnál a ponty kezdetben elsősorban fehérjét épít be a testébe, a fehérje-tartalom 14-15 %-on stabilizálódik, majd a trend megfordul és megkezdődik a zsír-depozíció (RUTTKAY, 1999).

TRENOVSZKI ÉS MTSAI (2011) öt magyarországi tógazdaságból származó, eltérően takarmányozott pontyok filéjének zsírsavösszetételét vizsgálták. Arra a következtetésre jutottak, hogy a zsírsavösszetételt legnagyobb mértékben a lehalászás előtti néhány hetes időszak takarmányozási protokollja, vagyis a befejező takarmányozás befolyásolja. A nagymértékű szemes takarmány növeli a telített zsírsavak arányát, az olajos magvak etetése azonban kedvezőbb irányba mozdítja a zsírsavprofil a telítetlen zsírsavak részarányának növelésével.

A ponty filé zsírsavösszetétele szezonálisan változik. A többszörösen telítetlen zsírsavak (PUFA) magasabb hányadban találhatók tavasszal, nyáron és ősszel, mint a telített (SFA) és az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA). A telített zsírsavak (SFA) közül a palmitinsav a legmagasabb arányú minden évszakban (14–16,6%). A legfőbb egyszeresen telítetlen zsírsav az olajsav (15,1–20,3%). A dokozahexaénsav (DHA) legnagyobb százalékban nyáron és télen, a linolsav pedig tavasszal és ősszel található a ponty húzában. Téli időszakban százalékos arányát tekintve teljes zsírsavösszetételben az összes n3 zsírsav tartalom magasabb, mint az összes n6 tartalom (GULER ÉS MTSAI., 2008).

2. 3. A ponty húsmínőségének vizsgálati lehetőségei

2.3.1. Ponty Teljesítményvizsgálati Kódex

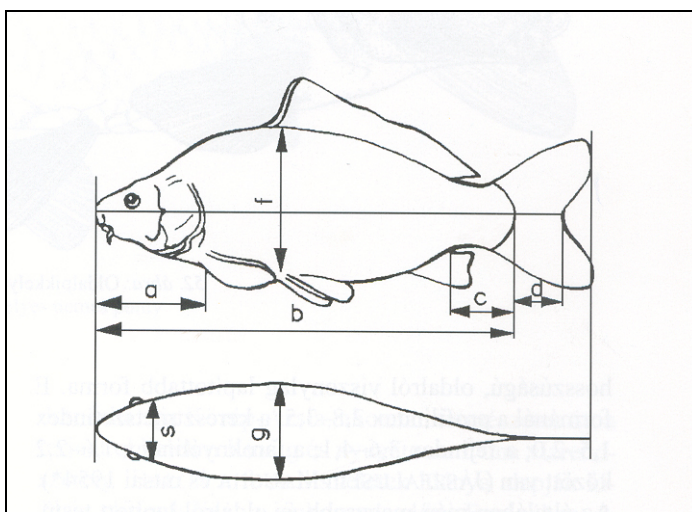
A magyarországi pontyfajták teljesítményvizsgálatáért és a fajtaelismerésért a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (NÉbih) a felelős a PONTY TELJESÍTMÉNYVIZSGÁLATI KÓDEX (2001) alapján. (Korábban az Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet (OMMI) végezte ezt a tevékenységet.) A legutolsó ponty teljesítményvizsgálat 2010-ben történt.

A halakat a teljesítményvizsgálatnak morfológiai jellemző rendellenességeinek (gerincrövidülés és -ferdülés, valamint torz fej-, és úszóalakulás, pikkelyezettségi hiba és oldavonalhiba) meghatározása és kizárása után lehet alávetni.

A testméret adatokból (teljes testhossz, törzhossz, fejhossz, faroknyélhossz, testmagasság, testszélesség) kerülnek kiszámításra a származtatott adatok: profilindex (a testhosszúság és a testmagasság hányadosa), keresztmetszetindex (a testmagasság és a testszélesség hányadosa), fejindex (a testhosszúság és a fejhosszúság hányadosa), faroknyélindex (a testmagasság és a faroknyélhossz hányadosa) (1. ábra).

A vágóérték elbírálása során az élősúly mérés után konyhai jellegű feldolgozás következik: először a pikkelyeket és a bőrkaparékot, majd az úszókat távolítják el. Az úszókat a testhez legközelebb kell levágni. Minden eltávolított testrészt gramm pontossággal mérni kell. Ezután a zsigerek eltávolítása, mérése és a bélcső hosszának a megállapítása következik. A fejet a testtől a 2. és a 3. csigolya közt kell eltávolítani, a kopoltyú tömegét külön kell mérni. A vágott és tisztított test súlya az élősúlyhoz viszonyítva adja a vágóértéket, melynek átlagos értéke 55-60% körüli.

A zsírtartalom vizsgálatát fajtánként mindig két ismétlésben kell végezni, a vágóérték elbírálásánál szereplő 20-20 egyedből. A zsírtartalom mérését a vágóérték meghatározásakor keletkező vágott testről lefejtett jobb oldali filéből végzik, Van Gulik-féle butirométeres eljárás szerint. A szárazanyagtartalom kiszámításához a filét 1x1 centiméteres kockákra kell darabolni, és 80 °C-on súlyállandóságig szárítani.



1. ábra A ponty testméret adatai (JÁSZFALUSI, 1954)
(a – fejhossz, b – testhossz, c – faroknyélhossz, f – testmagasság, g – testszélesség)

2.3.2. Konvencionális húsmínőségi vizsgálat

A konvencionális húsmínőségi vizsgálatot elsősorban az állandó testhőmérsékletű állatok húsmínőségi paramétereire dolgozták ki, de kiterjeszthető halakra is. A konvencionális húsmínőségi vizsgálat során a vágást követő 45 perces és 24 órás pH-t, a víztartó képességet (csepegési-, főzési- és felengedetési veszteség), a szint CIE Lab értékekben regisztráljuk (HONIKEL 1998). Tekintettel arra, hogy a friss húst jellemző szín kialakulása a húspanban lejátszódó *post mortem* folyamatok függvénye, a méréseket a mintavételt követő napon, 24 óra elteltével célszerű végezni.

2.3.3. Teljestest összetétel

A teljestest összetétel meghatározása (nyersfehérje, nyerszsír, szárazanyag, és hamutartalom) széles körben elterjedt vizsgálati módszer az állattudományokban. Pontynál takarmányozással összefüggő (LENGYEL ÉS MTSAL., 2001), illetve szezonális jellegű (KÖRMENDI ÉS MTSAL., 2002) testösszetételi változásokat vizsgáltak az eddigiekben.

2.3.4. Non-invazív módszerek

A testösszetétel vizsgálatok másik típusának tekinthetők az úgynevezett non-invazív módszerek. A biológiai tudományok egyik fő célja, hogy az élő szervezetek felépítését és működését minél pontosabban megismerjék. A képalkotó diagnosztika rendkívül alkalmas állati testösszetétel *in vivo* tanulmányozására. Ezen eljárások segítségével élő állatokban feltérképezhetők a normális és funkcionális állapotok mellett a kóros folyamatok és elváltozások is. Mindezek mellett a 3D képalkotó eljárások legfőbb haszna az állattudományban a tenyészállatok testösszetételének az egyed károsítása nélküli pontos megállapítása, ezzel növelve a szelekciós döntések megbízhatóságát (REPA ÉS MTSAL., 2002).

A teljestest összetétel meghatározással kapcsolatos vizsgálatok során sok eljárást teszteltek, változó eredményekkel. Ezek kiküszöbölésére alkalmasak a humámdiagnosztikában alkalmazott képalkotó eljárások, melyek közül először az ultrahang (UH) készüléket alkalmazták sertés zsírdepóinak a feltérképezésére. A computer tomográfia (CT) szintén sertéseken történő első alkalmazása (SKJERVOLD, 1981) nagy lépés volt az élő állatok testösszetételének pontos meghatározására.

Pontyon jól alkalmazható a computer tomográfias testösszetétel meghatározás. A más halfajokhoz képest magas zsírtartalma könnyűvé teszi a filé zsírtartalmának meghatározását (ROMVÁRI ÉS MTSAL., 2002; HANCZ ÉS MTSAL., 2003 a, b).

Csatornaharcsán (*Ictalurus punctatus*) (JARAMILLO ÉS MTSAL., 1994) és vörös árnyékhalon (*Sciaenops ocellatus*) (BAI ÉS MTSAL., 1994) végzett kutatások kimutatták, hogy a teljes test vezetőképességének (TOBEC) mérése is alkalmas a halak testösszetételének vizsgálatára. A ponty teljestest zsírtartalmának meghatározása TOBEC módszerrel HANCZ ÉS MTSAL. (2003) nevéhez köthető.

A mágneses rezonancia (MRI) vizsgálat a CT-hez hasonlóan kíméletes eljárás. A ponty esetében is kiválóan alkalmas anatómiai jellegű kutatásokra (CHANET ÉS MTSAL., 2009)

2.3.5. Közeli infravörös spektroszkópia

Közeli infravörös spektroszkópia (NIRS) a mezőgazdaság-tudományokban és az iparban egyaránt nagy jelentőséggel bír. A halhús minőségét kis mintákon, lehetőleg gyors analízis módszerekkel érdemes elemezni; e területen egyre nagyobb szerepet kap a közeli infravörös spektroszkópia (XICCATO ÉS MTSAL., 2004). A módszer oldószermentes alkalmazást biztosítva ad lehetőséget a kémiai összetétel becslésére, illetve az eltérő minta-populációk csoportosítására. A Kaposvári Egyetem Állati Termék Minősítő Laboratóriumában több halfajon is végeztek NIRS analízist. BÁZÁR (2008) afrikai harcsán különböző takarmánykiegészítések hatását detektálta közeli infravörös spektroszkópiás mérésekkel.

2. 4. A fizikai aktivitás hatása halak élettani folyamataira

2.4.1. Izomfajták szerepe az úszásban

A halfajok száma a Földön meghaladja a 25000-et, és a legtöbbjük az egész testük hullámozásával (unduláló mozgásforma) úszik (LIGHTHILL, 1969). A halak helyváltoztató mozgását legfeljebb három, de általában csak kettő morfológiailag különböző myotómákkal rendelkező izomrost-fajta segíti. A vörös oxidatív típusú izmok, melyek általában az össz-izomzat 10 %-át teszik ki, a hosszantartó úszásért felelősek. A mitokondriumban szegényebb fehér izomrostok, melyek a testtömeg 50%-át alkotják, a rövid kirobbanó úszási módot teszik lehetővé (BERNAL ÉS MTSAL., 2010). Érdekes, hogy a legtöbb

halnál ezek a rostok térbeli elkülönülést mutatnak a myotómákban és a rost típusokon belül, azonban a pontyféléknél vegyes típusú izmot (IIx, rózsaszín kevert-rostú típus) alkotnak (JOHNSTON ÉS MTSAL., 1977; DAVISON ÉS GOLDSPINK, 1978).

2.4.2. Halak úszásfajtái

A halak többféle úszásformát használnak a helyváltoztatásra, annak okától vagy céljától függően. Attól függően, hogy mire irányul ez a tevékenység, a halaknál három fő úszásfajtát különböztetünk meg: a hosszantartó (sustained) úszást, a meghosszabított (prolonged) úszást és a kirobbanó (burst) úszást. A kategorizálás az úszási időn és az izmot tápláló biokémiai folyamatokon alapulnak (BEAMISH, 1978).

2.4.2.1. Hosszantartó úszás

A hosszantartó úszás olyan sebességű, hogy a hal fenn tudja tartani 200 percnél hosszabb időn keresztül izomfáradtság nélkül (BEAMISH, 1978). Ezt a mozgásformát aerob metabolizmussal (lipidek oxidációjával) a vörös izomrostok biztosítják, amelyek kis energiaszükséglettel nagyon lassan merülnek ki (WEBB, 1994).

2.4.2.2. Meghosszabított úszás

A meghosszabított mozgásformát a hal 20 másodperctől akár 200 percig is képes fenntartani a teljes kimerülésig (BEAMISH, 1978). Ez a típus átmenetet képez a hosszantartó és a kirobbanó úszás közt. Az energiát az oxidatív vörös izomrostok és a glikolitikus fehér izmok együttesen szolgáltatják, aerob és anaerob módon egyaránt. A sebesség növekedésével az aerob metabolizmus kerül előtérbe. A fehér izomrostok sok energiát képesek szolgáltatni, de kicsi az energiatartalékuk, így e mozgásforma fáradtsághoz vezet (WEBB, 1994).

2.4.2.3. Kirobbanó úszás

A kirobbanó úszásformával érhető el a legnagyobb sebesség, de ez csak rövid időn (<20 másodperc) keresztül tartható fenn (BEAMISH, 1978). Ezt a sebességet a test az anaerob metabolizmusú fehér izmokkal éri el (WEBB, 1994). Ezzel az úszástípussal jutnak át erős sodrású helyeken, rabolnak, vagy éppen menekülnek a ragadozók elől.

2.4.3. A halak úszási képessége

A halak úszási képességét, sebességét és kitartását több szempontból is vizsgálják. Elsősorban morfológiai eltérések (pl. úszók mérete), takarmányozási (eltérő zsírsav-összetételű takarmányok) és környezeti (hőmérsékleti akklimatizáció) hatásait mutatták ki a halfajok úszási képességének meghatározásával. Első esetben közvetlen hatásról beszélhetünk, míg a másik két esetben a halak megváltozott fiziológiai paraméterei befolyásolják az úszási képességet.

A maximális úszási képességet minden halfajnál azonos módon vizsgálják az ún. Brett-típusú úsztató csatornával. A kísérleteknél az áramlási sebességet lépésekben növelik. A kritikus sebesség, aminél a hal elfárad és feladja az úszást, az úgynevezett U_{crit} érték (BRETT, 1964). A ponty U_{crit} értéke 0,77 és 0,94 m/s között mozog (LI ÉS MTSAL., 2009).

$$U_{crit} = V_p + (t_f / t_i) V_i$$

ahol, V_i = a sebesség-lépés (cm/s)

V_p = az elfáradás előtti sebesség (cm/s)

t_f = a sebesség növelése és az elfáradás közti idő (s)

t_i = a sebesség lépések közti idő (s)

2.4.4. Úszási tesztek

A halak úszását általában három különböző módon vizsgálják:

- 1.: állandó sebességnél vizsgálják az időbeli kitartást (kitartás teszt),
- 2.: folyamatosan növekvő áramlással történik a maximális úszási sebesség vizsgálata (kritikus sebesség teszt),
- 3.: nyílt csatornában végzik áramlás ellen a hajlandósági tesztet a megtett távolság mérésére (<http://www.fsl.orst.edu>).

2.4.5. Az úszás élettani hatásai

Ismételt, hosszan tartó, rendszeres fizikai aktivitás az izmok morfológiai adaptációjához vezet, azaz megnövekszik a vörös izmok részaránya és arányeltolódás megy végbe a IIb típusú rostoktól a IIx-en át a IIa típusú izomrostok felé (SALTIN ÉS MTSAL, 1977). A mozgás intenzitása és az adaptáció közötti összefüggést illetően a mérsékelt intenzitású, aerob típusú terhelési forma az elsődleges fontosságú (TURCOTTE, 1999). A halaknál a mozgás következtében az izom számára felhasználható oxidálható szubsztrátok sorrendjét a foszfagének (HOCHACHKA, 1985) vezetik, ezt követi a glikogén majd a zsírsavak β -oxidációjával az oxidatív anyagcsere a későbbi forrás. Halak esetében az izom laktát nem oxidatív szubsztrát, de az izomban a glükogenezis alapja. Így, e figyelemre méltó anaerob folyamat mellett, az intramuszkuláris lipidek is táplálhatják a mozgás energiáját, de érdekes módon ez leginkább kimerítő terhelést követő restitúció során jellemző (MILLIGAN, 2004).

A rendszeres edzés metabolikus következménye - többek között - a szubsztrát metabolizmus megváltozása (GEOR ÉS MTSAL, 2002), de az izomsejtek kémiai összetételének megváltozását is elindítja. Szubmaximális mozgás közben a fokozott lipid oxidáció jelentős mértékben hozzájárul az energiaforgalomhoz (pl. pisztráng esetében, RICHARDS ÉS MTSAL, 2002b), és lehetséges, hogy a

zsírsavak ismétlődő szelektív felvétele és oxidációja (RACLOT ÉS GROSCOLAS, 1993) módosíthatja a zsírszövet és az intramuszkuláris zsír zsírsavösszetételét, és végső soron befolyásolja az izomsejtek foszfolipid zsírsav összetételét is. Ehhez természetesen az oxidatív stressz és a sejtmembrán ilyen jellegű károsodása, majd adaptációja is hozzájárul.

Számos emlős és madár-fajnál (patkány, ember: HELGE ÉS MTSAL., 1999 és 2001; nyúl: SZABÓ ÉS MTSAL., 2002; vándormadarak: GUGLIELMO ÉS MTSAL., 2002) kísérletesen igazolták, hogy a rendszeres, szubmaximális mozgás jelentősen megváltoztatta a vázizmok (madarak esetében a vérplazma) foszfolipidjeinek zsírsavprofilját.

A tartós vagy periodikus megerőltető fizikai aktivitás metabolikus következményei többek között a szubsztrát metabolizmus változása szigorúan izomrost-típushoz kötötten, - mivel a vázizmok fehérje- és zsírsavoxidációja mérhetően növekszik, ezzel szemben a szénhidrátoké csökken (DAVIDSON, 1997). A fehérjék és zsírok intenzív lebontása következtében a vérben ezek anyagcseretermékeinek (szabad aminosavak és nem észterifikált zsírsavak (NEFA)) magasabb koncentrációját eredményezi, bár a halakban a magas fehér izom arány inkább magas glükóz és laktát szintet eredményez a vérben (HOCHACHKA, 1985). A laktát és glükóz felhalmozódást követő máj-glikogén kiürülés nagyban különbözik a halfajok között. PAGNOTTA ÉS MILLIGAN (1991) igazolták, hogy halaknál a laktát *in situ* glikogenikus eltávolítása dominál, elsősorban a lassú úszású fenéklakó fajoknál, mint amilyen a ponty is. Ezen kívül az általában meghatározó anaerob fermentatív izmok foszfagének hidrolíziséből származó ATP-t használnak energiaforrásként (HOCHACHKA, 1985). Azonban a hosszan elhúzódó fizikai aktivitás (elsősorban tengeri és vándorló halfajok esetén) a szénhidrátok teljes oxidációjához vezet, majd később az aminosavak és zsírsavak szolgálnak ATP szintézisre a sejten belül. Végül az aerob anyagcsere válik meghatározóvá, mely a zsíranyagcserére (β -oxidáció) történő radikális váltás jelzője (HOCHACHKA, 1985).

A halak vérlipid metabolizmusa jelentősen eltér az állandó testhőmérsékletű gerincesekétől, minthogy a NEFA oxidációt nem a testmozgás idézi elő bizonyos tengeri halakban és például szivárványos pisztrángban (BERNARD ÉS MTSAL., 1999), mert hiányzik a glicerokináz enzim aktivitás, ami azonban nem igaz az édesvízi fajokra (NEWSHOLM ÉS TAYLOR, 1969). Miközben a NEFA kis mértékben hasznosul, BERNARD ÉS MTSAL. (1999) kimutatták szivárványos pisztrángban, hogy a kimerítő mozgás nem változtatja meg a zsírbontás mértékét (a nyugalmi triglicerid anyagforgalmat), sőt a pisztráng nem mobilizálja a triglicerid tartalékait annak érdekében, hogy a nyugalmi állapotú vérplazma szintet meghaladja és táplálja a dolgozó izmokat négy napig tartó folyamatos úszás közben. Ezt részben magyarázza az igen intenzív *in situ* NEFA re-észterifikáció, mely hozzájárul a membránlipidek károsodott zsírsavainak „kijavításához” is (FA exchange).

A halak komplex metabolikus adaptációja a hosszan tartó aerob tréninghez kevésbé kutatott terület, különösen az édesvízi fajok esetében, melyek rövid, de nagy intenzitású, kitörő jellegű úszási formára képesek (HINTERLEITNER ÉS MTSAL., 1992). Sőt, ez a fajta anyagcsere adaptáció jelentősen eltér a rövid távú terhelés okozta hatásoktól is.

2. 5. Állatjóléti és termékminőségi összefüggések a halfeldolgozásban

A halak a sokféle és változatos stressznek vannak kitéve a keltetéstől kezdve egészen a feldolgozásig. A kifogás, a mesterséges szaporítás, telepítés, kezelések, szállítás, stb. olyan külső hatások, melyek mesterségesen előidézett környezeti stresszel hatást gyakorolnak a halak homeosztázisára. Mindezek mellett a természetes környezeti hatások is hasonló befolyással lehetnek a halak

életfolyamataira, mint például az oxigénhiány, a hősök, a kórokozókkal való fertőződés és a rossz vízminőség is mind negatívan hatnak az életfolyamatokra.

A környezeti stressz erősen hat az anyagcsere-folyamatokra, a stresszhatások eltérő módon befolyásolják a szervezet életfolyamatait: romlik az egészségi állapot, csökkenhet a növekedés, károsodhat a kopoltyú és az idegrendszer és blokkolódhat a hipotalamusz-hipofízis-gonád tengely (HEGYI ÉS MTSAL., 2008). Ezek következtében a leromlott állapotú halak könnyen elpusztulnak, a megmaradóknak pedig csökkenhet a teljesítménye, és romolhat a húsminősége a romló életminőség következtében, melyek jelentős kárt okoznak a termelőknek. A tenyésztett halak húsminőségét azonban leginkább a lehalászástól a feldolgozásig eltelt idő alatt bekövetkezett, illetve az alkalmazott vágási technológia okozta stressz befolyásolhatja.

A közelmúltban a kutatások jelentős része fókuszált a stressz és a húsminőség kapcsolatára halaknál (ROTH ÉS MTSAL., 2009; LINES ÉS MTSAL., 2003). Elsősorban nagy mennyiségben, intenzív körülmények között tenyésztett, nagy értéket képviselő fajokra (lazac- és pisztrángfélék, tengeri halfajok) irányulnak a vizsgálatok, olyan országokban, ahol ezen termékek széleskörű fogyasztóbázissal rendelkeznek.

Az irodalmi áttekintés ezen szakaszában azt elemzem, hogy melyek azok a körülmények, amik a legnagyobb stresszt jelentik a halak számára, és milyen módon befolyásolják a húsminőséget.

2.5.1. Viselkedési és minőségi stresszindikátorok

A viselkedés nagyon jó indikátora a halak jólétének, mivel a környezeti változásokra a hal ezzel válaszol a leggyorsabban. Vágásnál a hal viselkedéséből szemmel láthatóan következtethetünk a tudat meglétére vagy hiányára (POLI ÉS MTSAL., 2005).

A vágás előtti és vágáskori viselkedést vizsgáló kutatások elsősorban az önálló viselkedésre koncentrálnak, úgymint az úszási képesség fenntartása,

kopoltyúmozgás, egyensúly megtartása, szemmozgató képesség és tűszúrásra adott reakció (MARX ÉS MTSAL.,1997; TOBIASSEN ÉS SØRENSEN, 1999; VAN DER VIS ÉS MTSAL., 2001).

A rövid és hosszútávú stressz jól mérhető különböző vérparaméterekkel. A vér kortizol szintjének mérése a legszélesebb körben elterjedt módszer a stressz mértékének meghatározására (PICKERING ÉS MTSAL.,1982; PICKERING ÉS POTTINGER, 1985), még ha a takarmányozás, a szezonális változás és a tartási körülmények hatása meg is változtathatja annak koncentrációját (POLI ÉS MTSAL., 2005).

Az endokrin válasz következményeként gyorsul a szívritmus, növekszik az oxigénfelvétel és megnő a plazma glükóz szintje is. Ez utóbbi szintén jó jelzője a stressznek, és egyszerű mérése miatt elterjedt módszer (HANCZ ÉS MTSAL., 1999), bár BARRY ÉS MTSAL. (1993) szerint a vércukorszint csak bizonyos késéssel emelkedik a stresszhatást követően.

A plazma laktát szintje is alkalmas a stressz jelenlétének kimutatására (LOWE ÉS MTSAL., 1993; ERIKSON ÉS MTSAL., 1999). A megnövekedett izomaktivitást követő nagyobb mértékű energiamobilizáció és felhasználás anaerob glikolízist indít el, ami összefüggésben van a plazma laktát szintjével (emeli azt). Ezek következtében a megnövekedett laktát szint jó stresszindikátor, bár halakban a laktát *in situ* glükoneogenetikus szubsztrát az izom számára.

A vérparaméterek közül stressz kimutatására használható még a plazma szabad zsírsav (FFA) koncentrációja is, ám ez nem kifejezetten specifikus mutató (POLI ÉS MTSAL., 2005).

Bizonyos szöveti indikátorok szintén jól jelzik a stressz jelenlétét halaknál, ezek azonban a *post mortem* folyamatokban jelennek meg. Szoros kapcsolat figyelhető meg a stressz okozta endokrin válasz és a szöveti folyamatok közt, így nem csak a vérparaméterekkel, hanem például az izom pH, laktát és ATP

szintjéből is következtethetünk stresszre, annak mértékére (POLI ÉS MTSAL., 2005).

Post mortem 24 órán belül a szövet tejsav tartalmának növekedése egyidejűleg a pH jelentős csökkenésével összefügg a vágás előtti magas anaerob glikolitikus aktivitással, amiből erőteljes fizikai aktivitásra és stresszre következtethetünk (OKA ÉS MTSAL., 1990; LOWE ÉS MTSAL., 1993; MARX ÉS MTSAL., 1997; ROBB ÉS WARRISS, 1997).

2.5.2. Vágás előtti stresszorok és hatásaik a húsminőségre

2.5.2.1. Lehalászás, szállítás

A tartási és lehalászási eljárások módosíthatják a terméket, a szállítás közben keletkezett sérülések ronthatják annak minőségét (URBIETA ÉS GINÉS, 2000). Halászat közben ezért állatjóléti és minőségi szempontokból, a sérülések és a stressz elkerülése érdekében világszerte kíméletes módszereket igyekeznek alkalmazni. A kíméletes módszerek közé tartozik, mikor valamilyen vegyi anyaggal kábítják a halat a lehalászás, illetve a vágás előtt (KIESSLING ÉS MTSAL., 2004). Ez a módszer azonban csak a néhány országban (Új-Zéland, Chile, Ausztrália) engedélyezett (BOSWORTH ÉS MTSAL., 2007).

WILKINSON ÉS MTSAL. (2008) izo-eugenollal altatott és hagyományosan halászott barramundi (*Lates calcarifer*) minőségét vizsgálták. Eredményeikben a nyugtatóval kezelt halaknál jóval később (12 h) állt be a rigor állapot, mint a hagyományosan kezelt, nyugtató nélkül lehalászott csoportnál (3 h). Az altatott halak húsanak pH értéke szintén szignifikánsan magasabb volt a másik csoporténál, a víztartó képességben viszont nem találtak különbséget.

BOSWORTH ÉS MTSAL. (2007) csatornaharcsán (*Ictalurus punctatus*) alkalmazták ugyanezt a módszert. Izo-eugenolt alkalmaztak 25-35 ppm töménységben a halak kábítására, majd különböző módokon (CO₂ kábítás, N kábítás, fejre mért

ütés) irtották ki őket. Véleményük szerint a legjobb húsminőséget az altatás utáni szén-dioxidos kábítás eredményezte.

MATOS ÉS MTSAL. (2010) tengeri keszeg (*Sparus aurata*) húsminőségét vizsgálták stresszmentes (mélyaltatás) és stresszelt (hálós halászat) állapotban történő halászatot követően. A stresszmentes feldolgozás esetében magasabb pH értéket találtak, és az izom TBARS (tiobarbiturát reaktív anyagok, az oxidatív stressz egyik elrejedt mutatója) értéke is szignifikánsan függött a stressztől. Az izom struktúrájára (nyíróerő) a stressz nem gyakorolt hatást.

A szállítás komplex stresszhatással jár a halak számára. Általában nagy sűrűségben szállítják őket, ennek következtében, ha nem megfelelő a levegőztetés, a víz szén-dioxid szintje gyorsan emelkedni kezd egyidejűleg az oldott szerves anyagok és az ammónia szintjével. Mindezek mellett jelentős hőmérsékletváltozás is bekövetkezhet rövid időn belül, mely a változó testhőmérsékletű halaknak jelentős stresszt okoz (HARMON, 2009).

A szállítást MERKIN ÉS MTSAL. (2010) is jelentős stresszhatásnak igazolták tengerben nevelt szivárványos pisztráng esetében. A halteleptől a vágásig végigkísérve a szállítás után mérték a legmagasabb glükóz koncentrációt és hematokrit értéket a vérben.

Egy másik kísérletben viszont ERIKSON ÉS MTSAL. (1997) ketrechen nevelt lazacot (*Salmo salar*) szállítottak nagy sűrűséggel (125 kg/m^3), de folyamatos vízcserével. A szállítás így nem járt jelentős stresszel a halak számára és nem volt kimutatható hatása a húsminőségre nézve sem.

2.5.2.2. Zsúfoltság

Vágás és feldolgozás előtt a halakat a más vágóállatokhoz hasonlóan zsúfoltan tartják. Köztudott, hogy ez a természetellenesen nagy sűrűség jelentős stressznek teszi ki az állatokat. SKJERVOLD ÉS MTSAL. (2001) atlanti lazacon (*Salmo salar*) vizsgálták a zsúfoltság és az élve hűtés húsminőségre gyakorolt

együttes és elkülönített hatását is. A zsúfoltan tartott és a hűtött halak vér kortizol és laktát szintje jelentősen növekedett. A plazma glükózsztint a hűtött és a zsúfolt, majd hűtött csoportnál 20%-kal nőtt a kontrollhoz képest, a csak zsúfolt csoportnál viszont 70%-kal. Ezekből következik, hogy a vágás előtti élve hűtés csökkenti a stressz mértékét. Az izom glikogén tartalma jelentősen csökkent a zsúfolt csoportnál, ami magasabb vágást követő izom pH értéket eredményezett és jelentősen befolyásolta a hús textúráját is.

BAGNI ÉS MTSAL. (2007) szintén zsúfoltság hatását vizsgálták tengeri sügären (*Dicentrarchus labrax*) és tengeri keszezen (*Sparus aurata*). Zsúfolt és normális sűrűségeen tartás után kétféle vágási módszerrel dolgozták fel a halakat. A normális sűrűségeen tartott halak lassabban pusztultak el. A zsúfolt halaknál a reaktív oxigén metabolizmus és az antioxidáns kapacitás között negatív, míg a nem zsúfoltaknál pozitív korrelációt figyeltek meg mindkét fajban.

A rövid és hosszabb távú zsúfoltság okozta stressz is jelentős hatással van a húsminőségre. Atlanti lazac filéjében alacsony pH-t és puha textúrát eredményez, valamint növeli a katepszin L és B expressziót és aktivitást. Mindezek a halhús gyorsabb romlásához vezetnek (BAHUAUD ÉS MTSAL., 2010).

2.5.2.3. Oxigénhiány

LEFÉVRE ÉS MTSAL. (2008) szivárványos pisztrángot (*Onchorchynus mikyss*) tartottak oxigénnel alacsonyan, normális mértékben és túltelített vízben, majd stresszmentes és stresszelt körülmények között vágták le őket. Legnagyobb mértékben az alacsony oxigéntelítettség (szaturáció) befolyásolta a húsminőséget, jelentősen csökkent a filé mechanikai ellenállása (nyíróerő). A stresszelt halak vágása pedig alacsonyabb induló pH-t, puhább és sötétebb húst eredményezett minden esetben.

2.5.3. Jelenleg alkalmazott vágási módszerek és állatjóléti megítélésük

A vágás során alkalmazott korszerűtlen, állatjóléti előírásoknak nem megfelelő technológiák jelentős stresszt váltanak ki az állatokból, mely befolyásolhatja a húsminőséget. A vágási folyamat során fellép az úgynevezett „érzéketlenség” állapota, mely nem azonos sem az agy-, sem a teljes halállal, de a stresszorokra adott válaszreakciók ettől a ponttól megszűnnek. A gyakorlatban a vágás megkezdése és az ezen állapot között eltelt időt szükséges rövidíteni. Érdekes módon az összes állat közül csak a bálnák esetében létezik a halál beálltára pontos definíció (KNUDSEN, 2005).

A kutatók közt máig nincs egyetértés, hogy a halak éreznek-e fájdalmat. Egyesek szerint a halak nem valószínű, hogy érzékenyek a fájdalomra (ROSE 2002), mások szerint a porcos halak kevésbé, de a csontos halak bizonyosan érzékelik a fájdalmat (SNEDDON ÉS MTSAL., 2002), csak nem tudni, melyik fajtáját (GREGORY, 1999).

2.5.3.1. Ütés

Hatékony és kevés stresszel járó módszer, azonban nagyüzemi feldolgozásnál jelentősen lassítja a termelést. Az ütés energiája a hal eszméletének azonnali elvesztését eredményezi. Az ütest a koponyának arra a részére kell mérni, ahol az a legvékonyabb és az agy a legközelebb van a koponya felszínéhez. A hatékonyan elkábított halnál azonnal leáll a kopoltyúfedő ritmikus mozgása és a szem forgási reflexe. Ha vízbe helyezzük, nem tudja fenntartani az egyensúlyát és esetleg remeg, nem akar elmenekülni.

2.5.3.2. Elektromos kábítás

Általános elv az elektromos kábításnál, hogy elegendő áram jusson át az agyon, és epilepsziás rohamhoz hasonló állapotot idézzon elő. Ezt el lehet érni közvetlenül a fejhez érintett elektródákkal, vagy pedig elektomos áram vízbe vezetésével. A második módszer előnye, hogy a halat kevesebb stressz éri, mert

életterében marad, másrésztől sokkal nagyobb áramforrásra van szükség. Az elektromos áram paraméterei függenek a halfajtól és a víz vezetőképességétől is. Az elektromos kezelés hatása függ annak időtartamától és az elektromos hullámformától, a hatásossága nő az áramerősséggel. A megfelelő erősségű áram azért szükséges, mert kisebb mértékű elektromosságtól a hal ugyan elkábul, de ez nem végleges. Olyan áramerősséget kell választani, emelytől a halnak teljesen leállnak az életfunkciói, ez halfajonként más-más értéket jelent (pl.: ponty: $0,73 \text{ A/dm}^2$; afrikai harcsa: $1,6 \text{ A/dm}^2$) (LAMBOOIJ ÉS MTSAL., 2006, 2007, 2008, 2010; LINES ÉS MTSAL., 2003).

Az elektromos kábítás hatása jól kimutatható elektroencephalogram (EEG) és elektrokardiogram (ECG) segítségével. LAMBOOIJ ÉS MTSAL. (2006; 2007; 2008; 2010) afrikai harcsát, pontyot, nilusi tilápiát és lazacot vizsgálva azt állapították meg, hogy ez a módszer gyors és kevés stresszel jár az állatok számára, az agyhullámok és a szív működés gyorsan leálltak.

2.5.3.3. Hűtés

A feldolgozásra szánt halak jégben tartása több hasznú. A módszer többek között csökkenti a nyálkán elszaporodó baktériumok mennyiségét (SCHERER ÉS MTSAL., 2006), lelassítja a halak anyagcseréjét, ezzel könnyebbé téve a vágást. A jeges vízben hűtés jelentős stresszhatást jelent a halak számára, tachycardiás állapotba kerülnek és hosszú ideig képesek még életben maradni (LAMBOOIJ ÉS MTSAL., 2006; 2008). Sok esetben azonban az állatok nem a jegelés, hanem a hosszú szárazon töltött idő miatt pusztulnak el.

2.5.3.4. Szén-dioxidos kábítás

Szén-dioxidos kábítás esetén a halakat szén-dioxiddal telített vízbe helyezik. Erre a környezeti változásra a hal erőteljes fejrázással válaszol és menekülni próbál. 30 másodperc elteltével mozdulatlanává válik, de még megközelítőleg 4-9 percre nem válik érzéketlenné.

2.5.3.5. Kábítás nélküli vágás

E módszer során nem használnak semmilyen kábító eljárást, a halakat élő állapotban fejezik le és távolítják el a beleket és pikkelyeket

(<http://www.hsa.org.uk/Information/Slaughter/Fish20slaughter.htm>). Bár széles körben nem elfogadott módszer, mégis gyors és stresszmentes vágási technológia (LAMBOOIJ, 2006).

2.5.3.6. Iki Jime

Tradicionális japán módszer a halfeldolgozás során. Egy hegyes acél szerszámmal szétroncsolják a hal agyát, anélkül, hogy a fejét levágnák. Gyors és egyszerű módja, az elsősorban nagyobb testű halak - például: tonhal (*Thunnus thynnus*) és yellowtail (*Seriola sp.*) - megölésének (<http://www.seafoodinnovations.com.au/products/si2-comparison.htm>).

2.5.4. Vágási módszerek hatása a halhús minőségére

SCHERER ÉS MTSAL. (2006) amur (*Ctenopharyngodon idella*) esetében vizsgálták a vágási módszer és a mikrobiológiai minőség közti kapcsolatot. Jeges vízbe merítéssel és elektromossággal kiirtott halakat 20 napos jégen tárolás folyamán vizsgálták. A nyálka pH, szénhidrát- és fehérjetartalmát tekintve nem volt különbség a két csoport között. A baktériumtelepek mennyisége viszont a jégbe merített egyedeknél kisebb volt.

URBIETA ÉS GINES (2000) tengeri keszeg (*Sparus aurata*) feldolgozásában hasonlították össze a folyékony és a hagyományos jég használatát. A folyékony jéggel (mikro jégkristályok és csökkentett fagyáspontú víz elegye) megölt állatok húsnak jobb volt a textúrája és sokkal tovább friss maradt. A halhús színében nem találtak szignifikáns különbséget a két csoport között.

HUIDOBRO ÉS MTSAL. (2001) szintén tengeri keszegen vizsgálták a folyékony jég és a jeges víz közti különbséget a feldolgozás során. A folyékony jég

gyorsabban hűtötte le a halakat, de jelentős eltérést nem okozott a hagyományos jéghez képest a húsminőségi paraméterekben. A folyékony jéggel kezelt halak szeme viszont opálossá vált, amely jelentősen rontja a vásárlói megítélést.

ROTH ÉS MTSAL. (2009) a feldolgozás teljes vertikumát végigkísérve (lehalászás, szállítás, hűtés, vágás, filézés, sózás és füstölés) arra keresték a választ, hogy mi van a legerősebb befolyással a lazac (*Salmo salar*) minőségére. Arra a következtetésre jutottak, hogy a vágás előtti kezelés és a filézés jobban módosítja a húsminőséget, mint a vágási módszer. A sózás és füstölés pedig „elmosza” a különbségeket az eltérő minőségű csoportok között, tehát a legerősebb hatással rendelkezik a feldolgozás során.

Ugyancsak ROTH ÉS MTSAL. (2007) nagy rombuszhal (*Scophthalmus maximus*) esetében hasonlítottak össze négyféle vágási mód: ütés, élve kivéreztetés és kétféle frekvenciájú áram (5 és 80 Hz) hatását. Az árammal kezelt és a kivéreztetett egyedeknél gyors pH csökkenés volt megfigyelhető, és a rigor állapot is előbb következett be, 7 nap elteltével azonban nem volt szignifikáns különbség a csoportok között még a hús textúrájában és nyíróerejében sem.

LINES ÉS MTSAL. (2003) szerint szivárványos pisztráng esetében a leghumánusabb módszer az elektromosság használata. A halak 60 s alatt 250 V feszültségű és 1000 Hz frekvenciájú elektromos mezőben a lehető leggyorsabban elpusztulnak és a minőség is standardizálható.

A nem megfelelő feldolgozás során a filében maradó vér jelentős minőségromlást eredményez. Az élve hűtött és ezután lefejezett lazac (*Salmo salar*) filéje jóval kevesebb vérmaradványt tartalmaz, mint a hagyományosan élve vágott, hiszen alacsonyabb hőmérsékleten a vér alvadásához több időre van szükség, így távozni tud a szövetekből (OLSEN ÉS MTSAL., 2006). Szintén OLSEN ÉS MTSAL. (2008) kimutatták, hogy stresszel terhelt körülmények közt feldolgozott tőkehalak (*Gadus morhua*) filéje több vért tartalmaz, mint a stresszmentesen kezeltéké.

3. A DISSZERTÁCIÓ CÉLKITŰZÉSEI

Doktori munkámban főként arra kerestem a választ, hogy melyek azok a tényezők, amelyek a ponty termékminőségét befolyásolják a takarmányozáson túlmenően. Vizsgálni kívántam továbbá, hogy az eltérő természeti adottságok milyen mértékben vannak hatással a ponty konvencionális húsminőségére. Az extrém környezeti feltételek – úgymint pl.: a magas hőmérséklet – milyen módon alakítják a ponty filé zsírsavösszetételét. Emellett még arra kerestem a választ, hogy periodikusan ismétlődő fizikai terhelés (kvázi tréning) milyen módon változtatja meg a ponty vázizom foszfolipidjeinek zsírsav összetételét és a vérszérum metabolitok, ionok és enzimek koncentrációját, illetve aktivitását.

Végül a lehalászás, szállítás, tárolás és különböző kábítási módszerek alkalmazása során ható stressz mértékét kívántam meghatározni, illetve ezek hatását a ponty egyes húsminőségi tulajdonságaira.

Ezen célok érdekében négy egymástól részben elkülönülő kísérleti blokkot végeztünk, melyek közös metszéspontja azoknak a hatótényezőknek az elemzése, melyek a ponty jólétét és termékminőségét befolyásolják. A kísérletek és céljaik a következők voltak:

I. Eltérő környezetű halgazdaságokból származó pontyok összehasonlító vizsgálata vágási mutatók és konvencionális húsminőségi paraméterek, valamint a vörös izom mennyiségének szempontjából.

II. Egynyaras pontyok számára úsztató berendezés kialakítása és - ennek a segítségével végzett - rendszeres fizikai aktivitás hatásának vizsgálata a vázizom foszfolipidjeinek zsírsavösszetételére, az izom lipidperoxidációjára, illetve sorozatos mintavétellel a szérumban levő egyes metabolitok és enzimek koncentrációjára és aktivitás-változásának leírására.

III. Magas környezeti hőmérséklet ponty filé zsírsavösszetételére gyakorolt hatásának vizsgálata a Hévízi-tóból származó pontyok húsmintáinak analizálásával, a táplálékforrás figyelembevételével.

IV. A lehalászás-szállítás-tárolás-vágás folyamat végigkísérése modellkísérlettel, és a stressz szintjének meghatározása sorozatos mintavétellel. Eltérő vágási módszerek húsminőségre gyakorolt hatásának vizsgálata.

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

E fejezetben, a célkitűzésekben megfogalmazottak megválaszolására négy kísérlet, illetve vizsgálat beállításait ismertetem, kísérletenként elkülönítetten.

A ponty fajon végzett összes vizsgálatunkat a Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatósága XV-I-31/446 iktató számon engedélyezte.

4. 1. Eltérő környezetből származó pontyok húsminőségi vizsgálata

4.1.1. Tógazdaságok, tavak

A vizsgált tógazdaságok főbb tulajdonságait és termelési paramétereit a 2. táblázat mutatja.

4.1.1.1. Attala

Az Attalai Hal Kft. kezelésében lévő „Attala Kis-VI”-os tó dombvidéki völgyzárógátas tórendszer elemeként működik. A Kapos-folyó völgyére lefutó kisvízfolyást duzzasztották megközelítőleg 13 km hosszú tó-füzérré. A terület uralkodóan agyagos-lössös talajú, a tóvölgyet övező dombokon szántóföldi kultúras mezőgazdasági művelés folyik. A tó vízutánpótlását a patakból nyeri.

4.1.1.2. Nagyberki

A Nagyberki határában található Hársasberki víztározót az Attalai Hal Kft. és a Tógazda Kft. közösen üzemelteti. Az Attala mellett megtalálható tórendszerhez hasonló, azzal párhuzamos D felé lefutó völgyben helyezkedik el. Méretét tekintve is hasonló az attalaihoz, csak itt egy nagy tavat alakítottak ki. A tó

környezete szintén mezőgazdasági terület, agyagos-lössös dombokkal. A tó két éves üzemben termel.

4.1.1.3. Fonyód-Zardavár

A Fonyód-Zardavári tórendszer a Makkos és Társa Kft. tulajdonát képezi. A tavak síkvidéki körtöltéses jellegűek. Fonyód közelében kiterjedt mocsaras-nádas területen helyezkednek el, jellemzően tőzeges talajon. A tóra polikultúrás haltermelés jellemző.

4.1.1.4. Szeged-Fehértó

A Szeged közelében található 1000 hektárt meghaladó tórendszert a Szegedfish Kft. üzemelteti. A tórendszer homokos-szikes területen fekszik. Piaci pontynevelés a XII-es számú tóban történik.

2. táblázat A vizsgált tógazdaságok és termelési paramétereik

Tógazdaságok	Attala	Nagyberki	Fonyód	Szeged
Tó mérete (ha)	18	23	15	241
Takarmányozás				
Kukorica (%)	80	80	80	80
Búza (%)	5	5	15	20
Tritikálé (%)	15	15	5	0
Termelési mód:	Polikultúra	Polikultúra	Polikultúra	Polikultúra
Telepített halfajok (%):				
Ponty (<i>Cyprinus carpio</i>)	90	80	85	90
Amur (<i>Ctenopharingodon idella</i>)	5	5	5	2,5
Fehér busa (<i>Hypothalmichthys molitrix</i>)	5	12	5	4,5
Süllő (<i>Sander lucioperca</i>)	0	0	5	0
Harcsa (<i>Silurus glanis</i>)	0	3	0	5,5

4.1.2. Pontyfajták

Minden tógazdaságból más pontyfajtát vizsgáltunk, mely az adott gazdaságra volt jellemző (3. táblázat).

3. táblázat A vizsgált pontyfajták és teljesítményvizsgálatuk

Tógazdaság	Pontyfajta	Teljesítményvizsgálat
Attala	attalai tükrös	1999
Nagyberki	attalai pikkelyes	-
Fonyód-Zardavár	hortobágyi nyurga	1998; 2010
Szeged-Fehértó	szegedi tükrös	2000; 2001; 2010

4.1.3. Mintavétel

A kísérletre szánt halak begyűjtése lehalászási időszakban történt, 2009. november-december hónapokban. A halakat közvetlenül a halászat alkalmával választottam ki, minden tógazdaságból 10 egyedet. A mintavételt a következő évben, 2010-ben is elvégeztük.

4.1.4. Vágás és vágási paraméterek

A halakat fejre mért erőteljes ütés (2.5.3.1. fejezet) után dolgoztam fel a PONTY TELJESÍTMÉNYVIZSGÁLATI KÓDEXBEN (2001) leírt módszer szerint. A testméret adatok (teljes testhossz, törzshossz, fejhossz, faroknyélhossz, testmagasság, testszélesség) felvétele flexibilis mérőszalaggal történt. Ezután a halak konyhatechnikai feldolgozása következett: a pikkely és a bőrkaparékok eltávolítása, az úszók és a fej levágása, a filé leválasztása. A külön-külön lemerített testrészekből származtatott adatok a vágóérték és a filékihozatal, melyek a vágott test és a filé élőtömeghez viszonyított százalékos arányai.

A felvett testméretekből a következő indexeket számoltam ki: profilindex (testhosszúság / testmagasság), keresztmetszetindex (testmagasság / testszélesség), fejindex (testhosszúság / fejhosszúság), faroknyélindex (testmagasság / faroknyélhossz), az 1. ábrának megfelelően.

4.1.5. Húsminőségi vizsgálatok

Első lépésben a frissen vágott halak filéjének pH-ját (Testo 205 pH mérő, *post mortem* 45 perc és 24 óra után), színét (Minolta ChromaMeter 300, L, a*, b*) és szárazanyagtartalmát (105 °C, súlyállandóságig szárítva) határoztam meg. Ezután a filé víztartó képességét jellemeztem annak csepegési (24 h/4°C), főzési (20 min/75°C) és felengedtetési (1hét/-20 °C) veszteségének megadásával. Utóbbi eredményeket a bemért mintatömeg százalékában adtam meg. Minden mérés a filék azonos részéből történt.

A filé zsírtartalmát nyers mintából határoztam meg az ISO 6492 előírásai szerint (ISO, 1999).

4.1.6. A vörös izom arányának meghatározása

A vörös izom arányát a halakban az állatok testszelvény keresztmetszetéből határoztam meg. A halak fejét tisztítás és belezés után a 2. és a 3. csigolya között távolítottam el. Az az ettől *distalisan* elhelyezkedő részt egyenes felületűre levágtam, hiszen a fej eltávolítása íves vágással történt. Végül egy csigolya vastagságnak megfelelő szeletet (minden esetben a 4. csigolya testszelvénye) eltávolítottam az analízishez. A szeletek felszínét HP Precisionscan 5470 szkennelvel digitális képként rögzítettem. A szkennelt képeket GIMP for Windows 2.6.8. (2009) programmal kezeltem. A program segítségével eltávolítottam a képről a bőrt és a gerinc területét, hogy csak a halszelet tiszta hús részét kapjam. A képek méretét standardizáltam. A vörös izom elkülönítését a többi izomrészről ImageJ 1.43. programmal végeztem a májszöveteken elfogadottan használt módszertant alkalmazva (<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/stained-sections/index.html>). A módszertan elvi alapja a májszövetnél, hogy a vörösre festett szövetrészek számítógépes programmal jól elkülöníthetők. Esetünkben a vörös izomrostok festés nélkül is olyan árnyalatbeli különbséggel rendelkeznek a fehér izomhoz képest, hogy ez a programmal jól detektálható, a teljes képi terület százalékában

kifejezhető. A fentiekben kidolgozott eljárást módszertani közleményben mutattuk be (VARGA ÉS MTSAL., 2011).

4. 2. Fizikai aktivitás hatása ponty vérparamétereire és zsírsavösszetételére

4.2.1. Kísérleti állomány

A kísérleti állományt a Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumában átteleltetett egynyaras pontyok képezték. Két eltérő ponty fajtát használtam a kísérlethez: egy tógazdasági tükrös fajtát (Attalai tükrös), és egy vadabb jellegű nyurga pikkelyest (Balatoni sudár). Mindkét fajtából egy kezelt és egy kontroll csoport került kialakításra azonos egyedszámmal ($n = 2 \text{ típus} \times 2 \text{ kezelés (kontroll+edzett)} \times 12 = 48$). Az állatok takarmányozása *ad libitum* történt, Aller márkájú komplett haltáppal. A takarmány összetételét a *Mellékletek* 3. táblázata, és zsírsavprofilját (a mérés a 4.2.4 fejezet módszere szerint történt, frakcionálás nélkül) pedig a *Mellékletek* 4. táblázata tartalmazza.

4.2.2. Úsztató berendezés

A halak fizikai terhelésére egy úsztató berendezést terveztünk és építettünk. Ezt egy vályúban elhelyezett kisebb vályúból alakítottuk ki, mely végeit hálóval lezártuk a halak szökésének megakadályozására. A vályúban a megfelelő áramlást a vályú vízszintessel bezárt szögének, illetve a vízáram mennyiségének változtatásával értük el. A vízáramlást FP311 Global Water Flowe Probe áramlásmérő segítségével ellenőriztük. Az egész szerkezet egy recirkulációs rendszer részeként üzemelt.

A kezelésben részt vevő halakat 35 napon keresztül napi rendszerességgel tettem ki fizikai terhelésnek, 30 perc időtartamig azonos vízáramlási sebesség (0,6 m/s) mellett.

4.2.2. Mintavétel, mintaelőkészítés

A halaktól a kísérlet során négy alkalommal vettünk vért, a 0., a 10., a 21. és a 35. napon. A vérvétel farokvénából történt. A vérmintákat Eppendorf csövekbe vettük le, centrifugáltuk (1500 G/10 perc), majd a szérumot -70 °C-on tároltuk az analízisig. A halakat a vérvétel napján és az azt követő napon nem tettem ki terhelésnek. Vérvételi napokon az állatok súlyának mérése is megtörtént.

A kísérlet végeztével a halakat szegfűszegolajjal (0,025 ml/l, 2 perc) túlaltattam, a bal oldali filét leválasztottam, fiziológiás sóoldatban vértől megtisztítottam, majd szárazra töröltem. A laboratóriumi vizsgálatig a filé mintákat is -70 °C fagyasztva tároltam.

4.2.3. Vérparaméterek meghatározása

A vérminták klinikai kémiai analízise automatizált eljárással készült (Hitachi 917 készülék). A vizsgált vérparaméterek a nitrogéntartalmú metabolitok, lipid metabolitok, enzimek és ionok voltak.

A szérum oxidált glutation koncentrációjának meghatározása SEDLAK ÉS LINDSAY (1968) spektrofotometriás módszerével történt a Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar Takarmányozástani Tanszékén a 4.2.5 fejezetben leírtak szerint.

4.2.4. A filé foszfolipid zsírsavösszetételének meghatározása

A filék összlipid tartalmát FOLCH ÉS MTSAL. (1957) szerint vontuk ki, míg a lipidek farkcionálását LERAY ÉS MTSAL. (1987) módszerével végeztük. Röviden, a kivont összlipidet üveg kromatográfiás oszlopokban elhelyezett szilikagél rétegre adszorbeáltuk (300 mg szilikagél / 10 mg összlipid). A neutrális lipideket 10 ml kloroformmal eluáltuk, majd 15 ml aceton:metanol (9:1 vol/vol) elegyét adtuk hozzá. Végül a teljes foszfolipid frakciót 10 ml tiszta metanollal választottuk el.

A származékképzést (zsírsav metilészterek) foszfolipid frakcióból a további gázkromatográfiás méréshez CHRISTIE (1982) NaOCH₃ módszerével végeztük.

A gázkromatográfiás mérés az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet Élettani Osztályán (Herceghalom) történt. A mérés SP-2380 típusú kapilláris oszloppal (30 m x 0,25 mm ID, 0,20 mikrométer film, 24110-U, Supelco, USA) és lángionizációs detektorral (FID 2×10^{-11}) felszerelt Shimadzu 2100 készülékkel végezték. A gázkromatográfiás körülmények a következők voltak: injektor hőmérséklete: 270 °C, detektor hőmérséklete: 300 °C, hélium áram: 28 cm / sec. A fűtő hőmérséklete: 80-205 °C: 2,5 °C / perc, 5 perc 205 °C, 205-250 °C-10 °C / perc, 5 perc 250 °C-on. Az egyes zsírsavak azonosításához ismert összetételű zsírsav standard keveréket (Mixture ME100 (90-1100, Larodan Fine Chemicals AB, Svédország)) használtak.

4.2.5. A filé malondialdehid koncentrációjának meghatározása

A filé malondialdehid koncentrációját homogenizált (Ultra Thurrax, Donau Lab AG, Linz), fagyasztva tárolt mintából határozták meg a Szent István Egyetem Takarmányozástani Tanszékén (Gödöllő). Minta grammonként 9 ml fiziológiás sóoldat (0.9 % w/v NaCl) hozzáadása után történt a homogenizálás, majd a tiobarbiturát reaktív anyagok (TBARS) szintjének becslése PLACER ÉS MTSAL (1966) módszerével történt. A mérés kalibrálása tetra-ethoxypropánnal (Fluka, Buchs, Svájc), mint malondialdehid forrással történt. A szövetminták malondialdehid szintjét $\mu\text{mol/g}$ értékben adták meg nyers izomszövetre vonatkozóan.

4. 3. Extrém környezeti feltételek hatása ponty zsírsavösszetételére

4.3.1. Kísérleti állomány és mintavétel

A kísérletben a Hévízi-tó endemikus ponty populációját vizsgáltam. A Hévízi-tó a legnagyobb termálvizes tó Európában. A 4,4 ha-os tőzegmedrű tó vize az éves középhőmérséklet tekintetében a környező vizekhez képest 20 °C-kal melegebb. Az éves középhőmérséklete 30,7 °C, télen 24 °C körüli, míg nyáron eléri a 38 °C-ot is. A víz ásványianyag tartalmát főleg Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^{2-} , S, Ra és szerves anyagok alkotják.

A tó növényzete elsősorban tündérrózsa fajokból (*Nymphaea rubra*, *Nymphaea alba*) áll. Az állatvilága gazdag egysejtűekben (KRETT ÉS PALATINSZKY, 2009), fonálférgekben (ANDRÁSSY, 1997) és nagy számban előfordul benne a szűnyogirtó fogasponty (*Gambusia affinis*) (SPECZIÁR, 2004).

A Hévízi tó ponty populációja kistermetű, a közeli populációktól elzártan él. A kis testméret az extrém környezethez való alkalmazkodás eredménye, a halak maximális testsúlya 400-450 g, amit megközelítőleg 8-9 év alatt érnek el (MÜLLER, szóbeli közlés).

A kísérlethez a halakat kopoltyúhálózattal fogtuk 2010 decemberében (vízhőfok: 28 °C). Tíz kifejlett tejes egyedet ($344,2 \pm 63,9$ g) felboncoltam, a bal oldali filét leválasztottam, fiziológiás sóoldatban tisztítottam, majd szárazra töröltem. A halak táplálékának meghatározására a béltartalmat is összegyűjtöttem. A mintákat a laboratóriumi vizsgálatig -70 °C-on fagyasztva tároltam.

4.3.2. Zsírsavösszetétel

A Hévízi tóból származó pontyok filéjének és béltartalmának zsírsavösszetételi analízisét a 4.2.4 fejezetben leírtak szerint végeztük el frakcionálás nélkül, azaz a filé teljes zsírtartalmából.

4. 4. Perimortális stressz hatása a ponty húsminőségére

4.4.1. Kísérleti állomány, mintavétel

A kísérletben résztvevő pontyok az Attalai Hal Kft. attalai tógazdaságából származnak. A halakat közvetlenül a lehalászás után a Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumába szállítottuk, ahol recirkulációs rendszerben üzemelő, egyedileg levegőztetett 500 l-es körkádakban helyeztük el őket.

A kereskedelmi gyakorlatban (élőhal árusítás) alkalmazott haltartási technológia modellezésének céljából a halakat nagy egyedsűrűséggel tartottam (0,075 kg/l) alacsony hőmérsékleten (6 °C). A kísérlet folyamán az állatok takarmányt nem kaptak.

4.4.2. Mintavétel

A lehalászás, szállítás és tartás okozta stressz mérésének érdekében a halakból több alkalommal is vért vettünk. Első alkalommal közvetlenül a lehalászást követően, majd a szállítás után. A Hallaborban tartott halaktól eztán heti rendszerességgel vettünk vérmintát, melyeket a 4.2.2 fejezetben leírtak szerint kezeltem.

A halakat 3 hét tartás után vágtam le háromféle kábítási eljárást követően. Az első csoportot a kádból kivéve fejre mért ütéssel kábítottam el. A második csoporthoz tartozó egyedeket egy jég/víz fele-fele arányú keverékét tartalmazó kádba helyeztem, a harmadik csoport halai CO₂-dal telített vízbe kerültek. A jeges és a CO₂-os kábítást is 30 perc időtartamig alkalmaztuk, ennyi idő alatt történt meg a halak reflexeinek elvesztése. Mindhárom csoport halaitól a kábítás után vérmintát vettünk, ezután minden egyedet kivérettünk és beleztünk. Csoportonként 10 hal filéjén húsminőségi vizsgálatot végeztem, csoportonként ötön pedig a *rigor mortis* folyamat lefutását vizsgáltam.

4.4.3. Minőségi vizsgálatok

A vágott halak filéjének pH-ját (Testo 205 pH mérő, *post mortem* 24 óra után) és színét (Minolta ChromaMeter 300, L, a*, b*) határoztam meg. Ezután a filé víztartó képességét jellemeztem annak csepegési (24 h/4°C), főzési 20 perc/75 °C és felengedtetési veszteségének (-20 °C/2 nap) megadásával. Utóbbi eredményeket a bemért mintatömeg százalékában adtam meg.

A *rigor mortis* lefutását csoportonként 5 halon MØRKØRE ÉS MTSAL (2008) módszere szerint vizsgáltuk. Ez úgy történt, hogy a belezett halakat szilárd vízszintes felületen, hűtőszekrényben tároltam. Méréskor a halakat asztalra helyeztem olyan módon, hogy a hátúszó hátsó végétől kezdve a farki rész alátámasztás nélkül túllógott az asztal szélén. Lemértem a farok vízszintes és függőleges távolságát is az asztal szélétől, megkapva így egy képzeletbeli derékszögű háromszög két befogóját. A rigor szögét ezután a következő képlettel számoltam ki: $\alpha = \text{tg}^{-1}(X/Y)$, ahol X a derékszögű háromszög vízszintes, Y pedig a függőleges befogója. A méréseket *post mortem* 3, 6, 9, 12, 24 és 48 órákor végeztem. Ugyanezekben az időpontokban pH mérést is végeztem.

4.4.4. Laboratóriumi analitikai vizsgálatok

A vérminták kortizol szintjének meghatározását a Halászati és Öntözési Kutatóintézetben végezték radioimmunoassay vizsgálattal, Kortizol [¹²⁵I] RIA készlettel (Izotóp Intézet Kft., Budapest) és gamma számlálóval (JENEY ÉS MTSAL, 1992).

4. 5. Alkalmazott statisztikai módszerek

Minden esetben a primer mérési adatállományból először a kétszeres szórástávolságon kívüli értékek kizárását végeztem el, majd a fennmaradó értékekkel normalitásvizsgálatot végeztem (Shapiro-Wilk teszt).

A különböző tógazdaságokból származó pontyok vizsgálata esetében varianciaanalízist végeztem általános lineáris modellel (GLM, *post hoc* Tukey teszttel) a vágási és húsminőségi paraméterekre a tógazdasági eredet (illetve tájfajta) és az ivar, mint fix faktorok bevonásával. A pikkelyes és tükrös fajták közti különbségek kimutatására t-próbát alkalmaztam.

Pearson korrelációt alkalmazva vizsgáltam továbbá, hogy a filé vörössizom aránya milyen összefüggést mutat a konvencionális húsminőségi mutatókkal, illetve, hogy a testformát leíró indexek és a vágási mutatók közt milyen kapcsolat áll fenn.

A hévízi pontyok zsírsavösszetételi vizsgálatának esetében a saját adataim és az irodalmi adatok közti különbségek kimutatására páros összehasonlítást (Mann-Whitney U próba) alkalmaztam. Ahhoz, hogy a Hévízi tó pontyállományának zsírsavprofilját a világ számos táján felvett adatok közé besoroljam, diszkriminancia faktor elemzést (DFA) végeztem.

Fizikai aktivitás hatásának vizsgálatánál a kontroll és kezelt csoportok közti különbség vizsgálatára független kétmintás t-próbát alkalmaztam 0,05 %-os szignifikancia szint mellett. A vérminták esetében az időbeni változások kimutatására az eltérő időpontok között egytényezős varianciaanalízist alkalmaztam (ANOVA, *post hoc* Tukey teszttel).

A lehalászás, szállítás és tárolás okozta stressz mértékének értékelésére, valamint a vágási módszerek húsminőségre gyakorolt hatásának vizsgálatánál egytényezős variancia-analízist (*post hoc* Tukey teszttel) használtam a kezelések hatásának és a csoportok közti különbségek kimutatására.

A statisztikai számításokat minden esetben SPSS for Windows 10.0 (1999) szoftverrel végeztem. A hévízi ponty diszkriminancia analízisének AlphaSoft 12.3 kemometrikus szoftvert (Alpha MOS, Toulouse, France) használtam.

A statisztikai értékeléseknél minden esetben 0,05-ös vagy 0,01-es szignifikanciaszintet alkalmaztam.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5. 1. Eltérő környezetből származó pontyok minőségi vizsgálata

Mint már az előző (4.1.) fejezetben ismertetésre került, a négy tógazdaságból származó pontyok mind-mind más fajtához tartoztak. Ez lehetséges hatáskeveredést idéz elő, hiszen a markánsan eltérő természeti környezet hatása mellett a fajta jellege is befolyással lehet a vizsgált húsminőségi paraméterekre. Nem említve a takarmányozást, ami az előbbi két hatótényezőnél még markánsabban befolyásolhatja a húsminőségi tulajdonságokat, azonban igyekeztem olyan tőegységeket választani, melyekben a takarmányozás módja közel azonos volt (2. táblázat).

5.1.1. Testméret indexek és vágási mutatók

A testformát leíró és a vágási mutatók eredményeit együttesen célszerű tárgyalni, mert közöttük viszonylag erős összefüggés van. A 4. táblázat tartalmazza a vizsgált négy ponty tájfajta testméret indexeinek és vágási mutatóinak átlagértékeit, illetve a fajta és az ivar hatását a mutatókra.

A táblázati adatok szerint a tükrös fajták vágóértéke általában meghaladja a pikkelyes fajtákét. Az attalai tükrös fajta vágóértéke szignifikánsan a legmagasabbnak bizonyult. A fajta szignifikánsan befolyásolta a vágóértéket és több húsminőségi mutatót is. Az ivar azonban egy esetben sem volt szignifikáns hatással a vizsgált tulajdonságokra.

A profilindex és a fejindex a pikkelyes fajtánál magasabb volt a tükrös fajtákkal összehasonlítva, a keresztmetszet-index azonban az összes fajtánál közel azonosnak bizonyult.

A ponty az egyetlen háziasított tógazdasági halunk. A háziasítás kezdete a rómaiakhoz köthető, ami a középkorban a kolostorok tavaiban folytatódott. A

nemesítés fő célja a nagyobb vágóérték elérése volt (BALON, 1995). A pontynak így sok tájfajtája jött létre Közép-Európában, melyeket az úgynevezett testméret-indexekkel jellemeztek. Ezeket régebben még a domesztikáció fokmérőjeként értékelték. A kerekesebb testformával rendelkező pontynak gyorsabb növekedést és nagyobb vágóértéket, filékihozatalt tulajdonítottak. Bár esetünkben mindegyik fajtánál kimutattuk az adott fajtára jellemző testméret indexet, a vágóértékkel csak gyenge kapcsolatot sikerült igazolni (5. táblázat). A testméret indexek és a filékihozatal közt még ennél is gyengébb kapcsolat derült ki, ez azonban egybevág HANCZ ÉS MTSAI. (2002) korábbi eredményeivel.

5.1.3. Húsminőségi tulajdonságok

A 4. táblázat tartalmazza a vizsgált négy pontyfajta húsminőségi mutatóinak átlagértékeit, illetve a fajta és az ivar hatását a mutatókra. Ismereteim szerint, konvencionális húsvizsgálattal még nem jellemezték a ponty filéjét Magyarországon. A Ponty Teljesítményvizsgálatok során elsősorban a vágási mutatókra és a zsírtartalomra fókuszáltak.

A következő alfejezetekben elemzem az általam vizsgált pontyfajták filéjének zsírtartalmára és konvencionális húsminőségére (víztartóképeség, szín, pH) vonatkozó eredményeimet.

5.1.3.1. Zsírtartalom

Általánosan elmondható, hogy a zsírtartalomra legerősebb hatással a takarmányozás van. Szemestakarmánnyal etetett pontyok teljes test zsírtartalma jelentősen meghaladja a nagyrészt természetes táplálékon nevelkedett pontyok zsírtartalmát (LENGYEL ÉS MTSAI., 2001; TRENOVSZKI ÉS MTSAI., 2011). A természetes vízben fogott pontyok test-nyerszsír tartalma $3,1 \pm 3,4$ %, míg a tógazdasági ponty $10,0 \pm 4,5$ % CSENGERI ÉS MTSAI. (1999) adatai szerint.

4. táblázat A vizsgált pontyfajták vágási-, testméret, és húsmínőségi adatai, valamint a fajta és az ivar hatása a mutatókra

	Attalai tükrös		Hortobágyi nyurga		Szegedi tükrös		P	
	átlag ± szórás	átlag ± szórás	átlag ± szórás	átlag ± szórás	átlag ± szórás	Fajta	Ivar	Fajta x Ivar
Élő súly (g)	1414,05 ± 219,7 ^{ab}	1258,7 ± 530,4 ^a	1513,8 ± 493,2 ^{ab}	1610,6 ± 271,9 ^b		ns	0,06	ns
Vágóérték (%)	59,3 ± 4,4 ^b	55,2 ± 5,1 ^a	56,5 ± 2,3 ^{ab}	58,4 ± 3 ^{ab}		0,004	ns	ns
Filékihozatal (%)	45,9 ± 2,4 ^a	42,6 ± 3,5 ^b	43,9 ± 2,4 ^{ab}	44,4 ± 2,3 ^{ab}		0,002	ns	ns
Profilindex	2,3 ± 0,2 ^a	2,5 ± 0,2 ^b	2,6 ± 0,2 ^b	2,2 ± 0,2 ^a		0,0001	ns	ns
Keresztszövet index	2,5 ± 0,2 ^a	2,3 ± 0,3 ^a	2,3 ± 0,2 ^a	2,4 ± 0,2 ^a		0,027	ns	ns
Féjindex	3,4 ± 0,2 ^a	3,7 ± 0,2 ^b	3,6 ± 0,2 ^b	3,5 ± 0,2 ^a		0,001	ns	ns
Faroknyél index	2,4 ± 0,3 ^b	2,3 ± 0,3 ^{ab}	2,1 ± 0,2 ^a	2,4 ± 0,3 ^b		0,002	ns	ns
pH 45 min	6,6 ± 0,2 ^{ab}	6,8 ± 0,2 ^b	6,4 ± 0,2 ^a	6,6 ± 0,2 ^{ab}		0,0001	ns	ns
pH 24 h	6,4 ± 0,2 ^{ab}	6,5 ± 0,2 ^b	6,3 ± 0,2 ^a	6,4 ± 0,2 ^{ab}		0,002	ns	ns
L	46,2 ± 2,8 ^a	44,7 ± 2,3 ^a	45,7 ± 3,2 ^a	45,8 ± 3 ^a		ns	0,033	ns
a*	3,4 ± 1,5 ^a	3,9 ± 2,2 ^a	4,1 ± 1,9 ^a	3,7 ± 2 ^a		0,003	0,02	ns
b*	1,6 ± 1,6 ^a	1,3 ± 1,7 ^a	0,8 ± 1,1 ^a	0,5 ± 1,6 ^a		ns	0,062	ns
Főzési veszteség(%)	22,2 ± 9,1 ^b	17,3 ± 2,8 ^a	15,3 ± 2,8 ^a	15,9 ± 2,7 ^a		0,002	ns	ns
Csepegési veszteség (%)	2,5 ± 0,8 ^a	2,6 ± 0,7 ^a	2,5 ± 0,6 ^a	2,5 ± 1 ^a		ns	ns	ns
Felengedtetési veszteség (%)	5,6 ± 1,4 ^{ab}	4,9 ± 1,5 ^a	7,9 ± 6,4 ^b	6,3 ± 1,8 ^{ab}		ns	ns	ns
Szárazanyagtartalom (%)	28,5 ± 3,3 ^a	28,2 ± 4,8 ^a	29,6 ± 5,5 ^a	27,3 ± 3,6 ^a		ns	ns	ns
Zsirtartalom (% nyers minta)	4,5 ± 2,9 ^{ab}	3,4 ± 2,2 ^{ab}	5,5 ± 3,4 ^b	2,7 ± 1,3 ^a		0,009	ns	0,032

a,b. statisztikailag igazolható különbségek a vizsgált fajták közt P<0,05 szignifikancia szinten

ns: P>0,05

5. táblázat A testméret-indexek és a vágási mutatók közötti kapcsolat

	Filékihozatal		Vágóérték	
	r	P	r	P
Profilindex	-0,15	NS	-0,3	0,007
Kereszmetszetindex	-0,1	NS	0,06	NS
Fejindex	-0,03	NS	-0,1	NS
Faroknyélindex	-0,08	NS	0,04	NS

NS: $P > 0,01$

Vizsgálatomban a pontyok takarmányozása tógazdaságokként hasonló volt (3. táblázat), a zsírtartalom azonban elmaradt a tenyésztett pontyokra vonatkozó irodalmi adatoktól. Ez arra enged következtetni, hogy a vizsgált halak tápláléka jelentős részben természetes eredetű lehetett. BAUER ÉS SCHLOTT (2009) pontyok zsírtartalmát vizsgálták ausztriai tógazdaságokban, az általam vizsgált körülményekhez nagyon hasonló körülmények között. Eredményei (2,7 és 6,9 % közötti zsírtartalom) az általam kapott eredményekhez nagyon hasonlóak.

FACONNEAU ÉS MTSAL. (1995) szerint a ponty zsírtartalma a testmérettel párhuzamosan növekszik. Ezt nem sikerült kimutatni sem a teljes adatállomány, sem a fajták tekintetében. A fajta azonban szignifikáns hatással volt a filé zsírtartalmára (4. táblázat). A tükrös és pikkelyes fajták közt nem volt szignifikáns különbség zsírtartalomban, t-próbával összehasonlítva.

5.1.3.2. Vízretartóképesség

A vizsgált pontyfajták filéjének vízretartóképességét jellemző értékeit a 4. táblázat tartalmazza. A vízretartó képességet spontán (csepegési veszteség) és indukált (főzési-, és felengedtetési veszteség) nedvességtartalom-vesztéssel jellemeztem. A főzés során távozott a legtöbb nedvesség a pontyok filéjéből. A veszteség mértéke $15,3 \pm 2,8 \%$ és $22,2 \pm 9,1 \%$ között mozgott. A főzési veszteség az attalai tükrös fajtában volt a legmagasabb, szignifikáns fajta-hatással. A többi fajtánál a főzési veszteség értékek közel azonosak voltak. A felengedtetési

veszteség a hortobágyi tükrös fajtában bizonyult a legmagasabbnak. A spontán csepegés tekintetében nem volt különbség a csoportok között.

Az intracelluláris víz vesztesét az izomsejtekből az izomrostok összehúzódása okozza a *rigor mortis* kialakulása során. A folyamat során az izomrost fehérje-összetevői degradálódnak, ám a szarkolemma és a szarkoplazmás retikulum részleges károsodásával is számolni kell. FACONNEAU ÉS MTSAL. (1995) szerint ezek az események a *rigor* kialakulása utáni pár órában lezajlanak. Ennek a természetes folyamatnak a mértéke a hús spontán csepegésével (HONIKEL, 1998) mérhető. Az általam vizsgált ponty filében a csepegési veszteség minden csoportnál 2,5 % körüli volt.

Az intracelluláris folyadék vesztese történhet valamilyen behatásra is, mint például a fagyasztás és az azt követő felolvadás. A fagyasztás hatására a sejtmembránok megsérülnek (ruptúra), ugyanúgy, mint a Z-vonal és a harántcsíkolatos struktúra (TAKAHASHI ÉS MTSAL., 1993). Ez a folyamat összefüggésben van a Ca-ionok koncentrációjával a miofibrillumok környékén, és így a további összehúzódás miatt folyadék áramlik ki a sérült membránstruktúrán. A felengedetési veszteség a hortobágyi pikkelyes fajtában szignifikánsan a legmagasabbnak bizonyult. Habár a felengedetési veszteség mértéke elsősorban a fehérjékkel van összefüggésben, érdekes módon ebben a fajtában találtam a legmagasabb zsírtartalmat.

5.1.3.3. Szín

A ponty filé színkomponens értékeit tekintve (L, a*, b*) nem volt szignifikáns különbség a tájfajták között, a színt jellemző értékek minden csoportnál közel azonosak voltak (4. táblázat). E tekintetben viszonylag homogén ponty populációról beszélhetünk, annak ellenére, hogy a fajta és az ivar is több esetben szignifikáns hatással volt a színparaméterekre (4. táblázat). A színt okozó szerves vegyületek (pl.: hem pigmentek, astaxanthin) kémiai analízisét nem végeztük el, de az, hogy a csoportok között nem volt statisztikailag igazolható

eltérés, arra enged következtetni, hogy ezen vegyületek felhalmozódása a filében nagyon hasonló mértékű.

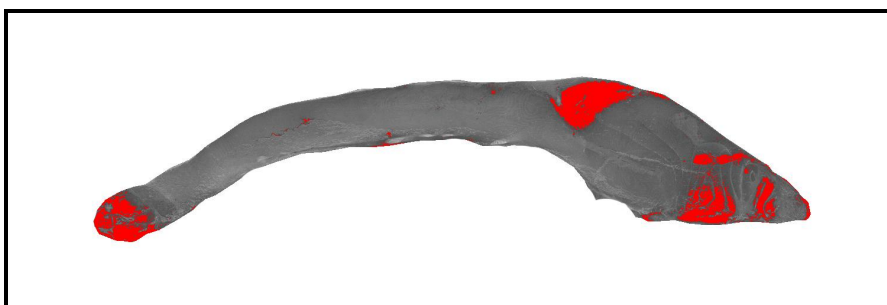
5.1.3.4. pH

A filé pH értéke a *post mortem* 45. percben mérve minden esetben magasabb volt, mint a 24 órás időpontban. Mindkét értéket tekintve a csoportok közti különbségek azonosak voltak. Az attalai pikkelyes filéjének volt a legmagasabb a pH értéke, jelentősen meghaladva a hortobágyi nyurga értékeit. A filé pH-ját a fajta, mint fix faktor befolyásolta szignifikánsan (4. táblázat).

A halál beállta után a szövetek károsodnak, a fizikai és kémiai degradáció elkezdődik. Ahogy a vérkeringés megszűnik, az izmok anaerob anyagcseréje átmenetileg fokozódik, és ennek végterméke, a tejsav felhalmozódik az izomban, csökkentve a pH-t. Figyelembe véve a pH értékeket egy fontos feltevéssel élhetünk. A pH csökkenése az első 23 órában nagyon enyhe, homeotherm állatokkal összehasonlítva. Ez a ponty filében csak kis mértékben raktározott glikogénnek köszönhető és egybevág FACONNEAU ÉS MTSAL. (1995) eredményeivel.

5.1.4. A vörös izom aránya

A filékben a vörös izomrostok a gerinc környékén, az oldalvonalnál és a mellúszó közelében koncentráálódtak (2. ábra). Ez az izomtípus nagy mioglobin és mitokondrium tartalmú, aerob anyagcseréjű és a lassú, de hosszútávú mozgással van összefüggésben (JOHNSTON ÉS MTSAL., 1997; JOHNSTON, 1999; GOLDSPIK ÉS MTSAL., 2001). A filé többi részén a gyors mozgásért felelős kis mioglobin és mitokondrium tartalmú fehér izom található (JOHNSTON ÉS MTSAL., 1997; JOHNSTON, 1999; GOLDSPIK ÉS MTSAL., 2001).



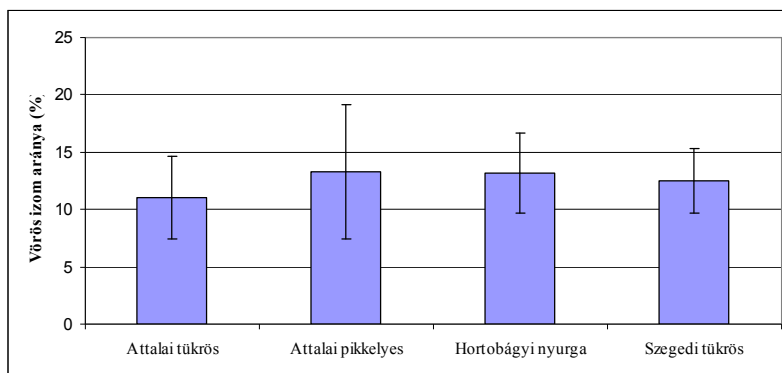
2. ábra A vörös izom eloszlása ponty filéjében

A vörös izom aránya 11,06 és 13,3% között mozgott (3. ábra). A vizsgált pontyfajták vörös izom arányának tekintetében nem találtam jelentős eltérést, nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A különböző halfajok – köztük a pontyfélék - vörös és fehér izomzatának eloszlása nagymértékben függ az életmódjuktól (SÄNGER, 1992b). A kísérletben szereplő pontyfajták mind azonos életkörülmények közül kerültek ki, így az izomösszetételben ezért nem mutatkozott lényegi eltérés.

5.1.4.1. A vörös izom aránya és a húsminőségi mutatók kapcsolata

A vörös izom arány és a húsminőségi tulajdonságok közötti kapcsolat – korrelációanalízissel vizsgálva – gyengének bizonyult (6. táblázat).

Az izomarány és a többi vizsgált változó közötti összefüggés a szárazanyag tartalom tekintetében volt a legmagasabb. A vörös izom mennyisége nagyban összefügg a szárazanyag tartalommal, hiszen lipid- és fehérjetartalma magasabb a fehér izoméénál (REBAH ÉS MTSAL., 2010). Esetünkben azonban negatív korrelációról van szó, melyet véleményem szerint az alacsony mintaszám indokolhatott.



3. ábra A vörös izom aránya a vizsgált pontyfajtákban

6. táblázat A vörös izom aránya és a húsminőségi mutatók közti kapcsolat

	Vörös izom aránya	
	r	P
pH 45 min.	-0.111	NS
pH 24 h	0.056	NS
Főzési veszteség	-0.118	NS
Csepegési veszteség	0.047	NS
Felengedtetési veszteség	-0.098	NS
Szárazanyag tartalom	-0.372	0.001
Zsírtartalom	-0.126	NS

NS: $P > 0,01$

5. 2. Fizikai aktivitás hatása ponty és filé foszfolipid zsírsavösszetételére és a vér metabolitjaira

5.2.1. Növekedés

Sem a kezdeti (kontroll: $51,4 \pm 26,5$ g és kezelt: $49,7 \pm 17,9$ g), sem a befejező testsúlyt (kontroll: $59,8 \pm 37,4$ g és kezelt: $52,7 \pm 20,8$ g) tekintve nem volt különbség a csoportok között.

5.2.2. Filé foszfolipid zsírsav összetétel

A csoportokon belül a tükrös és pikkelyes genotípusok között nem volt igazolható eltérés a filé foszfolipid összetétel tekintetében, ezért ezeket összevontan elemeztük és csak a kezelt és a kontroll csoportot hasonlítottuk össze. A takarmány összlipid-, és poláris lipid összetételét a *4. melléklet* tartalmazza. A kontroll és kezelt halak filé foszfolipid összetételének összehasonlító adatait a 7. táblázat mutatja.

Az 5 hetes rendszeres tréning következtében jelentősen csökkent a mirisztinsav (C14: 0), a margarinsav (C17: 0) és arachidonsav (C20: 4 n6) aránya, ezzel szemben a behénsav (C22: 0) aránya megnövekedett. Érdekes, hogy a primer adatokból számítással nyert zsírsavcsoport adatok közül egyedül az összes n6 részarány mutatott szignifikáns változást. Ennek aránya jelentősen csökkent a rendszeres fizikai aktivitás következtében.

Eredményeink újdonsága abban rejlik, hogy halak esetében a rendszeres tréning hatására fellépő izom adaptációt ezidáig nem vizsgálták. A kísérlet eredményeképpen enyhe mértékű, ám jól meghatározható változásokat tapasztaltunk, melyek egybevágnak homeoterm gerincesekre vonatkozó irodalmi adatokkal (HELGE ÉS MTSAL. 1999; ANDERSSON ÉS MTSAL. 1998; SZABÓ ÉS MTSAL. 2002; AYRE ÉS MTSAL. 1998; GUGLIELMO ÉS MTSAL., 2002).

7. táblázat A kontroll és kezelt halak filé foszfolipid összetétele

Zsírsav	Kezelt	Kontroll	sig.
	átlag $\pm$ szórás	átlag $\pm$ szórás	
C14:0	0,43 $\pm$ 0,078	0,49 $\pm$ 0,062	*
C15:0	0,23 $\pm$ 0,022	0,24 $\pm$ 0,02	ns
C16:0	21,8 $\pm$ 0,81	21,7 $\pm$ 0,97	ns
C16:1 n7	1,78 $\pm$ 0,26	1,83 $\pm$ 0,24	ns
C17:0	0,41 $\pm$ 0,027	0,44 $\pm$ 0,029	*
C17:1 n7	0,15 $\pm$ 0,019	0,16 $\pm$ 0,021	ns
C18:0	7,43 $\pm$ 0,68	7,71 $\pm$ 0,56	ns
C18:1 n9	9,89 $\pm$ 0,26	9,80 $\pm$ 0,80	ns
C18:2 n6	5,64 $\pm$ 0,65	5,81 $\pm$ 0,64	ns
C18:3 n6	0,30 $\pm$ 0,022	0,30 $\pm$ 0,023	ns
C18:3 n3	0,42 $\pm$ 0,077	0,44 $\pm$ 0,036	ns
C20:0	0,42 $\pm$ 0,028	0,41 $\pm$ 0,054	ns
C20:1 n9	2,12 $\pm$ 0,16	2,09 $\pm$ 0,20	ns
C20:2 n6	0,57 $\pm$ 0,042	0,58 $\pm$ 0,048	ns
C20:3 n6	0,74 $\pm$ 0,15	0,81 $\pm$ 0,19	ns
C20:3 n3	0,11 $\pm$ 0,013	0,11 $\pm$ 0,010	ns
C20:4 n6	4,12 $\pm$ 0,48	4,59 $\pm$ 0,39	*
C20:5 n3	12,5 $\pm$ 1,05	12,7 $\pm$ 0,74	ns
C22:0	0,08 $\pm$ 0,048	0,03 $\pm$ 0,008	*
C22:5 n3	3,77 $\pm$ 0,19	3,68 $\pm$ 0,18	ns
C22:6 n3	26,7 $\pm$ 1,60	26,6 $\pm$ 2,02	ns
Σ telített	30,7 $\pm$ 0,72	31,0 $\pm$ 0,86	ns
Σ monoén	12,8 $\pm$ 3,25	13,9 $\pm$ 1,11	ns
Σ polién	55,0 $\pm$ 0,87	55,1 $\pm$ 1,00	ns
Σ n3	43,6 $\pm$ 0,94	43,0 $\pm$ 1,44	ns
Σ n6	11,3 $\pm$ 0,97	12,1 $\pm$ 0,93	*
Σ n9	11,1 $\pm$ 3,00	11,9 $\pm$ 0,89	ns
Σ n6 / Σ n3	0,29 $\pm$ 0,11	0,31 $\pm$ 0,13	ns
C18:0 / 16:0	0,34 $\pm$ 0,04	0,36 $\pm$ 0,04	ns
C18:1 n9 / C18:0	1,10 $\pm$ 0,53	1,28 $\pm$ 0,12	ns
Telítetlenségi index	290,6 $\pm$ 4,05	287,2 $\pm$ 8,29	ns
Átlagos zsírsav lánc hossz	19,13 $\pm$ 0,06	18,97 $\pm$ 0,47	ns

* $P < 0.05$; ns: $P > 0.05$

5.2.2.1. Arachidonsav és összes n6 zsírsav részarány

Az arachidonsav (ARA) az egyik legmeghatározóbb n6 zsírsav a membránlipidek között és általában jó indikátora a különböző élettani változásoknak. Saját eredményeinkhez hasonlóan HELGE ÉS MTSAL. (1999) kimutatták, hogy a patkány vázizomzatában is csökken az ARA arány rendszeres tréning hatására. Emberi izom foszfolipidjeiben ANDERSSON ÉS MTSAL. (1998) találtak csökkenést az n6 zsírsavak részarányát tekintve hosszantartó, szubmaximális, aerob edzés eredményeként, különösen a C18:2 n6 és az ARA esetében. SZABÓ ÉS MTSAL. (2002) futópádon edzett nyúl vázizmában

(*longissimus dorsi* és *vastus lateralis*) érték el hasonló eredményeket, de csak a comb esetében volt szignifikáns változás, mert az jobban ki volt téve az edzésnek. AYRE ÉS MTSAL. (1998) elhízott és normál testsúlyú patkányoknál írtak le membrán arachidonsav csökkenést szubmaximális aerob testmozgás következtében, főleg a jelentősebben terhelt izmok esetében. Ez egybevág a saját eredményeinkkel, mivel mi is főleg ilyen izomcsoportból vettünk mintát. Érdekes, hogy míg halakra vonatkozóan nem találhatóak releváns irodalmi adatok, addig egy másik gerinces osztálynál, a madaraknál bizonyítottan csökken az arachidonsav arány a vándorlás során a repülésért felelős izmokban és a vérplazma foszfolipidekben (GUGLIELMO ÉS MTSAL., 2002).

Az izom membrán arachidonsav csökkenésének a fiziológiai háttere még nem teljesen tisztázott, de az emlősökkel végzett tréning-vizsgálatok arra engednek következtetni, hogy az $n6$ zsírsavak relatíve magas aránya növeli az állóképességet (ARA; RUF ÉS MTSAL., 2006) és az edzés ezeknek a zsírsavaknak a szelektív aránycsökkenését okozza a sejtmembránokból (HELGE ÉS MTSAL., 1999; ANDERSSON ÉS MTSAL., 2000; HELGE ÉS MTSAL., 2001). Az általunk vizsgált pontyoknál is ez a tendencia volt tapasztalható, a linolénsav (C18:2 $n6$) és az eikozatriénsav (C20:3 $n6$) illetve az összes $n6$ zsírsav enyhe részaránybeli csökkenést mutatott az úsztatott halak izomszöveti foszfolipidjeiben. Az arachidonsav csökkenésének egy másik lehetséges mechanizmusa a foszfolipáz A2 (PLA2) aktiválódása, ami arra utal, hogy a sejtmembrán struktúrája tréning következtében megváltozik (károsodik) (ARMSTRONG ÉS MTSAL., 1991).

Ezt a folyamatot VETTOR ÉS MTSAL. (1986) igazolták patkányoknál, és újabban egereknél is bizonyítást nyert, hogy a kalcium-független foszfolipáz A₂ gamma enzim aktivitása pozitívan korrelál az állóképességgel és így fordítottan arányos a membrán arachidonsav részarányával (MANCUSO ÉS MTSAL., 2007).

Bár a szakirodalom szűkös, a rendszeres edzés hatására kialakuló szelektív arachidonsav aránycsökkenés a vázizmok membránlipidjei közül előfeltétele lehet a prosztaciklin szintézisének (ZOLADZ ÉS MTSAL., 2010), mely egy olyan

vazoaktív vegyület, ami meghosszabbítja a fizikai aktivitást. DOBRZYŃ ÉS GÓRSKI (2002) arról számoltak be, hogy közepes erősségű terhelés hatására patkánynál az arachidonsav ceramidokból és szfingomielinekből hidrolizálódik, utalva a szfingomielin jelátviteli folyamatok fizikai terhelés okozta aktivációjára.

5.2.2.2. Margarinsav

A margarinsav (C17:0) páratlan szénláncú zsírsavat a gerincesek nem képesek szintetizálni, így a szövetbeni jelenléte takarmányeredetre (mikrobiális zsírsav) vezethető vissza. Terhelésélettani szerepe nem teljesen tisztázott. A nyúl izom össz- és poláris lipidjeire vonatkozóan SZABÓ ÉS MTSAL. (2002) találtak azonos tendenciát, izomtípustól függetlenül (*longissimus dorsi* és *vastus lateralis*). VISSER ÉS MTSAL. (1985) szerint kutyák szívizmában a jelölt margarinsavat trigliceridekkel szemben inkább foszfolipidek veszik fel és lebomlásuk viszonylag lassan megy végbe β -oxidációval ebből a lipid-frakcióból. Tehát a margarinsav táplálék eredete feltételezhető, illetve kismértékű oxidáció, mely alátámasztható azzal a megállapítással, hogy a margarinsav β -oxidációbeli preferenciája a poláris lipidfrakcióban hasonló a szintén telített palmitinsavéhoz (C16:0) (VISSER ÉS MTSAL., 1985).

5.2.2.3. Behénsav

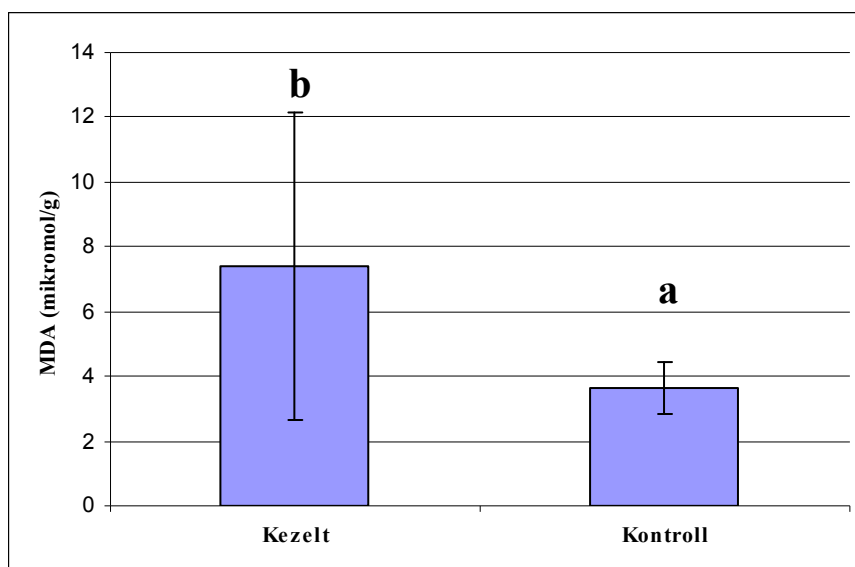
A behénsav részaránya az összes meghatározott zsírsav között viszonylag alacsony. Azonban ez a hosszúszenláncú telített zsírsav fontos eleme az izom szfingomielineknek, főleg a plazma membrán külső rétegében. Ezt a frakciót a neutrális Mg^{2+} függő szfingomielináz hidrolizálja, foszfokolin és a ceramid frakciókra. A ceramid tovább bontható szfingozinná és hosszú szénláncú zsírsavvá a ceramidáz enzimmal (DOBRZYŃ ÉS GÓRSKI, 2002). A ceramidról már kimutatták, hogy fontos messenger és a termelődését különböző ingerek és anyagok váltják ki, úgymint káros anyagok és gyulladásos citokinek. Sőt

DOBRZYŃ ÉS GORSKI (2002) kimutatta, hogy már egyetlen kimerítő terheléses fázis („single exhaustive exercise bout”) is szignifikánsan növeli a behénsav százalékos részarányát patkány izom ceramidokban és szfingomielinokban, az izomrost típusától függetlenül. Az úsztatásos kísérlet eredményei hasonló trendet mutatnak: kismértékű, de statisztikailag szignifikáns növekedést a behénsav részarányában, a ponty vázizom teljes foszfolipid frakciójában, mely tartalmazza a fent említett poláris lipidfrakciót is.

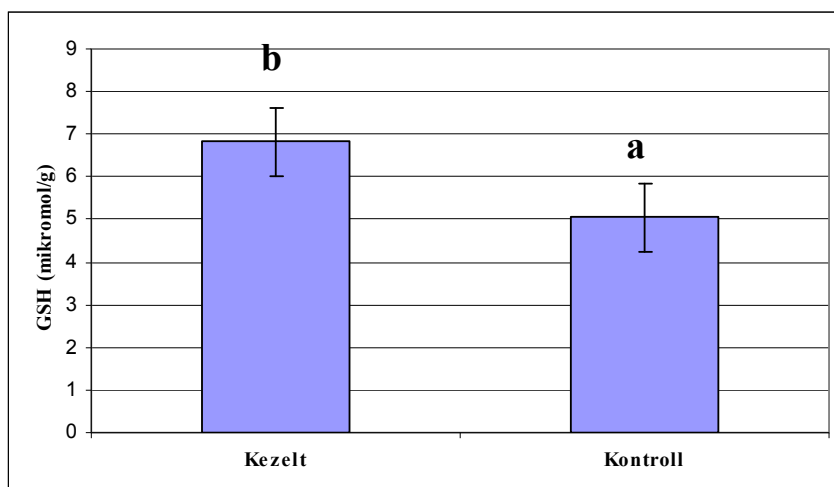
5.2.3. Malondialdehid koncentráció

A rendszeres aerob testmozgás fokozza a szabadgyök termelést és oxidatív stresszt (JI, 1995), míg az alacsony szintű oxidatív stressz emeli az egyes antioxidáns enzimek aktivitását (JI, 2002). A nem enzimátikus lipidperoxidációt gyakran jellemzik a malondialdehid (MDA) koncentráció meghatározásával, egy citotoxikus és mutagén végtermékkel, mely a több mint három kettős kötéssel rendelkező zsírsavakból alakul ki (MEAD ÉS MTSAL, 1985).

Saját vizsgálatomban a filé malondialdehid koncentrációja szignifikánsan nőtt a tréningezett halak filéjében (4. ábra), és a vészérum oxidált glutation koncentrációja is emelkedett (5. ábra). Végző soron ez vezethet az alacsonyabb szintű lipidperoxidációhoz (és kisebb mértékű szabadgyök termeléshez) a rendszeresen edzett izmokban, mint ahogy azt kimutatták tréningezett angolna (MORTELETTE ÉS MTSAL, 2010), nyulak (SZABÓ ÉS MTSAL, 2002) és az emberi vér (CAKIR-ATABEK ÉS MTSAL, 2010) esetében. Az angolnában a rendszeres úszás csökkentette a glutation peroxidáz aktivitást, és ezt alátámasztják CAKIR-ATABEK ÉS MTSAL. (2010) eredményei is. Az eredmények arra utalnak, hogy a rendszeres tréning fokozza az antioxidáns enzim-rendszer kapacitását.



4. ábra A filé malondialdehid koncentrációja a kezelt és kontroll csoportban ($p < 0,05$)



5. ábra A vérérum oxidált glutation (GSH) koncentrációja a kezelt és kontroll csoportban ($p < 0,05$)

5.2.4. Vérérum összetétel változása

A fizikai aktivitás akut és krónikus metabolikus hatásai eltérőek lehetnek. Általában az akut hatásokra jellemző az enyhe dehidratáció, a könnyen oxidálható energiaforrások gyors kimerülése és azok bomlástermékeinek

megjelenése a vérben. A kísérlet célja a hosszú távú adaptáció vizsgálata volt, így a rövid távú hatásokat igyeztünk kizárni. Ennek érdekében a mintavételi napokon a halakat nem tréningeztük.

Klinikai nyomkövetéses kísérletet ponty esetében altatás (VELISEK ÉS MTSAL., 2005) és szállítás (DOBSIKOVA ÉS MTSAL., 2009) hatásainak tisztázására végeztek. Edzés által kiváltott klinikai kémiai adaptációt eddig *Salminus maxillosus* fajon, lipid anyagcserét szivárványos pisztrángban vizsgáltak (MAGNONI ÉS MTSAL., 2008), tengeri csontoshalak esetében több tanulmány is készült (DAVISON, 1997).

Ismereteim szerint pontyban ezidáig terheléses vizsgálatot nem végeztek.

A vizsgált vérparaméterek eredményeit a 8. táblázat tartalmazza, amely magába foglalja a tréning okozta hatásokat és a korosodás kiváltotta változásokat együttesen.

5.2.4.1. Nitrogéntartalmú metabolitok

A fizikai terhelés a nitrogéntartalmú metabolitok közül az albumin koncentráció szignifikáns emelkedését eredményezte a harmadik mintavételi időpontban. Sem az összfehérje, sem a kreatinin koncentrációja nem mutatott jelentős változást a tréning következtében. Korral összefüggő változás nem volt kimutatható a nitrogéntartalmú metabolitok között. A szérum oxidált glutation koncentrációja az utolsó időpontban magasabb volt az úsztatott halak esetében.

A szérumban a legnagyobb fehérje frakciót képviseli az albumin, mely a nem észterifikált (szabad) zsírsavak (NEFA) szállítója is. Minthogy a NEFA a halak számára oxidálható energiaforrás (HOCHACHKA, 1985), ezért a megemelkedett albumin koncentráció utalhat a tárolt lipidek fokozott hidrolízisére és a keletkező NEFA fokozott transzportjára a szérumban.

8. táblázat A vizsgált vérparaméterek a kezelt és kontroll csoportban a mintavételi időpontonként

		Időpontok			
Csoport		0	1	2	3
Nitrogéntartalmú metabolitok					
Kreatinin(μmol/L)	Kezelt	0,55 ± 1,51 ^A	0,36 ± 0,81 ^{AB}	1,75 ± 2,26 ^B	0,02 ± 0,00 ^A
	Kontroll	3,0 ± 7,35 ^A	0,9 ± 1,73 ^A	1,00 ± 2,16 ^A	0,18 ± 0,60 ^A
Összféhéjje (g/L)	Kezelt	27,2 ± 5,58 ^A	30,7 ± 8,34 ^A	29,5 ± 8,27 ^A	31,8 ± 3,57 ^A
	Kontroll	27,0 ± 2,45 ^A	29,6 ± 9,97 ^A	33,9 ± 12,03 ^A	30,0 ± 3,10 ^A
Albumin (g/L)	Kezelt	16,2 ± 2,82 ^A	14,7 ± 7,50 ^A	17,4 ± 6,76 ^A	17,7 ± 4,58 ^{AB}
	Kontroll	12,5 ± 4,37 ^A	13,0 ± 3,16 ^A	19,0 ± 8,71 ^A	12,4 ± 3,32 ^{AB}
Ox. glutation (μmol/g prot.)	Kezelt	6,13 ± 0,94 ^{AB}	7,68 ± 2,21 ^{BC}	8,72 ± 2,1 ^C	5,05 ± 0,79 ^{AB}
	Kontroll	6,72 ± 0,86 ^A	7,41 ± 1,94 ^A	7,37 ± 1,56 ^A	6,90 ± 0,83 ^{BA}
Lipid metabolitok					
Koleszterin (mmol/L)	Kezelt	2,84 ± 0,66 ^A	3,02 ± 0,58 ^{AB}	3,10 ± 0,33 ^{AB}	3,47 ± 0,48 ^B
	Kontroll	2,68 ± 0,43 ^A	2,90 ± 0,56 ^A	3,02 ± 0,57 ^A	3,22 ± 0,64 ^A
HDL koleszterin (mmol/L)	Kezelt	1,29 ± 0,09 ^A	1,80 ± 0,65 ^B	1,54 ± 0,41 ^{AB}	2,24 ± 0,15 ^C
	Kontroll	1,31 ± 0,09 ^A	1,50 ± 0,28 ^A	1,77 ± 0,58 ^{AB}	2,25 ± 0,31 ^B
HDL% az összkoleszterinben	Kezelt	47,3 ± 9,3 ^A	59,4 ± 17,4 ^{AB}	50,5 ± 17,3 ^{AB}	65,1 ± 4,9 ^{BB}
	Kontroll	49,6 ± 6,7 ^A	53,8 ± 16,1 ^{AB}	61,1 ± 23,0 ^{AB}	71,0 ± 6,26 ^{BB}
Trigliceridek (mmol/L)	Kezelt	1,88 ± 0,27 ^A	2,38 ± 0,22 ^B	2,38 ± 0,27 ^B	2,86 ± 0,33 ^{BC}
	Kontroll	1,93 ± 0,17 ^A	2,15 ± 0,31 ^A	2,11 ± 0,54 ^A	2,32 ± 0,29 ^{BA}
Enzimek					
AST (IU/L)	Kezelt	123,7 ± 61,75 ^{AB}	116,9 ± 49,36 ^{AB}	95,8 ± 63,14 ^A	178,0 ± 66,69 ^{AB}
	Kontroll	93,2 ± 51,36 ^A	126,4 ± 132,66 ^A	80,4 ± 23,88 ^A	98,9 ± 46,46 ^{BA}
ALT (IU/L)	Kezelt	2,27 ± 0,79 ^{AB}	1,64 ± 1,57 ^A	1,83 ± 1,80 ^A	4,33 ± 3,60 ^{BB}
	Kontroll	1,33 ± 0,82 ^{BA}	3,6 ± 4,77 ^A	2,80 ± 1,32 ^A	1,09 ± 1,04 ^{BA}
Gamma-GT (IU/L)	Kezelt	1,27 ± 1,49 ^A	2,36 ± 4,39 ^A	1,83 ± 1,19 ^A	1,33 ± 1,78 ^A
	Kontroll	1,17 ± 0,983 ^{AB}	0,30 ± 0,48 ^A	2,40 ± 1,65 ^B	0,91 ± 1,38 ^{AB}
Alkalikus foszfatáz (IU/L)	Kezelt	101,5 ± 65,78 ^A	109,4 ± 73,45 ^A	117,0 ± 75,04 ^A	121,8 ± 87,61 ^A
	Kontroll	108,2 ± 55,40 ^A	132,9 ± 59,26 ^A	137,1 ± 71,17 ^A	160,0 ± 96,09 ^A
Pszudokolinszteráz (IU/L)	Kezelt	48,1 ± 25,89 ^A	83,9 ± 46,30 ^B	37,1 ± 17,12 ^A	38,0 ± 24,50 ^A
	Kontroll	30,1 ± 14,28 ^A	54,1 ± 57,26 ^A	53,5 ± 31,50 ^A	45,7 ± 42,86 ^A
LDH (IU/L)	Kezelt	678,9 ± 540,74 ^A	837,4 ± 721,81 ^A	436,0 ± 441,57 ^A	1012,3 ± 588,34 ^A
	Kontroll	340,5 ± 211,15 ^A	450,2 ± 476,56 ^A	388,8 ± 166,89 ^A	704,5 ± 565,27 ^A
Ionok					
Na (mmol/L)	Kezelt	138,6 ± 6,62 ^A	144,7 ± 9,68 ^{AB}	145,4 ± 6,64 ^{AB}	147,0 ± 3,46 ^B
	Kontroll	135,5 ± 10,61 ^A	142,6 ± 9,22 ^{AB}	148,5 ± 3,75 ^{AB}	151,5 ± 8,72 ^A
K (mmol/L)	Kezelt	1,34 ± 0,84 ^{AB}	1,27 ± 0,87 ^A	1,34 ± 0,59 ^{AB}	1,07 ± 0,55 ^A
	Kontroll	2,95 ± 0,59 ^{BB}	1,87 ± 0,61 ^{AB}	1,98 ± 0,67 ^{AB}	0,80 ± 0,56 ^A
Cl (mmol/L)	Kezelt	113,5 ± 2,94 ^{AB}	103,1 ± 10,07 ^A	112,5 ± 7,69 ^B	110,8 ± 2,89 ^B
	Kontroll	132,0 ± 12,85 ^{BB}	108,1 ± 8,31 ^B	109,9 ± 12,79 ^B	110,0 ± 4,00 ^A
Ca (mmol/L)	Kezelt	2,23 ± 0,17 ^{AB}	2,25 ± 0,19 ^A	2,35 ± 0,59 ^{AB}	2,44 ± 0,13 ^A
	Kontroll	2,41 ± 0,16 ^{BA}	2,59 ± 0,70 ^A	2,99 ± 0,74 ^{BA}	2,53 ± 0,19 ^A
P (mmol/L)	Kezelt	3,16 ± 1,33 ^A	4,04 ± 1,02 ^{AB}	4,50 ± 1,32 ^B	3,68 ± 0,87 ^{AB}
	Kontroll	3,35 ± 2,15 ^A	3,26 ± 1,25 ^A	3,80 ± 1,40 ^A	3,80 ± 1,90 ^A
Mg (mmol/L)	Kezelt	0,9 ± 0,23 ^{AB}	0,87 ± 0,22 ^A	0,86 ± 0,23 ^A	1,20 ± 0,25 ^B
	Kontroll	0,7 ± 0,10 ^{BA}	0,81 ± 0,21 ^A	0,96 ± 0,24 ^{AB}	1,13 ± 0,24 ^A

Szignifikáns különbség a csoportok között adott időpontban: ^{a, b}p<0,05

Szignifikáns különbség a csoporton belül az időpontok között: ^{A, B, C}p<0,05

Ehhez hozzá kell fűzni, hogy az albumin NEFA kötőhelyeinek száma állandó, legalábbis emlősökben (SPECTOR ÉS MTSAL. 1971). Ezzel szemben a NEFA oxidációt nem stimulálja a fizikai terhelés pisztrángban, (BERNARD ÉS MTSAL., 1999) és az izmából teljesen hiányzik a glicerokináz aktivitás is (NEWSHOLME ÉS TAYLOR, 1969). Édesvízi halakra, különösen pontyra vonatkozóan ilyen adatok nem állnak rendelkezésre. A vázizomzat glicerokináz aktivitása tengeri

lepényhal fajoknál (*P. platessa*, *P. flesus*) alacsony szintű, de kimutatható. Kézenfekvő lehet tehát, hogy a szubmaximális rendszeres edzés kissé fokozta a NEFA forgalmat a vizsgált pontyokban. SHERIDAN (1988) szerint az albumin nem kizárólagos NEFA-kötő fehérje a halakban. A megemelkedett albumin szint további lehetséges okait elemezve még egy tényezővel számolni kell: a rendszeres testmozgás hipervolémiához vezet, mely az albumin koncentrációjának emelkedésével párosul az intravaszkuláris ozmolalitás fenntartása érdekében.

Érdekes módon sem az összfehérje, sem a kreatinin szérumbeli koncentrációja nem mutatott jelentős változást sem az edzés, sem az korosodás hatására. Bár a szakirodalom szűkös, szállítással összefüggő stresszre adott válasszal párosul alacsonyabb szérum összfehérje szint pontyban (DOBSIKOVA ÉS MTSAL., 2009). Ez egybeesik a fenti megállapításokkal, vagyis a fehérje katabolizmus nem kapott szerepet az izmok energiaellátásban.

Minthogy a halak veséje nitrogéntartalmú végtermékként kreatint is kiválaszt, melyből kreatinin jön létre (THRALL, 2004), a tréningtől független koncentrációja szintén bizonyíték arra nézve, hogy a fizikai aktivitás nem váltott ki fehérje katabolizmust az úsztatott halak szervezetében.

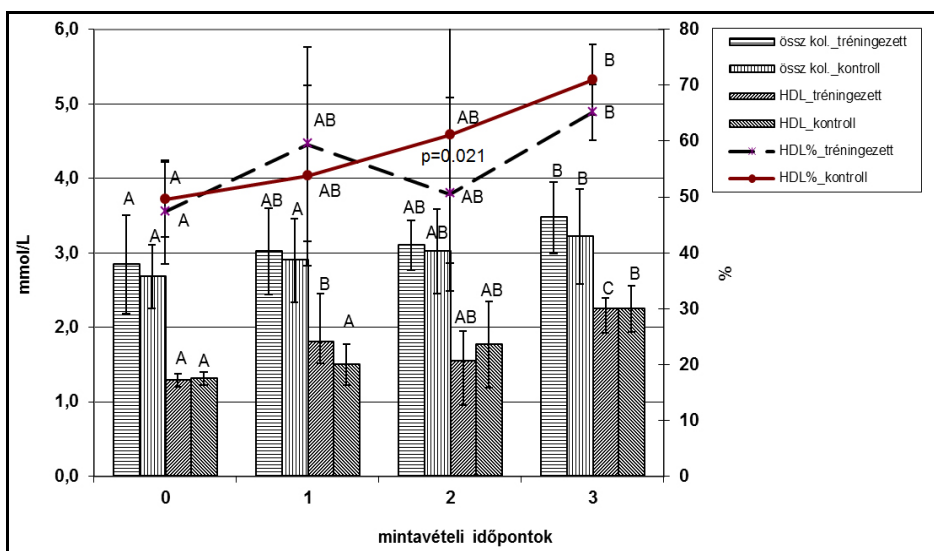
5.2.4.2. Lipid metabolitok

A lipoproteinekkal (LP) szemben a NEFA felhasználása halaknál jóval kevésbé fontos a fizikai aktivitás során fellépő energiaszükségletben (BERNARD ÉS MTSAL., 1999). MAGNONI ÉS MTSAL. (2008) szerint pisztrángban a nyugalmi triglicerid forgalom nagymértékben meghaladja a terheléskori szükségletet. Az észtrezett zsírsavak (döntően LP trigliceridek) szerepe a terheléskor fellépő fokozott anyagcsere energiszükségletének kielégítésében még nem tisztázott, de saját eredményeink alapján fontosnak tűnik. Ezen túlmenően MAGNONI ÉS WEBER (2007) jelentős mértékű lipoprotein lipáz (LPL) aktivitás emelkedést írtak le pisztráng vörös izmában megerőltető úszást követően. Érdekes, hogy a

nagy mértékben aktivált LPL aktivitást nem követte a szérum LP koncentrációjának változása. MOYES ÉS MTSAL. (1989) szerint nagy intenzitású fizikai aktivitás utáni felépülés (restitúció) során a fehér izmok (amikben a ponty gazdag; lásd 5.1.4. *fejezet*) mitokondriumai lipideket oxidálnak a kreatin-foszfát és a glikogén szintézisének érdekében. Az intramuszkuláris triglicerid koncentráció általában a fizikai terheléstől független (RICHARDS ÉS MTSAL., 2002b). Úgy tűnik tehát, hogy nem a tárolt, hanem a cirkuláló TG-ek szolgálnak fontos tápanyagként a halak izmai számára, ami azonban nem jellemző a homeotherm (állandó testhőmérsékletű) gerincesekre (TURCOTTE, 1999).

Esetünkben támogató eredmények születtek a szérum trigliceridek koncentrációját illetően, a harmadik mintavételi időpontban szignifikánsan emelkedett a szérum TG szint. Az összkoleszterin és a HDL koleszterin frakciók azonban nem változtak igazolható mértékben a terheléssel összefüggésben, ugyanakkor a két koleszterinfrakció között arányváltozás mutatkozott. A HDL frakció százalékos értéke az összkoleszterinben képest szignifikánsan csökkent az úsztatás hatására a kísérlet végeztére, ugyanakkor életkorral összefüggő változást is sikerült kimutatni ebben a változóban (6. ábra), amit KIPREOS ÉS MTSAL. (2010) eredményei is alátámasztanak ember esetében.

BERNARD ÉS MTSAL. (1999) közleménye szerint pisztrángban a TG forgalom („flux”) nem haladja meg a nyugalmi szintet még négy napig tartó folyamatos úzás során sem. Esetünkben a terhelés jelentősen kisebb mértékű volt, de meg kell említeni, hogy az úsztatás végére a halak olyan mértékig elfáradtak, hogy kézzel könnyen megfoghatók voltak. A fenti eredményeket figyelembe véve, a pontyok kirobbanó jellegű, erőteljes, ám rövid periódusú („burst”) úzásformát választanak nagy vízáramlási sebességgel szemben. Ennek a mozgásnak az energiaszükségletét elsősorban intramuszkuláris és a vérben jelenlevő észterezett lipidekből (HOCHACHKA, 1985), kisebb részben pedig intracelluláris szubsztrátokból (izom és máj glikogén) fedezi (lásd 5.2.4.3. *fejezet*, LDH).



6. ábra Az össz-, a HDL és a két frakció arányának változása a kísérlet során a két csoportban ($P < 0,05$)

5.2.4.3. Enzimek

Az utolsó mintavételi időpontban a máj és izom eredetű enzimek, az alanin amino-transzferáz (ALT) és az aszparát-transzamináz (AST) megnövekedett szérum aktivitást mutattak az edzett csoportban. Ezek a jelentős emelkedések hepatocelluláris és szarkolemma károsodást jeleznek. Hasonló eredményeket közöltek DOBSIKOVA ÉS MTSAL. (2009) ponty esetében, ahol az AST aktivitása a szérumban egyenes arányban növekedett a szállítás okozta stressz mértékével. Érdekes módon az ALT aktivitás nem reagált a stresszhatásra. Sőt az AST aktivitás értéke az irodalmi adatoknak megfelelően mozgott a kísérlet alatt, a kezdeti értéket is beleértve. Bár nem volt közvetlenül meghatározva, a fizikai aktivitással vagy a lehalászással összefüggő stressz májszöveti károsodáshoz vezethet, és ezt követően a szérumban az AST és ALT aktivitás növekszik, mint ahogy WELLS ÉS MTSAL. (1986) is megfigyelték csattogóhal (*Chrysophrys auratus*) esetében.

Bár a laktát-dehidrogenáz (LDH) aktivitása tendencia-szerűen magasabb volt az úsztatott halakban, ezt nem sikerült statisztikailag igazolni. A szignifikancia

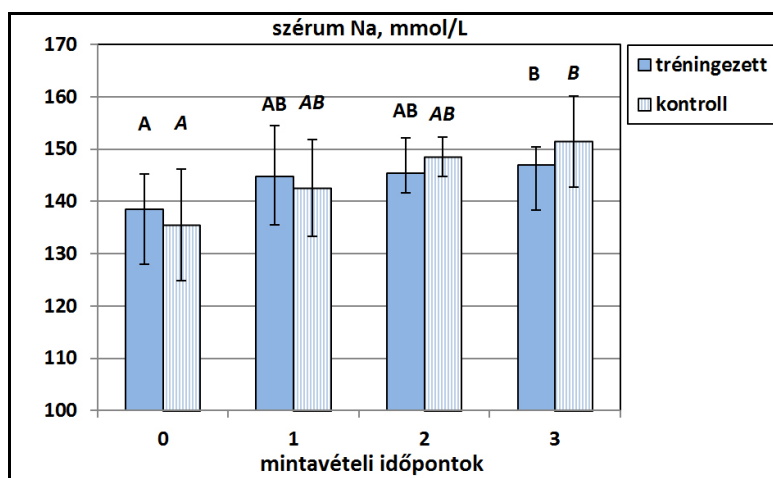
hiányát a csoportok között a szórás meglehetősen magas értéke eredményezhette. A kísérlet során tapasztalható volt, hogy a pontyok képesek fenntartani a rendellenes, kirobbanó úszásformát állandó vízáramlási sebességnél. Így feltételezhető, hogy a glikolitikus potenciál csak kis mértékben emelkedett, míg a laktát ismerten glikogenikus szubsztrát a hal-izom számára (PAGNOTTA ÉS MILLIGAN, 1991).

Azt alkalikus foszfatáz (ALP) a gerincesekben diagnosztikai markere a máj és epe-, valamint csontrendszeri rendellenességeknek (BISHOP ÉS MTSAL., 2005). Esetünkben kis mértékű, de nem szignifikáns emelkedés figyelhető meg mindkét csoportban, csoportok közötti különbségek nélkül. Hozzá kell tenni, hogy az ALP izoenzimek meghatározását nem végeztük el, így azok eredete (máj, csont, vastagbél) nem ismert. A gamma-GT értékeivel együtt értékelve minimális és élettani szintű változások (fluktuáció) figyelhetők meg, melyek alapján májrendellenesség kizárható a vizsgált állatokban. Másrészről WHITFIELD (2001) szerint sem megerősítő, sem enyhe testmozgás nem befolyásolja a gamma-GT szérum aktivitását. A gamma-GT élettani szerepe, hogy az extracelluláris glutationt lebontsa és az aminosavakat (glutamint) a sejtek számára felhasználhatóvá tegye (WHITFIELD, 2001).

Míg a gamma-GT értékei nem voltak szignifikánsan magasabbak az edzett pontyokban, addig statisztikailag igazolhatóan magasabb oxidált glutation (GSH) szint volt kimutatható ebben a csoportban a befejező időpontban (5. ábra). Ez egybevág SASTRE ÉS MTSAL. (1992) eredményeivel, akik nagymértékben megemelkedett GSH értéket írtak le emberben testmozgást követően. KERKSICK ÉS WILLOUGHBY (2005) szerint a GSH erős antioxidáns, mely megvédi a sejtmembrán lipidjeit a kimerítő testmozgás közben fellépő oxidatív károsodással szemben. A gamma-GT eredményeit is figyelembe véve enyhe változás feltételezhető a glutation redox státuszban, mely a fizikai aktivitásnak és a közben fellépő fokozott GSH oxidációnak köszönhető.

5.2.4.4. Szérum ionok

Édesvízi halakban a szérum nátrium és klorid ionok koncentrációja 130 és 150 mmol/l között mozog (THRALL, 2004). Bármely eltérés ezektől az értékektől kopolytű-, és veserendellenességgel, vagy a víz savasságának és keménységének megváltozásával van összefüggésben. A pontyokban, a klorid ion koncentrációjában alacsonyabb értékek figyelhetők meg tendeciózus változás nélkül, a nátrium koncentrációja viszont nem változott a tréning következtében. Ezzel szemben életkorral összefüggő nátriumszint emelkedést tapasztaltunk a szérumban mindkét csoportban (7. ábra).



7. ábra A szérum Na ion koncentrációjának korfüggő változása a tréningezett és a kontroll csoportban ($P < 0,05$)
(Az eltérések csoporton belül, a mintavételi időpontok között értelmezendők)

Korábbi tanulmányok is közöltek nátriumkoncentráció emelkedést az életkor függvényében pulyka (*Meleagris gallopavo*) esetében (VASICEK ÉS MTSAL., 1991; SZABÓ ÉS MTSAL., 2005). A nátriumion koncentráció-növekedés legvalószínűbb módon az életkor során tapasztalható szárazanyagtartalom növekedéssel van összefüggésben az élő szervezetekben. Tudtommal, ezt az összefüggést ezidáig nem írták le halakban.

Az irodalom szerint a lehalászás és az azt követő kimerítő stressz hatására a szérum nátrium, kálium, kalcium és klorid szintje emelkedhet (WELLS ÉS MTSAL., 1986). Esetünkben nem volt hasonlóan kimutatható eredmény egyik ion esetében sem (kontroll és kezelt csoport összehasonlítása), sőt a kálium és a kalcium szintje időlegesen csökkent a kezelt csoportban (a kezdeti és második mintavételi időpontokban).

Ezen ionok megnövekedett koncentrációja a szérumban a sejtmembrán sérülésének és az azt követő szivárgásnak („leak”) tulajdonítható. Esetünkben ennek az ellenkezője volt kimutatható, egyedül a magnéziumkoncentráció volt magasabb a kezdeti időpontban a kezelt csoportban. A kismértékben ingadozó ion koncentrációra és az enyhe mértékű, edzéssel összefüggő csoportok közti különbségekre alapozva, a vizsgált pontyokban a szarkolemma sérülése nem feltételezhető a kísérletünk során.

5. 3. Extrém környezeti feltételek hatása ponty filé zsírsavösszetételére

5.3.1. A hévízi ponty béltartalmának és filéjének zsírsavösszetétele

A halak boncolása közben jól fejlett ivarszerveket és nagy mennyiségű hasúri zsírt találtam, ezen kívül a béltartalom mennyisége is jelentős volt. Ezek arra engednek következtetni, hogy a Hévízi tóban élő pontyok nem szenvednek táplálékhiányban, és megerősíti azt a feltételezést, hogy a kis testméret az extrém körülményekhez való alkalmazkodás, és nem az éhezés eredménye.

A hévízi ponty béltartalmának zsírsavösszetételét a 9. táblázat tartalmazza. A béltartalom zsírsaiban jelentős részarányt képviselt az arachidonsav (6,55 %) és a dokozahexaénsav (12,1 %) is, utóbbi jelentősen hozzájárul ahhoz, hogy az összes n₃ zsírsav aránya 20% volt a teljes zsírtartalmon belül. Ezeknek a zsírsavaknak a jelenléte a béltartalomban állati vagy alga eredetű táplálékot feltételez (NICHOLS ÉS APPLEBY, 1969). Mivel a pontyok béltartalmában elenyésző mennyiségű állati maradványt (csigaház) találtam, valószínűbb, hogy a tó fenekét borító iszapban élő, bomló növényi részekkel táplálkozó mikroflóra adja a halak fő táplálékát. Ezt megerősíti az a tény, hogy a béltartalom zsírtartalom-extrakciója során a dörzsmozsárban nagyobb mennyiségű, tavi üledékre jellemző kristályos szemcse volt megfigyelhető. Mindezek mellett, a béltartalom telítetlenségi indexe (170) jelentősen meghaladta a filéjét (126,7). Ez a hőmérsékleti adaptáció egy különös változatára utal, ugyanis a dokozahexaénsav és az arachidonsav nagy, vagy növekvő részaránya ponty zsírtartalmában (máj foszfolipid) a hideghez való alkalmazkodásra utal (FARKAS, 1984). Érdekes módon a hévízi ponty esetében az ellenkezője tapasztalható: a táplálékkal felvett nagy mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsav csak nagyon kis mértékben, vagy egyáltalán nem épült be az izom zsírsavkészletébe.

Másik érdekes eredmény, hogy a hévízi ponty filéjében a telített zsírsavak aránya 5-10 %-al nagyobb, összehasonlítva a nemzetközi irodalmakban szereplő adatokkal (10. táblázat), beleértve a trópusi adatokat is.

9. táblázat A hévízi ponty bértartalmának zsírsavösszetétele

Zsírsav	tömeg%
C14:0	0,09
C14:1 n5	3,77
C15:0	0,13
C15:1 n7	0,63
C16:0	23,4
C16:1 n7	4,55
C17:0	1,67
C17:1 n9	0,73
C18:0	11,5
C18:1 n9	18,1
C18:2 n6	5,24
C18:3 n6	0,54
C18:3 n3	2,13
C20:0	0,18
C20:1 n9	1,20
C20:2 n6	0,73
C20:3 n3	0,95
C20:3 n6	0,55
C20:4 n6	6,55
C20:5 n3	3,21
C22:0	0,06
C22:5 n3	1,95
C22:6 n3	12,1

E mögött szintén a már említett hőmérsékleti adaptáció feltételezhető (FARKAS, 1984), mivel a Hévízi tó és számos hivatkozott víztest (BUCHTOVÁ ÉS MTSAL, 2007; HADJINIKOLOVA, 2004) átlaghőmérsékleti különbsége 20 °C körüli, hozzátevé, hogy a táplálék relatív magas telítetlensége nem tükröződik a filé zsírtartalmában. Ezek mellett jól ismert (DEY ÉS MTSAL, 1993; SHEARER, 1994), hogy a hideghez való alkalmazkodás jelentősen növeli a filé poláris és összlipidjeinek telítetlenségét tengeri halakban és pontyban is (FARKAS ÉS MTSAL, 1980). Mindezekből az látható, hogy bár viszonylag jelentős a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a táplálékban, a magas környezeti hőmérséklet nem teszi szükségessé ezen zsírsavak izom lipidekbe való inkorporációját.

10. táblázat A hévízi ponty filéjének zsírsavprofilja, összehasonlítva az irodalmi adatokkal

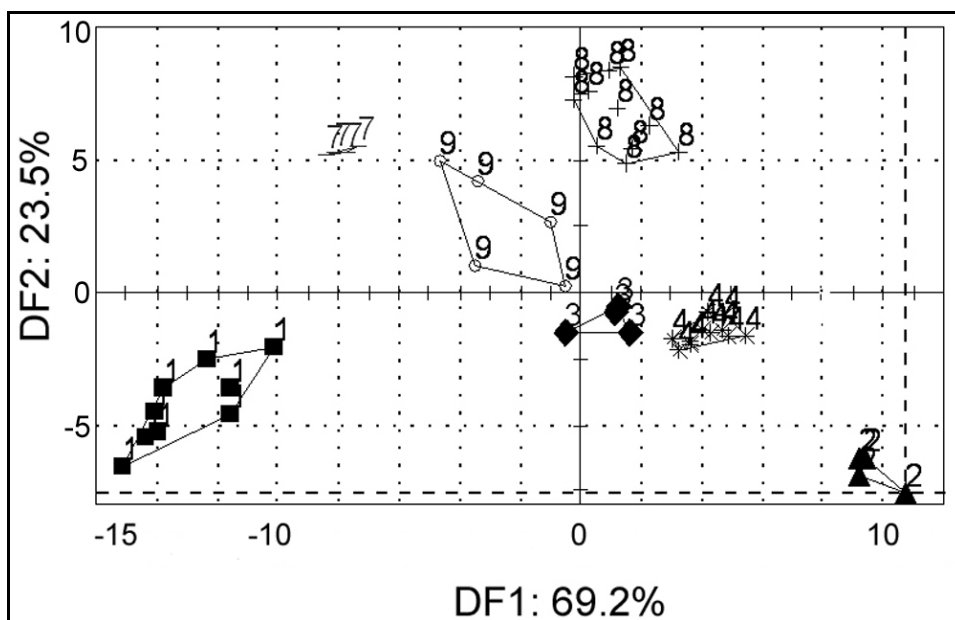
Fajta	Hévíz	Tenyésztési évek	2011. évi	2008. évi	2010. évi	2004. évi	2007. évi	2004. évi	2011. évi
Takarmány	termelő	termelő	termelő	termelő	termelő	termelő	termelő	termelő	termelő
Összeg	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország	Magyarország
C14:0	5,74 ± 0,82	0,002	0,99 ± 0,37	0,005	1,81 ± 0,32	0,001	1,63 ± 0,12	0,001	1,36 ± 0,57
C14:1	0,29 ± 0,05	0,005	0,78 ± 0,29	0,005	0,36 ± 0,10	n.s.	0,28 ± 0,04	n.s.	0,54 ± 0,26
C15:0	0,69 ± 0,16	0,005	0,96 ± 0,15	0,02	0,81 ± 0,08	n.s.	1,53 ± 0,11	0,001	n.a.
C15:1	0,02 ± 0,00	0,005	1,24 ± 0,42	0,06	1,71 ± 0,68	0,001	0,25 ± 0,05	0,001	n.a.
C16:0	21,5 ± 1,21	0,005	15,7 ± 0,82	0,005	18,7 ± 0,43	0,001	15,1 ± 1,17	0,001	21,9 ± 3,63
C16:1 n7	6,29 ± 0,48	0,002	9,51 ± 3,50	0,16	12,5 ± 1,15	0,001	5,17 ± 0,47	n.s.	5,34 ± 1,94
C17:0	1,04 ± 0,20	0,002	1,64 ± 0,29	0,005	0,79 ± 0,20	0,0500	3,02 ± 1,70	0,002	n.a.
C17:1	1,22 ± 0,21	0,002	1,56 ± 0,15	0,02	1,57 ± 0,31	0,03	1,72 ± 0,24	0,001	n.a.
C18:0	44,3 ± 0,93	n.s.	4,80 ± 0,63	n.s.	4,87 ± 0,61	n.s.	5,16 ± 0,29	0,03	4,51 ± 1,22
C18:1 n9	32,8 ± 2,58	n.s.	39,6 ± 9,12	n.s.	29,4 ± 1,24	0,005	19,6 ± 1,71	0,001	55,3 ± 0,31
C18:2 n6	7,00 ± 2,92	n.s.	7,57 ± 2,87	n.s.	5,45 ± 1,55	n.s.	12,0 ± 1,07	0,001	6,74 ± 0,18
C18:3 n6	0,34 ± 0,13	n.s.	3,03 ± 1,20	0,005	0,07 ± 0,04	0,001	0,84 ± 0,09	0,001	0,17 ± 0,01
C18:3 n3	3,83 ± 0,46	0,005	0,70 ± 0,29	0,005	4,24 ± 0,90	n.s.	1,94 ± 0,24	0,001	0,82 ± 0,04
C20:0	0,12 ± 0,01	n.s.	1,38 ± 1,13	0,01	0,18 ± 0,03	0,001	0,23 ± 0,05	0,001	0,14 ± 0,06
C20:1 n9	2,07 ± 0,23	0,05	1,87 ± 0,89	n.s.	1,23 ± 0,35	0,001	1,84 ± 0,23	0,001	3,81 ± 0,28
C20:2 n6	0,63 ± 0,14	n.a.	0,19 ± 0,06	0,03	0,86 ± 0,10	n.s.	0,57 ± 0,05	n.s.	n.a.
C20:3 n6	0,58 ± 0,11	n.a.	1,02 ± 0,26	0,01	0,04 ± 0,02	0,001	0,70 ± 0,08	n.s.	0,45 ± 0,07
C20:3 n3	0,42 ± 0,05	n.a.	0,54 ± 0,13	n.s.	0,02 ± 0,01	0,001	0,49 ± 0,07	0,016	n.a.
C20:4 n6	4,53 ± 1,42	n.s.	5,58 ± 1,08	n.s.	4,69 ± 1,47	n.s.	1,80 ± 0,54	0,001	0,09 ± 0,01
C20:5 n3	1,74 ± 0,41	n.s.	4,83 ± 0,65	0,005	6,09 ± 0,27	n.s.	2,58 ± 0,48	0,001	0,65 ± 0,05
C22:0	0,05 ± 0,02	n.s.	0,27 ± 0,12	0,01	0,35 ± 0,09	0,001	n.a.	n.s.	n.a.
C22:5 n3	1,07 ± 0,28	n.s.	0,82 ± 0,51	n.s.	2,34 ± 0,23	0,001	2,75 ± 0,95	n.s.	0,07 ± 0,01
C22:6 n3	3,52 ± 0,85	0,01	6,67 ± 3,02	0,01	4,15 ± 1,10	n.s.	3,97 ± 1,32	n.s.	n.a.
Σ telített	33,7 ± 2,04	0,002	25,9 ± 1,33	0,005	27,7 ± 0,91	0,001	27,0 ± 2,52	0,001	21,4 ± 0,16
Σ telítetlen	66,3 ± 2,04	0,05	48,9 ± 2,52	0,005	71,1 ± 1,26	0,001	56,4 ± 0,57	n.s.	76,7 ± 0,27
Σ mononén	42,6 ± 2,77	0,01	17,9 ± 3,89	0,005	43,2 ± 3,81	n.s.	28,8 ± 2,28	0,001	68,2 ± 0,44
Σ polién	23,7 ± 3,40	n.s.	31,0 ± 5,17	0,03	27,9 ± 2,55	0,04	27,6 ± 2,26	0,007	8,44 ± 0,25
Σ n3	10,6 ± 1,69	0,02	13,7 ± 3,39	0,03	16,8 ± 2,46	0,001	11,7 ± 2,73	n.s.	1,54 ± 0,09
Σ n6	12,7 ± 2,85	n.s.	11,0 ± 3,66	n.s.	11,1 ± 1,45	n.s.	15,9 ± 0,53	0,003	6,91 ± 0,18
Σ n9	34,8 ± 2,71	n.s.	42,7 ± 9,22	0,005	27,0 ± 3,07	0,001	21,4 ± 1,87	0,001	59,1 ± 0,58
n6:n3	1,23 ± 0,39	0,01	1,34 ± 0,56	n.s.	0,67 ± 0,15	0,017	1,42 ± 0,32	n.s.	4,51 ± 0,23
telítetlenségi index	126,7 ± 10,58	0,05	140,3 ± 19,63	n.s.	154,7 ± 10,5	n.s.	123,4 ± 12,6	n.s.	88,3 ± 0,46
átlagos zsírsav-láncössz.	17,63 ± 0,09	0,002	13,87 ± 0,73	0,005	17,43 ± 0,360	0,001	15,92 ± 0,67	0,001	18,38 ± 0,03
átlagos zsírsav-láncössz.	16,38 ± 0,25	0,002	16,38 ± 0,25	0,005	16,38 ± 0,25	0,001	15,92 ± 0,67	0,001	20,96 ± 0,80
telítetlenségi index	126,7 ± 10,58	0,05	140,3 ± 19,63	n.s.	154,7 ± 10,5	n.s.	123,4 ± 12,6	n.s.	88,3 ± 0,46
átlagos zsírsav-láncössz.	17,63 ± 0,09	0,002	13,87 ± 0,73	0,005	17,43 ± 0,360	0,001	15,92 ± 0,67	0,001	18,38 ± 0,03

sig.: P<0,05 a Hévízi ponty adatról összehasonlítva
n.a.: nincs adat; n.s.: P>0,05

5.3.2. A hévízi ponty filé zsírsavprofilja összehasonlításban az irodalmi adatokkal

A hévízi ponty filé zsírsav adatait világszerte vizsgált ponty zsírsav adatokkal hasonlítottam össze. Összevetve az adatokat, majdnem minden egyedi zsírsav részarány érték szignifikánsan különbözött (10. táblázat).

A diszkriminancia faktoranalízist (DFA) használva az AlphaSoft 12.3 szoftver az automatikus osztályozási módszer során a C14:0, C18:1 n9, C18:2 n6, C20:1 n9 és a C20:4 n6 zsírsavakat választotta ki az osztályozás elvégzéséhez (8. és 9. ábra). Itt hozzá kell fűznöm, hogy csak azokat a zsírsavakat vettem be az osztályozásba, amelyek mérhető részarányban voltak jelen mindegyik hivatkozott irodalomban.

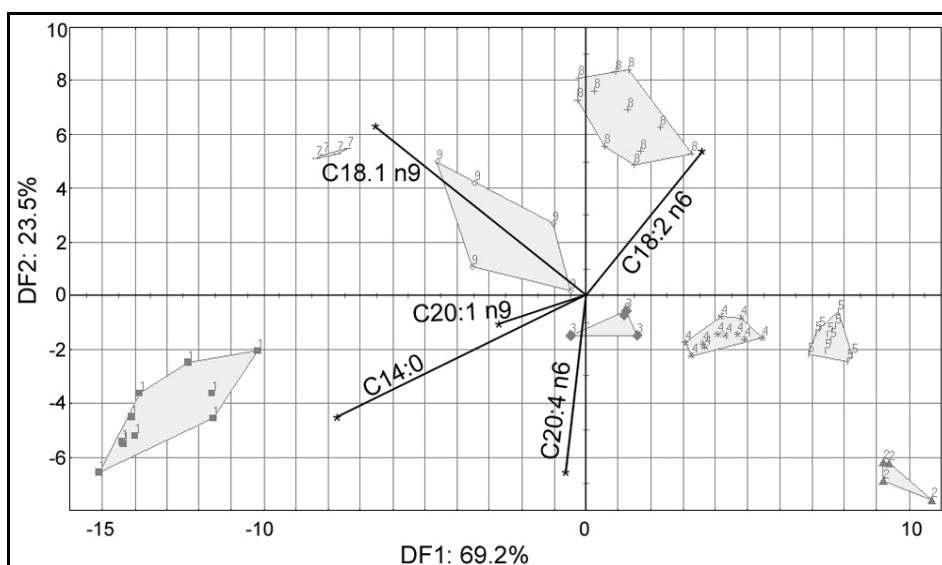


8. ábra A hévízi ponty és az irodalmi filé zsírsavösszetételi adatok DFA alapú osztályozása

1: Hévíz; 2: Magyarország (TRENOVSZKI ÉS MTSAL, 2011); **3: Törökország** (KALYONCU ÉS MTSAL, 2010); **4,5: Madagaszkár** (RASOARAHONA ÉS MTSAL, 2004); **7: Csehország** (BUCHTOVÁ ÉS MTSAL, 2007); **8: Lengyelország** (HAJDINIKOLOVA, 2004)

A DFA megközelítés során nagyon jó eredményeket kaptam, a keresztvalidáció során 93 %-os pontossággal sikeresen csoportosíthatók voltak az adatok. A 8.

ábrán jól látszik, hogy a hévízi ponty nagymértékben elkülönül a többtől. Az Madagaszkárról származó ponty adatok (4. és 5. csoport) közel vannak egymáshoz, és valójában egy csoportot alkotnak, így összevontan 4-es jelöléssel együtt ábrázoltam a 8. ábrán. A két csoport minimális eltérését külön ábrázolva a 9. ábra mutatja. Alapjában véve az összes csoport szorosan összefügg, kivéve a hévízi (1) és a törökországi (2) ponty zsírsav adatokat, melyek jelentős eltérést mutatnak.



9. ábra A DFA osztályozás eredménye az analízisbe bevont zsírsavak hatásának jelölésével

A fentebb említett öt egyedi zsírsav, – melyek az osztályozás alapját képezték – mellett a C17:1 is viszonylag magas besorolási prioritást ért el. A 9. ábrán jól látható ezeknek a zsírsavaknak a diszkrimáló faktorokra (DF) gyakorolt hatása. A null-vektorokat (a zsírsavak helyzetét) tanulmányozva jól látható, hogy a C14:0, C18:1 n9, és a C18:2 n6 zsírsavak erőteljesen befolyásolják mindkét DF-t. A C20:1 n9 gyenge hatással volt mindkét DF-ra, miközben a C20:4 n6 jelentősen meghatározta a DF2-t és kisebb mértékben a DF1-et. A 11. táblázatról leolvasható, hogy a diszkrimináló faktorok milyen mértékben írták le

az össz varianciát. Mivel a DF1 dominált az osztályozás során, ezért azok a zsírsavak a legfigyelemreméltóbbak, melyek erős hatással voltak erre a faktorra. A fent említett zsírsavak szerepét és lehetséges forrását vizsgálva ki kell hangsúlyozni, hogy a mirisztinsav (C14:0) „kettős forrású” (endogén és exogén). Részaránya a Hévízi pontyban 2,5-5-ször nagyobb volt, az irodalmi adatokkal összehasonlítva, annak ellenére, hogy a táplálékban nem volt jelen számottevő arányban.

11. táblázat A diszkrimináló faktorok össz varianciát leíró mértéke

Diszkrimináló faktor	%	
DF1	69,2	Ábrázolva
DF2	23,5	
DF3	5,7	Nem ábrázolva
DF4	1,2	
DF5	0,4	

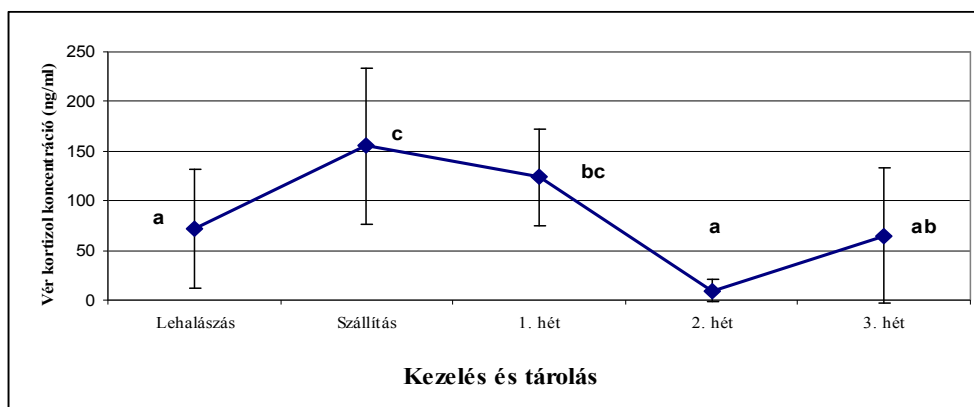
Az olajsav (C18: 1 n9) a sztearinsav delta-9 deszaturációs terméke, így az eredete - hasonlóan a mirisztinsavhoz – kettős, ám a táplálékban jelentős arányban előfordult. A linolsav (C18:2 n6) a gerincesek számára esszenciális zsírsav, a Hévízi ponty táplálékában és a filéjében nagyon hasonló részarányt mutatott. A linolsav endogén elongációs és deszturációs terméke az arachidonsav (C20:4 n6), melyben a Hévízi ponty tápláléka meglehetősen gazdag volt és ez megjelent a filében is. Hasonló arachidonsav szintet mértek GULER ÉS MTSAL (2008) és KALYONCU ÉS MTSAL. (2010) is törökországi meleg vízü tavakban, természetes táplálékot fogyasztó pontyok filéjében. Érdekes módon a TRENOVSZKI ÉS MTSAL. (2011) által mért, tógazdasági pontyokra vonatkozó adatok nem különböztek szignifikánsan a hévízitől. Ennek oka, hogy az általuk vizsgált pontyok tápláléka linolsavban gazdag takarmány-összetevőt (napraforgó mag) tartalmazott. Ezt alátámasztja a viszonylag magas linolsav részarány az általuk mért halak filéjében.

5. 4. Perimortális stressz hatása a ponty húsminőségére

5.4.1. A lehalászás, a szállítás, a tárolás és a vágás okozta stressz

A stressz mértékének alakulását a lehalászás, a szállítás és a 3 hetes tárolás során a 10. ábra mutatja. A tógazdasági és kereskedelmi kezelés szignifikáns ($p=0,000$) hatással volt a ponty vér kortizol koncentrációjára. A 10. ábráról jól leolvasható a kortizol szint változásának tendenciája. A halak már a halászat során jelentős stresszhatásnak lettek kitéve, melyet a szállítás tovább fokozott. A tárolás során azonban a nagy egyedsűrűség ellenére a stressz megszűnt a halakban 2 hét elteltével.

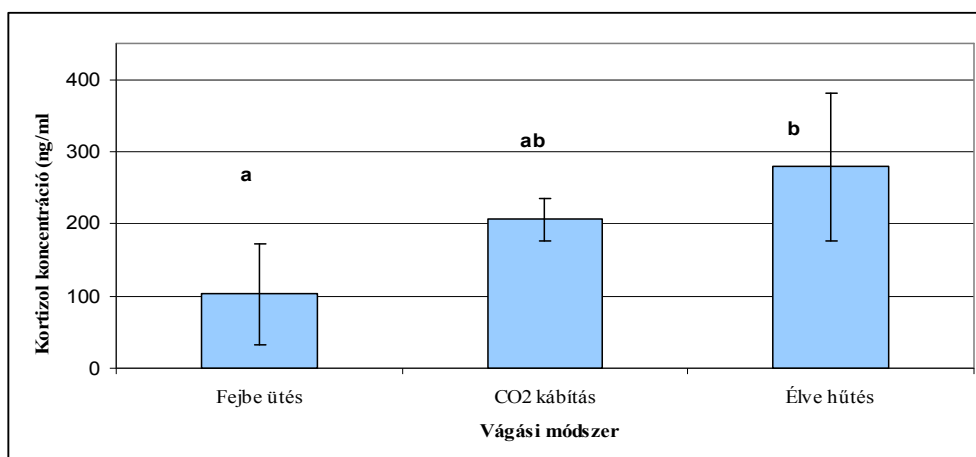
RUANE ÉS KOMEN (2003) vizsgálták alacsony és magas telepítési sűrűségű pontyok vér kortizol szintjét 28 napon keresztül. Esetükben a nagy egyedsűrűséggel tartott halak vér kortizol szintje hirtelen felemelkedett, majd egyenletes csökkenést mutatott.



10. ábra A pontyok vér kortizol szintjének alakulása a lehalászást és a szállítást követően, valamint a háromhetes tárolás során ($P<0,05$)

Az eltérő kábítási módszerek okozta stressz mértékét a 11. ábra szemlélteti. A vágási módszer szignifikáns ($p=0,009$) hatással volt a vérplazma kortizol szintjére. Eredményeink szerint a vágási módszerek közül a hagyományos fejre

mért ütés okozza a legkisebb stresszt a ponty számára, ezt követi a széndioxidos kábítás és a legnagyobb stresszhatással a jeges vízbe mártás járt.



11. ábra A vér kortizol szintjének változása az eltérő kábítási módszerek következtében ($P < 0,05$)

Nyelvhal (*Solea senegalensis*) esetében RIBAS ÉS MTSAL. (2007) is azt találták, hogy a fejre mért ütés jár a legkevesebb stresszel. Eredményeik szerint a „fullasztás” (asphyxia) nagyobb stresszel jár, mint az élve hűtés, de kísérletükben ők ezt a szállítás soráni jégben tartással érték el.

5.4.2. Eltérő vágási módszerek hatása a húsminőségre

Az eltérő technológiával levágott pontyok vizsgált minőségi tulajdonságainak átlagos értékeit a 12. táblázat tartalmazza. A vágási módszer nem volt szignifikáns hatással egyik húsminőségi paraméterre sem, illetve a csoportok közt sem találtam statisztikailag kimutatható eltérést. Ez valószínűleg az alacsony mintaszámnak ($n=10$ csoportonként) köszönhető.

A víztartó képességet vizsgálva, ha a veszteség értékeket külön-külön (főzési, csepegési és felengedtetési veszteség) tekintjük, közöttük nem fedezhető fel lényeges különbség.

Ha azonban ezek összegét nézzük, megkapva a halhús összes nedvességtartalom veszteségét, már nagyobb eltérés figyelhető meg a csoportok között (12. ábra). A legmagasabb veszteségi értéket az élve hűtött csoport érte el, a legalacsonyabbat pedig a szén-dioxiddal kábított halak esetében mértem.

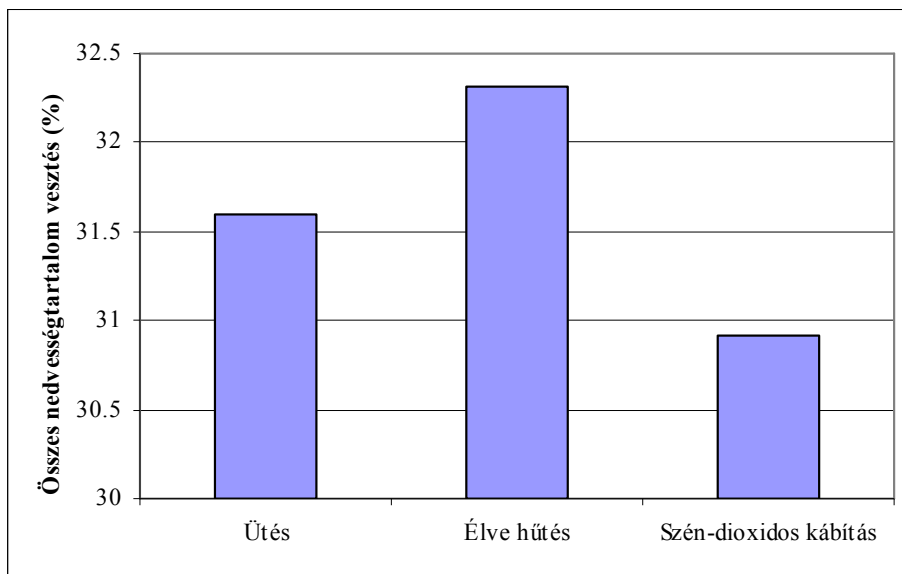
WILKINSON ÉS MTSAL. (2008) hagyományosan és stresszmentesen halászott barramundi esetében nem találtak különbséget a csepegési veszteség mértékét illetően. Ezzel szemben NATHANAILIDES ÉS MTSAL. (2011) stresszmentes körülmények közt vágott tengeri keszeg esetén alacsonyabb csepegési veszteséget mértek a stresszelt csoporttal szemben.

12. táblázat Az eltérő módszerrel levágott pontyok minőségi tulajdonságainak átlag és szórás értékei

Minőségi tulajdonságok	Ütés	Élve hűtés	CO ₂ kábítás
	átlag ± szórás	átlag ± szórás	átlag ± szórás
pH 24h	6,69 ± 0,14	6,57 ± 0,23	6,75 ± 0,58
Főzési veszteség (%)	22,74 ± 2,26	23,86 ± 3,46	22,19 ± 2,14
Csepegési veszteség (%)	2,79 ± 0,69	2,54 ± 0,21	2,75 ± 0,39
Felengedtetési veszteség (%)	6,07 ± 2,05	5,91 ± 1,54	6,15 ± 1,89
L	44,84 ± 1,88	44,98 ± 2,09	44,08 ± 1,79
a*	2,16 ± 1,76	2,38 ± 1,21	3,21 ± 1,61
b*	0,38 ± 1,26	0,42 ± 0,9	0,7 ± 0,86

A halhús színében tapasztalható a legnagyobb különbség a csoportok közt. Míg a filé világosságában (L) nem jelentkezett különbség, addig a vörös (a*) és a sárga (b*) szín esetében a CO₂-dal kábított csoport magasabb értékeket ért el a másik kettőnél, melyek szinte azonosak voltak. A vörös- és sárga színárnyalat magasabb értékeit a húsban a remnans vér okozhatja. A karboxi-hemoglobin pedig vöröses-barnás színnel jellemezhető, ezzel meghatározva a szövet színét. A szén-dioxidos kábítás során a szívritmus lassul, vagy pedig teljesen leáll, így jelentős mennyiségű vér maradhat a szövetekben, mivel az már nem, vagy csak nehezebben tud távozni a belezés és a fej levágása során. Ezzel szemben a fejre

mért ütés során a hal ugyan elkábul, de a szívműködés nem áll le azonnal és nagyobb mennyiségű vér tud távozni. Az élve hűtés során bár a halak mozgása lelassul, a szívműködés a stressz hatására felgyorsul és a halak akár tachycardiás állapotba is kerülhetnek (LAMBOOIJ, 2006, 2008). Ez szintén segíti a vér távozását a szövetekből.



12. ábra Az eltérő módszerrel kábított pontyok össz-nedvességtartalom veszteségi értékei

OLSEN ÉS MTSAL. (2006) lazac esetében kaptak hasonló eredményeket. Az élve hűtés után vágott halak húsa kevesebb vérmaradványt tartalmazott a hagyományos eljárással vágott halakkal szemben. Szerintük azonban ez annak köszönhető, hogy alacsonyabb hőmérsékleten a vér kevésbé alvad, így könnyebben távozik. Szintén OLSEN ÉS MTSAL. (2008) tőkehalnál mutattak ki erős összefüggést a vágás előtti stressz és a kivéreztetés mértéke közt.

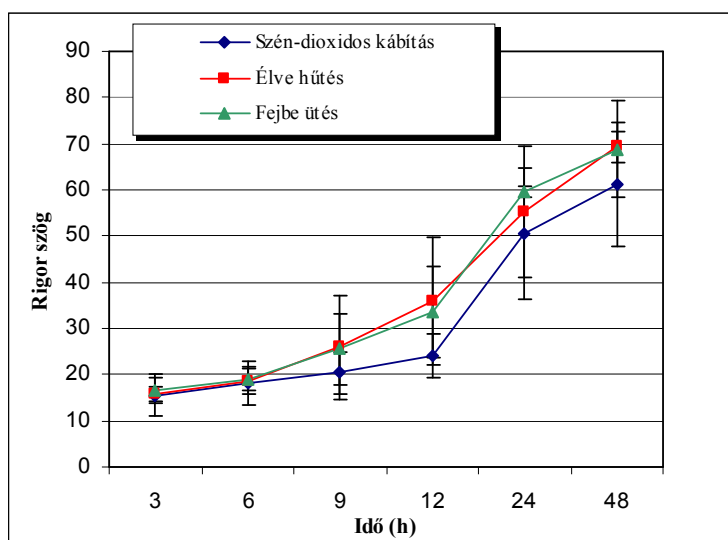
5.4.3. Eltérő vágási módszerek hatása a *rigor mortis* és a halhús pH értékének alakulására

Az eltérő módon levágott pontyok *rigor mortis* és hús pH értékének alakulását a 13. és 14. ábra mutatja. Általánosságban nem sikerült statisztikailag szignifikáns hatást kimutatni a vágási módszernek egyik paraméterre sem, illetve a csoportok közt sem volt jelentős eltérés. Kivételt képzett ez alól a pontyhús pH-jának alakulása („pH fall”), melyben *post mortem* 6 és 9 óra elteltével szignifikáns különbség jelentkezett (14. ábra).

A rigor kialakulása *post mortem* 6 óra körül kezdődött, addig csak gyenge emelkedés figyelhető meg a rigor szög értékében. Hat óra elteltével a folyamat felgyorsult és egészen 24 óráig fokozódott, ahol a folyamatban mérséklődés állt be. A rigor szög alakulása a fejbe ütött és az élve hűtött halak esetében szinte azonos módon történt. A szén-dioxiddal kábított csoportnál azonban közel 6 órás késéssel idült be a hús merevségének kialakulása és a végső *rigor* szög értéke is alatta maradt a másik két csoporténak. WILKINSON ÉS MTSAL. (2008) stresszmentes és hagyományos módon halászott barramundit hasonlított össze. Esetükben a hagyományosan halászott halaknál sokkal hamarabb alakult ki a *rigor* állapot. MØRKØRE ÉS MTSAL. (2008) lazac esetében kaptak hasonló eredményt, a vágáskor nagyobb stressznek kitett halaknál lényegesen gyorsabban emelkedett a *rigor* szög értéke.

A *rigor mortis* az első olyan *post mortem* folyamat, mely a legnagyobb mértékben befolyásolja a halhús megjelenését és struktúráját (BERG ÉS MTSAL., 1997). Rigor állapotban feldolgozott hal esetében csökkenhet a filékihozatal és jelentősen változhat a hús struktúrája is (EINEN ÉS MTSAL., 2002; JERRETT ÉS HOLLAND, 1998; OZOGUL ÉS OZOGUL, 2004).

A *rigor mortis* kifejlődése erősen összefügg a tejsav termelődésével az izomban, mely a glikogén bomlásának eredménye és egyidejű pH csökkenéssel jár (KORHONEN ÉS MTSAL., 1990).

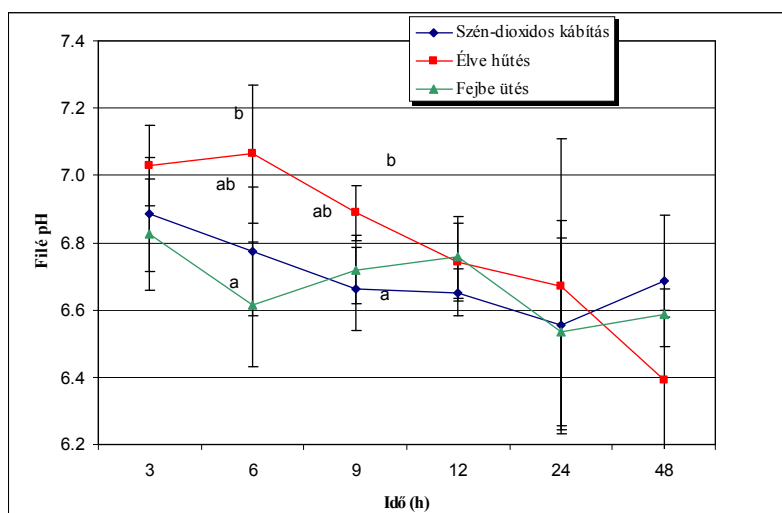


13. ábra A rigor mortis alakulása az eltérő módszerrel levágott pontyok esetében ($P < 0,05$)

A vizsgált halak filé pH értéke a *post mortem* 48 óra alatt a 6,8-7,2-es értékről 6,4-6,65-re csökkent. Már az induló pH értékben is megfigyelhető különbség. A stresszhatásokkal járó lehalászás és vágás következtében feldolgozott filék induló pH-ja jelentősen alacsonyabb volt, mint a stresszmentesen kezeltéké (WILKINSON ÉS MTSAL., 2008; MØRKØRE ÉS MTSAL., 2008). Ez a stressz hatására megnövekedett laktát mennyiségének köszönhető (LOWE ÉS MTSAL., 1993; ERIKSON ÉS MTSAL., 1999).

Post mortem 24 órán belül a szövet tejsavtartalmának növekedése egyidejűleg a pH jelentős csökkenésével összefügg a vágás előtti magas anaerob glikolitikus aktivitással, amely fizikai aktivitásra és stresszre enged következtetni (OKA ÉS MTSAL., 1990; LOWE ÉS MTSAL., 1993; MARX ÉS MTSAL., 1997; ROBB ÉS WARRISS, 1997).

A 14. ábrán megfigyelhető, hogy a szén-dioxiddal kábított és az élve hűtött halak pH-ja az első 24 órában határozottabban és jelentősebb mértékben csökkent a fejbe ütöttekkel szemben.



14. ábra A pH alakulása az eltérő módszerrel levágott pontyok esetében (a különböző betűk szignifikáns ($P < 0,05$) különbséget jelölnek)

Ez az előbb említett anaerob glikolitikus aktivitással van összefüggésben, hiszen a fejre mért ütés után a halak mozgása megszűnik, viszont a jeges, illetve szén-dioxiddal telített vízbe helyezés utáni első percekben az állatok a hirtelen megváltozott körülményekre erőteljes mozgással válaszolnak. Ekkor az állapotuk dominánsan hipoxiás, hiszen a megemelkedő izomaktivitás oxigénigénye a CO_2 dús vízből nem fedezhető. Nagyon valószínű tehát, hogy nem csupán a fokozott stressz és aktivitás, hanem a relatív és abszolút oxigénhiány is hozzájárul az anaerob glikolízis fokozódására, mely végső soron laktát-eredetű pH csökkenéshez vezethet a filében.

6. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A disszertációban foglalt kísérletsorozat a ponty húsminőségére fókuszált olyan szempontokból, amelyeket ezidáig kevésbé vizsgáltak. Céлом az volt, - a takarmányozást leszámítva – hogy feltérképezsem, melyek azok a tényezők, amelyek a ponty minőségére és jólétére befolyással vannak. A fizikai aktivitás hatását vizsgáló kísérlet modell jellegű, és a minőség meghatározásán túl általánosabb, metabolikus hatások tanulmányozását is szolgálta.

Az **eltérő környezetből** származó pontyok húsminőségi vizsgálatánál a ponty fajtákat vágási tulajdonságok és húsminőségi paraméterek alapján hasonlítottuk össze. Annak ellenére, hogy a halak testformája és vágósúly között jelentős különbségek adódtak, a filé pH-ja és a víztartó képessége közel azonos volt a fajtákban. A halhús színében sem volt különbség a csoportok (fajták) közt, melyben fontos szerepet tulajdonítok az azonos vágási módszernek is. Ezt alátámasztják a *4.4.2. fejezetben* tárgyalt eredmények, melyek szerint a vágási módszer jelentősen megváltoztathatja a ponty filéjének színét (azonos fajtájú halak esetében). Ezzel szemben a filé minták zsírtartalma jelentősen különbözött, mely valószínűleg a változatos természetes takarmánynak volt köszönhető. Az eredmények határozottan megerősítik azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy a tógazdasági ponty populáció kifejezetten nagy változatossággal rendelkezik a testösszetétel és a vágási tulajdonságok tekintetében.

A hazai pontytenyésztésben ezért törekedni kellene a termelési technológia egységesítésére, annak érdekében, hogy kiegyenlítettebb minőségű terméket kapjunk, ami által a kereslet is növelhető lenne a ponty iránt.

A **fizikai aktivitás** hatásának vizsgálatakor levonható következtetés, hogy a ponty modellállatként képes elvégezni a rendszeres, szubmaximális úszási feladatot. A rendszeres aktivitás enyhe fokban, ám jól jellemezhető módon és detektálható mértékben megváltoztatja a gyorsan összehúzódó izomrostok foszfolipidjeinek összetételét, mely összefüggésben lehet a megváltozott citokin termeléssel. Emellett fokozza az izmok antioxidáns kapacitását is. Az eredmények egybevágóak az állandó testhőmérsékletű gerincesekre vonatkozó irodalmi adatokkal.

A vérparaméterek vizsgálatának eredményeiből arra lehet következtetni, hogy a rendszeres terhelés és az ahhoz törvényszerűen kapcsolódó stressz hatására emelkedett a lipoprotein-triglicerid felhasználás mértéke és erős hepatocelluláris sérülés alakult ki. A jól kiegyensúlyozott szérum ion koncentrációkban csak korral összefüggő változások voltak kimutathatók. A megnövekedett albumin koncentráció hipervolémiára utal, míg az oxidált glutation koncentráció növekedése az erősödő antioxidáns kapacitás eredménye. Végző soron feltételezhető, hogy hosszabb távú rendszeres kimerítő terhelés is csak kis mértékben befolyásolja a szubsztrát metabolizmust ponty esetében.

A következtetésekből levonható, hogy ilyen módon csökkenthető a kedvezőtlen és amúgy is bőségesen rendelkezésre álló n6 zsírsav arány.

Az **extrém környezeti feltételek** (hőmérséklet) ponty filé zsírsavösszetételére gyakorolt hatásának vizsgálatakor az elszigetelt ponty populáció béltartalom vizsgálata bizonyítékot adott arra nézve, hogy a halak bentikus táplálékot fogyasztanak. Ugyanakkor a viszonylag magas arachidonsav és a dokozahexaénsav kínálat nem vezet ezen savak rendkívüli jelenlétéhez a szövetekben (esetünkben a filében). A filé lipidjei erősen telítettek, mely egy speciális hőmérsékleti adaptációra utal. A pusztán filé zsírsav adatokon alapuló statisztikai besorolás sikeres volt, és a hévízi populáció megbízhatóan elkülöníthető a széleskörben publikált ponty zsírsav adatoktól, mindemellett

hasonlóságot mutat a meleg égvővi, természetes táplálékot fogyasztó pontyok filé zsírsavprofiljával.

Ahhoz, hogy a Hévízi tó pontypopulációjának táplálkozásáról és termális adaptációjáról összetettebb képet kapjunk, további vizsgálatok szükségesek. Mindenképp javaslom az elvégzett téli mintavétel mellett egy nyári mintavétel elvégzését, de leginkább egy teljes évig tartó monitoring lenne kielégítő. Ezt kiegészítve a táplálék-összetétel mikroszkópos és részletes laboratóriumi vizsgálatával teljesebb képet kapnánk a hévízi pontyról, melyről jelenlegi tudásunk elég szegényes.

A perimortális stressz és eltérő vágási módszerek hatásának vizsgálatakor kapott eredményekből az alábbi következtetések vonhatók le, illetve javaslatok fogalmazhatók meg: a lehalászás és a szállítás jelentős stresszhatással jár a ponty számára, azonban nagy egyedsűrűségben és alacsony hőmérsékleten tovább tartva (megfelelő oxigénellátás és táplálékmegvonás mellett) stresszmentes környezet biztosítható a halak számára.

Állatjóléti szempontból a leghumánusabb módszer a ponty levágásánál a fejre mért erőteljes ütés, mivel ez a módszer okozta a legkisebb stresszt a halak számára.

Az élve hűtés a legkevésbé javasolt módszer mind állatjóléti, mind a filé eltarthatósága szempontjából, tekintettel a laktát kifejezett baktericid hatására. A CO₂-os kábítás és a fejre mért ütés kedvezőbb pH változáshoz vezet. Figyelembe véve a filé vértartalmát is, összességében a fejre mért ütés vezet a legkedvezőbb húsminőséghez eltarthatóság szempontjából és emellett állatjóléti tekintetben is ez a módszer a legkevésbé kifogásolható.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy míg az általam vizsgált ponty populáció, külső megjelenésében, vágási tulajdonságaiban és a filé zsírtartalmának tekintetében jelentős eltérést mutat, addig a konvencionális húsminőségi tulajdonságok (pH, víztartó képesség, szín) tekintetében homogén.
2. Sikeresen adaptáltam és alkalmassá tettem pontyfilé vörös izom arányának mennyiségi meghatározására egy digitális képkezelésen alapuló módszert.
3. Megállapítottam, hogy a Hévízi tó ponty állománya sajátos termális adaptáció során jelentős mennyiségű telített zsírsavat épít a filé lipidjeibe, annak ellenére, hogy tápláléka kifejezetten gazdag hosszúláncú, többszörösen telítetlen n3 és n6 zsírsavakban (arachidonsav, dokozaheksaénsav).
4. Rendszeres, rövidtávú, de magas intenzitású tréning fázisok alkalmazása során megállapítottam, hogy a ponty filé membránlipidjeinek zsírsavprofiljában csökken az összes n6 zsírsav aránya, különös tekintettel az arachidonsavra, valamint igazoltam a terhelés során fellépő oxidatív stressz fennállását (emelkedett filé malondialdehid koncentráció).
5. Rendszeres, rövidtávú, de magas intenzitású tréning során jellemeztem a növendék pontyokban a vérszérum metabolitok és enzimek terhelés-okozta változásait; megállapítottam, hogy a tréning emelkedett albumin koncentrációt okoz (hipervolémia), nem vezet fehérje-katabolizmushoz, elsősorban a trigliceridek, mint energiaforrások felhasználása a domináns, ugyanakkor jelentősen emeli a szérum ALT és AST aktivitását is, és csökkenti az oxidált glutation koncentrációt. Igazoltam, hogy a tréning nem, de az életkor befolyásolja (emeli) pontyban a szérum nátrium koncentrációját.

6. Megállapítottam, hogy a kábítási módszerek közül a fejre mért erőteljes ütés okozza a legkisebb mértékű stresszt a ponty számára.

7. Megállapítottam, hogy a különböző perimortális kezelések közül (fejbe ütés, CO₂-kábitás és élve hűtés) az élve hűtés jelentősen visszaveti a filé pH *post mortem* csökkenését.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Magyarországra a ponty-centrikus tavi haltermelés a jellemző. A ponty a tógazdasági haltermelésben első helyen áll 75% fölötti részarányával. Ez a hazai fogyasztási szokásokban is visszatükröződik, a legkeresettebb halfaj Magyarországon. A fogyasztási szokások átalakulásával egyre jelentősebb lesz a feldolgozott termékek, készítmények aránya, mely indokolja a különböző halfajok, de elsősorban a ponty fokozott húsminőségi vizsgálatát, így megalapozottnak tűnt a ponty minőségének vizsgálata azokból az aspektusokból is, melyek ez idáig nem kerültek kellően előtérbe, úgymint – többek között – a természeti környezet, a rendszeres terhelés vagy a tárolási-, és perimortális stressz hatása a húsminőségre.

Ennek megfelelően a kísérletes munka négy jól körülhatárolható részre tagolódott, melynek közös célja a ponty állatjóléti és minőségi vizsgálata volt.

Az eltérő környezetből származó pontyok termelési és minőségi vizsgálata során négy eltérő karakterisztikájú magyarországi tógazdaságból választottam pontyokat. A vizsgálat célja az eltérő környezet termékminőségre gyakorolt hatásának jellemzése volt. A testméret-indexek és a vágási mutatók tekintetében megállapítható, hogy a tükrös fajták vágóértéke általában meghaladja a pikkelyes fajtákét. A fajta szignifikánsan befolyásolta a vágóértéket és több más mutatót is. Mindegyik fajtánál kimutatható volt az adott fajtára jellemző testméret index, a vágóértékkel és a filékihozattal csak gyenge kapcsolatot sikerült igazolni.

Vizsgálatomban a zsírtartalom alatta maradt a tenyésztett pontyokra vonatkozó irodalmi adatoknak. Ez arra enged következtetni, hogy a vizsgált halak tápláléka jelentős részben természetes eredetű lehetett, amellet, hogy a pontyok takarmányozása tógazdaságoként hasonló volt. A többváltozós elemzés szerint

a fajta szignifikáns hatással volt a filé zsírtartalmára, míg a *post hoc* tesztben a tükrös és pikkelyes fajták közt nem volt szignifikáns különbség.

A főzési veszteség az Attalai tükrös fajtában volt a legmagasabb, szignifikáns fajta-hatással, míg a többi fajtánál a főzési veszteség értékek közel azonosak voltak. A felengedtetési veszteség a Hortobágyi pikkelyes fajtában bizonyult a legmagasabbnak, a spontán csepegés mértékében nem volt különbség a csoportok között.

A ponty filé színkomponens (L, a*, b*) és pH értékeit tekintve nem volt szignifikáns különbség a tájfajták között. Ebben a tekintetben egy viszonylag homogén ponty populációról beszélhetünk.

A vizsgált pontyfajták vörös izom arányában nem találtam jelentős eltérést, nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A vörös izom arány és a húsminőségi tulajdonságok közötti kapcsolat gyengének bizonyult. Az izomarány és a többi vizsgált változó közötti összefüggés a szárazanyag-tartalom esetében volt a legmagasabb.

Az eredmények határozottan megerősítik azt a gyakorlati tapasztalatot, hogy a tógazdasági ponty populáció kifejezetten nagy változatossággal rendelkezik a testösszetétel és a vágási tulajdonságok tekintetében.

A hazai pontytenyésztésben ezért törekedni kellene a termelési technológia lehetséges mértékű egységesítésére, annak érdekében, hogy kiegyenlítettebb minőségű terméket kapjunk, ami által a kereslet is növelhető lenne a ponty iránt.

A fizikai aktivitás hatása ponty filé foszfolipidjeire és vérszérum összetételére című kísérleti részben egynyaras pontyokat öt héten keresztül tréningnek vettem alá napi rendszerességgel.

Az 5 hetes rendszeres tréning következtében a filé foszfolipidekben jelentősen csökkent a mirisztinsav (C14: 0), a margarinsav (C17: 0) és arachidonsav (C20: 4 n6) aránya, ezzel szemben a behénsav (C22: 0) aránya megnövekedett. Érdekes, hogy a primer adatokból számítással nyert zsírsavcsoport adatok közül

egyedül az összes n6 részarány mutatott szignifikáns változást. Ennek aránya jelentősen csökkent a rendszeres fizikai aktivitás következtében. Az arachidonsav arány csökkenésének oka nagy valószínűséggel a foszfolipáz A2 aktivitása, ami arra utal, hogy a sejtmembrán struktúrája megváltozik (károsodik) a tréning, és az ahhoz kapcsolódó oxidatív stressz következtében. A margarinsav kismértékű oxidációja azzal függhet össze, hogy annak β -oxidációbeli preferenciája hasonló a palmitinsavéhoz (C16:0). A behénsav az izom szfingomielinek fontos komponense és nagy valószínűséggel ezen frakció reagált érzékenyen a rendszeres terhelésre. Vizsgálatomban a filé malondialdehid koncentrációja szignifikánsan nőtt a tréningezett halak filéjében, mely emelkedett mértékű in vivo lipid peroxidációra utal.

A vérszérumban a fizikai terhelés a nitrogéntartalmú metabolitok közül az albumin koncentráció szignifikáns emelkedését eredményezte a harmadik mintavételi időpontban. A fehérje katabolizmus nem volt igazolható jelen a vizsgáltban, mint esetleges energiatermelő folyamat.

Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy nem a tárolt, hanem a vér TG-ek szolgálnak fontos energiaforrásként a halak izmai számára, ami azonban nem jellemző a homeotherm gerincesekre.

Az összkoleszterin és a HDL koleszterin frakciók nem változtak mérhető módon a terheléssel összefüggésben. Ugyanakkor a két koleszterinfrakció közti arányváltozást mutatott. A HDL frakció az összkoleszterin frakció százalékában szignifikánsan csökkent az úsztatás hatására a kísérlet végeztére. A fenti eredményeket figyelembe véve, a pontyok kirobbanó jellegű, erőteljes, ám rövid periódusú úszásformát választanak nagy vízáramlási sebességgel szemben, melynek energia-szükséglete elsősorban a keringésben levő trigliceridek energiataralmából fedezhető, de nem idéz elő fehérje-katabolizmust.

Az utolsó mintavételi időpontban a máj és izom eredetű enzimek, az alanin amino-transzferáz (ALT) és az aszparát-transzamináz (AST) megnövekedett

szérum aktivitást mutattak az edzett csoportban. Ezek a jelentős emelkedések hepatocelluláris és szarkolemma károsodást jeleznek.

A edzett pontyokban statisztikailag igazolhatóan magasabb oxidált glutation (GSH) szint mutatható ki a befejező időpontban. A gamma-GT eredményeit is figyelembe véve enyhe változás feltételezhető a glutation redox státuszban, mely a fizikai aktivitásnak és a közben fellépő fokozott GSH oxidációnak köszönhető.

A szérum ionjaiban a tréning hatása minimális változásokat okozott. Ezzel szemben életkorral összefüggő nátrium szint emelkedés tapasztalható a szérumban mindkét csoportban.

Végső soron feltételezhető, hogy hosszabb távú rendszeres kimerítő terhelés is csak kis mértékben befolyásolja a szubsztrát metabolizmust ponty esetében. A következtetésekből levonható, hogy ilyen módon csökkenthető a kedvezőtlen és amúgy is bőségesen rendelkezésre álló n6 zsírsavak aránya.

Az extrém termális környezet ponty filé zsírsavösszetételére gyakorolt hatását a Hévízi-tó endemikus ponty populációján vizsgáltam. A kísérletek alapján megállapítható, hogy a Hévízi-tóban élő pontyok nem szenvednek táplálékhiányban.

A béltartalom zsírsavaiban jelentős részarányt képviselt az arachidonsav (6,55 %) és a dokozahexaénsav (12,1 %) is, mely utóbbi jelentősen hozzájárul ahhoz, hogy az összes n3 zsírsav aránya 20% volt a teljes zsírtartalmon belül. Valószínűsíthető, hogy a tó fenekét borító iszapban élő, a bomló növényi részekkel táplálkozó mikroflóra adja a halak fő táplálékát. A béltartalom telítetlenségi indexe (170) jelentősen meghaladta a filéjét (126,7). Ez a hőmérsékleti adaptáció egy különös változatára utal, ugyanis a dokozahexaénsav és az arachidonsav nagy, vagy növekvő részaránya ponty zsírtartalmában (máj foszfolipid) a hideghez való alkalmazkodásra utal. Érdekes módon a hévízi ponty esetében az ellenkezője volt tapasztalható: a táplálékkal felvett nagy

mennyiségű többszörösen telítetlen zsírsav csak nagyon kis mértékben épült be („inkorporáció”) az izom zsírsavkészletébe.

Másik érdekes eredmény, hogy a hévízi ponty filéjében a telített zsírsavak mennyisége 5-10 %-al nagyobb, összehasonlítva a nemzetközi irodalmakban szereplő adatokkal, beleértve a trópusi adatokat is.

A hévízi ponty filé zsírsav adatait világszerte vizsgált ponty zsírsav adatokkal összehasonlítva, majdnem minden egyedi zsírsav részarány érték szignifikánsan különbözött. A diszkriminancia faktoranalízist (DFA) használata során a C14:0, C18:1 n9, C18:2 n6, C20:1 n9 és a C20:4 n6 zsírsavakat alapján történt az osztályozás, a hévízi ponty nagymértékben elkülönült a többi irodalomban fellelhető csoporttól.

Ahhoz, hogy a Hévízi tó pontypopulációjának táplálkozásáról és termális adaptációjáról összetettebb képet kapjunk, további vizsgálatok szükségesek.

A perimortális stressz hatása ponty húsmínőségére irányuló kísérlet során a lehalászás-szállítás-tárolás-vágás folyamatát kísértük végig, annak érdekében, hogy meghatározzuk a halakat érő stressz mértékét és annak hatását a húsmínőségre.

A tógazdasági és kereskedelmi kezelés szignifikáns hatással volt a ponty vér kortizol koncentrációjára. A halak már a halászat során jelentős stresszhatásnak lettek kitéve, melyet a szállítás tovább fokozott. A tárolás során azonban a stressz megszűnt a halakban 2 hét elteltével.

A vágási módszer szignifikáns hatással volt a vérplazma kortizol szintjére. Eredményeink szerint a vágási módszerek közül a hagyományos fejre mért ütés okozza a legkisebb stresszt a ponty számára, ezt követi a szén-dioxidos kábítás és a legnagyobb stresszhatással a jeges vízbe mártás járt.

A vágási módszer nem volt szignifikáns hatással egyik húsmínőségi paraméterre sem, illetve a csoportok közt sem találtam statisztikailag kimutatható eltérést.

A halhús színében tapasztalható a legnagyobb különbség a csoportok közt. Míg a filé világosságában (L) nem jelentkezett különbség, addig a vörös (a*) és a sárga (b*) szín esetében a CO₂-dal kábított csoport magasabb értékeket ért el a másik kettőnél, amik szinte azonosak. A vörös és sárga szín magasabb értékeit a húspannak vértartalma okozhatja.

Az eltérő módon levágott pontyok *rigor mortis* és hús pH értékének alakulására nem volt statisztikailag szignifikáns hatása a vágási módszernek. A rigor szög alakulása a fejbe ütött és az élve hűtött halak esetében szinte azonos módon történt. A szén-dioxiddal kábított csoportnál azonban közel 6 órás késéssel idült be a hús merevségének kialakulása és a végső *rigor* szög értéke is alatta maradt a másik két csoporténak.

A szén-dioxiddal kábított és az élve hűtött halak pH-ja az első 24 órában határozottabban és jelentősebb mértékben csökkent a fejbe ütöttekkel szemben.

Állatjóléti szempontból a leghumánusabb módszer a ponty levágásánál a fejre mért erőteljes ütés, mivel ez a módszer okozta a legkisebb stresszt a halak számára.

Az élve hűtés a legkevésbé javasolt módszer mind állatjóléti, mind a filé eltarthatósága szempontjából, tekintettel a laktát kifejezett baktericid hatására. A CO₂-os kábítás és a fejre mért ütés kedvezőbb pH változáshoz vezet. Figyelembe véve a filé vértartalmát is, összességében a fejre mért ütés vezet a legkedvezőbb húsmínőséghez eltarthatóság szempontjából és emellett állatjóléti tekintetben is ez a módszer a legkevésbé kifogásolható.

9. SUMMARY

Common carp (*Cyprinus carpio*) is the dominant species in Hungary's fish production, with its share over 75%. This is largely mirrored in the national fish consumption habits as well, since carp is the mostly consumed fish of Hungary. In parallel with the alterations of the national consumption, the proportion of processed products is increasing, giving a more expressed basis for the research concerning flesh quality of common carp. Thus it seemed appropriate to evaluate the quality of common carp from less studied aspects, e.g. effects of natural environment, regular exercise and the storage or perimortal stress on the meat quality.

Accordingly, the experimental work was divided to four, well-defined sections, and the common goal was to evaluate the welfare and product quality of carp.

In the experiment **“meat quality analysis of common carps from different fish farms”** carps were collected from different fish farms. The aim was to evaluate the impact of the environment on the slaughter characteristics and the meat quality.

The slaughter value of the mirror varieties tended to exceed that of the scaled type carps, the Attala mirror strain providing significantly the highest slaughter value. For the calculated body shape indices (profile, cross-sectional, head and tail index) the influence of strain was statistically proven. The profile and the head index of the scaled genotypes were higher, as compared to the mirror strains, while the cross-sectional index was identical in all four strains in study. The above differences were more pronounced when only the two varieties (i.e. scaled vs. mirror) were compared.

Although all carp strains have typical body shape description indices, their common contribution to slaughter value can be characterized as weak. Fillet yield seems to be less related to these indices.

The fat content values falling below the literature data on farmed carps suggest that the natural feed components play an important role in the composition of carp diet. Fillet fat content was significantly affected by strain, the difference between mirror and scaled types was not significant.

The value of cooking loss was the highest in the Attala mirror with significant effect of strain, while other strains' cooking loss values were similar. The highest thawing loss was found in the Hortobágy scaled, and in the extent of spontaneous dripping there was no difference between groups.

Considering flesh colour (L, a*, b*) all fillet samples were identical. The colour characteristics of carp indicate a rather homogenous population, albeit the strain and even sex exerted a statistically significant effect on all colour measures.

The pH value at 45 min post mortem was always higher than at 24 hours *post mortem*. The between-group differences by both pH values were identical. The pH value of the fillet was significantly influenced by the strain as a fixed factor.

The red muscle fibres were concentrated around the spine, near the lateral line and the pectoral fin in the fillet. The red muscle ratio ranged between 11.06 and 13.3%. There was no significant difference between the strains by the red muscle proportion in the fillet.

In the experiment **“effect of regular swimming on fillet phospholipid fatty acid composition and blood serum composition”** one summer old common carps were exercised 30 minutes/day in an artificial water flow during a 35-day period. Blood samples were taken four times and fast-twitch type muscle samples were taken at the end of the experiment. Blood serum components, fillet phospholipid fatty composition and malondialdehyde concentration was determined.

The 5 week regular training significantly decreased the proportion of myristic (C14:0), margaric (C17:0) and arachidonic (C20:4 n6, ARA) acids, while increased the proportion of behenic acid (C22:0). Interestingly, in the calculated

fatty acid groups only the total n6 proportion showed significant proportional modification (decrease) as a response to regular swimming exercise. A possible mechanism underlying the lowered proportion of ARA may be the activation of phospholipase A₂, suggesting membrane structure changes (damages) in the muscle cell.

The slight oxidation of margaric acid may be related to the phenomenon, that its preference in the β -oxidation is similar to that of palmitic acid (C16:0).

Behenic acid is an important component of muscle sphingomyelins and most likely this fraction responded sensitively to the regular training. The fillet malondialdehyde concentration of the trained group increased significantly, which suggests an increased level of *in vivo* lipid peroxidation.

In the blood, within the nitrogenous serum compounds the training protocol led to a significant increase of the albumin concentration at timepoint 3, while neither total protein, nor creatinine indicated the effect of regular swimming. The serum oxidized glutathione concentration was higher at the final sampling in the trained fish. Protein catabolism was not induced by the swimming treatment.

The contribution of esterified fatty acids (dominantly triacylglycerols of LPs) to fuel exercise metabolism of freshwater fish is still unknown, but seems to be important, based on our findings. It seems thus that not stored, but circulating triacylglycerols serve as an important fuel source for fish muscles, which is not typical for homeothermic vertebrates (TURCOTTE, 1999).

Total and HDL cholesterol fractions failed to respond quantitatively to exercise training. However, the relation of the two cholesterol fractions (HDL% in total) was significantly lowered by the exercise to the end of the training period, while both groups showed an age associated increase in this parameter. Taking the above results into account it seems that carps provide burst-like, intensive but

short exercise bouts, of which the energy requirement may be primarily covered from circulating and not intramuscular lipids.

The typical hepatic and muscle enzymes ALT and AST reacted to the exercise with elevated serum activity values, at the final sampling. The markedly elevated activities regularly indicate hepatocellular and sarcolemmal damage.

It is thus supposed that glycolytic potential was only slightly increased. Lactate dehydrogenase (LDH) was showing non-significantly higher activities throughout the study in the trained carps.

We found significantly higher oxidized glutathione levels in the trained group at the final sampling. GSH is a potent antioxidant, preventing cellular membrane lipids which are targets of oxidative damage during strenuous exercise (KERKSICK AND WILLOUGHBY, 2005). Taking the gamma-GT results also into account we suppose a mild alteration of the glutathione redox status due to exercise in which GSH oxidation was augmented.

Based on the less fluctuating ion concentrations and the slight training associated between group differences sarcolemma damage was not supposed in our study.

The effects of extreme environmental conditions on the fillet fatty acid (FA) profile of carps were analyzed on the Hévíz indigenous carp population. Fish were collected with a gill-net. Ten adult, male individuals (344.2 ± 63.9 g mean BW) were dissected and for the determination of the dietary fatty acid profile intestinal content was as well collected. The fatty acid profile of fillet and intestinal content was determined with gas chromatography.

Based on the results it was stated that carps in the Lake Hévíz do not undergo starvation. This was underpinned by that fact that both intestinal content and deposited fat were found in large amounts.

The fatty acid composition of intestinal content contained large proportions of arachidonic (C20:4 n6, ARA, 6.55%) and docosahexaenoic acids (C22:6 n3),

latter component contributed dominantly to the fact that the total n3 FA proportion was ca. 20%. It was thus supposed that carps ingest and utilize the microflora growing on the decomposing macrophyte remains in the lake sediment. The unsaturation index (UI) of intestinal content largely exceeded that of the fillet (170 vs. 126.7); this refers to a specific (likewise inverse) type of thermal adaptation; namely high or increasing proportions of arachidonic and docosahexaenoic acids in the lipids of carp (hepatic phospholipids) refer to cold acclimation (FARKAS 1984). Thus, it seems that besides relatively rich dietary PUFA supply, warm thermal environment did not necessitate an expressed recruitment of these fatty acids into the fillet lipids.

It is as well an interesting finding that the level of saturated FAs in the Hévíz carp fillet lipids was 5-10% higher, as compared to all literature data (incl. tropic environments as well). We hypothesize again a thermal adaptation process behind this result.

Comparing our fillet FA data to those in the widespread literature from nearly all individual FA proportion values were significantly different. Using the discriminant factor analysis method (DFA), involving the fatty acids C14:0, C18:1 n9, C18:2 n6, C20:1 n9 and C20:4 n6 the Hévíz sample showed obvious isolation from all other groups.

Investigating the possible origin and role of the above mentioned FAs, the first (myristic acid) may be of both endogenous and exogenous origin. It has to be however emphasized that the proportion of this FA was 2.5-5 times higher in the Hévíz population, as compared to the literature data, with a surprisingly minor presence in the diet. Oleic acid (C18:1 n9) is a desaturation product of stearic acid, thus its origin is, similarly to myristic acid, double, meanwhile its (and its precursors, C18:0) dietary occurrence was high (18.1%). Linoleic acid (C18:2 n6) is essential for vertebrates and its dietary provision was very similar to its tissue presence. In case of its endogenously further elongated and desaturated product, arachidonic acid (C20:4 n6), the diet seemed to be rather rich, leading

to a percentage contribution of over 4% in the fillet lipids. This level was only comparable to that measured in other natural and warm ponds in Turkey by GULER ET AL. (2008) and KALYONCU ET AL. (2010). Interestingly, Hungarian fishpond data were also not statistically different (TRENOVSZKI ET AL., 2011) from the Hévíz data for this acid, most probably due to the feeding of linoleic acid rich components (sunflower seed). This was supported by the relatively high fillet linoleic acid proportion in the fillet of those carps.

In the study **“the effects of perimortal stress on the meat quality of carp”** the fish harvesting-transport-storage-slaughter process was followed-up, so as to determine the effects of stress on the meat quality.

Harvesting and transportation had both significant impacts on the blood cortisol concentration of carp. The highest stress for the fishes was caused by the transportation. During the further keeping – despite the high loading density – stressors were minimized to the second week.

Slaughtering method had significant impact on the blood cortisol concentration. According to our results, minimal stress was caused by the percussive stunning. It was followed by the CO₂ asphyxiation and the biggest stressor was the alive chilling.

The slaughtering method did not significantly affect any of the conventional meat quality parameters, and between-group differences were also not detected. In the different characteristics concerning water holding capacity (cooking, dripping and thawing losses) no inter-group differences were found, while handling these three traits together (total moisture loss) a more expressed difference was found among groups. The largest moisture loss was achieved by the group chilled alive, while the lowest by that treated with CO₂.

Concerning flesh color, this was the trait providing the largest difference among groups. While the lightness (L) of fillets was identical, the redness (a*) and the yellow (b*) color components were higher by the CO₂ treated fish, as compared

to all other groups, which were nearly identical. This difference was attributed to the remnant blood in the fillet. The slaughter method itself did not exert a significant effect on the *rigor mortis* and pH value of the flesh. The evolvement of rigor declination was highly similar in the groups slaughtered with head-blow and alive chilling. By the CO₂ treated fish the rigor started ca. 6 hours later and the ultimate rigor declination remained below the values reached by the other two groups.

Within 24 hours post mortem the increasing lactate concentration within the flesh is associated with the pH fall and thus with the perimortal glycolytic activity, referring to physical activity and stress. The pH fall of CO₂ treated fish was marked in the first 24 hours, as compared to those killed either with head-blow or alive chilling. This is associated with the above-mentioned glycolytic activity, since head-blow leads to the cessation of all movements, while the other two treatments induce very active movement types, in particular in the first phase after the initiation of the treatment.

10. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kísérletekhez és a disszertáció megírásához nyújtott támogatásért, illetve a közös munkákért témavezetőimnek, **Hancz Csabának**, és **Szabó Andrásnak** tartozom hálával és köszönettel.

Köszönettel tartozom **Horn Péternek** és **Kovács Melindának**, az Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola volt és jelenlegi vezetőjének a kísérleti feltételek biztosításáért.

Szintén köszönöm **Romvári Róbertnek**, hogy az általa vezetett Mezőgazdasági Terméelfeldolgozás és Minősítés Tanszéken zavartalanul dolgozhattam és kísérleteim jelentős részét elvégezhettem.

A vizsgálatok során fontos segítséget nyújtott még:

Fébel Hedvig (Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet, Herceghalom) a zsírsav minták gázkromatográfiás elemzésének elvégzésével;

Locsmándi László a húsminőségi vizsgálatokban;

Mézes Miklós (Szent István Egyetem, Gödöllő) a filé minták malondialdehid és oxidált glutation koncentrációjának mérésével;

Molnár Tamás Gergely a hallaboratóriumi kísérletek koordinálásában; mindannyiuknak köszönettel tartozom.

Végül köszönöm **Feleségem** végtelen türelmét és támogatását, mellyel biztos háttérrel nyújtott doktori munkám elvégzéséhez.

11. IRODALOMJEGYZÉK

- AHMAD, T.S., MATTY, A.J. (1989): The effect of feeding antibiotics on growth and body composition of carp (*Cypricus carpio* L). *Aquaculture*, 77: 211-220.
- AKSTER, H.A. (1985): Morphometry of muscle fibres types in the carp (*Cyprinus carpio* L). Relationship between structural and contractile characteristics. *Cell Tissue Res.* 241: 193-201.
- ALAMI-DURANTE, H. (1990): Growth of organs and tissues in carp (*Cypricus carpio* L) larvae. *Growth Dev. Aging*, 54: 108-116.
- ÁLLATKÍSÉRLETI ENGEDÉLY (2010): Somogy Megyei Kormányhivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Igazgatósága, XV-I-31/446
- AL-NAJDAWI, R., ABDULLAH, B. (2002): Proximate composition, selected minerals, cholesterol content and lipid oxidation of mechanically and hand-deboned chickens from the Jordanian market. *Meat Science*, 61: 243-247.
- ALPHASOFT 12.3 (2009): chemometric software, Alpha MOS, Toulouse, France
- ANDERSSON, A., SJODIN, A., OLSSON, R., VESSBY, B. (1998): Effects of physical exercise on phospholipid fatty acid composition in skeletal muscle. *Am. J. Physiol.* 274: 432-438.
- ANDERSSON, A., SJÖDIN, A., HEDMAN, A., OLSSON, R., VESSBY, B. (2000): Fatty acid profile of skeletal muscle phospholipids in trained and untrained young men. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 9: E744-751.
- ANDRÁSSY, I. (1997): Fonálférgek (*Nematoda*) a Hévízi-tóban. *Állattani Közlemények* 82: 13-27.
- ARMSTRONG, R.B., WARREN, G.L., WARREN, J.A. (1991): Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Med.* 12.3: 184-207.
- ASHLEY, P.J. (2007): Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 104 .3-4: 199-235.
- AYRE, K.J., PHINNEY, S.D., TANG, A.B., STERN, J.S. (1998): Exercise training reduces skeletal muscle membrane arachidonate in the obese (fa/fa) Zucker rat. *J. Appl. Physiol.*;85.5: 1898-902.
- BAGNI, M., CIVITAREALE, C., PRIORI, A., BALLERINI, A., FINOIA, M., BRAMBILLA, G., MARINO, G. (2007): Pre-slaughter crowding stress and killing procedures affecting quality and welfare in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*), *Aquaculture* 263: 52-60.
- BAHUAUD, D., MORKORE, T., OSTBYE, T.K., VEISETH-KENT, E., TOMASSEN, M.S., OFSTAD, R. (2010): Muscle structure responses and lysosomal cathepsins B and L in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) pre- and post-rigor fillets exposed to short and long-term crowding stress, *Food Chem.* 118: 602-615.

BAI S.C., NEMATIPOUR G.R., PERERA R.P., JARAMILLO F., MURPHY B.R., GATLIN D.M., (1994): Total body electrical conductivity for nondestructive measurement of body composition of red drum. *The Progressive Fish Culturist*, 56: 232-236.

BAKOS J. (1968): A ponty pikkelyzetének értékelése és bírálata a tenyészkiválasztás során. *Halászat*, 14.1: 6-7.

BAKOS J., KRASZNAI Z., MÁRIÁN T. (1979): Növényevő fajhibridek (fehér busa x pettyes busa, amur x pettyes busa) morfológiai vizsgálatának eredményei. *Halászat, Tud. Mell.* 10-13.

BALON E.K. (1995): Origin and domestication of the wild carp, *Cyprinus carpio*: from Roman gourmets to the swimming flowers, *Aquaculture* 129: 3-48.

BARRY, T.P., LAPP, A.F., KAYES, T.B., MALISON, J.A. (1993): Validation of a microtitre plate ELISA for measuring cortisol in fish and comparison of stress responses of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and lake trout (*Salvelinus namaycush*). *Aquaculture*, 117: 351–363.

BASAVARAJA, N., NANDEESHA, M.C., VARGHESE, T.J. (1989): Effects of diethylstilbestrol on the growth, body composition and organoleptic quality of the common carp. *Indian J. Anim. Sci.*, 59: 757-762.

BAUER, C., SCHLOTT, G. (2009): Fillet yield and fat content in common carp (*Cypricus carpio*) produced in three Austrian carp farms with different culture methodologies, *J. Appl. Ichthyol.* 25: 591–594.

BÁZÁR GY. (2008): Különböző takarmánykiegészítések hatásának NIR technikára alapozott nyomonkövetése halfilében, XIV. Ifjúsági Tudományos Fórum, ISBN 978-963-9639-36-2 CD ROM

BEAMISH, F.W.H. (1978): Swimming capacity of fish. In: *Fish Physiology* (eds. W.S. Hoar and D.J. Randall), Vol. 7, Academic Press, Inc., New York, N.Y., pp.101-187.

BERG, T., ERIKSON, U., NORDTVEDT, T.S. (1997): Rigor mortis assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and effects of stress. *J. Food Sci.* 62: 439-646.

BERKA, R. (1986): The processing of the carp (a review) In: Billard R., Marcel, J (ed.), *Aquaculture of Cyprinids*, INRA, Paris, 467-477.

BERNAL, D., DONLEY, J.M., MCGILLIVRAY, D.G., AALBERS, S.A., SYME, D.A., SEPULVEDA, C. (2010): Function of the medial red muscle during sustained swimming in common thresher sharks: contrast and convergence with thunniform swimmers. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 155.4: 454-63

BERNARD, S.F., REIDY, S.P., ZWINGELSTEIN, G., WEBER, J.M. (1999): Glycerol and fatty acid kinetics in rainbow trout: effectsb of endurance swimming. *J.Exp. Biol.* 202: 279–288.

BISHOP, M. L., FODY, E. P., SCHOEFF, L. E. (2005): *Clinical Chemistry*. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.

BOSWORTH, B.G., SMALL, B.C., GREGORY, D., KIM, J., BLACK, S., JARRETT A. (2007): Effects of rested-harvest using the anesthetic AQUI-S™ on channel catfish, *Ictalurus punctatus*, physiology and filletquality, *Aquaculture* 262: 302–318.

BRETT, J.R. (1964): The respiratory metabolism and swimming performance of young sockeye salmon. J. Fish. Res. Board Can. 21: 1183–1226.

BUCHTOVÁ, H., SVOBODOVÁ, Z., KRIZEK, Z., VÁCHA, F., KOCOUR, M., VELÍSEK, J. (2007): Fatty acid composition in intramuscular lipids of experimental scaly crossbreds in 3-year-old common carp (*Cyprinus carpio* L.). Acta Vet. Brno 76: 73–81.

CAKIR-ATABEK, H., DEMIR, S., PINARBAŞILI, R.D., GÜNDÜZ, N. (2010): Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. J. Strength Cond. Res. 24(9): 2491–2497.

CAMERON, J.N., CECHE, J.J. (1990): Lactate kinetics in exercised channel catfish, *Ictalurus punctuatus*. Physiol. Zool. 63(5): 909–920.

CELIK, M., DILER, A., KUCUKGILMET, A. (2005): Comparison of the proximate composition and fatty acid profiles of zander (*Sander lucioperca*) from two different regions and climatic conditions. Food Chem. 92, 637.641

CHANDROO, K.P., DUNCAN, I.J.H., MOCCIA, R.D. (2004): Can fish suffer?: perspectives on sentience, pain, fear and stress, Applied Animal Behaviour Science 86: 225–250.

CHANET B., FUSELLIER M., BAUDET J., MADEC S., GUINTARD C. (2009): No need to open the jar: A comparative study of Magnetic Resonance Imaging results on fresh and alcohol preserved common carps (*Cyprinus carpio* (L. 1758), Cyprinidae, Teleostei), C. R. Biologies 332: 413–419.

CHRISTIE, W.W. (1982): A simple procedure for rapid transmethylation of glycerolipids and cholesteryl esters. J. Lipid Res., 23: 1072–1075.

CIBERT, C., FERMON, Y., VALLOD, D., MEUNIER, F.J. (1999): Morphological screening of carp *Cyprinus carpio*: relationship between morphology and fillet yield, Aquatic Living Resources, 12.1: 1–10

CONTE, F.S. (2004): Stress and the welfare of cultured fish, Applied Animal Behaviour Science 86: 205–223.

CSENGERI, I., FARKAS, T. (1993): Effects of essential fatty acid deficient diets on the carcass acids and membrane viscosity in the common carp. -in: *Proceedings of EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in Fish*. p. 62.

CSENGERI I., SÁNDOR ZS., LENGYEL P., GYÖRE K., SZABÓ P., PEKÁR F (1999): Minőségellenőrzés és minőségbiztosítás lehetőségei a haltenyésztésben. II. A ponty húsmínőségének függése környezeti, technológiai tényezőktől. Halászatfejlesztés. 22: 51–60.

CSISZÁR V. (1964): Húsvizsgálat és húshigiéne. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

DAMEZ, J.L., CLERJON S. (2008): Meat quality assessment using biophysical methods related to meat structure, Meat Science 80: 132–149.

DARÁZS S., ACZÉL A. (1987): Édesvízi halak feldolgozása, Mg. Kiadó. Budapest, 220.

DAVISON, W. (1997): The effects of exercise training on teleost fish, a review of recent literature. *Comp. Biochem Physiol. A* 117.1: 67-75.

DAVISON, W., GOLDSPIK, G. (1978): The effect of training on the swimming muscles of the goldfish (*Carassius auratus*). *J. Exp. Biol.* 74: 115-22.

DEAN, R. B., DIXON, W. J. (1951): Simplified Statistics for Small Numbers of Observations. *Anal. Chem.*, 23: 636-638.

DEY, I., BUDA, C., WIIK, T., HALVER, J. E., FARKAS, T. (1993): Molecular and structural composition of phospholipid membranes in lives of marine and freshwater fish in relation to temperature. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 90: 7498-7502.

D'MELLO, J.P.F., AL-SALMAN, M.H. AND MILLS, D.H., (1989): Responses of fingerling carp, *Cyprinus carpio* L., to dietary lysine. *Aqua. Fish. Manage.*, 20: 417-426.

DOBRYN, A., GÓRSKI, J. (2002): Ceramides and sphingomyelins in skeletal muscles of the rat: content and composition. Effect of prolonged exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 282: E277-85

DOBSIKOVÁ, R., SVOBODOVA, Z., BLAHOVA, J., MODRA, H., VELISEK, J. (2009): The effect of transport on biochemical and haematological indices of common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Czech J. Anim. Sci.* 11: 510-518.

DUNAJSKI, E., (1979): Texture of fish muscle. *J. Text. Stud.*, 10: 301-318.

EINEN, O., GUERIN, T., FJAERA, S.O., SKJERVOLD, P.O. (2002): Freezing of pre-rigor fillets of Atlantic salmon. *Aquaculture*. 210: 129-140.

ERIKSON, U., SIGHOLT, T., RUSTAD, T., EINARSDOTTIR, I.E., JORGENSEN, L. (1999): Contribution of bleeding to total handling stress during slaughter of Atlantic salmon. *Aquaculture International* 7: 101-115.

ERIKSON, U., SIGHOLT, T., SELAND, A. (1997): Handling stress and water quality during live transportation and slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture* 149: 243-252.

FAO MEDIA FACT SHEET (2007): Aquaculture of China and Asia, United Nations Food and Agriculture Organization p. 1.

FARKAS, T. (1984) Adaption of fatty acid composition to temperature – a study on carp (*Cyprinus carpio*) liver slices. *Comp. Biochem. Physiol.* 79: 531-535.

FARKAS, T., CSengeri, I. (1976) Biosynthesis of fatty acids by the carp (*Cyprinus carpio* L.) in relation to environmental temperature. *Lipids* 11: 401-407.

FAUCONNEAU, B., ALAMI-DURANTE, H., LAROCHEC, M., MARCEL, M., VALLOT, D. (1995): Growth and meat quality relations in carp, *Aquaculture* 129 : 265-297.

FOLCH, J. M., LEEAS, M., AND SLOANE-STANLEY, G. H. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:495-509.

GELA, D., RODINA, M., LINHART, O. (2003): Top-crossing evaluation of slaughtering value in common carp (*Cyprinus carpio* L.) offspring, *Aquaculture International*, 11: 379-387.

GEOR, R.J., MCCUTCHEON, L.J., HINCHCLIFF, K.W., SAMS, R.A. (2002): Training-induced alterations in glucose metabolism during moderate-intensity exercise. *Equine. Vet. J. Suppl.* 34, 22–28.

GERI, G., POLI, P.M., GUALTIERI, M., LUPI, P., PARISI, G. (1995): Body traits and chemical composition of muscle in the common carp (*Cyprinus carpio* L.) as influenced by age and rearing environment, *Aquaculture* 129: 329-333.

GEURDEN, I., BERGOT, P., RYCKEGHEM, K.V., SORGELOO, P. (1999): Phospholipid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) larvae starved or fed different phospholipid classes. *Aquaculture* 171: 93–107.

GIMP for Windows 2.6.8. (2009): GNU Image Manipulation Program

GOLDSPINK, G., WILKES, D., ENNION, S. (2001): Myosin expression during ontogeny, post-hatching growth, and plasticity. In: Johnston, I.A. (Eds.), *Muscle Development and Growth*. Academic Press, California, 43–72.

GREGORY, N.G. (1999): Recent concerns about stunning and slaughter. *Meat Science*. 70: 481-491.

GREGORY, N.G. (2008): Animal welfare at markets and during transport and slaughter, *Meat Science* 80: 2–11.

GUGLIELMO, C.G., WILLIAMS, T.D., ZWINGELSTEIN, G., BRICHON, G., WEBER, J.M. (2002): Plasma and muscle phospholipids are involved in the metabolic response to long-distance migration in a shorebird. *J Comp Physiol B*. 172: 409-417.

GULER, G.O., KIZTANIR, B., AKTUMSEK, A., CITIL, O.B., OZPARLAK, H. (2008): Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and n3/n6 ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey), *Food Chemistry* 108: 689–694.

HAJDINIKOLOVA, L. (2004): The influence of nutritive lipid sources on the growth and chemical and fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Arch. Polish Fisheries* 12: 111-119.

HANCZ CS., BERCSÉNYI M., MAGYARY I., MOLNÁR T. (1999): Stressztűrő képességre történő szelekció lehetőségei a pontynál, *Halászatfejlesztés*, 22: 100-105.

HANCZ, CS., MILISITS, G., HORN, P. (2003): In vivo measurement of total body lipid content of common carp (*Cyprinus carpio* L.) by Electrical Conductivity. *Arch Tierz*, 46: 397–402.

HANCZ CS., KÖRMENDI S., BÁNHEGYI P. (1995): Egynyaras ponty nevelése természetes táplálékon és abraktakarmányon. *Halászatfejlesztés* 18: 172-175.

HANCZ, CS., ROMVÁRI, R., PETRÁSI, ZS., HORN, P. (2003a): Prediction of some carcass quality traits of common carp by x-ray computerised tomography. *Israeli Journal of Aquacult. - Bamidgeh*. 55.1: 61- 68.

HANCZ, CS., ROMVÁRI, R., SZABÓ A., MOLNÁR, T., HORN, P. (2003b): Measurement of total body composition changes of common carp by computer tomography. *Aquaculture Research*. 34.12: 991 – 997.

HANCZ CS., STETTNER G., DEMETERNÉ PÉDERY T. (2002): A magyar pontyfajták növekedésének, takarmányértékesítésének, testalakulásának és zsírtartalmának összefüggései. *Halászatfejlesztés* 26: 96-98.

HARGREAVES, M. (1995): Exercise metabolism. *Human Kinetics Publ.*, Champaign, USA, pp. 100-131.

HARMON, T.S. (2009): Methods for reducing stressors and maintaining water quality associated with live fish transport in tanks: a review of the basics, *Reviews in Aquaculture* 1: 58–66.

HEGYI Á., BÉRES T., KOVÁCS R., KOTRIK L., URBÁNYI B. (2008): Laboratóriumi vizsgálatok során fellépő stressz értékelése halakban, *AWETH*, 4: 70-84.

HELGE, J.W., AYRE, K.J., HULBERT, A.J., KIENS, B., STORLIEN, L.H. (1999): Regular exercise modulates muscle membrane phospholipid profile in rats. *J. Nutr.* 129: 1636-1642.

HELGE, J.W., WU, B.J., WILLER, M., DAUGAARD, J.R., STORLIEN LH, KIENS, B. (2001): Training affects muscle phospholipid fatty acid composition in humans. *J. Appl. Physiol.* 90: 670-677.

HINTERLEITNER, S., HUBER, M., LACKNER, R., WIESER, W. (1992): Systemic and Enzymatic Responses to Endurance Training in Two Cyprinid Species with Different Life Styles (Teleostei: Cyprinidae). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49.1: 110-115.

HOCHACHKA, P.W. (1985): Fuels and pathways as designed systems for support of muscle work. *J. Exp. Biol.*, 115: 149-164.

HOSSAIN, M.A., JAUNCEY, K., (1989): Nutritional evaluation of some Bangladesh oilseed meals as partial substitutes for fish meal in the diet of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Aquacult. Fish. Manage.*, 20: 255-268.

HONIKEL, K.O. (1998): Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49: 447-457.

HUIDOBRO, A., MENDES, R., NUNES, M.L., (2001): Slaughtering of gilthead seabream (*Sparus aurata*) in liquid ice: influence on fish quality, *Eur. Food Res. Technol.*, 213: 267–272.

IMAGEJ (2010): Quantifying Stained Liver Tissue. Online <http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/stained-sections/index.html>

ISO (1999): Animal feeding stuffs - Determination of fat content (ISO 6492). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

JABEEN, F., CHAUDHRY, A. (2011): Chemical compositions and fatty acid profiles of three freshwater fish species. *Food Chem.* 125: 991-996.

JARAMILLO, F., BAI, S.C., MURPHY, B.R., GATLIN, D.M. (1994): Application of electrical conductivity for non-destructive measurement of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, body composition. *Aquatic Living Resources*. 7: 87-91.

JÁSZFALUSI, L. (1954): Pontynemesítés. In: MAUCHA R, ERŐS P, DONÁSZY E (szerk.) Tógazdasági haltenyésztés a gyakorlatban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

JENEY, Z., JENEY, G., MAULE, A. G. (1992): Cortisol measurement in fish. In: Stolen, J. S., Fletcher, T. C, Anderson, D. P., Kaatari, S. L. and Rowley, A. F. (eds.) Techniques in fish immunology, SOS Publications, 43 DeNormandie Ave., Fair Haven, N. J. 07704-3303 USA. pp. 157-166.

JERRETT, A.R., HOLLAND, A.J. (1998): Rigor tension development in excised „rested”, „partially exercised” and „exhausted” Chinook salmon white muscle. J. Food Sci. 63: 48-52.

Ji, L.L. (1995): Oxidative stress during exercise: implication of antioxidant nutrients Free Radical Biology and Medicine. 18:1079–1086.

Ji, L.L. (2002): Exercise-induced modulation of antioxidant defense. Annals of the New York Academy of Sciences. 959: 82–92.

JOHNSTON, I.A. (1999): Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish,. Aquaculture 177: 99–115.

JOHNSTON, I.A., DAVISON, W., GOLDSPIK, G. (1997): Energy metabolism of carp swimming muscles. J. Comp. Physiol., 114: 203-216.

KALYONCU, L., YAMAN, Y., AKTUMSEK, A. (2010): Seasonal changes on total fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.), in Ivriz Dam Lake, Turkey. African J. Biotech. 9: 3896-3900.

KERKSICK, C., WILLOUGHBY, D. (2005): The Antioxidant Role of Glutathione and N-Acetyl-Cysteine Supplements and Exercise-Induced Oxidative Stress. Journal of the International Society of Sports Nutrition. 2.2: 38-44.

KESTEMONT, P. (1995): Different systems of carp production and their impacts on the environment, Aquaculture 129: 347-372.

KIESSLING, A., ESPE, M., RUOHONEN, K., MØR KØRE, T. (2004): Texture, gaping and colour of fresh and frozen Atlantic salmon flesh as affected by pre-slaughter is o-eugenol or CO₂ anaesthesia. Aquaculture 236: 645–657.

KIPREOS, G., TIPOLITSIOTI, A., STERGIOULAS, A. (2010): The effects of anaerobic training in serum lipids and arachidonic acid metabolites. Biology of exercise. 6.2: 5-12.

KIRCHGESSNER, M., SCHWARZ, F.J. (1986): Mineral content (major and trace elements) of carp (*Cyprinus carpio* L.) fed with different protein and energy supplies. Aquaculture. 54:1.3-9.

KNUDSEN, S.K. (2005): A review of the criteria used to assess insensibility and death in hunted whales compared to other species. Vet. J., 169: 42-59.

KORHONEN, R.W., LANIER, T.C., GIESHBRECHT, F. (1990): An evaluation of simple methods for following rigor development in fish. J. Food Sci. 55: 30-46.

KÖRMENDI S., VARGA L., BALOGH I., HIDEG B., SZÉLI ZS. (2002): A ponty testanyag összetételének szezonális változása tógazdaságokban, XXVI. Halászati Tudományos Tanácskozás HAKI, Szarvas, 35.

KRETT, G., PALATINSZKY, M. (2009) A polyphasic study on the species diversity of the sediment microbiota of Lake Hévíz. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica* 56: 339-355.

KRISNAMOORTHY, RV., NARASIMHAN, T. (1972): Ascorbic acid and fat content in the red and white muscle of carp, *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comp. Biochem.*, 43: 991–997.

LAMBOOIJ, E., GERRITZEN, M.A, REIMERT, H., BURGGRAAF, D., VAN DE VIS J.W. (2008): A humane protocol for electro-stunning and killing of Nile tilapia in fresh water, *Aquaculture* 275: 88–95.

LAMBOOIJ, E., GRIMSBO, E., VAN DE VIS J.W., REIMERT, H.G.M., NORTVEDT, R., ROTH, B. (2010): Percussion and electrical stunning of Atlantic salmon (*Salmo salar*) after dewatering and subsequent effect on brain and heart activities. *Aquaculture*, 300: 107–112.

LAMBOOIJ, E., KLOSTERBOER, R.J., GERRITZEN, M.A., VAN DE VIS, J.W. (2006): Assessment of electrical stunning in freshwater of African Catfish (*Clarias gariepinus*) and chilling in ice water for loss of consciousness and sensibility, *Aquaculture* 254: 388–395.

LAMBOOIJ, E., PILARCZYK, M., BIALOWAS, H., BOOGAART, J.G.M. VAN DEN, VAN DE VIS, J.W. (2007): Electrical and percussive stunning of the common carp (*Cyprinus carpio* L.): Neurological and behavioural assessment, *Aquacultural Engineering* 37: 171–179.

LÁNYI GY. (1968): A hal mint élőlény és mint táplálék, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

LERAY, C., ANDRIAMAMPANDRY, M., GUTBIER, G., CAVADENTI, J., KLEIN-SOYER, C., GACHET, C., CAZENAVE, J.P. (1987): Quantitative analysis of vitamin E, cholesterol and phospholipid fatty acids in a single aliquot of human platelets and cultured endothelial cells. *J. Chromatogr. B. Biomed. Sci. Appl.* 15.696: 33-42.

LEFÉVRE, F., BUGEON, J., AUPÉRIN, B., AUBIN, J. (2008): Rearing oxygen level and slaughter stress effects on rainbow trout flesh quality, *Aquaculture* 284: 81–89.

LENGYEL P., SÁNDOR ZS., GYÖRE K., SZABÓ P., PEKÁR F., ZUBKOVA E., ALEXIS M., CSENGERI I. (2001): A ponty és néhány más hazai pontyfélé test-összetételének alakulása a takarmányozással összefüggésben, XXV. Halászati Tudományos Tanácskozás HAKI, Szarvas, 153–162.

LIGHTHILL, M.J. (1969): Hydromechanics of aquatic animal propulsion. *Ann. Rev. Fluid. Mech.* 1: 413-446.

LINES, J.A., ROBB, D.H., KESTIN, S.C., CROOK, S.C., BENSON, T. (2003): Electric stunning: a humane slaughter method for trout, *Aquacultural Engineering* 28: 141-154.

LONE, K.L., MATTY, A.J. (1984): Oral administration of an anabolic-androgenic steroid dimethazine increases the growth and food conversion efficiency and brings changes in molecular growth responses of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Nutr. Rep. Int.*, 29: 621-638.

LOWE, T., RYDER, J.M., CARRAGER, J.F., WELLS, R.M.G. (1993): Flesh quality in snapper, *Pagrus auratus*, affected by capture stress. *Journal of Food Science* 58: 770–773.

LUPI, P., GERI, G., PARISI, G., DELL'ANGELO, M., MARTINI, A., PONZETTA, M.P. (1995): Morphological characteristics and chemical composition of muscle in the mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *specularis*) as influenced by body weight, *Aquaculture* 129: 323-327.

MAGNONI, L., VAILLANCOURT, E., WEBER, J.M. (2008): High resting triacylglycerol turnover of rainbow trout exceeds the energy requirements of endurance swimming. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 295.1: 309-15.

MAGNONI, L., WEBER, J.M. (2007): Endurance swimming activates trout lipoprotein lipase: serum lipids as a fuel for muscle. *J Exp Biol*. 210: 4016-4023.

MANCUSO, D.J., SIMS, H.F., HAN, X., JENKINS, C.M., GUAN, S.P., YANG, K., MOON, S.H., PIETKA, T., ABUMRAD, N.A., SCHLESINGER, P.H., GROSS, R.W. (2007): Genetic ablation of calcium-independent phospholipase A2gamma leads to alterations in mitochondrial lipid metabolism and function resulting in a deficient mitochondrial bioenergetic phenotype. *J. Biol. Chem*. 282: 34611-3422.

MATOS, E., SILVA, T.S., TIAGO, T., AURELIANO, M., DINIS, M.A., DIAS J. (2011): Effect of harvesting stress and storage conditions on protein degradation in fillets of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*): A differential scanning calorimetry study, *Food Chemistry* 126: 270–276.

MATOS, E., GONCALVES, A., NUNES, M.L., DINIS, M.A., DIAS, J. (2010): Effect of harvesting stress and slaughter conditions on selected flesh quality criteria of gilthead seabream (*Sparus aurata*), *Aquaculture* 305: 66–72.

MARX, H., BRUNNER, B., WEINZIERL, W., HOFFMAN, R., STOLLE, A. (1997): Methods of stunning freshwater fish: impact on meat quality and aspects of animal welfare, *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und Forschung* 204: 282–286.

MEAD, J.F., ALFIN-SLATER, R.B., HOWTON, D.R., POPIÁK, G., (1985): *Lipids, Chemistry, Biochemistry and Nutrition*. Plenum Press, New York, USA.

MERKIN, G.V., ROTH, B., GJERSTAD C., DAHL-PAULSEN, E., NORTVEDT, R. (2010): Effect of preslaughter procedures on stress responses and some quality parameters in sea-farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), *Aquaculture* 309: 231–235.

MILLIGAN, C.L. (2004): Of fish, fat and fuel: fatty acid transport in trout muscle. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol*. 286: 23-24.

MILLIGAN C.L., GIRARD, S.S. (1993): Lactate metabolism in rainbow trout. *J. Exp. Biol*. 180: 175-193.

MOYES, C. D., BUCK L. T., HOCHACHKA P. W., SUAREZ, R. K. (1989): Oxidative properties of carp white and red muscle. *J Exp. Biol*. 143: 321-331.

MORKORE, T., TAHIROVIC, V., EINEN, O. (2008): Impact of starvation and handling stress on rigor development and quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*. 277: 231-238.

- MORTELETTE, H., AMÉRAND, A., SÉBERT, P., BELHOMME, M., CALVÈS, P., MOISAN, C. (2010) : Effect of exercise training on respiration and reactive oxygen species metabolism in eel red muscle. *Respiratory Physiology and Neurobiology*. 172: 201-205.
- NATHANAILIDES, C., PANOPOULOS, S., KAKALI, F., KARIPOGLOU, C., LENAS, D. (2011): Antemortem and postmortem biochemistry, drip loss and lipid oxidation of European sea bass muscle tissue. *Procedia Food Science*. 1: 1099-1104.
- NEWSHOLME, E.A., TAYLOR, K. (1969): Glycerol kinase activities in muscles from vertebrates and invertebrates. *Biochem. J*. 112: 465-474.
- NICHOLS, B. W., APPLEBY, R. S. (1969): The distribution and biosynthesis of arachidonic acid in algae. *Phytochemistry* 8: 1907-1915.
- OBERLE, M., SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1997): Growth and carcass quality of carp (*Cyprinus carpio* L.) fed different cereals, lupin seed or zooplankton, *Archives of Animal Nutrition*, 50.1: 75-86.
- OKA, H., OHNO, K., NINOMIYA, J. (1990): Changes in texture during cold storage of cultured yellowtail meat prepared by different killing methods. *Nippon Suisan Gakkaishi* 56: 1673-1678.
- OLSEN, S.H., SORENSEN, N.K., LARSEN R., ELVEVOLL, E.O., NIELSEN, H. (2008): Impact of preslaughter stress on residual blood in fillet portions of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*) Measured chemically and by Visible and Near-infrared spectroscopy, *Aquaculture* 284: 90-97.
- OLSEN, S.H., SORENSEN, N.K., STORMO S.K., ELVEVOLL, E.O. (2006): Effect of slaughter methods on blood spotting and residual blood in fillets of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture* 258: 462-469.
- OSTRANDER, G.K. (2000): The laboratory fish. Academic Press, San Diego, CA, USA.
- OZOGUL, Y., OZOGUL, F. (2004): The effect of slaughtering methods on the freshness quality of rainbow trout. *Eur. Food Res Technol*. 219: 211-216.
- PAGNOTTA, A., MILLIGAN, C. L. (1991). The role of blood glucose in the restoration of muscle glycogen during recovery from exhaustive exercise in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and winter flounder (*Pseudopleuronectes americanus*). *J. Exp. Biol*. 161: 489-508.
- PICKERING, A.D., POTTINGER, T.G., CHRISTIE, P. (1982): Recovery of the brown trout, *Salmo trutta* L., from acute handling stress: a time-course study. *Journal of Fish Biology* 20: 229-244.
- PICKERING, A.D., POTTINGER, T.G. (1985): Factors influencing blood cortisol levels of brown trout under intensive culture conditions. In: Lofts, B., Holms, W.N. (eds.), *Current Trends in Endocrinology*. Hong Kong University, 1239-1242.
- PINTÉR, K. (2002): Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, Budapest, 2002: 119-126.
- PLACER, Z.A., CUSHMAN, L.L., JOHNSON, B.C. (1966). Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Anal. Biochem.*, 16: 359-364.

POLI, B.M., PARISI, G., SCAPPINI, F., ZAMPACAVALLA, G. (2005): Fish welfare and quality as affected by pre-slaughter and slaughter management, *Aquaculture International*, 13: 29–49.

PONTY TELJESÍTMÉNYVIZSGÁLATI KÓDEX 3 (2001), OMMI, Budapest

PONYI, J. (1995) A hévízi-tó állatvilága, *Hidrológiai Tájékoztató* 1995 April: 21-23.

RACLOT, T., GROSCOLAS, R. (1993): Differential mobilization of white adipose tissue fatty acids according to chain length, unsaturation and positional isomerism. *J. Lipid Res.* 34: 1512-1526.

RASOARAHONA, J.R.E., BARNATHAN, G., BIANCHINI, J.P., GAYDOU, E. (2004): Annual Evolution of fatty acid profile from muscle lipids of the common carp (*Cyprinus carpio*) in Madagascar inland waters. *J. Agric. Food Chem.* 52: 7339-7344.

REBAH, F.B., ABDELMOULEH, A., KAMMOUN, W., YEZZA, A. (2010): Seasonal variation of lipid content and fatty acid composition of *Sardinella aurita* from the Tunisian coast. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90: 569-573.

REPA I., ROMVÁRI R., BAJZIK G., BOGNER P., PETRÁSI ZS., ZOMBORSZKYNÉ KOVÁCS M., HORN P. (2002): 3 D képalkotó diagnosztikai eljárások az élelmiszerbiztonság szolgálatában, *Magyar Tudomány* 47.9: 1147-1160.

RIBAS, L., FLOS, R., REIG, L., MACKENZIE, S., BARTON, B.A., TORT, L. (2007): Comparison of methods for anaesthetizing Senegal sole (*Solea senegalensis*) before slaughter: Stress response and final product quality. *Aquaculture*. 269: 260-258.

RICHARDS, J.G., HEIGENHAUSER, G.J., WOOD, C.M. (2002a): Lipid oxidation fuels recovery from exhaustive exercise in white muscle of rainbow trout. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 282: 89-99.

RICHARDS, J.G., MERCADO, A.J., CLAYTON, C.A., HEIGENHAUSER, G. J. F., WOOD, C. M. (2002b): Substrate utilization during graded aerobic exercise in rainbow trout. *The Journal of Experimental Biology*. 205: 2067–2077.

ROBB, D.H.F., WARRISS, P.D. (1997): How killing methods affect salmonid quality. *Fish Farmer*, Nov/Dec: 48–49.

ROME, L.C., SOSNICZKI, A.A (1990): The influence of temperature on mechanics on red muscle in carp, *Journal of Physiology*, 427: 151-169.

ROMVÁRI, R., HANCZ, CS., PETRÁSI, ZS., MOLNÁR, T., HORN, P. (2002): Non-invasive measurement of fillet composition of four freshwater fish species by computer tomography. *Aquacult Int.* 10: 231–240.

ROSE, J.D. (2002): The neurobehavioral nature of fishes and the question of awareness and pain. *Reviews in Fisheries Science*, 10: 1–38.

ROTH, B., BIRKELAND, S., OYARZUN, F. (2009): Stunning, preslaughter and filleting conditions of Atlantic salmon and subsequent effect on flesh quality on freshand smoked fillets, *Aquaculture* 289: 350–356.

ROTH, B., IMSLAND, A., GUNNARSSON, S., FOSS, A., SCHELVIS-SMIT, A. (2007): Slaughter quality and rigor contraction in farmed turbot (*Scophthalmus maximus*); comparison between different stunning methods, *Aquaculture*. 272: 754-761.

RUANE, N.M., KOMEN, H. (2003): Measuring cortisol in the water as an indicator of stress caused by increased loading density in common carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture* 218: 685-693.

RUF, T., VALENCAK, T., TATARUCH, F., ARNOLD, W. (2006): Running speed in mammals increases with muscle n-6 polyunsaturated fatty acid content. *PLoS One*. 20:1-65.

RUTTKAY A. (1999): A ponty testősszetétel-változása, XXIII. Halászati Tudományos Tanácskozás HAKI, Szarvas

SALTIN, B., HENRIKSSON, J., NYGAARD, E., ANDERSEN, P., JANSSON, E. (1977): Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary man and endurance runners. *Ann NY Acad Sci*. 301: 3–29.

SÄNGER, A.M. (1992a): Quantitative fine structural diversification of red and white muscle fibres in cyprinids. *Env. Biol. Fish.*, 33:97-104.

SÄNGER, A.M., (1992b): Effects of training on axial muscle of two cyprinid species: *Chondrostoma nasus* (L.) and *Leuciscus cephalus* (L.). *J Fish Biol*. 40: 637-646.

SASTRE, J., ASENSI, M., GASCO, E., PALLARDO, F. V. , FERRERO, J. A., FURUKAWA, T., VINA, J. (1992): Exhaustive physical exercise causes oxidation of glutathione status in blood: prevention by antioxidant administration *AJP - Regu Physiol*. 263.5: 992-995.

SATHYNARAYANA RAO, H.N., SATHYNARAYANA RAO, G.P., SRIKAR, L.N., UDUPA, J.S. (1988): Effect of feeding gonadal hormones on flesh proximate composition and organoleptic characteristics of the common carp *Cyprinus carpio* (Linn). *Indian J. Anim. Sci*. 58:295-298.

SCAPOLO, P.A., ROWLERSON, A. (1987): Pink lateral muscle in the carp (*Cyprinus carpio* L.): histocemical properties and myosin composition. *Experientia*, 43: 384-386.

SCHERBINA, M.A., GRIYAYEV, A.S. (1990): Effects of combined overwintering on survival and metabolism in the carp, *Cyprinus carpio* and Bighead, *Aristichthys nobilis*. *Vopr. Ikhtiol.*, 30: 346-350.

SCHERER, R., AUGUSTI, P.R., BOCHI, V.C., STEFFENS, C., FRIES, L.L.M., DANIEL, A.P., KUBOTA, E.H., NETO, J.R., EMANUELLI, T. (2006): Chemical and microbiological quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) slaughtered by different methods, *Food Chemistry*. 99: 136–142.

SCHWARZ, F.J., KIRCHGESSNER, M. (1993): Digestibility, growth and carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.) fed different starches, *Archives of Animal Nutrition*, 43(3): 275-282.

SEDLAK J., LINDSAY R. H. (1968): Estimation of total, protein-bound, and nonprotein sulphydryl groups in tissues with Ellman's reagent. *Anal. Biochem*. 25:192–205.

SEGHAL, H.S., SEGHAL, G.K. (2002): Aquacultural and socio-economic aspects of processing carp into some value-added products. *Bioresour Technol*. 82.3: 291-293.

SHIMENO, S., KHEYVYALI, D., TAKEDA, M. (1990): Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 56: 35-41.

SHERIDAN, M. A. (1988): Lipid dynamics in fish: aspects of absorption, transportation, deposition and mobilization. *Comp. Biochem. Physiol.* 90: 679–690.

SKEJRVOLD, P.O., FJAERA, S.O., OSTBY, P.B., EINEN, O. (2001): Live-chilling and crowding stress before slaughter of Atlantic salmon (*Salmo salar*), *Aquaculture*, 192: 265-280.

SKEJRVOLD, H., GROENSETH, K., VANGEN, O., EVENSEN, A. (1981): In vivo measurements of body composition in meat animals. *Zeitung für Tier Züchtungsbiologie*. 98: 77-79.

SNEDDON, L.U., BRAITHWAITE, V.A., GENTLE, M.J. (2002): Do fishes have nociceptors? Evidence for the evolution of a vertebrate sensory system. *Proceedings of the Royal Society, B* 270:1115–1121.

SPECTOR, A. A., FLETCHER, J. E., ASHBROOK, J. D. (1971): Analysis of long-chain free fatty acid binding to bovine serum albumin by determination of stepwise equilibrium constants. *Biochemistry* 10: 3229–3232.

SPECZIÁR A. (1999): Öt pontyféle tápláléka és táplálkozási stratégiája a Balaton főbb élőhelyein. *Halászat* 92(3): 124-132.

SPECZIÁR, A. (2004): Life history pattern and feeding ecology of the introduced eastern mosquitofish, *Gambusia holbrooki*, in a thermal spa under temperate climate, of Lake Hévíz, Hungary. *Hydrobiologia* 522: 249-260.

SPSS for Windows 10.0., (1999): SPSS Inc. Chicago, IL.

STEFFENS, W., WIRTH, M., RENNERT, B. (1995): Effects of adding various oils to the diet on growth, feed conversion and chemical composition of carp (*Cyprinus carpio*), *Archives of Animal Nutrition*, 47.4: 381-389

SUMANTADINATA, K. (1995): Present state of common carp (*Cyprinus carpio* L.) stocks in Indonesia, *Aquaculture* 129: 205-209.

SZABÓ, A., MILISITS, G. (2007): Clinicochemical Follow-up of broiler rearing – a five-week study. *Veterinaria Hungarica* 55.4: 451–462.

SZABÓ, A., MÉZES, M., HORN, P., SÜTŐ, Z., ROMVÁRI, R. (2005): Developmental dynamics of some blood biochemical parameters in the growing turkey (*Meleagris gallopavo*). *Acta Vet. Hung.* 53.4: 397-409.

SZABÓ, A., ROMVÁRI, R., FÉBEL, H., BOGNER, P., SZENDRŐ, ZS. (2002): Training induced alterations of the fatty acid profile of rabbit muscles. *Acta Vet. Hung.* 50: 357-364.

SZABÓ, A., FÉBEL, H., MÉZES, M., HORN, P., BALOGH, K., ROMVÁRI, R. (2005): Differential utilization of hepatic and myocardial fatty acids during forced moult of laying hens. *Poultry Sci.* 84.1: 106-112.

SZABÓ, A., ROMVÁRI, R., SZATHMÁRI, L., MOLNÁR, T., LOCSMÁNDI, L., BÁZÁR, GY., MOLNÁR, E., HORN, P., HANCZ, CS. (2009): Effects of dietary vegetable oil supplementation on fillet

quality traits, chemical and fatty acid composition of African catfish (*Clarias gariepinus*). Archiv für Tierzucht 52: 321-333.

TAKAHASHI, K., INOUE, N., SHINANO, H. (1993): Effect of storage temperature on freeze denaturation of carp myofibrils with KCl or NaCl. Nippon Suisan Gakkaishi, 59: 519-527.

takeUchi, t. & watanaBe, t. (1977): Requirement of carp for essential fatty acids. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 43, 541-551.

TAKEUCHI, T., WATANABE, T. AND OGINO, C., (1979): Availability of carbohydrate and lipid as dietary energy sources for carp. Bull. Jpn. Sot. Sci. Fish., 45: 977-982.

THRALL, M.A. (2004): Veterinary haematology and clinical chemistry. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, USA.

TOBIASSEN, T., SØRENSEN, N.K. (1999): Influence of killing methods on time of death of Atlantic salmon (*Salmo salar*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) as measured by behavioural indices of sensibility and reflexes. In: Proceedings of the "Aquaculture Europe1999", EAS Special Publication. 27: 244.

TRENOVSZKI M., HEGYI Á., LUGASI A., KERTÉSZNÉ L.V., MÜLLER T., SZABÓ T., URBÁNYI B., HORVÁTH L. (2008): Pontyok takarmányozásának és húsmínőségének összehasonlítása különböző tógazdaságokból-, illetve egy ketreces kísérlethől származó minták analizálásával, XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás HAKI, Szarvas

TRENOVSZKI, M.M., LEBOVICS, V.K., MÜLLER, T., SZABÓ, T., HEGYI, Á., URBÁNYI, B., HORVÁTH, L., LUGASI, A. (2011): Survey of fatty acid profile and lipid peroxidation characteristics in common carp (*Cyprinus carpio* L.) meat taken from five Hungarian fish farms, Acta Alimentaria, 40.1: 153-264.

TURCOTTE, L.P. (1999): Role of fats in exercise. Types and quality. Clin. Sports Med. 18: 485-498.

UDDIN, M., OKAZAKI, E., AHMAD, M.U., FUKUDA, Y., TANAKA, M. (2006): NIR spectroscopy: A non-destructive fast technique to verify heat treatment of fish-meat gel, Food Control 17 : 660-664.

URBIETA, F.J., GINÉS, R. (2000): Optimisation of slaughtering method in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). Industrial application in fish farm, Global quality assessment in Mediterranean aquaculture Zaragoza: CIHEAM-IAMZ, 2000

VAN DER VIS, H., OEHLenschLAGER, J., KUHLMANN, H., MUNKNER, W., ROBB, D.H.F., SCHELVIS-SMIT, A.A.M. (2001): Effect of the commercial and experimental slaughter of eels (*Anguilla anguilla* L.) on Quality and Welfare. In: Kestin, S.C. and Warriss, P.D. (eds.), Farmed Fish Quality. Fishing News Books, Oxford, 234-248.

VÁRADI, L. (1995): Equipment for the production and processing of carp, Aquaculture 129: 443-466.

VARGA, D., SZABÓ, A., ROMVÁRI, R., HANCZ, Cs. (2011): Előzetes tanulmány a vörös izom arányának makroszkópos meghatározására, és húsmínőséggel kapcsolatos összefüggéseinek vizsgálatára hazai pontyfajták esetén. Acta Agraria Kaposvariensis, 15: 85-90.

- VASICEK, L., SHWENDENWEIN, I., VOILL, S. (1991): Chemical blood analysis to establish standard values in turkeys of different ages. *Deutsch. Tierarzt. Wochenschr.* 98: 126-129.
- VELISEK, J., SVOBODOVA, Z., PIACKOVA, V., GROCH, L., NEPEJCHALOVA, L. (2005): Effects of clove oil anaesthesia on common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Vet. Med. Czech.* 6: 269-275.
- VETTOR, R., DE PALO, C., CALÒ, L., DE CARLO, E., SICOLO, N., MARTINI, C., FEDERSPIL, G. (1986): Effect of exercise on plasma kallikrein and muscular phospholipase A2 activity in rats. *Mol. Cell. Endocrinol.* 45: 65-70.
- VIOLA, S., LAHAV, E., ARIELI, Y. (1992): Response of Israeli carp, *Cyprinus carpio* L., to lysine supplementation of a practical ration at varying conditions of fish size, temperature, density and ration size. *Aquacult. Fish. Manage.* 23: 49-58.
- VISSER, F.C., VAN EENIGE, M.J., WESTERA, G., DEN HOLLANDER, W., DUWEL, C.M., VAN DER WALL, E.E., HEIDENDAL, G.A., ROOS, J.P. (1985): Metabolic fate of radioiodinated heptadecanoic acid in the normal canine heart. *Circulation.* 72: 565-571.
- WATANABE, T., TAKEUCHI, T., WADA, M. (1981): Dietary lipid levels and α -tocopherol requirement of carp. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 47: 1585–1590.
- WATABE, S., HWANG, G.C., USHIO, H., HATAE, K., YAMANAKA, H., HUSHIMOTO, K. (1990): Acceleration of physicochemical change in carp muscle by washing in either chilled or heated water. *J. Food Sci.*, 55: 674-677.
- WEBB P.W. (1994): Exercise performance of fish. *Comparative Vertebrate Exercise Physiology: Phyletic Adaptations, Advances in Veterinary Science and Comparative Medicine.* 38:1-49.
- WELLS, R.M.G., MCINTYRE, R.H., MORGAN, A.K., DAVIE, P.S (1986): Physiological stress responses in big gamefish after capture: Observations on serum chemistry and blood factors. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology Volume* 84.3: 565–571.
- WILKINSON, R.J., PATON, N., PORTER, M.R.J. (2008): The effects of pre-harvest stress and harvest method on the stress response, rigor onset, muscle pH and drip loss in barramundi (*Lates calcarifer*), *Aquaculture* 282: 26–32.
- WHITFIELD, J. B. (2001): Gamma Glutamyl Transferase. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 38: 263–355.
- XIAOYAN, M., NAIYUN, G., BEIBEI, C., QINGSONG, L., QIAOLI, Z., GUOFEN, G. (2007): Detection of geosmin and 2-methylisoborneol by liquid-liquid extraction-gas chromatograph mass spectrum (LLE-GCMS) and solid phase extraction-gas chromatograph mass spectrum (SPE-GCMS), *Front. Environ. Sci. Engin. China*, 1.3: 286–291.
- XICCATO, G., TROCINO, A., TULLI, F., TIBALDI E. (2004): Prediction of chemical composition and origin identification of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) by near infrared reflectance spectroscopy (NIRS) *Food Chemistry*, 86.2: 275-281.
- ZEITLER, M.H., KIRCHGESSNER, M. AND SCHWARZ, F.J. (1984): Effects of different protein and energy supply on carcass composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 36: 3748.

ZHANG, X.D., ZHOU, Y.F., CAI, L.S., WU, T.X. (2008): Effects of fasting on the meat quality and antioxidant defense of market size large yellow croaker (*Pseudoscianea crocea*), Aquaculture, 280: 136–139.

ZOLADZ, J.A., MAJERCZAK, J., DUDA, K., CHŁOPICKI, S. (2010): Endurance training increases exercise-induced prostacyclin release in young, healthy men--relationship with VO₂max. Pharmacol. Rep. 62: 494-502.

http://www.fsl.orst.edu/geowater/FX3/help/9_Fish_Performance/Fish_Swimming_and_Swim_Speed_Tests.htm

<http://www.thefishsite.com/articles/cat37/fish-meat-quality>

<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/stained-sections/index.html>

<http://www.hsa.org.uk/Information/Slaughter/Fish%20slaughter.htm>

<http://www.seafoodinnovations.com.au/products/si2-comparison.htm>

12. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű közlemények

Varga, D., Szabó, A., Romvári, R., Hancz, Cs. (2010): Comparative study of the meat quality of common carp strains harvested from different fish ponds. *Acta Agraria Kaposvariensis*. 14: 301-306.

Varga, D., Müller, T., Specziár, A., Fébel, H., Hancz, Cs., Bázár, Gy., Urbányi, B., Szabó, A. (2013): Note on the special fillet fatty acid composition of the dwarf carp (*Cyprinus carpio carpio*) living in thermal Lake Hévíz, Hungary. *Acta Biologica Hungarica*. 64(1): 38-48.

Varga, D., Romvári, R., Horn, P., Hancz, Cs., Molnár, T.G., Szabó, A. (....): Environmental factors influencing the slaughter value and the flesh quality of common carp in four typical fish farms in Hungary. *Acta Alimentaria*. (*Accepted*)

Magyar nyelvű közlemények

Varga, D., Szabó, A., Romvári, R., Hancz, Cs. (2011): Előzetes tanulmány a vörös izom arányának makroszkópos meghatározására, és húsminőséggel kapcsolatos összefüggéseinek vizsgálatára hazai pontyfajták esetén. *Acta Agraria Kaposvariensis*, 15: 85-90.

Varga D., Szabó A., Romvári R., Hancz Cs. (2011): A ponty (*Cyprinus carpio* L.) húsminősége (Szakirodalmi áttekintés). *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 60: 123-134.

Varga D., Szabó A., Romvári R., Hancz Cs. (2011): Állatjóléti és termékminőségi összefüggések a halfeldolgozásban (Irodalmi összefoglalás). *AWETH*, 7(3): 287-298.

Varga D., Szabó A., Ardó L., Hancz Cs., Molnár T. (2012): Eltérő vágási módszerek hatása ponty (*Cyprinus carpio* L.) húsminőségére. *Halászat*, 105(4): 21-24.

Proceedings-ben megjelent absztraktok idegen nyelven

Varga, D., Hancz, Cs., Szabó, A., Molnár, T. (2012): Effect of slaughtering method on the meat quality and rigor development of common carp (*Cyprinus carpio*). AQUA 2012, Prague. p. 1136.

Proceedings-ben megjelent absztraktok magyar nyelven

Varga D., Locsmándi L., Buzási A., Hancz Cs. (2010): Újabb adatok a hazai pontyfajták testalakulásáról, vágóértékéről és húsminőségéről. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2010. május 12.-13. pp. 47-48.

Varga D., Müller T., Specziár A., Hancz Cs., Szabó A. (2011): A hévízi törpenövésű vadponty zsírsavösszetétele. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2011. május 25.-26., pp 31-32.

Proceedings-ben megjelent teljes terjedelmű anyagok magyar nyelven

Varga D., Szabó A., Romvári R., Hancz Cs. (2010): Különböző tógazdaságokból származó pontyok húsminőségi vizsgálata. XVI. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2010. március 25., Keszthely, ISBN 978-963-9639-36-2

Varga D., Molnár T., Balogh K., Mézes M., Fébel H., Hancz Cs., Szabó A. (2012): Rendszeres fizikai aktivitás hatása ponty (*Cyprinus carpio* L.) vázizom foszfolipid összetételére. XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2012. április 19., Keszthely,

13. A DISSZERTÁCIÓ TÉMAKÖRÉN KÍVÜLI PUBLIKÁCIÓK

Idegen nyelvű közlemények

Szabó, A., Mézes, M., Hancz, Cs., Molnár, T., **Varga, D.**, Romvári, R., Fébel, H., (2011): Incorporation dynamics of dietary vegetable oil fatty acids into the triacylglycerols and phospholipids of tilapia (*Oreochromis niloticus*) tissues (fillet, liver, visceral fat and gonads) Aquaculture Nutrition, 17: e132-e147.

Molnár, T., Biró, J., Hancz, Cs., Romvári, R., **Varga, D.**, Horn, P., Szabó, A. (2012): Fatty acid profile of fillet, liver and mesenteric fat in tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed vegetable oil supplementation in the finishing period of fattening. Arch Tierz. 55: 194-205.

Magyar nyelvű közlemények

Varga D., Ifj. Horváth Z., Horváth Z., Andrássyné Baka G., Szabó A. (...): Dió törtszem etetésének hatása ponty (*Cyprinus carpio* L.) filé húsminőségére, zsírsav összetételére és fogyasztói megítélésére. Acta Agraria Kaposvariensis. (*major revision*)

Proceedings-ben megjelent absztraktok magyar nyelven

Horváth Z., **Varga D.**, id. Horváth Z., Andrássyné Baka G., Szabó A. (2012): Diótakarmány hatása ponty húsminőségére és fogyasztói megítélésére, Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, 2012. május 23.-24.

Proceedings-ben megjelent absztraktok idegen nyelven

Varga, D., Szabó, A., Locsmándi, L., Hancz, Cs., Romvári R., (2010): Near infrared spectroscopy analysis of raw and smoked Silver carp fillets, Aquaculture Europe 2010. Porto

Molnár, T., Biró, J., Horváth, Z., Buzási, A., **Varga, D.**, Hancz, Cs. (2010): Influence of altering feed selenium levels on the fillet selenium content and

production traits of the African catfish (*Clarias gariepinus*), Aquaculture Europe 2010. Porto

Proceedings-ben megjelent teljes terjedelmű anyagok magyar nyelven

Biró, J., **Varga, D.**, Hancz, Cs., Molnár, T., (2009): Különböző mértékű szelén kiegészítés hatása az afrikai harcsa termelésére és a filé szelén tartalmára. Halászatfejlesztés, 32: 31-36

Szín M., Andrásyné Baka G., Locsmándi L., Szabó A., **Varga D.**, Drégelyi Kiss E., Kirsching Á., Romvári R. (2010): Eltérő módon fűszerezett nyúltermékek ízanyagainak vizsgálata elektronikus nyelv technikával, Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, ISBN 978-963-9821-16-3, pp. 125-129.

Varga, D., Szabó, A., Mézes, M., Hancz, Cs., Molnár, T., Romvári, R., Fébel, H. (2011): Növényi olajokból származó zsírsavak beépülése nilusi tilápia (*Oreochromis niloticus*) szöveteinek eltérő lipidfrakcióiba, XVII. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2011. április 21., Keszthely, ISBN 978-963-9639-36-2

Szín M., Andrásyné Baka G., Locsmándi L., Szabó A., **Varga D.**, Drégelyi Kiss E., Kirsching Á., Romvári R. (2011): Eltérő módon fűszerezett nyúltermékek ízanyagainak vizsgálata elektronikus orr technikával, Nyúltenyésztési Tudományos Nap, Kaposvár, ISBN 978-963-9821-16-3, pp. 83-88.

Oktatási segédanyagok

Varga D. (2012): Ásvány-, és közetismeret - Magyarország legfontosabb kőzetei (Oktatási segédanyag természetvédelmi mérnök BSc. szakos hallgatók számára). Kaposvári Egyetem, Kaposvár, 49. p.

14. SZAKMAI ÖNÉLETRAJZ

1984-ben születtem Kaposváron. Középiskolai tanulmányaimat a kaposvári Munkácsy Mihály Gimnázium hatosztályos képzésében végeztem 1997 és 2003 között.

2003-tól a Pécsi Tudományegyetem Természettudományi Karának voltam a hallgatója, ahol 2009-ben geográfus diplomát szereztem.

2009 és 2012 között a Kaposvári Egyetem Állattenyésztési Tudományok Doktori Iskola nappali tagozatos, ösztöndíjas hallgatója voltam.

2002-ben német nyelvből középfokú „C”-típusú nyelvvizsgát, 2013-ban angol nyelvből alapfokú „B”-típusú nyelvvizsgát szereztem.

Doktoranduszként részt vettem a Mezőgazdasági Termék Feldolgozási és Minősítés Tanszéken folyó kutatásokban. Többek között résztvevője voltam a 83150 számú OTKA projektnek, melynek témája *„A zsírsavak allometrikus eloszlásának vizsgálata emlős és madár fajok szöveti foszfolipidjeiben.”*

Közreműködtem a Természetvédelmi Tanszéken a *„Környezetgazdaságtan”* című tantárgy, és a Mezőgazdasági Termék Feldolgozási és Minősítés Tanszéken az *„Állati termékek feldolgozása”* és az *„Élelmiszertudományi ismeretek”* című tantárgyak oktatásában. Tantárgyfelelős oktatója vagyok az *„Ásvány-, és kőzettani alapismeretek”* című tantárgynak. Ezek mellett részt vállaltam a Természetvédelmi Tanszék közetgyűjteményének bővítésében és gondozásában.

Két BSc. és egy MSc. hallgató diplomamunkájának koordinálásában társ-konzulensi feladatokat láttam el.

2009 októberében külföldi tanulmányúton vettem részt a Stanislaw Zakowic Halászati Kutatóintézetben (Stanislaw Sakowic Inland Fisheries Institute), Olsztynban, Lengyelországban. 2012 júniusában pedig a szarvasi Halászati és Öntözési Kutatóintézetben vettem részt tanulmányúton, mely keretében laboratóriumi analitikai vizsgálatokat végeztem.

2010 óta tagja vagyok az Európai Akvakultúra Szövetségnek (European Aquaculture Society) és a Magyarhoni Földtani Társulatnak.

2013. január 1.-től tanszéki mérnökként dolgozom a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karán.

15. MELLÉKLETEK

1. melléklet A disszertációban használt rövidítések jegyzéke

ALP	Alkalikus foszfatáz
ALT	Alanin aminotranszferáz
AST	Aszpartát aminotranszferáz
ATP	Adenozin trifoszfát
CT	Computer tomográf
DFA	Diszkriminancia faktoranalízis
DHA	Dokozahexaénsav
ECG	Elektrokardiogram
FFA	Szabad zsírsav
gamma-GT	gamma-Glutamil transzferáz
GSH	Oxidált glutation
HDL	High density lipoprotein
LDH	Laktát dehidrogenáz
LP	Lipoprotein
LPL	Lipoprotein lipáz
MDA	Malondialdehid
MUFA	Egyszeresen telítetlen zsírsav
NEFA	Nem észterifikált zsírsav
NIRS	Közeli infravörös spektroszkópia
PL	Foszfolipid
PLA2	Foszfolipáz A2
PUFA	Többszörösen telítetlen zsírsav
SFA	Telített zsírsav
TBARS	Tiobarbiturát reaktív anyagok
TG	Triglicerid
TOBEC	Teljestest vezetőképesség
UH	Ultrahang

2. melléklet A disszertációban szereplő zsírsavak jelölése és elnevezései

Jelölés	Név
C14:0	Mirisztinsav
C15:0	Pentadekánsav
C16:0	Palmitinsav
C17:0	Margarinsav
C18:0	Sztearinsav
C20:0	Arachinsav
C22:0	Behénsav
C14:1 n5	Mirisztoleinsav
C16:1 n7	Palmitoleinsav
C17:1 n7	Margaroleinsav
C18:1 n9	Olajsav
C20:1 n9	Eikozénsav
C18:2 n6	Linolsav
C18:3 n3	Linolénsav
C18:3 n6	γ -Linolénsav
C20:2 n6	Eikozadiénsav
C20:3 n3	Eikozatriénsav
C20:3 n6	Dihomo- γ -linolénsav
C20:4 n6	Arachidonsav
C20:5 n3	Eikozapentaénsav
C22:5 n3	Dokozapentaénsav
C22:6 n3	Dokozahexaénsav

3. melléklet Az alkalmazott Aller márkájú haltáp összetétele

Nyersfehérje (%)	30
Nyerszsír (%)	7
Nyershamu (%)	5,9
Nyersrost (%)	4,5
Bruttó energia (Kcal/MJ)	4412/18,4
A vitamin (NE/kg)	10000
D3 vitamin (NE/kg)	1000
E vitamin (mg/kg)	200

4. melléklet Az etetett takarmány poláris ész összlipid összetétele

Zsírsav	Foszfolipid	Összlipid
C14:0	0,92	6,45
C15:0	0,19	0,39
C16:0	22,09	18,40
C16:1 n7	1,39	7,45
C17:0	0,33	0,43
C17:1 n7	0,13	0,19
C18:0	3,93	3,23
C18:1 n9	15,56	15,60
C18:2 n6	38,82	19,21
C18:3 n6	0,06	0,24
C18:3 n3	3,29	3,40
C20:0	0,17	0,41
C20:1 n9	0,44	2,09
C20:2 n6	0,22	0,38
C20:3 n6	0,08	0,13
C20:3 n3	0,02	0,07
C20:4 n6	0,76	0,72
C20:5 n3	3,88	13,73
C22:0	0,24	0,22
C22:5 n3	0,71	1,49
C22:6 n3	6,74	5,70
Σ telített	27,9	29,5
Σ monoén	17,5	25,3
Σ polién	54,6	45,1
Σ n3	14,6	24,4
Σ n6	39,9	20,7
Σ n9	16,0	17,7
Σ n6 / Σ n3	2,73	0,85
C18:0 / 16:0	0,18	0,18
C18:1 n9 / C18:0	3,96	4,82
Telítetlenségi index	172,4	189,2
Átlagos zsírsav lánc hossz	17,90	17,84