

# **DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**KAPOSVÁRI EGYETEM  
ÁLLATTUDOMÁNYI KAR**

**Mezőgazdasági Termékfeldolgozás és Minősítés Tanszék**

A Doktori Iskola vezetője:  
**DR. KOVÁCS MELINDA**  
Tanszékvezető, egyetemi tanár, D.Sc.

Témavezető:  
**DR. SZABÓ ANDRÁS**  
Ph.D.

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

Készítette:  
**VARGA DÁNIEL**

**KAPOSVÁR  
2013**

# 1. A KUTATÁS ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

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.

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.

Az itthon előállított halnak jelentős vetélytársai az olcsó, gyorsfagyasztott tengeri halak (hekk, tonhal), melyek a magyar piacon versenyképesebbek az élő, édesvízi halakkal szemben. Az import halakkal a hazánkban termelt halak a versenyt 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 az irodalom viszont igen szegényes a hagyományos húsvizsgálati adatokra vonatkozóan.

Mindezek tükrében indokoltnak tűnik a ponty termékminőségének 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.

A ponty fogyasztása közép-Európában és Ázsia egyes területein (SEGHAL ÉS SEGHAL, 2002) jelentős csak, Nyugat-Európában és Észak-Amerikában nincs jelentősége e halfajnak az emberi táplálkozásban. Így 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 MTSAI, 2001), természetes- és gabonatakarmány hatását (HANCZ ÉS MTSAI, 1995), illetve a fajta hatását (vad és tógazdasági nemes) a zsírtartalomra (HANCZ ÉS MTSAI., 2002) már vizsgálták. A tógazdasági ponty testösszetételének szezonális változása is vizsgált terület (KÖRMENDI ÉS MTSAI., 2002).

A rendszeres fizikai aktivitás hatását a testösszetételre és húsminőségre elsősorban állandó testhőmérsékletű gerinces fajoknál vizsgálták (patkány, ember: HELGE ÉS MTSAI., 1999 és 2001; nyúl: SZABÓ ÉS MTSAI., 2005; vándorló madarak: GUGLIELMO ÉS MTSAI., 2002), halakra vonatkozóan szerény 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 MTSAI. 2005), a strukturális lipidek esetében pedig azok minőségét (zsírsav összetételét) befolyásolja jelentősebb mértékben (ANDERSSON ÉS MTSAI. 1998). A húsminőség szempontjából kiemelten fontos, hogy a strukturális lipidek zsírsavprofiljában főleg a C20-22-es n<sub>3</sub> többszörösen telítetlen zsírsavak részaránya emelkedik meg (HELGE ÉS MTSAI. 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 MTSAI, 2001; OLSEN ÉS MTSAI 2008) és édesvízi (LINES ÉS MTSAI 2003) halfajokon végeztek. A vágás előtti kezelés (pl. szállítás, MERKIN ÉS MTSAI. 2010) és annak milyensége (zsúfoltság, BAGNI ÉS MTSAI., 2007) is jelentős stresszt okoz és ezen keresztül befolyással van a húsminőségre

Összefoglalva tehát megállapítható, hogy ponty fajban a húsminőséget befolyásoló környezeti faktorok, illetve a filé zsírsavprofiljának módosítási lehetőségei közül legfőképpen a takarmányozás hatását vizsgálták az eddigiekben. A dolgozatban foglalt munka ennek okán arra irányult, hogy felderítse a további környezeti tényezők húsminőségre gyakorolt hatását ponty fajban.

A kísérletek **célkitűzései** 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 a - ennek a segítségével végzett - rendszeres fizikai aktivitás hatásának vizsgálata vázizom foszfolipidjeinek zsírsavösszetételére, az izom lipidperoxidációjára, illetve sorozatos mintavétellel a szérumban levő egyes metabolitok és enzimek koncentráció és aktivitás-változásának leírása.

**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 (kortizolra alapozva). Többféle vágási módszer húsminőségre gyakorolt hatásának analízise.

## 2. 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

### 2.1. Eltérő környezetből származó pontyok húsminőségi vizsgálata

#### 2.1.1 Tógazdaságok, tavak

##### **Attala**

A terület uralkodóan agyagos-lössös talajú, a tóvölgyet övező dombokon szántóföldi kultúras mezőgazdasági művelés folyik.

##### **Nagyberki**

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

##### **Fonyód-Zardavár**

A tavak síkvidéki körtöltéses jellegűek. Fonyód közelében kiterjedt mocsaras-nádas területen helyezkednek el, jellemzően tőzeges talajon.

##### **Szeged-Fehértó**

Síkvidéki körtöltéses tórendszer homokos-szikes területen.

**1. táblázat** A vizsgált tógazdaságok és termelési paramétereik

<b>Tógazdaságok</b>	<b>Attala</b>	<b>Nagyberki</b>	<b>Fonyód</b>	<b>Szeged</b>
<b>Tó mérete (ha)</b>	18	23	15	241
<b>Takarmányozás</b>				
Kukorica (%)	80	80	80	80
Búza (%)	5	5	15	20
Tritikálé (%)	15	15	5	0
<b>Termelési mód:</b>	Polikultúra	Polikultúra	Polikultúra	Polikultúra
<b>Telepített halfajok (%):</b>				
Ponty ( <i>Cyprinus carpio</i> )	90	80	85	90
Amur ( <i>Ctenopharingodon idella</i> )	5	5	5	2,5
Fehér busa ( <i>Hypthalmichthys 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

### 2.1.2. Ponty tájfajták

Minden tógazdaságból más pontyfajtát vizsgáltunk, mely az adott gazdaságra jellemző (2. táblázat).

**2. táblázat** A vizsgált pontyfajták és teljesítményvizsgálatuk

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

### 2.1.3 Mintavétel

A kísérletre szánt halak begyűjtése lehalászási időszakban történt, 2009 november-december hónapokban. A halakat közvetlenül a halászat alkalmával választottam ki, minden tógazdaságból 10 egyed. A mintavételt két egymást követő évben (2010-ben is) is elvégeztük.

### 2.1.4 Minőségi vizsgálatok

A halakat fejre mért erőteljes ütés után dolgoztam fel a PONTY TELJESÍTMÉNYVIZSGÁLATI KÓDEXBEN (2001) leírt módszerek szerint.

Első lépésben 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) határoztam meg. Ezután a filé víztartó képességét jellemeztem annak csepegési (24 h/4°C), főzési (20 min/75°C) és felengedtetési veszteségének megadásával. Utóbbi eredményeket a bemért mintatömeg százalékában adtam meg. A filé zsirtartalmát nyers mintából határoztam meg az ISO 6492 előírásai szerint (ISO 1985).

### 2.1.5 Vörös izom arányának meghatározása

A vörös izom arányát a halakban az állatok testszelvény keresztmetszetéből határoztam meg. A szeletek felszínét HP Precisionscan 5470 szkennelvel digitális képként rögzítettem. A szkennelt képeket GIMP for Windows 2.6.8. programmal kezeltem. A vörös izom elkülönítését a többi izomrésztől ImageJ 1.43. programmal végeztem a májzsöveteken elfogadottan használt módszertant alkalmazva (<http://rsbweb.nih.gov/ij/docs/examples/stained-sections/index.html>).

## 2.2 Fizikai aktivitás hatása ponty vérparamétereire és zsírsavösszetételére

### 2.2.1. Kísérleti állomány

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=4x12). Az állatok takarmányozása *ad libitum* történt Aller Aqua márkájú komplett haltáppal.

### 2.2.2 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 elkerülése végett. 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 halak 35 napon keresztül napi rendszerességgel lettek kitéve fizikai terhelésnek 30 perc időtartamig azonos vízáramlási sebesség (0,6 m/s) mellett.

### *2.2.3 Mintavétel, mintaelőkészítés*

A halaktól a kísérlet során négy alkalommal vettünk vért, a 0., a 10., a 21. és a 35. napon. A vérmintákat Eppendorf csövekbe vettük le, centrifugáltuk (1500 g/10 perc), majd a szérumot -70 °C-on tároltuk az analízisig. A halak a vérvétel napján és az azt követő napon nem lettek kitéve terhelésnek.

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

### *2.2.3 Kémiai analitikai vizsgálatok*

A vérminták klinikai kémiai analízise automatizált eljárással készült (Hitachi 917). A szérum oxidált glutation koncentrációjának meghatározása SEDLAK ÉS LINDSAY (1968) spektrofotometriás módszerével történt.

A filék összlipid tartalmát FOLCH ÉS MTSAL. (1957) szerint vontuk ki, míg a lipidek farkcionálását LERAY ÉS MTSAL. (1987) módszerével végeztük. A származékképzést (zsírsav metilészterek) foszfolipid frakcióból a további gázkromatográfiás méréshez CHRISTIE (1982) NaOCH<sub>3</sub> módszerével végeztük. A gázkromatográfiás mérés az Állattenyésztési és Takarmányozási Kutatóintézet Élettani Osztályán (Herceghalom) történt.

A filé malondialdehid koncentrációját homogenizált (Ultra Thurrax, Donau Lab AG, Linz), fagyaszttva tárolt mintából határozták meg a Szent István Egyetem Takarmányozástani Tanszékén (Gödöllő) PLACER ÉS MTSAL. (1966) módszerével.

## **2.3 Extrém környezeti feltételek hatása ponty zsírsavösszetételére**

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

### *2.3.2 Zsírsavösszetétel*

A Hévízi tóból származó pontyok filéjének és béltartalmának zsírsavösszetételi analízisét a 2.2.3 fejezetben leírtak szerint végeztük el.

## 2.4 Perimortális stressz hatása a ponty húsminőségére

### 2.4.1. 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 szupermarketekben 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.

### 2.4.2. 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 ezután heti rendszerességgel vettünk vérmintát, melyeket a 2.2.2 fejezetben leírtak szerint kezeltem.

A halakat 3 hét tartás után vágtam le háromféle eljárással. 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 CO<sub>2</sub>-dal telített vízbe kerültek. A jeges és a CO<sub>2</sub>-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 egyedét kivéztettünk és beleztünk. Csoportonként 10 hal filéjét húsminőségi vizsgálatra bocsátottuk, csoportonként ötön pedig a *rigor mortis* folyamat lefutását vizsgáltam.

### 2.4.3. Minőségi vizsgálatok

A húsminőségi vizsgálatokat a 2.1.5. fejezetben leírtak szerint végeztem. Ezen kívül a csoportonként fennmaradt 5 halon *rigor mortis* lefutását MØRKØRE ÉS MTSAI (2008) módszere szerint vizsgáltuk. A méréseket *post mortem* 3, 6, 9, 12, 24 és 48 órákor végeztem. Ugyanezekben az időpontokban pH mérés is történt.

### 2.4.4. Laboratóriumi analitikai vizsgálatok

A vérminták kortizol szintjének meghatározását a Halászati és Öntözési Kutatóintézetben végezték radioimmunoassay vizsgálattal, Kortizol [<sup>125</sup>I] RIA készlettel (Izotóp Intézet Kft., Budapest) és gammaszámlálóval (JENEY ÉS MTSAI. 1992).

## 2.5 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 vörösizom 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 zsírsavösszetéti 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 steressz 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.

### 3. EREDMÉNYEK

#### 3. 1. Eltérő környezetből származó pontyok húsminőségi vizsgálata

A **testméret-indexek és a vágási mutatók** vonatkozásában megállapítható, hogy 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 más mutatót is. A profilindex és a fejindex a pikkelyes fajtáknál magasabb volt a tükrös fajtákkal összehasonlítva, a keresztmetszet-index azonban az összes fajtánál közel azonosnak bizonyult.

Mindegyik fajtánál kimutattuk az arra jellemző testméret indexet, a vágóértékkel azonban csak gyenge kapcsolatot sikerült igazolni. A testméret indexek és a filékihozatal között még ennél is gyengébb kapcsolat derült ki.

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, amellett, 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 értékeit tekintve (L, a\*, b\*) nem volt szignifikáns különbség a tájfajták között, a szín értékek minden csoportnál közel azonosak voltak. Ebben a tekintetben egy viszonylag homogén ponty

populációról beszélhetünk, annak ellenére, hogy a fajta és az ivar is több esetben szignifikáns hatással volt a színparaméterekre.

A filé pH értéke *post mortem* 45 percen mérve minden esetben magasabb volt, mint a 24 órás időpontban. Mindkét értéket tekintve a csoportok közti különbségek azonosak voltak. A filé pH-ját a fajta, mint fix faktor befolyásolta szignifikánsan.

A filékben a vörös izomrostok a gerinc környékén, az oldalvonalnál és a mellúszó közelében koncentráálódtak. A vörös izom aránya 11,06 és 13,3% között mozgott. A vizsgált pontyfajták **vörös izom arányában** nem találtam jelentős eltérést, nem volt szignifikáns különbség a csoportok között. A vörös izom arány és a húsmínőségi tulajdonságok közötti kapcsolat – korrelációanalízissel vizsgálva – gyengének bizonyult. Az izomarány és a többi vizsgált változó közötti összefüggés a szárazanyag-tartalom esetében volt a legmagasabb.

### **3. 2. Fizikai aktivitás hatása ponty filé foszfolipidjeire és vérszérum összetételére**

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 emelkedett 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  $\beta$ -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. Korral összefüggő változás nem volt kimutatható a nitrogéntartalmú metabolitok közt. A szérum oxidált glutation koncentrációja az utolsó időpontban magasabb volt az úsztatott halakban. A fehérje katabolizmus nem volt igazolható jelen a vizsgáltban, mint esetleges energiatermelő folyamat.

Lipid metabolitok közül az észtrezett zsírsavak (döntően LP trigliceridek) szerepe a terheléskor fellépő fokozott anyagcsere energiaigényének kielégítésében még nem tisztázott, de eredményeink alapján fontosnak tűnik. Eredményeink alapján úgy tűnik, hogy nem a tárolt, hanem a vér TG-ek szolgálnak fontos energiaforrásként a halak izmai számára (3. időpontban magasabb koncentrációt igazoltunk a tréningezett csoportban), ami azonban nem jellemző a homeotherm gerincesekre (TURCOTTE 1999).

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, ugyanakkor életkorral összefüggő változást is sikerült kimutatni ebben a változóban. 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 tipikus májenzimek, az alanin aminosztransferáz (ALT) és az aszparát-transzamináz (AST) megnövekedett szérum



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

Bár a laktát-dehidrogenáz aktivitása tendenciájában magasabb volt az úsztatott halakban, ezt nem sikerült statisztikailag igazolni. Feltételezhető, hogy a glikolitikus potenciál csak kis mértékben emelkedett. A edzett pontyokban statisztikailag igazolhatóan magasabb oxidált glutation (GSH) szint mutatható ki a befejező időpontban. A GSH erős antioxidáns, mely megvédi a sejtmembrán lipidjeit a kimerítő testmozgás közben fellépő oxidatív károsodással szemben (KERKSICK ÉS WILLOUGHBY, 2005). 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 ion koncentrációkban a tréning minimális változásokat okozott. Ezzel szemben életkorral összefüggő nátrium szint emelkedés volt tapasztalható mindkét csoportban, mely legvalószínűbb, hogy az életkor során tapasztalható szárazanyagtartalom növekedéssel van összefüggésben az élő szervezetekben. Ezt az összefüggést ezidáig nem írták le halakban.

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.

### **3. 3. Extrém környezeti feltételek hatása ponty zsírsavösszetételére**

A kísérletek alapján megállapítható, hogy a Hévízi tóban élő pontyok nem szenvednek táplálékhiányban. Ebből arra lehet következtetni, hogy a kis testméret az extrém körülményekhez való alkalmazkodás, és nem az éhezés eredménye.

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% a teljes zsirtartalomon 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 (FARKAS 1984). 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. E mögött szintén a már említett hőmérsékleti alkalmazkodás feltételezhető. Bár viszonylag jelentős a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya a táplálékban, a magas környezeti hőmérséklet nem teszi szükségessé ezeknek a zsírsavaknak a beépülését az izom lipidek közé.

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

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.

Az olajsav (C18: 1 n9) a sztearinsav delta-9 deszaturációs terméke, így a származása - 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 elagációs és deszturációs terméke az arachidonsav (C20:4 n6), melyben a Hévízi ponty tápláléka is meglehetősen gazdag volt és ez megjelent a filében is. Hasonló arachidonsav szintet mértek GULER ÉS MTSAI (2008) és KALYONCU ÉS MTSAI. (2010) is törökországi, meleg vízi tavakban, természetes táplálékot fogyasztó pontyok filéjében. Érdekes módon a TRENOVSZKI ÉS MTSAI (2011) által mért, tógazdasági pontyokra vonatkozó adatok nem különböztek szignifikánsan a Hévizitől. Ennek oka, hogy az általuk vizsgált pontyok tápláléka linolsavban gazdag takarmányt-összetevőt (napraforgó mag) tartalmazott. Ezt alátámasztja a viszonylag magas linolsav tartalom az általuk mért halak filéjében

### **3. 4. Perimortális stressz hatása ponty húsminőségére**

A stressz mértékének alakulását a lehalászás, a szállítás és a 3 hetes tárolás során követtem nyomon. A tógazdasági és kereskedelmi kezelés szignifikáns ( $p < 0,0001$ ) 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 – a nagy egyedsűrűség – ellenére a stressz kvázi megszűnt a halakban 2. hét elteltével.

Az eltérő vágási módszerek okozta stressz 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 szén-dioxidos kábítás és a legnagyobb stresszhatással a jeges vízbe mártás járt.

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

A víztartó képességet jellemző egyedi mutatók (főzési, csepegési és felengedetési veszteség) csoportonként nem mutattak lényeges különbséget. Az összes nedvességtartalom veszteségét együttesen vizsgálva nagyobb eltérés figyelhető meg a csoportok között. A legmagasabb veszteségi értéket az élve hűtött csoport érte el, a legalacsonyabbat pedig a szén-dioxiddal kábított halak.

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 tekintetében a CO<sub>2</sub>-dal kábított csoport magasabb értékeket ért el a másik kettőnél, amik szinte azonosak voltak. A vörös és sárga szín magasabb értékeit a húsban annak vértartalma okozhatja. A szén-dioxidos kábítás során a csökkent szív működés miatt jelentős mennyiségű vér maradhat a szövetekben. Ezzel szemben a fejre mért ütést és az élve hűtést követő vágás során több vér távozik a szövetekből.

Az eltérő módon levágott pontyok *rigor mortis* és hús pH értékének alakulására nem volt statisztikailag szignifikáns hatása a vágási módszernek. 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 emelkedett, 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.

*Post mortem* 24 órán belül a szövet tejsav tartalmának növekedése egyidejűleg a pH jelentős csökkenésével összefügg a vágás előtti magas anaerob glikolitikus aktivitással, amely fizikai aktivitásra és stresszre enged következtetni. A szén-dioxiddal kábított és az élve hűtött halak filé pH-ja az első 24 órában határozottabban és jelentősebb mértékben csökkent a fejbe ütöttekkel szemben. 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.

## 4. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

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. 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 magyar 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 egybevágnak 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 a fokozódó antioxidáns kapacitás eredménye lehet. 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** ponty filé zsírsavösszetételére gyakorolt hatásának vizsgálatok 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 a 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 égövi, 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** hatásainak vizsgálata szerint a lehalászás és a szállítás jelentős stresszhatással jár a ponty számára, azonban nagy egyedsűrűségben és alacsony hőmérsékleten tovább tartva

(megfelelő oxigénellátás és táplálékmegvonás mellett) gyakorlatilag stresszmentes környezet biztosítható a halak számára.

Állatjóléti szempontból a leghumánusabb módszer a ponty levágását megelőzően a fejre mért erőteljes ütés, mivel ez a módszer okozta a legkisebb stresszt. Az élve hűtés a legkevésbé javasolt módszer mind állatjóléti, mind a filé eltarthatósága szempontjából.



## 5. ÚJ KUTATÁSI EREDMÉNYEK

1. Megállapítottam, hogy míg a magyarországi 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 dús hosszúlancú, többszörösen telítetlen n-3 és n6 zsírsavakban (arachidonsav, dokozaehaénsav).
4. Rendszeres, rövidtávú, de magas intenzitású tréning fázisok alkalmazása során megállapítottam, hogy a ponty filé membránlipidejinek zsírsavprofiljában csökken az összes n-6 zsírsav arány, 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 energiforrások 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 lehalászás és a szállítás jelentős stresszel jár a ponty számára, azonban nagy egyedsűrűségben és alacsony hőmérsékleten tartva minimálisak a stresszhatások a továbbtartás során. A vágási módszerek közül a fejre mért erőteljes ütés okozza a legkisebb mértékű stresszt a ponty számára.
7. Megállapítottam, hogy a különböző perimortális kezelések közül (fejre ütés, CO<sub>2</sub> kábítás és élve hűtés) az élve hűtés jelentősen visszaveti a filé pH *post mortem* csökkenését.

## 6. 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., 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 magyar nyelven**

**Varga D.**, Locsmáncsi 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 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, Prága. p. 1136.

### **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,