

Szent István Egyetem

**KÜLÖNBÖZŐ TAKARMÁNYOK HATÁSA A PONTYHÚS
ZSÍRSAVPROFILJÁRA ÉS HÚSMINŐSÉGÉRE**

Doktori (PhD) értekezés

Dr. Müllerné Trenovszki Magdolna

Gödöllő

2013

A doktori iskola

- megnevezése:** Állattenyésztés-tudományi Doktori Iskola
tudományága: Állattenyésztés-tudomány
alprogram: Halbiológia és halgazdálkodás
- vezetője:** Dr. Mézes Miklós, D.Sc.
tanszékvezető egyetemi tanár, az MTA levelező tagja
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar, Állattudományi Alapok Intézet,
Takarmányozástani Tanszék
- témavezető:** Dr. Szabó Tamás, C.Sc.
egyetemi docens
Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és
Környezettudományi Kar, Környezet- és Tájgazdálkodási
Intézet
Halgazdálkodási Tanszék
- társtémavezető:** Kertészné dr. Lebovics Vera, Ph.D.
osztályvezető
Országos Élelmezés és Táplálkozástudományi Intézet
Élelmiszeranalitikai Főosztály

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
Társtémavezető jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	3
Rövidítések jegyzéke	6
1. BEVEZETÉS	7
1.1 CÉLKITŰZÉSEK.....	8
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1 PONTY-TERMELÉS A VILÁG ÉS EURÓPA HALTERMELÉSÉBEN.....	10
2.2 A HAZAI HALTERMELÉS ÉS ABBÓL A PONTY RÉSZESEDÉSE	12
2.3 A NEMZETKÖZI ÉS HAZAI HALFOGYASZTÁSI ADATOK	14
2.4 A HALHÚS JELLEMZÉSE	16
2.4.1 <i>A halhús szerepe a humán egészségben</i>	16
2.4.2 <i>Funkcionális élelmiszerek</i>	18
2.5 A PONTY BEMUTATÁSA	19
2.5.1 <i>Rendszertani besorolása</i>	19
2.5.2 <i>Ponty jellemzése</i>	20
2.5.3 <i>A ponty táplálkozásbiológiája és táplálóanyag igénye</i>	21
2.5.4 <i>A pontytakarmányozás lehetőségeinek bemutatása</i>	22
2.5.5 <i>A ponty testösszetétele</i>	23
2.6 ZSÍROK ÉS ZSÍRSAVAK A HALAK SZERVEZETÉBEN	26
2.6.1 <i>Zsírsavak felépítése és funkciója</i>	26
2.6.2 <i>Telített zsírsavak</i>	27
2.6.3 <i>Telítetlen zsírsavak</i>	27
2.6.4 <i>Egyszeresen telítetlen zsírsavak</i>	28
2.6.5 <i>Többszörösen telítetlen zsírsavak</i>	28
2.6.6 <i>Az esszenciális zsírsavak</i>	29
2.6.7 <i>A ponty zsírsavcseréje és esszenciális zsírsav-igénye</i>	30
2.6.8 <i>A táplálék zsírsavtartalma humánélettani vonatkozásai</i>	31
2.6.9 <i>Különböző gabonatakarmanysok etethetősége</i>	31
2.6.10 <i>A halolaj kiváltásának lehetőségei, különböző növényi zsírforrások kiegészítésével</i> 33	
2.7 A LIPIDPEROXIDÁCIÓS PARAMÉTEREK BEMUTATÁSA	38
2.7.1 <i>A lipidperoxidáció folyamata</i>	38
2.7.2 <i>Antioxidáns védelem</i>	39
2.7.3 <i>Malondialdehid (MDA)</i>	40
2.7.4 <i>Konjugált diének</i>	41
3. ANYAG ÉS MÓDSZER	43
3.1 TAKARMÁNYOZÁSI KÍSÉRLETEK ÉS A VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE	43
3.2 KÍSÉRLETI PARAMÉTEREK RÉSZLETEZÉSE	45
3.3 A TÓGAZDASÁGI KÍSÉRLET BEMUTATÁSA.....	45
3.4 TÓGAZDASÁGI ELŐKÍSÉRLET BEMUTATÁSA	47
3.5 INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET BEMUTATÁSA	48
3.6 FÉL-INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET BEMUTATÁSA.....	49
3.7 MÉRÉS, ADATFELVÉTEL ÉS KIÉRTÉKELÉS.....	51
3.8 A KÍSÉRLETEK ALATT ALKALMAZOTT MINTAVÉTEL ÉS KÉMIAI ANALÍZIS	52
3.8.1 <i>Mintavételek</i>	52

3.8.2	Kémiai vizsgálatok.....	52
3.9	AZ ADATOK FELDOLGOZÁSA.....	55
4.	EREDMÉNYEK.....	57
4.1	TÓGAZDASÁGI KÍSÉRLET EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA.....	57
4.1.1	Az összes-zsírtalomra vonatkozó eredmények.....	57
4.1.2	Az egyes tógazdaságokból származó halak zsírsavösszetétele.....	57
4.1.3	Az egyes tógazdaságokból származó halak mikroelemtartalma.....	63
4.1.4	Az egyes tógazdaságokból származó halak lipidperoxidációs értékei.....	63
4.2	TÓGAZDASÁGI ELŐKÍSÉRLET EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA.....	64
4.2.1	A kísérleti takarmányok összetétele.....	64
4.2.2	A növekedésre vonatkozó eredmények.....	64
4.2.3	A tavakból származó halak zsírtartalma és zsírsavösszetétele.....	65
4.2.4	A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek alakulása.....	66
4.3	INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA.....	67
4.3.1	A kísérleti tápok összetétele.....	67
4.3.2	A növekedésre vonatkozó eredmények.....	69
4.3.3	A kísérleti halak testösszetételének alakulása.....	69
4.3.4	A kísérleti halak zsírsavösszetétele.....	70
4.3.5	A halfilék lipidperoxidációs értékeinek alakulása.....	75
4.4	FÉL-INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET EREDMÉNYEINEK BEMUTATÁSA.....	75
4.4.1	A kísérleti takarmányok összetétele.....	75
4.4.2	A növekedésre vonatkozó eredmények.....	76
4.4.3	A kísérleti halak testösszetételének és zsírsavösszetételének alakulása.....	77
4.4.4	A halfilék lipidperoxidációs értékeinek alakulása.....	82
5.	KÖVETKEZTETÉSEK.....	83
5.1	TÓGAZDASÁGI KÍSÉRLET.....	83
5.1.1	A zsírtalomra vonatkozó eredményekből levonható következtetések.....	83
5.1.2	A zsírsavösszetétel alakulása.....	84
5.1.3	A halfilék mikroelem tartalmának alakulása.....	86
5.1.4	A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek alakulása.....	86
5.2	TÓGAZDASÁGI ELŐKÍSÉRLET.....	86
5.2.1	A zsírtalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések.....	86
5.2.2	A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek következtetése.....	87
5.3	INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET.....	87
5.3.1	A zsírtalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések.....	87
5.3.2	A halfilék lipidperoxidációs paramétereiből levonható következtetések.....	88
5.4	FÉL-INTENZÍV RENDSZERBEN VÉGZETT KÍSÉRLET.....	89
5.4.1	A zsírtalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések.....	89
5.4.2	A halfilék lipidperoxidációs paramétereiből levonható következtetések.....	90
5.5	JAVASLATOK.....	91

6.	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	92
7.	ÖSSZEFOGLALÁS.....	93
8.	SUMMARY	96
9.	IRODALOMJEGYZÉK (1.számú melléklet).....	99
10.	MELLÉKLETEK.....	114
	M2 A fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet	114
	M3 A fél-intenzív rendszerben végzett kísérletről készült képek.....	115
	M4 Az intenzív rendszerben végzett kísérletben alkalmazott takarmányok összetétele	116
	M5 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet szójaolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja	117
	M6 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet napraforgóolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja	118
	M7 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet lenolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja	119
11.	KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS	120

Rövidítések jegyzéke

AA	Arachidonsav
ALA	α -linolénsav
AHA	Amerikai Szív Szövetség
BHT	Butil-hidroxil-toluol
DHA	Dokozahexaénsav
EPA	Eikozapentaénsav
FEFAC	Európai Takarmánygyártók Szövetsége (European Feed Manufacturers' Federation)
HDL	Nagy sűrűségű lipoprotein
LA	Linolsav
LDL	Alacsony sűrűségű lipoprotein (low density lipoprotein)
MDA	Malondialdehid
MUFA	Egyszeresen telítetlen zsírsav (monounsaturated fatty acid)
NADPH	Nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfát
TBA	Tiobarbitursav
TBARS	Tiobarbitursav reaktív anyagok
PCA	Főkomponens analízis (principal component analysis)
PUFA	Többszörösen telítetlen zsírsavak (polyunsaturated fatty acid)
SFA	Telített zsírsav (saturated fatty acid)

„A hal jelképesen jelenti az ember elpusztíthatatlan részét, a lelket, mely képes új életre kelni. A hal az élet és halál vizének lakójaként, az örök megújulás, az újjászületésre váró élet szimbóluma.” (Megújulás mandala)

1. BEVEZETÉS

Az Európai Bizottság hatásvizsgálata szerint az Európai Unióban a hal- és akvakultúra-termékek fogyasztása évente átlagosan 22 kg/fő, ami a humán fehérjebevitel 15 %-át fedezi. A fogyasztás tagországoként erősen változó, az évenkénti 5 kg-tól egészen 30 kg-ig terjed, mindazonáltal mindegyik uniós országban hozzávetőlegesen 10%-kal nőtt az utóbbi évtizedben. Mivel az uniós termelés az elmúlt évtizedben visszaesett, az EU önellátási rátája is jelentősen csökkent: 57 %-ról 35 %-ra (EURÓPAI BIZOTTSÁG 2011). Magyarországon a 2011. december 31-i lakónépességre (9,958 millió) vetítve, halfogyasztásunk 3,99 kg/fő/év volt (JÁMBORNÉ és BARDÓCZ 2012).

Magyarország lakossága sajnos az egészségtelenül étkező nemzetek élén áll. A nem megfelelő táplálkozás okozta betegségek közvetlen, vagy közvetett okai között szerepelnek a helytelenül megválasztott élelmiszerek, és ezek rossz felhasználása. Az 1985 és 1998 között elvégzett Első Magyarországi Reprezentatív Táplálkozási Vizsgálat megállapította, hogy a magyar lakosság táplálkozási szokásainak főbb jellemzői a nagy energia-, zsír-, és a kis poliszacharid fogyasztás (ANTAL 2000).

A tudatosan és egészségesen táplálkozóknál közel 70%-a viszont rendszeresen fogyaszt halat, mely arány a korábbi kutatások adataihoz képest nőtt. A halolajban sok életfontosságú tápanyag található, kisebb-nagyobb mértékben tartalmaz olyan többszörösen telítetlen zsírsavakat (omega-3 vagy n-3 zsírsavakat), amelyek élettani szempontból rendkívül jelentősek és elsősorban emiatt számítanak egészséges élelmiszernek. Ezek a zsírsavak, szükségesek az idegrendszer fejlődéséhez, az immunrendszer optimális működéséhez (SIMOPOULOS 2006), gátolják továbbá a vérrögképződést, mérsékelik a vérzsírszintet, szabályozzák a vérnyomást, ezáltal képesek csökkenteni a koszorúér megbetegedések veszélyét, és a szív- vagy érrendszeri betegségek kifejlődését (HU et al. 2003; MOZAFFARIAN et al. 2003, 2008, DUDA et al. 2009, SCHACKY 2010).

Az emlősök szervezete (sejtjei) azonban nem képes az omega-6 zsírsavakat omega-3 zsírsavakká konvertálni, mivel hiányzik az ehhez szükséges omega-3 deszaturáz (konvertáló) enzimjük, így táplálékaik révén kell hozzájutniuk a megfelelő mennyiséghez (SIMOPOULOS 2002).

Az emberi testben, a linolsav (LA) és az α -linolénsav (ALA), a $\Delta 6$ -deszaturáz enzim által biztosított anyagcseréért versenyeznek. Úgy vélik, hogy ez fontos az egészség szempontjából, mivel a túl magas LA bevitel csökkentené a $\Delta 6$ -deszaturáznak az ALA anyagcseréjéhez felhasználható mennyiségét, mely növelné a szívbetegségek kockázatát. Ezt azok az adatok is alátámasztották, melyek 150 évre visszamenőleg mutatták ki, hogy az omega-6 zsírsav bevitelének növekedésével illetve az omega-3 zsírsavak csökkenésével párhuzamosan emelkedett a szívbetegségek száma. Így kialakult az étrendi omega-6, omega-3 zsírsavak ideális arányának koncepciója (SIMOPOULOS 2008).

A mediterrán országok egyik fő forrása az olívaolaj, ennek fogyasztásával megfelelő a táplálkozásban a LA és az ALA, illetve az omega-6/omega3 optimális aránya (1:1-4:1). A tengeri halak fogyasztása mellett feltehetően ez is hozzájárul ahhoz, hogy ezekben az országokban kisebb a daganatos halálozás, mint a középeurópai országokban, emiatt a születéskor várható átlagos élettartam 10-12 évvel is hosszabb lehet. Hazánkban a linolsav és a α -linolénsav aránya kedvezőtlen irányba tolódott el (átlagosan 15:1-17:1 közé esik) a napraforgóolaj magas linolsav tartalma és a kevés halfogyasztás következtében (SIMOPOULOS 2002).

A halak szervezete kiválóan alkalmas arra, hogy a halhús zsírsav-összetételét az etetett takarmányokkal befolyásoljuk (STEFFENS 1997). Magyarországon a tógazdasági körülmények között tenyésztett ponty (*Cyprinus carpio* L.) zsírsav- és a zsírtartalmának értékeiről az 1970-es évektől kezdve folyamatosan rendelkezünk eredményekkel (FARKAS és CSENGERI 1976, CSENGERI et al. 1978, FARKAS et al. 1978, CSENGERI 1996a, 1996b, CSENGERI et al. 1999). Többnyire a pontyban és más halfajokban végbemenő metabolikus folyamatokat, valamint néhány környezeti (hőmérsékleti) tényező és a takarmány zsírsav profiljának hatását vizsgálták. A vegyestáplálkozású ponty húsa természetesen kevesebb eikozapentaénsav (EPA) és dokozahexaénsav (DHA) zsírsavat tartalmaz, mint a tengeri halak húsa, mivel Magyarországon a ponty takarmányozása élettani szempontból nem megfelelő (CSENGERI 1996a).

1.1 Célkitűzések

Vizsgálataim célja egyfelől egyes hazai tógazdasági termelésből kikerülő étkezési méretű pontyok halhús összetétel elemzése volt, másfelől a korábbi eredményeket figyelembevéve, a pontyhús zsírsav-összetételét a halakkal feletetett takarmány zsírsav-összetételén keresztül kívántam befolyásolni.

Ezen fő célkitűzésen belül további feladatokat tűztem ki:

1. Megállapítani, hogy növényi zsírokat tartalmazó, de eltérő zsírtartalmú tápok etetése hogyan befolyásolja a halak termelési paramétereit, illetve a keletkezett halhús összetételét.
2. A takarmány azonos zsírtartalma mellett, eltérő növényi olajokat tartalmazó takarmánykeverékek etetésekor megfigyelhető-e különbség a testösszetételben és a filé zsírsavprofiljában ponty faj esetében.
3. Különböző rendszerekben végzett takarmányozás során keletkezett halhús zsírsavprofiljának és testösszetételének vizsgálata.
4. A gyakorlati felhasználás lehetőségeinek vizsgálata.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 Ponty-termelés a világ és Európa haltermelésében

Az akvakultúrából származó haltermelés jelentősen emelkedett az elmúlt évtizedekben és 2008-ban elérte az 52,5 millió tonnát (2000-ben még csak 32,4 millió tonna volt). Az akvakultúra továbbra is a leggyorsabban növekvő állati eredetű élelmiszer előállító ágazat, és jelenleg közel a felét (45,6%) biztosítja a világ élelmiszer fogyasztásának, míg ez az arány 2000-ben csak 33,8% volt. Az Ázsiai Csendes-óceáni régió térség uralja a szektort 89,1% termelési értékkel és önmagában ebből Kína részesedése 62,3% (FAO 2011a). Az édesvízi haltermelés (kontinensen belüli termelés), 28,8 millió tonnával, a világ akvakultúra termelésének 55%-át adja, amiből a pontyfélék (*Cyprinidae*) 20,4 millió tonnát képvisel (71,1%-os részesedés!). A legnagyobb termelő Kína (70,7%), ezt követi India (15,7%), majd öt ország egyesített részaránya 10,2% (Banglades, Mianmar, Vietnam, Indonézia és Pakisztán). A ponty egyike a legnagyobb mennyiségben tenyésztett halfajoknak, a világban 2.987.433 tonnát termeltek, melyből Európa mindössze 144.747 tonnával járult hozzá (FAO 2011a, EU INTERVENTION IN INLAND FISHERIES 2012).

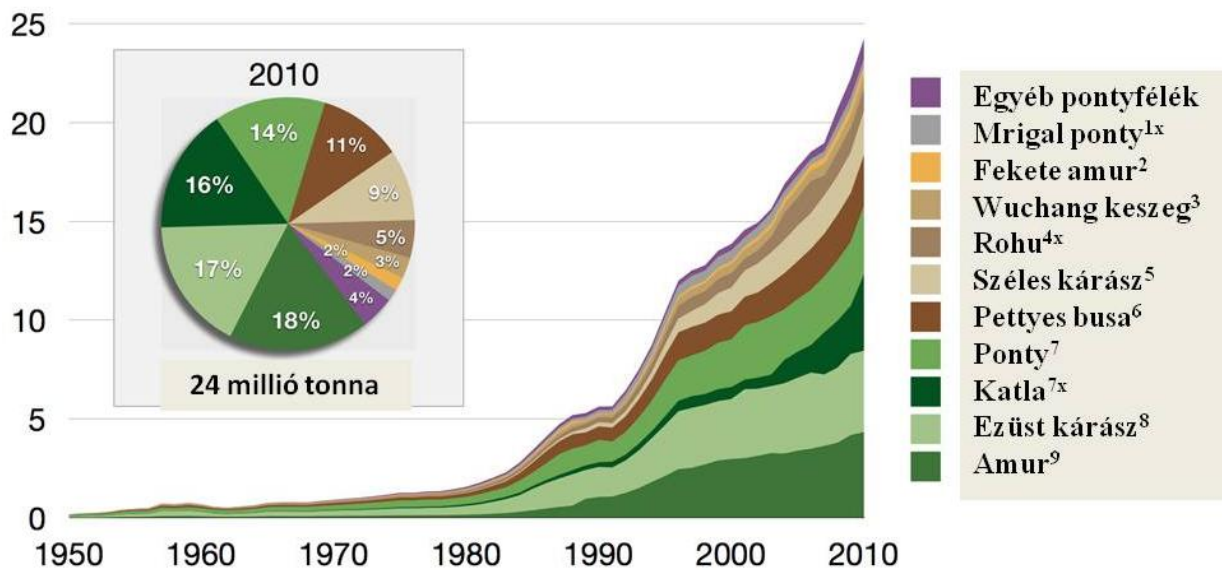
1. táblázat Az Európai Unió tagországai által édesvízben fogott halmennyiség fajokra lebontva 2010-ben Forrás: EU INTERVENTION IN INLAND FISHERIES 2012.

Halfaj	Fogás (t)
Angolna	2028
Egyéb diadrom fajok (1)	1725
Ragadozó halak (2)	5897
Lazacfélék és marénák (3)	3600
Pontyfélék és egyebek	21 909
Összesen	35 159

1 - nemes lazac, sebes pisztráng, ingolafélék, herringfélék, tengeri márnák;
2 - süllő, csuka, szürke harcsa; 3 - kivéve lazac, sebes pisztráng.

Hazánk a 3. legnagyobb pontytermelő Európában Lengyelország és Csehország után. Fontos megjegyezni azonban, hogy míg Lengyelország jelenleg csak a belső piacára termel pontyot, addig Csehország a ponty legnagyobb európai exportőre. A német pontytermelés csökkenésének oka valószínűleg a KOI herpeszvírus kártétele volt (FAO 2004). Magyarországon az átlagosan évi 12-13 ezer tonna étkezési haltermelésének 81%-át a ponty adja (PINTÉR 2009, 2010).

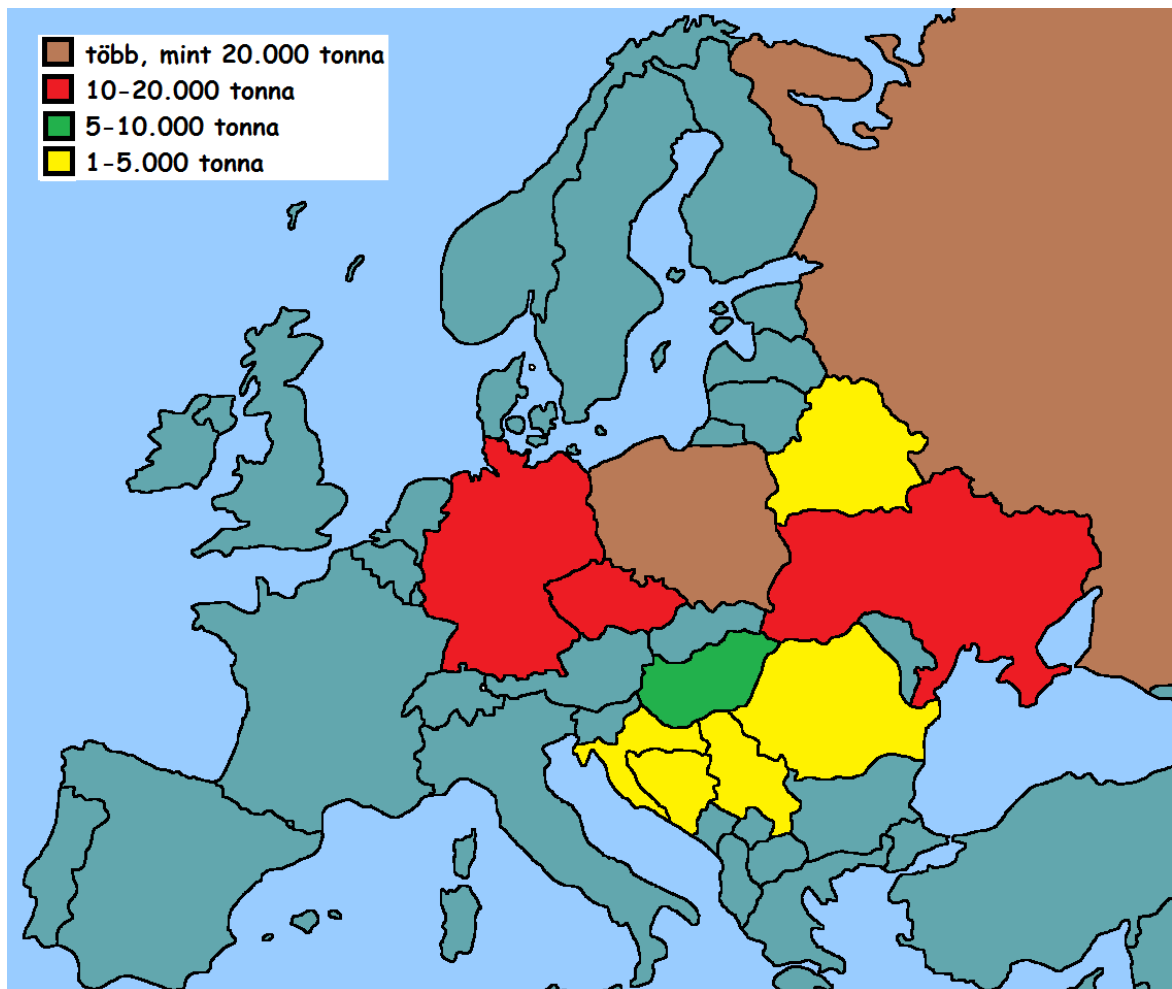
Az 1. ábrán az egyes pontyfélék termelésének adatai a világon, míg a 2. ábrán a pontytermelő országok Európában látható.



1. ábra A pontyfélék termelésének alakulása a világban az 1950-es évektől 2010-ig (millió tonnában megadva) Halak latin neve: 1 *Cirrhinus mrigala* 2 *Mylopharyngodon piceus* 3 *Megalobrama amblycephala*, 4 *Labeo rohita*, 5 *Carassius carassius*, 6 *Hypophthalmichthys nobilis*, 7 *Cyprinus carpio*, 8 *Catla catla*, 9 *Carassius auratus gibelio*, 10 *Ctenopharyngodon idellus*,

x Indiai pontyfélék

Forrás: FAO 2011b



2. ábra Ponty-termelő országok Európában (BAKOS et al. 2005 nyomán módosítva)

2.2 A hazai haltermelés és abból a ponty részesedése

A 18-19. századtól kezdve, amikor is a folyó- és vízpartszabályozásokkal, a mocsarak és belvizek lecsapolásával a természetes ivadékbölcsők fokozatosan eltűntek, a halhozamok megfogyatkoztak és halgazdálkodásunk súlypontja fokozatosan a halastavi termelés irányába mozdult el. Jelenleg a hazai akvakultúrás haltermelés több mint kilencven százalékban a tógazdasági termelést jelenti, amely során többségében pontyot, busát, amurt és néhány ragadozó halfajt (harsca, süllő és csuka) állítanak elő. A Kárpát-medence vízrajzi és klimatikus adottságai kedvezőek a tógazdasági halhús termeléséhez, amely alapvetően a klasszikus halastavi technológiák alkalmazását jelenti ponty dominanciával. Hazánkban a 2010. évi összesített tógazdasági statisztikák szerint az összes tógazdaságban lehalászott étkezési haltermés (12.306 tonna) 80,7 %-a ponty (9.927 tonna) volt. Magyarországon mintegy 141.000 ha természetes vízterületen folyik halászat, ebből mintegy 38 600 ha a különböző horgászszervezetek közvetlen hasznosításába

tartozik, míg a többi vízterületen halászati és horgászati tevékenység is folyik (CSENGERI és VÁRADI 2005). A statisztikai adatok alapján – a tógazdasági haltermelés nagyjából kétszer több étkezési halat állít elő, 1/6 területen (a teljes tóterület 26.248 hektár, amelyből az üzemelő tóterület 23.878 hektár), mint amennyi a természetes vizekből származó étkezési ponty halászsákmány (NHST 2007, PINTÉR 2010, JÁMBORNÉ és BARDÓCZ 2011). A halászat szerepe azóta is folyamatosan csökken, míg a tógazdálkodás és az intenzív üzemi telepek termelése egyre növekszik (2.táblázat).

2. táblázat Magyarország 2005-2010. évi haltermelése. Forrás: PINTÉR 2007, 2008, 2009, 2010, JÁMBORNÉ és BARDÓCZ 2011, 2012.

Év	Tógazdasági haltermelés (t)		Intenzív üzemi haltermelés (t)		Természetesvízi zsákmány (t)		Összesen (t)	
	bruttó	étkezési	bruttó	étkezési	bruttó	étkezési	bruttó	étkezési
2005	19 173	12 189	1 921	1 471	7 609	7 317	28 633	20 977
2006	20 762	12 898	2 081	1 789	7 540	7 172	30 383	21 859
2007	21 584	15 878	2 283	1 987	7 027	6 669	50 694	22 534
2008	20 071	13 735	2 461	1 952	7 394	7 024	29 926	22 711
2009	19 927	13 027	2 066	1 798	6 364	6 098	28 357	20 923
2010	18 559	12 306	2 114	1 938	6 216	6 006	26 889	20 250
2011	20 249	14280	2 336	2 066	7 047	6 790	29 632	23 136

Az ágazat nemzetgazdasági súlyának megítélésekor az egyik leggyakrabban használt mutató a GDP-hez való hozzájárulás. Ezek szerint 2006-ban a magyar halászati ágazat (termelés + természetes vízi halfogás) éves étkezési hal termelési értéke mintegy 9,5 milliárd Ft volt, amelyből a tógazdasági étkezési haltermelés 6 milliárd Ft és a természetes vízi étkezési halfogás 3,5 milliárd Ft-ot tett ki. Ezzel az értékkel a halászati ágazat étkezési hal termelés 0,04%-kal járul hozzá a nemzetgazdasági GDP-hez. Jelentősége azonban ezen túlmutat, mivel számos ellátó és kiszolgáló ágazat léte, valamint a teljes rekreációs célú halászat és horgászat, illetve ezek gazdasági teljesítménye is ezen a szektoron alapszik. Ha a hazai üzemelő halastavak területét vesszük alapul, akkor átlagosan 2 tonna/ha-os gabona felhasználással számolva az ágazat éves gabonaszükséglete mintegy 50 ezer tonna, amely 12-16 ezer hektár szántóterület lekötést jelent a mindenkori időjárási viszonyok és hozamok függvényében (NHST 2007).

A főbb tógazdasági fajok (ponty, amur, pettyes és fehér busa, csuka, süllő, harcsa) termelési mennyisége (tonnában) látható a 3. táblázatban.

3. táblázat Főbb tógazdasági fajok termelése Magyarországon (étkezési hal, tonna). Forrás: SZATHMÁRI et al. (2009), PINTÉR (2007, 2008, 2009, 2010), JÁMBORNÉ és BARDÓCZ (2011).

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Ponty	7 735	7 924	8 688	9 739	9 663	9 569	10 485	9 931	9 927
Növényevő*	2 263	2 107	2 071	2 737	2 162	3 232	2 272	2 099	1 533
Ragadozó⁺	154	170	228	215	216	258	232	249	222

*Növényevő: amur, pettyes és fehér busa, ⁺Ragadozó: csuka, süllő, harsa

BAKOS et al. (2005) szerint a ponty hazai tógazdasági termelése számos problémával küzd.

Néhány közülük:

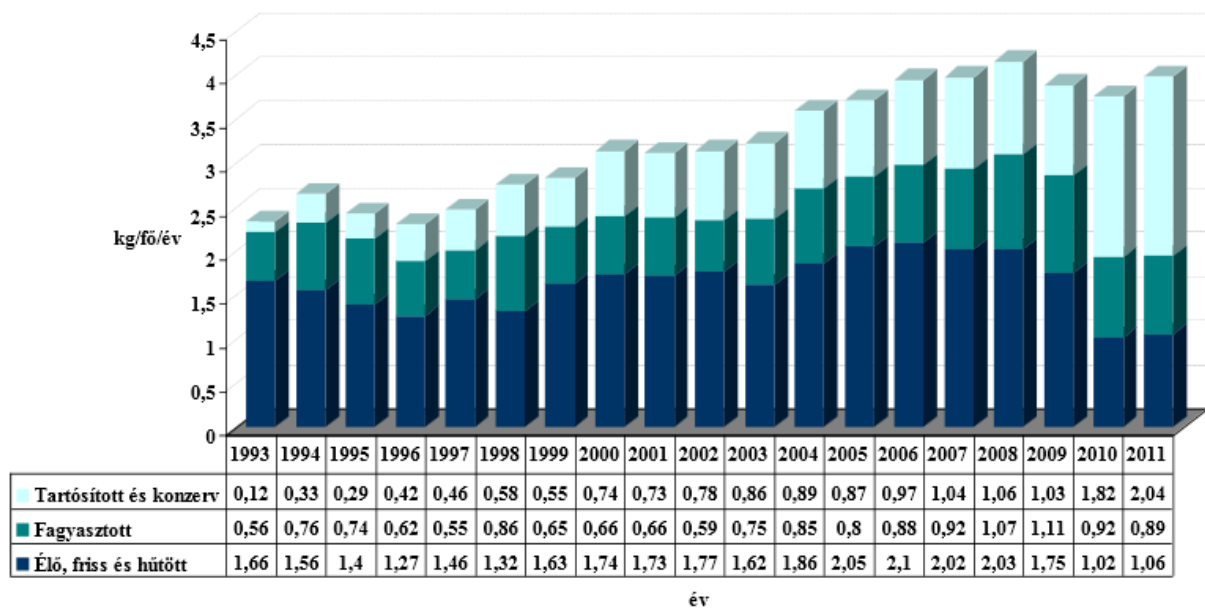
- nagy a piaci verseny például más pontytermelő országokkal; tengeri halak és egyéb termékek importja,
- alacsony piaci szervezettség (kis összefogás a nagy áruházak ellen),
- kevés és gyenge reklám,
- a tavak és egyéb eszközök rossz állapotban vannak,
- hagyományos technológiáktól való függés és kevés faj termelése (alacsony innovációs szint), fejletlen halfeldolgozó ipar,
- új EU szabályozások,
- védett állatok által okozott károk (nincs kompenzáció vagy kevés).

Az előbb említett negatívumokra megoldás lehet a multifunkcionális halgazdaság, vagy a bio-ponty termelés. Ez utóbbira utal, hogy 2003-ban Németországban 200 tonna, Ausztriában 100 tonna, Magyarországon pedig 500 tonna ökohal termelés folyt (BAKOS et al. 2005).

2.3 A nemzetközi és hazai halfogyasztási adatok

A 2003-as évben az átlagos halfogyasztás Európában 26 kg/fő/év volt, sajnos Magyarország szinte az utolsó helyen állt a 3,23 kg-os fogyasztásával. A 2002. évtől halfogyasztásunk ugyan fokozatosan emelkedett és 2008-ban tetőzött (4,16 kg/fő, szemben az európai 20,8 kg/fő vagy az észak-amerikai 24,1 kg/fő fogyasztással (PINTÉR 2009, WORLD REVIEW OF FISHERIES AND AQUACULTURE 2012), azonban az utóbbi években újabb visszaesés figyelhető meg (3. ábra). Magyarországon a termelési és a külkereskedelmi egyenlegből kalkulálva, a 2011. december 31-i lakónépességre (9,958 millió) vetítve, halfogyasztásunk 3,99 kg/fő/év volt. Az éves étkezési haltermelés 54,69%-át a gazdaságilag legfontosabb halfajunk a ponty adja, 3854,4 tonnával a

természetes vizek és víztározók 2011. évi halzsákmányból (halászat és horgászat együttesen) (JÁMBORNÉ és BARDÓCZ 2012).



3. ábra Magyarország egy főre jutó évi halfogyasztása a 1993-2011. időszakban főbb termékcsoporthoz bontva

Forrás: JÁMBORNÉ és BARDÓCZ 2011

Hazánk gazdaságilag legfontosabb halfaja a ponty, mely az éves haltermelésünkben 65%-al részesedik. Élőhal exportunkból közel 40%-al részesül, melynek mintegy 70 %-a az EU országokba irányul. A ponty után tógazdaságainkban a második legjelentősebb hal a busa (fehér és pettyes busa, illetve ezek fajhibridjei), mely a tógazdasági termelés 18 %-át adja. Tógazdasági termelésünk 3 %-át, természetesvízi halfogásunk 12 %-át adják a ragadozó halak (csuka, harcsa, süllő), melyek élőhal exportunk 14-16 %-át képezik (CSENGERI és VÁRADI 2005).

Az országok közötti halfogyasztás fajonkénti megoszlása az ország elhelyezkedése és szokásai szerint változhat. SZÚCS és TIKÁSZ (2008) kérdőíves felmérésének eredménye szerint Magyarországon a megkérdezettek 73,5%-a kedveli a halételeket, 13,2% nem szereti, és 13,3%-a megeszi, ha elé teszik. Több oka is lehet a hal iránti idegenkedésnek, többek között, hogy nem szeretik a szagát (32%), szájkás (32%), nem szeretik az ízét (21%), irtózik tőle (9%). A válaszadók többsége (56,9%) nem hajlandó többet fizetni azért, hogy információt kapjon a megvásárolt termék termelési körülményeiről. A ponty vásárlása során több szempontot vesznek figyelembe, például ára, hazai termék-e, tükrös vagy pikkelyes-e, biotermék-e, emelt-e az omega-3 zsírsavszintje.

A pontyfélék húsának fogyaszthatóságának növelése érdekében füstöléssel javították a halhús ízén (SZATHMÁRI és MOLNÁR 2007).

2.4 A halhús jellemzése

A halhús nagy mennyiségben könnyen emészthető, közel teljes értékű fehérjét tartalmaz, gazdag forrása a zsírban (elsősorban A-, D-, és E vitamin) és vízben oldódó vitaminoknak (különösen B12 vitamin), jelentős a kalcium, magnézium-, vas- és foszfortartalma is. A halak húsa laza szövetszerkezetű, könnyen emészthető, magas víztartalma miatt azonban gyorsan romló táplálék (RODLER 2004). Kedvező energia- és zsír-, valamint átlagosan 15-20%-os fehérjetartalma révén a testtömeg-csökkentő étrendekbe is jól beilleszthető. Zsírértéke alapján megkülönböztetünk zsírosabb (pl. ponty, harcsa, tonhal, makrél, lazac, hering) és szárazabb húsú (pl. fehér busa, amur, süllő, tőkehal, heck) halféleségeket. Hetente legalább egy alkalommal, 15 dkg mennyiségben ajánlott halat fogyasztani (ANTAL 2007).

A hal testének átlagos kémiai összetétele a következő (TASNÁDI 1983):

- ❖ víz 65-75%,
- ❖ fehérje 16-18%,
- ❖ zsír 1-15%,
- ❖ ásványi anyag 1-3%.

Ismeretes, hogy a halhús összetételét, minőségi jellemzőit számos környezeti-, illetve termelési tényező is befolyásolja (kor, faj, etetett vagy természetes takarmány, évszak, stb.). A tógazdasági halak húsának összetétele a természetesvízi halakéhoz kellene, hogy közelítsen, a tenyésztett halak szénhidrátban gazdag takarmányozása miatt azonban több zsiradékot halmoznak fel. Különbségek lehetnek továbbá az élőhelyek kémiai és biológiai sajátosságainak eltéréseiből is (TASNÁDI 1983, SÁNDOR et al. 2000, LENGYEL et al. 2001, MOLNÁR et al. 2006, VARGA et al. 2012).

2.4.1 A halhús szerepe a humán egészségben

A magyarországi halálozások csaknem háromnegyed részét a táplálkozással és életmóddal összefüggő szív- és érrendszeri, valamint rosszindulatú daganatos betegségek okozzák (ZAJKÁS 2004). Egyes becslések szerint magas rizikófaktor esetén optimálisan napi 40-60 g hal elfogyasztása kb. 50% csökkenést eredményezne a koszorúér-betegség eredetű halálozásban (FAO/WHO 2003). TUR et al. (2012) írtak egy összefoglalót az omega-3 a pozitív hatásairól az emberi egészségre és összegyűjtötte az egyes ételmezési szövetségek és egyesületek ajánlásait a halfogyasztás ajánlott mennyiségéről. Az Amerikai Szív Szövetség (AHA) szerint az egészséges felnőttek hetente minimum kétszer fogyasszanak halat, ami körülbelül 3g EPA+DHA mennyiséget jelentene. A WHO heti 1-2 alkalmat javasol, ami haltól függően 200-500 mg EPA és DHA mennyiség

étkezésenként. Ezen zsírsavak mennyisége a halon belül függ a fajtól, a takarmánytól, és hogy tenyésztett vagy vadon élő halról van-e szó (THOMAS 2003).

A halak húsának zsírsavösszetétele kedvezőbb, mint a szárazföldi állatoké, mivel kevés telített, de nagy mennyiségű telítetlen zsírsavat tartalmaz. A tengeri halak húsának zsírsavösszetételét az alacsony linolsav (C18:2 n-6) és α -linolénsav (C18:3 n-3) mennyiség jellemzi, de ugyanakkor nagy mennyiségben tartalmaznak hosszú szénláncú n-3 többszörösen telítetlen zsírsavakat, így például EPA-t (C20:5 n-3) és DHA-t (C22:6 n-3). Ezeknek a zsírsavaknak többirányú élettani hatása is van: közvetlenül hatnak a zsíryanycserére, fenntartják a sejtmembránok funkcióját (TUR et al. 2012), hormonszerű aktivitást fejtenek ki, kardioprotektív hatásúak, csökkentik a terhességi hipertóniát és a koraszülések gyakoriságát, szerepük van továbbá az agy és a retina normális fejlődésében (ANTAL és GAÁL 1998).

Az n-3/n-6 arány a tengeri halakban igen magas (5-10 között) az alacsony n-6 zsírsav tartalom miatt. STEFFENS és WIRTH (2005) emberi fogyasztásra inkább az édesvízi halakat ajánlja, nemcsak azért mert az n-3/n-6 arányuk jóval alacsonyabb (1-3 között), hanem azért is, mert nagyobb mennyiségű C18: n-6 és C18: n-3 zsírsavat képesek átalakítani C20 és C22 zsírsavakká.

Az esszenciális zsírsavak a membránok fluiditását, rugalmasságát, és áteresztőképességét egyaránt befolyásolják, az omega-6 zsírsavak az eikozanoidok prekursorai, szerepük van emellett a vízhatlan bőr fenntartásában, valamint felelősek a koleszterin transzportjáért és metabolizmusáért (STEFFENS 1997, ASZTALOS 2004). Emiatt esszenciális zsírsavak hiányában bőrgyulladás, bőrmegvastagodás, intenzív hámlás, növekedésbeli megállás, agy- és retinafejlődési és működési zavarok lépnek fel (ZSINKA 1997). SIMOPOULOS (1999) szerint az EPA és DHA ajánlott napi bevétele 400 mg (ez megfelel napi 30 g tengeri hal fogyasztásának). Ugyanakkor ANTAL és GAÁL (1989) 1200 mg/nap értékben határozták meg az ajánlott napi bevitel mértékét.

A halak szervezetében különböző mérgező anyagok (pl. nehézfémek) is akkumulálódhatnak. A higany a szénégetés során, vagy egyéb szennyeződésekkel kerülhet a tengerekbe. A higanyt ezután a vízből a baktériumok vagy a plankton szervezetek akkumulálják, amelyeket a kis halak, majd azokat a nagyobb ragadozók fogyasztják el. Az ilyen módon biokoncentrált metil-higany az elfogyasztott hallal az emberi szervezetbe is bekerülhet. Az Amerikai Élelmiszer és Gyógyszer Hatóság (U.S. FDA) éppen ezért azt ajánlja, hogy a terhes és szoptató nők, fiatal gyermekek maximum 12 uncia (340,2g) főzött halat egyenek hetente, és jellemzően magas higanytartalmú halakat (cápa, kardhal, királymakréla) egyáltalán ne fogyasszanak (THOMAS 2003).

2.4.2 *Funkcionális élelmiszerek*

A funkcionális élelmiszerek tápértékük mellett valamilyen konkrét biológiai hatással rendelkező anyagot nagyobb mennyiségben tartalmaznak, illetve valamilyen pozitív élettani hatást fejtenek ki a szervezetre (EUROPEAN COMMISSION COMMUNITY RESEARCH 2000). Az ilyen élelmiszerek javítják a népesség egészségi állapotát, javítják a közérzetet és/vagy csökkentik egyes betegségek előfordulásának kockázatát (SZILVÁSSY és SÁRI 2008). Konvencionális és a funkcionális élelmiszereket különíthetünk el, ez utóbbi egy vagy több, bizonyítottan betegségmegelőzési, illetve kiegészítő terápiás célra alkalmas biológiailag aktív anyagot tartalmaz, de ezek mennyisége legalább 20-30%-kal meghaladja az azonos eredetű és feldolgozottságú hagyományos élelmiszerekben fellelhető mennyiségét (MÉZES 2005). Az ételeket a következő módokon lehet funkcionálissá tenni (ZSARNÓCZAY 2009):

- kedvezőtlen hatást kiváltó összetevőjének (pl. allergén fehérje) eltávolításával,
- kedvező hatású komponensek (vitamin, rost, zsírsav) dúsításával,
- eredetileg az élelmiszerben jelen nem lévő összetevők (pl. antioxidánsok, probiotikumok) hozzáadásával,
- túlzott mennyiségben lévő tápanyag (pl. zsír) kedvező hatású komponensre (olívaolaj) cserélésével.

A halak szervezete kiválóan alkalmas arra, hogy a halhús zsírsavösszetételét a feletetett takarmánnyal befolyásoljuk, mivel a halhús zsírsav összetétele egyértelműen tükrözi a feletetett takarmány zsírsav-összetételét (HENDERSON és TOCHER 1987, STEFFENS 1997, BOURRE 2005). Ennek révén az emberi szervezet számára nélkülözhetetlen esszenciális zsírsavak dúsításával az előállított halhús funkcionális élelmiszerré alakítható.

Magyarország a biotermelésbe vont tóterületet tekintve a legnagyobb biohaltermelő nemcsak Európában, hanem világviszonylatban is (VÁRADI 2008). Hazánkban a Hortobágyi Halgazdaság Zrt. 2002 óta ellenőrzött keretek között, ökológiai halnevelést illetve tenyésztést folytat, 2004 óta a teljes tóterülete alkalmas biotermelésre. Az Aranyponty Zrt. más intézményekkel közösen részt vett a biohal termelési sztenderdek felállításában is. A magyarországi ökológiai gazdálkodás ellenőrző szervezete a Biokontroll Hungária Nonprofit Kft. Az ökológiai minősítésnek megfelelő haltartás egyes feltételei:

- a tavak a természetes ökológiai környezethez mindenben hasonló állapotban vannak,
- a halak nevelésük során nem kapnak semmilyen azokat terhelő mérgező anyagot, így például trágyát, takarmányt, gyógyszert stb.

- a halak mindazon táplálék szervezetet és mesterségesen bevitt takarmányt csak olyan forrásból kapnak, amelyek szintén garantáltan és ellenőrzöten ökológiai minősítésű helyről származnak (KÖRMENDI és MIKLAY 2007).

Sajnos hazánkban nem csak a hal iránti kereslet az, ami alacsony mértékű, hanem az ellenőrzött ökológiai gazdaságokból származó, kiváló minőségű prémium élelmiszerekkel is ez a helyzet. Ezért aztán a hazai biohaltermelés jó része exportra kerül, a hazai fizetőképes kereslet nagymérvű hiánya okán. Az ökológiai minősítésű halak értékesítésével vannak problémák, mivel a fogyasztók általában nem hajlandók megfizetni a többlet árat a konvencionális halhúshoz képest. Ilyen körülmények között pedig nehéz fenntartani az ökológiai minősítésű szemes terményekkel való takarmányozást például ponty állományoknál (MIKLAY 2008).

2.5 A ponty bemutatása

2.5.1 Rendszertani besorolása

PINTÉR (2002) alapján a ponty rendszertani besorolása a következőképpen alakult:

Törzs: Gerincesek (*Vertebrata*)

Osztály: Halak (*Pisces*)

Alosztály: Csontos halak (*Teleostei*)

Rend: Ponty alakúak (*Cypriniformes*)

Alrend: Pontyalkatúak (*Cyprinoidei*)

Család: Pontyfélék (*Cyprinidae*)

Alcsalád: Valódi pontyok (*Cyprininae*)

Nem: *CYPRINUS* Linné, 1758

Faj: Ponty (*Cyprinus carpio* L., 1758)

A ponty a sugarasúszójú csontoshalak közé tartozik, a pontyalakúak rendjének és a pontyfélék családjának névadója. Az alfajok a csigolyáik, hátúszóik és lágy úszósugaraik számában, pikkelyképletükben, szemük átmérőjében és a szájuk körül lévő bajuszok hosszában különböznek egymástól (PINTÉR 2002).

A *C. carpio* faj két alfajra bontható, a *C. c. carpio* európai-, valamint *C. c. haematopterus* ázsiai törzsalakra. Mindkét ősi formát részben domesztikálták, hibrideket hoztak létre a belőlük képzett vonalakból, valamint visszakeresztezések is történtek (VANDEPUTTE 2003). A ponty eredete, a hiányos őslénytani leletek miatt, vitatott (GORDA 2004), azonban MOLNÁR (2004) által *C. c. carpio* és *C. c. haematopterus* alfajok parazitafaunájának összehasonlítása során nyert adatok arra utalnak, hogy a pontyon élősködő specifikus paraziták, a monogeneák és a myxosporeák

többsége, az intenzív halszállítások megindulásáig csak a távol-keleti ponty-alfajon élőködött. Bizonyítottnak látszik, hogy a ponty egy távol-keleti halfaj, amely eredetileg csak az ázsiai édesvizeket népesítette be, és Európába csupán a középkorban - emberi közreműködéssel - érkezett.

Magyarországon a ponty három fő alakváltozata fordul elő, a tőponty vagy vadponty két típusa, valamint a nemesített ponty. A nyurga ponty vagy magyar vadponty (*C. carpio carpio* morpha *hungaricus* Heckel, 1836) a Kárpát-medence vizeinek ősi vadon élő pontytípusa, amely csak itt fordul elő. Természetes vizeinkben jelentősen megritkult a tenyésztett fajtákkal való kereszteződés miatt, így tiszta vérű állományokat nehéz fellelni. Változatai a tiszai nyurga ponty, a geleji nyurga ponty és a tatai acélos nyurgaponty stb (PINTÉR 2002)

A közönséges tőponty (*C. carpio carpio* morpha *acuminatus* Heckel és Kner, 1858) a Duna vízrendszerében a legelterjedtebb vadon élő forma. A természetes vizekben azonban napjainkra már szintén megritkult. Változatai a balatoni sudár ponty, a dunai vadponty és a ráckevei dunai tőponty stb.

A tógazdasági mesterséges tenyészetekből kikerülő nemes ponty (*C. carpio carpio* morpha *domestica*) alkotja a régió jelenlegi pontyállományának közel 90%-át. Helyi fajtái igen sokféle megjelenésűek. Fajtaváltozatai az attalai tükrös ponty, a biharugrai tükrös ponty, a bikali tükrös ponty, a dinnyési tükrösponty, a hortobágyi tükrös ponty, a hortobágyi pikkelyes ponty, a szarvasi 215 tükrös ponty és a szegedi tükrös ponty, stb. (PINTÉR 2002).

2.5.2 Ponty jellemzése

A ponty háta zöldes vagy barna, a has irányában világosodó, oldalt sárga, hasa fehér. Szája körül a felső ajakon és a szájszegletben 1-1 bajuszszálat visel. Szájának bőrredői teleszkópszerűen kinyújthatóak, ami az állat táplálkozását segíti a fenéken lévő táplálék felszedésekor. Uszonyaik közül a háti-, mell- és a farokalatti úszók első sugarai megvastagodtak, kemények, hátsó felületük fogazott (LAJKÓ és TASNÁDI 2001). A természetes vizekben élő ponty életmódjára az állandó vándorlás, és a folyamatos táplálékkereső magatartás a jellemző. Általánosságban megállapítható, hogy fő táplálékát hazánkban a vízfenéken előforduló rovarlárvák, puhatestűek, apró rákokok teszik ki, míg a Balatonban a vándorkagyló (*Dreissena polymorpha*) alkotja, a kiegészítő táplálékok pedig az árvaszúnyoglárva, kerekcsigák, csőférgesek, vízi bolha (SPECZIÁR 1999). Kedveli továbbá a vízínövények fiatal hajtásait, a víziászkákat, az evezőlábú rákokat, de tógazdaságokban a kizárólag növényi táplálékokra is rászoktatható. Elsősorban a jól felmelegedő, iszapos aljzatú, álló és lassan folyó vizeket kedveli. Jól alkalmazkodik a nagy egyedszámhoz, a hőmérséklet- illetve oxigéntartalombeli ingadozásokhoz, sőt még a vízszennyezésekre is csak mérsékelten érzékeny. A

folyók erősen szennyezett szakaszain is megél, de ezeken a területeken élő pontyok nagy zsírtartalmú szöveteiben számos zsírolédkony toxikus anyagot halmozhat fel (PINTÉR 2002).

2.5.3 *A ponty táplálkozásbiológiája és táplálóanyag igénye*

A ponty táplálkozásbiológiai besorolása szerint a mindenevő/vegyes táplálkozású halak közé tartozik. Főként bentikus szervezeteket és zooplanktont fogyaszt, de a növények magját, a vízinövényeket, a szerves törmeléket (detrituszt), a rovarlárvákat, a férgeket, a kagylókat és a csigákat is elfogyasztja (HARKA 1997). Megfelelő hőmérséklet-, és oxigénviszonyok mellett a ponty szinte egész nap táplálkozik a tóban fellelhető táplálékból, legyen az természetes vagy adagolt takarmány. A táplálék bélcsatornán keresztül történő áthaladásának időtartama elsősorban hőmérsékletfüggő, 12 °C-on 50-60, 26 °C-on 4-5 óra körüli érték. Az áthaladás sebességét azonban nem csak a hőmérséklet, de a táplálék mennyisége is befolyásolja (HORVÁTH és URBÁNYI 2004).

A földmedrű halastavakban és az intenzív halnevelő rendszerekben nevelt halak takarmányozása a hozamok egyik legfontosabb eleme. A termelési költségek közel 70%-át teszi ki. A takarmány révén a hal szervezetébe jutó sokféle táplálóanyag, illetve azok energiatartalma sokfelé oszlik. Annak egy részéből a hal fenntartja életfolyamatait, más részéből pedig testtömegét gyarapítja (HORVÁTH és URBÁNYI 2004). A felvett és megemésztett fehérje növekedésre, szövetregenerációra és kisebb arányban energiatermelésre fordítódik a hal szervezetében. Ez utóbbi azért lehetséges, mert a fehérje bomlása során keletkező nitrogén 80-90%-ban kiválasztódik ammónia formájában (LOVELL 1998). A nagyarányú ammónia kiválasztás pedig csökkenti a karbamid szintézisnek köszönhető hőveszteséget (HANCZ 2007). Ez a tény, valamint az, hogy a halak a létfenntartásra és testhőmérsékletük szabályozására kevesebb energiát fordítanak, idézi elő a jobb táplálóanyag hasznosulást, azaz hatékonyabb energia- és fehérjehasznosítást (HANCZ 2000). DEGANI et al. (1997) laboratóriumi körülmények között etettek hallisztet ponttyal és megállapították, hogy igen jól átalakítja a magas fehérjemennyiséget energiává.

A legtöbb tenyésztett halfaj nyersfehérje igénye 35-45 %, amely függ az életkortól is. A zsír és a fehérjeigény az emészthető energiához köthető. Az emészthető fehérje/emészthető energia arány 340-490 mg/kJ között változik a legtöbb tenyésztett halfajnál (HANCZ 2007). OHTA és WATANABE (1996) vizsgálták a ponty energiaigényét. A pontyokat olyan táppal etették, mely fehérjeforrásként 25% hallisztet, 4% húslisztet, 10% szójalisztet, és 8% kukorica-glutén lisztet tartalmazott. A takarmány átalakulása a következőképpen alakul, ha a bruttó energia 100%, akkor a bélsár energiája 29,9%, a nem bélsár energia 1,5%, a termikus energia 31,9%, ennek értelmében a nettó energia 36,7% (amelyből 12,6% létfenntartás és 24,1% tömeggyarapodás). Az emészthető

energiaigény (maximális növekedésnél) 285, 548 és 721 kJ/kg testtömeg/nap 1,83; 3,60 és 5,17% testtömeg/nap etetési érték mellett (OHTA és WATANABE 1996).

A mindenevő ponty képes a zsírokat és szénhidrátokat energiaforrásként hasznosítani. A zsírok energiát szolgáltatnak, részt vesznek a biológiai membránok felépítésében és működésében, valamint a zsírban oldódó vitaminok raktározásában (HANCZ 2000). Ugyanakkor képes nagy mennyiségű szénhidrátot is megemészteni.

A ponty takarmánya akkor optimális összetételű, ha 20-30 %-ban tartalmaz fehérjét, 15-25 %-ban zsírokat, és a maradék 45-65%-ban szénhidrátot (TÖLG és TASNÁDI 1996). A haltápok a természetes takarmányok táplálóanyag összetételét és tartalmát igyekeznek helyettesíteni, amelyek közel 50% fehérjét (esszenciális aminosavakkal), 10-15% szénhidrátot (kis mennyiségű nyersrost) és 12-15% zsírt (esszenciális zsírsavakkal) tartalmaznak (BOGUT et al. 2007). KAUSHIK (1995) szerint a ponty takarmányának optimális fehérjeszintje 25-50%.

A halastavi gazdaságos halhúsprodukciónak egyik legfontosabb tényezője a ponty táplálkozása. Tápláléka a tavak saját biomassza termeléséből, elsősorban apró állatokból, és a tenyésztő által bejuttatott kiegészítő takarmányokból (gabonafélékből, magas szénhidrát-tartalmú abraktakarmányból, mezőgazdasági melléktermékekből) áll, optimális esetben 50-50 %-os arányban. A takarmány hazai viszonyok között alapvetően különböző abrakfélésekből (kukorica, búza, rozs, tritikálé) tevődik össze. MÉZES szóbeli közlése szerint a megfelelő arány mindenevő halaknál 45% gabona, 30% szója, 15% vérliszt és egyéb takarmányok etetése.

2.5.4 A pontytakarmányozás lehetőségeinek bemutatása

A tógazdasági pontytermelés általában 3 éves üzemformában történik, amelynek lényege, hogy három tenyészszézon során a kihelyezési sűrűség, a természetes táplálékbázis és a mesterséges takarmányozás szabályozásával befolyásolják a ponty növekedési ütemét (LAJKÓ és TASNÁDI 2001). A dinamikus egyensúlyt a természetes tápláléktermelés és a halak optimális növekedése között a trágyázás intenzitásának, a polikultúra szerkezetének és a népesítési sűrűségnek összehangolásával érhetjük el (HANCZ 2007). A halhozam jelentősen növelhető kiegészítő takarmányozással, viszont a feletetett takarmány minősége és mennyisége nagy eltéréseket mutathat egyes gazdaságoknál. A természetes takarmány esszenciális aminosavakat, zsírsavakat, és vitaminokat biztosít; míg az abraktakarmány magas keményítő tartalma energiával látja el a pontyot (HANCZ 2000). A hagyományos kiegészítő takarmányozás elsősorban gabonafélékkel történik.

A pontyfélék zsenge ivadékának nevelésekor a táplálékellátás szempontjából, elsősorban gazdaságossági okok miatt, a komplett starter-tápok nem jöhetnek szóba, ezért az ivadék méretének

megfelelő nagyságú zooplankton tavi “tömegtermelésének” megoldására kell törekednünk, a kiegészítő takarmányozás optimalizálása mellett (HANCZ 2007).

Táplálkozásának kezdetén az ivadék – fejletlen emésztőszervei miatt – csak az élő szervezetekből származó vegyületekből képes fedezni a szervezete számára szükséges sokféle táplálóanyagot. A kishal saját enzimtermelő szervei (pl. hasnyálmirigye) még igen fejletlenek és csak elhanyagolható mennyiségben termelnek saját enzimeket. Később, szerveinek tökéletesedésével az ivadék már vegyesen táplálkozik. Az okszerű abraktakarmányozás során a haltenyésztő az első időben nem eteti kizárólag gabonaneműek finom lisztjeivel halait, mert az számukra, az enzimhiány következtében még nehezen emészthető. Ebben az életkorban sokkal hasznosabb, ha állati eredetű lisztekkel, és magas fehérjetartalmú szójalisztet is tartalmazó tápokat etetünk. Az etetést a kihelyezés napján el kell kezdeni, annak ellenére, hogy ekkor még nem fogyasztja érdemi mennyiségben a mesterséges tápot az ivadék. A beadott takarmány azonban nem vész kárba, mert a finom szemcséket a zooplankton-szervezetek is elfogyasztják. A zsenge pontyivadék legfontosabb természetes táplálékát a különböző kerekesszervek (*Rotatoria*) képezik (HORVÁTH et al. 2009).

Az ivadéknevelés során a napi takarmánymennyiség a becsült állomány testtömegének 10 %-át is elérheti. A kiegészítő takarmány búza-, tritikale- vagy árpadara lehet. A szezon végére azonban a víz hőmérséklet csökkenése miatt lecsökken a zooplankton-állomány. A nyárvégi fehérjepótlásra tehát már nem a trágyázás, hanem a takarmány fehérjekiegészítése (10-20 %-ban pillangósok darája) szükséges.

Az idősebb korosztályú pontyot a kora reggeli órákban kell etetni olyan módon, hogy mindig ugyanarra a helyre kell kiszórni a takarmányt. A fogyasztást ellenőrizni kell délelőtt vagy kora délután. A legmegfelelőbb kiegészítés a gabona, annak magas energiatartalma miatt. Főtt, áztatott, darált vagy legalább roppantott/tört formában érdemes beszórni, mivel így hatékonyabban emésztik meg és hasznosítják a táplálóanyagokat (HANCZ 2007).

2.5.5 A ponty testösszetétele

A ponty húsának összetétele a fajtától, az ivartól, az életkortól, a testtömegtől, a termelési körülményektől (5. és 6. táblázat), de leginkább a technológia során alkalmazott takarmányozástól függ (STEFFENS 1997, GORDA 2004, RASOARAHONA et al. 2004, HADJINIKOLOVA 2004, BOURRE 2005, KALYONCU et al. 2010, VARGA et al. 2011a,b, VARGA et al. 2012). A pontyhús a húsféleségek (marha, sertés, baromfi, stb.) között a legkisebb energiatartalmú (3768-5443 kJ/kg).

4. táblázat A pontyhús minőségének változása a fajtától függően (TASNÁDI 1983)

Fajta	Víz (%)	Fehérje (%)	Zsír (%)	Ásványi anyag (%)
Vadponty	78,9	15,7	4,6	0,8
Tógazdasági ponty	73,4	16,9	8,7	1,0
Túlhízalt tógazdasági ponty	63,9	13,3	22,0	0,8

5. táblázat Egyes vizsgált vágási és húsminőségi paraméterek fajtanként, a fajta és az ivar hatása (VARGA et al. 2011b nyomán módosítva)

	Attalai tükrös	Attalai pikkelyes	Hortobágyi nyurga	Szegedi tükrös	fajta	ivar	Interakció (fajta×ivar)	súly
Élősúly	1499,6±141,5 ^b	954,5±303,9 ^a	1941,8±269,5 ^c	1488,6±209,3 ^b	NS	0,021	0,035	-
Csepegési veszteség	2,4±0,8 ^a	2,9±0,6 ^a	2,1±0,6 ^a	2,9±1,2 ^a	NS	NS	NS	0,033
Szárazanyag	27,9±3,4 ^a	27,5±6,5 ^a	32,7±4,9 ^a	29,1±3,9 ^a	NS	NS	NS	0,002
Vörös izom %	11±2,4 ^a	18,7±6,2 ^b	13,1±3,4 ^a	12,9±4,4 ^a	0,008	NS	NS	0,033

Azonos sorban különböző betűjelek szignifikánsan igazolható különbséget jelölik, $p < 0,05$, NS-nincs szignifikánsan igazolható különbség

A tavakban élő ponty természetes táplálékot fogyaszt, így főként a plankton elfogyasztása idézi elő a magas többszörösen telítetlen zsírsav mennyiséget az izom trigliceridben, azon belül jelentős n-6 és n-3 zsírsavtartalommal. A búzával kiegészített takarmányozás viszont alacsony esszenciális zsírsavmennyiséget okoz, a halolaj tartalmú táp etetése pedig növelheti az n-3 mennyiséget. Az n-3/n-6 arány általában 0,8-2,4 között van, attól függően mivel takarmányozzák a pontyot (STEFFENS és WIRTH 2005).

Több szerző beszámolt arról, hogy a természetesvízi pontyok húzában a zsírtartalom eltér a tógazdasági pontyétól, valamint számszerűsítette a különböző takarmányok, illetve az évszakok hatását a ponty húsminőségére. LENGYEL et al. (2001) a ponty filé nyerszsírtartalmának jelentős eltéréseiről számoltak be. A természetes vizekben élő pontyoknál 3,1±3,4 %, míg a halastavakban nevelt pontyok zsírtartalma 10,0±4,5 % volt. Az igen nagy különbségeket HANCZ et al. (2002) is kimutatták, miszerint a vizsgált magyar pontyállományok filé zsírtartalma 13-19% között mozog. Németországban is hasonló eredményeket kaptak, amikor folyókból és tavakból fogtak ki pontyokat és azok testösszetételét vizsgálták. SCHRENKENBACH et al. (2001) megállapították, hogy a ponty

zsírtartalma változónak ($8,5 \pm 4,4$ %), míg annak fehérjetartalma stabilnak mondható ($13,9 \pm 1,4$ %). Az intenzíven népesített tavakban döntően táppal takarmányozott pontyoknál teljes testben 11,3-12,3% nyerszsírtartalmat, a csak búzával etetett pontyoknál 16,5%-ot mértek (LENGYEL et al. 2001). A rendszerhez tartozó extenzív halastóban nevelt, szintén búzával, de alacsonyabb szinten takarmányozott pontyok zsírtartalma csak 10,8% volt. A takarmánybúza pontyokkal való etetése kedvezőtlen téli zsírmobilizációt idéz elő, a pontyivadékok búzadarával történő egyoldalú abraketése emiatt súlyos májelfajuláshoz vezethet (TASNÁDI 1983).

KMINKOVÁ et al. (2001) háromnyaras pontyokat vizsgáltak, amelyeket cseh tavakból fogtak ki - évszakonként (április, augusztus, december, február) 6-8 egyedet 2,3-3,0 kg-os átlagsúllyal. A halakat búzával, rozssal, árpával és borsóval etették. Eredményeik szerint a ponty izomzatában a zsírmennyiség egész évben állandó értéket mutatott, kivéve tavasszal, amikor majd közel a felére csökkent a megnövekedett táplálék felkereséséhez szükséges aktivitás következtében. URBÁNEK et al. (2010) $1,00 \pm 0,02$ kg testsúlyú pontyokat helyeztek ki májusban négy különböző tóba, majd 1800-2600 kg közötti testsúllyal fogták azokat vissza októberben. Három különböző csoport három különböző takarmányt kapott kiegészítésként (rozsa, tritikálé és kukorica), míg a kontroll tóban élő halak nem kaptak kiegészítést. A kontroll halak zsírtartalma és testsúlya volt a legalacsonyabb, míg a legmagasabb értékeket a tritikáléval etetett pontyoknál mérték.

VARGA et al. (2011a, 2012) vizsgálta a Hévízi tó sajtóságos táplálékösszetételének hatását benne élő törpenövésű vadponty állományra. A mérési eredményeik alapján a vadponty zsírtartalma alacsonyabb volt, mint tógazdasági halakban tapasztaltak ($3,5 \pm 1,2$ % a nyers filére vonatkoztatva), habár a halak mindegyike jól fejlett ivarszervvel (minden egyed tejes volt) és jelentős hasúri zsírmennyiséggel rendelkezett, ami arra enged következtetni, hogy a halak nem szenvedtek táplálékhiányban. A hévízi halak filé zsírsavprofiljának telített zsírsav részaránya meglepő módon közel 1,3-szorosa volt a tógazdasági gabona takarmányon felnevelt halakéhoz képest. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak részaránya (64-65%) és az összes n-3 zsírsav arány szintén igen magasnak bizonyult, és a tritikálé-kukorica takarmányon nevelt pontyokéval azonos szintet ért el. Az n6/n3 arány is kedvezően alakult, az 1,21-es érték kifejezetten jól illeszkedett a táplálkozásélettani ajánlásokhoz, és messze alatta maradt a tógazdaságból származó halak releváns értékeinek.

CSENGERI et al. (2010) kémiai összetétel vizsgálataik során megállapították, hogy az egyes húsrészek (afrikai harcsa, busa, ponty esetében) jelentős arányban tartalmazzák a humán táplálkozás szempontjából fontos esszenciális zsírsavakat. A busánál – a pontynál tapasztalhatóhoz hasonlóan – nagyon magas volt a hasfal zsírsavtartalma (kb. 20 %). A hasfal zsírsavösszetétele sem egyértelműen kedvező, bár az EPA/DHA arány ebben a zsíros részben magasabb volt, mint a sovány részekben.

2.5.5.1 A ponty ásványi anyag és mikroelem tartalma

Az ásványi anyagok a halak fontos szervépítő elemei, emellett a szervezet élettani folyamataihoz is nélkülözhetetlenek. A szervezetben előforduló mennyiségük alapján az ásványi anyagokat makro- és mikroelemekre sorolja TASNÁDI (1983). A makroelemek közé tartozik a kalcium, a foszfor, a magnézium, a nátrium, a kálium, a klór, a kén és a vas. Itt kiemelendő vas, mert a vér hemoglobinjának és egyes enzimeknek is fontos alkotórésze. A mikroelemek többnyire enzim-, fehérje-, és vitaminalkotók lehetnek, ezek a réz, a mangán, a cink, a kobalt, a jód, a fluor, a szelén, a molibdén, és a króm. A cink az A-vitamin transzportoz nélkülözhetetlen mikroelem, amelynek révén, többek között a bőr regenerációjáért is felelős. A réz cöruoplazmin, valamint számos enzim alkotóeleme, emellett a vas beépülését is segíti. A mangán a csontszerkezet kialakításában vesz részt, hiányában csökken továbbá a növekedés és a keltethetőség. Annak ellenére, hogy az ásványi anyagok nélkülözhetetlenek, a szükségletet lényegesen meghaladó mennyiségben adagolva toxikózist is okozhatnak (MÉZES 1997).

CSENGERI et al. (1999) összehasonlították a természetes vizekben élő és a tógazdaságban tenyésztett pontyok mikroelem tartalmát. Arra a megállapításra jutottak, hogy a folyamatos fémakkumuláció a felszíni vizekben magasabb cink-, higany-, ólom-tartalmat idéz elő a természetes vízi pontyoknál. A környező országokban is folyamatosan vizsgálják a pontyhús ásványi anyag tartalmát, ezen belül nehézfém tartalmát is élelmiszerbiztonsági okokból (ANDREJI et al. 2006, ČELECHOVSKÁ et al. 2007). A cseh és szlovák pontyok húsában magasabb koncentrációban találtak egyes elemeket (cink, réz, higany), ennek ellenére mindkét ország vizsgált tavaiban nevelt pontyok húsát emberi fogyasztásra alkalmasnak találták.

2.6 Zsírok és zsírsavak a halak szervezetében

2.6.1 Zsírsavak felépítése és funkciója

Kémiai szempontból az egyszerű lipidek, olyan hosszú szénhidrogénláncú karbonsavak, amelyekben a szénlánc egyik végén karboxil csoport található (SCHMIDT 2003). A zsír olyan koncentrált formája az energiának, ami segít fenntartani a testhőmérsékletet, és védi a testi szöveteket és szerveket. Szerepe van emellett egyes zsírban oldódó vitaminok szállításában is. Az állati szervezetben lévő lipidek (zsírok) egy része a sejtmembrán felépítésében is részt vesz (foszfolipidek, koleszterin), míg másik része triglicerid formájában tárolt zsír. A trigliceridek tulajdonságait a glicerinnel kapcsolódó 3 molekula zsírsav, azok lánchosszúsága és

telítettsége határozza meg. A szénlánc hossza alapján hosszú (szénatomszám: $C > 12$), közepes ($6 < C < 10$) és rövid ($C < 4$) szénláncú zsírsavakat különböztetünk meg.

A zsírsavakat a zsírsavláncban lévő szénatomok közötti kettős kötések számával is jellemezzük. A kettős kötést nem tartalmazó zsírsavakat telített zsírsavaknak nevezzük. Az egy kettős kötést tartalmazó zsírsavak az egyszeresen telítetlen zsírsavak, az egynél több kettős kötéssel rendelkező zsírsavak pedig a többszörösen telítetlen zsírsavak (ZSINKA 1997).

2.6.2 Telített zsírsavak

A telített zsírsavakban az egymás mellett lévő szénatomok között egyszeres kovalens kötés van, és viszonylag stabil molekulát alkotnak (SCHMIDT 2003). A rövid szénláncú (4-6) zsírsavak csak nagyon kis mennyiségben találhatóak a lipidekben. A közepes szénláncú (6-10) zsírsavak igen gyorsan felszívódnak, akár a zsírok enzimatis hidrolízise nélkül is, emiatt gyorsan oxidálódva energiát szolgáltatnak olyan esetekben, amikor zsíremésztési vagy egyéb anyagcserezavar miatt az energia felvétel akadályozott. A hosszú szénláncú (12-16) zsírsavaknak koleszterinszintet-növelő, és ezáltal, érkárosító hatást tulajdonítanak. Az ebbe a csoportba tartozó sztearinsav (C18) ugyanakkor az anyagcsere során egyszeresen telítetlen olajsavvá alakul, és ezáltal hatása is megváltozik, azaz a koleszterinszintet csökkentő hatásúvá válik (ZSINKA 1997).

Telített zsírsavak nagyobb mennyiségben főképp a gazdasági állatokból előállított termékekben találhatóak meg, míg a növényekben általában ritkábban fordulnak elő, de például a pálma- és kókusz olajban nagy mennyiségben vannak jelen (SCHMIDT 2003). Nagymértékű bevitelük esetén a vér koleszterinszintje megnövekedhet, a vérerek rugalmassága pedig csökkenhet. Emiatt túlzott mértékű fogyasztásuk megnöveli a szív- és érrendszeri betegségek kockázatát, mert feleslegként akár az erek falán is lerakódhatnak, amivel leszűkítik az erek átmérőjét, vagy akár teljes mértékben elzárják azokat.

2.6.3 Telítetlen zsírsavak

Kémiai szerkezetük annyiban tér el a telített zsírsavaktól, hogy egy vagy több kettős kötéssel rendelkeznek a szénláncban (SCHMIDT 2003). Részben ezek a zsírsavak felelősek az LDL koleszterin (alacsony sűrűségű lipoprotein) szintjének alacsonyan tartásáért. Eszerint különítjük el azokat, amelyek egyszeresen, illetve többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmaznak (HEROLD 1977). Telítetlenek a gyakran előforduló 18 szénatomszámú olajsav, a linolsav, az α -linolénsav és a 20 szénatomszámú arachidonsav (SCHMIDT 2003). Egyes olajos magvak (napraforgó, repce, szója, len) mellett a gyümölcsök és zöldségek a telítetlen zsírsavak nagyon gazdag forrásai.

6. táblázat A növényi olajok, állati eredetű zsiradékok, olajos magvak zsírsavösszetétele (Forrás: WEB1)

Megnevezés	Telített zsírsavak	Egyszeresen telítetlen zsírsavak	Többszörösen telítetlen zsírsavak
Napraforgóolaj	11	20	69
Olívaolaj	13	79	8
Repceolaj	6	58	36
Szójaolaj	16	23	61
Libazsír	30	58	11
Tyúkszír	27	50	23
Sertézszír	41	49	10
Dió	10	20	70
Mák	13	14	73

2.6.4 Egyszeresen telítetlen zsírsavak

A telítetlen kettős kötés kialakulása a 9. és 10. szénatom között, NADPH és oxigén hatására, majd a dehidrogenáz enzim katalitikus aktivitására hatására, vízkilépés útján keletkezik. Így például a sztearinsavból olajsav képződik (ZSINKA 1997). Az olajsav kedvező élettani szerepére az ún. mediterrán étrend fogyasztása mellett észlelt adatok hívták fel a figyelmet, azaz, hogy az olajsavban gazdag étrenden élőknel (még zsírdús étrend esetén is) igen kicsinek bizonyult a szívinfarktus előfordulásának gyakorisága. Az egyszeresen telítetlen zsírsavakat megtaláljuk mind a növényi, mind az állati termékekben is, így például az olívaolajban, a repceolajban vagy egyes állati zsírokban is.

2.6.5 Többszörösen telítetlen zsírsavak

Lánchosszabbítási és a telítetlen kettőskötéseket kialakító folyamatokon keresztül, enzimatis úton, a deszaturáz enzimrendszer és transzferázok révén alakulnak ki a hosszú szénláncú, többszörös kettős kötést tartalmazó zsírsavak, melyeket PUFA zsírsavaknak is nevezünk. A kettős kötések jelölése az „ ω ” vagy az „n” jellel történik, ez azt a metilcsoportot jelzi, ahol az első kettős kötés létrejön. A legfontosabbak az ún. n-3 és n-6 zsírsavak. Ezeknek, egyéb hatásaik mellett, szerepe van a vér koleszterin szintjének alacsonyan tartásáért. Főként növényi eredetűek, így például nagy mennyiségben megtalálhatóak a napraforgóban, a kukoricában, vagy a szójában (ERASMUS 1993). Az n-3 csoport első tagja a három kettős kötést tartalmazó α -linolénsav, amelyből az állati szervezetben, illetve vízi ökoszisztémákban egyes mikroalgákban, eikozapentaénsav (EPA, C20:5 n-3), majd a dokozahexaénsav (DHA, C22:6 n-3) keletkezik. Az n-6 család első tagja a két kettős kötést tartalmazó linolsav, amelyből a metabolizmus során elsősorban

arachidonsav (C20:3 n-6), majd eikozanoidok keletkeznek. A felsoroltak közül az EPA és a DHA élettani szempontból kedvező hatású, mivel csökkentik a vér koleszterinszintjét, közvetlenül hatnak a zsírsavcsereére, részben fenntartják a sejtmembránok funkcióját, valamint kisebb részben hormonszerű hatást is kifejtenek. Túlzott fogyasztásuk azonban - miután különösen érzékenyek az oxidációra - lipidperoxidációs láncreakciót indíthat el, amelynek következtében számos betegség (pl. tumorképződés) alakulhat ki (ZSINKA 1997). A láncreakció beindulását különböző antioxidánsok használatával, illetve a szervezet biológiai antioxidáns védőrendszerének aktiválásával csökkenthetjük. Ilyen természetes antioxidáns például az L-aszcorbinsav (C-vitamin), a DL- α -tokoferol (E-vitamin), egyes karotinoidok (A-vitamin), továbbá egyes mesterséges antioxidánsok, így a gallátok vagy a BHT (butil-hidroxil-toluol). A fűszernövények, így a rozmaryngolaj, a fokhagyma, a gyömbér, az oregano, a zsálya vagy a kakukkfű fenolos vegyületei szintén aktív antioxidánsok (MÉZES 2006, ERDÉLYI ET AL. 2008, PAVLOVIĆ et al. 2012). HONIKEL és ROSENBAUER (1998) szerint maximum 6% nagy olajsavtartalmú repce-, napraforgó- és olíva olajat és 100-200 mg E-vitamint tartalmazó takarmány hatására a hús megfelelő ideig volt tárolható kedvezőtlen elváltozások nélkül.

2.6.6 Az esszenciális zsírsavak

Esszenciális zsírsavnak nevezzük azokat a biológiailag értékes hosszú szénláncú, általában többszörösen telített zsírsavakat, amelyeket az állati és emberi szervezet nem, viszont a növények képesek előállítani. Ezek közé tartozik a linolsav, az α -linolénsav és az arachidonsav. Ez utóbbit újabban már nem tekintik esszenciálisnak, miután bebizonyosodott, hogy a linolsavból a szervezet azt képes hatékonyan előállítani (BEZARD et al. 1994, ZSINKA 1997).

Ezen zsírsavak esszenciális jellegét két amerikai kutató, BURR és BURR (1929, 1930) fedezte fel patkányokkal folytatott kísérleteik során. A kialakult hiánytünetek megszüntethetők, illetve megelőzhetőek voltak bizonyos speciális zsírsavak adagolásával, amelyek közül a linolsav (C18:2n-6) volt a leghatékonyabb.

Az n-6 zsírsavakat főleg a növényi olajokból vesszük fel, míg az n-3-as csoport tagjait a halolajokban és csak kisebb mértékben a növényi olajokban találjuk meg. A linolsavból a szervezetben arachidonsav AA, az α -linolénsavból pedig eikozapentaénsav (EPA), majd DHA keletkezik. Mindkét átalakulási folyamat sebesség-meghatározó enzime a $\Delta 6$ -deszaturáz, amelyért a két folyamat verseng (MÉZES 2001). Az n-6 zsírsavak a linolsavból származtathatók (LA), míg az n-3 zsírsavak az α -linolénsavból (ALA). Míg a deszaturációs lépés lassú, addig az elongációs lépés gyorsabban megy végbe (STEFFENS 1997).

Zsírsvacsalád	n-9	n-6	n-3
Reakció	olajsav 18:1n-9	linolsav 18:2n-6	α -linolénsav 18:3n-3
$\Delta 6$ -deszaturáció	↓ 18:2n-9	↓ γ -linolénsav 18:3n-6	↓ oktadekatetraénsav 18:4n-3
elongáció(+C ₂)	↓ 20:2n-9	↓ dihomo- γ -linolénsav 20:3n-6	↓ eikozatetraénsav 20:4n-3
$\Delta 5$ -deszaturáció	↓ 20:3n-9	↓ arachidonsav 20:4n-6	↓ eikozapentaénsav 20:5n-3
elongáció (+C ₂) vagy retrokonverzió		↓↑ dokozaetraénsav 22:4n-6	↓↑ dokozaetraénsav 22:5n-3
$\Delta 4$ -deszaturáció vagy retrokonverzió		↓↑ dokozaetraénsav 22:5n-6	↓↑ dokozaetraénsav 22:6n-3

3. ábra A többszörösen telítetlen zsírsavak metabolizmusa (Forrás: BEZARD et al. 1994)

2.6.7 A ponty zsírsavcseréje és esszenciális zsírsav-igénye

Általánosságban elmondható, hogy az állandó testhőmérsékletű állatok zsírraktárai általában inkább telített zsírsavakat tartalmaznak, míg a növények zsírsav tartalma általában telítetlen. A tengeri halak húsában megtalálható többszörösen telítetlen zsírsavakat (több mint 20 szénatom számúak) a tengeri algákból, azaz a takarmányból veszik fel. Ezt bizonyítja, hogy tengeri halolajjal etetett tenyésztett lazacok testzsírja is tartalmazza ezeket a többszörösen telítetlen zsírsavakat (LOVELL 1998). Az esszenciális zsírsavak – édesvízi halak esetében is elsősorban a linolsav és az α -linolénsav - nélkülözhetetlenek a halak normális növekedéséhez és fejlődéséhez.). A ponty takarmány összetétele optimálisnak tekinthető, ha 20-30 %-ban tartalmaz fehérjét, 15-25 %-ban zsírokat, és a maradék 45-65%-ban szénhidrátot (TÖLG és TASNÁDI 1996, HANCZ 2007). A haltápok a természetes takarmányok összetételét szeretnék pótolni, általában 50% fehérjét (esszenciális aminosavakkal), 10-15% szénhidrátot (kis mennyiségű rost), és 12-15% zsírt (esszenciális zsírsavakkal) tartalmaznak (BOGUT et al. 2007).

FARKAS és CSENGERI (1976) az elsők közt vizsgálták a ponty teljes lipid és foszfolipidek zsírsavösszetételét. A ponty poikilotherm állat, azaz nincs állandó testhőmérséklete, éppen ezért 5°C-os és 22°C-os vízben tartott pontyok zsírsavösszetételét hasonlították össze. Arra a megállapításra jutottak, hogy a membránok fluiditásának folyamatos fenntartása érdekében a hosszú

szénláncú többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége magas hőmérsékleten fokozatosan csökken, míg ezek a zsírsavak sokkal nagyobb mennyiségben találhatóak meg az 5°C-os vízhőmérséklethez adaptálódott halakban.

Az arachidonsav a membrán lipidek (foszfolipidek) egyik fő komponense és az eikozanoidok (hormonszerű alkotók és jelátviteli molekulák) fő prekursora. Ezek közé tartoznak többek között a prosztaglandinok és ezek metabolitjai (prosztanoidok, izoprosztánok és izofuránok). Az arachidonsavból képződő eikozanoidok pro-inflammatorikus hatással rendelkeznek, így fokozzák a gyulladásos megbetegedések súlyosságát. A gyulladás azonban önmagában nem kedvezőtlen, mivel a szervezet egyik fontos nem specifikus védekező mechanizmusa, ami csökkenti az infekció terjedését (UGOALA 2008).

A tengeri halaknál magasabb a DHA, míg az édesvízi halaknál több a linolsav- és a arachidonsav-tartalom. VARGA et al. (2011b, 2012) a Hévízi-tóban vizsgált természetes táplálékon nevelkedő vadpontyokat vizsgálva kimutatta, hogy hosszú szénláncú, és legtöbb telítetlen kötést tartalmazó dokozahexaénsav (C22:6 n-3) részaránya kiemelkedően magas volt (3,5%), míg a halastavi körülmények között ennek mennyisége csak 0,14-2,24% közötti szinteket ért el. A dokozahexaénsav α -linolénsavból keletkezik, melynek filébeli részaránya nem volt kiemelkedően magas, összevetve a tavi pontyokkal.

2.6.8 A táplálék zsírsavtartalma humánéletteni vonatkozásai

Számos tengeri halfaj gazdag n-3 többszörösen telítetlen zsírsavakban (HUFA), főleg eikozapentaénsavban (EPA) és dokozahexaénsavban (DHA), mely a planktonok lipid összetételének tulajdonítható. Számos eredmény bizonyítja, hogy ezen zsírsavakat tartalmazó halhús fogyasztása kedvező hatással van az ember szervezetére, egészségére, és szerepe van a kardiovaszkuláris betegségek megelőzésében is. Azonban az édesvízi halak húsa is tartalmaz értékes esszenciális zsírsavakat. A tengeri halakhoz képest az édesvízi halak általában nagyobb mennyiségben tartalmazzák C18 többszörösen telítetlen zsírsavakat, sőt EPA-t és DHA-t is, bár ez utóbbiakat kisebb koncentrációban. Emellett, az édesvízi halak húzában igen nagy mennyiségben szerepelnek az n-6-os többszörösen telítetlen zsírsavak, leginkább a linolsav és az arachidonsav. Éppen ezért az n-3 és az n-6 zsírsavak egymáshoz viszonyított aránya sokkal nagyobb az édesvízi-, mint a tengeri halaknál, 1 és 4 közötti (STEFFENS 1997).

2.6.9 Különböző gabonatakarmányok etethetősége

A halastavakban alkalmazott takarmányok legfontosabb csoportját a gabonamagvak (búza, kukorica, árpa, rozs, tritikalé) alkotják. Energiahordozó szénhidrátokban gazdagok (60-70 %), nyersfehérje-tartalmuk 10 % körüli, de életfontosságú aminosavban (lizinben) szegények. A főként a csírában található zsír (olaj) mennyisége 2-3 %, rosttartalmuk 1-5 %. Foszforban gazdagok, kalciumban ugyanakkor szegények. Általában elegendő B₁, B₂ és E-vitamint tartalmaznak, de C- és D-vitamint nem. A gabonafélék, azon belül a keményítőtartalmuk, emészthetőségét etetés előtti áztatással javítják. Ivadék számára darált állapotban, szaporításra kiválasztott anyahalaknak csíráztatottan adják (TASNÁDI 1983).

Az egyik legfontosabb, leggyakrabban etetett gabonaféle a takarmánybúza, amelynek elsősorban csekély lizin- és metionin tartalma érdemel említést, valamint az hogy jelentős telített zsírsavtartalma miatt nehezítheti a zsírfeltáródást a teletetés során. VIOLA és ARIELI (1983) intenzíven nevelt pontyok és tilapia etetésére használható gabonákat és azok táplálóhatását vizsgálták. A legjobb termelési paraméterekkel azok a halak rendelkeztek, amelyek búzát fogyasztottak, viszont ennek a csoportnak a takarmányozása volt egyúttal a legköltségesebb is. Ennél olcsóbb volt a kukorica, azonban ennek hatására 15%-ra növekedett a test zsírtartalma, amint azt saját vizsgálataim eredményei is mutatták.

A kukorica szintén fontos, keményítőben, telítetlen zsírsavakban és karotinban (xantofill) gazdag haltakarmány. Darája, nagy telítetlen zsírsav, linolsav, tartalma miatt gyorsan avasodik, ezért szakszerű tárolására nagy gondot kell fordítani. Emellett nedvesen tárolva (>14%) könnyen penészedik. Az erjesztéssel tartósított szemes kukorica etetésével a tárolásból eredő minőségromlás megelőzhető lenne, alkalmazása azonban csak mérsékelten terjedt el a haltakarmányozásban. Az őszi árpa az elterjedten alkalmazott pontytakarmányok közé tartozik, rosttartalma viszonylag magas. A rozs, bár csak kis mennyiségben fordul elő, is alkalmas haltakarmányozásra, a frissen aratott kombájn-tiszta rozs étrendi hatása azonban kedvezőtlen. A tritikalé egyre inkább elterjedőben van, táplálóértéke az árpához hasonló, azonban anyarozs-fertőződésre hajlamos. A zabot általában nem etetik pontyokkal, darája azonban az anyahalak kiegészítő takarmányozására kiválóan alkalmas magas fehérje- és telítetlen zsírsav (linolsav) tartalma miatt. A hüvelyes magvak csoportjába tartozó borsó fehérje tartalma magas, a részletes táplálóanyag tartalom értékei a 8.táblázatban láthatók. Jól emészthető és kevés az antinutritív anyag tartalma, szójával együtt azonban lazacnak nem adható, mert kedvezőtlen interakciók alakulhatnak ki, amelynek pontos oka még nem ismert (MÉZES 2012).

7. táblázat Egyes gabonamagvak és olajipari melléktermékek kémiai összetétele (1000 g szárazanyagban, g). Forrás: MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX (2004).

Takarmányok	Száraz- anyag g/kg	Nyers- fehérje	Nyers- zsír	Nyers- rost	Nmka	Nyers- hamu
Búzamag	885	134	18	29	799	20
Árpa	888	121	20	55	776	28
Repce	924	232	404	85	231	48
Kukoricaszem, száritott	885	90	40	27	826	17
Napraforgó	916	193	499	169	102	37
Rozs	882	106	17	30	826	21
Szójabab	898	375	207	77	283	58
Zöldborsó	888	248	14	65	636	37
Len	904	248	366	74	266	46
Extrahált lenmagdara	918	355	34	95	447	69
Extrahált napraforgódara	918	399	20	187	311	83
Extrahált szójadara	889	518	18	71	321	72
Extrahált repedara	916	378	25	129	390	78

2.6.10 A halolaj kiváltásának lehetőségei, különböző növényi zsírforrások kiegészítésével

A takarmányok zsírkiegészítésének elsődleges célja az energiatartalom növelése, és az esszenciális zsírsav (linolsav és α -linolénsav) hiány elkerülése. Az egyes növényi eredetű zsírkiegészítők energia-, valamint esszenciális zsírsav tartalma is eltérő (MÉZES et al. 2006). A többszörösen telítetlen zsírsavak takarmányban lévő mennyiségének növelésekor kellemetlen ízhatás is felléphet (pl. a halolaj okozta halíz). A telítetlen zsírsavak emellett ronthatják a zsírok konzisztenciáját, ezekre a zsírsavforrás megválasztása során ügyelni kell (HULLÁR 2002).

A tengeri halakkal kapcsolatban azonban azt is tudnunk kell, hogy azok húsa (olaja), különösen néhány népszerű halfaj esetén nagymennyiségű higanyt és dioxinokat tartalmazhat, ami az emberek szervezetét súlyosan károsíthatja. A higany főként gyermekek és terhes nők számára jelenthet veszélyt azzal, hogy a fejlődésben lévő idegrendszerben visszafordíthatatlan károsodásokat idéz elő. Ezért ma már a tengeri haltételeket rendszeresen vizsgálják ezekre a veszélyes anyagokra nézve. Amerikai kutatók kifejlesztettek egy olyan módszert, amellyel könnyen mérhető az asztalunkra kerülő tengeri halak higanytartalma. Az egyszerű vizsgálat a háziasszonyok mellett a környezetvédelemben dolgozók számára is hasznos lehet (BRÜMMER et al. 2001).

Az egyre csökkenő tengeri halászat miatt számos vizsgálatot végeztek arra nézve, hogy

miként lehet a halolajat egyéb zsírforrásokkal kiváltani a halak takarmányozásban. Az Európai Takarmánygyártók Szövetsége (FEFAC) javaslata szerint a haltáp ipar csökkentse a halliszt és halolaj felhasználását évente 5-10%-kal 2007-2010 között, annak érdekében, hogy egy fenntartható akvakultúra fejlődést megőrizhessünk (GYALOG et al. 2011). Növényi fehérje koncentrátumok (szójaliszt, repcemag liszt) felhasználása kiválthatja a halliszt alkalmazását, azonban magasabb előállítási költséggel jár az antinutritív anyagok eltávolítása. A halolaj helyettesítése is nehézkes, hiszen az alternatív forrásoknak megfelelő omega-3 mennyiséget kell tartalmazniuk (FAO 2011b).

HASAN et al. (1997) azt vizsgálták, hogy egyes magas olaj tartalmú növényi takarmány alapanyagok milyen hatást gyakorolnak a ponty lárvák növekedésére, testösszetételére, táplálékhasznosításukra és a fehérje értékesülésére. Mustár-, szezám-, len-, földimogyoró- és korpajliszt-pogácsákat etettek, melyeket különböző mértékben adagoltak 25%-tól 75%-ig. Az eredmények azt mutatták, hogy hatással vannak az egyes növények a beltartalomra, viszont nincs szignifikáns mértékben igazolható eltérés ($p < 0,05$) a növekedésben és a takarmányhasznosításban a kontroll csoporthoz képest.

A halliszt és halolaj helyettesítésére olyan magas fehérjetartalmú növények jöhetnek szóba, melyeknek az esszenciális aminosav tartalma kielégíti a halak aminosav szükségletét, de ezenfelül azt a hal elfogadja és képes könnyen megemészteni. A szójababot már jó ideje alkalmazzák erre a célra lazacfélék takarmányozásában (REGOST et al. 2003, MONTERO et al. 2005). Az Európai Unióban az extrahált szójadarát, valamint emellett a repcét, a lenmagot, valamint ezek keverékeit egyaránt alkalmazzák ragadozó halak állati fehérje kiváltására (TOCHER et al. 2003, MONTERO et al. 2005, IZQUIERDO et al. 2005).

Bizonyított, hogy a szója-fogyasztásnak preventív és terápiás jelentősége van a kardiovaszkuláris, a daganatos megbetegedésekben, az osteoporózisban és a menopausa tüneteinek enyhítésében. A kedvező hatás részben a szójában található fitoösztrogéneknek tulajdonítható. Ezek az izoflavonok részt vehetnek a daganatok kialakulásának prevencióban is, mivel elősegítik a szuperoxid-dizmutáz enzim szintézisét, ezáltal az oxigén szabad gyökök szintje csökken. Normalizálják a menopauzától függetlenül a vérlipid szinteket, csökkentve a káros LDL-szintet (alacsony sűrűségű lipoprotein) és növelve az előnyös HDL-t (nagy sűrűségű lipoproteint) (SZILVÁSSY és SÁRI 2008). A szója nagy mennyiségben tartalmaz kalciumot és cinket, valamint B-vitaminokat, főleg B₁₂-vitamint, valamint az agy és a máj működésében fontos szerepet játszó lecitint, foszfatidilkolint és foszfatidilszerint. Ezenfelül a szója a fehérje emésztésért részben felelős tripszin és az alfa-kimotripszin enzim inhibitorait tartalmazza. Ezek fokozott enzimválasztáson keresztül idézhetnek elő hasnyálmirigy megnagyobbodást (állatkísérletekben igazolt hatás), járulékos következmény, hogy az aminosavak felhasználása gátlódhat. A hőkezelésnek kitett, illetve feldolgozott szójában aktivitásuk töredékére csökkenthető, hatásuk pedig állatfajonként eltér (STANKOVIĆ et al. 2011). Szója tripszin

inhibitora olyan szerin proteáz inhibitor, amelyek a tripszin mellett a kimotripsint is gátolják. Eliminációjuk lehetőségei a toasterezés, ami nedves hőkezelési eljárás 10-20 perc minimálisan 110-120 °C, de ez a hőmérséklet csökkenti a fehérje emészthetőségét az extrahált szójadarában. A 44% nyersfehérje tartalmú szójadara általában sajtolással készül, emiatt nyerszsír tartalma 4,7 %; nyersrost tartalma pedig 6 %. A 48% nyersfehérje tartalmú héjmentesített és oldószeres extrakcióval készül, emiatt nyerszsír tartalma 0,9 %, nyersrost tartalma pedig 2,8 %. A szója peptideket a szója enzimekkel és *Lactobacillus* törzsekkel való fermentációjával állítják elő. Az így előállított termék nem tartalmazza a szója antinutritív és allergizáló hatású anyagait. A tripszin inhibitor maximum mennyisége 1 mg/g fehérje (MÉZES 1997).

A szójadara etetésének kedvezőtlen hatásai nedves hőkezeléssel jórészt csökkenthetők, ez szükséges az antinutritív faktorok semlegesítése érdekében. Azonban a magas hőmérséklet (120°C) részlegesen csökkenti az egyes aminosavak emészthetőségét (MÉZES 2012). A leginkább hőre érzékeny faktor, ami nem tekinthető táplálóanyagnak, a tripszin inhibitor, amely gátolja a tripszin és a kimotripszin működését, azaz csökkenti a fehérje emésztést és emiatt a ponty növekedése is visszaesik (VIOLA et al. 1992).

Különböző feldolgozási technológiákat fejlesztettek ki a szójabab takarmányozási célú felhasználására. A hagyományos oldószeres olajkivonásra épülő technológia mellé száraz és gőzöléses extrudálási technológiákat és a tósztolást (főzést) vezették be, amelyek nemcsak hatástalanítják a tripszin-inhibítort, de megőrzik a szójababban lévő magas energiatartalmú olajok minőségét, emellett gyérítik a káros baktériumokat és penészgombákat. ERGUN et al. (2008) egy tengeri halfajt etettek olyan haltáppal, amelyben 20%-os zsírmentesített (defatted) szója kiegészítést alkalmaztak. A kísérleti szójaterméket tósztolással, azaz magas hőmérsékleten végzett nedves kezeléssel extrudálták, majd pelletálták, ezek a folyamatok jelentősen csökkentették a tripszin inhibitor aktivitást a magas hőmérséklet, a nagy nyomás és a nedvesség-tartalom által. Leírták, hogy maximum 20%-ban érdemes szóját keverni a halliszt helyett a haltápbba, anélkül, hogy szükséges lenne az aminosav kiegészítés (ERGUN et al. 2008).

MAJOROS et al. (1995) kísérletében medencés halnevelő rendszerben tartott pontyoknál az extrudált, full-fat szójatermékek alkalmazásával javult a takarmány értékesülés. Megállapították, hogy a ponty, és az afrikai harcsa esetében is, az extrudált szója energia (olaj) tartalma hatékonyabban hasznosult, mint a szokásos olajkiegészítésé. A hasznosítás javulását valószínűleg az extrudált szója magasabb esszenciális zsírsav tartalma okozta, de szerepet játszhatott az extrudált szója jobb emészthetősége is (MAJOROS et al. 1995).

A repceolaj is hasznosítható halolaj helyett haltáp dúsítására, hiszen mind a linolsav, mind pedig az alfa-linolénsav zsírsavakat tartalmazza, emellett olajsavban is gazdag. A n-6/n-3 aránya 2:1, ami egészséges az emberi szervezetre és nem káros a halak egészségére sem (BELL et al.

2003). Az atlanti lazacot több kísérlet során is repceolajat tartalmazó takarmánnyal etették, halolaj helyettesítéseként (BELL et al. 2003, TOCHER et al. 2003). Megállapították, hogy sem a növekedésre sem a táplálék-emészthetőségére nem volt kedvezőtlen hatással a repceolaj különböző (10, 25, 50 és 100%) mértékben való alkalmazása, a zsírsavösszetétel viszont javult (BELL et al. 2003).

A repce antinutritív anyag, glükozinolát, tartalma nagy, amely halaknál is problémákat okozhat, de ezek mennyisége főképp fermentációs előkezeléssel jelentősen csökkenthető. Az extrahált repcedara kevésbé gyakori haltakarmány, csak antinutritív és potenciálisan toxikus (erukasav) 00 vagy 000 fajták etethetők, azok is csak maximum 10 % mértékben (MÉZES 2001). A takarmányba kevert full-fat repcemag (13,4%), illetve repceolaj (6,2%) amennyiben az úgynevezett „00” tételből származik, az atlanti lazac takarmányfelvételét, tömeggyarapodását és takarmányértékesítését egyaránt pozitívan befolyásolta. Emellett a full-fat repce, illetve a repceolaj hatással van a zsírsavösszetételére is.

Az olajos pogácsák összetételének meghatározásának legfontosabb tényezői közé tartozik a feldolgozási folyamat: zúzás, főzés, ritkább esetben héjazás. A héjazás a repce esetében a rost- és pigment-tartalom legnagyobb részének eltávolítását jelenti (csökkentené a növényi liszt táplálóértékét). A repce kezelése két lépésben történik, először préselik, majd oldószerrel kezelik, így nyerik a repceolajat és az keletkezett extrahált repcedara magas fehérjetartalmú (nyersfehérje-tartalom kb 370-380 g/kg sza.). Az olajtartalom növeli a préselt repce táplálóértékét.

ZIVKOV-BALOŠ et al. (2012) szerint fontos a tápanyag felhasználáskor, hogy a repcemag pelletálása, és az enzimkiegészítés lisztbe keverve, illetve a megfelelőbb glükozináttartalommal nemesített repce legyen felhasználva az állatok számára.

ÁCS et al. (2007a) 4% lenolaj kiegészítést kevert sertések számára a takarmányba. Jelentős mértékben növelte a sertés szövetek n-3 zsírsavszintjét, és pozitív irányban módosult a hús n-6/n-3 zsírsav aránya, így az előállított hús a táplálkozási irányelveknek megfelelő lett. Azonban, a 4% lenolaj íz rontó hatású lehet, ami ilyen mértékű alkalmazását a gyakorlatban korlátozhatja. Szívárványos pisztrángnak 2,5%, illetve 5% lenolajat tartalmazó tápot adtak 75 napig, mindkét csoport elfogadta a tápot, a kísérlet végére testtömegük jelentős mértékben nőtt, a halfilé zsírsavösszetétele a lenolajban nagy mennyiségben megtalálható ALA zsírsavat megfelelő arányban tartalmazta (ZELENKA et al. 2003).

A növényi eredetű olajok (elsősorban az n-3 zsírsavakban gazdag repceolaj és lenmagolaj) nincsenek negatív hatással a halak növekedésére és takarmány-hasznosítására (BELL et al. 2003; lepényhal: REGOST et al. 2003; lazac: TORSTENSEN et al. 2005; tengeri sügér: WONNACOTT et al. 2004). Lazacoknál azt is megállapították, hogy a halolaj kiváltásának nincs káros hatása a szaporodásbiológiai mutatókra sem (RENNIE et al. 2005). A növényi eredetű olajok racionális

mértékű felhasználása nem hat károsan a halak egészségi állapotára (tengeri keszeg: MONTERO et al. 2005).

A 9. táblázatban különböző tógazdaságokban pontyokon végzett kísérletek összefoglalása látható 1995-2010-es időszakból összegyűjtve.

8. táblázat Különböző takarmányok és takarmánykiegészítők hatása különböző korú és méretű pontyok testösszetételére egyes szerzők szerint (K/L - Lehalászási időpont/Kísérleti időtartam, n.a.- nincs adat)

Forrás	Takarmány	K/L	Kezdő testtömeg (g)	Végző testtömeg (g)	Zsír (g/kg)	Össz n-3	Össz n-6	n3/n6 arány
Majoros et al. 1995	1.Hidrotermikusan kezelt szója	88 napos kísérlet	325,6	666,4	8,7			
	2.Száraz extruderrel kezelt szója		330,0	667,7	9,1			
	3.Extrahált szója, napraforgóolaj		322,6	598,4	10,8			
	4.Halastavi kontroll		328,1	550,0	8,7			
Fajmonová et al. 2003	Term. tápl. és Búzaszemek	október	558± 4,6	2044 ±66,9	80,1± 2.63	4,12±0,131	8,21 ±126	0,5 ±0,01
Hadjinikolova 2004	1.Kontroll	140 napos kísérlet	105	1004	3,19±0,12			
	2.Tőkehalmáj-olaj		90	1033	4,15±0,10			
	3.Szója		95	955	4,02±0,10			
	4.Napraforgó-olaj		96	1018	4,13±0,13			
Przybyl és Mazurkiewicz 2004	1.Árpa	60 napos kísérlet halastavakban	200,33±10,5	818,31	3,35±0,30			
	2.Búza			849,40	3,36±0,19			
	3.Tritikálé			828,22	3,51±0,12			
	4.Rozs			840,22	3,43±0,30			
Vachá et al. 2007	1.Term. táplálék	október	1130	1358,6	1,76	11,44	20,31	0,56
	2.Kukorica			2221,0	13,26	2,78	10,35	0,27
	3.Búza			2184,5	11,22	3,45	8,09	0,43
	4.Tritikálé			1892,3	9,72	3,45	7,64	0,45
Steffens és Wirth 2007 I. kísérlete	1.Term. tápl.	ősz	háromnyaras	1497	1,8	15,1	19,5	0,8
	2. Búza			1681	3,4	9,3	12,0	0,8
Steffens és Wirth 2007 II. kísérlete	1.Halolaj	84 napos kísérlet	kétnyaras	n.a.		34,7	14,3	2,4
	2.Kukoricacsíraolaj					7,9	53,9	0,1
	3.Napraforgóolaj					7,8	53,7	0,1
	4.Repcemagolaj					14,4	27,4	0,5
Guler et al. 2008	Term. tápl.	ősz	n.a.	1250	1,31	11,8	23,3	0,5
		tél			4,45	14,7	13,9	1,06
		tavasz			2,94	15,3	20,9	0,73
		nyár			1,09	18,9	22,6	0,83
Urbánek et al. 2010	1.Term. tápl.	október	1067	2241	56,8±9,4			
	2.Kukorica		1061	2792	112,7±15,6			
	3.Tritikálé		1044	2863	84,3±15,7			
	4.Rozs		1095	2791	90,1±19,0			

HUSVETH et al. (2007) OTKA kutatási pályázata által megvalósított vizsgálataiban azt igazolják, hogy céltudatos tartási és takarmányozási módszerekkel az állati eredetű élelmiszer-alapanyagok zsírsavösszetétele jelentős mértékben javítható háziállatoknál. Segítségükkel, az emberi egészséggel szemben rizikófaktorként számító zsírsavak mennyisége jelentős mértékben

csökkenthető. A táplálkozással összefüggő betegségek kialakulása ellen védő zsírsavak (n-3, ezen belül a DHA zsírsavak és a konjugált linolsav CLA) mennyisége növelhető juh, sertés, és szarvasmarha zsírszöveteiben. Ennek tükrében volt célom a ponty takarmányozásának befolyásolásával javítani a pontyfilé zsírsavösszetételét.

2.7 A lipidperoxidációs paraméterek bemutatása

Az aerob anyagcserét folytató szervezetek számára az oxigén jelenléte feltétlenül szükséges, e létfontosságú elem ugyanakkor a toxikus szabadgyökök prekursora is, az oxigénből keletkező reaktív oxigén intermedierek súlyosan károsíthatják a sejtek és szövetek szerkezetét, azok működését. Az utóbbi évtizedekben egyre többet foglalkoznak mind a humán, mind az állatorvosi kutatómunkában a szabadgyökök károsító hatásaival, valamint a szervezet antioxidáns védelmi rendszerének vizsgálatával (MÉZES et al. 2003). Számos betegséget az oxidatív stressz okozhat; így például autoimmun betegségek (LACHANCE et al. 2001), daganatos megbetegedések (TAYLOR és HOBBS 2001).

A szervezetben természetes körülmények között is keletkeznek erőteljes oxidatív tulajdonsággal rendelkező vegyületek (mint például a hidrogénperoxid), amelyeket reaktív oxigén fajtának, speciesnek (ROS) szokás nevezni (endogén oxidatív stressz). Bizonyos mennyiségű ROS szükséges a normális sejtműködés szabályozásához, a sejten belüli jelzések továbbításához, a sejtek szaporodásához, a védekezést szolgáló gyulladási folyamatokhoz és az apoptózishoz, a programozott sejtpusztuláshoz. A sejtek redox állapota a ROS és az ezeket lebontó enzimek, illetve thiol pufferek egyensúlyának következménye (LACHANCE et al. 2001). Az anyagcsere-folyamatok során sokféle ROS keletkezik. Az élő szervezetben jellemzően előfordulnak szabadgyökök (olyan kémiai speciesek, amelyek önállóan létezhetnek, bár egy- vagy több páratlan, szabad elektronjuk van) és nem-gyökös speciesek (BÍRÓ 2003).

A szabadgyökök képződhetnek enzimatis hatások következtében (oxidázok, reduktázok tevékenységének eredményeként), vagy nem enzimatis úton, rendszerint vas közreműködésével (FENTON 1894, HABER és WEISS 1934). A ROS és speciálisan a szabadgyökök képződését az életmóddal összefüggő és környezeti tényezők is elősegíthetik (exogén oxidatív stressz). Ilyen faktor a dohányzás, a kimerítő tréning, a táplálkozásban az aránytalanul sok, többszörösen telítetlen zsírsav, és pedig az n-6 család tagjai (BÍRÓ 2003).

2.7.1 A lipidperoxidáció folyamata

Ha egy adott lipidet szabadgyök-iniciátor segítségével, hidrogénelvonással lipid szabadgyök állapotba hozunk, könnyebben képes reakcióba lépni a molekuláris oxigénnel. A reakció során peroxi gyök keletkezik. Ezt a folyamatot nevezzük lipidperoxidációnak (BALOGH 2006).

A lipidperoxidáció folyamata három részből áll (SUGIYAMA 1994):

1. Iniciáció. A szabadgyökök által aktivált iniciáció, amelyben valamely szabadgyök hidrogén elvonással a lipidet lipidszabadgyök-állapotba hozza, miközben redukálódik. Ha a szabadgyök reakcióba lép a molekuláris oxigénnel lipid-peroxil gyök jön létre.

2. Propagáció. A folyamat folytatódik, és a lipid-peroxil gyökök a környezetükben lévő molekuláktól hidrogént vonnak el, és azokat szabadgyökké oxidálják, miközben átmenetileg stabil lipid-peroxidokká alakulnak. A hidrogénjét leadó molekulákból keletkezett szabadgyök biztosítja a reakció újraindulását.

3. Termináció. A folyamat során stabil gyökök és molekulák keletkeznek, emellett viszont a zsírsavláncok töredeznek, vagy polimerek alakulnak ki.

2.7.2 Antioxidáns védelem

Az előző fejezetekben már említett többszörösen telítetlen n-3 zsírsavak egészségre gyakorolt kedvező hatása miatt lett fontos alkotóeleme a takarmányozásnak. A PUFA zsírsavak hajlamosak a peroxidációra, mivel a kettős kötés melletti ún. α -metilén szénatomjaik C–H-kötése gyengébb, így részlegesen aktiválnak tekinthetők. A lipidperoxidáció kezdeti lépéseként emiatt erről a szénatomról történik a hidrogénelvonás (PRYOR 1973). A többszörösen telítetlen zsírsavak degradációját, az elsődleges, és a másodlagos lipid lebomlási végtermékek degradációjáról szól a lipidperoxidáció (PAVLOVIĆ et al. 2012). A lipidek autooxidációja során új C–C-kötések, és keresztkötések képződnek. Ezek főképp a membránok lipid-kettősrétegének sérülését eredményezhetik. Az autooxidációt meggyorsítja az egyes fémek jelenléte, mert fokozzák a hidroperoxidok bomlását, ezzel újabb szabadgyökök képződését eredményezve.

Az oxidatív folyamatok során keletkező szabadgyökök mind a termelő állat, mind a terméket fogyasztó ember egészségére káros hatást gyakorolnak. A káros folyamatok intenzitása csökkenthető antioxidánsok alkalmazásával (SACHECK és BLUMBERG 2001, BALOGH 2006). A hús magas többszörösen telítetlen zsírsavaránya kedvezőtlen irányba befolyásolja a hús oxidációs stabilitását, gyorsítja az avasodást és csökkenti a hús eltarthatóságát. Éppen ezért az oxidációs stabilitás növelése érdekében antioxidánst érdemes alkalmazni.

Az elsődleges antioxidáns védelmet enzimek látják el (szuperoxid-dizmutáz, kataláz, glutation-peroxidáz). Az enzimatisz szabályozás mellett nagyszámú nem enzimatisz endogén és

exogén (táplálék útján bekerülő) antioxidáns is ismert. Endogén nem enzimatis antioxiánsok például a redukált glutation (GSH), a mitokondriális koenzim-Q, a liponsav stb. Az albumin, a purin anyagcsere lebontási végterméke a hógysav, és a hemoglobin lebontásából származó bilirubin szintén jelentős antioxiáns hatással rendelkezik (VALKÓ et al 2007).

Exogén antioxiánsok egyes vitaminok (C, E), az A-vitamin provitaminja, a β -karotin, egyéb, nem A-provitamin hatású karotinoidek, továbbá néhány aminosav, a flavonoidok, a fenolsavak és származékaik. Az ásványi anyagok (pl. Mg, Se, Zn, Mn, Cu) önmagukban nem antioxiánsok, ám nélkülözhetetlenek az antioxiáns enzimek működéséhez (BÓKKON 2000). E-vitamin kiegészítést szoktak adni a takarmányhoz (ÁCS et al. 2007b, WEBER et al. 2008) így eltarthatóbb és porhanyósabb lesz az állat húsa.

Az enzimatisan keletkezett oxidált lipidek stabilak, a sejtől kiduffindálhatnak és autokrin illetve parakrin szabályozásban vehetnek részt. A nem enzimatis, azaz autokatalitikus szabadgyökös lipidperoxidáció viszont strukturális károsodást okozhat a membrán foszfolipidekben. Emellett a foszfolipidekből felszabadulnak az azok funkciójához nélkülözhetetlen telítetlen zsírsavak, mint például az arachidonsav (AA) vagy a dokozahexaénsav (DHA). A létrejött instabil AA- és DHA-gyökök izomerizálódnak, valamint kettős kötéseik újra rendeződnek. Az így keletkező konjugált diének további oxidáció hatására átalakulnak lipid peroxidokká, melyek a PUFA zsírsavak peroxidációjának elsődleges termékei (ŠOJÍĆ et al. 2012). A metastabil másodlagos végtermékek, a PUFA zsírsavak nem enzimatisan oxidált származékai az aldehidek (malondialdehid, 2-alkenálok, 4-hidroxil-2-alkenálok), illetve alkánok, és ketonok (JOSEPHY 1997) is keletkeznek, amelyek noha nem szabadgyökök, mégis rendelkeznek bizonyos reaktivitással (BALOGH 2006). Az újabb kutatások szerint nem tekinthetőek többé kizárólagosan károsnak az aldehidek, mivel egyesek gátolják a tumoros sejtek proliferációját és elősegítik az apoptózist (szabályozott sejtelhalás), valamint növelik a sejtek toleranciáját (BÓKKON 2000).

2.7.3 *Malondialdehid (MDA)*

A MDA 2-tiobarbitursavval (TBA) savanyú közegben magas hőmérséklet hatására sárgás-vörös színű komplexet képez (NÉMETH 2004), amely reakciót gyakran alkalmazzák a lipidperoxidációs folyamatok kimutatására (YAGI 1982). A szövetek tiobarbitursav reaktív anyagainak (TBARS) mennyiségét malondialdehid egyenértékben kifejezve a PLACER et al. (1966) által kidolgozott, MATKOVICS et al. (1988) által módosított módszerrel mérik.

HALAMÍCKOVÁ et al. (2003) vizsgálták a compó (*Tinca tinca* L.) izomzatának malondialdehid koncentrációját. Megállapították, hogy különböző értékeket mutat a haltest különböző részein. A hím compóknál az első három szegmens ventrális részén, míg a nőstény

compóknál a dorzális részen volt a legmagasabb az MDA koncentráció, amit a magas telítetlen omega-3, és omega-6 zsírsavak jelenlétével magyaráztak VACHA és TVRZICKA (1995) eredményei alapján.

Meleg füstöléssel készített Európai angolna filé és hidegen füstölt lazac filé eltarthatóságát vizsgálták BAKLORI et al. (2012) több hetes hűtőben tárolás után. Az angolna filék magasabb TBARS értékeket mutattak, amit a magasabb zsirtartalom igazolt (angolnafile 24%, lazacfile 11,1% nyerszsír).

ŠOJIC et al. (2012) szerint az oxidáció befolyásolja az étel tápanyagértékét azáltal, hogy szétbontja a vitaminokat, és a PUFA zsírsavakból peroxidázok keletkeznek (malondialdehidek, hidroxialkánok, stb...), melyek nagy mennyiségben toxikussá válhatnak az emberi szervezetre. BALOGH et al. (2010a,b) mesterségesen szennyezett takarmánnyal etetett pontyokat és a lipideroxidáció intenzitását vizsgálta. A kísérlet első két hetében magasabb oxigén metabolit szinteket mértek a T-2 toxinnal kezelt csoportban, de a glutation redox rendszer folyamatos aktivációja következtében a lipidperoxidáció intenzitása, ahogy azt a MDA koncentráció mutatta, az alkalmazott toxin-dózis esetében nem növekedett.

2.7.4 Konjugált diének

A diének, régies nevükön diolefinek olyan nyítláncú szénhidrogének, melyekben kettő darab kettős kötés található a szénlánc szénatomjai között. Ha csak egy darab kettős kötés van a szénláncban, akkor alkén nevet adunk a molekulának.

A diénekben található kettős kötések egymáshoz képesti elhelyezkedése alapján három típusú diént különböztetünk meg (MARÓTHY 2006):

- ❖ kumulált dién: a két kettős kötés egymással szomszédos (az a szénatom, amely a két kettős kötéssel kapcsolódik a szomszédaihoz, sp). A kumulált diének királisak is lehetnek, így optikai izomériát (allénizoméria) mutathatnak.
- ❖ konjugált dién: a szénláncban váltakozva fordul elő kettős, illetve egyes kötés, azaz a két kettős kötéset egy egyes kötés választja el. (Ilyenkor az a négy szénatom, melyek egy-egy kettős kötéssel kapcsolódnak, szomszédosak, és mindegyik sp² hibridállapotú.)
- ❖ izolált dién: a szénláncban a két kettős kötés között legalább két egyes kötés található (ami azt jelenti, hogy a két, egymáshoz kettős kötéssel kapcsolódó szénatom pár között legalább egy sp³ hibridállapotú szénatom is van, így a két kettős kötés között nincs kölcsönhatás).

Az autokatalitikus szabadgyökös lipidperoxidáció során a foszfolipidekből felszabadulnak az esszenciális zsírsavak (AA és DHA), a létrejött instabil AA- és DHA-gyökök izomerizálódnak,

valamint kettős kötéseik újra rendeződnek. Így keletkeznek a konjugált diének, melyek további oxidáció hatására átalakulnak peroxidokká, melyek a PUFA zsírsavak peroxidációjának elsődleges termékei lesznek (ŠOJÍČ et al. 2012).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1 Takarmányozási kísérletek és a vizsgálati módszerek ismertetése

Dolgozatomban tógazdasági körülmények között nevelt étkezési pontyok húsminőségét vizsgáltam, valamint négy takarmányozási kísérletet hajtottam végre ponty fajban. A kísérletek a termelés szerkezetalapján a következők voltak:

1. **Hagyományos tógazdasági termelés vizsgálata:** Természetes táplálékbázison túl a hagyományos abraktakarmányra alapozott etetés hatásának vizsgálata étkezési pontyállományra öt tógazdaságban (továbbiakban Tógazdasági kísérlet).
2. **Hagyományos termelési kísérlet:** Tógazdasági körülmények között nevelt pontyok testösszetétel vizsgálata extrahált repce:búza 1:1 arányú keverék, és búza etetés hatása (továbbiakban Tógazdasági előkísérlet).
3. **Zárt recirkulációs rendszerben végzett kísérlet:** Különböző növényi olajok hozzáadásával készült tápok hatásának vizsgálata a étkezési méretű pontyhús összetételére laboratóriumi körülmények között (intenzív rendszerben) (továbbiakban „Intenzív rendszerben végzett kísérlet”).
4. **Intenzív és a hagyományos termelés körülményeinek megteremtése,** Búza-extrahált repce és természetes takarmány kiegészítés, valamint búza és természetes takarmány kiegészítés hatása a pontyok testösszetételére ketreces tartásban (továbbiakban „Fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet”).

A négy fő kísérletet az alábbi táblázatban foglaltam össze, megjelölve azokat a fejezet címeiket amelyek az adott kísérletekre vonatkoznak.

9. táblázat A vizsgálatok összefoglaló adatai

Termelési körülmények	Testtömeg a kísérlet elején (g)	Test-tömeg a kísérlet végén (g)	A kísérlet időtartama	A kísérlet helyszíne	Vizsgált paraméterek
1. Hagyományos tógazdasági termelés vizsgálata (3.3 fejezet)	adat nem áll rendelkezésre	1400-3000	egyszeri mintavétel	5 tógazdaság (lásd a 3.3. fejezet), OÉTI	összsírtart., zsírsavösszetétel, tiobarbitursav reaktív anyagok, konjugált dién, mikroelem (vas, réz, cink, mangán)
2. Tógazdasági előkísérlet (3.4 fejezet)	650,8± 353,9	629,2± 531,2	32 nap	Tógazda ZRt Zalaszentgróti gazdasága, OÉTI	összsír-, fehérje-, szárazanyag-, hamu-, rost-, zsírsavtart, tiobarbitursav reaktív anyagok, konjugált dién, kísérleti takarmányok zsírsavösszetétele
3. Intenzív rendszerben végzett kísérlet (3.5 fejezet)	1115,90± 194,60	1189,86± 166,67	42 nap	Kaposvári Egyetem, OÉTI	összsír-, fehérje-, szárazanyag-, hamu-, rost-, zsírsavtart, tiobarbitursav reaktív anyagok, konjugált dién, kísérleti tápok zsír-, fehérje-, szárazanyag-, rosttartalma, zsírsavösszetétele
4. Fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet (3.6 fejezet)	336,39 ± 42,23	405,06 ± 77,27	42 nap	Szent István Egyetem, OÉTI	összsír-, fehérje-, szárazanyag-, hamu-, rost-, zsírsavtart., tiobarbitursav reaktív anyagok, konjugált dién, kísérleti takarmányok zsír-, fehérje-, szárazanyag-, rosttartalma, zsírsavösszetétele

3.2 Kísérleti paraméterek részletezése

A haltakarmányozási kísérleteket a Tógazda ZRt. Zalaszentgróti Gazdaságában, a Szent István Egyetem, Környezet- és Tájgazdálkodási Intézet, Halgazdálkodási Tanszéken, illetve a Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Hallaboratóriumában végeztem. A kémiai vizsgálatokat (a takarmányokat és a halmintákat) az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézetben (OÉTI) vizsgáltam.

Az állatvédelmi előírásoknak megfelelően: „Különböző halfajokon végzett takarmányozási és nevelési kísérletek” megnevezésű, 2008. 03. 28. a 243/1998. kormányrendelet 1. számú mellékletében foglalt ajánlások figyelembevételével végeztem el a kísérleteimet, a Fővárosi és Pest Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Élelmiszerlánc - Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság, Járványügyi és Állatvédelmi osztály által kiadott engedélyek birtokában.

3.3 A Tógazdasági kísérlet bemutatása

A kísérletek során öt halgazdaság étkezési méretű pontyállományából származó egyedeit vizsgáltam. Az öt halgazdaság az Aranyponty Halászati Zrt., az Attala Haltermelő és Értékesítő Kft., a Hortobágyi Halgazdaság Zrt., a Körösi Halász Szövetkezet, és a Tógazda Halászati Zrt. voltak. A 4. ábrán mutatom be az öt tógazdaság földrajzi helyét. A halgazdaságokból származó pontyokból vett minták mérési eredményeit véletlenszerű sorrendben C1-C5 elnevezéssel jelöltem. Az egyes halgazdaságokból véletlenszerűen kiválasztott 10-10 étkezési méretű pontyot dolgoztam fel és vizsgáltam. Minden egyes előlt példány *dorso-laterális* részéből 20-20 g mintát vettem, a mintákat a vizsgálatok megkezdéséig -27°C-on tároltam. Vizsgáltam a pontyhús összes zsírtartalmát, zsírsavösszetételt, tiobarbitursav reaktív anyagokat, konjugált diént, egyes mikroelemeket (vas, réz, cink, mangán).

A kísérleti tógazdaságok takarmányozás technológiáját az 11-12. táblázatok mutatják be.



4. ábra Az öt vizsgált halgazdaság székhelye

10. táblázat Az öt halgazdálkodási cég lehalászási összesítő adatai

	C1	C2	C3	C4	C5
Tó mérete (hektár)	42,7	60	50	53	105
Tak. időszak	05.01-10.15.	05.01-10.01.	05.01-10.31.	05.01-10.31.	04.10-10.31.
2+ Ponty átlag testtömege (kg)	2,0-3,0	2,4-2,7	1,6-2,0	1,6-1,8	1,8-2,0
Lehalászott 2+ ponty súlya (kg)	21.555	27910	34326	80000	120000
1+ ponty (kg)	0	0	8799	8500	0
Amur (kg)	815	50	1412	16000	6000
Busa (kg)	4970	3380	1490	2000	12000
Süllő (kg)	370	14	0	0	2000
Harcsa (kg)	780	275	0	0	2000
Csuka (kg)	350	0	0	0	0
Kárász (kg)	4502	60	3449	0	0

11. táblázat Az öt halgazdálkodási cég takarmányozási adatai (kg/nap)

kg/nap	Ápr.	Május	Június	Július	Aug.	Szept.	Október
C1							
Törtszemű kukorica	0	300-400	700-800	1000	1000-1500	0	0
Búza	0					350-600	0
Tritikálé	0	0	0	0	0	0	100-200
C2							
Kukorica	0	150	0	0	0	650	0
Napraforgó	0	0	100	0	250	0	0
Rozs	0	0	0	1600	1400	0	0
Tritikálé	0	0	800	0	0	500	0
C3							
Törtszemű kukorica	0	1300	3800	2670	0	0	0
Kukoricadara	0	0	0	530	0	0	0
Búza	0	0	0	5000	2000	0	1200
Tritikálé	0	0	0	0	4570	0	0
C4							
Kukorica	0	0	0	1000	0	500-1600	800-1600
Búza	0	300-900	600-1200	600-1600	800-1600	300-1600	0
Zöldborsó	0	0	3000	1980-2000	0	0	0
C5							
Kukorica	0	0	0	4000	6000	2000	1500
Tritikálé	1000	1500	2000	0	0	0	0

3.4 Tógazdasági előkísérlet bemutatása

A Tógazda Halászati Rt. Zalaszentgróti telepének két, egyenként 3 hektáros tavában egy- és kétnyaras kihelyezett pontyokkal végeztem etetési kísérletet. A kísérletet júliusban kezdtem, melynek során az egyik tóba kizárólag búzadarát, a másik tóban pedig búzadara és extrahált repcedara 1:1 arányú keverékét adagoltam kiegészítő takarmányként a tó természetes hozama mellett. A napi takarmányozási ütemet a mintázott pontyok élőtömegének 2,0%-ában állítottam be, melyet a kísérlet 17. napján végzett próbafogás után korrigáltam. A takarmányok hatását a pontyfilé összetételére a kísérlet 32. napján véletlenszerűen kiválasztott halakban vizsgáltam.

Kétszer vettem mintát mindkét tóból. A kísérlet első napján, és a kísérlet utolsó napján. A halaknak megmértem a testsúlyát és a testhosszát. A takarmányozási ráta értékeinek beállításakor 2,0 testtömeg %-ot mértem ki.

Vizsgáltam a filé zsírsavösszetételét, zsírtartalmát, tiobarbitursav reaktív anyagok, konjugált dién, a takarmány zsírsavösszetételét és zsírtartalmát.

3.5 Intenzív rendszerben végzett kísérlet bemutatása

A Kaposvári Egyetem Hallaboratóriumába az Aranypony Zrt. rétimajori telepéről szállítottam kétnyaras étkezési méretű tőpontyokat. Preventív fűrésztést követően (NaCl 0,5%; 10 perc) 162 pontyot telepítettem az előre felkészített (kifertőtlenített) tartályokba. A kísérletet egy 10 m³ hasznos térfogatú recirkulációs rendszerben végeztem 42 napon át. A kísérleti blokk 9 × 1000 literes térfogatú kádból állt (5.ábra), amelyhez egy biológiai szűrő egység, és 1600 l össztérfogatú ülepítő kádak tartoztak. Az ülepítő kádak közül egyben Raschel-háló, kettőben kavicságy biztosította a mechanikai és biológiai szűréshez nélkülözhetetlen óriás felületet. A kádakban külön levegőztető biztosította a folyamatos oxigénellátást, az egyedileg szabályozható csapok segítségével állítottam be az állandó, 2,5 l/perc sebességű vízfolyást. A napi vízcsere 10 % körül alakult, amelynek pótlása csapvízzel történt. A kísérletek során sem mesterséges megvilágítást, sem sötétítést nem alkalmaztam. Kádanként 18 halat helyeztem el (sűrűség: 19,7±1,2 kg/m³). A kísérlet során a víz hőmérséklet 23,5±1,0°C-os volt.



5. ábra Kaposvári Egyetem Állattudományi Karának Hallaboratóriumában (recirkulációs rendszerében) folyó kísérlet (Fotó: Dr. Müller Tamás)

A kísérlet során alkalmazott pelletált takarmányt a sarvasi HALTÁP Kft. állította elő, majd az előre egyeztetett receptúra szerint a Kaposvári Egyetem Takarmányozástan Tanszéke készítette el. A kezelések előtt a takarmány (T táp) 37%-os fehérjetartalmú, 6%-os zsírtartalmú, 3 mm szemcseméretű tilápiatáp volt. A pelletált T takarmányt három részre osztottam és ezeket len- (L csop.), napraforgó- (N csop.), valamint szójaolajjal (Sz csop.) 12%-os zsírtartalomra egészítették ki.

A három tápot három-három véletlenszerűen kiválasztott tartályban ettettem a 42 nap alatt naponta három alkalommal (8.00h, 12.00h, 16.00h). A napi takarmányozási ütem 2% testtömeg kilogrammonkénti adag volt, amit a kísérlet közepén végzett egyedi testsúlymérési eredmények alapján korrigáltam.

A kísérlet alatt a 0.napon és a 42. napon egyedenkénti mérés történt (testhossz, testtömeg), a mérést követően minden csoportból véletlenszerű kiválasztással válogattam ki a halakat mintavételre a kémiai analízishez (kiinduláskor 5, lenolajos csop. 4, napraforgós csop. 4, szójas csop. 5 egyed), melyeket $-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ fokon tároltam a vizsgálatokig.

MDA mérése. A 0. napon vett kiindulási mintákat azonnal lemértem (1. mintavétel), majd a halhús mintákat 42 napra lefagyasztottam, és ezután újra lemértem az MDA értékeket (2. mintavétel). A három kezelt csoportból a kísérlet 42. napján vettem mintát, aminek egy részéből lemértem az MDA-t (1. mintavétel), majd 42 napos lefagyasztás után újra lemértem az MDA értékeket (2. mintavétel).

A tápok kémiai összetételét és zsírsavösszetételét ajánlatos a kísérletek előtt megvizsgálni. Vizsgáltam a tápok szárazanyag-, hamu-, fehérje-, rost-, zsírtartalmát, zsírsavösszetételét. Ezekből a tápokból (lenolajjal, szójaolajjal, napraforgóolajjal kiegészített) 97 napon keresztül szobahőmérsékleten tároltam 1-1 adagot, ugyanezen tápokból 1-1 adagot pedig -20°C -ra lefagyasztottam szintén 97 napra (adatok a mellékletben szereplő 34. táblázatban megtalálhatóak).

3.6 Fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet bemutatása

A kísérleti állomány kétnyaras (1+) tükörponty volt, amelyet az Aranyfácán Zrt. hatvani tavából szállítottam át Gödöllőre. A beérkezett halakat sós (0,5% NaCl) fürdetés után telepítettem be a ketrecekbe. A kísérlet megkezdése előtt a halakat három hétig szoktattam az új környezethez. A kísérlet indulásakor a testtömeg $233,82 \pm 42,23\text{ g}$ ($n=96$), míg a standard testhossz $194,1 \pm 18,6\text{ mm}$ volt.

A kísérlet kezdetéig a pontyokat kereskedelmi forgalomban kapható tilápia táppal takarmányoztam. BÓDIS (2008) süllő ketreces vizsgálatokhoz használt azonos paraméterű ketrecekben végeztem a vizsgálatokat. A 6.ábrán látható ketrecből hat darabot helyeztem el a Halgazdálkodási Tanszék kísérleti tavának közepébe, ketrecenként 16 pontyot ettettem 42 napig a kísérlet során.



6. ábra A kísérleti ketrec a fél-intenzív rendszerben végzett kísérletekhez (Fotó: Müllerné Trenovszki Magdolna)

A ketrecek tetejére önetetőt szereltem és naponta egyszer indítottam el a reggeli órákban, 8 órán át adagolta a kimért takarmányt (M3 mellékletben szereplő képeken látható a rendszer). Három ketrecbe búzadarát és szúnyoglárvát (98:2 arányban), míg a másik három ketrecbe búzadarát, extrahált repcedarát és szúnyoglárvát (49:49:2 arányban) adagoltam. Kéthetente került sor testtömeg és testhosszmérésre, a mintavételeket követően a napi adagokat a testtömeg százalék alapján számítottam ki (4%).

A kísérlet beállításakor és a kísérlet utolsó napján lemértem az összes ponty testhosszát és testsúlyát, a mérést követően pedig véletlenszerűen mintavétel történt a kémiai analízishez (beállításakor 5 darab). A kísérlet 0. napján telepítettem a ketrecekbe a pontyokat, a következő napon kaptak először kísérleti takarmányt. A kísérlet utolsó napján a mérést követően minden ketrecből véletlenszerűen mintavételre került sor. Az egyes csoportokból (2 csoport x 3 db ketrec) 13-14 egyedat fagyasztottam le további kémiai analízisekhez.

A kísérlet során egyes vízminőségi paramétereket, így a víz hőmérsékletet, az oxigénszintet és az oxigéntelítettséget naponta kétszer mértem (a két ábra az M2 mellékletben található meg).

A pH-t, a vezetőképességet, illetve az oxigén háztartást multiparaméteres mérőműszerrel (HQD40), az ammónium-, nitrit-, nitrát-ion koncentrációkat MERCK NOVA 60 spektrofotométerrel, az orto-foszfát-ion koncentrációt HANNA C99 spektrofotométerrel hetente egyszer határoztam meg azonos időpontokban.

A kémiai összetevők koncentrációinak meghatározását az alábbi tesztekkel végeztem:

- Nitrit-ion meghatározás: nitrit küvettateszt (1.14776.001, MERCK)
- Nitrát-ion meghatározás: nitrát küvettateszt (1.14773.0001 MERCK)
- Ammónium-ion: ammónium-ion küvettateszt (1.00683.0001, MERCK)
- Orto-foszfát-ion: Foszfát reagenssel (HI93713-01 HANNA).

A tóvíz alsóbb és felsőbb vízoszlopából egyaránt vettünk mintát és ezek átlagértékeiből kaptam meg a vízkémiai paraméterek koncentrációit (13. táblázat).

12. táblázat Vízminőségi paraméterek a kísérlet alatt (*mérési napok: 22.,23., 35.nap)

Paraméter	Érték (átlag±SD)
Hőmérséklet (°C)	17,40±3,70
NO ² -N (mg/l)	0,13±0,08
NO ³ -N(mg/l)	0,90±0,33
PO ⁴ -P (mg/l)	2,10±0,45
Vezetőképesség (µS/cm)	331,00±108,90
pH	7,50±0,40
Oldott oxigén (mg/l)	4,45±1,70
NH ⁴⁺	3,08±2,10 (4,9; 5,0; 1,2*)

3.7 Mérés, adatfelvétel és kiértékelés

Minden kísérlet elején és végén mértem a halak testtömegét és standard testhosszúságát. A tömegmérést vízzel teli tálban, bódítással (szegfűszegolaj (*Syzygium aromaticum*), 1csepp/10 L víz) digitális mérleg segítségével, 0,01 g pontossággal, míg a hosszmérést asztalon centiméterrel, 1 mm pontossággal végeztem. Vizsgálataim megkezdésekor és befejezésekor meghatároztam a halak átlagos kondíció faktorát, melyet az alábbi képlettel számítottam:

$$KF = (W / L^3) \times 100, \text{ ahol}$$

W a testtömeget (g), L a testhosszt (cm) jelöli.

Az átlagos tömeggyarapodás (g/nap) és hossznövekedés (mm/nap) mellett a halak fajlagos növekedési sebességét (S.G.R.) is kiszámoltam az alábbi egyenlet alkalmazásával:

$$S.G.R. = (\ln W_t - \ln W_i) / t \times 100 (\%/nap), \text{ ahol}$$

W_t a befejező, W_i az induló testtömeget (g), t a kísérleti periódus hossza (nap) jelöli.

3.8 A kísérletek alatt alkalmazott mintavétel és kémiai analízis

3.8.1 Mintavételek

A kísérletek végén szegfűszeg-olajjal túlaltattam, majd a fej mögött gerinc átvágással kiirtottam a vizsgálandó halakat (a „Különböző halfajokon végzett takarmányozási és nevelési kísérletek” megnevezésű, 2008. március 28-án a 243/1998. kormányrendelet 1. számú melléklete alapján a Fővárosi és Pest Megyei Mezőgazdasági Szakigazgatási Hivatal, Élelmiszerlánc - Biztonsági és Állategészségügyi Igazgatóság, Járványügyi és Állatvédelmi osztály által kiadott engedélyével).

3.8.2 Kémiai vizsgálatok

A halhúsok főbb tápanyagösszetevőinek és lipioxidációs paramétereinek meghatározását az Országos Élelmezés- és Táplálkozástudományi Intézet (OÉTI) Élelmiszerkémiai - Analitikai Főosztályán, és a Szent István Egyetem MKK Takarmányozástani Tanszéken végeztem.

3.8.2.1 Összes szárazanyagtartalom meghatározása szárítással

A szárazanyag-tartalom meghatározásához a húsmintákat ledaráltam és homogenizáltam. Az így elkészített 5 g-os mintákat szárítószekrényben 105°C-on tömegállandóságig szárítottam. Majd exsikkátorban való kihülés után visszamértem. A kapott adatokból g/100g-ban fejeztem ki a szárazanyagtartalmat (MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX 2004. III. 4.)

3.8.2.2 A fehérje-tartalom meghatározása Kjeldahl módszerrel

A fehérjetartalom (MSZ ISO 937:2002) meghatározásához, a roncsoló csövekbe mért homogenizált mintákhoz kálium-szulfátot, réz-szulfátot és szelént tartalmazó katalizátor tablettát adtam, és erre cc. kénsavat öntöttem. Az így előkészített mintákat roncsolóban (TECATOR 2006 Digestor) 420 C-on elroncsoltam. Lehülés után a mintákból Kjeltec 2200 félautomata desztillálóban 33%-os nátrium-hidroxid oldat hozzáadásával, vízgőz desztilláció mellett, a felszabaduló ammóniát bórsav oldatban nyelettem el. A minta nitrogén-tartalmát kénsavas titrálást követően határoztam meg. A nitrogén-tartalmat 6,25-tel szorozva megkaptam a minta fehérje-tartalmát, és az eredményt g/100 g-ban adtam meg (Kjeldahl-módszer).

3.8.2.3 Az nyershamutartalom meghatározása hamvasztással

A hamutartalom meghatározásához 5g mintát izzótégelybe raktam. A hevítést követően égetőkemencébe raktam, és 8 órán keresztül 525°C-on izzítottam. A visszamérés exszikkátorban történő kihűlés után történt. Az eredményt g/100 g-ban adtam meg.

3.8.2.4 A nyersrosttartalom meghatározása

A takarmányok esetében a rost meghatározása enzimes hidrolízissel történt az MÉ 3-2-2008/1 II. melléklet eljárása szerint, a FIBERTEC típusú félautomata extrakciós berendezés (Tecator AB, Svédország) használatával.

3.8.2.5 A zsírtartalom meghatározása

A takarmányok és a halminták zsírtartalmának meghatározására az alábbi extrakciós módszereket alkalmaztam, melyekre összehasonlító vizsgálatot is végeztem. Az eredmények jó egyezést mutattak.

1. FOLCH et al. (1957) szerinti direkt extrakció szabad zsírtartalom meghatározására. A mintákból 10 g-ot 20 ml arányú kloroform-metanol 2:1 v/v eleggyel és 4 ml 0,9%-os NaCl-oldattal rázótolcsérben alapos rázással homogenizáltam, majd két órán keresztül állni hagytam a fázisok teljes szétválásáig. A kloroform-metanos fázist szűrőpapíron és vízmentes Na₂SO₄-on szűrtem (7. ábra), majd 60 °C-os vízfürdőben, nitrogén atmoszférában bepároltam.
2. Sósavas hidrolízist követően Soxhlet-extrakció az összes zsírtartalom meghatározására (MSZ ISO 1443:2002). A petroléteres Soxhlet-extrakciót SOXTEC 2055 (FOSS) félautomata extrakciós készülékkel végeztem.



7. ábra A minták szűrése az OÉTI laboratóriumában (Fotó: Dr. Hegyi Árpád)

3.8.2.6 A zsírsavösszetétel meghatározása

A zsírsavösszetétel meghatározásához az MSZ 19928-86 szerinti mintaelőkészítést alkalmaztam a zsírsavmetilészterek előállítására. A gázkromatográfiás analízist az MSZ ISO 5508:1992 szerint végeztem CLARUS 500 (Perkin-Elmer) típusú gázkromatográfiás készülékkel.

A gázkromatográfiás zsírsavösszetétel meghatározás körülményei:

- PERKIN-ELMER Clarus 500 típusú készülék,
- kolonna: Omegawax 250 Fused Silica kapilláris oszlop, 30 m x 0,25 mm x 0,25 μ m filmvastagság,
- kolonnatér hőmérséklete: 250°C,
- az analízis időtartama 45 perc az alábbi hőmérséklet-programmal: 140 °C 5 percig, 4°C/perc 240 °C-ig, 15 percig tartva,
- az injektor hőmérséklete: 175°C, az injektált minta térfogata: 1 μ l, split-arány: 100:1,
- vivőgáz: hélium (20 cm/s),
- a lángionizációs detektor hőmérséklete: 250 °C.

A vizsgált minták zsírsav komponensei a növekvő molekulatömeg, illetve növekvő szénatom-szám szerint eluálódnak. A telítetlen zsírsav-észterek az azonos szénatom-számú telített észtereket követően jelennek meg. A molekulában levő kettős kötések száma befolyásolja a retenciós időt. A kettős kötések számának növekedésével (változatlan szénatom-szám mellett) a retenciós idő nő. Például a 18 szénatomot tartalmazó zsírsavak sorrendje a következő: sztearinsav (18:0), olajsav (18:1n9c), linolsav (18:2n6c), linolénsav (18:3n3c).

A csúcsokat a retenciós idők alapján azonosítottam ismert összetételű standard keverék (SUPELCO FAME MIX 37 komponensű zsírsavmetilészter elegy komponensű standard keverék, valamint Menhaden oil) kromatogramja alapján. A zsírsavak egymáshoz viszonyított %-os mennyiségét az összes zsírsav százalékában fejeztem ki. A zsírsavak mg/100 g mintára vonatkozó koncentrációját a zsirtartalom és a %-os mennyiség alapján számítottam, a trigliceridekre vonatkozó 0,96-os faktoriall.

3.8.2.7 A mikroelem-tartalom meghatározása

A minták ásványianyag-tartalmát (cink, mangán, réz, vas) atomabszorpciós spektrofotometriás (AAS) technikával (Perkin Elmer Manual 1971) végeztem az MSZ EN 14084:2003 6.4.2. szabvány szerint.

3.8.2.8 A konjugált dién és a malondialdehid meghatározása

A halhús oxidatív stabilitását jellemző TBARS értékek (kifejezve mmol MDA/kg halhús, konjugált dién) meghatározását spektrofotometriás eljárással (Perkin–Elmer Lambda 25 UV/VIS) végeztem MENOYO et al. (2003) szerint. A konjugált dién tartalmat A.O.A.C. (1984) módszer szerint 1 g mintából 10 ml izooktánban 233 nm-en mért abszorbancián határoztam meg.

Az I. és a III. kísérlet halhús mintáinak és a III. kísérletben használt kísérleti tápok TBARS értékeit, IV. kísérlet mintáit az OÉTI-ben, míg a II. kísérlet halmintáinak MDA koncentrációját a Szent István Egyetem MKK Takarmányozástani Tanszékén mértem.

3.9 Az adatok feldolgozása

A statisztikai értékeléshez és a diszkriminancia elemzéshez SPSS-t használtam (ver. 21.0.0, 2012 IBM). A következtetéseket minden esetben 95%-os megbízhatósági szinten hoztam meg. A kísérletekben a kezelések hatását a filé zsírsav-, és kémiai összetételére, valamint a hagyományos

húsminőségi mutatók alakulására tényezős varianciaanalízissel (ANOVA) értékeltem, amely után Tukey post hoc tesztet futattam le, illetve kétmintás t-próbát alkalmaztam. A standardizált főkomponens elemzéshez (PCA) PAST (ver. 2.12) szoftvert használtam, a térbeli változók kapcsolatának vizsgálatához.

4. EREDMÉNYEK

4.1 Tógazdasági kísérlet eredményeinek bemutatása

4.1.1 Az összes-zsírtartalomra vonatkozó eredmények

A C1-C5 tógazdaságokból származó halak összes zsírtartalmának g/100g-ra megadott értékeit az 14. táblázat foglalja össze. Statisztikailag igazolható különbségeket találtam az összeszsírtartalomban. A legnagyobb értéket ($23,77 \pm 4,06$ g/100g) a C5 tógazdaság halaiban mértem. Megállapítható, hogy a lehalászási hónapban nagy mennyiségű kukorica fogyasztása mellett a C4 és C5 gazdaság halai több zsírt deponáltak. A C4 és C5 gazdaság 1500 kg/ha/nap kukoricát etetett októberben. A C1, C2, és a C3 tógazdaság halainak alacsonyabb a zsírtartalma, mivel ezek a gazdaságok lényegesen kevesebb kiegészítő takarmányt adagoltak a vizsgálatot megelőző utolsó hónapban. A C2 gazdaság egyáltalán nem alkalmazott kiegészítő gabonatakmányt, míg a C1 gazdaság (október első két hetében) és a C2 gazdaság csak minimális mennyiséget etetett tritikáléból, illetve búzából októberben.

13. táblázat Az egyes tógazdaságokból származó halak összes zsírtartalma (átlag \pm S.D., csoportonként n=10)

	C1	C2	C3	C4	C5
Összes zsírtartalom (g/100g)	$4,32 \pm 1,34^{cd}$	$3,00 \pm 0,87^d$	$5,13 \pm 1,77^c$	$10,65 \pm 2,65^b$	$23,77 \pm 4,06^a$

A különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten.

4.1.2 Az egyes tógazdaságokból származó halak zsírsavösszetétele

A halak *dorso-laterális* részéből származó halfiléek zsírsavösszetételét a 15. táblázat foglalja össze. Az egyes gazdaságokból származó halak százalékos zsírsavösszetételében a telített és telítetlen zsírsavak aránya szignifikánsan eltérő volt. A telített zsírsavak mennyisége 20-26%, a telítetlen zsírsavaké 40-65% tartományban van 100 g hal összes zsírtartalmára vonatkoztatva.

A telített zsírsavak közül legnagyobb a palmitinsav mennyisége, majd ezt követi a sztearinsav. A telített sztearinsav és az egyszerűen telítetlen olajsav szignifikáns különbséget mutatott az egyes tógazdasági csoportok között: legkisebb mennyiségben a C1 és C2 csoportban volt mérhető mindkét zsírsav.

14. táblázat A kísérleti halfilék zsírsavösszetétele (%) az összes zsírsav %-ában (átlag±S.D., csoportonként n=10)

	C1	C2	C3	C4	C5
C12:0					
Laurinsav	0,01±0,03 ^a	n.d.	0,14±0,25 ^a	n.d.	n.d.
C14:0					
Mirisztinsav	0,88±0,24 ^a	1,64±0,37 ^b	0,90±0,42 ^a	0,78±0,11 ^a	0,75±0,10 ^a
C14:1					
Mirisztolajsav	0,16±0,23 ^{acc}	0,17±0,09 ^{bc}	0,19±0,10 ^{bc}	0,07±0,05 ^{dc}	n.d.
C15:0					
Pentadekánsav	0,13±0,13 ^a	0,14±0,10 ^a	0,39±0,53 ^a	0,11±0,07 ^a	n.d.
C16:0					
Palmitinsav	15,35±1,88 ^{bc}	20,52±1,2 ^a	16,66±1,52 ^b	15,79±1,08 ^{bc}	14,84±1,28 ^c
C16:1					
Palmitoleinsav	8,50±2,24 ^a	12,70±1,39 ^b	8,07±1,00 ^a	8,55±0,44 ^a	8,63±0,86 ^a
C17:0					
Heptadekánsav	0,61±0,42 ^a	0,42±0,06 ^a	0,44±0,05 ^a	0,42±0,09 ^a	0,68±0,04 ^a
C18:0					
Sztearinsav	4,94±0,81 ^b	3,71±0,42 ^a	5,26±0,54 ^b	4,93±0,44 ^b	5,16±2,40 ^b
C18:1(n-9)					
Olajsav	30,65±3,0 ^a	30,61±2,21 ^a	39,12±4,99 ^b	46,96±1,76 ^c	50,44±3,89 ^c
C18:2(n-6)					
Linolsav	11,01±1,26 ^a	9,05±1,44 ^b	7,95±1,34 ^b	7,67±0,76 ^b	6,39±0,65 ^c
C18:3(n-3)					
α -Linolénsav	3,45±0,51 ^a	1,85±0,59 ^b	1,85±0,30 ^b	0,84±0,26 ^c	0,78±0,43 ^c
C20:1					
Eikozénsav	4,62±0,55 ^a	1,66±0,20 ^c	2,74±0,13 ^d	3,37±0,36 ^b	3,08±0,65 ^{bd}
C20:4(n-6)					
Arachidonsav	3,21±0,84 ^a	3,68±0,98 ^a	1,98±0,49 ^b	0,73±0,24 ^c	0,65±0,58 ^c
C20:5(n-3)					
Eikozapentaénsav	4,01±1,60 ^a	1,30±0,43 ^b	1,59±0,56 ^b	0,62±0,21 ^c	0,14±0,27 ^d
C22:1					
Erukasav	1,34±0,52 ^b	0,71±0,28 ^a	1,02±0,56 ^{ab}	0,73±0,24 ^a	0,70±0,52 ^a
C22:5(n-3)					
Dokozapentaénsav	1,41±0,49 ^a	1,07±0,24 ^a	1,03±0,43 ^a	0,41±0,14 ^b	0,17±0,25 ^b
C22:6(n-3)					
Dokzahexaénsav	2,24±1,14 ^{ab}	2,98±0,96 ^a	1,81±0,49 ^b	0,41±0,16 ^d	0,14±0,2 ^e

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten.

A jelentősebb PUFA zsírsavak közül mindegyik szignifikáns eltérést mutatott az egyes tógazdaságok halaiban. Az egészségre jótékony hatással bíró EPA (C20:5n-3) és DHA (C22:5n-3) igen nagy különbséget mutattak a kezelések között (P<0,05). Az EPA esetén a C1 (4,01±1,60%) csoport átlagértéke tért el jelentősen a C4 (0,62±0,21%), illetve az C5 (0,14±0,27%) csoportok eredményeitől. A DHA esetén a C2 (2,98±0,96%) csoport átlagértéke többszöröse volt a C4 (0,41±0,16%), illetve az C5 (0,14±0,2%) csoportok eredményeinek.

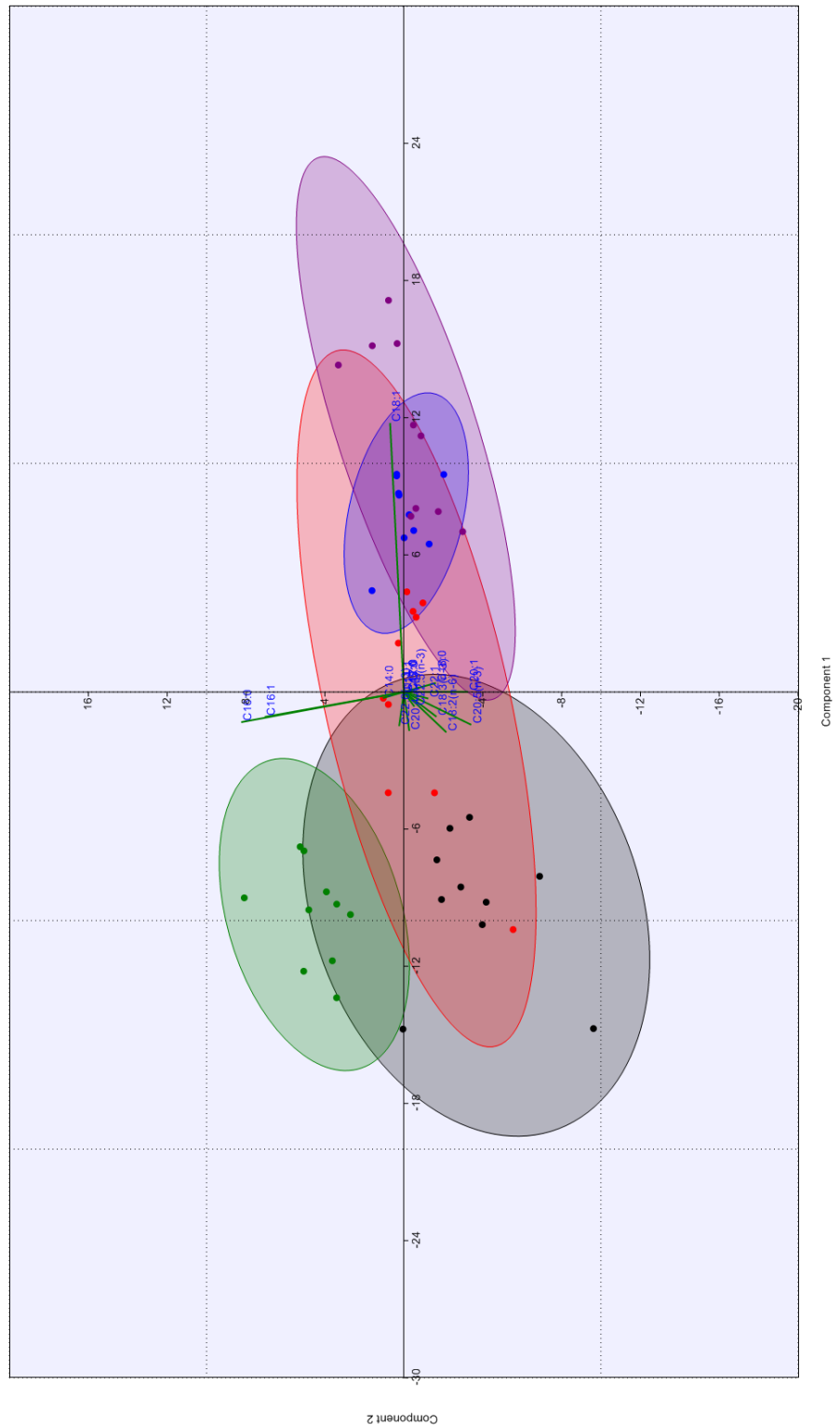
A vizsgált csoportok kiemelkedő mennyiségben olajsavat (C18:1(n-9)) tartalmaztak (15.táblázat), az össz MUFA tartalom a C4 és C5 csoportokban volt a legnagyobb (16.táblázat)

Az egyes halgazdálkodásokból vett minták többszörösen telítetlen (PUFA) zsírsavmennyisége, ezen belül az n-3 zsírsavak %-os eloszlása jelentős eltéréseket mutatott (16. táblázat). Az omega-3 zsírsavak mennyisége 1,23-11,11% között mozgott, a táplálkozás-élettani szempontból fontos n-6/n-3 arány statisztikailag a C1-C3 gazdaságok és a C4-C5 gazdaságok között mutatott különbséget.

15. táblázat Az egyes zsírsavcsoportok eredményeinek összefoglaló eredményei (az összes zsírsav %-ában) (átlag \pm SD, n=5)

	C1	C2	C3	C4	C5
Σ SFA	21,9 \pm 2,6 ^a	26,4 \pm 1,6 ^b	23,9 \pm 1,2 ^a	22,0 \pm 1,3 ^a	21,5 \pm 2,4 ^a
Σ MUFA	44,8 \pm 3,0 ^a	45,9 \pm 2,4 ^a	51,2 \pm 5,1 ^b	59,7 \pm 1,7 ^c	62,9 \pm 3,6 ^c
Σ PUFA	25,7 \pm 4,2 ^e	19,9 \pm 2,8 ^d	16,4 \pm 1,9 ^c	11,5 \pm 0,88 ^b	8,27 \pm 1,7 ^a
MUFA/PUFA	1,84 \pm 0,35 ^a	2,36 \pm 0,45 ^b	3,19 \pm 0,59 ^b	5,23 \pm 0,41 ^c	7,98 \pm 2,10 ^d
SFA/PUFA	1,19 \pm 0,36 ^a	0,76 \pm 0,13 ^b	0,69 \pm 0,09 ^{bd}	0,52 \pm 0,06 ^{cd}	0,39 \pm 0,10 ^c
Σ n-6	14,22 \pm 1,63 ^a	12,73 \pm 1,70 ^a	9,93 \pm 1,44 ^b	8,40 \pm 0,81 ^{bd}	7,04 \pm 1,10 ^{cd}
Σ n-3	11,11 \pm 3,00 ^a	7,2 \pm 1,71 ^b	6,28 \pm 1,56 ^b	2,28 \pm 0,57 ^c	1,23 \pm 0,84 ^c
n-6/n-3	1,35 \pm 0,34 ^a	1,86 \pm 0,51 ^a	1,69 \pm 0,57 ^a	4,00 \pm 1,47 ^b	8,91 \pm 5,81 ^b
DHA/EPA	0,55 \pm 0,15 ^{cd}	2,41 \pm 0,72 ^a	1,22 \pm 0,39 ^b	0,72 \pm 0,36 ^{bde}	0,31 \pm 0,64 ^{ce}

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten.

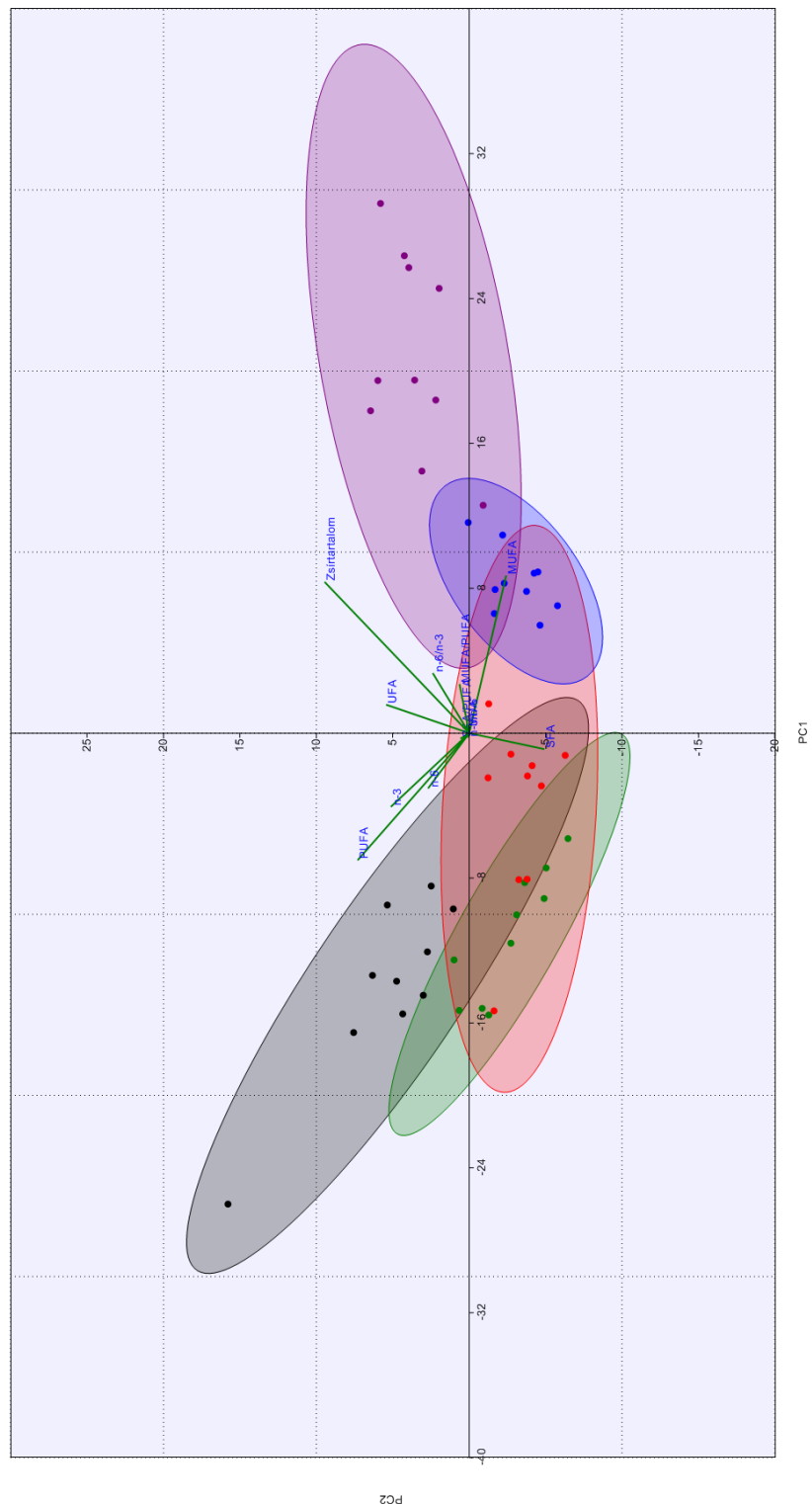


8. ábra Az egyes kezelésekből származó pontyhúsok összesített zsírsavösszetételének (mg/100g-os értékre számítva) és zsírtartalom PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (C1-szürke, C2-zöld, C3-piros, C4-kék, C5-lila ellipszis)

Az 8. ábra egy biplot (kettős szórásdiagram), ami az öt tógazdaság összes zsírsav és zsírtartalom értékét hasonlítja össze egy dimenzió belül 95%-os konfidencia szinten. A standardizált főkomponens elemzés (*principal components analysis*, PCA) központi szerepet tölt be

a többváltozós adatstruktúra-feltárásban. A változókat képviselő pontokhoz az origótól kiinduló nyilakat húztam, amelyek megkönnyítik a diagram értelmezését.

Az ábra alapján megállapítható, hogy a C5 gazdaság (lila) összes zsírsav és zsírtartalom értéke elkülönül a többi csoporttól. A C4 értékei (kék) megközelítik a C3 (piros) és a C5 csoport (lila) halainak értékeit, így a C4 ellipszisének fedt a másik két gazdaság ellipszise. A PCA kiszúrta, hogy a tógazdaságok értékeinek különbségét meghatározó zsírsavak a következők: C18:1, C16:0, C16:1, C20:5(n-3).



9. ábra Az egyes tógazdaságokból származó pontyhúsokban található egyes zsírsavcsoportok (mg/100g-os értékre számítva) összefoglaló PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (C1-szürke, C2-zöld, C3-piros, C4-kék, C5-lila ellipszis)

Az 9. ábrán a PUFA és az n-3 zsírsavak a C1 és C2 csoportot teljesen elkülöníthetővé tette. A zsírtartalom irányát a C5 tógazdaság halainak magas értékei határozták meg a PCA-képen, mivel a C1 és C2 rendelkezik a legalacsonyabb zsírtartalommal, ezért ezen csoportok ellipszisei a nyíllal

ellentétes irányba helyezkednek el. A C2 gazdaság halainak SFA értéke volt a legmagasabb, ami meghatározta a többi csoport ellipszisének helyét is.

4.1.3 Az egyes tógazdaságokból származó halak mikroelemtartalma

A C1-C5 tógazdaságokból származó halak vas-, réz-, cink- és mangán-tartalma sorrendben 1,02-5,21; 0,29-0,65; 5,15-10,1 és 0,11-0,14 $\mu\text{g/g}$ értékek között változott (17. táblázat). A mért vas, réz és cink jóval kisebb értékeket mutat, mint a nemzetközi tápanyagtáblázatban (SOUCI 1994) található adatok.

16. táblázat A tógazdaságok halainak mikroelem-tartalma $\mu\text{g/g}$ -ban

	C1	C2	C3	C4	C5
Cink	8,48 \pm 2,73 ^a	5,15 \pm 0,88 ^b	10,10 \pm 1,24 ^a	8,65 \pm 0,91 ^a	6,60 \pm 1,45 ^{ab}
Mangán	0,14 \pm 0,06 ^a	0,11 \pm 0,01 ^a	0,13 \pm 0,03 ^a	0,12 \pm 0,01 ^a	0,13 \pm 0,03 ^a
Réz	0,44 \pm 0,08 ^{acd}	0,29 \pm 0,03 ^a	0,55 \pm 0,17 ^{bce}	0,46 \pm 0,07 ^{bd}	0,65 \pm 0,17 ^e
Vas	3,84 \pm 0,74 ^b	1,02 \pm 0,13 ^a	3,42 \pm 0,48 ^b	5,15 \pm 1,10 ^c	5,21 \pm 0,96 ^c

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten.

4.1.4 Az egyes tógazdaságokból származó halak lipidperoxidációs értékei

A kísérleti pontyok lipidperoxidációs paramétereinek alakulását (konjugált dién és malondialdehid koncentráció) a 18. táblázatban foglalom össze az öt tógazdaságra vonatkoztatva.

17. táblázat Lipidperoxidációs paraméterek (konjugált dién A233 nm-en mért, és malondialdehid koncentráció mmol/kg-ban) (átlag \pm szórás)

	C1	C2	C3	C4	C5
Konjugált dién	0,16 \pm 0,06 ^a	0,33 \pm 0,10 ^{ac}	0,24 \pm 0,16 ^a	1,03 \pm 0,88 ^{bc}	5,60 \pm 1,02 ^d
MDA	10,13 \pm 06,52 ^{acd}	16,93 \pm 7,77 ^{bd}	6,66 \pm 2,36 ^a	15,54 \pm 4,44 ^{bc}	21,92 \pm 7,63 ^b

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten.

A lipidperoxidációs jellemzők közül a konjugált dién 0,16-5,60 és a malondialdehid 6,66-21,92 mmol/kg értékek között változtak. A C3 gazdaság pontyainak volt a legalacsonyabb értéke, míg a C5 gazdaságé volt a legmagasabb. A konjugált dién értékek hasonló eredményt adtak, azzal a különbséggel, hogy a C3-as gazdaság és a C1-es gazdaság statisztikailag igazolható módon nem különböztek egymástól. A konjugált dién tartalom szintén jelentős eltéréseket mutatott. A C5 gazdaság halainál volt a legmagasabb ez az értéket, míg a C1-C3 gazdaság halainál szignifikáns mértékben alacsonyabb értéket mértem.

Statisztikailag vizsgáltam a mikroelem tartalom és a lipidperoxidációs paraméterek közötti összefüggést. Szignifikáns a korreláció a vastartalom és konjugált diének, valamint a réztartalom és a konjugált diének mennyisége között, jóllehet az összefüggés laza-közepes ($r=0,480$ és $r=0,499$; $p<0,05$).

4.2 Tógazdasági előkísérlet eredményeinek bemutatása

4.2.1 A kísérleti takarmányok összetétele

A kísérleti takarmányok nyerszsírtartalma és zsírsavösszetétele a 19. táblázatban látható. A két kísérleti takarmány zsírtartalmában igen magas különbség mutatkozott.

18. táblázat A kísérletben alkalmazott takarmányok, búzadara, és extrahált repcedara-búzadara keverék zsírtartalma és zsírsavösszetétele (zsírsav %-a az összes zsírsav százalékára vonatkoztatva)

	Búzadara	Extrahált repcedara-búzadara keveréke
Zsírtartalom g/100g	1,85	2,98
	Zsírsav%	
C14:0 Mirisztinsav	n.d	0,2
C15:0 Pentadekánsav	n.d	n.d
C16:0 Palmitinsav	15,5	8,2
C18:0 Sztearinsav	2,0	1,5
C16:1 (n-7) Palmitoleinsav	n.d	3,3
C18:1 (n-9) Olajsav	12,4	42,95
C20:1 (n-9) Eikozénsav	3,6	3,7
C18:2 (n-6) Linolsav	55,8	32,7
C18:3 (n-3) α-linolénsav	10,5	7,3
Σ SFA	17,5	9,9
Σ MUFA	16,0	49,95
Σ PUFA	66,3	40

4.2.2 A növekedésre vonatkozó eredmények

A 1. és 2. tavakból származó halak növekedésére vonatkozó paramétereket a 20. táblázat foglalja össze. Statisztikailag igazolható különbségeket találtam a két tóból kifogott példányok testsúlya között a kísérlet indulásakor. Ennek oka az adott tóban élő halak eltérő életkora lehet. A kísérlet célja a zsírsavösszetétel vizsgálata volt, ezért a kísérletet ennek figyelembe vételével is elkezdtem. A kísérleti takarmányok etetése júliusban kezdődött, amikor a tó vize igen magas hőmérsékletű ($23\pm 3^\circ\text{C}$) és alacsony oxigénszintű volt. Ezenfelül a nagy mennyiségű extrahált repcedara etetése során fennmaradó el nem fogyasztott fehérjében gazdag takarmány tömege rontott

a víz minőségén. A kísérlet 4. hetére az 1. tó vízminősége leromlott. Emiatt a gazdaság vezetői a halak egészsége érdekében leállították a kísérletet. Így a tervezett 60. nap helyett a 32. napon fejeztem be a kísérletet.

19. táblázat A két kísérleti tóból kifogott halak paraméterei (1. tó: E.r.-B. extrahált repcedara-búzadara keverékkel etetett pontyok, 2. tó: B. búzával etetett pontyok; KF - kondíció faktor, S.G.R. – fajlagos növekedési sebesség)

	0.nap		32.nap	
	1.tó (n=5) E.r.-B.	2.tó (n=5) B.	1.tó (n=5) E.r.-B.	2.tó (n=4) B.
Testtömeg (g)	503,2±111,7	870,2±29,5	517,14±87,65	1036,0±487,06
Testhossz (cm)	27,8±4,02	29,5±2,0	23,93±3,41	31,70±8,25
KF	2,4±0,7	3,3±0,7	4,01±1,37	3,32±0,85
SGR (%/nap)			0,085	0,545

A 32. napon felvett adatok statisztikailag nem különböztek a kísérlet kezdetén mért értékektől az első és második tó értékeire vonatkozóan. Az ugyanakkor megállapítható volt, hogy a búzával etetett halak SGR mutató értékei magasabbak volt, mint a búza-repce keverékkel etetett pontyoké.

4.2.3 A tavakból származó halak zsírtartalma és zsírsavösszetétele

Az 1. és 2. tavakból származó halak zsírtartalmát és zsírsavösszetételét a 21. táblázat foglalja össze. Az első mintavétel során kis mennyiségben jelenlévő laurinsav és pentadekánsav a 32. napon mért halak zsírsavai között nem volt detektálható. A két tó halainak zsírsavösszetételében csak kismértékű különbségek voltak kimutathatók, amely eltérések statisztikailag sem voltak igazolhatók. Megjegyzendő, hogy a csak búzával etetett halak közül (a mintaként szolgáló öt hal közül) csak kettő zsírsavösszetételében volt kimutatható az eikozapentaénsav (1,9 és 1,8%-ban). A két mintavétel között a zsírsavösszetétel tekintetében statisztikailag is kimutatható különbségek voltak. Az első mintavétel során nem volt mérhető szinten erukasav, eikozatetraénsav, dokoza-pentaénsav és dokoza-hexaénsav egyik tó halainak húzában sem. A sztearinsav (C18:0) és az olajsav (C18:1n-9) aránya a halhúsban szignifikánsan csökkent mindkét csoportban. A linolsav értéke statisztikailag igazolható módon különbözött a két tóból vett mintákban, a búzadarával etetett halak húzában a linolsav tartalma megnőtt. Statisztikailag igazolható mértékben megnőtt a csak búzadarával etetett halak húzában az α -linolénsav mennyisége is a kísérlet végére.

20. táblázat A kísérleti halak filé zsírtartalma és zsírsavösszetétele (%) (átlag±SD) (1. tó: E.r.-B. extrahált repcedara-búzadara keverékkel etetett pontyok, 2. tó: B. búzadarával etetett pontyok)

	0.nap		32.nap	
	1.tó (n=5) E.r.-B.	2.tó (n=5) B.	1.tó (n=5) E.r.-B.	2.tó (n=4) B.
Zsírtartalom (%)	3,97±1,64 ^a	12,34±5,03 ^b	9,41±4,92 ^a	2,23±0,46 ^b
C12:0 Laurinsav	0,075±0,05 ^a	0,012±0,01 ^a	n.d.	n.d.
C14:0 Mirisztinsav	0,60±0,40 ^a	0,72±0,15 ^a	0,75±0,06 ^a	0,68±0,10 ^a
C15:0 Pentadekánsav	0,1±0,08 ^a	0,02±0,04 ^a	n.d.	n.d.
C16:0 Palmitinsav	14,13±0,81 ^a	14,78±1,30 ^a	13,65±0,96 ^a	13,9±1,05 ^a
C18:0 Sztearinsav	4,25±0,40 ^a	3,80±1,02 ^a	3,3±0,36 ^{a*}	3,5±0,64 ^a
C16:1(n-7)Palmitoleinsav	10,25±1,23 ^a	12,31±2,22 ^a	10,725±2,04 ^a	9,75±0,57 ^a
C18:1(n-9) Olajsav	46,88±2,65 ^a	48,07±3,70 ^a	43,25±2,21 ^a	36,45±6,57 ^{a*}
C20:1(n-9)Eikozénsav	4,2±0,86 ^a	3,56±0,60 ^a	3,25±0,19 ^a	3,30±0,36 ^a
C22:1(n-9) Erukasav	n.d.	n.d.	1,58±1,07 ^a	2,68±1,92 ^a
C18:2(n-6) Linolsav	15,55±1,31 ^a	12,48±0,61 ^b	14,23±2,22 ^a	14,20±2,17 ^a
C18:3(n-3) α-Linolénsav	1,85±2,09 ^a	1,58±0,24 ^a	1,625±0,34 ^a	2,10±0,32 ^{a*}
C20:4(n-6) Eikozatetraénsav	n.d.	n.d.	1,25±0,85 ^a	0,95±1,10 ^a
C20:5(n-3) Eikozapentaénsav	n.d.	n.d.	n.d.	0,93±1,07 ⁽ⁿ⁼²⁾
C22:5(n-3) Dokozapentaénsav	n.d.	n.d.	0,23±0,33 ^a	0,50±0,63 ^a
C22:6(n-3) Dokozahexaénsav	n.d.	n.d.	0,53±0,67 ^a	1,70±2,00 ^a
Σ SFA	19,15±0,53 ^a	19,33±1,50 ^a	17,70±0,95 ^{a*}	18,08±1,27 ^a
Σ MUFA	61,33±2,23 ^a	63,94±2,12 ^a	58,88±2,38 ^a	52,18±6,06 ^{a*}
Σ PUFA	17,4±1,48 ^a	14,06±0,71 ^b	17,85±3,09 ^a	20,38±4,27 ^{a*}
Σ n-3	1,85±0,24 ^a	1,58±0,24 ^a	2,38±0,66 ^a	5,23±3,71 ^a
Σ n-6	15,55±1,32 ^a	12,48±0,61 ^b	15,48±2,50 ^a	15,15±1,91 ^{a*}
n-3/n-6	0,12±0,01 ^a	0,12±0,02 ^a	0,15±0,02 ^{a*}	0,35±0,26 ^a

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten) a kezelések között, a * statisztikailag igazolható különbséget jelölnek a kezelésen belül az induló és befejező eredmények között P<0,05 szinten

4.2.4 A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek alakulása

Az általunk vizsgált halak lipidperoxidációs értékeit (konjugált dién és malondialdehid koncentráció) a 22. táblázatban foglalom össze.

21. táblázat Lipidperoxidációs paraméterek (konjugált dién A233 nm-en mért és malondialdehid koncentráció mmol/kg-ban) (átlag ± szórás)

	0.nap		32.nap	
	1.tó (n=5)	2.tó (n=5)	1.tó (n=5)	2.tó (n=4)
Konjugált dién A233	0,18±0,09	0,19±0,09	0,19±0,09	0,17±0,06
MDA	15,26±5,69	21,78±8,19	14,98±10,54	17,34±3,61

A kísérleti takarmányok nem gyakoroltak statisztikailag igazolható ($P>0,05$) hatást egyik csoport halfilé MDA mennyiségére sem. A konjugált dién hasonló eredményeket adott.

4.3 Intenzív rendszerben végzett kísérlet eredményeinek bemutatása

4.3.1 A kísérleti tápok összetétele

A kísérleti takarmányok zsírtartalma és zsírsavösszetétele látható a 23. táblázatban. A T jelű kontroll táp valamint a három kezelt táp zsírtartalma között igen jelentős volt a különbség. A 6% zsírtartalmú komplett tilápiatápot len- (L), szója- (Sz), vagy napraforgóolajokkal (N) 12%-ra egészítettem ki.

22. táblázat A kísérletben alkalmazott tápok kémiai- (g/100g-ban) és zsírsavösszetétele (zsírsav %-a az összes zsírsav százalékára vonatkoztatva)

	T	L	N	Sz
Nyersrost	0,52	1,25	0,63	1,11
Száranyag	90,84	91,2	91,33	91,34
Nyershamu	4,08	4,33	4,33	4,31
Nyersfehérje	33,43	30,92	30,62	32,66
Összes zsír	6,05	11,83	11,89	12,01
N.m.k.a.	46,76	42,87	43,86	41,25
Zsírsav (%) (a teljes zsírsavmennyiség %-ában)				
C12:0 (Laurinsav)	0	0	0,06	0
C14:0 (Mirisztinsav)	1,2	0,6	0,5	0,6
C15:0 (Pentadekánsav)	0,1	0,1	0,07	0,07
C16:0 (Palmitinsav)	15,8	10,7	10,6	13,4
C17:0 (Heptadekánsav, Margarinsav)	0,2	0,1	0,1	0,1
C18:0 (Sztearinsav)	5,2	5,1	4,1	4,4
C20:0 (Arachinsav)	0,5	0,3	0,4	0,4
C22:0 (Behénsav)	0	0	0,4	0,3
C14:1 (Mirisztolajsav)	0	0	0,05	0
C16:1n-7 (Palmitoleinsav)	2,1	1	0,9	1
C17:1n-7 (Heptadecénsav)	0,1	0,1	0,07	0,1
C18:1n-9 (Olajsav)	31,3	29,6	32,0	28,5
C20:1n-9 (Eikozénsav)	1,4	0,7	0,8	0,7
C22:1n-9 (Erukasav)	0,8	0,4	0,5	0
C18:2n-6 (Linolsav)	36,7	25,6	46,8	45,1
C18:3n-3 (α-Linolénsav)	3,1	25,2	1,6	3,9
C20:2n-3 (Eikozadiénsav)	0,1	0,04	0,05	0
C20:3n-6 (Eikozatriénsav)	0	0	0	0
C20:3n-3 (Eikozatriénsav)	0,1	0,06	0,06	0
C20:5n-3 (Eikozapentaénsav)	0,9	0,2	0,3	0,3
C22:6n-3 (Dokozahexaénsav)	0	0	0	0
SFA	23,00	16,90	16,23	19,27
MUFA	35,70	31,80	34,32	30,30
PUFA	40,90	51,10	48,81	49,30
n-3	4,20	25,50	2,01	4,20
n-6	36,7	25,6	46,8	45,1
n-3/n-6	0,114	0,996	0,043	0,093

T: kísérlet előtt etetett kontroll tilápiatáp (6% nyerszsír), L: tilápiatáp +6% lenolaj(12% nyerszsír), Sz: tilápiatáp+6% szójaolaj (12% nyerszsír), N: tilápiatáp+ 6% napraforgóolaj (12% nyerszsír).

4.3.2 A növekedésre vonatkozó eredmények

A különböző kezelésekből származó pontyok növekedésére vonatkozó paramétereket a 24. táblázat foglalja össze. A kísérlet indulásakor és lezárásakor mért testtömeg és testhossz különbözött mindegyik kezelésnél, azonban statisztikailag nem volt kimutatható a differencia. Az egyes csoportok azonos mértékben növekedtek, ezt bizonyítja az SGR mutató is, ami nem tért el statisztikailag igazolható mértékben egyik csoportnál sem.

23. táblázat A kísérleti halak növekedési paraméterei (L csoport, lenolajos n=32, N csoport, napraforgóolajos n=33, Sz csoport szójaolajos n=40), (testtömeg g; testhossz mm, SGR fajlagos növekedési sebesség %/nap)

	n	L	N	Sz
Induló testtömeg	162	1122,3±174,5	1103,3±210,2	1093,7±156,8
Záró testtömeg	105	1164,4±149,8	1208,2±156,3	1197,0±193,9
Induló testhossz	162	341±20	341±23	345±17
Záró testhossz	105	347±17	349±19	355±17
S.G.R.		0,20±0,05	0,28±0,30	0,26±0,28

4.3.3 A kísérleti halak testösszetételének alakulása

A kísérlet 0. napján mért halak (K), és a kísérlet végén mért három csoportból származó halak zsírtartalmát és zsírsavösszetételét a 25. táblázat foglalja össze. A testösszetételt tekintve a szárazanyag és a nyerszsír tartalom szignifikáns mértékben nem tért el az egyes csoportok valamint a kiindulási és a kísérlet végén mért értékek között.

24. táblázat Az egyes kísérleti csoportokból kifogott halak teljes testösszetétele és egyéb paraméterei (*g/100g; testtömeg g; testhossz mm) (K- 0.napon mért, L- lenolajos, N- napraforgóolajos, Sz- szójaolajos csoportok)

	K (n=5)	L (n=4)	N (n=4)	Sz (n=5)
Testtömeg	1016,21±192,5 ^a	1280,00±49,6 ^{ac}	1133,50±238,8 ^{ac}	1386,60±225,4 ^{bc}
Testhossz	342,0±14,4 ^a	360,0±7,1 ^a	351,3±30,1 ^a	376,0±19,8 ^a
Szárazanyag*	27,67±3,27 ^a	27,58±2,33 ^a	25,32±1,42 ^a	25,18±1,38 ^a
Hamu*	1,13±0,11 ^{ac}	1,17±0,02 ^{ac}	1,30±0,16 ^a	0,99±0,03 ^{bc}
Fehérje*	15,66±0,77 ^a	17,04±0,30 ^{ab}	17,38±0,67 ^b	18,04±0,89 ^b
Filé zsír*	4,97±1,05 ^a	3,79±1,60 ^a	2,66±0,82 ^a	3,33±1,96 ^a
Összes zsír*	7,09±3,32 ^a	7,64±2,39 ^a	6,24±2,31 ^a	6,92±3,21 ^a

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten.

A szójaolajjal kiegészített táppal etetett pontyok húsában szignifikánsan magasabb volt a nyersfehérje és a zsírtartalom, illetve alacsonyabb volt a nyershamu, mint a kontroll takarmányt

fogyasztó és a másik két kezelési csoport értékei. Az összes zsír- és a filé zsirtartalom a napraforgó olajjal kiegészített tápot fogyasztó halaknál volt a legalacsonyabb, de a különbség statisztikailag nem volt igazolható.

4.3.4 A kísérleti halak zsírsavösszetétele

A kiindulási csoport (K) és a három különböző kísérleti táppal etetett csoport (L., N., Sz.) zsírsavprofilját a 26. táblázat mutatja be. Megállapítható volt, hogy az egyes tápok etetésének hatására a zsírsavösszetételében a telített és telítetlen zsírsavak aránya szignifikánsan eltért. Az egyszeresen telítetlen olajsavtartalom a kontroll csoportban volt a legmagasabb, majd mindhárom csoportban lecsökkent, annak ellenére, hogy az olajsav tartalom egyébként mindhárom tápban igen magas és közel azonos értékben volt jelen.

A linolsav tartalom statisztikailag igazolhatóan magasabb értéket mutatott a napraforgóval (N) és szójaolajjal (Sz) etetett csoportok esetében, míg az α -linolénsav szignifikánsan alacsonyabb volt ennél a két csoportnál ($p < 0,05$) a lenolajjal etetett (L) csoporthoz képest.

25. táblázat A kísérleti halfilék zsírsavösszetétele (%) az összes zsírsav %-ában (átlag±SD) (K- 0. napon mért, L-lenolajos, N-napraforgóolajos, Sz-szójaolajos csoportok)

Megnevezés	K (n=5)	L (n=4)	N (n=4)	Sz (n=5)
C12:0 Laurinsav	0,01±0,01 ^a	0,08±0,09 ^a	0,05±0,04 ^a	0,02±0,02 ^a
C14:0 Mirisztinsav	0,94±0,22 ^a	0,89±0,09 ^a	0,85±0,06 ^a	0,86±0,11 ^a
C15:0 Pentadekánsav	0,12±0,04 ^a	0,15±0,10 ^a	0,15±0,10 ^a	0,06±0,09 ^a
C16:0 Palmitinsav	14,96±0,55 ^a	15,35±1,44 ^a	14,73±1,15 ^a	15,30±0,62 ^a
C16:1 Palmitoleinsav	5,22±0,45 ^a	4,03±0,13 ^b	3,74±0,36 ^b	4,06±0,92 ^b
C17:0 Heptadekánsav	0,11±0,02 ^a	0,26±0,05 ^a	0,19±0,13 ^a	0,25±0,13 ^a
C17:1 Heptadecénsav	0,35±0,07 ^a	0,29±0,03 ^{ab}	0,28±0,05 ^{ab}	0,25±0,05 ^b
C18:0 Sztearinsav	4,88±0,49 ^{ab}	5,76±1,02 ^b	5,31±0,60 ^{ab}	4,46±0,32 ^a
C18:1(n-9) Olajsav	42,47±3,33 ^a	39,00±2,46 ^{ab}	37,13±1,53 ^{ab}	35,95±4,15 ^b
C18:2(n-6) Linolsav	19,62±3,89 ^a	21,11±2,27 ^a	29,04±2,61 ^b	28,39±2,62 ^b
C18:3(n-3) α-Linolénsav	1,62±0,52 ^a	5,58±1,69 ^b	1,56±0,34 ^a	1,92±0,38 ^a
C18:3(n-6) γ-Linolénsav	0,32±0,08 ^a	0,35±0,13 ^a	0,35±0,06 ^a	0,38±0,13 ^a
C20:0 Arachinsav	n.d.	0,54±0,21 ^a	0,25±0,10 ^b	n.d.
C20:1(n-9) Eikozénsav	2,47±0,11 ^a	2,36±0,47 ^{ab}	2,08±0,29 ^{ab}	1,92±0,27 ^b
C20:2(n-3) Eikozadiénsav	0,89±0,11 ^a	0,72±0,32 ^a	0,71±0,06 ^a	0,76±0,11 ^a
C20:3(n-3) Eikozatriénsav	1,02±0,40 ^a	0,73±0,15 ^a	1,18±0,33 ^c	1,34±0,48 ^b
C20:3(n-6) Eikozatriénsav	0,55±0,10 ^a	0,53±0,10 ^a	0,60±0,12 ^c	0,85±0,41 ^b
C20:5(n-3) Eikozapentaénsav	0,53±0,21 ^a	0,53±0,05 ^a	0,56±0,13 ^a	0,48±0,11 ^b
C22:1 Erukasav	n.d.	0,23±0,17 ^a	0,15±0,17 ^a	n.d.
C22:6(n-3) Dokozaheksaénsav	n.d.	n.d.	n.d.	1,14±0,74

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten.

A többszörösen telítetlen zsírsavak közül az élettanilag fontos EPA és DHA zsírsavak statisztikailag igazolható különbséget mutattak egyes kezelések között. Az EPA (C20:5(n-3)) szignifikánsan eltért a többi csoporttól a szójaolajjal kiegészített táppal etetett csoportnál (0,48±0,11%), míg az egyik legértékesebb zsírsav a DHA (C22:6n-3) kiemelkedően magas volt (1,14±0,7%) ennél a csoportnál (Sz.), míg a többi csoportban egyáltalán nem volt detektálható a DHA.

Az össz PUFA értékek szignifikánsabb magasabbak voltak a napraforgóolajjal (N) és szójaolajjal (Sz) etetett csoportoknál a kiindulási minták értékeihez képest. A napraforgóolajjal és a szójaolajjal kiegészített takarmánnyal etetett halak húsa szignifikánsan igazolható mértékben több n-6-os zsírsavat (27.táblázat). A kísérlet kezdetén (K) vett filék n-3 zsírsavtartalma viszont jelentősen megnövekedett a kísérlet végére a lenolajjal etetett csoportnál.

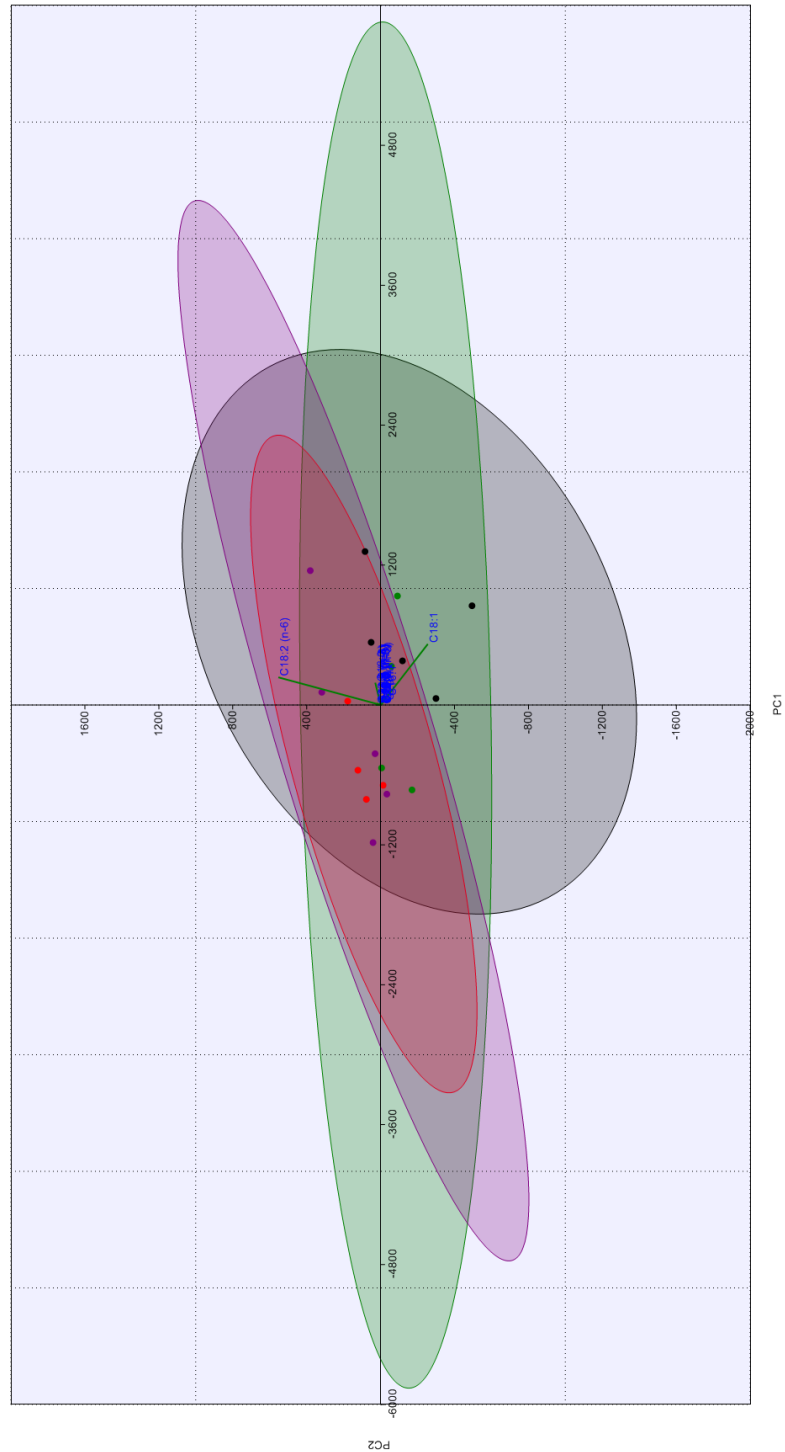
26. táblázat Az egyes zsírsavcsoportok eredményeinek összefoglaló eredményei (%) az összes zsírsav %-ában (átlag±SD) (K- 0.napon mért, L-lenolajos, N-napraforgóolajos, Sz-szójaolajos csoportok)

<i>Megnevezés</i>	K (n=5)	L (n=4)	N (n=4)	Sz (n=4)
Σ MUFA	50,51±3,70 ^a	45,90±2,85 ^{ac}	43,36±1,82 ^{bc#}	42,18±4,98 ^{bc}
Σ PUFA	24,55±4,62 ^a	29,53±3,45 ^{ab}	34,00±2,44 ^b	35,26±4,21 ^b
Σ SFA	21,02±1,00 ^a	23,03±2,42 ^a	21,53±1,65 ^a	20,95±0,83 ^a
SFA/PUFA	0,89±0,21 ^a	0,79±0,13 ^{ac}	0,64±0,08 ^{ac}	0,60±0,08 ^{bc}
MUFA/PUFA	2,14±0,59 ^a	1,58±0,25 ^{ac}	1,28±0,14 ^{bc}	1,22±0,26 ^{bc}
PUFA/MUFA	0,49±0,12 ^a	0,65±0,11 ^{ac}	0,79±0,08 ^{bc}	0,86±0,22 ^{bc}
Σ n-3	4,06±0,90 ^a	7,55±1,74 ^{bc}	4,01±0,59 ^a	5,64±1,55 ^{ac}
Σ n-6	20,49±4,01 ^a	21,99±2,27 ^a	29,99±2,64 ^b	29,62±2,69 ^b
n-3/n-6	0,20±0,04 ^a	0,34±0,07 ^b	0,14±0,03 ^a	0,19±0,03 ^a
n-6/n-3	5,13±0,96 ^{bd}	3,03±0,76 ^{cd}	7,64±1,64 ^a	5,44±0,91 ^b

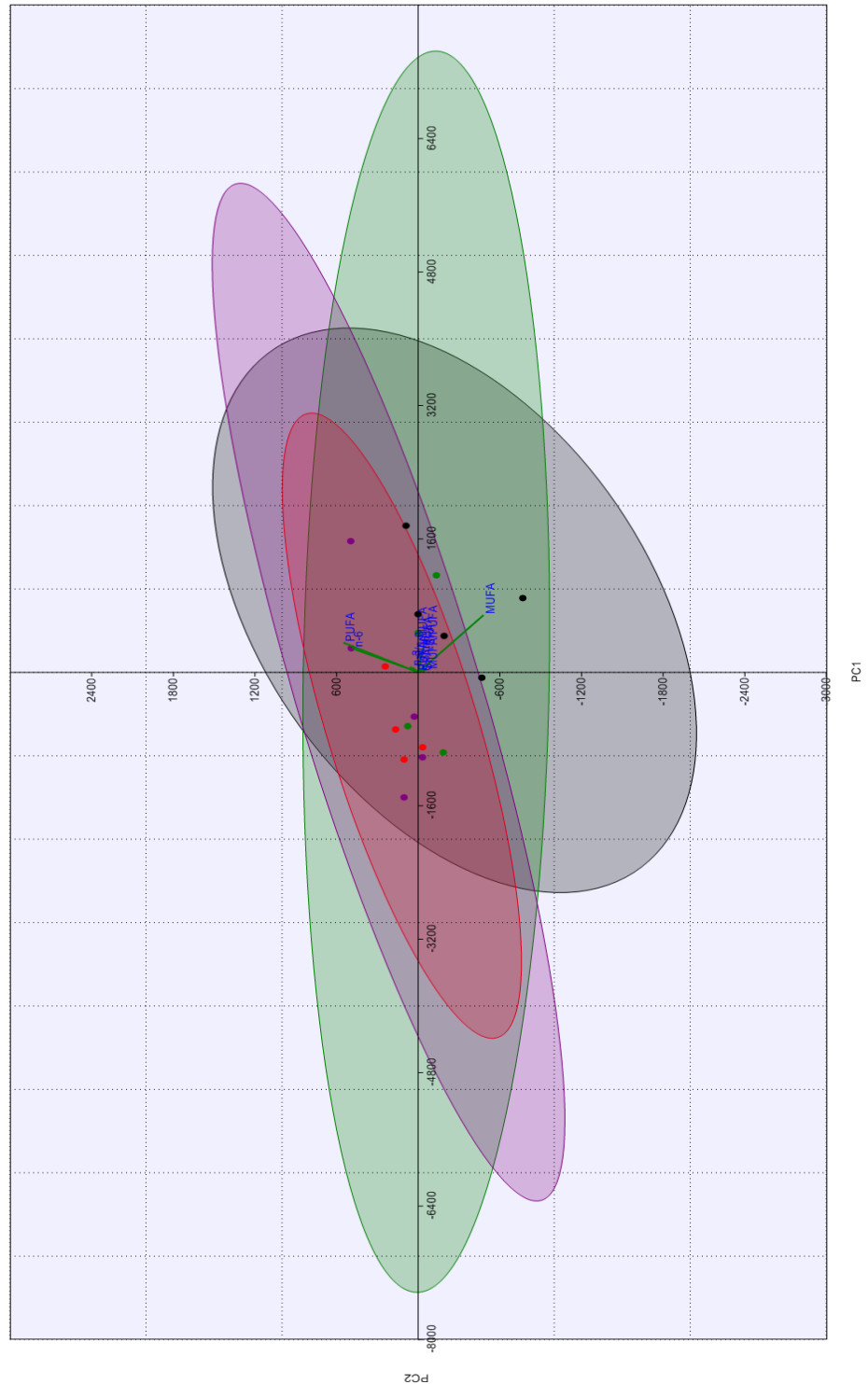
Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten. A # jelnél a P=0,05.

A lenolajjal kiegészített táppal etetett csoport filéjében tapasztaltam a legmagasabb MUFA, SFA, n3 zsírsav mennyiséget, és a legmagasabb n-3/n-6 zsírsavarányt is, amely értékek az összes többi takarmány átlagértékétől szignifikáns mértékben eltértek. A táplálkozás-élettani szempontból fontos n-6/n-3 arány statisztikailag a napraforgóolajjal és szójaolajjal etetett halak között mutatott különbséget.

Az 10. ábra a három olaj kiegészítést és a kiinduláskor vett minták összes zsírsav és zsírtartalom értékét összehasonlító biplotot ábrázolja. Az ábra alapján megállapítható, hogy a lenolajjal kiegészített tápot fogyasztó halak magas szórás értékekkel bírtak, ezzel megnyújtva az ellipszis hosszát. Mivel az olajsav a legnagyobb mennyiségben megtalálható zsírsav a halhúsban, ezért a PCA ábrát annak mennyisége nagymértékben befolyásolja. A lenolajjal kiegészített tápot fogyasztó halak rendelkeztek a legmagasabb olajsav tartalommal. A PCA kiemeli azokat a zsírsavakat, amelyek értékei befolyásolják az egyes csoportok ellipsziseinek irányát (C18:1, C18:2 (n-6)).



10. ábra Az egyes kezelésekből származó pontyhúsok összesített zsírsavösszetételének (mg/100g-os értékre számítva) PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (K- szürke, L- zöld, N- piros, Sz csoport – lila ellipszis)



11. ábra Az egyes kísérleti csoportokból származó pontyhúsokban található egyes zsírsavcsoportok (mg/100g-os értékre számítva) összefoglaló PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (K-0.napon mért - szürke, Lenolajos zöld, Napraforgóolajos - piros, Szójaolajos csoport – lila ellipszis)

Az 11. ábrán látható, hogy főként a PUFA, az n-6 és a MUFA zsírsavak befolyásolták az ellipszisek formáját és elhelyezkedését. A MUFA irányát a kiindulási értékek és a lenolajjal kiegészített tápot fogyasztó halak mutatták, míg a PUFA nyíl irányát a napraforgóolajjal és szójaolajjal etetett csoportok magas értékei határozták meg a PCA-képen.

4.3.5 A halfilék lipidperoxidációs értékeinek alakulása

A kísérleti pontyok malondialdehid koncentrációjának értékeit a 28. táblázatban foglalom össze a kiindulási értékekre és a három kezelt csoportra vonatkoztatva.

27. táblázat Az egyes kísérleti csoportokból származó pontyhúsok malondialdehid koncentrációja mmol/kg-ban (átlag \pm szórás)

	K (n=5)	L (n=4)	N (n=4)	Sz (n=5)
MDA 1.	8,05 \pm 2,22 ^{a#}	10,82 \pm 1,80 ^a	8,32 \pm 1,66 ^a	12,21 \pm 3,19 ^{a#}
MDA 2.	14,15 \pm 2,64 ^{a*}	18,73 \pm 3,61 ^{a*}	13,60 \pm 1,39 ^{a*}	20,26 \pm 5,97 ^{a*}

MDA 1. – 1. alkalommal vett minta, és MDA 2. – 2. alkalommal vett minta (átlag \pm szórás). A különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten. A csillagok az MDA 1. és MDA 2. között statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten. (# $P=0,061$)

A kiindulási minták és a szójaolajjal etetett pontyok MDA értéke $P=0,061$ esetén mutatta a legjelentősebb eltérést, bár ennek mértéke nem volt szignifikáns ($p=0,061$). Az összes csoport magasabb MDA értékkel rendelkezett a 2. mintavétel után, mint az első alkalommal.

4.4 Fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet eredményeinek bemutatása

4.4.1 A kísérleti takarmányok összetétele

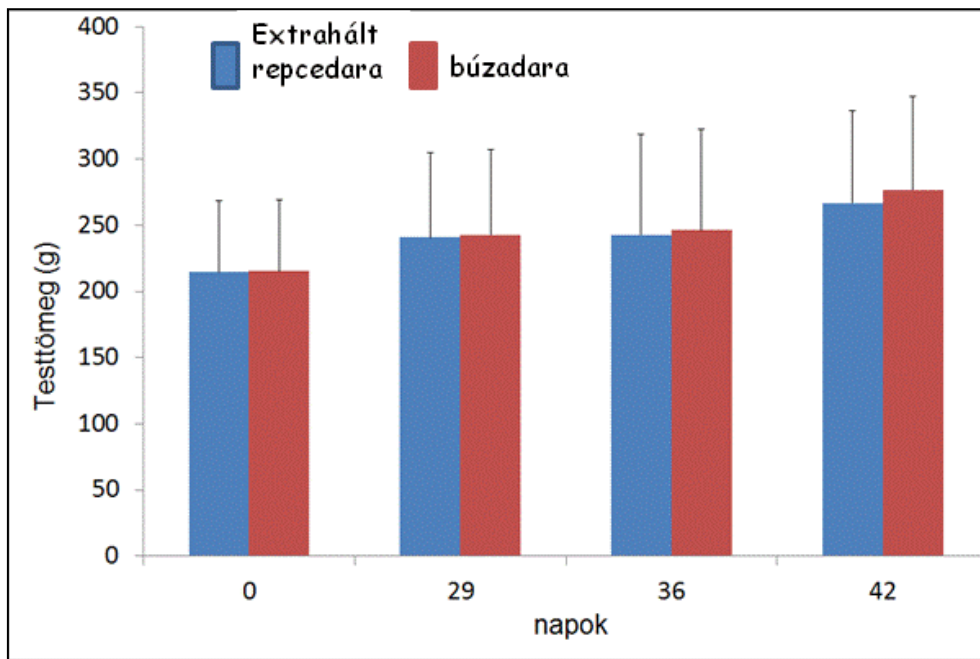
A kísérleti takarmányok zsírtartalma és zsírsavösszetétele a 29. táblázatban látható.

28. táblázat A kísérletben alkalmazott takarmányok zsírtartalma és zsírsavösszetétele (zsírsav %-a az összes zsírsav százalékára vonatkoztatva), T- kísérlet előtt etetett tilápiatáp, R- extraháltrepcedara, B- búzadara, R+B extrahált repcedara és búzadara keverék

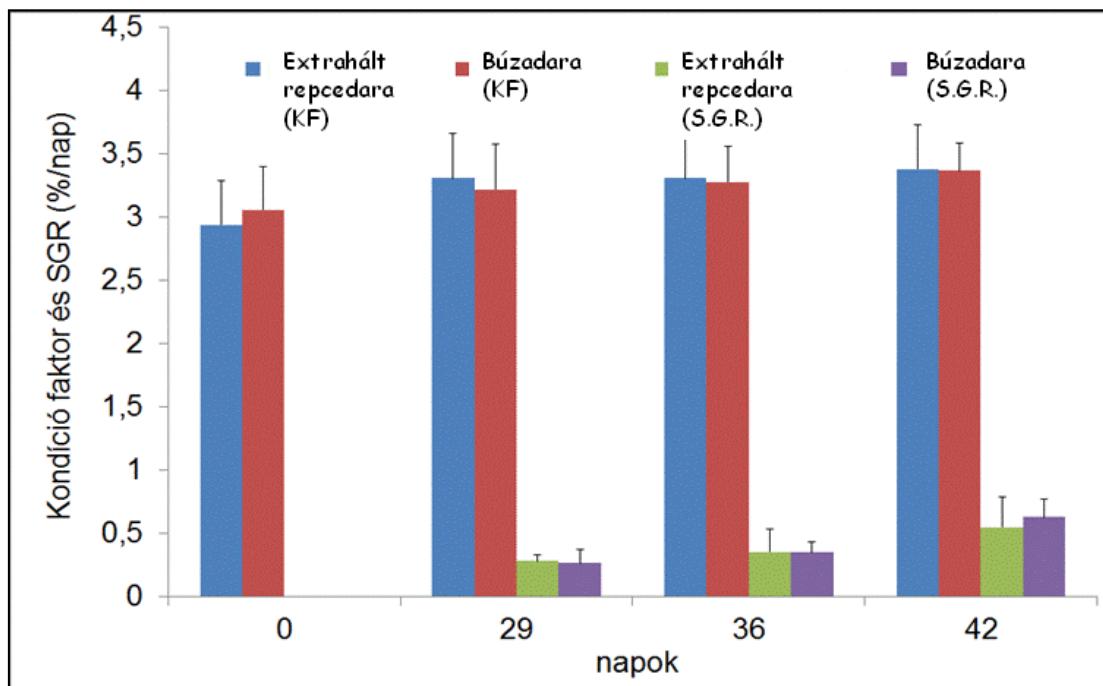
	T	R	B	R+B
Zsírtartalom (g/100g)	4,00	2,30	1,85	2,075
C14:0 Mirisztinsav	2,5	n.d	n.d.	n.d.
C16:0 Palmitinsav	9,4	5,5	15,5	9,96
C17:0 Heptadekánsav	0,6	n.d	n.d.	n.d.
C18:0 Sztearinsav	2,6	2,0	2,0	2,0
C16:1(n-7) Palmitoleinsav	3,6	0,6	n.d.	0,4
C18:1(n-9) Olajsav	18,4	54,9	12,4	35,95
C20:1(n-9) Eikozénsav	4,9	2,3	3,6	2,88
C22:1(n-9) Erukasav	4,9	n.d.	n.d.	n.d.
C18:2(n-6) Linolsav	14,2	21,2	55,8	36,62
C18:3(n-3) α-Linolénsav	3,2	8,4	10,5	9,33
C20:4(n-6) Arachidonsav	2,1	n.d	n.d	n.d
C20:5(n-3) Eikozapentaénsav	6,7	n.d.	n.d.	n.d.
C22:5(n-3) Dokozaapentaénsav	3,4	n.d.	n.d.	n.d.
C22:6(n-3) Dokozahexaénsav	7,4	n.d.	n.d.	n.d.
SFA	15,1	7,5	17,5	9,9
MUFA	31,8	57,8	16	39,17
PUFA	37,0	29,6	66,3	45,96
n-3	20,7	8,4	10,5	9,34
n-6	16,3	21,2	55,8	36,62
n-3/n-6	1,27	0,40	0,19	0,31

4.4.2 A növekedésre vonatkozó eredmények

A kísérlet során mért testtömegek a 12. ábrán, a kondíció faktor (KF) és a fajlagos növekedési sebesség (S.G.R.) eredmények a 13. ábrán láthatók. A kísérleti csoportok (extrahált repcedara-búzadarakeveréssel, és a búzadarával etetett halak) testtömeg növekedése a kísérlet ideje alatt (42 nap) nem mutatott statisztikai különbséget. A testtömeg-gyarapodás és a kondíciófaktor értékek se a kiindulási, se a kísérlet végén mért értékek nem különböztek szignifikánsan.



12. ábra A kísérleti csoportok (extrahált repcedara-búzadara keverékkel, és a búzadarával etetett halak) testtömeg növekedése a kísérlet ideje alatt



13. ábra A kísérleti csoportok kondíció faktora (KF) és fajlagos növekedési sebesség (S.G.R. %/nap) növekedésének üteme a kísérlet során

4.4.3 A kísérleti halak testösszetételének és zsírsavösszetételének alakulása

A kísérlet 0. napján mért halak (K), és a kísérlet végén mért két csoportból származó halak zsírtartalmát és zsírsavösszetételét a 30. táblázat foglalja össze. A testösszetételt tekintve a

zsírtartalom szignifikáns növekedést mutatott a két csoportnál a kiindulási értékhez képest. A halhús kémiai analízisének eredményei alapján a két kísérleti csoport, az extrahált repcedara-búzadara keverékkel (A) és a búzadarával etetett (B) csoport húsának fehérje, hamu és szárazanyagtartalma is növekedett a kiinduláshoz képest, azonban nem volt statisztikai különbség részben a vizsgálatba vont alacsony elemszám miatt.

29. táblázat. A kísérlet egyes csoportjaiból kifogott mintavételi halak teljes testösszetétele (K- kísérlet kezdetekor mért, A- extrahált repcedara-búzadara keverék, B- búzadara).

g/100g	K (n=3)	A (n=3)	B (n=3)
Szárazanyag	21,58±2,71 ^a	24,13±1,72 ^a	22,50±0,29 ^a
Nyershamu	0,75±0,64 ^a	1,01±0,04 ^a	0,89±0,12 ^a
Nyersfehérje	17,41±0,32 ^a	18,13±1,02 ^a	17,99±0,34 ^a
Nyers zsír*	1,85±1,31 ^a	3,48±1,10 ^b	3,50±1,67 ^b

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek $p < 0,05$ szinten. *A zsírtartalom esetében (K: n=6, A: n=15, B: n=14) a kontroll és a B csoport halai között a $P=0,066$.

A 0. napon vett minták és a két kísérleti csoport zsírsavprofilját a 31. táblázat mutatja be. A K csoport (31. táblázat) a kísérlet előtti állomány a 29. táblázatban szereplő T elnevezésű tilápiatáppal volt etetve, az A csoport az extrahált repcedara-búzadara keverékkel etetett állomány, mely a R+B takarmányt kapta, illetve a B csoport a búzadarával etetett halak csoportja.

Az egyszerűen telítetlen olajsav nem mutatott szignifikáns különbséget, se a kezelt csoportok, se a kiindulási minták között. Eikozadiénsavat nem tartalmaztak a kísérlet előtt vett minták, de a 42. napon az A és B csoport 3 illetve 1 egyedének húsában találtam ilyen zsírsavat. Az n-3, valamint az n-3/n-6 zsírsavak aránya statisztikailag igazolhatóan csökkent mindkét csoportban a K csoporthoz képest (32. táblázat).

30. táblázat. Kísérleti halfilék zsírsavösszetétele (%) az összes zsírsav %-ában (átlag±SD) (K-kísérlet kezdetekor mért, A- extrahált repcedara-búzadara keverékkel, B- búzadarával etetett csoport)

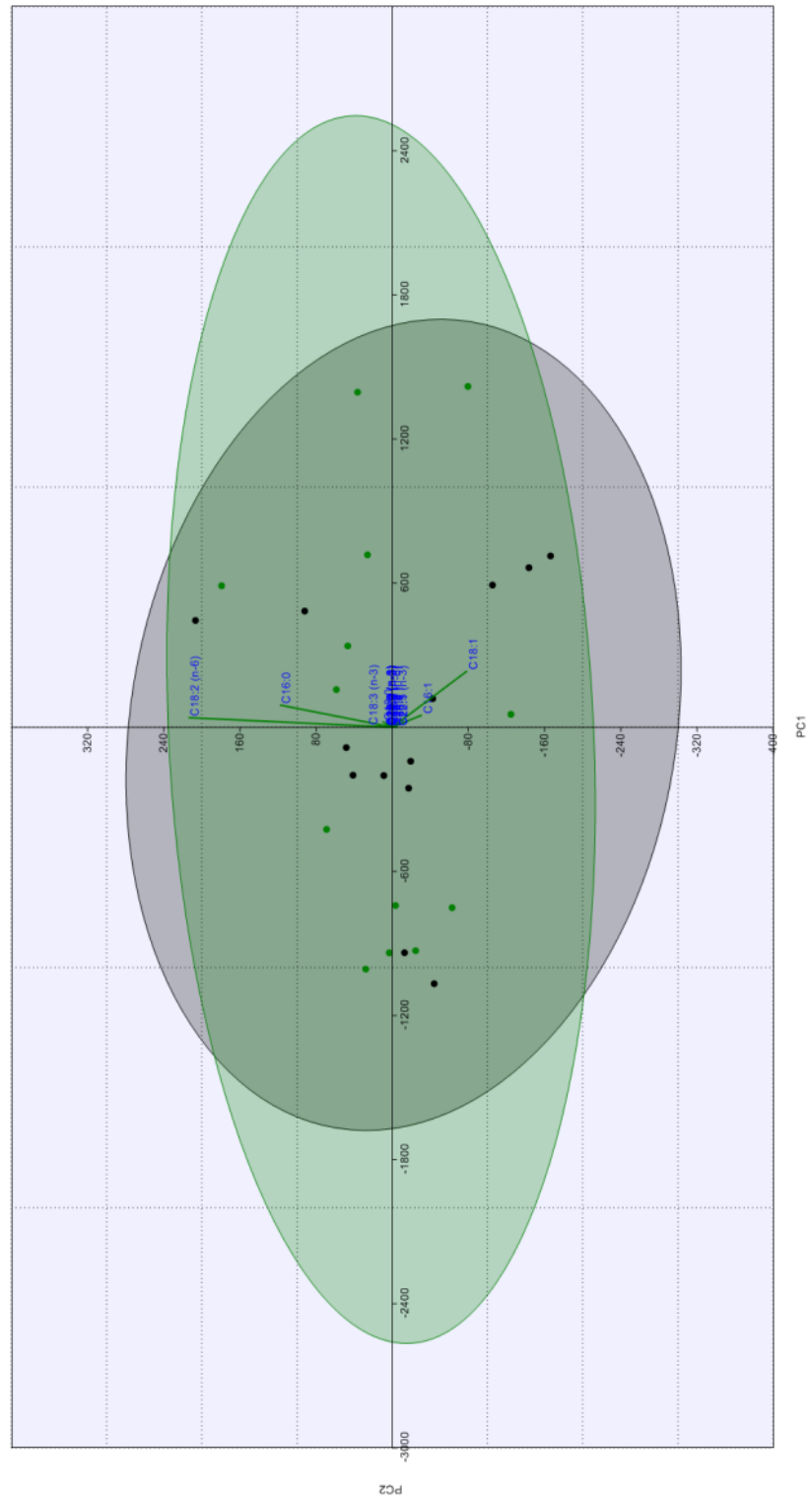
<i>Megnevezés</i>	K (n=6)	A (n=15)	B (n=14)
C12:0 Laurilsav	0,06±0,05 ^a	0,28±0,51 ^a	0,15±0,22 ^a
C14:0 Mirisztinsav	1,20±0,27 ^a	1,30±0,20 ^a	1,32±0,16 ^a
C14:1 Mirisztolajsav	0,20±0,12 ^a	0,33±0,21 ^a	0,24±0,15 ^a
C15:0 Pentadekánsav	0,26±0,05 ^a	0,12±0,11 ^{bc}	0,19±0,10 ^{ac}
C16:0 Palmitinsav	21,04±2,37 ^a	20,87±1,45 ^a	20,48±1,82 ^a
C16:1 Palmitoleinsav	9,03±2,11 ^a	11,09±1,22 ^{bc}	9,98±1,70 ^{ac}
C17:0 Heptadekánsav	0,22±0,08 ^a	0,10±0,10 ^{bc}	0,12±0,08 ^{ac}
C18:0 Sztearinsav	5,38±0,72 ^a	4,35±1,39 ^a	4,98±0,50 ^a
C18:1(n-9) Olajsav	46,78±4,84 ^a	47,22±2,76 ^a	46,36±3,20 ^a
C18:2(n-6) Linolsav	9,00±2,50 ^a	8,53±1,79 ^a	9,18±2,02 ^a
C18:3(n-3) α-Linolénsav	1,16±0,71 ^a	0,71±0,29 ^a	0,79±0,40 ^a
C18:3(n-6) γ-Linolénsav	0,18±0,20 ^a	0,08±0,12 ^a	0,12±0,16 ^a
C20:0 Arachinsav	0,10±0,10 ^a	0,07±0,04 ^a	0,08±0,06 ^a
C20:1(n-9) Eikozénsav	1,68±0,19 ^a	1,80±0,55 ^a	2,01±0,30 ^a
C20:2(n-3) Eikozadiénsav	0,26±0,22 ^a	0,19±0,26 ^a	0,31±0,25 ^a
C20:2(n-6) Eikozadiénsav	n.d.	0,02±0,06 [*]	0,07±0,14 [*]
C20:3(n-3) Eikozatriénsav	1,18±1,54 ^a	0,12±0,24 ^b	0,17±0,15 ^b
C20:3(n-6) Eikozatriénsav	0,30±0,29 ^a	0,08±0,14 ^b	0,10±0,12 ^b
C20:5(n-3) Eikozapentaénsav	1,00±0,88 ^a	0,63±0,35 ^a	0,57±0,27 ^a
C22:1 Erukasav	0,32±0,26 ^a	0,52±0,26 ^a	0,58±0,43 ^a

Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten. *Eikozadiénsav az A csoportnál 3, B csoportnál 1 egyed adott értéket.

31. táblázat. Az egyes zsírsavcsoportok eredményeinek összefoglaló eredményei (%) az összes zsírsav %-ában (átlag±SD) (K-kísérlet kezdetekor mért, A- extrahált repcedara-búzadara keverékkel, B-búzadarával etetett csoport)

<i>Megnevezés</i>	K (n=6)	A (n=15)	B (n=14)
Σ MUFA	57,10±4,53 ^a	61,07±3,31 ^a	59,22±3,54 ^a
Σ PUFA	13,08±4,67 ^a	10,36±2,31 ^a	11,30±2,62 ^a
Σ SFA	28,62±2,31 ^a	27,02±1,59 ^a	27,32±2,00 ^a
SFA/PUFA	2,51±1,14 ^a	2,73±0,65 ^a	2,58±0,79 ^a
MUFA/PUFA	5,03±2,35 ^a	6,22±1,67 ^a	5,59±1,74 ^a
Σ n-3	3,60±3,07 ^a	1,65±0,54 ^b	1,84±0,50 ^b
Σ n-6	9,48±2,67 ^a	8,71±1,93 ^a	9,46±2,22 ^a
n-3/n-6	0,37±0,31 ^a	0,19±0,05 ^b	0,20±0,03 ^b
n-6/n-3	3,32±2,99 ^a	5,49±0,92 ^a	5,79±1,86 ^a

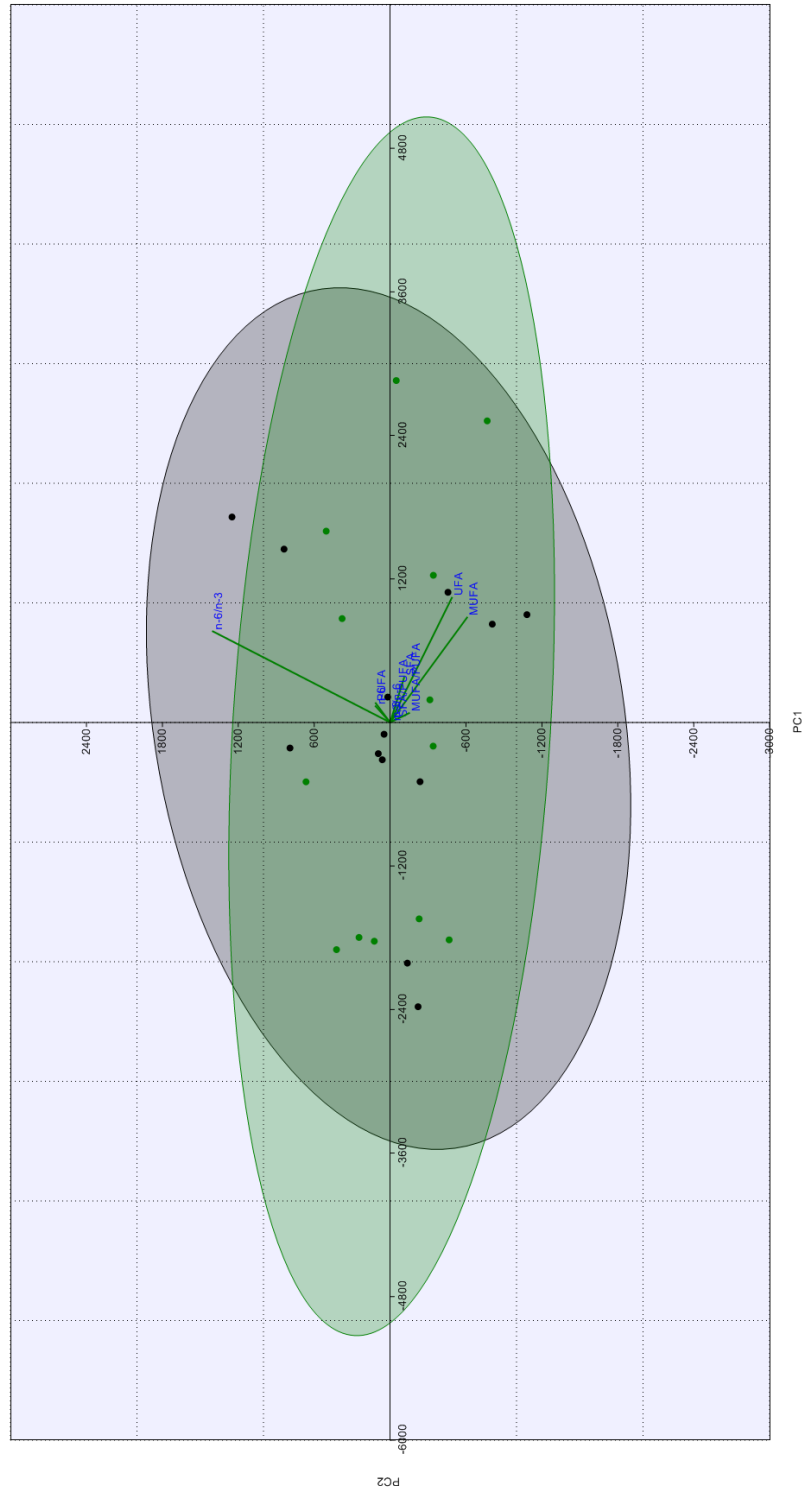
Azonos sorban a különböző betűjelek statisztikailag igazolható különbséget jelölnek p<0,05 szinten.



14. ábra Az egyes kezelésekből származó pontyhúsok összesített zsírsavösszetételének (mg/100g-os értékre számítva) PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (repce-búzadarakeverék -szürke, búzadara-zöld ellipszis)

A 14. ábra az egyes kezelések összes zsírsav-értékét (mg/100g-os értékre számítva) összehasonlító biplotot ábrázol. Az ábra alapján megállapítható, hogy a búzadarával etetett pontyoknak szélesebb a szórás-spektruma, ezért laposabb lett az ellipszise. Az extrahált repcedara-

búzadara keverékkel etetett halak palmitoleinsav (C16:1) és olajsav (C18:1(n-9)) értékei nagyobbak, ezért az említett zsírsavaknál az irányt ez a csoport mutatja. A PCA kiszúrta, hogy a kezelések értékeinek különbségét meghatározó zsírsavak a következők: C16:0, C16:1, C18:1(n-9), C18:2(n-6), C18:3(n-3).



15. ábra Az egyes kísérleti csoportokból származó pontyhúsokban található egyes zsírsavcsoportok összefoglaló PCA-képe 95%-os konfidencia-szinten (repce-búzadarakeverék -szürke, búzadara-zöld ellipszis)

Az 15. ábrán a MUFA mennyisége, valamint az n-6/n-3 zsírsavak aránya az A és B csoportot valamilyen szinten elkülöníthetővé tette. Ennek ellenére a két ellipszis nagyrészt fedi egymást a hasonló értékek miatt.

4.4.4 A halfilék lipidperoxidációs értékeinek alakulása

A kísérleti pontyok lipidperoxidációs paraméterét, a malondialdehid koncentrációt a 33. táblázatban foglalom össze a két kísérleti csoportra vonatkoztatva. A vizsgált csoportok MDA értékei között nem volt statisztikailag igazolható különbség ($p > 0,05$).

32. táblázat Az egyes kísérleti csoportokból származó pontyhúsok malondialdehid koncentrációja (MDA szint mmol/kg-ban, átlag \pm szórás) (A-extrahált repcedara-búzadara keverékkel, B-búzadarával etetett csoport)

<i>Megnevezés</i>	A (n=15)	B (n=15)
MDA 1.	54,66 \pm 15,54	62,71 \pm 20,49
MDA 2.	68,46 \pm 19,28	78,39 \pm 19,42

5. KÖVETKEZTETÉSEK

5.1 Tógazdasági kísérlet

5.1.1 A zsírtartalomra vonatkozó eredményekből levonható következtetések

A tógazdasági vizsgálati eredmények alátámasztják azokat a korábbi megfigyeléseket, hogy az egyoldalú, különösképpen a törtszemű nagy energiatartalmú kukorica a mintavételt megelőző 2 hónapban történő etetése jelentős mennyiségben elősegíti a halfilé elzsírosodását. Megállapítható, hogy a lehalászási hónapban nagy mennyiségű kukoricafogyasztása mellett a C4 és C5 gazdaság halai több zsírt deponáltak. A másik három gazdaság halainak alacsonyabb a zsírtartalma, mivel ezek a gazdaságok lényegesen kevesebb takarmányt adagoltak be októberben.

VACHA et al. (2007) három különböző takarmányozást hasonlítottak össze; az egyes földmedrű tavakba kihelyezett pontyokat kukoricával, búzával, tritikáléval etették, illetve egy kontroll tó is szerepelt a kísérletben, ahova nem adtak be kiegészítő takarmányt. Leírták, hogy a kukoricával etetett pontyok húsa volt a legzsírosabb (13,26%) és a tóban élő természetes táplálékot fogyasztó kontroll csoporté a legkevésbé zsíros (1,76%). A vizsgálatomban a C4 gazdaság halai kukorica és búza kiegészítést kaptak a lehalászást megelőző hónapban 1:1 arányban, illetve a C5 gazdaság takarmányadagjához képest fele mennyiségben. Így a halak zsírtartalma ($10,65 \pm 2,65\%$) közel azonos volt a VACHA et al. (2007) által leírt búza kiegészítéssel etetett pontyok értékeivel (11,22%). PRZYBYL és MAZURKIEWICZ (2004) szerint a tritikálé az egyik legértékesebb szénhidrátot tartalmazó takarmány a ponty számára, ami talán a búza egyik helyettesítője lehet, és talán ennek alkalmazásával csökkenteni lehet a takarmányozási költségeket is. A C4 kivételével valamennyi tógazdaságban szerepelt a tritikálé a takarmányok között, azonban azt a szezon első felében etették, a C5 csoportnál például teljesen leváltották az áprilistól júliusig etetett tritikálét kukoricára. VACHA et al. (2007) csak tritikáléval etették az egyik kísérleti csoportot és a hús zsírtartalma 10% alatt maradt (9,72%). URBÁNEK et al. (2010) hasonló eredményeket kaptak, miszerint a kukoricával etetett pontyok rendelkeztek a legmagasabb zsírtartalommal ($112,7 \pm 15,6$ g/100g), a tritikálé ($84,3 \pm 15,7$ g/100g) vagy rozs kiegészítéssel ($90,1 \pm 19,0$ g/100g) etetett halakhoz viszonyítva az októberi mintahalászatkor. PRZYBYL és MAZURKIEWICZ (2004) egy 60 napos takarmányozási kísérletben, amelyben árpát, búzát, tritikálét vagy rozs kiegészítést alkalmaztak úgy találták, hogy a tritikáléval etetett pontyok voltak a legzsírosabbak ($828,22$ g tömegű, $3,51 \pm 0,12\%$ nyerszsírtartalom). A búzával etetett csoportok érték el ugyanakkor a legnagyobb testtömeget

(849,40g tömegű, $3,36 \pm 0,19\%$ nyerszsírtartalom) és az árpával takarmányozott csoport mutatta a legkisebb testtömeget (818,31g, $3,35 \pm 0,30\%$). Élettani szempontból fontos megemlíteni a természetes vizekben élő pontyok évszakos zsírtartalom változására vonatkozó megállapításokat (GULER et al. 2008), amely szerint nyáron a legalacsonyabb a halak zsírtartalma (1,09%), a téli magas értékek (4,45%) viszont tavaszra szinte megfelelőnek (2,94%).

5.1.2 A zsírsavösszetétel alakulása

A különböző nevelési és takarmányozási módszerek befolyásolják a hal húsának zsírsavösszetételét (STEFFENS 1997; VACHA et al. 2007). A tógazdasági pontyok filéjének zsírsavösszetételében a legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav az olajsav volt, ami ugyanakkor szignifikáns különbséget mutatott az egyes csoportok közt. Valószínűsíthető, hogy az olajsav a telített zsírsavak deszaturációjának elsődleges terméke, a főként keményítőben gazdag, illetve linolsavban és α -linolénsavban szegény takarmányból szintetizálódik, majd az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) mennyiségének növekedését és a többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) mennyiségének csökkenését idézi elő (HENDERSON 1996). A vizsgált C4 és C5 gazdaságok esetében volt (statisztikailag is igazolható mértékben is) a legnagyobb az olajsav-tartalom, ez a feldúsulás a filében a nagy mennyiségben etetett gabona és kukorica magas keményítőtartalmával magyarázható. JABEEN és CHAUDRY (2011) három halfajon (*C. carpio*, *Labeo rohita*, *Oreochromis mossambicus*) végzett zsírsavösszetétel vizsgálatot, és mindhárom halfajban a palmitinsav és az olajsav volt domináns.

Az arachidonsav leginkább a gabonafélékkel (búza, rozs, tritikálé, kukorica, rizs) etetett állatokban található túlnyomó részben SIMOPOULOS (1991) szerint. Ennek viszont ellentmondanak az általunk kapott eredmények, miszerint a C4 gazdaság etetett ugyan a legnagyobb mértékben kukoricával, és mégis itt volt a legalacsonyabb az arachidonsav ($0,65 \pm 0,58\%$) értéke. Mivel nem rendelkezünk pontos adatokkal a vizsgált tógazdaságok tavainak természetes produkciójára vonatkozóan (plankton mennyiség, üledékben élő makrogerinctelenek mennyisége), így valószínűnek tartom, hogy az eltérő eredményt ezen nem becsült természetes takarmány nagyobb mennyisége is okozhatta.

Jelentősen különbözött a többszörösen telítetlen, azon belül is az n-3-as zsírsavak mennyisége az egyes gazdaságok halainál. Minél extenzívebb technológiát alkalmaztak -minél kevesebb kiegészítő takarmányt adagoltak az egyes gazdaságok-, és minél több természetesebb táplálékot ehetek a halak a C1 és C2 gazdaságok esetében, annál magasabb volt a többszörösen telítetlen, azaz az n-3 zsírsavak mennyisége (C1: $11,11 \pm 3,00\%$; C5: $1,23 \pm 0,84\%$). Nem úgy a

táplálkozás-élettani szempontból fontos α -linolénsav értéke (C1: $3,45 \pm 0,51\%$; C5: $0,78 \pm 0,43\%$). A ponty képes elongációval és deszaturációval a linolsavat és az α -linolénsavat hosszú szénláncú többszörösen telítetlen n-6, illetve n-3 zsírsavakká alakítani a $\Delta 5$ és $\Delta 6$ deszaturáz enzimek segítségével (SARGENT et al. 1999, STEFFENS 1997, 2007, TOCHER 2003). Ezenkívül az n-3 PUFA zsírsavak többsége a tóban található természetes táplálék, a plankton és benthos elfogyasztásával kerül a ponty szervezetébe (ADAMEK et al. 2004). GULER et al. (2008) vizsgálták a természetes vízben élő pontyok zsírsavösszetételét. Adataik szerint elmondható, hogy a tóban nyár végére lecsökken a plankton mennyiség, ami a halak zsírsavösszetételében is tükröződik. A legalacsonyabb n-3 zsírsavmennyiség ősszel volt mérhető, míg a legmagasabb a tavaszi és nyári plankton csúcs idején. KÖRMENDI és HANCZ (2000) leírták, hogy annak ellenére, hogy a plankton-mennyiség évszakonként változó, mindig elegendő mennyiség található a tóban egy normál pontyállomány fenntartásához (kiegészítő kezelésekkel, pl. trágyázás, megfelelő időzítés a kiegészítő takarmányozásra).

A C1 és C2 gazdaság halaiban találtam a legmagasabb a dokozahexaénsav akkumulációt, ennek következtében az n-3 zsírsavak mértéke is ezekben volt a legnagyobb. A C4 és C5 gazdaság halainak húsában mért alacsonyabb linolsav-mennyiség ugyanakkor nem volt elegendő az arachidonsavvá és a dokozapentaénsavvá átalakítás. Ez utóbbi eredmények összhangban vannak TAKEUCHI és WATANABE (1977) eredményeivel.

Egyes édesvízi halaknak, mint például a pontynak és a tilápiának, nagyobb mennyiségű n-6 zsírsavakra van szükségük a maximális növekedés eléréséhez (NRC 1993). TAKEUCHI (1997) szerint a ponty n-6 és n-3 zsírsav szükséglete 0,5-1% között van. A C1, C2, C3 gazdaságokból származó halakban az n-6/n-3 aránya megközelíti ezt az értéket, azonban a C4 és C5 gazdaságból származó halak értéke lényegesen meghaladja az ajánlott értéket. Az n-6/n-3 arány nemcsak a hal számára fontos, hanem annak humán egészségügyi vonatkozása is érdekes.

Ponty és compó zsírsavösszetételét vizsgálta STEFFENS és WIRTH (2007) és bebizonyították, hogy különböző tartási és takarmányozási módszerek a halak n-6 és n-3 többszörösen telítetlen zsírsav mennyiségében és arányában lényeges különbségeket idéznek elő. Természetes táplálékon nevelt ponty izom trigliceridjeiben jelentős mennyiségű n-6 és n-3 zsírsavmennyiséget mutattak ki. Másrészt a búzával etetett ponty húsában csak kevés esszenciális zsírsavakat találtak.

5.1.3 A halfilék mikroelem tartalmának alakulása

A mikroelemek közül kiemelkedő a halhús vastartalma, hisz a vas központi szerepet játszik a vörösvértestek felépítésében, a szervezet oxigénellátásában. Szintén nagy mennyiségben fordul elő a húsokban a cink, ami részt vesz az enzimek működésében, biztosítja a sejtek épségét, szabályozza az izmok összehúzóó képességét, elősegíti az inzulin képződését, szerepet játszik a szaporítószervek kialakulásában és hozzájárul a szellemi frissesség megőrzéséhez (MÉZES 1997). A szervezet sokkal könnyebben fel tudja venni ezeket az elemeket a húsfélékben előforduló szerves kötésű vegyületekből, mint más, például növényi eredetű táplálékból. OROSZ et al. (2002) szerint az édesvizekben kevesebb ásványi anyag (például Zn és Mg) található meg, mint a tengeri vizekben, és ez lehet az oka az egyes specifikus PUFA zsírsavszintnek az édesvízi halhúsban.

A vizsgálatunk kimutatta, hogy a vizsgált mikroelemek alacsonyabb értékekkel rendelkeznek, mint CSENGERI et al. 1999-es vizsgálatában mért értékek, mind a természetes vizekben élő, mind a tógazdaságból vett halak mintáinak eredményeihez képest. Az öt tógazdaság halainak mikroelem tartalma közül a vas szignifikánsan különbözik az egyes csoportok között, két gazdaság esetében (C4, C5) ötször nagyobb értéket mutatott a C2-es gazdaság halaiban mért koncentrációhoz képest.

5.1.4 A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek alakulása

A lipidperoxidációs jellemzők közül a malondialdehid és a konjugált dién értékek között nem találtam összefüggést. Ismeretes, hogy a lipidperoxidáció propagációs szakaszában a rendszerben jelenlévő átmeneti fémionok nagymennyiségű szabad gyök generálását eredményezhetik, ezért megvizsgáltuk a lipidperoxidációs jellemzők és a mikroelemek mennyisége közötti kapcsolatot. Szignifikáns korreláció volt kimutatható a vastartalom és konjugált diének, valamint a réztartalom és a konjugált diének mennyisége között, amit az okozhatott, hogy a lipidperoxidáció során a hemgyűrű (vaskomplexum) degradálódik és a vas szabadná válik (BALLA et al. 1991).

5.2 Tógazdasági előkísérlet

5.2.1 A zsírtartalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések

Mivel a két tó között már a kísérlet indulásakor szignifikáns különbséget találtam a halak testtömegében, így nehéz levonni bármilyen következtetést a testtömeg növekedésre nézve.

A kísérleti takarmányok zsírsavösszetétele jelentősen különbözött: palmitinsav, palmitoleinsav, olajsav, linolsav, α -linolénsav tartalmában. A repce-búzakeverék olajsav tartalma négyszer akkora, mint a búzadarálóé.

Az olajsav főként keményítőben gazdag, illetve linolsavban és α -linolénsavban szegény takarmányokból szintetizálódik, majd az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) mennyiségének növekedését idézik elő (HENDERSON 1996). A kísérleti halak húsában csökkent az olajsav, ugyanakkor az eikozatetraénsav növekedett. GLENCROSS et al. (2003) repceolajjal etettek tengeri sügért és azt tapasztalták, hogy csökkent a halak testsúlygyarapodása, viszont a filé zsírsavösszetétele kedvezően alakult a repceolaj kedvező értékei miatt.

5.2.2 A halfilék lipidperoxidációs paramétereinek következtetése

A kísérleti takarmányok etetése nem idézett elő szignifikáns különbségeket a konjugált dién és az MDA értékekben. Valószínűsítem, hogy ennek oka az lehetett, hogy a rövid időszak alatt a halak nem vettek fel elegendő mennyiségű kísérleti takarmányt, így annak zsírsav tartalma nem épült be a halak szervezetébe. Ezt az eredményt alátámasztja HALAMÍČKOVÁ et al. (2003) kísérleti eredménye is, miszerint a malondialdehid koncentráció összefügg a halhús zsírmennyiségével.

5.3 Intenzív rendszerben végzett kísérlet

5.3.1 A zsírtartalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések

A kísérleti tápokot három részre osztottam és ezeket len- (L csop.), napraforgó- (N csop.), valamint szójaolajjal (Sz csop.) dúsítottam. A kezelt tápokban olajsav, linolsav, α -linolénsav az összes zsírsav százalékában kifejezett értékei jelentős eltéréseket mutattak. A kiindulási tilápiatáp nyerszsírtartalmának további 6%-os olaj kiegészítése befolyásolhatja a takarmányfelvételt. GEURDEN et al. (2005) mutatták ki először, hogy a szívárványos pisztráng különbséget tesz a növényi olajokkal (repceolaj, szójaolaj, lenolaj) és halolajjal kiegészített tápok között. A kísérleti tápok közül leginkább a halolajjal kiegészített tápot fogadta el, a növényi olajok közül pedig a repcével kiegészített tápot fogyasztotta a leginkább.

Az intenzív rendszerben végzett kísérlet során az egyes csoportok halai elfogadták a különböző olajokkal dúsított kísérleti tápokot. A kísérleti halak elfogyasztották a tápot, jóllehet statisztikailag nem igazolható mértékben, de mind a testsúlyuk, mindpedig a testhosszuk is nőtt. A kísérlet 42 napon át tartott, ez az idő rövid volt ahhoz, hogy az átlagosan 1000 gramm testsúlyú

pontyok növekedése nagyobb eltérést mutasson. GEURDEN et al. (2007) kísérletében a lenolajjal kezelt tápot nem fogadták el a szivárványos pisztrángok 12 hetes kísérlet során. A táp halolaj tartalmát növényi-olajokkal (repceolaj, lenolaj, olívaolaj) helyettesítették.

MAZURKIEWICZ (2009) különböző korú/méretű pontyokat etetett növényi olajokkal halolaj helyettesítőként. Megállapította, hogy a pontynak adható táp növedék korban maximum 30-35% nyersfehérjét (8,2-8,4%-os nyerszsír-tartalommal), kétnyaras és étkezési méretű pontynál maximum 45% növényi fehérjét tartalmazzon (repce-gabonakeveréknél 5,3%-os nyerszsír-tartalommal).

Kísérletem során a kezelt csoportok a növényi olajokkal dúsított tápokot elfogyasztották, a kiindulási tilápiatáp nyerszsír tartalmának további 6%-os kiegészítés nem idézett elő olyan mértékű ízbeli különbséget, ami a táp elutasítását okozhatta volna. SZABÓ (2009) kísérletében a kősüllő nem fogyasztotta el a 12% lenolajjal kiegészített tápot. SLAWSKI et al. (2011b) a kísérleti haltáp összetételén úgy változtatott, hogy 25% halolajat ugyanannyi repceolajjal helyettesítettek, melyet a lesőharcsák elfogyasztották és a növekedésben sem mutattak eltérést. Azonban az 50%-os helyettesítést már nem tolerálták, a tápot kevésbé fogyasztották, ennek következtében a növekedési ütem lelassult. A táp halolajtartalmának 75%-os megvonása, és a repceolajjal történő helyettesítése azt eredményezte, hogy egyáltalán nem fogadták el a kísérleti halak.

GLENCROSS et al. (2003) szójaolajjal kiegészített takarmánnyal nevelt tengeri sügért vizsgáltak, és annak ellenére, hogy kis mértékben csökkent a takarmányhasznosítás, javasolják a növényi-olajok takarmányba való keverését. A halolaj tartalmú táppal etetett sügerek zsírsavösszetételéhez képest minimálisan, de csökkent a hosszú szénláncú zsírsavak mennyisége (EPA és DHA) a növényi-olajokkal etetett halak húsában. Számos kísérlet során testsúlycsökkenést eredményeztek a takarmánnyal felvett nagy mennyiségű n-3 PUFA zsírsavak (tilápiánál, NG et al. 2001; és amurnál, DU et al. 2008).

A három növényi olaj közül a szójaolajos táppal etetett pontyok húsának fehérje- és zsírtartalma volt szignifikánsan a legmagasabb. Az egyik legértékesebb esszenciális zsírsav a DHA (C22:6n-3), mely kiemelkedően magas volt a szójaolajjal etetett C csoportnál, míg a többi csoportban egyáltalán nem volt megtalálható. Az n-6/n-3 arány a lenolajjal etetett halak húsában közelíti meg leginkább a megfelelő értéket, ezáltal ezeknek a pontyoknak a legértékesebb a húsa táplálkozásélettani szempontból.

5.3.2 A halfilék lipidperoxidációs paramétereiből levonható következtetések

A halolajat tartalmazó tápok magas PUFA zsírsav értékei miatt hajlamosabbak az oxidációra, ami kihat a halhús minőségére, ízére és eltarthatóságára. Néhány alternatív lipidforrás

(len-, pálma-, repce-, szójaolaj) ugyancsak telítetlen zsírsavakban gazdag növényi olajok, melyek szintén érzékenyek az oxidációra, sőt a lenolaj 50% α -linolénsav tartalma kiemelkedően érzékennyé teszi a halhúst a lipidperoxidációra (TURCHINI et al. 2009).

Az MDA értékek szignifikáns különbséget mutattak a kísérlet végén vett minták és a tárolás után végzett vizsgálat között mindegyik kezelésnél. A napraforgóolajjal kezelt halhús alacsonyabb értéke jól mutatja, hogy az kevésbé hajlamos az oxidációra. A nagy mennyiségű szójaolaj takarmányba keverése magasabb MDA értéket eredményezett a szójaolajjal kiegészített tápot fogyasztó csoportban, míg a legkedvezőbb lipidperoxidációs értéket a napraforgóolajjal kezelt táppal etetett halak mutatták, mivel ebben a tápban volt a legalacsonyabb a telítetlen zsírsavak mennyisége (pl. C18:3n-3; C20:2n-3). Ezek az értékek hosszabb idejű eltarthatóságot eredményezhetnek, bár statisztikailag különbséget nem lehetett kimutatni ($p > 0,05$).

5.4 Fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet

5.4.1 A zsírtartalomra és zsírsavösszetételre vonatkozó eredményekből levonható következtetések

A kísérleti tóban a 42 nap alatt folyamatosan megtalálható volt a plankton állomány, emellett szúnyoglárva-kiegészítést is kaptak a kísérleti csoportok. Erre azért volt szükség, hogy a búza és a repce mellett a tógazdasági körülményeket szimulálva természetes táplálékhoz is hozzájussanak a pontyok. URBÁNEK et al. (2010) tógazdaságban nevelt (kiegészítő takarmányozás gabonafélékkel) pontyoknál vizsgálta a táplálékforrást, többek között a makro- és mikro zoobentosz-mennyiséget májustól októberig. Májusban, a rozssal takarmányozott tóban volt jelen a legnagyobb mennyiségben a szúnyoglárva (*Chironomidae*), a többi tóban, augusztusban volt a szúnyoglárva-csúcs. A zooplankton a kísérleti időszak alatt (május-október) nem tűnt el teljesen a vizsgált tavakból. *Daphnia* kevesebb volt a rozssal etetett tavakban, itt nagyon alacsony oxigénszinteket is mértek, ez okozhatta a plankton-mennyiség csökkenését is.

A kísérleti csoportok igazolhatóan növekedtek a 42 nap alatt, az extrahált repcedarával is takarmányozott csoportok sem mutattak negatív növekedést és az extrahált repcedarát sem utasították el (a nagy arány ellenére sem (49% extrahált repcedara, 49% búzadara, 2% szúnyoglárva). DAVIES et al. (1990) leírta, hogy tilápiatápba kevert repcemagliszt mennyisége maximum 15% legyen, mert ezenfelüli mennyiség növekedésbeni csökkenést okozott a kísérleti tilápiáknál. SLAWSKI et al. (2011a) repceolajjal (33%, 66%, 100%) helyettesítették a halolaj bizonyos mennyiségét pontytápokban (a halolaj mennyiséget csökkentették, vagy teljes mértékben elhagyták). Minél jobban csökkentették a halolaj-tartalmat és növelték a repceolaj mennyiségét, annál jobban csökkent a táplálékfelvétel, a növekedés és a táplálék-hasznosítás.

DABROWSKI és KOZLOWSKA (1981) sikeresen helyettesítettek hallisztet 100%-ban repcemag liszttel, és nem csökkent a standard növekedési arány. SLAWSKI et al. (2011a) kísérletében nem fogyasztották megfelelő mennyiségben a pontyok a tápot (66%, 100%-os repceolaj-tartalmú tápot), amit a nagy mennyiségű repce glükozinolát (azaz mustárolaj-glikozid) tartalmával magyaráznak. A repce magas glükozinolát tartalma csípős ízhatást okozhat a halak számára (OROSZ és TÓTH 2010).

A kísérleti takarmányban szereplő extrahált repcedara és a búzadara keverék α -linolénsav-tartalma 9,3%, n-3/n-6 aránya 0,31% volt. PICKOVA és MORKORE (2007) adatai megegyeznek ezekkel az értékekkel. TOCHER et al. (2003) repce-, len-, illetve halolajjal kiegészített tápokot etettek atlanti lazaccal. Leírták, hogy a kísérleti növényi olajok magas linol- és linolinsav mennyiségének köszönhető, hogy az EPA és a DHA zsírsavak mennyisége magas volt a halfilékben. Kísérletünk végén az extrahált repcedarával etetett pontyok filéjében magasabb volt az EPA az összes zsírsav százalékában kifejezett értéke, de a kezelések között nem volt statisztikailag is igazolható különbség.

A halolaj többszörösen telítetlen zsírsavakban gazdag. A lenolaj is jelentős mennyiségben tartalmaz PUFA zsírsavakat, így a halolaj megfelelő helyettesítője lehet, azonban feltétlenül figyelembe kell venni a fajok különböző igényeit a tápok összetételére nézve (a takarmányok megfelelő mennyiségű növényi olajjal történő kiegészítése halfajtól függően). A repceolaj kevesebb n-3-as zsírsavakat tartalmaz, viszont gazdag egyszeresen telítetlen zsírsavakban (főként olajsavban) (LOPEZ-FERRER et al. 1999).

5.4.2 A halfilé lipidperoxidációs paramétereiből levonható következtetések

Statisztikailag igazolható különbség nem volt a kezelések között. A búzával etetett csoport húsa kissé magasabb értékeket mutatott a lipidperoxidációs folyamatok kezdeti szakaszát jellemző konjugált diének, mind pedig a folyamat metastabil végtermékének a malondialdehydnek a vizsgálata során. Valószínűsíthető tehát, hogy a magasabb n-6 zsírsavak miatt érzékenyebb volt az oxidációra. TURCHINI et al. (2009) beszámolt arról, hogy néhány alternatív lipid forrás, mint például a repceolaj, vagy a pálmaolaj telített és egyszeresen telítetlen zsírsavakban gazdagabb növényi olajok, és ezek kevésbé érzékenyek az oxidációra. Ez magyarázhatja az alacsonyabb MDA szinteket az extrahált repcedarával etetett pontyok húsában.

5.5 *Javaslatok*

- A tógazdaságban termelt étkezési pontyokat a lehalászást megelőző 1-2 hónapban alacsony telített zsírsavakat tartalmazó takarmánykeverékkel kell etetni, a megfelelő zsírsavösszetétel és zsírtartalom elérése érdekében, amennyiben az őszi planktoncsúcs mennyiség megengedi.
- A ponty húzában a filé DHA mennyisége a 6% növényi olaj dúsítás hatására szójaolajos csoportoknál kimutatható volt, míg a többi csoportnál nem detektálható mennyiséget kaptam. Következésképpen ajánlom a növényi olajok 6%-os kiegészítés mennyiségének növelését a zsírsavösszetétel megfelelőbb profil elérése érdekében, továbbá a hosszabb távú etetés vizsgálatát. Javaslom a növényi olajkeverékek dúsításával elérni az emberi szervezet számára megfelelő n-6/n-3 arányt a halhúsban.
- Eredményeim alapján (az extrahált repcedarával etetett pontyok filéjében magasabb volt az EPA az összes zsírsav százalékában kifejezett értéke) javasolható pontyok számára előállított táp növényi olajjal való kiegészítése, ahol 3-3%-ban szójaolajat, lenolajat és repceolajat kevernek a haltáphoz. Mind a húsminőségi, mind a lipidperoxidációs értékek vizsgálata ajánlott.
- A továbbiakban a növényi olajok etetésekor az oxidatív stabilitás érdekében antioxidáns hozzáadása ajánlott a haltakarmányba, haltápba.

6. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Igazoltam, hogy a tógazdaságban termelt étkezési pontyok zsírtartalmát és zsírsavösszetételét jelentősen befolyásolja a lehalászást megelőző 1-2 hónapban történő takarmányozás. A túlzott alacsony telített zsírsavakat tartalmazó kukorica és tritikálé takarmánykeverék etetése a ponty elzsírosodásához és a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségének csökkenéséhez vezet.
2. Intenzív rendszerben végzett 42 napos kísérlet során a szójaolajjal dúsított táppal etetett étkezési ponty húsának nyersfehérje- és nyerszsírtartalma volt szignifikánsan a legnagyobb. Megállapítottam, hogy a szójaolajjal kezelt tápot fogyasztó ponty filé DHA (C22:6n-3) mennyisége $1,14 \pm 0,74\%$ volt, míg a lenolajjal, illetve napraforgóolajjal kezelt tápokkal etetett pontyok filéjében nem volt detektálható mennyiség.
3. Intenzív rendszerben végzett kísérletben sikerült igazolnom, hogy n-6/n-3 arány a 6%-os növényi olaj-kiegészítéssel etetett pontyok húsában a legmegfelelőbb a lenolajjal etetett pontyoké volt 3:1 aránnyal. A szójaolajjal etetett halak húsában ez az arány 5:1, míg a napraforgóolajjal etetett halak húsában 7,5:1 volt.
4. Igazolom, hogy intenzív rendszerben a pontytáp 6%-os növényi olajjal való kiegészítése nem csökkenti a halak nevelési és húsminőségi paramétereit. A magas többszörösen telítetlen zsírsavakat tartalmazó szójaolajat és lenolajat a haltápra 6%-nál kisebb mennyiségben keverve értékes tápanyagot nyújt a ponty számára.
5. Vizsgálataim során megállapítottam, hogy a 6% növényi olaj-kiegészítést tartalmazó táppal etetett pontyokban a filé magasabb PUFA zsírsavtartalma szignifikánsan nem befolyásolja annak MDA koncentrációját. Viszont a pontyhús tárolhatóságát befolyásolja, ilyenkor csökken annak oxidatív stabilitása, antioxidáns hozzáadása.
6. Megállapítottam, hogy a fél-intenzív rendszerben nevelt ponty takarmányozás kiegészítése extrahált repcedarával kedvezőtlen, mivel az mind a vízminőségre, mind a halak növekedési paramétereire és a táplálékfelvételére is negatívan hat.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelenleg a hazai akvakultúrás haltermelés több mint kilencven százalékban a tógazdasági termelést jelenti, amely során többségében pontyot, busát, amurt és néhány ragadozó halfajt (harcsa, süllő és csuka) állítanak elő. Hazánkban a tavalyi tógazdasági statisztikák szerint az összes tógazdaságban lehalászott étkezési haltermés (12.306 tonna) 80,7 %-a ponty (9.927 tonna) volt. A statisztikák alapján a tógazdasági haltermelés nagyjából 2-szer több étkezési halat állít elő, hatod akkora területen, mint amennyi a természetes vízből származó étkezési ponty halászsákmány. A halászat szerepe azóta is folyamatosan csökken, míg a tógazdálkodás és az intenzív üzemi telepek termelése egyre növekszik.

A kiváló minőségű halhús iránt nőtt a kereslet, a pontyhús, mint funkcionális élelmiszertermelési cél az elmúlt egy évtizedben hangsúlyosan megjelenő piaci igény. Vizsgálataim célja egyfelől egyes hazai tógazdasági termelésből kikerülő étkezési pontyok halhús minőségének elemzése volt, másfelől korábbi eredményeket figyelembe véve, a pontyhús zsírsav-összetételét a halakkal feletetett takarmány zsírsavösszetételén keresztül kívántam befolyásolni. Célul tűztem ki annak megállapítását, hogy növényi zsírok esetében az eltérő zsírtartalmú tápok etetése hogyan befolyásolja a halak termelési paramétereit, illetve a keletkezett halhús összetételét. Érdekelt, hogy a táplálék azonos zsírtartalma mellett, eltérő növényi olajokat tartalmazó takarmánykeverékek etetésekor megfigyelhető-e a testösszetételben és filé zsírsavprofiljában különbség a ponty esetében.

Első vizsgálatom keretében a természetes táplálékbázison túl a hagyományos tógazdasági gyakorlatban alkalmazott takarmányok hatását vizsgáltam étkezési méretű pontyállományra öt tógazdaságban (abc sorrendben): Aranyponty Halászati ZRt., Attala Haltermelő és Értékesítő Kft., Hortobágyi Halgazdaság ZRt., Körösi Halász Szövetkezet, Tógazda Halászati ZRt. Az egyes halgazdaságokból random módon 10-10 étkezési pontyot dolgoztam fel, vizsgáltam a halak összzsírtartalmát, zsírsavösszetételét, lipidperoxidációs értékeket, illetve egyes mikroelemeket. Tizenhét zsírsav és abból származtatott zsírsav-csoport értékek (Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA, MUFA/PUFA, SFA/PUFA, Σ n-3, Σ n-6, n-6/n-3, DHA/EPA) főkomponens analízise (PCA) alapján a C5 gazdaság (kukoricára alapozott befejező takarmányozás) összes zsírsav és zsírtartalom értéke elkülönül a többi csoporttól. A C4 értékei (szintén kukoricára alapozott befejező takarmányozás) megközelítik a C3 (búzára alapozott befejező takarmányozás) és a C5 csoport halainak értékeit. A tógazdasági pontyok filéjének zsírsavösszetétele alapján a legnagyobb mennyiségben előforduló zsírsav az olajsav volt, ami szignifikáns különbséget mutatott az egyes csoportok közt. Valószínűsítik, hogy az olajsav a telített zsírsavak deszaturációjának elsődleges terméke, a főként

keményítőben gazdag, illetve linolsavban és α -linolénsavban szegény takarmányból szintetizálódik, majd az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) mennyiségének növekedését és a többszörösen telítetlen zsírsav (PUFA) tartalom csökkenését okozza. A vizsgált gazdaságok esetében a C4 és C5 gazdaságok halainál volt a legnagyobb az olajsav-tartalom, ez a feldúsulás a filében a lehalászás hónapjaiban és az azt megelőző hónapban nagy mennyiségben etetett kukorica magas keményítőtartalmával magyarázható. Jelentősen különbözött a többszörösen telítetlen, azon belül is az n-3-as zsírsavak értéke egyes gazdaságok halainál. Minél extenzívebb technológiát alkalmaztak, és minél kevesebb kiegészítő takarmányt adagoltak be a tóba, és minél több természetesebb táplálékot ehettek a halak a C1 és C2 gazdaságok esetében, annál magasabb volt a többszörösen telítetlen, azaz az omega-3 zsírsavak mennyisége (C1: $11,11 \pm 3,00\%$; C5: $1,23 \pm 0,84\%$). Nem úgy a táplálkozás-élettani szempontból fontos alfa-linolénsav értéke (C1: $3,45 \pm 0,51\%$; C5: $0,78 \pm 0,43\%$). A ponty képes rá, hogy elongáció és deszaturáció útján alakítsa át a linolsavat és az alfa-linolénsavat, hosszú szénláncú többszörösen telítetlen n-6, illetve n-3 zsírsavakká a $\Delta 5$ és $\Delta 6$ deszaturáz enzimek segítségével. Egyes édesvízi halaknak, mint például a pontynak és a tilápiának nagyobb mennyiségű n-6 zsírsavak van szüksége a maximális növekedés eléréséhez. A szakirodalmi adatok szerint a ponty n-6 és n-3 zsírsav szükséglete 0,5-1% között van. A C1, C2, C3 csoport n-6/n-3 aránya megközelíti ezt az értéket, azonban a C4 és C5 nem felel meg az ajánlott értéknek, lényegesen meghaladva azt. Az n-6/n-3 arány nemcsak a hal számára fontos, hanem humán vonatkozása is érdekes. Természetes táplálékon nevelt ponty izom triacilgliceridek szintjében jelentős mennyiségű n-6 és n-3 zsírsavakat mutattak ki. Másrészt a búzával etetett ponty húsában kevés esszenciális zsírsavakat találtak.

Következő kísérletemet az intenzív recirkulációs rendszerben végeztem kétnyaras pontyokkal. Különböző növényi olajok (szójaolaj, lenolaj, napraforgóolaj) hozzáadásával készült tápok hatását vizsgáltam a halfilé zsírsavösszetételére. Megállapítottam, hogy a 42 napig tartó kísérletben az egyes csoportok testtömege nőtt, jóllehet statisztikailag nem igazolható mértékben. Ennek feltételezhető oka, hogy a testtömeg 2%-ában megállapított takarmányozási ütem nem volt megfelelő, vagy a növényi olajok ízrontó hatásának következtében nem fogyasztottak eleget a tápokból. A három növényi olaj közül a szójaolajos táppal etetett pontyok húsának fehérje- és zsírtartalma volt szignifikánsan a legmagasabb. Az egyik legértékesebb esszenciális zsírsav a DHA (C22:6n-3), mely kiemelkedően magas volt a szójaolajjal etetett C csoportnál, míg a többi csoportban egyáltalán nem volt megtalálható. Az n-6/n-3 arány a lenolajjal etetett halak húsában közelíti meg leginkább a megfelelő értéket, ezáltal ezeknek a pontyoknak a legértékesebb a húsa táplálkozásélettani szempontból. Ezenfelül vizsgáltam a pontyhús lipidperoxidációs paramétereit. A halolajat tartalmazó tápok magas PUFA zsírsav értékei miatt a halhús hajlamosabb az oxidációra, ami kihat annak minőségére, ízére és eltarthatóságára. A lenolaj 50% α -linolénsav-tartalma

kiemelkedően érzékennyé teszi a halhúst a lipidperoxidációra. A pontyhús MDA értékei alapján levonható az a következtetés, miszerint a 6%-os lenolajdúsítás még nem okoz minőségi romlást a pontyhúsban. Eredményeim alapján javaslom egy kísérletes megerősítést követően pontyok számára előállított táp növényi olajjal való kiegészítése, ahol szójaolajjal és lenolajjal való dúsításának hatására javítható a hús zsírsavtartalma.

Az utolsó kísérletemben egy fóliás tóban hat ketrecben tartott egynyaras pontyokat etettem tógazdaságban alkalmazott takarmányokkal. A 42 napig tartó kísérlet során a pontyok a takarmányokat (búzadara; extrahált repcedara-búzadara keverék) elfogadták, testsúlyuk kis mértékben növekedett. Kísérletünk végén az extrahált repcedarával etetett pontyok filéjében magasabb volt az EPA az összes zsírsav százalékában kifejezett értéke, de a kezelések között nem volt statisztikailag is igazolható különbség. A repceolaj kevesebb n-3-as zsírsavakat tartalmaz, viszont gazdag egyszerűen telítetlen zsírsavakban (főként olajsavban), éppen ezért kevésbé érzékeny az oxidációra, ami magyarázhatja az alacsonyabb MDA szinteket az extrahált repcedarával etetett pontyok húsában.

8. SUMMARY

Presently, 90% of the Hungarian aquaculture is fish production in ponds in which common carp, grass carp, bighead carp and some carnivores (catfish, perch and northern pike) are produced. Statistical data of Hungarian fish farms shows that fish production was 12,306 tons and 80.7% of the total was carp (9,927 t) in 2012. Fish production in ponds produced twice amount of dietary carp than fishermen collected from natural waters. Fisheries activity has been decreased, while pond production and intensive fish farm production has increased in the last few years.

There is a huge demand for high quality fish meat, carp meat and functional food production is a new market demand. The aim of my experiments firstly was to analyse carp meat quality of several Hungarian fish farms, secondly examine feedability of feeds and fatty acid content of feeds and carp meat. Effects of the different fat contents and vegetable oils were evaluated on the production parameters and on the body and fatty acid compositions of common carp.

In my first experiment the aim was to investigate the effects of different carp nutrition methods on the fatty acid composition in fillets. Market size common carp from five different Hungarian fish farms were collected and analysed in order to compare their diet supplemented with cereals and their meat quality. The following fish farms were involved in the experiment: Aranypony Fishing Inc., Attala Haltermelő és Értékesítő Kft., Hortobágyi Fish Farm Co., Körösi Fishing Co., Tógazda Halászati Co. Lipid content, fatty acid, lipid peroxidation parameters and heavy metal contents were assayed. 17 fatty acid and fatty acid groups were identified in the meat: (Σ SFA, Σ MUFA, Σ PUFA, MUFA/PUFA, SFA/PUFA, Σ n-3, Σ n-6, n-6/n-3, DHA/EPA. With the use of *principal component analysis (PCA)*, it can be told that carp meat of C5 fish farm (maize supplemented diet in the last months of the production season) differentiated in the results of fatty acid and fat content from the other four fish farms. Fillet of carp showed high amount of oleic acid which differed significantly from each group. It is very likely, that oleic acid is primary product of desaturation of saturated fatty acids, it is synthesized from cereal feed rich in starch, linolacid, and poor in α -linolenic acid. Then it causes increase of monounsaturated fatty acids and decrease of polyunsaturated fatty acid. Oleic acid content was high due to the amount of maize fed to experimental fish in high amount in the last two months before fishing. While this high amount caused lower levels of essential fatty acids. The more cereal feeds were fed the more undesired saturated fatty acid were found in fish. Carp reared on the basis of natural food exhibit high contents of n-3 fatty acids in their muscle due to the consumed plankton or other smaller fish feeds on plankton. The more extensive production technology was used and the more natural food was

consumed by fish (eg. C1 and C2 fish farms), the higher was the concentration of polyunsaturated n-3 fatty acids (C1: 11,11±3,00%; C5: 1,23±0,84%), not like α -linolenic acid level (C1: 3,45±0,51%; C5: 0,78±0,43 %) in carp meat. It was reported that carps, in contrast to marine fish, are able to bio-convert linoleic acid and α -linolenic acid to EPA and DHA with the use of $\Delta 5$ and $\Delta 6$ desaturase enzymes. The requirement of carp and tilapia for n-3 and n-6 fatty acids is 0.5-1.0%. N-6/n-3 rate of C1, C2, C3 is close to optimal level, however C4 and C5 fish fillet has much higher level than is referenced. The ratio of n-6 to n-3 fatty acids may have increased in industrialized societies because of increased consumption of vegetable oils rich in n-6 fatty acids, ie. linoleic acid, and reduced consumption of foods rich in n-3 fatty acids. Because both n-3 and n-6 fatty acids are essential, the ratio of arachidonic acid to DHA may also be important. Nutritional value of the lipids in carp fillet is high considering the amount of n-3 PUFA in the diet, especially carp reared on natural feed in freshwaters. In contrary, carp fed on wheat has low valuable PUFA.

Next experiment was carried out in a recirculation system composed of 1000-litre tanks with two-summer-old carp. Three types of tilapia diets (diet contains 6% linseed oil, 6% sunflower oil, 6% soybean oil) were fed to carps at maintainance level (2%/day) to analyse fatty acid content of fillet for 42 days. Fatty acid composition and fat content of fish fillet; total body composition of homogenate were assayed. An increase in mean weight gain and mean length were observed but there was no statistical difference between the three groups. This can be the result of the low level of feed rate (2,0%) or the effect of undesirable odour of vegetable oils. Group fed with soybean oil diet showed the highest value of crude protein, fat content. Carp reared under controlled conditions and fed with different oil-supplemented diets, differ both in the fatty acid profile. Differences in MUFA, PUFA, and in essential fatty acids were observed in samples of carp fillet, especially in the group of fish fed with soybean oil showed the highest levels of the followings fatty acids: DHA, eicosadienoic acid. The rate of n-6/n-3 was optimal at fillet of group fed by linseed oil, which means that these fillets are valuable as dietary feed. Furthermore, lipidperoxidation parameters were examined.

Fish meat is tend to be oxidate more easily when fish feed contains high amount of fish oil with many PUFA. This can change quality, taste and storage life of fish meat. The linseed oil contains 50% α -linolenic acid therefore fish fed by this oil has a meat which tends to lipidperoxidation. However, my results show that 6% of linseed oil supplementation in fish feed cannot cause decrease in quality and storage life. After new experiments, it is suggested that carp feed should contain 3-3% vegetable oils in mixture (soybean-linseed oil) to improve fatty acid composition of fish meat without risk of high oxidation.

In the last experiment one-summer old carps were fed in six cages for 42 days at maintainance level (2%/day) by automata feeders. Three cages got wheat grid and the other three

cages were fed with wheat grid – extracted rapeseed pellet (50:50%). All the cages got supplemental *chironomid* larvae (2%/day). In the fillets of carp fed with rapeseed pellets contained small amount of EPA as against the other group however there was no statistical significance between the two groups. The rapeseed oil has lower amount of n-3 fatty acids but rich in unsaturated fatty acids (mainly oleic acid) therefore it is less sensible to oxidation. This is the reason to lower MDA values in fillet of carp fed with rapeseed grid.

9. IRODALOMJEGYZÉK (1.számú melléklet)

ÁCS, T., HERMÁN, I., FÉBEL, H., LUGASI, A., VADÁNÉ KOVÁCS, M., PÁLFY, T., SZŰCS, E., GUNDEL, J. (2007a): A sertéshús és szalonna zsírsavösszetételének befolyásolása a zsírforrás és az idő függvényében. 326. Tudományos kollokvium. MTA TAKI, Budapest. 2007. április 27. 299.füzet pp. 3.

ÁCS, T., HERMÁN, I., FÉBEL, H., VADA, K.M., GUNDEL, J. (2007b): A sertések takarmányozásának hatása a hús zsírsavösszetételére és eltarthatóságára 17. Húsipari Tudományos Napok, Budapest, 2007. április 2-3.

ADAMEK, Z., MUSIL, J., SUKOP, I. (2004): Diet composition and selectivity in 0+ perch (*Perca fluviatilis* L.) and its competition with adult fish and carp (*Cyprinus carpio* L.) stock in pond culture. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 69 (1) 21-27.

ANDREJI, J., STRANAI, I., KACÁNIOVÁ, M., MASSÁNYI, P., VALENT, M. (2006): Heavy metals content and microbiological quality of carp (*Cyprinus carpio*, L.) muscle from two Southwestern Slovak fish farms. *Journal of Environment Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering* 41 (6) 1071-88.

ANTAL, M., GAÁL, Ö. (1998): Többszörösen telítetlen zsírsavak jelentősége a táplálkozásban. *Orvosi Hetilap* 139 (19) 1153-1158.

ANTAL, M. (2000): Tévhitek és szélsőségek a lakosság táplálkozásában. *Táplálkozás - Allergia - Diéta* 5 (4) 2-6.

ANTAL, E. (2007): „Él(ni), mint hal a vízben” – Az egészség és a halfogyasztás összefüggései. *Táplálkozás és Tudomány*. Magyar Dietetikusok Országos Szövetsége hírlevél. 8 (6) 1-6.

A.O.A.C. (1984): Official methods of analysis (28.054). 14th ed. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, VA, USA.

ASZTALOS, B. (2004): High-density lipoprotein metabolism and progression of atherosclerosis: new insights from the HDL Atherosclerosis Treatment Study. *Current Opinion in Cardiology* 19 (4) 385-391.

BALLA, J., JACOB, H.S., EATON, J.W., BELCHER, J.D., VERCELOTTI, G.M. (1991): Hemin: a possible physiological mediator of low density lipoprotein oxidation and endothelial cell injury. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 11, 1700–1711.

BALOGH K. M. (2006): A szelén toxicitását befolyásoló egyes takarmányozási tényezők hatásának felmérése gerinces gazdasági állatfajokban. Szent István Egyetem, Gödöllő. Doktori értekezés pp 1-176.

BALOGH, K., HEINCINGER, M., FODOR, J., MÉZES, M. (2010a): Effect of long term feeding of T-2 and HT-2 toxin contaminated diet on the glutathione redox status and lipid peroxidation processes in common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Biologica Szegediensis* 53 (1) 23-27.

BALOGH, K., SZABÓ-FODOR, J., BÓCSAI, A., HEINCINGER, M., MÉZES, M. (2010b): T-2 toxinnal szennyezett takarmány etetésének hatása pontyok glutation redox rendszerére és a lipidperoxidációs folyamatokra. *Agrár- és vidékfejlesztési szemle* 5 (2) 106.

BAKOS, J., JENEY, ZS., VÁRADI, L. (2005): Review on common carp culture in Europe. World Aquaculture Conference, Nusa Dua, Bali, Indonesia, 9-13 May, 2005. Abstract 612. <https://www.was.org/Documents/MeetingPresentations/WA2005/WA2005-612.pdf> Hozzáférés: 2012.12.27.

BAKLORI, C., TSIRONI, T., TAOUKIS, P. (2012): Predictive modelling of the shelf life of smoked fish. 6th Central European Congress on Food CEFood2012. Abstract book pp. 923-927.

BARDÓCZ, T., JÁMBORNÉ DANKÓ, K., MIHÁLFFY, SZ., MÓDOS, ZS. (2012): A magyar halgazdálkodás fejlesztésének lehetőségei a Közös Halászati Politika tükrében. A „Halászati Operatív Program jelene és jövője” szakmai nap. Gödöllő 2012.október 12.

BELL, J.G., MCGHEE, F., CAMPBELL, P.J., SARGENT, J.R. (2003): Rapeseed oil as an alternative to marine fish oil in diets of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*) changes in flesh fatty acid composition and effectiveness of subsequent fish oil „wash out”. *Aquaculture* 218, 515-528.

BEZARD, J., BLOND, J.P., BERNARD, A., CLOUET, P. (1994): The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues. *Reproduction, Nutrition, Development* 34 (6) 539-568.

BÍRÓ, GY. (2003): Funkcionális élelmiszerek, természetes antioxidánsok szerepe az egészségmegőrzésben. *Élelmezési Ipar* 57 (17) 835-838.

BÓDIS, M. (2008): Az intenzív szőlőtermelés technológiai elemeinek vizsgálata. Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely. Doktori értekezés pp. 1-117.

BOGUT, I., HAS-SCHON, E., ADAMEK, Z., RAJKOVIĆ, V., GALOVIĆ, D. (2007): *Chironomus plumosus* larvae - a suitable nutrient for freshwater farmed fish. *Poljoprivreda* 13 (1) 159-162.

BÓKKON, I. (2000): Szabadgyökök, mint szignál molekulák és a mágneses terápia. <http://www.magnegroup.hu/pdf/Szabadgyokok.pdf> Hozzáférés: 2012.12.20.

BOURRE, J.M. (2005): Where to find omega-3 fatty acids and how feeding animals with diet enriched in omega-3 fatty acids to increase nutritional value of derived products for human: what is actually useful? *The Journal of Nutrition, Health and Aging* 9 (4) 232-242.

BRÜMMER, O., LA CLAIR, J.J., JANDA, K.D. (2001): Practical Screening of Mercury Contamination in Fish Tissue. *Bioorganic & Medicinal Chemistry* 9, 1067-1071.

BURR, G.O., BURR, M.M. (1929): A new deficiency disease produced by the rigid exclusion of fat from the diet. *Journal of Biological Chemistry* 82, 345-367.

BURR, G.O., BURR, M.M., (1930): The nature and role of the fatty acids essential in nutrition. *Journal of Biological Chemistry* 86, 587-621.

ČELECHOVSKÁ, O., SVOBODOVÁ, Z., ŽLÁBEK, V., MACHARÁČKOVÁ, B. (2007): Distribution of Metals in Tissues of the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.). *Acta Veterinaria Brno* 76, 93-100.

CSENGERI, I., FARKAS, T., MAJOROS, F., OLÁH, J., SZALAY M. (1978): Effect of feeds on fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Szarvas. Aquacultura Hungarica* 1, 24-34.

CSENGERI, I. (1996a): Halhúsok telítetlen zsírsav tartalmának jelentősége az egészséges táplálkozásban. Haltenyésztési Kutató Intézet, HAKI, Szarvas. MTA SZAB Élelmiszertechnológiai Szakbizottság, 1996. május 30. Előadórészlet kiadványa. pp. 54-59.

CSENGERI, I. (1996b): Dietary effects on fatty acid metabolism of common carp. *Archives of Animal Nutrition* 49, 73-92.

CSENGERI, I., SÁNDOR, ZS., LENGYEL, P., GYÖRE, K., PEKÁR, F. (1999): Tógazdasági és természetesvízi ponty (*Cyprinus carpio*) húsminőségének vizsgálata környezeti, technológiai tényezőkkel összefüggésben. HUNGALIMENTARIA '99, 1999. április 27-28, Budapest. Kivonat *Hungalimentaria* pp. 1.

CSENGERI, I., VÁRADI, L. (2005): Halhúsok, halászati termékek élelmiszerbiztonsági kockázatainak profilanalízise. Halászati és Öntözési Kutatóintézet (HAKI), Szarvas <http://miau.gau.hu/osiris/content/docs/keki/halprof.htm>

CSENGERI, I., SÁNDOR, ZS., BOGÁR, G., BORÓK, I., PETŐ, B. (2010): Néhány hazai halfaj kihozatali mutatóinak meghatározása és kinyerhető húsrészeinek kémiai vizsgálata restrukturált húskészítmények előállítására céljából. *Halászatfejlesztés* 33, 86-96.

DABROWSKI, K., KOZLOWSKA, H. (1981): Rapeseed meal in the diet of common carp reared in heated waters. I. Growth of fish and utilization of the diet In: K. Tiews (Ed.), *Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems*, Heenemann, Hamburg (1981), pp. 263-274.

DAVIES, S.J., MCCONNELL, S., BATESON, R.I. (1990): Potential of rapeseed meal as an alternative protein source in complete diets for tilapia (*Oreochromis mossambicus* Peters). *Aquaculture* 87 (2) 145-154.

DEGANI, G., VIOLA, S., YEHUDA, Y. (1997): Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture Research* 28, 23-28.

DU, Z.Y., CLOUET, P., HUANG, L.M., DEGRACE, P., ZHENG, W.H., HE, J.G., TIAN, L.X., LIU, Y.J. (2008): Utilization of different dietary lipid sources at high level in herbivorous grass carp (*Ctenopharyngodon idella*): mechanism related to hepatic fatty acid oxidation. *Aquaculture Nutrition* 14, 77–92.

DUDA, M.K., O'SHEA, K.M., STANLEY, W.C. (2009): Ω -3 polyunsaturated fatty acid supplementation for the treatment of heart failure: mechanisms and clinical potential. *Cardiovascular Research* 84, 33–41.

ERDÉLYI, M., MATICS, ZS., GERENCSÉR, ZS., PRINCZ, Z., SZENDRŐ, ZS., MÉZES, M. (2008): Study of the effect of rosemary (*Rosemarinus officinalis*) and garlic (*Allium sativum*) essential oils on the performance of rabbit. In: Xiccato, G., Trocino, A., Lukefahr, S.D. (szerk.) *Proceedings of the 9th World Rabbit Congress*. Verona, Olaszország, 2008.06.10-2008.06.13. Brescia: pp. 649-653.

ERGUN, S., YIGIT, M., TURKER, A., HARMANTEPE, B. (2008): Partial replacement of fishmeal by defatted soybean meal in diets for Black Sea Turbot (*Psetta maotica*) growth and nutrient utilization in winter. *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh* 60 (3) 177-184.

EURÓPAI BIZOTTSÁG (2011): Bizottsági Szolgálati Munkadokumentum. A Hatásvizsgálat Összefoglalása. Az Európai Parlament és a Tanács rendelete. A halászati és akvakultúra-termékek piacpolitikájáról. Brüsszel, 2011.07.13. http://ec.europa.eu/fisheries/reform/sec_2011_884_hu.pdf Hozzáférés: 2012. 08.21.

EUROPEAN COMMISSION COMMUNITY RESEARCH (2000): Project Report: Functional food science in Europe, Volume 1; Functional food science in Europe, Volume 2; Scientific concepts of functional foods in Europe, Volume 3. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

EU INTERVENTION IN INLAND FISHERIES (2012): EU WIDE report – final version. Framework contract N° FISH/2006/09 (Lot N°3) „Studies linked to the implementation of the European Fisheries Fund”.

FAJMONOVÁ, E., ZELENKA, J., KOMPRADA, T., KLADROBA, D., ŠARMANOVÁ, I. (2003): Effect of sex, growth intensity and heat treatment on fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio*) fillets. *Czech Journal of Animal Science* 48 (2) 85–92.

FAO (2004): Fisheries and Aquaculture Department, Cultured Aquatic Species Information Programme, *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758). Text by Peteri, A. In: *FAO Fisheries and Aquaculture Department*. Rome. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Cyprinus_carpio/en Hozzáférés: 2012.08.10.

FAO (2011a): World aquaculture 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper 500/1 Aquaculture Service. Fisheries and Aquaculture Resources Use and Conservation Division. Rome, 2011

FAO (2011b): Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service, FishStat database, Rome. <http://www.fao.org/fishery/statistics/en> Hozzáférés: 2012.08.10.

FAO/WHO (2003): Report of a Joint FAO/WHO Expert Consultation: Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Geneva.

FARKAS, T., CSENGERI, I. (1976): Biosynthesis of fatty acids by the carp, *Cyprinus carpio* L. in relation to environmental temperature. *Lipids* 11 (5) 401-407.

FARKAS, T., CSENGERI, I., MAJOROS, F., OLÁH, J. (1978): Metabolism of fatty acids in fish. II. Biosynthesis of fatty acids in relation to diet in the carp, *Cyprinus carpio* Linnaeus 1758. *Aquaculture* 14, 57–65.

FENTON, H.J.H. (1894): Oxidation of tartaric acid in the presence of iron. *Journal of the Chemical Society* 65, 899-903.

FOLCH, J., LEES, M., STANLEY, G.H.S. (1957): A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 726, 497-509.

GEURDEN, I., CUVIER, A., GONDOUIN, E., OLSEN, R.E., RUOHONEN, K., KAUSHIK, S., BOUJARD, T. (2005): Rainbow trout can discriminate between feeds with different oil sources. *Physiology & Behaviour* 85, 107–114.

GEURDEN, I., CORRAZE, G., BOUJARD, T. (2007): Self-feeding behaviour of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, offered diets with distinct feed oils. *Applied Animal Behavioural Science* 108, 313–326.

GLENCROSS, B.D., HAWKINS, W.E., CURNOW, J.G. (2003): Restoration of the fatty acid composition of red seabream (*Pagrus auratus*) using a fish oil finishing diet after grow-out on plant oil based diets. *Aquaculture Nutrition* 9, 1-10.

GORDA, S. (2004): Pontyfajták, tájfajták és hibridek összehasonlító teljesítményvizsgálata. Debrecen. Doktori értekezés. pp. 1-139.

GULER, G.O., KIZTANIR, B., AKTUMSEK, A., CITIL, O.B., OZPARLAK, H. (2008): Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and $\omega 3/\omega 6$ ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey). *Food Chemistry* 108, 689–694.

GYALOG, G., GÁL, D., VÁRADI, L. (2011): Fenntarthatósági kérdések az akvakultúrában. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas. 2011. május 25-26. pp. 60-61.

HABER, F., WEISS, J. (1934): The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by iron salts. *Proceedings of the Royal Society A*. 147, 132-151.

HADJINIKOLOVA, L. (2004): The influence of nutritive lipid sources on the growth and chemical and fatty acid composition of carp (*Cyprinus carpio* L.). *Archives of Polish Fisheries* 12 (2) 111-119.

HALAMICKOVÁ, A., VORLOVÁ, L., SMUTNÁ, M., SVOBODOVÁ, Z., BUCHTOVÁ, H. (2003): Comparison of malondialdehyde concentrations in different muscle areas of tench *Tinca tinca* L. *Fish Physiology and Biochemistry* 29, 305–312.

HANCZ, CS. (2000): Haltakarmányozás. In: HORVÁTH, L. (2000): Halbiológia és Haltenyésztés. Tankönyv. Mezőgazda Kiadó. pp. 276-294.

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

HANCZ, CS., SZABÓ, G. (2006): A takarmányozás hatása a ponty testösszetételére. XXXI. Óvári Tudományos Nap, Mosonmagyaróvár. 2006. október 5. Konferenciakiadvány pp. 77. (CD ROM)

HANCZ, CS. (2007): Haltenyésztés. Egyetemi jegyzet. Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár. pp. 1-262.

HARKA, Á. (1997): *Halaink*. Természet-és Környezetvédő Tanárok Egyesülete, Budapest, 1997. pp. 148-151.

HASAN, M.R., MACINTOSH, D.J., JAUNCEY, K. (1997): Evaluation of some plant ingredients as dietary protein sources for common carp (*Cyprinus carpio* L.) fry. *Aquaculture* 151, 55-70.

HENDERSON, R.J. (1996): Fatty acid metabolism in fresh-water fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. *Archives of Animal Nutrition* 49, 5-22.

HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R. (1987): The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. *Progress in Lipid Research* 26, 281-347.

HEROLD, I. (1977): Takarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó. pp. 546. Budapest.

HONIKEL, K. O., ROSENBAUER, H. (1998): Feed supplementation in pigs and the quality of raw meat products. *3rd Karlsruhe Nutrition Symposium*, Karlsruhe, Germany. Proceedings Part 1. pp. 194-201.

HORVÁTH, L., URBÁNYI, B. (2004): Tógazdálkodás. Szakmérnöki jegyzet. Gödöllő. pp. 1-104.

HORVÁTH, L., CSORBAI, B., URBÁNYI, B., TAMÁS, G. (2009): Néhány halfaj ivadékanak táplálkozási adaptációja a zooplankton-kínálathoz. *Állattani Közlemények* 94 (2) 131–145.

HU, F.B., CHO, E., REXRODE, K.M., ALBERT, C.M., MANSON, J.E. (2003): Fish and Long-Chain ω -3 Fatty Acid Intake and Risk of Coronary Heart Disease and Total Mortality in Diabetic Women. *Circulation* 107, 1852-1857.

HULLÁR, I. (2002): Takarmányozás és tojásmínőség. MezőHír április. Hozzáférés: 2012.12.29. <http://www.mezohir.hu/2002-04/12.html?/12207/f3/>

HUSVÉTH, F., GAÁL, T., MÉZES, M., MEZŐSZENTGYÖRGYI, D., NÉMETH, K., OROSZ, SZ., RÓZSA, L., WAGENHOFFER, ZS., WÁGNER, L. (2007): Eltérő élettani szereppel rendelkező zsírsavak vizsgálata háziállatokkal = Studies of various fatty acids with different metabolic roles in domestic animals. *Munkabeszámoló*. OTKA T-037963 projekt. http://real.mtak.hu/418/1/37963_ZJ1.pdf Hozzáférés: 2012.12.29.

IZQUIERDO, M.S., MONTERO, D., ROBAIN, L., CABALLERO, M.J., ROSENLUND, G., GINÉS, R. (2005): Alterations in fillet fatty acid profile and flesh quality in gilthead seabream (*Sparus aurata*) fed vegetable oils for a long term period. Recovery of fatty acid profiles by fish oil feeding. *Aquaculture* 250, 431– 444.

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

JÁMBORNÉ, D.K., BARDÓCZ, T. (2011): Magyarország halászata 2010-ben. <http://www.halaszat.kormany.hu> Hozzáférés: 2012.09.20.

JÁMBORNÉ, D.K., BARDÓCZ, T. (2012): Magyarország természetes vizeinek hasznosítása 2011-ben. <http://www.halaszat.kormany.hu> Hozzáférés: 2013.04.02.

JOSEPH, Y. P.D. (1997): Oxygen activation. *Molecular Toxicology*, Oxford. Univ. Press, Oxford, UK. pp. 436-437.

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 Journal of Biotechnology* 9 (25) 3896-3900.

KAUSHIK, S.J. (1995): Nutrient requirements, supply and utilization in the context of carp culture. *Aquaculture* 129 (1-4) 225-241.

KMINKOVÁ, M., WINTEROVÁ, R., KUCERA, J. (2001): Fatty acids in lipids of carp (*Cyprinus carpio*) tissues. *Czech Journal of Food Science* 19, 177-181.

KÖRMENDI, S., HANCZ, Cs. (2000): Qualitative and quantitative investigation of the zooplankton in fish ponds. *Acta Agraria Kaposváriensis* 4 (2) 95-107.

KÖRMENDI, S., MIKLAY, G. (2007): A biohaltermelés alapelvei és feltételrendszere. *Biokultúra* 2007/2.

LACHANCE, P.A., NAKAT, Z., JEONG, W.S. (2001): Antioxidants: An integrative approach. *Nutrition*. 17, 835-838.

- LAJKÓ, I., TASNÁDI, R. (2001): A tógazdasági haltenyésztés alapjai. Budapest. Agroinform Kiadó.
- LENGYEL, P., SÁNDOR, ZS., GYÖRE, K., SZABÓ, P., PEKÁR, F., ZUBCOVA, E., ALEXIS, M.N., CSENGERI, I. (2001): A ponty és néhány más hazai pontyféle testösszetételének alakulása a takarmányozással összefüggésben. *Halászatfejlesztés* 25, 153-161.
- LOPEZ-FERRER, S., BAUCCELLS, M.D., BARROETA, A.C., GRASHORN, M.A. (1999): N-3 enrichment of chicken meat using fish oil: alternative substitution with rapeseed and linseed oils. *Poultry Science* 78 (3) 356–365.
- LOVELL, T. (1998): Nutrition and feeding of fish. Kluwer Academic Publishers, Boston, MA, USA. pp 1-267.
- MAGYAR TAKARMÁNYKÓDEX (2004): II-III. kötet. OMMI, Budapest. pp. 107-113.
- MAJOROS F., RADICS F., LING F., CSENGERI I. (1995): Extrudált szója és zeolit takarmánykiegészítők hatása a ponty és az afrikai harcsa takarmány hasznosítására. *Halászatfejlesztés* 18, 176-183.
- MARÓTHY, M. (2006): Kémia. Konspet-H Kiadó, Piliscsaba.
- MATKOVICS, B., SZABÓ, L., VARGA, I. (1988): Lipidperoxidáció és redukált glutation anyagcsere enzimek aktivitás meghatározása biológiai mintákban. *Laboratóriumi diagnosztika*, 15, 248-250.
- MAZURKIEWICZ, J. (2009): Utilization of domestic plant components in diets for common carp *Cyprinus carpio* L. *Archives of Polish Fisheries* 17 (1) 5-39.
- MENOYO, D., LÓPEZ-BOTE, C.J., BAUTISTA, J.M., OBACH, A. (2003): Growth, digestibility and fatty acid utilization in large Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed varying levels of n-3 and saturated fatty acids. *Aquaculture* 225, 295–307.
- MÉ 3-2-2008/1 II. melléklet Magyar Élelmiszerkönyv. Nyersrost meghatározása. pp. 1-11.
- MÉZES, M. (1997): Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia. Tantárgyi összefoglaló. Szent István Egyetem, Takarmányozási Tanszék, Gödöllő. pp. 1-73.
- MÉZES M. (2001): A hús- és zsírtermelés élettani és biokémiai alapjai. Tantárgyi tájékoztató. Szent István Egyetem, Takarmányozási Tanszék, Gödöllő. pp. 1-27.
- MÉZES, M., ERDÉLYI, M., SHAABAN, G., VIRÁG, GY., BALOGH, K., WEBER, M. (2003): Genetics of glutathione peroxidase. *Acta Biologica Szegediensis* 47 (1-4) 135-138.
- MÉZES, M. (2005): Funkcionális élelmiszerek – kitörési lehetőségek a baromfiágazat számára. *A baromfi* 2, 32-35.
- MÉZES, M., OROSZ, SZ., WÉBER, M. (2006): A takarmányok zsírkiegészítésének kedvezőtlen hatásai a monogasztrikus állatok takarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás* 55 (4) 355-366.

MÉZES, M. (2012): Egyes növényi fehérjék kedvezőtlen hatása halak bélcsatornájának állapotára – a kedvezőtlen hatások elleni védekezés lehetőségei. Szent István Egyetem, Halászati és Horgászati Szakkollégium, Gödöllő. TÁMOP-4.2.2B-10/1-2010-0011.

MIKLAY, G. (2008): Világelsők vagyunk biohal-termelésben, Hortobágyi Halgazdaság Zrt. Biokultúra 2008/6.

MOLNÁR, K. (2004): Data on the parasite fauna of the European common carp *Cyprinus carpio carpio* and Asian common carp *Cyprinus carpio haematopterus* support an Asian ancestry of the species. *AAFL Bioflux* 2 (4) 391-400.

MOLNÁR, E., SZATMÁRI, L., TÓTH, T., SZILÁGYI, G. (2006): Busából gyártott halászati termékek kémiai összetételének vizsgálata. XXX. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas. *Halászatfejlesztés* 31, 211-220.

MONTERO, D., ROBAINA, L., CABALLERO, M.J., GINE'S, R., IZQUIERDO, M.S. (2005): Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. *Aquaculture* 248, 121–134.

MOZAFFARIAN, D., LEMAITRE, R.N., KULLER, L.H., BURKE, G.L., TRACY, R.P., SISCOVICK, D.S. (2003): Cardiac Benefits of Fish Consumption May Depend on the Type of Fish Meal Consumed: The Cardiovascular Health Study. *Circulation* 107, 1372-1377.

MOZAFFARIAN, D., STEIN, P.K., PRINEAS, R.J., SISCOVICK, D.S. (2008): Dietary Fish and ω -3 Fatty Acid Consumption and Heart Rate Variability in US Adults. *Circulation* 117, 1130-1137.

MSZ 19928-86 Magyar Szabvány (1986): Zsírsvemetilésztetek előállítása.

MSZ 5874-8:1978 Magyar Szabvány (1987): Fehérjetartalom meghatározása.

MSZ EN 14084:2003 6.4.2. Magyar Szabvány (2003): Ásványianyag-tartalom meghatározása.

MSZ ISO 5508:1992 Magyar Szabvány (1992): Az összeszsírsvav meghatározása.

MSZ ISO 936:2000 Magyar Szabvány (2000): Az összes hamu meghatározása.

MSZ ISO 1443:2002 Magyar Szabvány (2002): Az összes zsirtartalom meghatározása.

MSZ ISO 937:2002 Magyar Szabvány (2002): Fehérjetartalom meghatározása.

NÉMETH, K. (2004): A takarmányozás és a környezeti hőmérséklet hatása brojlercsirkék lipidperoxidációs folyamataira. Veszprémi Egyetem, Keszthely. Doktori értekezés. pp. 1-143.

NG, W.K., LIM, P.K., SIDEK, H. (2001): The influence of a dietary lipid source on growth, muscle fatty acid composition and erythrocyte osmotic fragility of hybrid tilapia. *Fish Physiology and Biochemistry* 25, 301–310.

NHST (2007): A MEGÚJULÓ HALÁSZATÉRT. Magyarország Nemzeti Halászati Stratégiai Terve a 2007-2013. közötti időszakra. pp.1-74. <http://halaszat.kormany.hu/> Hozzáférés: 2012.10.25.

NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL) (1993): Nutrient requirements of fish. National Academy Press, Washington, D.C. pp. 1-114.

OHTA, M., WATANABE, T. (1996): Dietary energy budgets in carp (*Cyprinus carpio*). *Fisheries Science* 62 (5) 745-753.

OROSZ, S., BARDÓCZ, T., SZÚCS, I., GRASSELLI, N., KOCH, K., BÉKEFI, E., PÉTERFY, M., URBÁNYI, B. (2002): The Hungarian fisheries sector towards to accession. (In Hungarian: A Magyar halágazat a csatlakozást megelőzően). PHARE publication published in the frame of the SPP 200 Programme by the National Federation of Fish Farmers in Hungary, Budapest, pp. 57, 2002.

OROSZ, SZ., TÓTH, T. (2010): A melegen préselt repce szerepe a szarvasmarha takarmányozásában (hazai adatokkal alátámasztva). *Holstein Magazin* 18 (3) 49-52.

PAVLOVIĆ, M., MITIC-CULAFIC, S., MANDIC, M.M., SUPUT, D.Z., OSTOJIC, S.B., PEZO, L.L., LEVIC, L.B. (2012): Suitability of thiobarbituric acid method for assessing lipid oxidation in pork, osmotically dehydrated in sugar beet molasses. 6th Central European Congress on Food CEFood2012. Abstract book pp. 507-512.

PICKOVA, J., MORKORE, T. (2007): Alternate oils in fish feeds. *European Journal of Lipid Science and Technology* 109, 256–263.

PINTÉR, K. (2002): Magyarország halai. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp. 182-186, 186-188.

PINTÉR, K. (2007): Magyarország halászata 2006-ban. *Halászat* 100 (3) 111-116.

PINTÉR, K. (2008): Magyarország halászata 2007-ban. *Halászat* 101 (2) 52-58.

PINTÉR, K. (2009): Magyarország halászata 2008-ban. *Halászat* 102 (2) 49-54.

PINTÉR, K. (2010): Magyarország halászata 2009-ban. *Halászat* 103 (2) 43-48.

PLACER, Z.A., CUSHMAN, L.L., JOHNSON, B.C. (1966): Estimation of product of lipid peroxidation (malonyl dialdehyde) in biochemical systems. *Analytical Biochemistry* 16, 359-364.

PRZYBYL, A., MAZURKIEWICZ, J. (2004): Nutritive value of cereals in feed for common carp (*Cyprinus carpio* L.). *Czech Journal of Animal Science* 49 (7) 307-314.

PRYOR, W. (1973): Free radical reactions and their importance in biochemical systems. *Federation Proceedings* 32, 1862-1869.

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. *Journal of Agricultural Food Chemistry* 52, 7339-7344.

REGOST, C., ARZEL, J., CARDINAL, M., ROSENLUND, G., KAUSHIK, S.J. (2003): Total replacement of fish oil by soybean or linseed oil with a return to fish oil in Turbot (*Psetta maxima*). 2. Flesh quality properties. *Aquaculture* 220, 737–747.

RENNIE, S., HUNTINGFORD, F.A., LOELAND, A-L., RIMBACH, M. (2005): Long term partial replacement of dietary fish oil with rapeseed oil; effects on egg quality of Atlantic salmon *Salmo salar*. *Aquaculture* 248 (1-4) 135-146.

RODLER, I. (2004): Táplálkozási ajánlások, adatok a tápanyagtáblázatból. Nemzeti Népegészségügyi Program. Budapest.

SACHECK, J.M., BLUMBERG, J.B. (2001): Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition* 17, 809–814.

SARGENT, J., MCEVOY, L., ESTEVEZ, A., BELL, G., BELL, M., HENDERSON, J., TOCHER, D. (1999): Lipid nutrition marine fish during early development: current status and future directions. *Aquaculture* 179 (1-4) 217-229.

SÁNDOR, ZS., ONCSIK, M., CSENGERI, I., LENGYEL, P., GYÖRE, K., PEKÁR, F., SZABÓ, P., ZUBCOVA, E., TODERASH, J., ALEXIS, M. (2000): A halhús esszenciális és toxikus elem tartalmának vizsgálata. *Halászatfejlesztés* 24, 153–160.

SCHACKY, C. von (2010): Omega-3 Index and Sudden Cardiac Death. *Nutrients* 2 (3) 375-388.

SCHMIDT, J. (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 452.

SCHRENKENBACH, K., KNÖSCHE, R., EBERT, K. (2001): Nutrient content of freshwater fishes. *Journal of Applied Ichthyology* 17, 142-144.

SIMOPOULOS, A.P. (1991): Omega-3 fatty acids in health and disease and in growth and development. *The American Journal of Clinical Nutrition* 54, 438-63.

SIMOPOULOS, A.P. (1999): Essential fatty acids in health and chronic disease. *American Journal of Clinical Nutrition* 70, 560–569.

SIMOPOULOS, A.P. (2002): The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine Pharmacotherapy* 56, 365–379.

SIMOPOULOS, A.P. (2006): Evolutionary aspects of diet, the omega-6/omega-3 ratio and genetic variation: nutritional implications for chronic diseases. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 60, 502–507.

SIMOPOULOS, A.P. (2008): The Importance of the Omega-6/Omega-3 Fatty Acid Ratio in Cardiovascular Disease and Other Chronic Diseases. *Experimental Biology and Medicine* 233, 674-688.

SLAWSKI, H., ADEM, H., TRESSEL, R.P., WYSUJACK, K., KOOPS, U., SCHULZ C. (2011a): Replacement of fish meal with rapeseed protein concentrate in diets fed to common carp (*Cyprinus carpio* L.). *The Israeli Journal of Aquaculture* 63, 605-611.

SLAWSKI, H., ADEM, H., TRESSEL, R.P., WYSUJACK, K., KOOPS, U., WUERTZ, S., SCHULZ, C. (2011b): Replacement of fish meal with rapeseed protein concentrate in diets fed to wels catfish (*Silurus glanis* L.). *Aquaculture Nutrition* 17 (6) 605–612.

ŠOJIC, B.V., PETROVIĆ, L.S., TASIĆ, T.A., IKONIĆ, P.M., TOMOVIĆ, V.M., ŠKALJAC, S.B., JOKANOVIĆ, M.R., DZINIĆ, N.R. (2012): Effect of packaging method and storage time on lipid peroxidation and fatty acid composition of Serbian traditional *Petrovska klobasa* sausage. 6th Central European Congress on Food CEFood2012. Abstract book pp. 932-937.

SOUCI, S.W., FACHMANN, W., KRAUT, H. (1994): Food Composition and Nutrition Tables. *Medpharms Scientific Publishers*. 5. edition pp. 440-441.

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

STANKOVIĆ, M.B., DULIĆ, Z.P., MARKOVIĆ, Z.Z. (2011): Protein sources and their significance in carp (*Cyprinus carpio* L.) nutrition. *Journal of Agricultural Sciences* 56 (1) 75-86.

STEFFENS, W. (1997): Effects of variation in essential fatty acids in fish feeds on nutritive value of freshwater fish for humans. *Aquaculture* 151, 97–119.

STEFFENS, W., WIRTH, M. (2005): Freshwater fish – an important source of n-3 polyunsaturated fatty acids: a review. *Archives of Polish Fisheries* 13, 55-16.

STEFFENS, W., WIRTH, M. (2007): Influence of nutrition on the lipid quality of pond fish: common carp (*Cyprinus carpio*) and tench (*Tinca tinca*). *Aquaculture International* 15, 313-319.

SUGIYAMA, M. (1994): Role of cellular antioxidants in metal-induced damage. *Cell Biology and Toxicology* 10 (1) 1-22.

SZABÓ, G. (2009): A süllő (*Sander lucioperca* L.) és a kősüllő (*Sander volgensis* Gmelin) húsmínőségének és növekedésének vizsgálata eltérő zsírsavösszetételű tápok etetése mellett. Kaposvári Egyetem, Állattudományi Kar, Kaposvár. Doktori értekezés pp. 1-126.

SZATHMÁRI, L., MOLNÁR, E. (2007): Investigations of dry matter and fat content in carp species smoked by hot and cold methods. *Aquaculture International* 15 (3-4) 331-336.

SZATHMÁRI, L., KÁLDY, J., NÉMETH, Á., SZILÁGYI, G., HANCZ, CS. (2009): A hazai halfogyasztási szokások és a halpiaci tendenciák alakulása napjainkban. *Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing*. 6 (1-2) 81-85.

SZILVÁSSY, Z., SÁRI, R. (2008): A funkcionális élelmiszerek fejlesztési lehetőségei. A jövő élelmiszerei és az egészség. Konferencia. Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma. Absztrakt könyv pp. 169-178.

SZÜCS, I., TIKÁSZ, I.E. (2008): A magyarországi fogyasztók halvásárlási és halfogyasztási szokásainak helyzete. XXXII. Halászati Tudományos Tanácskozás, Szarvas, pp. 63-65.

TAKEUCHI (1997): Essential fatty acid requirements of aquatic animals with emphasis on fish larvae and fingerlings. *Reviews in Fisheries Science* 5 (1) 1–25.

TAKEUCHI, T., WATANABE, T. (1977): Requirement of carp essential fatty acids. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries* 43 (5) 541-551.

TASNÁDI, R. (1983): Halkarmányozás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1983. pp. 16-66, 192-232.

TAYLOR, A., HOBBS, M. (2001): Assessment of nutritional influences on risk for cataract. *Nutrition*. 17, 845-857.

THOMAS, P. (2003): Omega-3 Fatty Acids: The Fats of Life and Good Health. *The Dietary Supplement*, Issue No. 15, March-April 2003.

TOCHER, D.R. (2003): Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Reviews in Fisheries Science* 11 (2) 107-184.

TOCHER, D.R., BELL, J.G., DICK, J.R., CRAMPTON, V.O. (2003): Effects of Dietary Vegetable Oil on Atlantic Salmon Hepatocyte Fatty Acid Desaturation and Liver Fatty Acid Compositions. *Lipids* 38 (7) 723-32.

TÖLG, I., TASNÁDI, R. (1996): Halkalmazkodás I-II., MOHOSZ, Budapest.

TUR, J. A. , BIBILONI, M.M., SUREDA, A., PONS, A. (2012): Dietary sources of omega-3 fatty acids: public health risks and benefits. *British Journal of Nutrition* 107, 23-52.

TURCHINI, G.M., TORSTENSEN, B.E., NG, W.K. (2009): Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 1, 10–57.

UGOALA, E., CHUKWUEMEKA, NDUKWE, G.I., AUDU, T.O. (2008): Comparison of Fatty Acids Profile of Some Freshwater and Marine Fishes. *Internet Journal of Food Safety* 10, 9-17.

URBÁNEK, M., HARTVICH, P., VÁCHA, F., ROST, M. (2010): Investigation on fat content in market common carp (*Cyprinus carpio* L.) flesh during the growing season. *Aquaculture Nutrition* 16 (5) 511-519.

VACHA, F., TVRZICKA, E. (1995): Content of polyunsaturated fatty acids and cholesterol in muscle tissue of tench, *Tinca tinca* L., common carp, *Cyprinus carpio* and hybrid of bighead carp, *Aristichthys nobilis*, with silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix*. *Polish Archives of Hydrobiology* 42, 151–157.

VACHA, F., VEJSADA, P., HUDA, J., HARTVICH, P. (2007): Influence of supplemental cereal feeding on the content and structure of fatty acids during long-lasting storage of common carp (*Cyprinus carpio* L.) *Aquaculture International* 15, 321-329.

VALKÓ, M., LEIBFRITZ, D., MONCOLA, J., CRONIN, M.T.D., MAZURA, M., TELSER J. (2007): Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* 39, 44–84.

VANDEPUTTE, M. (2003): Selective breeding of quantitative traits in the common carp (*Cyprinus carpio*): a review. *Aquatic Living Resources* 16 (5) 399-407.

VARGA, D., MÜLLER, T., SPECZIÁR A., HANCZ, CS., SZABÓ, A. (2011a): A hévízi törpenövésű vadponty zsírsavösszetétele. XXXV. Halászati Tudományos Tanácskozás, HAKI. Szarvas, 2011. máj. 25-26. pp. 1-32.

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

VARGA, D., MÜLLER, T., SPECZIÁR, A., FÉBEL, H., HANCZ, CS., BÁZÁR, GY., SZABÓ, A. (2012): Note on the special fillet fatty acid composition of the dwarf carp (*Cyprinus carpio carpio*) living in thermal Lake Hévíz, Hungary. *Acta Biologica Hungarica* (elfogadva).

VÁRADI, L. (2008): A biohal az Európai Unióban. *Biokultúra* 1, 20-21.

VIOLA, S., ARIELI, Y. (1983): Evaluation of different grains as basic ingredients in complete feeds for carp and tilapia in intensive culture. *Bamidgeh*, 35, 38-42.

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. *Aquaculture Research* 23 (1) 49-58.

WEB1: A zsírok szerepe a táplálkozásban. <http://www.medimix.hu/cikk.php?cid=130>
Hozzáférés: 2013.04.04.

WEBER, M., BALOGH, K., HEINCINGER, M., BORBÉLY, A., ÁBRAHÁM, CS., FORGÓ, G., MÉZES, M. (2008): E-vitamin-kiegészítés hatása a pulykák termelési eredményére és a hús porhanyósságára, eltarthatóságára. *A baromfi* 6, 41-47.

WONNACOTT, E.J., LANE, R.L., KOHLER, C.C. (2004): Influence of dietary replacement of menhaden oil with canola oil on fatty acid composition of sunshine bass. *North American Journal of Aquaculture* 66, 243–250.

WORLD REVIEW OF FISHERIES AND AQUACULTURE (2012): The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. Part 1. FAO Corporate Document Repository. pp. 1-148. <http://www.fao.org/docrep/016/i2727e/i2727e01.pdf> Hozzáférés: 2012. 09.12.

YAGI, K. (1982): Assay for serum lipid peroxide level and its clinical significance. *Lipid peroxides in biology and medicine*. New York: Academic Press, pp. 223.

ZAJKÁS, G. (2004): Helyes táplálkozással az egészségért. Magyarország nemzeti táplálkozáspolitikájáról. Népegészségügyi Program. 3 (9) 22-24.

ZELENKA, J., FAJMONOVÁ, E., KOMPRDA, T., KLADROBA, D., ŠARMANOVÁ, I. (2003): Effect of dietary linseed and sunflower oil on cholesterol and fatty acid contents in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) filets. *Czech Journal of Animal Sciences* 48 (8) 321–330.

ZIVKOV-BALOŠ, M.M., JAKSIC, S.M., MIHALJEV, Z.A., PRICA, N.B., STOJANOV, I.,M., KAPETANOV, M.C. (2012): Rapeseed meal as a by-product from biodiesel production as feed ingredient. 6th Central European Congress on Food CEFood2012. Abstract book pp. 1391-1395.

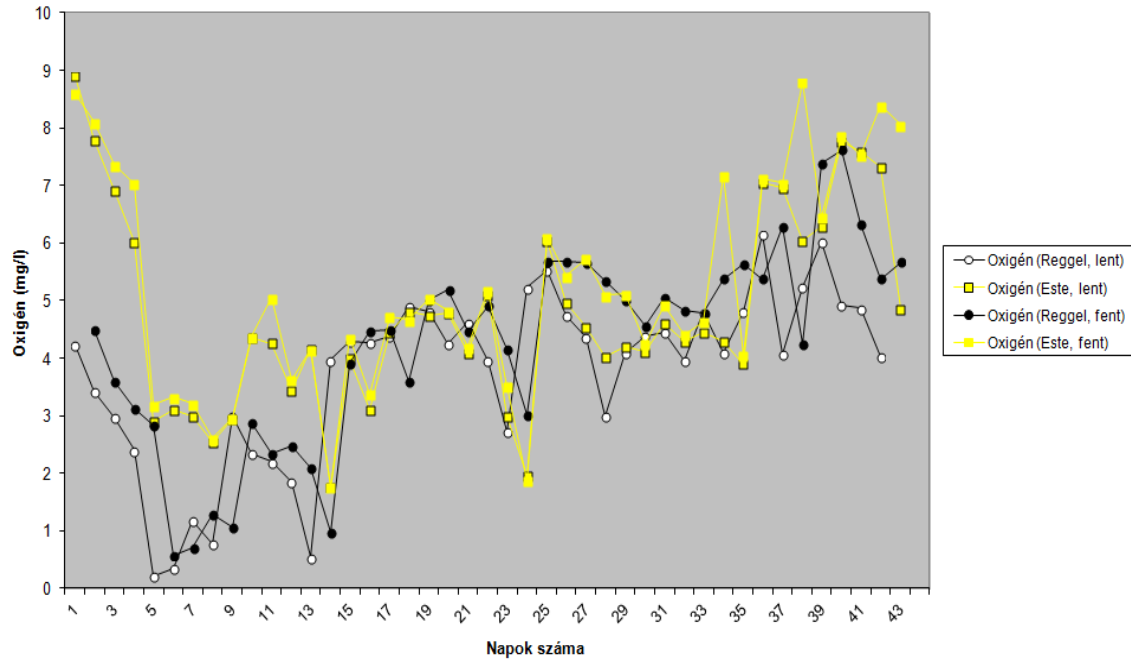
ZSARNÓCZAY, G. (2009): Fejlesztési irányok, eredmények húsipari vonatkozásban. „Magyar Nemzeti Élelmiszer-technológiai Platform, fejlesztési irányok az agrár-, illetve élelmiszergazdaság területén” Fono-Food Kft. Gasztrotéka, Kaposvár, 2009.04.28. előadás

ZSINKA, Á. (1997): Zsírsavak a szervezetben - zsírsavak a táplálékban. *Táplálkozás - Anyagcsere - Diéta* 2 (1) 10-15.

10.MELLÉKLETEK

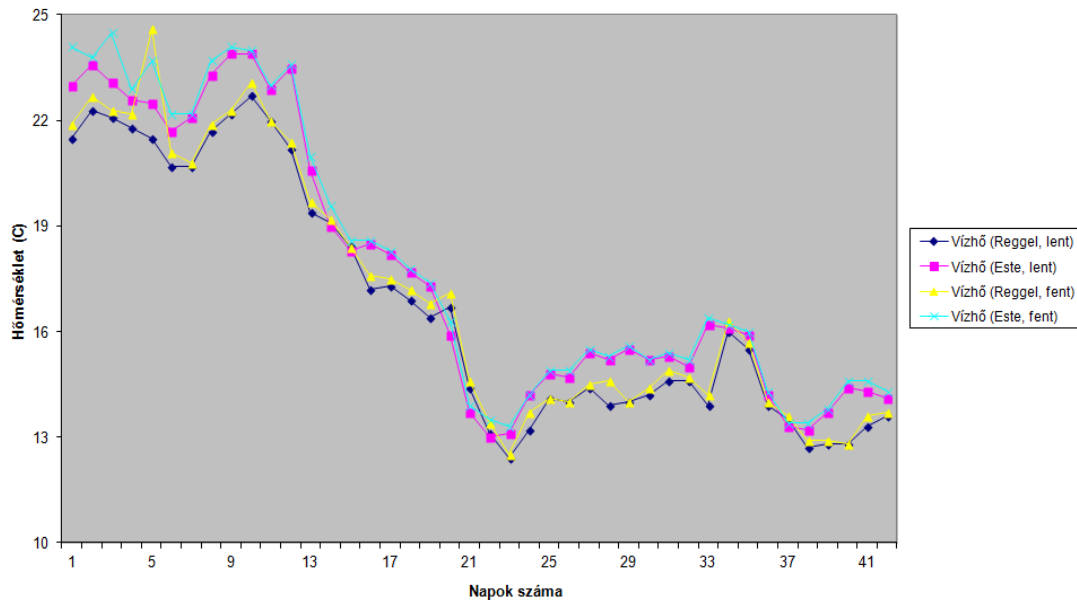
M2 A fél-intenzív rendszerben végzett kísérlet

Oxigénmennyiség a kísérleti tóban



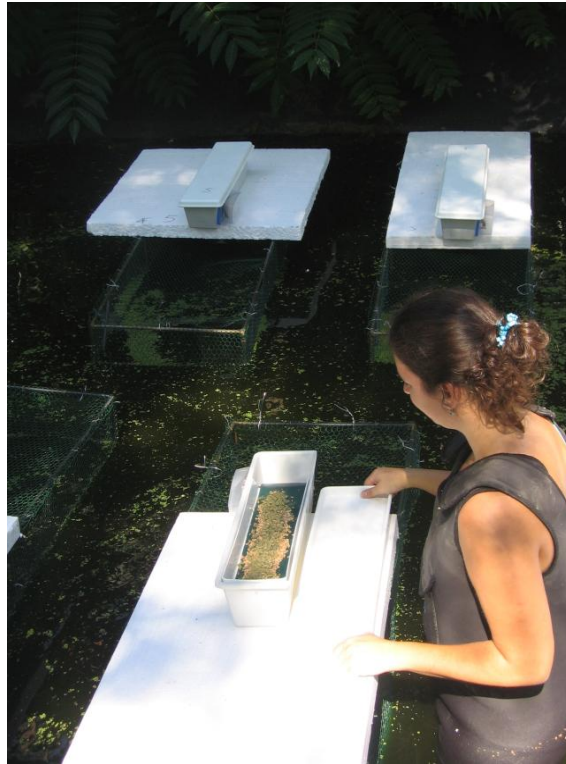
A kísérleti tó oxigénszintje a vizsgált időtartam alatt mg/l-ben megadva

Hőmérsékleti adatok a kísérleti tóban



A kísérleti tó napi hőmérséklet értékei Celsius fokban megadva

M3 A fél-intenzív rendszerben végzett kísérletről készült képek



A kimért haltakarmány feltöltése önetetőbe (Fotó: Dr. Müller Tamás)



Szent István Egyetem Halgazdálkodási Tanszék kísérleti tavában a hat kísérleti ketrec az önetetőkkel (Fotó: Müllerné Trenovszki Magdolna)

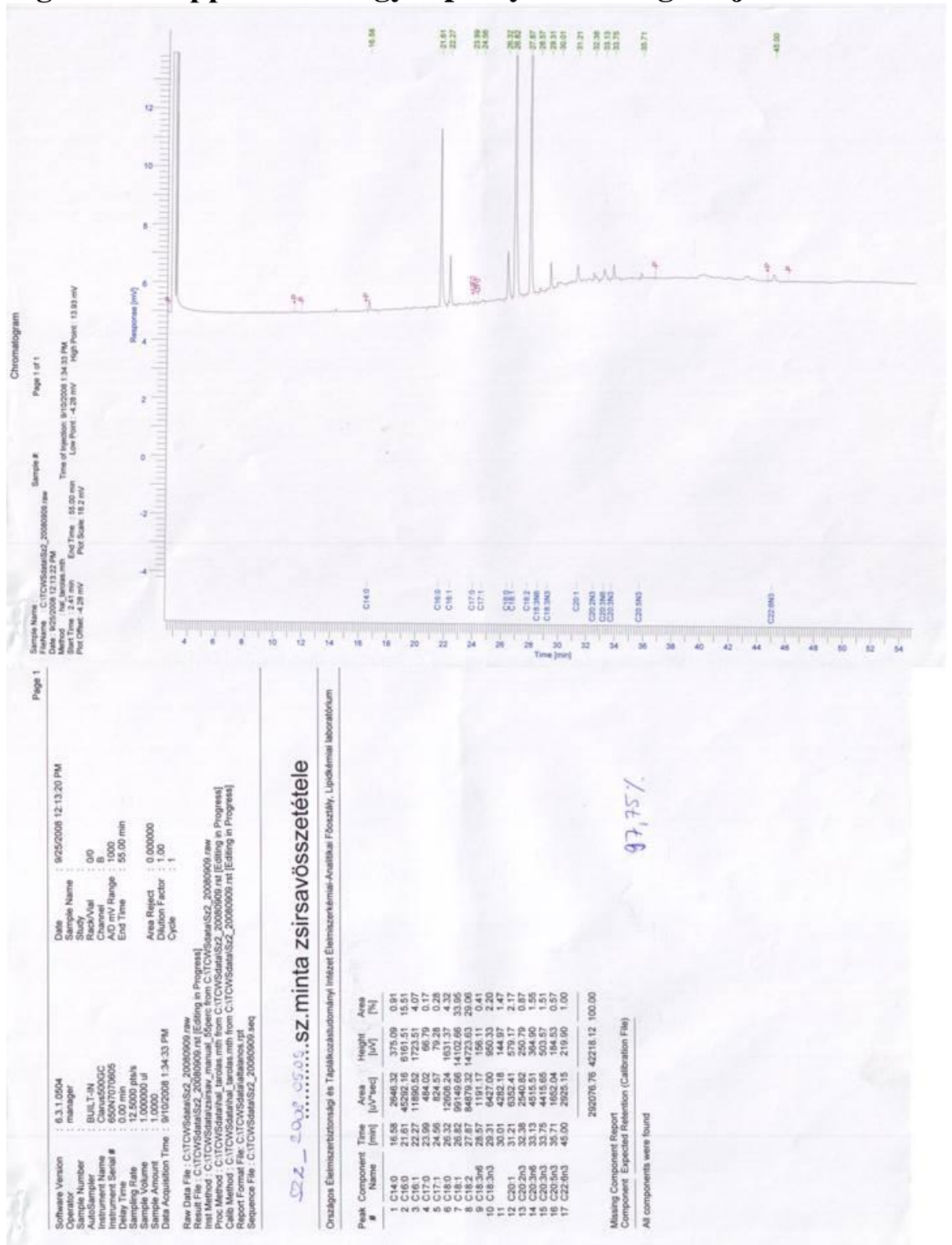
M4 Az intenzív rendszerben végzett kísérletben alkalmazott takarmányok összetétele

A kísérletben alkalmazott takarmányok kémiai- és zsírsavösszetétele (%)

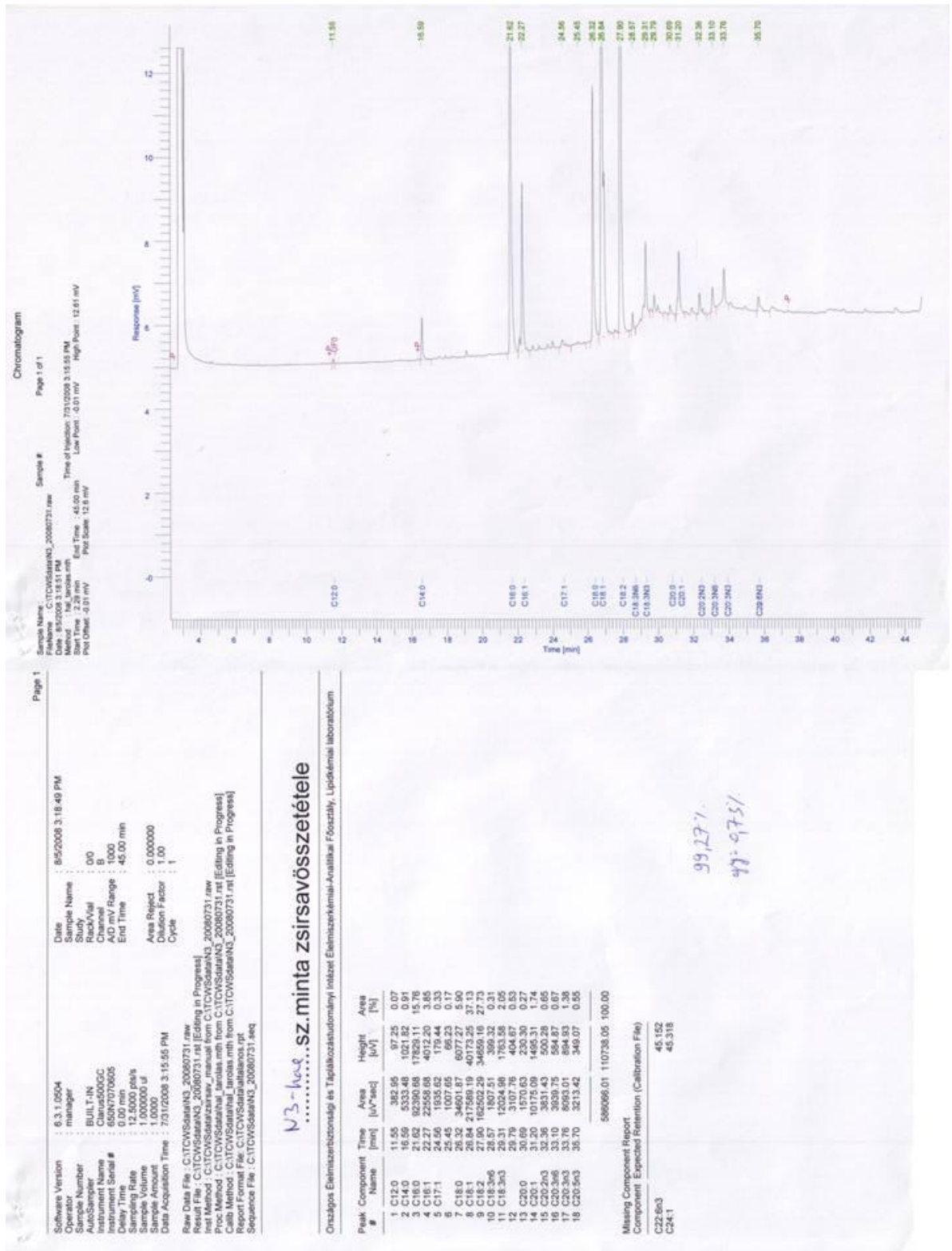
	T	L	Sz	N	F1	F2	F3	F4	F5	F6
Rost (%)	0,52	1,25	1,11	0,63						
Száranyag (%)	90,84	91,2	91,34	91,33	89,18	89,37	89,54	88,88	88,92	88,78
Hamu (%)	4,08	4,33	4,31	4,33	4,19	4,29	4,06	4,35	4,30	4,01
Fehérje (%)	33,43	30,92	32,66	30,62						
Zsír (%)	6,05	11,83	12,01	11,89						
Zsírsav (%) (a teljes zsírsavmennyiség %-ában)										
C12:0 (Laurinsav)	0	0	0	0,06	0,03	0,06	0	0,04	0,05	0,1
C14:0 (Mirisztinsav)	1,2	0,6	0,6	0,5	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,8
C15:0 (Pentadekánsav)	0,1	0,1	0,07	0,07	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
C16:0 (Palmitinsav)	15,8	10,7	13,4	10,6	8,9	13,6	10,7	10,1	12,8	12,6
C17:0 (Heptadekánsav, Margarinsav)	0,2	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,3	0,1	0,1	0,5
C18:0 (Sztearinsav)	5,2	5,1	4,4	4,1	4	5,2	4,4	4,8	4,4	6,5
C20:0 (Arachinsav)	0,5	0,3	0,4	0,4	0	0,5	0	0	0,4	1,6
C22:0 (Behénsav)	0	0	0,3	0,4	11,8	0	0	0	0	0
C14:1 (Mirisztolajsav)	0	0	0	0,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C16:1n-7 (Palmitoleinsav)	2,1	1	1	0,9	0,8	1,4	1,1	1,0	1,1	1,7
C17:1n-7 (Heptadecénsav)	0,1	0,1	0,1	0,07	0	0,1	0	0,07	0,1	0,2
C18:1n-9 (Olajsav)	31,3	29,6	28,5	32,0	23,2	26,8	29,5	27,4	27,1	30,6
C20:1n-9 (Eikozénsav)	1,4	0,7	0,7	0,8	0,6	0,8	0,7	0,6	0,7	1,0
C22:1n-9 (Erukasav)	0,8	0,4	0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	0,7	0,7
C18:2n-6 (Linolsav)	36,7	25,6	45,1	46,8	22,7	40,8	46,2	26,3	45,0	39,3
C18:3n-3 (α-Linolénsav)	3,1	25,2	3,9	1,6	23,2	4,3	2,5	25,9	4,7	1,6
C20:2n-3 (Eikozadiénsav)	0,1	0,04	0	0,05	0,2	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:3n-6 (Eikozatriénsav)	0	0	0	0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
C20:3n-3 (Eikozatriénsav)	0,1	0,06	0	0,06	0,1	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
C20:5n-3 (Eikozapentaénsav)	0,9	0,2	0,3	0,3	0,6	0,2	0,9	0,5	0,8	0,9
C22:6n-3 (Dokozahexaénsav)	0	0	0	0	0,5	0,5	0,8	0,6	0,6	0,9
SFA	23,00	16,90	19,27	16,23	25,13	20,06	15,90	15,60	18,35	22,10
MUFA	35,70	31,80	30,30	34,32	24,60	29,70	31,30	29,07	29,70	34,20
PUFA	40,90	51,10	49,30	48,81	47,31	45,80	50,40	53,46	51,10	42,70
n-3	4,20	25,50	4,20	2,01	24,55	5,00	4,20	27,16	6,10	3,40
n-6	36,7	25,6	45,1	46,8	22,76	40,8	46,2	26,3	45	39,3
n-3/n-6	0,114	0,996	0,093	0,043	1,079	0,123	0,091	1,033	0,136	0,087

T: kísérlet előtt etetett kontroll tilápiatáp (6% zsír); L: +6% lenolajjal kiegészített táp (12% zsír); Sz: +6% szójaolajjal kiegészített táp (12% zsír); N: + 6% napraforgóolajjal kiegészített táp (12% zsír); F1: 97 napig fagyasztóban tárolt L táp; F2: 97 napig fagyasztóban tárolt Sz táp; F3: 97 napig fagyasztóban tárolt N táp; F4: szobahőmérsékleten tárolt L táp; F5: szobahőmérsékleten tárolt Sz táp; F6 szobahőmérsékleten tárolt N táp

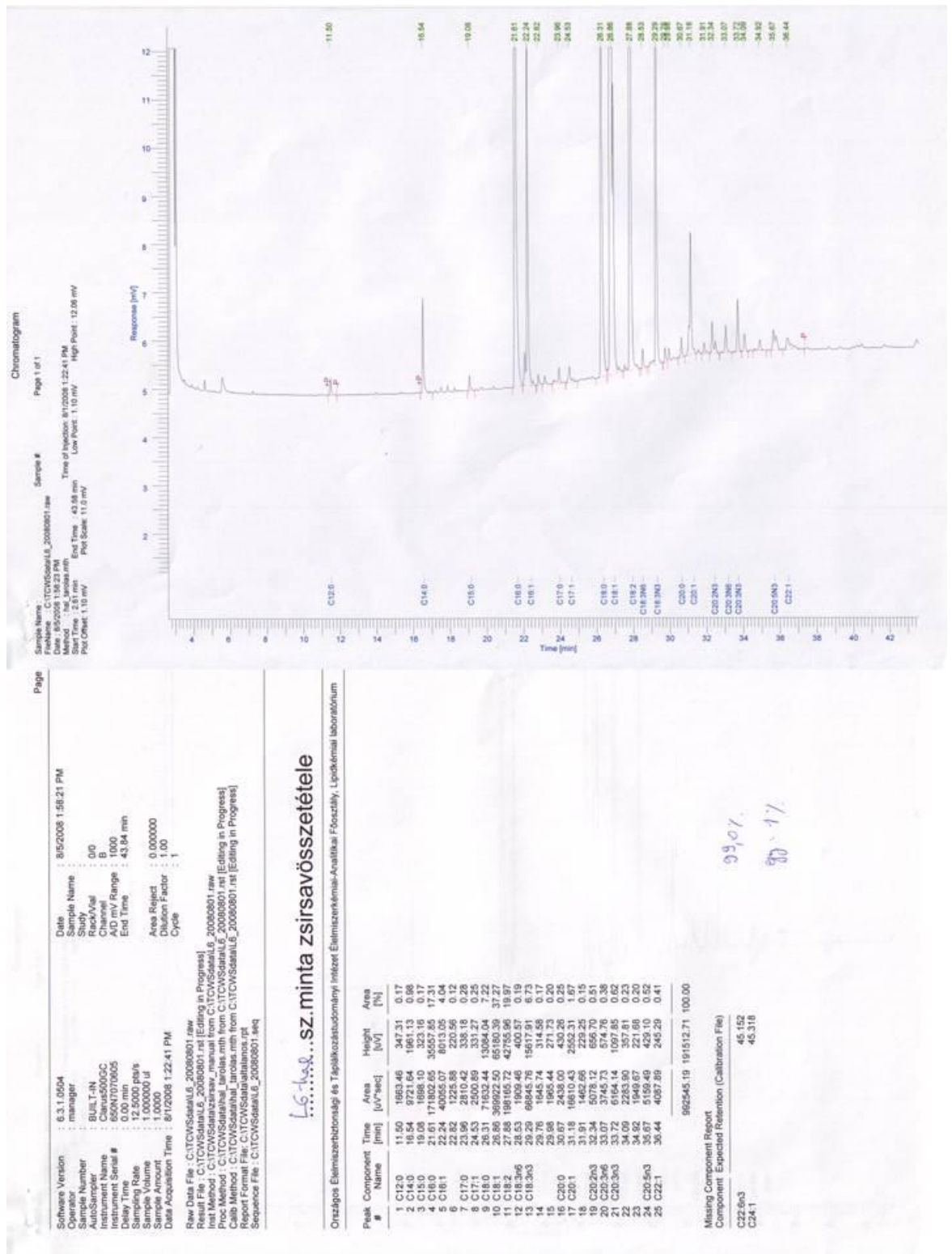
M5 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet szójaolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja



M6 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet napraforgóolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja



M7 Az intenzív rendszerben végzett kísérlet lenolajjal kiegészített táppal etetett egyik ponty kromatogramja



11. KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni mindazoknak az önzetlen segítségét, akik segítettek a munkámat a kísérletek megvalósításában, valamint a dolgozatom megírásában:

Elsőként köszönöm **férjemnek, Dr. Müller Tamásnak** a kísérletek tervezésében és azok kivitelezésében, továbbá a dolgozatom megírásában, statisztikai értékelésekben nyújtott segítségét. Köszönöm a türelmét, idejét, támaszát és szerelmét az elmúlt évek nehéz időszakában is!

Szívből köszönöm szüleimnek, **Édesanyámnak és Édesapámnak** lelki és anyagi támogatásukat, kitartásukat, szeretetüket és a non-stop gyermekfelügyeletet, amivel hozzásegítettek, hogy befejezzem a disszertációm. Hálával tartozom **Müller Ferencnek és Müller Ferencnének** a támogatásukért és az erőn felüli segítségükért.

Köszönöm **Hugicámnak, Nagyszüleimnek, Keresztszüleimnek** a támogatásukat és segítségüket, mind a kisfiam energialevezetésében, mind a lelki és anyagi támogatásukért.

Köszönettel tartozom **Dr. Szabó Tamásnak**, és **Kertészné Dr. Lebovics Verának** akik témavezetőkként a PhD képzés alatt irányították munkámat, útmutatásaik és tanácsaik alapján terveztem kísérleteimet. Köszönöm még a türelmüket és a dolgozatom megírásában nyújtott segítségüket!

Sokat köszönhetek **Dr. Horváth László** professzor úrnak, aki a halgazdálkodási tanulmányaim kezdetétől a segítségemre volt, támogatta a külföldi tanulmányutamat, segítette kapcsolataival a Wageningen Egyetemen való elhelyezkedést. Köszönöm a szakmai segítséget, amit a kísérletek tervezésében és megvalósításában is nyújtott.

Köszönetet mondok a Halgazdálkodási tanszék vezetőjének, **Dr. Urbányi Bélának**, aki látott bennem lehetőséget és felajánlotta, hogy a tanszék munkatársa legyek, ezen felül elősegítette a doktori képzésben való részvételemet levelezős hallgatóként. Köszönöm, hogy egyengette nemzetközi munkáimat, bízott és támogott az European Aquaculture Society munkásságában való részvételre.

Külön köszönöm **Dr. Mézes Miklós** professzor úrnak az évek során nyújtott szakmai segítséget, a dolgozatom előzetes véleményezését, és a tanácsokat, melyek nagyban segítettek az elkészültét.

Köszönöm a **Halgazdálkodási Tanszék** munkatársainak az évek során együtt töltött időt, **Dr. Hegyi Árpádnak** a vízkémiai paraméterek mérését, **Staszny Ádámnak** a statisztikai értékelésben nyújtott segítséget. Volt-szobatársaimnak köszönöm, hogy számíthattunk egymásra jóban-rosszban: **Dr. Lefler Kinga Katalinnak, Dr. Csenki Zsoltnak, Mihálffy Szilviának, Dankó Katának**. Új szobatársaimnak köszönöm, hogy szeretettel fogadtak be: **Buza Eszter, Kurnász-Mészáros Erika, Szentés Kata**. Továbbá köszönetet szeretnék mondani **Makádiné**

Farkas Anasztáziának, Farkasné Borbély Andreának, Béres Tibornak a segítségükért, bármikor bármit kérhettem tőlük.

Köszönettel tartozom **Csorbai Balázsnak** a kísérletek kivitelezésében, és az absztrakt írásban nyújtott segítségét.

Köszönöm a Kaposvári Egyetem Hallaborjában dolgozóknak, **Dr. Hancz Csabának, Dr. Molnár Tamás Gergelynek, Bíró Jankának**, és a technikai személyzetnek az intenzív rendszerben végzett kísérletem kivitelezését. Köszönöm a kísérlet során nyújtott segítséget!

Szeretném megköszönni **Dr. Csengeri Istvánnak** a kromatográfia alapjaiba való bevezetést és szakmai segítségét.

Végül, de nem utolsósorban köszönöm az **Országos Élelmezés és Táplálkozástudományi Intézet Élelmiszeranalitikai Főosztály** minden munkatársának, hogy befogadtak közéjük, és folyamatosan biztosították a minták előkészítéséhez és analizálásához a labort számomra. Köszönöm a rengeteg segítségüket és a kellemes együtt töltött éveket. Hálával tartozom **Dr. Lugasi Andreának**, aki nemcsak lektorálta az első szerzős cikkemet, de sokat segített az elmúlt évek során a kísérleteim eredményeinek kiértékelésében.