

동면중 쟁뚱어 筋肉油의 지방질과 중성 및 인지질 조성의 변화

김명곤¹ · 백승화² · 최선남³ · 김종배³ · 박일웅*

¹이산대학 식량자원과, ²충북도립옥천대학 식품공업과,
³군산대학교 수산가공학과, *호원대학교 식품공학과

초 록 : 동면시 쟁뚱어의 에너지 대사에 관한 정보를 얻고자 근육 중 지방질과 지방산 조성을 성숙기(8월), 동면 직전(11월), 동면직후(4월)로 나누어 분석 검토하였다. 조지방과 중성지질 조성은 각각 8월 1.2, 68.3%에서 11월 0.7, 53.8%, 4월 0.4, 42.6%로 점차 줄었고, 인지질과 당지질은 8월 29.5, 2.2%에서 4월 52.1%, 5.3%로 각각 증가하였다. 중성지질 중 TG함량은 8월 53.8%에서 11월 33.6, 4월 23.1%로 점차 줄었으나, FFA와 sterol류는 반대로 8월 13.5, 14.2%에서 4월 22.3, 24.5%로 각각 증가하였다. 인지질에서는 PC함량이 8월 61.2%였으나 4월 50.6%로 줄었고 PS와 PE는 이와 대체로 반대 경향이였다. 중성지질에서는 16:0, 16:1, 18:0, 18:1, 20:5(ω 3)이 많았고 특히 20:5(ω 3)가 많은 점이 특징적이었으며 월동전·후는 포화산과 monoene산 조성이 줄고 대신 polyene산 조성이 높아지는 경향이였다. 11월은 주로 16:0, 16:1, 18:1 등 일부가 줄었으나 4월은 16:0, 20:1, 22:1를 제외한 14:0, 14:1, 16:1, 18:0, 18:1 등 대부분의 포화 및 monoene산과 18:2, 18:3(ω 3)이 균일하게 줄어 동면시 이들이 에너지원이 되고 특히 전기간에 걸쳐서는 16:1과 18:1의 이용이 용이했을 것으로 판단되었다. 인지질에서는 16:0, 18:0, 20:5(ω 3), 22:5(ω 3), 22:6(ω 3)이 많았고 monoene산 조성비는 거의 일정하였으나 월동전·후는 16:0, 18:0을 주로 한 포화산과 18:2, 18:3(ω 3)이 줄었고 대신 20:4(ω 6), 20:5(ω 3), 22:5(ω 3), 22:6(ω 3) 등 고도 polyene산 조성이 높아져 불포화도가 증가하였으며, 특히 20:4(ω 6)와 20:5(ω 3)의 상승폭이 컸다.(1998년 9월 25일 접수, 1998년 11월 6일 수리)

서 론

예로부터 민물 추어탕과 비슷하게 보양강장식으로 즐겨 이용되고 있는 쟁뚱어는 우리나라 서해안과 서남해안의 潮間帶에 서식하는 匍匐跳躍성 水陸兩生 망둥어과 어류¹⁾로 최대 성숙기는 5~7월경이나 11월부터 익년 4월 중순까지 구려 5~6개월 간을 땅속 깊숙히 들어가 동면²⁾을 한후 소생을 할 정도로 매우 강한 어종으로 추정되고 있다. 이와 관련하여 Ryu³⁾도 월동기간 중 泥溫이 2°C 이하일 때를 관찰한 결과, 마치 동사한 것과 같았으나 온도를 서서히 높인 결과 특이하게도 차츰 회생됨을 확인하고 이 같은 견해를 밝힌 바 있는데 대부분의 어류가 이처럼 절식을 하게되면 주로 피하, 또는 장간막부 등에 침착된 지방질이 줄지만 조직 지방은 기아상태가 되더라도 줄지 않고⁴⁾ 또 서식환경이나 생리상태에 따라 지방질의 에스테르화 기능과 지방산 이용 패턴이 다양한 것으로 알려져 있어^{5,7)} 동면기에도 적잖은 변화가 예상된다. 지금까지 쟁뚱어에 관한 연구로는 생태와 거동^{8,10)}, 성성숙^{2,11)}, 진피층의 비닐구조¹²⁾ 등 주로 생리에 관한 연구와 간과 근육중 지방산조성¹³⁾을 검토한 보고가 있으나 동면에 따른 자료는 찾아보기 어렵다. 본 연구에서는 이에 관한 기초자료로 우선 쟁뚱어 근육을 시료로 하여 동면기간 중 주에너지원으로 추정되는 지방질 조성을 성숙기와 비교, 검토하였다.

찾는말 : 동면, 중성지질, 인지질, 지방산, 에너지원, 쟁뚱어
*연락처

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용한 쟁뚱어(Mudskipper, *Boleophthalmus pectinirostris*)는 전남 영암군 삼호면 소재 독천마을 앞 해안에서 채집(성숙기; 1996. 8. 2~5. 동면직전; 1996. 11. 4~6. 동면직후; 1997. 4. 13~15.)하였으며 살아있는 채로 실험실에 옮겨 채집지별(시기별 평균체장; 13.6~16.1 cm, 평균체중; 20.1~34.2 g)로 나누어 수세, 즉살하고 두부와 표피 및 내장을 제거한 후, 전육을 취하여 마쇄, 균질화해서 polyethylene 겹주머니에 넣어 -30°C의 동결고에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

지질의 추출 및 정제

조지방 함량은 Bligh & Dyer 방법¹⁴⁾에 따라 chloroform : methanol : water(1:2:0.8, v/v, 이 중 0.8은 시료 내의 수분 함량 포함) 혼합용매를 사용하여 추출, 측정하였으며 이를 Folch법¹⁵⁾에 따라 chloroform : methanol : 0.9% NaCl (2:1:0.6, v/v) 혼합용매를 사용하여 정제한 다음 질소 기류 하에서 감압농축하여 분리용으로 하였다.

지질의 분리

Rouser 등의 방법¹⁶⁾에 따라 정제한 지질을 silicic acid

column chromatography (SCC)에 의하여 chloroform, acetone, methanol의 순으로 용출시켜 중성, 당, 인지질 획분으로 분획하고 각 획분을 질소 기류 하에서 감압농축한 다음 그 함량을 중량법으로 환산하였다. 한편, 각 획분 중에 다른 지질 성분의 혼입여부는 thin-layer chromatography에 의해 확인하였다.

구성 지질의 동정 및 정량

SCC에 의하여 분획한 지질획분 중 함량이 많은 중성지질과 인지질의 획분에 대한 구성지질의 조성을 thin-layer chromatography (TLC)에 의하여 분리, 동정하였다. TLC plate는 Kieselgel 60 F₂₅₄ (20×20 cm, 0.2 mm precoated, Merck Co.)를 사용하였으며, 전개용매는 중성지질의 경우 petroleum ether:diethyl ether:acetic acid (90:10:1, v/v)을, 인지질은 chloroform:acetone:methanol:acetic acid:water (65:20:10:10:3, v/v)의 혼합용매를 사용하여 일차원 상승법으로 전개시켰다. 발색은 중성지질은 40% 황산용액을, 인지질은 20% perchloric acid를 균일하게 분무, 110°C에서 15분간 가온, 발색시켜 표준지질의 R_f값 및 문헌의 R_f값과 비교 확인하였다. 한편, 인지질은 ninhydrin을 확인용 시약으로 사용하였으며, 이상과 같이 TLC에 의하여 분리 확인된 각 지질은 HPTLC scanner로 350 nm에서 scanning하여 각각의 함량을 상대함량 (%)으로 계산, 정량하였다.

지방산 분석

정제된 총지질과 SCC에 의해 분리된 각 지질의 지방산 분석은 Firestone 등의 방법¹⁷⁾에 따라 14% BF₃ methanol용액을 사용하여 methyl ester화 시킨 다음 GLC로 분석하였다. 검출기기는 FID가 부착된 Hewlett Packard 5880A terminal을 사용하였고 column은 SP 2340 fused silica capillary (30 m×0.32 mm ID)를 사용하였으며 oven 온도는 140°C에서 5분간 유지한 후 230°C까지 4°C/min 속도로 승온한 다음, 230°C에서 20분간 유지하였다. Injector 및 detector 온도는 250°C로 하였고, carrier gas는 N₂ gas를 1.2 ml/min로 하였으며, split ratio는 30:1로 하였다. 각 지방산의 동정은 표준 지방산 methyl ester(Nucheck사와 Sigma제 standard mixture)와의 머무름시간의 비교에 의하여 동정하였고, 이를 다시 HP 5890 GC와 HP 5970 mass selective detector로 확인하였으며, 함량은 integrator로 분리된 각 peak의 면적을 계산하여 상대적인 면적비로 계산하였다.

결과 및 고찰

지방질의 조성

짱뚱어 근육부의 지방질 조성을 분석한 결과는 Table 1과 같다.

조지방 함량을 보면 성숙기인 8월경에 1.2% 이던 것이 수온이 급격히 떨어져 동면에 들어갈 즈음인 11월에는 그 절반수준인 0.7%로, 동면 직후인 익년 4월에는 0.4%로 각각 줄고 중성지질도 8월 68.3%에서 4월 42.6%로 줄어들어

Table 1. Seasonal variation of crude lipid contents and lip compositions in total lipid separated from the muscles of wild mudskipper. (weight %)

Sampling months*	Sep. (P.M)	Nov. (B.H)	Apr. (A.H)
Crude lipid**	1.2	0.7	0.4
Neutral lipid***	68.3	53.8	42.6
Glycolipid***	2.2	3.0	5.3
Phospholipid***	29.5	43.2	52.1

*P.M: the period of maturity (1996. 8. 2~5.)

B.H: just before hibernation (1996. 11. 4~6.)

A.H: just after hibernation (1997. 4. 13~15.)

** (wet base, g/100 g of muscle).

***Results are represented as % distribution of lipid fraction to total lipid and all values are the averages of three time determinations.

서로가 비슷한 경향을 나타내었다. 이 때문에 인지질은 8월 29.5%에서 4월에는 배 가까운 52.1%로 상승하여 오히려 중성지질 조성 보다도 커지고 당지질도 2.2%에서 5.3%로 높아졌다. 이 결과에서 특히 중성지질 조성의 변동폭이 월간기인 8~11월 보다 동면기인 11~4월이 훨씬 소폭으로 나타나 있는 것은 휴지기간인 원인도 있겠으나 짱뚱어가 방합량이 매우 낮은 백색육인데다 중성지질 함량 역시 비슷한 동면조건을 가진 미꾸라지¹⁸⁾나 기타 다른 어류¹⁹⁾보다 20% 이상 적고 대신 인지질 함량이 월등히 높게 조성되어 유리지질보다 결합지질 함량이 매우 클 것으로 추측된다. 따라서 이 기간에는 주로 간장 등 내장부위에 집중 축적되어 있을 장지질을 소모했기 때문으로 여겨진다⁹⁾. 여기에 동시 棲息孔 깊이가 미꾸라지 15~20 cm²⁰⁾ 보다도 훨씬 적은 50~90 cm³⁾에 이를 정도로 耐濕, 耐冬을 위한 짱뚱어 특유의 생리적 특성과 시기별 아미노산 조성을 검토한 결과에서 고에너지원인 arginine과 glycine함량이 11월부터 상승하여 동면직후인 4월에는 다른 때보다 각각 2배 이상 높아진 것으로 보고¹⁸⁾되고 있어 이들 또한 동면시 기초 에너지 대사의 억제요인으로 관련이 있지 않을까 생각된다.

중성지질의 조성

짱뚱어 육질부의 중성지질 성분을 분리한 결과는 Table 2와 같다.

Table 2. Seasonal variation of lipid class composition of neutral lipids in the muscles of wild mudskipper. (area %)

Sampling months*	Sep. (P.M)	Nov. (B.H)	Apr. (A.H)
MG	7.4	10.6	10.1
Sterol	14.2	22.3	24.5
DG	4.9	8.5	11.4
FFA	13.5	18.9	22.3
TG	53.8	33.6	23.1
UK	1.0	1.6	1.4
SE	2.9	2.0	3.8
HC	2.3	2.5	3.4

*Refer to the footnote in Table 1 of * symbol

MG: Monoglyceride, DG: Diglyceride, FFA: Free fatty acid, TG: Triglyceric

UK: Unknown, SE: Sterol ester, HC: Hydrocarbon.

all values are the averages of three time determinations.

분석결과를 보면 각 성분의 조성비가 시기별로 상당한 차이가 있으나 대체로 TG함량이 가장 많은 23.1~53.8%를 차지하였고 cholesterol이 주성분인 free sterol과 FFA가 다음으로 비슷한 14.2~24.5%와 13.5~22.3%를, 그 밖에 MG와 DG 그리고 SE와 HC는 각각 5~10%와 2~4%를 차지하였다. 이 결과 역시 중성지질과 마찬가지로 미꾸라지 등 다른 어류^{18,19)} 보다 TG조성이 크게 적은 대신 sterol은 월등히 높은 특징을 나타내고 있는데 Matsui²¹⁾의 결합지질의 중성지질은 sterol류가 주성분이란 측면에서 볼 때 wax나 qualene 함량이 상당히 높을 것으로 추측된다. 한편, 이들 조성의 변화를 보면 TG함량이 8월에 53.8%이던 것이 11월과 이듬해 4월에는 각각 33.6%와 23.1%로 크게 줄어들어 그 변화 또한 중성지질과 거의 같은 경향을 나타내었고 그 대신 FFA는 8월 13.5%에서 4월은 TG와 비슷한 22.3%로 상승되어 索餌활동의 부진과 절식에 따른 점진적 지방질 소모가 잘 확인되었다. 또, 이러한 경향은 절식중인 잉어⁹⁾와 *Tilapia nilotica*²²⁾와도 비슷한 결과로서 각 성분의 조성비는 주로 TG함량과 관련이 있을 것으로 생각되는데 특히 오랜 동면기간 중 TG의 변동폭 역시 중성지질과 비슷하게 다른 때보다 훨씬 적은 특징을 보인 것도 그 만큼 근육지질의 소모가 현저히 적기 때문이라고 생각된다. 한편 Holub 등²³⁾은 쿠지개송어 등을 이용 CDP-choline과 DG에서 PC의 합성 경로를 밝힌바 있는데 분석결과에서 TG와 반대로 DG함량이 가장 낮은 시기인 8월에서 인지질 중 PC가 가장 높은 조성비를 나타내고 있어 이와 부합된 결과로 추정되나 그 반대로 성소형성 관련물질인 sterol 등은 산란기가 지난 8월이 14.2%로 가장 낮았으나 이후 TG 등이 점차 낮아짐에 따라 상대적으로 계속 상승하여 4월에는 두배 가까운 24.5%로 증가 하였다.

인지질의 조성

쟁뚜어 육질부의 인지질 성분을 분리한 결과는 Table 3과 같다.

분석결과를 보면 전체적으로 PC의 조성비가 절반이상인 50.6~61.2%를 차지하여 가장 높았고 다음은 PE와 PS 순으로 각각 24.7~32.3%와 13.5~17.1%를 차지하였다. 이는 어류 근육의 인지질은 75% 이상이 PC와 PE로 절반 이상이 PC라고 한 豊水²⁴⁾의 보고와 비슷한 경향이였으며 특히 PC 함량이 8월에 61.2%로 가장 높고 4월에는 50.6%로 줄어들어 대체로 TG의 변화 pattern과 비슷한 관계에 있으나 그

Table 3. Seasonal variation of lipid class composition of phospholipids in the muscles of wild mudskipper. (area %)

Sampling months*	Sep. (P.M)	Nov. (B.H)	Apr. (A.H)
PS	14.1	13.5	17.1
PC	61.2	57.7	50.6
PE	24.7	28.8	32.3

*Refer to the footnote in Table 1 of * symbol

PS: Phosphatidyl serine, PC: Phosphatidyl choline, PE: Phosphatidyl ethanolamine

all values are the averages of three time determinations.

폭이 TG보다 훨씬 적은 특징을 보인 것은 주 에너지원이 중성지질이기 때문으로 여겨진다. 또한 이 결과는 환경온도에 따라 생체막의 주성분인 인지질의 합성기능과 조성이 달라지고 동시에 생체막에 분포한 효소계 활성화도 변한다는 Smith 등²⁵⁾의 보고를 미루어 볼 때 체내 지방질 대사에 PC가 그만큼 밀접한 관계에 있음을 나타낸 것으로 판단되며 따라서 중성지질 함량의 변화에 따라 이들 조성도 달라질 것으로 생각된다.

중성지질의 지방산 조성

쟁뚜어 전육질부의 중성지질의 지방산조성을 분석한 결과는 Table 4와 같다.

주요 구성 지방산은 16:0, 16:1, 18:0, 18:1 및 20:5 (ω3) 등으로 이들이 전체조성의 절반이 넘는 54.2~55.3%를 차지하였으며 이 중에서도 생화학적으로 중요한 20:5 (ω3) 함량이 12~16%로 상당히 높은 특징을 나타내고 있는

Table 4. Seasonal variation of fatty acid composition of neutral lipids in the muscles of wild mudskipper. (area %)

Sampling months*	Sep. (P.M)	Nov. (B.H)	Apr. (A.H)
14:0	2.9	2.7	1.9
15:0	3.1	2.9	2.6
16:0	18.3	16.9	17.6
17:0	1.6	1.4	1.2
18:0	8.4	9.0	7.7
20:0	0.9	0.8	0.9
22:0	1.4	1.0	1.4
Σsaturates	36.6	34.7	32.9
14:1	1.7	1.5	0.9
15:1	1.3	1.7	2.2
16:1	9.1	8.2	6.8
17:1	1.7	2.0	1.6
18:1	7.9	7.1	6.2
19:1	0.7	0.6	0.5
20:1	1.6	1.9	2.6
22:1	2.4	2.5	3.1
24:1 (ω9)	0.7	0.7	0.5
Σmonoenes	27.1	25.6	24.4
18:2	3.4	3.8	1.7
18:3 (ω6)	0.5	0.4	0.1
18:3 (ω3)	3.0	2.8	2.2
20:2 (ω6)	0.8	0.5	0.6
20:3 (ω6)	0.2	0.2	0.3
20:3 (ω9)	2.7	3.1	2.5
20:4 (ω6)	2.9	3.6	4.8
20:4 (ω3)	1.0	1.2	1.6
20:5 (ω3)	11.9	13.0	15.2
22:4 (ω6)	1.1	1.5	1.2
22:5 (ω3)	4.7	5.4	6.7
22:6 (ω3)	4.1	4.2	5.8
Σpolyenes	36.3	39.7	42.7
TUFA/TSFA	1.7	1.9	2.0
TPEA/TMEA	1.3	1.6	1.8

*Refer to the footnote in Table 1 of * symbol

TUFA: total unsaturated fatty acid, TSFA: total saturated fatty acid, TPEA: total polyenoic fatty acid, TMEA: total monoenoic fatty acid. all values are the averages of three time determinations.

데 이는 Misra¹³⁾의 지적과 같이 갑각류나 규조류 등 쟁쟁어 특유의 먹이사슬과 관련이 있지 않나 생각된다. 이 결과를 인지질 조성과의 비교해 보면 16:1, 18:1 함량은 중성지질이, 22:5, 22:6은 인지질이 높았고 또 18:1, 18:2, 18:3의 함량은 미꾸라지 등 다른 담수어류들^{18,19,26)} 보다 매우 적은 대신 20:5, 22:5, 22:6와 같은 고도 polyene산은 상당히 높은 비율로 조성되었다. 지방산 조성을 시기별로 비교해 보면 지방 함량이 적기 때문에 변동폭도 그만큼 미미한 것으로 생각되나 TG함량이 높은 8월은 16:0, 18:0, 16:1, 18:1 등을 주체로 한 포화산과 monoene산 및 18:2 등의 함량이 동면직후인 4월보다 10% 가까이 높아진 반면 20:4(ω 6), 20:5(ω 3), 22:5(ω 3) 및 22:6(ω 3)과 같은 polyene산은 각기 20~40%정도 씩 줄었으며 특히 이들 조성은 Misra¹³⁾의 9월 중 총지질 조성과의 비교할 때 거의 같은 경향으로 나타났다. 이는 월동이후 索餌활동이 재개되면서 성장기 6~7월경 산란에 뒤 이은 포식과 급격한 수온상승으로 인한 운동량 감소로 피하층에 지방질 축적이 그만큼 많아진 때문으로 생각된다. 하지만 그 반대로 수온이 급격히 떨어지고 索餌량이 대폭 줄어들면서 동면에 이른 11월부터는 20:4(ω 6), 20:5(ω 3), 22:5(ω 3), 22:6(ω 3) 등의 고도 polyene산 함량이 점차 높아지고 대신 포화산과 monoene산은 조금씩 줄어들어 불포화도가 커지는 경향을 보이고 있는데 11월은 주로 16:0, 16:1, 18:1이 줄어들어 가는 경향을 보이고 있으나 동면직후인 4월은 14:0, 14:1, 16:1, 18:0, 18:1, 18:2와 18:3(ω 3) 등 주요 지방산 대부분이 조금씩 줄고 16:0, 20:1, 22:1 함량은 전보다 오히려 높게 나타나 11월과 상당히 다른 양상을 나타내었다. 월동전후 이 같은 변화는 절식(11월~3월)에 따른 잉어²⁷⁾의 지방조성 변화와도 대체로 비슷한 결과로서 겨울철에 중성지질 조성에서 이처럼 고도 polyene산 함량이 줄지않고 높아진 것은 이들 고급지방산이 β 산화를 통한 에너지원으로 이용이 어렵기 때문에²⁸⁾ 전체지질에 대한 이들 비율이 높아진 것으로 여겨진다. 어류는 기아나 산란시 저급 지방산부터, 또 불포화보다는 포화산을, 불포화산은 수소첨가로 불포화도를 낮추어 이용하는 것으로 밝혀져 있으나⁹⁾ 절식시 잉어는 주로 18:1, 18:2²⁹⁾을, *Tilapia*는 폐사상태 이전에는 지방산 대부분을²⁸⁾, 옥새송어는 18:1을⁹⁾, stress 조건에서는 20:5, 22:6와 같은 특이 지방산³⁰⁾을 이용하는 것으로 보고되어 있고 또 절식중 TG 대부분이 소모된 잉어의 경우 16:0만 현저히 줄어들어 18:1, 18:2을 이용이 용이한 지방산으로 볼 수 없다는 일부 상반된 보고도 있다⁹⁾. 이처럼 어류마다 지방산의 선택적 이용이 먹이나 서식조건, 어종이나 생리적 특성에 따라 매우 다양한 것으로 생각되는데 상기 분석결과를 종합하면 쟁쟁어는 11월까지의 대체로 16:0, 16:1, 18:1이, 또 동면기간에는 16:0, 20:1, 22:1을 제외한 대부분의 포화산과 monoene산이 비교적 균일하게 이용이 되고 그 중에서도 우선적으로 이용되는 지방산은 8월 이후 감소경향을 계속해 보인 16:1과 18:1일 것으로 추측된다. 또한 여기에 18:2가 비교적 큰 폭으로 줄어든 것을 보면 Takeuchi 등⁹⁾, Satoh 등²⁹⁾의 지적과 같이 쟁쟁어도 월동시 상당기간 극한 상태에 이르렀을 것으로 추측된다.

Table 5. Seasonal variation of fatty acid compositions of phospholipids in the muscles of wild mudskipper. (area %)

Sampling months*	Sep. (P.M)	Nov. (B.H)	Apr. (A.H)
14:0	0.8	1.1	0.4
15:0	2.4	1.6	1.6
16:0	21.2	19.4	17.3
17:0	0.7	1.1	0.7
18:0	11.3	12.4	11.6
20:0	0.6	0.5	0.5
22:0	1.2	0.8	1.0
Σsaturates	38.2	36.9	33.1
14:1	1.1	0.5	0.7
15:1	2.1	2.0	1.4
16:1	5.7	6.3	5.9
17:1	1.3	1.2	0.8
18:1	4.8	4.2	5.3
19:1	0.5	0.3	0.4
20:1	0.8	0.7	1.1
22:1	1.4	0.9	0.8
24:1 (ω 9)	0.6	1.1	1.3
Σmonoenes	18.3	17.2	17.7
18:2	2.3	1.7	0.4
18:3 (ω 6)	0.3	0.2	-
18:3 (ω 3)	1.4	1.0	0.6
20:2 (ω 6)	0.2	0.2	-
20:3 (ω 6)	0.8	0.6	0.7
20:3 (ω 9)	3.3	2.7	2.1
20:4 (ω 6)	4.6	5.3	8.4
20:4 (ω 3)	1.1	1.6	0.9
20:5 (ω 3)	14.2	15.4	18.2
22:4 (ω 6)	1.8	2.2	1.5
22:5 (ω 3)	6.2	7.4	7.9
22:6 (ω 3)	7.3	7.6	8.5
Σpolyenes	43.5	45.9	49.2
TUFA/TSFA	1.8	1.9	2.2
TPEA/TMEA	2.1	2.4	2.5

Refer to the footnote in Table 1 of symbol

TUFA: total unsaturated fatty acid, TSFA: total saturated fatty acid
TPEA: total polyenoic fatty acid, TMEA: total monoenoic fatty acid.

all values are the averages of three time determinations.

인지질의 지방산 조성

쟁쟁어 전육질부의 인지질의 지방산 조성을 분석한 결과는 Table 5와 같다.

주요 구성지방산은 16:0, 18:0, 20:5 (ω 3), 22:5(ω 3) 22:6(ω 3) 등으로 전체의 60.2~63.5%를 차지하였으며 중성지질에 비해 monoene산 함량은 상당히 적은대신 polyene산은 훨씬 높게 구성되었다. Table 5를 보면 중성지질은 거의 비슷한 함량을 나타내고 있으나 포화산은 8월이 가장 높고 이후 점차 줄고 있으나 polyene산은 그 반대로 높아지는 추세를 보이고 있어 PC를 구성하는 지방산 조성도 이와 비슷하게 변할 것으로 추정된다. 지방산 조성을 시기별로 비교해 보면 8월은 16:0, 18:2, 18:3(ω 3) 등이 4월보다 비교적 큰 폭으로 높아졌으나 20:4(ω 6), 20:5(ω 3), 22:5(ω 3), 22:6(ω 3) 등은 줄어들어 불포화도가 그만큼 낮아지고 있다. 일반적으로 어류는 각 지질의 지방산을 필요에 따라 장쇄 또는 단쇄로, 포화를 불포화로, 지방산을 지방족 알콜로 전환

하거나 이의 역반응을 수행할 수 있는 효소적 특이성이 있고 또 이러한 특이성은 먹이와 계절, 기타 환경과도 관련이 큰 것으로 밝혀져 있는데⁴²⁹⁾ 이러한 측면에서 본다면 이 결과는 월동이후 하절기에 서식온도가 급격히 상승함에 따라 세포내 유동성을 보다 완화할 필요가 있어 먹이를 통해 용해도가 높은 포화산을 선택적으로 흡수하거나 역반응을 통하여 이같이 포화산 함량이 증가한 것으로 추측된다. 하지만 온도가 낮아지면 어류는 일반 육상동물과 달리 불포화도가 증가한다³¹⁾고 알려져 있는 것과 같이 서식온도가 급격히 떨어지고 절식기간인 11월부터는 여름과 반대로 16:0, 8:0, 18:2, 18:3(ω 3) 등이 점차 줄고 고도 polyene산인 20:4(ω 6), 20:5(ω 3), 22:5(ω 3), 22:6(ω 3) 등 함량은 그만큼 높아져서 불포화도가 상당폭으로 커지는 경향을 나타내었고 이중 특히 20:4(ω 6)와 20:5(ω 3)의 상승폭이 크게 나타났다. 또 이 결과는 잉어를 86일간 절식한 결과 어체에 함유된 극성지질 함량은 별다른 변화가 없는데도 인지질의 구성지방산은 TG획분과 비슷하게 16:0, 18:2, 18:3 조성이 소폭 줄어든 대신 20:4(ω 6), 22:6(ω 3) 조성은 크게 높아졌다는 Takeuchi 등⁹⁾의 보고와 비슷한 경향이였다. 이처럼 서식온도가 낮아지면 18:1을 18:3으로³⁰⁾, 18:1(ω 9)을 20:3 (ω 9)²⁹⁾로 전환하거나, 18:2(ω 6)을 20:4(ω 6) 또는 22:5(ω 6)로^{22,29,32,33)}, 18:3(ω 3)을 20:5(ω 3)로³¹⁻³⁴⁾, 20:5(ω 3)을 22:5(ω 3) 또는 22:6(ω 3)^{29,32-34)}로 전환할 수 있는 어종별 다양한 기능들이 보고되어 있다. 이러한 측면에서 볼 때 쟁뚜어도 절식기간이 비록 장기간임에도 불구하고 월동시 세포의 동결, 응고를 막아 최소의 유동성을 부여하기 위하여 이들과 유사한 합성경로로 고도 polyene산 함량이 많아지고 이들이 점차 인지질 획분에 이행된 것으로 추측되며 특히 20:5(ω 3)의 상승폭이 22:5(ω 3)나 22:6(ω 3)보다도 훨씬 큰 것으로 보아 Watanabe³⁰⁾의 18:3(ω 3)이 20:5(ω 3)로 전환되는 속도가 20:5(ω 3)에서 22:5(ω 3) 또는 22:6(ω 3)로의 전환속도보다 훨씬 빠르다는 지적과 부합되는 결과로 추측된다.

참고문헌

1. 鄭文基 (1986) 韓國魚圖譜. 一志社, 495-497.
2. Chung, E. Y., K. K. Lee and Y. N. Oh (1991) Studies on the karyotype analysis of protein and nucleic acid contents of the muscle tissue of female *B. pectinirostris*. Marine Develop. Res. Kunsan Univ. 3(1), 27-38.
3. Ryu, B. S (1991) Taxonomy and ecology of mudskippers, the subfamily Gobionelliae (Pisces, Gobiidae) from Korea. Ph. D. Thesis, Chonbuk Natl. Univ.
4. 社屋靖彦 (1962) 改訂 水産化學. 恒星社, 厚生閣, 東京 p 8-266.
5. Robinson, J. S. and J. F. Mead (1973) Lipid absorption and deposition in rainbow trout (*salmo gairdnerii*). *Can. J. Biochem.* 51, 1050-1058.
6. Takeuchi, T. and T. Watanabe (1982) The effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid compositions of carp and rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 48(9), 1307-1316.
7. Nakagawa, H. and S. Kasahara (1986) Effect of Ulva meal

supplement to diet on the lipid metabolism of Red Sea Bream. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.* 52(11), 1887-1893.

8. Tamura, O. S. (1997) Aspect of the physiology of terrestrial life in amphibious fishes, the mudskippers *B. pectinirostris* and *P. cantonensis*. Respiration and excretion (riku niagatta sakana no nazo, kokyu to haisetu no shikumi). Anima (Heibonsha, Tokyo), 5(8), 24-28. (In Japanese).
9. Dotsu, Y. and M. Matoba (1977) Behavior of the mudskippers, *B. pectinirostris* and *P. cantonensis*. (Mutsugoru to tobihaze no koudou). Anima (Heibonsha, Tokyo), 5(8), 15-23. (In Japanese)
10. Ip, K. Y., S. F. Chew and P. C. Tang (1991) Evaporation and the turning behavior of the mudskipper. *B. boddaeri. Zool. Sci.* 8, 621-623
11. Chung, E. Y., B. S. Ryu and J. R. Kim (1989) A study on the process of the ovarian maturation of the bluespotted mud hopper, *B. pectinirostris*. Marine Develop. Res. Kunsan Univ. 1(1), 19-36.
12. Suzuki, N. (1992) Fine structure of the epidermis of the mudskipper, *Periophthalmus modestus* (Gobiidae). *Japan. J. Ichthy.* 38(4), 379-396.
13. Misra, S., A. K. Dutla, T. Dhar, A. Ghosh, A. Choudhury and J. Dutta (1983) Fatty acids of the mudskipper. *B. boddaerti. J. Sci. Food Agric.* 34, 1413-1418.
14. Bligh, E. G. and W. J. Dyer (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.* 37, 911-917.
15. Folch, J., M. Lees and G. H. Sloanestany (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 226, 497.
16. Rouser, G., G. Kritchevsky and G. J. Nelson (1967) Quantitative analysis of brain and spinach leaf lipids employing silicic acid column chromatography and acetone for elution of glycolipids. *Lipids*, 2, 37.
17. Firestone, D. and W. Horwitz (1979) IUPAC gas chromatographic method for determination of fatty acid composition. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62, 709.
18. Park, I. W (1995) Seasonal changes of nutritional components and their distribution in the muscle tissues of loach (*Misgurnus mizolepis*) and mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*), Ph. D. Thesis, Chonbuk Natl. Univ.
19. Ha, B. S. and D. S. Kang (1990) Studies on the lipid of aquatic products (part 5)-Comparison of flesh lipid composition of some fresh water fishes, mandarin fish, Korean perch, cornet fish and cat fish. *J. Koran Soc. Food Nutri.*, 19(4), 291-300.
20. 姜景來 (1984) 미꾸리 養殖의 實際. 新亞出版社, 49-63.
21. Matsui, M., T. Watanabe, and T. Kawabata, (1976) Fatty acid structures of triglycerides contained in several fresh water fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 42(2), 233-237.
22. Satoh, S., T. Takeuchi and T. Watanabe (1984) Effects of starvation and environmental temperature on proximate and fatty acid composition of Tilapia nilotica. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 50(1), 79-84.
23. Holub, B. J., K. Nilsson, J. Piekarski and S. J. Slinger (1975) Biosynthesis of lecithin by the CDP-choline pathway in liver microsomes of rainbow trout. *Salmo gairdneri. J. Fish. Res. Board Can.* 32, 1633-1637.
24. 豊水正道 (1974) 魚類の脂質加水分解, 酸化, 油焼, 魚の品質,

- 水産學シリーズ (4), 恒星社 厚生閣, 東京, p 921-925.
25. Smith, M. W. and J. C. Ellory (1971) Temperature-induced changes in sodium transport and Na⁺/K⁺adenosine triphosphatase activity in the intestine of goldfish (*Carassius auratus L.*). *Comp. Biochem. physiol.* **39(A)**, 209-218.
 26. Shimma, Y. and H. Taguchi (1964) A comparative study on fatty acid composition of fish. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **30(2)**, 179-188.
 27. Takeuchi, T., T. Watanabe, S. Satoh, T. Ida and M. Yaguchi (1987) Changes in proximate and fatty acid compositions of carp fed low protein-high energy diets due to starvation during winter. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53(8)**, 1425-1429.
 28. Brown, W. D. and A. L. Tappel (1959) Fatty acid oxidation by carp liver mitochondria. *Arch. Biochem. Biophys.*, **85**, 149-158.
 29. Murata, H. and T. Higashi (1980) Selective utilization of fatty acid as energy source in carp. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **46(11)**, 1333-1338.
 30. Hayashi, K. and T. Takagi (1977) On the fatty acid composition of fish affected by excessive stress. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **43(10)**, 1189-1194.
 31. Kayama, M., Y. Tsuchiya and J. F. Mead (1963) A model experiment of aquatic food chain with special significance fatty acid conversion. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **29**, 45-458.
 32. Takeuchi, T. S. Satoh and T. Watanabe (1977) Requirement of carp for essential fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **43(4)**, 541-551.
 33. Takeuchi, T. S. Satoh and T. Watanabe (1983) Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **49(7)**, 1127-1134.
 34. Watanabe, T., F. Oowa, C. Kitajima, and S. Fujita (1981) Relationship between dietary value of brine shrimp *Artemia salina* and their content of ω 3 highly unsaturated fatty acid. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish*, **46(1)**, 35-41.

Variation in Muscle Lipids and Fatty Acid Composition of Neutral and Phospholipids of Mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*) during Hibernation

Myung-Kon Kim¹, Seung-Hwa Baek², Sun-Nam Choe³, Jong-Bae Kim³ and Il-Woong Park^{*}(¹Dept. of Food Resources, Iksan National College, Iksan 570-752, Korea, ²Dept. of Food Engineering, Chungbuk Provincial of Okchon College, Okchon-eup 373-800, Korea, ³Dept. of Sea-Food Science and Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-400, Korea, ^{*}Dept. of Food Science & Technology, Howon University, Kunsan 573-718, Korea)

Abstract : In order to gain fundamental information on the utilization of lipids as energy source in mud-skipper, muscle lipids and their fatty acid composition were investigated with respect to life cycle-maturation (Aug), before-hibernation (Nov), and after-hibernation (Apr). Crude and neutral lipid were found to decrease from 1.2, 68.3% (Aug) via 0.7, 53.8% (Nov) to 0.4, 42.6% (Apr), respectively, whilst phospholipids and glycolipids increased from 29.5 and 2.2% (Aug) to 52.1 and 5.3% (Apr), respectively. In neutral lipids, TG contents gradually decreased from 53.8% (Aug) via 33.6% (Nov) to 23.1% (Apr), while FFA and sterol contents increased from 13.5 and 14.2% (Aug) to 22.3 and 24.5% (Apr), respectively. In phospholipids, PC content decreased from 61.2% (Aug) to 50.6% (Apr), while changes in PS and PE contents, as a whole, showed the opposite trends. In neutral lipids, the levels of some fatty acids such as 16:0, 16:1, 18:0, 18:1 and 20:5 (ω 3) were analyzed to be high, with the 20:5 being predominant, and the levels of saturated and monoene-acids gradually decreased, while polyene-acids increased in before and after hibernation. In before hibernation, 16:0, 16:1, 18:1 mainly decreased but 18:2, 18:3 (ω 3) and most of saturated and monoene acids such as 14:0, 14:1, 16:1, 18:0, 18:1 slightly decreased in after hibernation. From these findings, it was suggested that those fatty acids decreased during hibernation were used as a energy source, particularly 16:1 and 18:1 being most preferentially used. In phospholipids, the levels of 16:0, 18:0, 20:5 (ω 3), 22:5 (ω 3) and 22:6 (ω 3) were found to be high. Throughout the life cycle, the levels of monoene-acids in phospholipids stayed constant, whilst those of 18:2, 18:3 (ω 3) and saturated acids such as 16:0, 18:0 were found to be decreased gradually in before and after hibernation, whereas those for the high degree of polyene-acids such as 20:4 (ω 6), 20:5 (ω 3), 22:5 (ω 3), 22:6 (ω 3) increased, particularly 20:4 (ω 6), 20:5 (ω 3) being most increased.

Key words : hibernation, neutral lipids, phospholipids, fatty acids, energy source, Mudskipper (*Boleophthalmus pectinirostris*)

^{*}Corresponding author