

황소개구리에서 추출한 지방의 지방산 조성

- 연구노트 -

황금택[†] · 홍진선 · 강성국* · 정순택*

전북대학교 식품영양학과 · 유전공학연구소

*목포대학교 식품공학과 · 식품산업기술연구센터

Fatty Acid Compositions of Lipids Extracted from Bullfrogs

Keum Taek Hwang[†], Jin Sun Hong, Seong Gook Kang* and Soon Tek Jung*

Dept. of Food Science and Human Nutrition, and Institute for Molecular Biology and Genetics,
Chonbuk National University, Chonju 561-756, Korea

*Dept. of Food Engineering, and Food Industrial Technology Research Center,
Mokpo National University, Chonnam 534-729, Korea

Abstract

The objective of this study was to analyze fatty acid composition in lipids extracted from bullfrogs (*Rana catesbeiana* Shaw) inhabiting in Korea. Lipid contents in bullfrog legs and bodies were less than 1% (w/w, wet basis) and seasonal variation of the lipid contents was not observed. Lipids in bullfrog legs consisted of 26~31% (w/w) saturated fatty acids, 16~24% monounsaturated fatty acids, and 30~40% polyunsaturated fatty acids. Lipids in bullfrog bodies consisted of 23~28% saturated fatty acids, 29~44% monounsaturated fatty acids, and 16~30% polyunsaturated fatty acids. The major fatty acids in lipids extracted from bullfrogs were palmitic acid, oleic acid, and linoleic acid. Lipids in leg muscles contained 3~8% eicosapentaenoic acid (EPA) and 6~10% docosahexaenoic acid (DHA). Lipids in bodies had 1~3% EPA and 1~3% DHA.

Key words: bullfrog, docosahexaenoic acid, eicosapentaenoic acid, fatty acid composition, lipid, *Rana catesbeiana* Shaw

서 론

황소개구리는 수십 년 전에 식용을 목적으로 국내에 들여왔다. 그 이후 황소개구리는 전국 산하로 퍼졌으며, 왕성한 식욕과 번식력으로 말미암아 생태계의 균형을 위협하는 주범으로 인식되고 있다. 다양한 방법으로 황소개구리를 퇴치해 보고자 시도하였으나 팔목할만한 성과를 얻지 못하였다. 황소개구리는 도입 당시 의도했던 바와 같이 식품으로서의 가치가 높다고 보기 때문에, 황소개구리의 영양적 가치를 연구하여 더 많은 황소개구리를 포획할 수 있는 자료를 제공하면 황소개구리를 퇴치하는 유익한 방법이 될 것으로 판단한다.

황소개구리는 양질의 단백질 공급원일 뿐 아니라, 양질의 지방을 함유하고 있다. 황소개구리에는 어패류에 다량 함유되어 있으며, 심장 혈관 질환을 막아주며, 면역성을 높여주며, 악성 종양의 증식을 방지해 주는 것(1-3)으로 알려진 ω-3 지방산류인 eicosapentaenoic acid(EPA)과 docosahexaenoic acid(DHA)가 함유되어 있다고 알려져 있으나(4), 우리나라에서는 아직 이를 활용하고자 하는 시도는 하지 않고 있다. 따라서 황소개구리의 효용성을 부각시켜 황소개구리의 포획

을 촉진시키는 측면에서도 황소개구리의 식용 부위인 다리와 이외의 부산물에 함유되어 있는 지방을 분리 활용할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다.

본 연구에서는 살아 있는 황소개구리를 계절에 따라 구입하여 개구리의 다리와 몸통에서 추출한 지방의 지방산 조성을 분석하였다.

재료 및 방법

재료

황소개구리(*Rana catesbeiana* Shaw; 마리 당 180~260 g)를 전북 완주와 정읍에서 산 채로 구입하여 사용하였다. Gas-liquid chromatograph(GC) 분석을 위하여 사용한 standard fatty acid methyl ester(FAME)는 Nu-Chek-Prep Inc.(Elysian, MN)에서 구입하여 사용하였고, 모든 시약은 ACS grade를 구입하여 사용하였다.

황소개구리의 전처리 : 황소개구리의 몸통과 다리 부위를 분리하여, 다리 부위는 껍질과 뼈를 제거하고 육질 부위만 blender(Hanil FM-680T, Korea)로 1분간 갈아서 균질화하

[†]Corresponding author. E-mail: kthwang@moak.chonbuk.ac.kr.
Phone: 82-63-270-3857. Fax: 82-63-270-3854

였으며, 봄통은 창자를 제외한 부위를 시료로 사용하였다.

황소개구리 다리 육질의 일반 성분 분석 : 황소개구리 다리 육질의 수분, 조지방, 조단백질의 함량은 AOAC의 육류 분석 방법(5)에 따라 분석하였다.

황소개구리의 다리 육질 중 지방산 조성 분석을 위한 지방 추출 : 약 20 g의 황소개구리 다리 육질 시료를 취하여 Bligh 와 Dyer 방법(6)을 변형시킨 Hwang과 Regenstein의 방법(7)에 따라 지방을 추출하여 methylation 시료로 사용하였다.

황소개구리의 봄통 중 지방산 조성 분석을 위한 지방 추출 : 황소개구리의 봄통 무게의 2배에 해당하는 Na₂SO₄를 가하고 막자사발에서 마쇄하였다. 봄통 중량과 동량의 hexane 을 가하고 55~60°C 수조에서 약 40 cm condenser에 연결하여 환류냉각시키면서 2시간 동안 가열한 후, 3,140×g로 20분 동안 원심분리하여 분리한 상등액에 약 20 g의 Na₂SO₄를 첨가하여 수분을 제거한 후 약 20 g의 Na₂SO₄가 있는 filter paper(Toyo No. 2)를 통과시켜 여과하였다. 수기 및 filter paper를 약 10 mL의 hexane으로 씻어 합하였다. 추출 잔사에 hexane을 가하여 상기와 같은 방법으로 1시간 동안 두 차례 가열 환류시켜 원심분리하여 상등액을 여과하여 합하였다. Hexane 용액을 Eyela aspirator(A-3S)에 연결된 Eyela rotary vacuum evaporator(N-N)를 사용하여 소량의 hexane이 남을 때까지 농축시켜 test tube에 옮기고 hexane으로 씻어 합하여 질소를 사용하여 다시 농축시켜 methylation 시료로 사용하였다.

지방산 조성 분석을 위한 methylation : 황소개구리에서 추출한 지방 약 0.3 g을 AOCS 방법(8)에 준하여 methylation 하였다. Methylation한 지방산(FAME)은 질소를 충전하여 GC 분석하기 전까지 -18°C에 보관하였다.

GC에 의한 지방산 조성 분석

FAME는 Hewlett-Packard 6980 Series gas chromatograph (Hewlett-Packard Co., Wilmington, DE)를 사용하여 전보(9)와 같은 조건으로 분석하였다.

결과 및 고찰

황소개구리의 다리에는 1% 이하의 지방을 함유하고 있었으며, 계절에 따라 그 함량이 차이를 나타내지 않았다(Table 1). 개구리 다리에 지방 함량은 낮으나 단백질이 다량 함유되어 있으므로 단백질의 주요 공급원으로서 이용가치가 있다는 점을 주시할 필요가 있다.

개구리 봄통의 지방 함량 측정 및 지방산 조성 분석 시료로 사용하기 위한 지방을 분리하기 위하여 봄통에 물을 가하고 삶았으나 삶은 후에 gel이 형성되어 지방을 분리하기가 어려웠다. 따라서 Na₂SO₄와 hexane을 사용하여 지방을 분리하였다. 이러한 방법으로 소화기 내장을 제거한 봄통에서 지방을 분리하였을 때 분리된 지방의 양은 전체 봄통 무게의 1% 이내였으며, 분리한 지방량이 겨울 시료와 여름 시료간 차이

Table 1. Proximate composition of bullfrog

Sampling date	Sampling place	Part	Moisture (%)	Crude lipids (%)	Crude proteins (%)
Apr. 1999	Wanju	leg muscle ¹⁾	80.8±0.5	0.8±0.1	15.2±0.2
		body	-	0.9±0.2 ²⁾	-
		liver ¹⁾	71.9±0.3	5.7±0.8	-
May 1999	Wanju	leg muscle ¹⁾	81.8±0.6	0.8±0.1	15.1±0.4
		body	-	0.8±0.1 ²⁾	-
Sep. 1999	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	80.1±0.4	0.8±0.0	15.1±0.3
		body	-	0.8±0.2 ²⁾	-
Oct. 1999	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	79.2±0.4	0.8±0.0	15.7±0.5
		body	-	0.9±0.1 ²⁾	-
Nov. 1999	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	79.3±0.3	0.8±0.0	15.2±0.2
		body	-	0.8±0.1 ²⁾	-
Dec. 1999	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	78.8±0.5	0.8±0.0	15.3±0.4
		body	-	0.8±0.1 ²⁾	-
Jan. 2000	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	78.8±0.5	0.8±0.0	16.1±0.2
		body	-	0.8±0.2 ²⁾	-
Mar. 2000	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	80.1±0.5	0.8±0.0	15.6±0.4
		body	-	1.0±0.2 ²⁾	-
May 2000	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	80.4±0.6	0.8±0.0	15.5±0.2
		body	-	0.9±0.2 ²⁾	-
Jul. 2000	Jeongeup	leg muscle ¹⁾	80.2±0.2	0.8±0.0	15.3±0.3
		body	-	1.1±0.2 ²⁾	-
Mean ³⁾			79.6±0.7	0.8±0.0	15.5±0.3

¹⁾Mean±standard deviation of 3 values.

²⁾Mean±standard deviation of 2 values; lipid extract using hexane and sodium sulfate.

³⁾Mean±standard deviation of 8 Jeongeup leg muscle samples.

를 보이지 않았다. 개구리는 일반적으로 fat body가 계절에 따라 개구리 전체 무게의 1% 이하에서 5% 이상을 차지하여 겨울이 가까워지면 fat body에 지방을 축적하는 것이 개구리의 일반적인 특징인데(10-12), 시험한 개구리의 경우에는 눈으로 관찰할 만큼 축적된 fat body는 없었다. 황소개구리가 일반 개구리와는 달리 겨울에 지방을 축적하지 않는 것인지, 일반적으로 황소개구리도 겨울에 지방을 축적하지만 시험에 사용한 개구리의 생육 환경 때문에 지방이 축적되지 않은 것인지는 분명하지 않다. 황소개구리는 거의 동면을 하지 않는다고 알려져 있는데, 이것이 지방을 축적해 놓을 필요가 없는 이유 중 하나라고 추정된다. 몸통의 지방 함량이 높을 경우에 이를 추출하여 활용할 수 있는 방안을 검토해 볼 수 있겠으나, 추출 분리할 수 있는 지방 함량이 매우 낮아 이를 실용화하기는 어려울 것으로 본다.

정읍에서 채취한 황소개구리의 다리에서 분리한 지방의 지방산 조성을 검토해 본 결과, palmitic acid가 전체 지방산 중 20% 내외로 가장 많이 함유되어 있었으나 oleic acid와 linoleic acid도 각각 8~14%와 5~11%로써 상당량 함유되어 있었다(Table 2). 그리고 EPA와 DHA도 각각 3~8%와 6~10%에 달하여 생선과 같이 EPA와 DHA의 주요 공급원이 될 수 있음을 알 수 있다. 다른 식용 동물의 지방과 달리 개구리의 다리에서 분리한 지방에 필수지방산의 하나인 arachidonic acid 함량이 7~15%로 다양 함유되어 있는 점도 특이하다. 개구리의 다리에 함유되어 있는 지방의 지방산 조성은 계절에 따라 일정한 pattern을 보이지는 않았다.

황소개구리의 몸통에서 분리한 지방의 지방산 조성을 Table 3에 나타내었다. 몸통 지방의 지방산 조성은 시료간 변이

가 커거나 계절에 따른 일정한 pattern은 관찰하지 못했다. Oleic acid와 palmitic acid가 몸통에서 분리한 지방의 주요 지방산으로서, 각각 15~27%와 17~20%를 차지했으며, palmitoleic acid도 다리에서 분리한 지방에서 와는 달리 6~16%로 높게 함유되어 있었다. 대신 arachidonic acid는 2~8%로 다리 지방에서보다 낮게 함유되어 있었다. 황소개구리의 몸통에서 분리한 지방에 EPA와 DHA가 다리 부위에 비하여 낮은 1~3%가 각각 함유되어 있었다. 그러나 다리와 몸통에서 지방을 추출 방법이 서로 달라 지방산 조성을 단순 비교하기는 어렵다고 본다. 다리에서는 지방을 chloroform, methanol, 물의 혼합 용매를 사용하여 추출하였기 때문에 hexane을 사용하여 몸통에서 추출한 지방에 비하여 인지질이 더 많이 함유되어, 다리에서 추출한 지방에 인지질을 구성하고 있는 EPA와 DHA와 같은 불포화지방산이 다소 높게 검출된 것으로 추정해 볼 수도 있다.

다리에서 분리한 지방에는 고도불포화지방산이 평균 35.7%를 차지하여 가장 많았으며, 포화지방산 및 모노엔산은 각각 29.2% 및 19.7%였다(Table 2). 몸통에서 분리한 지방에는 모노엔산이 평균 36.6%로 가장 많았으며, 포화지방산과 고도불포화지방산은 각각 26.0% 및 22.2%였다(Table 3). 불포화지방산이 지니고 있는 가장 큰 문제점은 공기에 노출되었을 때 야기되는 지방의 산화이지만, 황소개구리의 경우에 지방 함량이 매우 낮아 불포화지방산의 함유 비율이 높더라도 지방의 산화가 크게 문제되지는 않을 것으로 판단되나, 가공시에는 냉동, 진공포장, ascorbic acid나 tocopherol과 같은 항산화제 첨가 등(7)을 통하여 산화를 방지할 수 있을 것으로 생각한다.

Table 2. Fatty acid composition (% w/w) of lipids extracted from bullfrog legs

Fatty acid	Sampling date ¹⁾								Mean ²⁾
	Sep. 1999	Oct. 1999	Nov. 1999	Dec. 1999	Jan. 2000	Mar. 2000	May 2000	Jul. 2000	
C14:0	0.8±0.0	0.8±0.2	0.6±0.0	0.5±0.1	0.4±0.1	0.5±0.2	0.3±0.0	0.5±0.0	0.6±0.2
C15:0	0.5±0.0	0.6±0.1	0.4±0.1	0.3±0.1	0.3±0.0	0.5±0.1	0.3±0.0	0.8±0.0	0.5±0.2
C16:0	21.8±1.2	20.6±0.3	22.0±4.0	18.9±0.4	19.1±0.0	22.2±0.4	20.5±0.5	22.7±1.4	21.0±1.4
C16:1 n9	4.5±0.1	4.9±1.3	3.4±0.1	2.4±0.4	2.4±0.4	4.2±0.9	1.9±0.0	3.5±0.2	3.4±1.1
C17:0	0.7±0.0	0.9±0.1	1.0±0.2	0.8±0.1	0.6±0.0	1.0±0.1	0.8±0.1	1.2±0.1	0.9±0.2
C18:0	6.0±0.0	5.1±0.1	7.2±1.7	7.4±0.2	5.7±0.1	5.5±0.2	7.5±0.4	5.9±0.4	6.3±0.9
C18:1 n9	12.5±0.1	13.7±0.9	14.2±1.1	12.0±0.4	13.6±0.4	9.7±0.3	11.9±0.9	7.8±0.4	11.9±2.2
C18:1 n7	4.7±0.0	5.0±0.3	5.5±0.3	3.5±0.7	3.5±0.1	3.9±0.1	4.0±0.8	4.7±0.4	4.4±0.7
C18:2 n6	4.8±0.1	8.6±1.6	7.1±0.3	9.8±3.1	11.1±0.1	6.6±1.3	11.7±2.4	6.2±0.8	8.2±2.5
C18:3 n3	2.4±0.0	2.6±0.3	3.1±0.9	2.4±0.3	1.6±0.0	1.8±0.2	1.1±0.0	1.8±0.1	2.1±0.6
C20:3 n6	0.6±0.0	0.9±0.1	1.3±0.2	0.7±0.1	0.8±0.1	1.0±0.1	0.7±0.0	0.8±0.1	0.9±0.2
C20:4 n6	10.1±0.4	9.7±0.8	7.2±1.2	11.5±1.3	10.4±0.5	10.2±0.5	14.6±1.6	12.0±0.6	10.7±2.1
C20:5 n3	5.6±0.3	4.2±0.4	4.4±1.2	4.8±0.7	5.3±0.7	8.1±0.4	3.4±0.3	4.9±0.7	5.1±1.4
C22:4 n6	0.2±0.0	0.6±0.1	0.3±0.0	0.5±0.1	0.5±0.0	0.3±0.1	0.8±0.3	0.3±0.1	0.4±0.2
C22:6 n3	9.3±1.0	5.7±0.6	6.3±2.3	10.0±2.1	9.2±0.3	7.9±1.2	8.1±0.1	9.5±0.4	8.3±1.6
Saturated	29.8	28.0	31.2	27.9	26.1	29.7	29.4	31.1	29.2±1.7
Monounsaturated	21.7	23.6	23.1	17.9	19.5	17.8	17.8	16.0	19.7±2.8
Polyunsaturated	33.0	32.8	29.7	39.7	38.9	35.9	40.4	35.5	35.7±3.8

¹⁾Mean ± standard deviation of 3 values.

²⁾Mean ± standard deviation of 8 samples.

Table 3. Fatty acid composition (% w/w) of lipids extracted from bullfrog body excluding legs and gastrointestinal track

Fatty acid	Sampling date ¹⁾								Mean ²⁾
	Sep. 1999	Oct. 1999	Nov. 1999	Dec. 1999	Jan. 2000	Mar. 2000	May 2000	Jul. 2000	
C14:0	3.4±0.2	2.3±0.5	2.4±0.0	2.5±0.3	1.2±0.1	3.3±0.3	1.7±0.3	2.8±2.0	2.5±0.8
C15:0	1.3±0.0	1.0±0.1	0.9±0.1	1.0±0.1	0.7±0.0	1.3±0.2	0.8±0.2	1.5±1.1	1.1±0.3
C16:0	17.9±1.1	18.6±1.3	18.5±0.6	17.6±1.6	16.9±0.6	19.6±0.4	17.2±0.3	17.0±0.9	17.9±0.9
C16:1 n9	15.8±1.5	14.7±3.2	11.2±0.7	9.8±0.0	8.2±1.4	15.9±1.8	6.2±0.4	9.9±0.7	11.5±3.6
C17:0	0.8±0.1	0.8±0.0	0.9±0.0	0.8±0.0	0.8±0.1	1.0±0.2	0.9±0.2	1.1±0.2	0.9±0.1
C18:0	2.4±0.2	3.3±0.3	3.0±0.3	3.4±0.2	4.2±0.3	3.0±0.8	5.3±0.2	5.0±3.2	4.3±1.8
C18:1 n9	20.8±0.6	24.0±3.7	22.0±1.5	21.4±1.3	26.5±0.5	15.9±0.3	20.1±0.4	14.5±0.4	20.7±3.9
C18:1 n7	4.7±0.3	5.1±0.1	4.6±0.2	4.1±0.3	4.1±0.7	4.3±0.3	4.3±0.2	3.9±0.1	4.4±0.4
C18:2 n6	4.1±0.9	6.1±1.3	7.1±0.0	9.4±1.1	13.7±5.5	6.4±1.9	13.2±0.4	9.8±2.0	8.7±3.4
C18:3 n3	5.6±0.4	4.0±0.0	6.2±0.6	5.7±0.7	3.5±0.6	3.9±0.6	3.4±1.7	1.4±1.9	4.2±1.6
C20:3 n6	0.5±0.1	0.4±0.0	0.7±0.0	0.5±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1	0.6±0.0	0.7±0.3	0.5±0.1
C20:4 n6	1.9±0.1	2.9±0.1	3.1±0.4	3.7±0.5	3.5±0.3	3.3±0.5	7.7±2.0	7.0±0.8	4.1±2.1
C20:5 n3	2.2±0.2	1.4±0.0	1.8±0.4	2.2±0.6	1.6±0.8	3.1±0.3	1.4±0.0	2.1±0.5	2.0±0.6
C22:4 n6	0.2±0.0	0.3±0.0	0.2±0.0	0.3±0.1	0.4±0.1	0.2±0.1	0.7±0.3	1.1±1.3	0.4±0.3
C22:6 n3	1.4±0.2	1.4±0.1	2.1±0.7	3.0±0.5	1.8±0.7	1.7±0.8	2.9±0.4	3.0±1.3	2.2±0.7
Saturated	25.8	26.0	25.7	26.3	23.8	28.2	25.9	27.4	26.0±1.3
Monounsaturated	41.3	43.8	37.8	35.3	38.8	36.1	30.6	29.3	36.6±4.9
Polyunsaturated	15.9	16.5	21.2	24.8	24.9	19.1	29.9	25.1	22.2±4.8

¹⁾Mean±standard deviation of 3 values.²⁾Mean±standard deviation of 8 samples.

요 약

본 연구에서는 황소개구리(*Rana catesbeiana* Shaw)가 불포화지방산의 주요 공급원이 될 수 있다는 점에 착안하여, 국내에서 서식하고 있는 황소개구리에서 지방을 추출하여 지방산 조성을 분석하였다. 황소개구리의 다리와 몸통에는 1%(w/w) 이하의 지방이 함유되어 있었으며, 계절에 따른 변화를 관찰할 수 없었다. 황소개구리 다리에서 분리한 지방에는 26~31%(w/w) 포화지방산, 16~24% 모노엔산, 30~40% 고도불포화지방산이 함유되어 있었으며, 몸통에서 분리한 지방에는 23~28% 포화지방산, 29~44% 모노엔산, 16~30% 고도불포화지방산이 함유되어 있었다. 황소개구리에서 추출한 지방의 주요 지방산은 palmitic acid, oleic acid, linoleic acid이었다. 다리에서 분리한 지방에는 3~8% eicosapentaenoic acid(EPA)와 6~10% docosahexaenoic acid(DHA)가 함유되어 있었으며, 몸통에서 분리한 지방에는 1~3% EPA와 DHA가 각각 함유되어 있었다.

감사의 글

본 연구는 과학기술부·한국과학재단 지정 목포대학교 식품산업기술연구센터(RRC)의 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

문 현

- Herold PM, Kinsella JE. 1986. Fish oil consumption and decreased risk of cardiovascular disease: A comparison of findings from animal and human feeding trials. *Am J Clin*

Nutr 43: 566-598.

- Tashjian AH Jr, Voelkel EF, Robinson DR, Levine L. 1984. Dietary menhaden oil lowers plasma prostagladins and calcium in mice bearing a fibrosarcoma. *J Clin Invest* 74: 2042-2048.
- Karmali RA, Marsh J, Fuchs C. 1984. Effects of ω -3 fatty acids on growth of a rat mammary tumor. *J Nat Cancer Inst* 73: 457-461.
- Mendez E, Sanhueza J, Nieto S, Speisky H, Valenzuela A. 1998. Fatty acid composition, extraction, fractionation, and stabilization of bullfrog (*Rana catesbeiana*) oil. *J Am Oil Chem Soc* 75: 67-71.
- AOAC. 1984. 24.003, 24.005, 24.027. In *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. 14th ed. The association of official analytical chemists, Inc, Washington DC, p 432, 434.
- Bligh EG, Dyer WJ. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* 37: 911-917.
- Hwang KT, Regenstein JM. 1989. Protection of menhaden mince lipids from rancidity during frozen storage. *J Food Sci* 54: 1120-1124.
- AOCS. 1989. Ce 2-66, Preparation of methyl esters of fatty acids. In *Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society*. 4th ed. The American Oil Chemists Society, Champaign, IL.
- Hwang KT, Hong JS, Yang JS, Sohn HS, Weller CL. 2001. Detection of alkanes and alkenes for identifying irradiated cereals. *J Am Oil Chem Soc* 78: 1145-1149.
- Maruyama K. 1979. Seasonal cycles in organ weights and lipid levels of the frog, *Rana nigromaculata*. *Annot Zool Japan* 52: 18-27.
- Saidapur SK, Kanamadi RD, Bhutewadkar NU. 1989. Variations in the fat body mass in the male frog, *Rana cyanophlyctis*. *J Herpetol* 23: 461-463.
- Kanamadi RD, Jirankali CS. 1991. Variations in the fat body mass in the burrowing male frog *Tomopterna breviceps*. *Environ Ecol* 9: 785-787.

(2001년 12월 3일 접수; 2002년 2월 28일 채택)