

한국 연안산 졸복 (*Takifugu pardalis*)과 복섬 (*Takifugu niphobles*)의 독성

김지회* · 손광태 · 목종수 · 오은경 · 황혜진 · 유홍식 · 이희정
국립수산과학원

Toxicity of the Puffer fish, *Takifugu pardalis* (Jolbok) and *Takifugu niphobles* (Bokseom) from Coastal Area of Korea

Ji Hoe KIM*, Kwang Tae SON, Jong Soo MOK, Eun Gyoung OH,
Hye Jin HWANG, Hong Sik YU and Hee Jung LEE
National Fisheries Research & Development Institute, Gijang, Busan 619-705, Korea

The toxicity of two species of puffer fish, *Takifugu pardalis* and *T. niphobles*, collected from the coastal regions of Korea was determined using a mouse bioassay. In *T. pardalis* collected at Tongyeong, the proportion of toxic specimens containing ≥ 10 MU/g exceeded 90% for the skin, fins, liver, intestine, ovary, and gallbladder, 11.1% for the testis, and 6.9% for the muscle. In each of the organs, the highest toxin levels were several tens (14-39) of mouse units (MU) per gram in the muscle, testis, and eyeball, but thousands (1,444-5,755) of MU per gram in the skin, liver, intestine, ovary, and gallbladder. The organs of *T. pardalis* exhibited remarkable variation in toxicity. In *T. niphobles*, the proportion of toxic specimens exceeded 90% for the ovary and skin, 60-80% for the fins, liver, intestine, and gallbladder, and 4.5% for the muscle; no toxicity was detected in the testis or eyeball using the mouse bioassay. The highest toxin levels were thousands (2,291-7,777) of MU per gram in the liver, intestine, ovary, and gallbladder, hundreds (146-328) of MU per gram in the skin and fins, and 18 MU/g in the muscle. *Takifugu niphobles* toxicity also exhibited remarkable regional variation. The toxicity in the edible muscle of *T. pardalis* and *T. niphobles* was at acceptable levels for human consumption, while the toxicity of the skin of both species of puffer fish was very high, so that care must be taken when used for human consumption.

Key words: Puffer fish, Puffer fish toxin, *Takifugu pardalis*, *Takifugu niphobles*

서 론

수산물로 인한 식중독 중 복어독 중독은 장염비브리오와 같은 세균성 식중독에 비하면 발생빈도가 훨씬 낮고, 환자수 또한 그다지 많지 않아 크게 주목을 받고 있지 않으나 중독 시 치사율이 높아 식품위생상 문제로 되고 있다 (Kim et al., 2003). 이에 따라 보건당국에서는 복어섭취로 인한 식중독 예방을 위하여 근육과 껍질에 대한 독성 기준을 각각 10 MU/g 으로 설정하고 있으며 (KFDA, 2004), 최근에는 식용 가능한 복어 21종을 고시하였다 (식품의약품안전청고시 제2006-55호, 2006. 12. 1.). 그러나 복어의 독성은 어종, 개체, 부위, 계절, 어획지 등 여러 가지 요인에 따라 차이가 있으므로 식중독 방지를 위해서는 어종은 물론 부위에 따른 독성도 구분하여 일반적으로 적용할 수 있는 특별한 관리지침이 요구되고 있다. 일본에서는 일찍이 Tani (1945)의 광범위한 연구 이후 많은 연구가 이어졌으며, 1983년 위생당국 (현 厚生労働省)에서는 이러한 연구결과들을 토대로 식용가능한 복어 어종과 각 어종별 가식부위를 법으로 명시하였다 (Shiomi, 1996; Yamanaka, 1986).

우리나라 연안에는 20여 종의 복어가 서식하는 것으로 알려져 있는데 (Kim et al., 2001), 자주복 (Kim et al., 2000; 2006), 검복 (Kim et al., 2006), 까치복 (Kim et al., 1991), 까칠복 (Kim et al., 1995), 황복 (Jeon and Yoo, 1995a), 국매리복 (Jeon and Yoo, 1995b; Noguchi et al., 1991), 복섬 (Ryu et al., 2003) 및 그 외 일부 어종 (Jeong et al., 1994; Kim et al., 2002)에 대해서는 부위별 독성이 보고되어 있다. 그러나 국내에서 식용으로 제공되고 있음에도 불구하고 아직 독성이 제대로 파악되지 않은 어종이 있는가 하면, 또한 어떤 어종에 있어서는 분석된 개체수가 너무 적어 정확한 독성을 파악하기 곤란한 사례도 있었다.

졸복 (*Takifugu pardalis*, Fig. 1)은 우리나라 전 연안, 일본 홋카이도 (北海道) 이남, 황해, 동중국해 등에 서식하며, 성숙한 개체의 체장은 보통 20-38 cm에 달한다. 몸 빛깔은 등쪽은 황갈색 바탕에 흑갈색의 큰 둥근반점이 흩어져 있고, 배쪽은 흰색이다. 특히 피부에는 작은 가시가 없고, 좁쌀 모양의 작은 돌출물이 몸 전체를 덮고 있어 손으로 만지면 거칠다 (Kim et al., 2001; NFRDI, 2004). 지금까지 알려져 있는 졸복의 부위별 독성자료는 대부분 일본의 조사결과이며, 우리나라 연안산의 독성에 대한 보고는 찾아보기 힘들다.

*Corresponding author: kimjh@nfrdi.re.kr

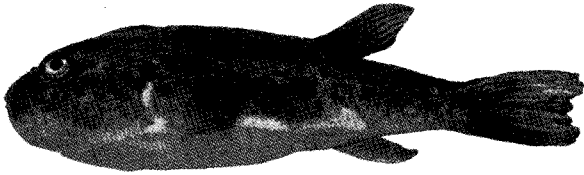


Fig. 1. Puffer fish, *Takifugu pardalis* (Korean name, Jolbok).

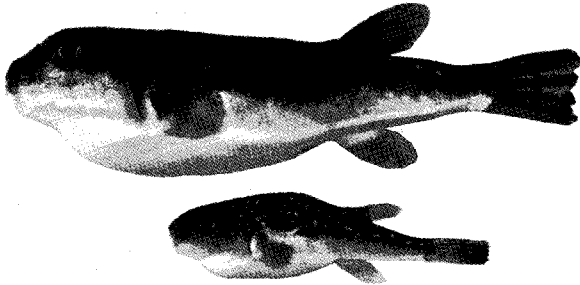


Fig. 2. Puffer fish, *Takifugu niphobles* (Korean name, Bokseom).

한편, 복섬 (*Takifugu niphobles*, Fig. 2)은 복어류 중 크기가 가장 작은 종으로 우리나라 전 연안에 분포하며, 겉모양은 졸복과 비슷하나 등쪽과 배 부분에 잔가시가 있고, 암녹색 바탕에 연한 흰색의 작은 반점들이 많이 흩어져 있으며, 배쪽은 흰색이다 (Kim et al., 2001; NFRDI, 2004). Ryu et al. (2003)은 경남 통영산 복섬의 월별, 부위별 독성을 보고한 바 있으나 다른 지역의 복섬에 대한 독성은 알려져 있지 않다. 졸복과 복섬은 겉모양이 비슷하여 경상도 지역에서는 보통 두 어종을 구분하지 않고 ‘졸복’ 또는 ‘복쟁이’ 등으로 부르고 있다.

본 연구에서는 복어로 인한 식중독 예방을 위한 자료를 제공하고자 우리나라 연안산 졸복과 복섬의 부위별 독성을 시험하였다.

재료 및 방법

재 료

분석에 사용된 졸복 (*Takifugu pardalis*)은 경남 통영에서, 복섬 (*T. niphobles*)은 경북 죽변, 경남 통영 및 전북 군산 등지에 양륙되는 활어를 2004년과 2005년에 구입하였다. 어종별로 시험에 사용된 개체수는 졸복이 총 29개체이었고, 복섬이 총 44개체이었다.

구입한 시험어는 폴리에틸렌 주머니에 넣어 밀봉하고 스티로폼 용기에 담아 얼음을 채워 실험실로 운반 후 지느러미, 껍질, 근육, 간, 생식소, 쓸개, 내장 및 안구 등의 부위로 구분하여 독성을 측정하였다. 즉시 독성을 측정할 수 없는 경우에는 부위별로 취한 시료를 각각 -20°C 에 동결 보관하면서 분석하였다.

독의 추출 및 독성측정

시료에서 복어독은 일본의 食品衛生検査指針Ⅱ (Kawabata, 1978)의 복어독 검사법에 따라 초산용액으로 추출하여 mouse

bioassay법으로 측정하였다. 즉, 시료 일정량에 0.1% 초산용액을 가하여 비등수에서 10분간 증탕하여 독을 추출하고 냉각한 후 Toyo No. 5A로 여과하고, 잔사는 다시 0.1% 초산용액으로 씻어 여과 (Toyo No. 5A)하고, 여액을 합하여 일정량으로 정용하여 조독소 용액으로 하였다.

각 시료의 독성은 추출한 각 조독소 용액을 체중 19-21g의 ICR계 mouse (수컷) 3-5마리에 각각 1 mL씩 복강주사하고, 각 mouse의 체중과 치사시간을 河端·小林의 표 (Kawabata, 1978)에서 mouse unit (MU)로 환산하여 곱하고, 증양값을 취하여 독성 (MU/g)을 나타내었다. 한편, 조독소를 주사한 3-5마리의 mouse 중 증양 치사시간이 5분 이내인 경우에는 5-10분 사이에 들도록 증류수로 조독소 용액을 적절히 희석하여 독성을 측정하고 시료 g당 MU로 나타내었다. 이 때 1 MU는 체중 20g의 mouse를 30분에 치사시키는 독량을 의미한다.

Mouse를 사용하는 생물시험에서 복어독의 검출한계와는 달리 식품위생학적 관점에서 10 MU/g 미만은 무해한 것으로 간주하고 있으므로 (Kawabata, 1978), 본 연구에서 결과를 표기할 때 10 MU/g 이상의 독성을 나타낸 것만을 ‘유독’한 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

경남 통영산 졸복의 부위별 독성

2004년 3월부터 2005년 7월까지 경남 통영에서 채취한 졸복 총 29개체의 각 개체별 부위별 독성은 Table 1에, 그리고 시험에 제공된 전체 시험어의 부위별 유독개체 출현율, 최고독성치 및 평균독성치는 Table 2에 각각 나타내었다.

시험에 제공된 통영산 졸복은 전장 13.0-25.0 cm, 체중 48.7-323.3 g이었고, 총 29개체 중 6개체가 암컷, 9개체는 수컷이었고 14개체는 생식소가 완전히 발달하지 않아 성별 구분이 곤란하였다 (Table 1).

졸복의 부위별 독성은 근육, 정소 및 안구의 경우 최고 독성이 14-39 MU/g이었고, 평균독성치는 모두 10 MU/g 미만이었으며, 유독개체 출현율 (시험개체 중 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 개체의 출현빈도)은 6.9-20.0%로 이들 부위는 섭취하여도 대체로 안전한 것으로 확인되었다.

한편, 껍질과 내장에서의 최고 독성치는 각각 1,444 MU/g 및 1,473 MU/g이었고, 평균독성치는 각각 456 ± 68 (평균 \pm 표준오차) MU/g 및 338 ± 77 MU/g이었으며, 유독개체 출현율은 각각 100% (29/29) 및 93.1% (27/29)로 양 부위는 유사한 독성을 나타내었다. 또한 지느러미의 경우, 유독개체 출현율은 껍질과 비슷하였지만 최고독성치 (375 MU/g)와 평균독성치 (153 ± 20 MU/g)는 껍질의 그것보다 다소 낮았다. 그리고 난소, 쓸개 및 간의 경우 유독개체 출현율은 각각 100% (6/6), 90.5% (19/21) 및 100% (29/29)이었고, 최고독성치는 각각 1,991 MU/g, 4,165 MU/g 및 5,755 MU/g 이었으며, 평균독성치는 784-1,198 MU/g이었다. 따라서 졸복의 부위별 독성은 개체에 따른 차이는 있었으나 대체로 간 > 난소 (생식소) · 쓸개 > 껍

Table 1. Toxicity of *Takifugu pardalis* (Jolbok) specimens collected at Tongyeong, Korea

Collected month	Total length (cm)	Body weight (g)	Sex	Toxicity (MU/g)							
				Muscle	Skin	Fin	Liver	Intestine	Gonad	Gallbladder	Eyeball
March 2004	14.3	61.3	Unid. ¹⁾	<5	289	277	1,773	60	25	- ²⁾	-
"	15.2	61.8	Unid.	<5	68	20	610	42	2,118	-	-
May 2004	22.0	262.0	♀	<5	171	151	1,010	485	400	287	-
"	20.5	208.0	♂	<5	189	72	66	26	<5	22	-
Dec. 2004	16.0	100.4	♂	<5	487	157	416	155	<5	210	-
"	13.0	54.0	♂	<5	150	170	198	14	<17	-	-
"	13.0	51.9	Unid.	<5	243	158	107	29	<25	-	-
"	14.5	58.1	Unid.	<5	359	156	114	11	-	-	-
April 2005	19.5	166.4	♂	<5	257	54	98	7	<5	51	-
"	21.0	192.4	♂	<5	187	66	685	149	<5	458	-
May 2005	20.0	261.3	♀	<5	580	104	965	220	662	556	-
"	18.0	140.1	♀	<5	1,005	110	3,236	777	1,991	355	-
"	18.0	132.4	♀	<5	791	114	1,711	406	19	962	-
"	18.0	134.2	♂	<5	297	25	530	49	<4	170	-
June 2005	25.0	323.3	♂	<5	20	10	20	6	<8	<6	<5
"	15.6	135.5	♂	7	617	<21	19	13	39	30	<13
"	20.5	171.5	♀	<5	808	96	2,415	1,473	1,439	917	<9
July 2005	18.0	121.7	♀	<5	1,444	186	5,755	1,101	834	4,165	14
"	14.0	81.3	♂	<5	101	62	1,116	602	<5	933	<8
"	14.5	77.7	Unid.	8	1,247	253	2,450	1,067	2,011	2,570	8
"	14.5	69.1	Unid.	6	284	236	950	355	1,225	588	<8
"	14.5	71.8	Unid.	<5	185	89	19	13	<50	<50	<6
"	15.0	80.4	Unid.	8	686	333	2,192	803	1,872	-	9
"	15.0	81.9	Unid.	<5	205	65	258	21	<25	115	<7
"	15.0	67.6	Unid.	9	279	175	994	340	141	-	20
"	13.8	68.6	Unid.	8	300	375	1,788	240	145	2,427	11
"	13.2	51.8	Unid.	6	297	209	193	79	<111	116	9
"	13.2	59.8	Unid.	12	1,006	363	3,116	185	130	1,525	<17
"	13.0	48.7	Unid.	14	662	353	1,931	1,079	4,293	-	<10

¹⁾Unid., Unidentified; ²⁾-, Not tested.

Table 2. Comparison of toxicity in each tissues of the puffer fish, *Takifugu pardalis* (Jolbok)

Tissue	Frequency of toxic specimens (%)	No. of specimens ¹⁾				Highest toxicity (MU/g)	Average toxicity ± S.E. (MU/g)
		Extremely toxic	Strongly toxic	Weakly toxic	Non-toxic		
Muscle	6.9 (2/29) ²⁾	0	0	2	27	14	3 ± 1
Skin	100.0 (29/29)	4	23	2	0	1,444	456 ± 68
Fin	96.6 (28/29)	0	18	10	1	375	153 ± 20
Liver	100.0 (29/29)	12	12	5	0	5,755	1,198 ± 243
Intestine	93.1 (27/29)	4	12	11	2	1,473	338 ± 77
Testis	11.1 (1/ 9)	0	0	1	8	39	4 ± 4
Ovary	100.0 (6/ 6)	2	3	1	0	1,991	891 ± 292
Gonad (Unidentified)	69.2 (9/13)	5	3	1	4	4,293	920 ± 367
Gallbladder	90.5 (19/21)	4	12	3	2	4,165	784 ± 234
Eyeball	20.0 (3/15)	0	0	3	12	20	5 ± 2

¹⁾Extremely toxic, ≥1,000 MU/g; Strongly toxic, 100-999 MU/g; Weakly toxic, 10-99 MU/g; Non-toxic, <10 MU/g.

²⁾The numbers in parenthesis represent toxic specimens/total specimens. 'Toxic' defined here is ≥10 MU/g.

질·내장 > 지느러미 > 안구·정소·근육의 순이었다.

지금까지 우리나라 연안산 줄복의 독성에 대한 조사결과는 찾아보기 힘들었으며, Tani (1945)는 일본 후쿠오카(福岡) 인 근에서 채취한 총 49개체의 부위별 독성에 대하여 보고하였다. 당시의 독성시험 및 표기법이 본 연구의 것과는 차이가 있으므로 Tani (1945)의 결과를 본 연구에서 나타낸 단위 (MU/g)로 환산하면, 근육에서는 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 유독개체가 없었고, 최고독성치는 5 MU/g이었다. 그리

고 꺾질의 경우; 유독개체 출현율은 42.9% (21/49)이었고 최고 독성치는 500 MU/g이었으며, 간의 경우에는 각각 57.1% (28/49) 및 5,000 MU/g이었다. 난소의 경우에는 유독개체 출현율이 80.0% (20/25)이었고, 최고독성치는 1,000 MU/g이었으며, 정소는 각각 12.5% (3/24), 50 MU/g이었다. 또한 Fuchi et al. (1999)은 일본 큐슈(九州) 오이타현(大分縣) 연안에서 어획된 줄복 46개체에 대한 조사결과, 근육에서 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 유독개체 출현율은 6.5% (3/46)이었고, 최고

독성치는 55 MU/g이라고 보고하였다. 그리고 껍질의 경우에는 유독개체 출현율이 91.3% (42/46), 최고독성치는 500 MU/g이었으며, 간의 경우에는 각각 78.3% (36/46) 및 2,200 MU/g이었다. 난소의 경우에는 유독개체 출현율이 80.0% (12/15), 최고독성치는 1,300 MU/g이었으며, 정소는 각각 5.9% (1/17) 및 280 MU/g이었으며, 내장의 경우는 각각 50.0% (11/22) 및 390 MU/g이었다고 하였다. 본 연구에서의 경남 통영 연안산 졸복의 독성치를 일본에서 조사된 결과와 비교하면 각 부위별로 유독개체 출현율이나 최고독성치 등에서 일부 수치상의 차이는 확인되었으나, 유독부위 및 독성 경향 등은 유사하였다 (Table 3).

한편, Kodama et al. (1984)은 일본 동북지방의 졸복에 대한 조사 결과, 이와테현 (岩手縣)의 Okkirai만 (灣)에서 어획된 것은 근육의 경우 87%가 10 MU/g 이하의 독성을 나타내었으나 미야기현 (宮城縣)의 Okatsu만 (灣)에서 어획된 것은 전 개체가 10 MU/g을 초과하였다고 보고하여 동일 어종에 있어서도 어획지에 따른 독성의 차이를 확인할 수 있다. 또 Kanoh et al. (1984)은 東京市場에 반입되는 졸복의 간, 담즙 및 난소 등에서 검출된 독성을 다른 연구자의 결과와 비교하였을 때 어획시기나 장소에 따라 유독개체 출현율과 독성에 상당한 차이가 있었다고 보고하였다.

졸복은 우리나라 전 연안, 일본 홋카이도 이남, 황해, 동중국해 등지에 분포하며 성숙체장은 보통 20-38 cm 정도이다 (NFRDI, 2004). 본 연구결과, 우리나라 연안산 졸복의 주요 가식부위인 근육에서는 식품공전 (KFDA, 2004)에서 정하고 있는 허용기준 (10 MU/g)을 초과하는 독성이 검출되는 경우가 없었으나, 껍질의 경우에는 전 개체 (29/29)가 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 또한 복어독의 사람에 대한 치사량은 10,000 MU로 알려져 있는데 (Kawabata, 1978), 본 연구에 제공된 통영산 졸복에서는 껍질 (13.8%), 간 (41.1%), 내장 (13.8%), 난소 (33.3%), 미성숙 생식소 (38.5%) 및 쓸개 (19.0%) 등의 부위에서 10g 이상 섭취 시 사망에 이를 수 있는 1,000 MU/g 이상의 독성이 검출되는 사례가 있었고, 특히 간, 생식소 및 쓸개에서는 2-3 g만 섭취하여도 사망할 수 있는 최고 4,000 MU/g 이상

의 독성이 검출되기도 하였다. 따라서 졸복은 근육을 제외한 부위를 식용으로 제공할 때에는 식품안전의 측면에서 세심한 주의가 필요한 것으로 판단된다.

연안산 복섬의 부위별 독성

경북 죽변, 경남 통영 및 전북 군산 등지에서 채취한 복섬 (*T. niphobles*) 각 개체의 부위별 독성시험 결과를 지역별로 구분하여 Table 4에 나타내었다.

시험에 제공된 복섬은 전장 9.7-21.0 cm, 체중 16.9-164.3 g이었고, 총 44개체 중 21개체가 암컷, 9개체는 수컷이었으며 14개체는 생식소가 발달하지 않아 성별 구분이 곤란하였는데, 특히 이 중 4개체는 생식소가 거의 형성되지 않아 독성을 측정할 수 없었다 (Table 4).

본 연구에서 분석된 복섬의 각 부위별 유독개체 출현율, 최고독성치 및 평균독성 등은 Table 5에 요약하여 나타내었다. 복섬의 정소에서는 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 개체는 없었고, 근육의 경우 유독개체 출현율은 4.5% (2/44), 최고독성 18 MU/g, 평균독성치는 10 MU/g 미만이었다. 껍질과 지느러미의 경우 유독개체 출현율이 각각 93.2% (41/44) 및 62.5% (20/32), 최고독성치는 각각 328 MU/g 및 146 MU/g이었으며, 평균독성은 107 ± 13 MU/g, 24 ± 5 MU/g이었다. 그리고 간과 내장은 유독개체 출현율이 각각 79.5% (35/44) 및 65.9% (29/44), 최고독성치는 3,110 MU/g 및 2,291 MU/g, 평균독성치가 429 ± 117 MU/g 및 233 ± 62 MU/g으로 유사한 경향이였다. 그리고 난소와 쓸개는 최고독성이 모두 5,000 MU/g을 초과하였고, 평균독성 또한 1,000 MU/g을 넘어 대단히 독성이 강하였다.

Tani (1945)는 일본의 후쿠오카 (福岡) 근해에서 어획된 복섬에 대한 부위별 독성조사 결과, 근육에서는 최고 20 MU/g (유독개체 빈도 10%), 껍질의 경우는 200 MU/g (유독개체 출현율 90%)이었으며, 난소의 경우 2,000 MU/g (유독개체 출현율 100%) 이었다고 보고하였다. 또한 Khora et al. (1991)은 일본 오키나와 (沖縄)산 복섬의 부위별 최고독성치는 근육에서 12 MU/g, 껍질에서는 약 100 MU/g, 간에서 약 40 MU/g이었

Table 3. Comparison of toxicity between the puffer fish, *Takifugu pardalis* (Jolbok) specimens landed at Tongyeong in Korea and those collected in Japan

Place of landing or collection	Highest toxicity (MU/g)							Reference
	Muscle	Skin	Liver	Ovary	Testis	Intestine	Gallbladder	
Tongyeong, Korea	14 (2/29) ¹⁾	1,444 (29/29)	5,755 (29/29)	1,991 (6/6)	39 (1/9)	1,473 (27/29)	4,165 (19/21)	Present study
Fukuoka, Japan	5 (0/49)	500 (21/49)	5,000 (28/49)	1,000 (20/25)	50 (3/24)	200 (16/49)	-	Tani (1945)
Oita, Japan	55 (3/46)	500 (42/46)	2,200 (36/46)	1,300 (12/15)	280 (1/17)	390 (11/22)	-	Fuchi et al. (1999)
Tokyo, Japan	-	-	4,900 (88/96)	4,100 (92/96)	-	-	1,700 (47/68)	Kanoh et al. (1984)

¹⁾Numbers in parenthesis represent toxic specimens/total specimens. 'Toxic' defined here is ≥ 10 MU/g.

Table 4. Toxicity of *Takifugu niphobles* (Bokseom) specimens collected from coastal area of Korea

Collected area	Collected month	Total length (cm)	Body weight (g)	Sex	Toxicity (MU/g)							
					Muscle	Skin	Fin	Liver	Intestine	Gonad	Gallbladder	Eyeball
Jukbyeon	March 2004	15.2	66.6	♀	<5	15	<7	83	<7	2,233	101	- ¹⁾
"	April 2004	21.0	164.3	♀	<5	187	9	2,421	271	4,798	723	-
"	"	17.5	105.6	♀	<5	82	28	309	18	1,148	94	-
"	"	16.5	81.5	♂	<5	<5	<5	<4	<3	<4	<17	-
"	June 2005	17.6	107.4	♀	<5	31	<10	<6	<6	43	<20	<8
"	"	15.4	74.2	♀	<5	64	26	137	67	2,904	230	<13
"	"	17.0	101.3	♂	<5	31	<10	38	<9	<5	<50	<10
"	"	12.0	33.9	♂	<5	67	19	707	111	<8	576	<25
Tongyeong	Feb. 2004	13.0	48.5	♀	6	115	38	733	475	5,169	-	-
"	"	12.0	34.4	♀	18	112	70	993	227	3,831	-	-
"	"	12.5	38.1	♀	<5	235	52	<5	652	4,262	-	-
"	"	12.8	36.9	♀	13	26	76	104	592	7,777	-	-
"	"	12.0	34.4	Unid. ²⁾	<5	30	<15	11	<7	<37	-	-
"	March 2004	15.5	66.3	♀	<5	70	15	30	3	1,960	-	-
"	"	10.8	24.1	Unid.	<2	148	14	<12	<18	<25	-	-
"	"	10.0	21.5	Unid.	<2	135	27	23	32	940	-	-
"	"	10.4	19.5	Unid.	<2	116	<12	122	<14	<25	-	-
"	"	10.3	20.6	Unid.	<2	204	30	341	774	448	-	-
"	"	10.1	21.0	Unid.	<2	116	22	467	135	<15	-	-
"	April 2004	12.0	32.0	♂	<2	4	7	65	26	<8	<50	-
"	"	12.0	29.4	♀	<2	28	10	65	152	947	4,944	-
"	"	13.0	35.8	♀	<2	38	11	3,110	602	2,539	5,076	-
"	"	11.0	26.2	♀	<2	102	32	19	12	2,002	263	-
"	"	11.0	23.4	♀	<2	88	<10	10	<9	1,014	<125	-
"	Aug. 2004	13.0	43.3	♂	<5	328	-	1,325	1,005	<28	-	-
"	"	10.8	23.1	Unid.	<9	237	-	59	203	-	-	-
"	"	11.2	18.3	Unid.	<5	49	-	152	489	-	-	-
"	"	9.7	16.9	Unid.	<5	90	-	58	145	-	-	-
"	"	9.7	18.5	Unid.	<5	180	-	58	103	-	-	-
"	Dec. 2004	15.0	90.0	♀	<5	229	28	1,598	612	2,293	-	-
"	"	12.4	40.9	♀	<5	98	37	1,739	2,291	5,863	2,491	-
"	"	11.6	30.2	♀	<7	242	27	47	32	2,230	-	-
"	"	11.5	33.4	Unid.	<6	160	45	203	168	<33	-	-
"	"	11.7	28.1	Unid.	<7	170	146	665	458	5,730	-	-
"	"	10.0	17.1	Unid.	8	45	<50	120	35	3,610	-	-
"	June 2005	12.8	40.0	♀	6	46	<28	2,822	452	801	554	<20
Gunsan	May 2004	10.5	29.1	♂	<5	4	-	54	<9	<4	-	-
"	"	9.8	22.5	♂	9	304	-	103	100	5	-	-
"	"	12.0	34.0	♂	<3	139	-	7	<5	<3	-	-
"	"	14.5	65.3	♂	<5	82	<5	2	<5	<4	-	-
"	"	10.5	20.6	♀	<5	10	-	<5	<9	106	-	-
"	"	10.4	19.9	♀	<2	74	-	7	<5	442	-	-
"	"	12.5	40.4	♀	<5	37	-	<5	3	21	-	-
"	"	9.7	19.2	Unid.	4	129	-	79	16	<12	-	-

¹⁾-, Not tested; ²⁾Unid., Unidentified.

Table 5. Comparison of toxicity in each tissues of the puffer fish, *Takifugu niphobles* (Bokseom)

Tissue	Frequency of toxic specimens (%)	No. of specimens ¹⁾				Highest toxicity (MU/g)	Average toxicity ± S.E. (MU/g)
		Extremely toxic	Strongly toxic	Weakly toxic	Non-toxic		
Muscle	4.5 (2/44) ²⁾	0	0	2	42	18	2 ± 1
Skin	93.2 (41/44)	0	20	21	3	328	107 ± 13
Fin	62.5 (20/32)	0	1	19	12	146	24 ± 5
Liver	79.5 (35/44)	6	14	15	9	3,110	429 ± 117
Intestine	65.9 (29/44)	2	18	9	15	2,291	233 ± 62
Testis	0.0 (0/ 9)	0	0	0	9	5	1 ± 1
Ovary	100.0 (21/21)	15	4	2	0	7,777	2,494 ± 460
Gonad (Unidentified)	40.0 (4/10)	2	2	0	6	5,730	1,072 ± 628
Gallbladder	66.7 (10/15)	3	6	1	5	5,076	1,003 ± 451
Eyeball	0.0 (5/ 5)	0	0	0	5	<25	<15.2

¹⁾Extremely toxic, ≥1,000 MU/g; Strongly toxic, 100-999 MU/g; Weakly toxic, 10-99 MU/g; Non-toxic, <10 MU/g.

²⁾The numbers in parenthesis represent toxic specimens/total specimens. 'Toxic' defined here is ≥10 MU/g.

Table 6. Comparison of toxicity in each tissues of the puffer fish, *Takifugu niphobles* (Bokseom) by collected area

Tissue	Collected area	Frequency of toxic specimens (%)	No. of specimens ¹⁾				Highest toxicity (MU/g)	Average toxicity \pm S.E. (MU/g)
			Extremely toxic	Strongly toxic	Weakly toxic	Non-toxic		
Muscle	Jukbyeon	0.0 (0/ 8) ²⁾	0	0	0	8	<5	0 \pm 0
	Tongyeong ³⁾	0.0 (0/12)	0	0	0	12	6	1 \pm 0
	Gunsan	0.0 (0/ 8)	0	0	0	8	9	2 \pm 1
Skin	Jukbyeon	87.5 (7/ 8)	0	1	6	1	187	60 \pm 21
	Tongyeong	91.7 (11/12)	0	6	5	1	204	91 \pm 17
	Gunsan	87.5 (7/ 8)	0	3	4	1	304	97 \pm 34
Fin	Jukbyeon	37.5 (3/ 8)	0	0	3	5	28	10 \pm 4
	Tongyeong	66.7 (8/12)	0	0	8	4	32	14 \pm 3
	Gunsan	0.0 (0/ 1)	-	-	-	1	<5	0
Liver	Jukbyeon	75.0 (6/ 8)	1	3	2	2	2,421	462 \pm 292
	Tongyeong	91.7 (11/12)	2	3	6	1	3,110	590 \pm 324
	Gunsan	37.5 (3/ 8)	0	1	2	5	103	32 \pm 15
Intestine	Jukbyeon	50.0 (4/ 8)	0	2	2	4	271	58 \pm 34
	Tongyeong	66.7 (8/12)	0	5	3	4	774	271 \pm 78
	Gunsan	25.0 (2/ 8)	0	1	1	6	100	15 \pm 12
Ovary	Jukbyeon	100.0 (5/ 5)	4	0	1	0	4,798	2,225 \pm 806
	Tongyeong	100.0 (6/ 6)	4	2	0	0	2,539	1,544 \pm 292
	Gunsan	100.0 (3/ 3)	0	2	1	0	442	190 \pm 129

¹⁾Extremely toxic, $\geq 1,000$ MU/g; Strongly toxic, 100-999 MU/g; Weakly toxic, 10-99 MU/g; Non-toxic, <10 MU/g.

²⁾The numbers in parenthesis represent toxic specimens/total specimens. 'Toxic' defined here is ≥ 10 MU/g.

³⁾The sample were collected from March through June were analyzed to exclude seasonal variaton.

으며, 정소에서도 수백 MU/g을 나타내었다고 보고하였다.

이상의 결과, 우리나라 연안에 서식하는 복섬은 근육과 정소에서는 독성이 거의 없거나 약하였으며, 이 외 껍질, 간, 내장, 난소 등은 대단히 강한 독성을 나타내었다. 복섬은 북어류 중 크기가 가장 작은 종으로 경남 통영지방에서는 북국 등의 재료로 사용되고 있다. 복섬의 근육에서는 일부 독성이 검출되기는 하지만 독성이 약하여 식용하여도 비교적 안전하겠으나 정소의 경우 독성이 검출되지 않았다고는 하지만 실제 크기가 적어 식용대상이 되지 못하고 또 일부 암수 구분이 곤란한 개체에서 맹독이 검출되고 있어 생식소는 섭취하지 않는 것이 좋을 것으로 사료된다.

지역에 따른 복섬의 부위별 독성

본 연구에서 조사된 복섬의 부위별 유독개체 출현율, 최고 및 평균 독성치 그리고 출현한 유독개체의 독성수준 등을 경북 죽변, 경남 통영 및 전북 군산 등 시료 채취지역별로 구분하여 Table 6에 나타내었다. 이중 통영산의 경우 다른 지역과 비슷한 시기의 것을 비교하기 위하여 3월부터 6월 사이에 채취한 시료의 결과만으로 비교하였다.

비록 각 지역별로 분석된 개체수는 상당히 적지만 개략적으로 보면 근육, 껍질 및 지느러미 등의 부위는 채취지역에 따라 최고 독성치나 평균 독성치에 큰 차이가 없었다. 그러나 간, 내장 및 난소의 경우에는 지역에 따른 차이가 상당히 있어 간의 경우 죽변 및 통영산에서는 최고독성치가 각각 2,421 MU/g 및 3,110 MU/g이었고, 평균독성치도 462 \pm 292 MU/g 및 590 \pm 324 MU/g 이었으나 군산에서 채취한 것은 각각 103 MU/g 및 32 \pm 15 MU/g 으로 앞의 두 지역 보다 훨씬 낮았다.

내장과 난소에 있어서도 군산에서 채취한 복섬의 독성이 다른 지역의 것에 비하여 낮은 경향이 확인되었다. Matsui et al. (1982)은 일본에서도 지역에 따라 복섬의 간이나 생식소의 독성이 크게 변화한다고 보고한 바 있어 본 연구와 그 경향이 비슷하였다. 한편, Yu and Yu (2002)는 홍콩연안에 서식하는 복섬의 연중 독성변화는 난소, 간 및 내장의 경우 산란기에는 비산란기 보다 오히려 독성이 감소하는 경향이었고, 근육과 껍질 등에서는 연중 큰 변화가 없었다고 보고하였다. Ryu et al. (2003)도 경남 통영에 양륙되는 복섬에 대하여 연중 부위별 독성변화를 조사한 결과, 근육의 경우 <2-46 MU/g, 껍질의 경우 10-674 MU/g 이었으나 간과 내장은 <10 -> 2,000 MU/g 으로 독성변화가 심하였다고 한다. 이상의 결과를 종합하면, 동일한 지역에서 서식하는 복섬의 부위별 독성은 계절이나 장소에 따른 차이를 나타내었으며, 난소, 간, 내장 등의 부위는 독성의 변화가 심하였지만 근육이나 껍질은 비교적 약한 일정한 독성을 유지하였다.

사 사

이 연구는 국립수산물과학원 (독물학적 위생안전 위해관리 연구, RP-07-FS-004)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Fuchi, Y., K. Hoashi, H. Akaeda, Y. Makino and T. Noguchi. 1999. Toxicity of two species of puffer fishes, *Takifugu pardalis* ("Higanfugu") and *Takifugu*

- poecilnotus* ("Komonfugu") inhabiting the Kunisaki coast, Oita Prefecture. J. Food Hyg. Soc. Jap., 40, 80-89.
- Jeon, J.K. and J.M. Yoo. 1995a. Toxicity of pufferfish in Korea 1. Anatomical distribution of toxicity of pufferfish *Takifugu obscurus* (Hwang-bok). J. Kor. Fish. Soc., 28, 137-140.
- Jeon, J.K. and J.M. Yoo. 1995b. Toxicity of pufferfish in Korea 2. Toxicity of pufferfish *Takifugu vermicularis radiatus* (Gukmeri-bok). J. Kor. Fish. Soc., 28, 141-144.
- Jeong, D.Y., D.S. Kim, M.J. Lee, S.R. Kim, D.S. Byun, H.D. Kim and Y.H. Park. 1994. Toxicity of several puffers collected at a fish market of Pusan, Korea. Bull. Kor. Fish. Soc., 27, 682-689.
- Kanoh, S., T. Noguchi, J. Maruyama and K. Hashimoto. 1984. Toxicity of the pufferfish *Fugu pardalis* ("Higanfugu") landed at Tokyo metropolitan central wholesale market. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 985-990.
- Kawabata, T. 1978. Pufferfish toxin. In: The Manual for the Methods of Food Sanitation Tests II. Japan Food Hygienic Association, Tokyo, 231-140.
- KFDA (Korean Food and Drug Administration). 2004. Provisional standard on fisheries product. In: Food Standard ("Sikpungongjeon"). Munyeongsa, Seoul, 504.
- Khora, S.S., J. Isa and T. Yasumoto. 1991. Toxicity of puffers from Okinawa, Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 57, 163-167.
- Kim, H.D., D.Y. Jeong and D.S. Kim. 1991. Difference of toxicities among tissues in the pufferfish *Fugu xanthopterus* ("Ggachibog"). Bull. Kor. Fish. Soc., 24, 363-368.
- Kim, J.H., T.S. Lee, H.J. Lee, K.S. Kim, J.H. Park, H.S. Byun and K.T. Son. 2000. Toxicity of the tiger puffer, *Fugu rubripes rubripes*, sold at Jagalchi fish market in Pusan. J. Food Hyg. Safety, 15, 46-50.
- Kim, J.H., J.H. Park, T.S. Lee, H.J. Lee and H.D. Yoon. 2002. Toxicity of puffer fish collected from the fish markets in Korea and toxin reduction in the fish muscle. Bull. Natl. Fish. Res. Dev. Inst. Korea, 61, 111-116.
- Kim, J.H., Q.L. Gong, J.S. Mok, J.G. Min, T.S. Lee and J.H. Park. 2003. Characteristics of puffer fish poisoning outbreaks in Korea (1991-2002). J. Food Hyg. Safety, 18, 133-138.
- Kim, J.H., K.T. Son, J.S. Mok, E.G. Oh, J.K. Kim and T.S. Lee. 2006. Toxicity of the puffer fish *Takifugu porphyreus* and *Takifugu rubripes* from coastal area of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 39, 447-453.
- Kim, K.C., J.W. Park, M.J. Lee, S.R. Kim, D.S. Kim, H.D. Kim and Y.H. Park. 1995. Toxicity of the pufferfish *Fugu stictonotus* ("Ggachilbog") collected at a fish market of Pusan. Bull. Kor. Fish. Soc., 28, 31-34.
- Kim, Y.U., J.G. Myoung, Y.S. Kim, K.H. Han, C.B. Kang and J.G. Kim. 2001. The Marine Fishes of Korea. Hanguel, Busan, 294-301.
- Kodama, M., T. Ogata, K. Kawamukai, Y. Oshima and T. Yasumoto. 1984. Toxicity of muscle and other organs of five species of puffer collected from the Pacific coast of Tohoku area of Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 50, 703-706.
- Matsui, T., S. Hamada and K. Yamamori. 1982. Local variation of toxicity of the puffer fish *Fugu niphobles*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 48, 1179.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2004. Commercial Fishes of the Coastal & Offshore Waters in Korea. NFRDI, Busan, 273-283.
- Noguchi, T., D.S. Kim, S. Kanoh, M. Asakawa, T. Saito, O. Tabeta and K. Hashimoto. 1991. Regional differences in toxicity of pufferfish *Fugu vermicularis radiatus* (Nashifugu). J. Food Hyg. Soc. Jap., 32, 149-154.
- Ryu, C.H., D.G. Kim, J.H. Kim, J.H. Jang and J.S. Lee. 2003. Toxicity of the glass puffer, *Takifugu niphobles* (Bogseom). J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr., 32, 986-990.
- Shiomi, K. 1996. Food poisoning incidents by marine toxins in Japan. Aquabiology, 18, 284-288.
- Tani, I. 1945. Toxicological Studies of Puffers in Japan. Teikokutosho, Tokyo, 1-103.
- Yamanaka, H. 1986. Recent food poisoning incidents caused by marine toxins. J. Food Hyg. Soc. Jap., 27, 343-353.
- Yu, C.-F. and P.H.-F. Yu. 2002. Are puffer fish more toxic in their spawning seasons? Mar. Biol., 140, 1053-1057.

2007년 8월 2일 접수

2007년 10월 15일 수리