

연안산 흰점복 (*Takifugu poecilonotus*)과 국매리복 (*Takifugu vermicularis*)의 독성

김지회* · 목종수¹ · 손광태² · 황혜진³ · 오은경¹ · 유홍식¹ · 김풍호¹
국립수산과학원 양식환경연구센터, ¹국립수산과학원 식품안전연구과,
²국립수산과학원 남해수산연구소, ³부경대학교 식품공학과

Toxicity of Puffer Fish, *Takifugu poecilonotus* (Heuinjeombok) and *Takifugu vermicularis* (Gukmaeribok) from Coastal Water of Korea

Ji Hoe KIM*, Jong-Soo MOK¹, Kwang-Tae SON², Hye-Jin HWANG³, Eun-Gyoung OH¹, Hong-Sik YU¹ and Poong Ho KIM¹

Aquaculture and Environment Research Center, National Fisheries Research & Development Institute, Tongyeong, Gyeongnam 650-943, Korea

¹Food Safety Research Division, National Fisheries Research & Development Institute, Gijang, Busan 619-705, Korea

²South Sea Fisheries Research Institute, National Fisheries Research & Development Institute, Yeosu, Jeonnam 556-823, Korea

³Department of Food Science & Technology, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

The toxicity of two species of puffer fish, *Takifugu poecilonotus* (Heuinjeombok) and *T. vermicularis* (Gukmaeribok) collected from the coastal regions of Korea was determined using a mouse bioassay. In the *T. poecilonotus* collected in Jeju and Tongyeong, the proportion of toxic specimens containing ≥ 10 mouse units (MU) per gram exceeded 95% for the skin, liver, ovary, and fin, and approximately 30% for the testis and muscles. In each of the organs, the highest toxin levels were 79 MU/g in the muscle, hundreds (158-365) of MU per gram in the fin, intestine, testis, and gallbladder, but thousands (1,147-2,406) of MU per gram in the skin, liver, and ovary. In *T. vermicularis* collected from Incheon and Gunsan, the proportions of toxic specimens were 100% for the gallbladder, and 56-68% for the skin, fin, liver, and intestine however, no toxic muscle specimens were noted. The highest toxin scores were below 10 mouse units (MU) per gram in the muscle, 20-94 MU/g in the skin and fin, 319 MU/g in the intestine, and thousands (1,548-4,624) of MU per gram in the liver, gonad, and gallbladder. The toxicity in the muscle of *T. vermicularis* was deemed acceptable for human consumption, whereas the toxicities in the muscle of *T. poecilonotus* and the skin of both species of puffer fish were significantly high, such that special attention may be required when the fish is intended for human consumption.

Key words: Puffer fish, Puffer fish toxin, *Takifugu poecilonotus*, *Takifugu vermicularis*

서론

해양생물독 중 복어독은 마비성패류독의 대표성분인 saxitoxin과 유사할 정도로 독성이 강하며, 우리나라에서는 복어 중독으로 인하여 매년 인명이 희생되는 것으로 보고되었다 (Kim et al., 2003). 일본에서도 복어를 많이 소비하며 중독사고도 발생하고 있으나 근년 복어 중독 시 사망률은 우리나라보다 훨씬 낮아 양국간에 큰 차이가 있었다 (Kim et al., 2003). 물론 이전에는 일본에서도 복어 중독 시 사망률이 상당히 높았으나 1983년도에 섭취 가능한 어종과 부위를 명시한 복어 처리 및 취급에 관한 규정을 후생노동성에서 제정한 후 사망률이 획기적으로 감소한 것으로 보고되어 있다

(Yamanaka, 1986; Shiomi, 1996).

우리나라 보건당국에서는 복어섭취로 인한 식중독 예방을 위하여 근육과 껍질에 대한 독성 기준을 각각 10 MU/g으로 설정하였으며 (KFDA, 2004), 최근에는 식용 가능한 복어 21종도 고시하였다 (식품의약품안전청고시 제2006-55호, 2006. 12. 1). 그러나 복어의 독성은 어종, 개체, 부위, 계절, 어획지 등 여러 가지 요인에 따라 차이가 있으며, 식중독 방지를 위해서는 이들 독성 차이를 인정하면서 일반적으로 적용할 수 있는 관리지침이 요구되고 있다. 이러한 지침의 제정을 위해서는 복어 어종에 따른 각 부위별 독성조사 결과는 필수적이다.

지금까지 우리나라 연근해에서 어획된 자주복 (Kim et al., 2000; Kim et al., 2006), 검복 (Kim et al., 2006), 까치복 (Kim

*Corresponding author: kimjh@nfrdi.go.kr

et al., 1991; Kim et al., 2007b), 까칠복 (Kim et al., 1995; Kim et al., 2007b), 황복 (Jeon and Yoo, 1995a), 국매리복 (Jeon and Yoo, 1995b; Noguchi et al., 1991; 1997), 복섬 (Ryu et al., 2003; Kim et al., 2007a), 줄복 (Kim et al., 2007a) 및 그 외 일부 어종 (Jeong et al., 1994; Kim et al., 2002)에 대해서는 부위별 독성이 보고되어 있다.

흰점복 (*Takifugu poecilonotus*)은 우리나라 전 연안, 일본 홋카이도 (北海道) 이남, 동중국해, 중국북부 등의 해역에 서식하며, 성숙한 개체의 체장은 20 cm 정도이다. 몸 빛깔은 등쪽은 회색을 띤 갈색 바탕에 흰색의 둥근 점들이 흩어져 있고, 배쪽은 흰색이다. 가슴지느러미 뒤쪽과 등지느러미 기저 아래에는 희미한 흑색반점이 있고, 등과 배에는 작은 가시들이 있다 (NFRDI, 2004). 지금까지 보고된 흰점복의 부위별 독성자료는 대부분 일본의 조사결과이며 (Tani, 1945; Kodama et al., 1984; Fuchi et al., 1999), 우리나라 연안산의 흰점복의 독성에 대한 보고는 찾아보기 힘들다. 한편, 국매리복 (*Takifugu vermicularis*)은 우리나라 전 연안, 동중국해, 남중국해 및 일본 내해 등지에 분포하며, 몸은 미끈하여 잔가시가 없고, 가슴지느러미 바로 뒤에 불규칙한 검은 점이 있다. 몸에는 작은 흰 점과 벌레 먹은 자국같은 점이 많고, 꼬리지느러미 아래 가장자리는 희다 (Kim et al., 2001).

본 연구에서는 복어섭취로 인한 식중독 예방을 위한 자료를 제공하고자 외형이 유사하며, 우리나라 연근해에서 어획되는 흰점복과 국매리복의 개체별 및 부위별 독성을 시험하였다.

재료 및 방법

재 료

시험에 사용된 흰점복 (*T. poecilonotus*)은 총 21개체였으며, 이 중 19개체는 제주에서, 2개체는 경남 통영에서 각각 구입하였고, 국매리복 (*T. vermicularis*)은 인천과 전북 군산에서 각각 13개체 및 10개체 구입하였으며, 제주에서도 1개체 구입하였다. 시험어는 모두 2004년부터 2005년에 걸쳐 연안지역에 양륙되는 활어 또는 선어 상태의 것이었다.

구입한 시험어는 스티로폼 용기에 넣고 얼음을 채워 실험실로 옮겨 전장 및 체중을 측정 후 지느러미, 껍질, 근육, 간, 생식소, 쓸개 및 장 등의 부위로 구분 채취하여 독성을 측정하였다. 즉시 독성을 측정할 수 없는 경우에는 채취한 부위별 시료를 -20℃에 각각 동결 보관하면서 분석하였다.

독의 추출 및 독성측정

시료에서 복어독은 일본의 식품위생검사지침 II (Kawabata, 1978)의 복어독 검사법에 따라 초산용액으로 추출하여 mouse bioassay법으로 측정하였다. 즉, 일정량의 시료에 0.1% 초산용액을 가하여 비등수에서 10분간 중탕하여 독을 추출하고 냉각한 후 Toyo No. 5A로 여과하였다. 잔사는 다시 0.1% 초산용액으로 씻어 여과하고, 여액을 합하여 일정량으로 정용하여 조독소 용액으로 하였다. 각 시료의 독성은 추출한 각 조독소

용액을 체중 19-21 g의 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 환산하고, 중앙값을 취하여 독성 (MU/g)을 나타내었다. 한편, 조독소를 주사한 3-5마리의 mouse 중 중앙 치사시간이 5분 이내인 경우에는 5-10분 사이에 들도록 증류수로 조독소 용액을 적절히 희석하여 독성을 측정하고 시료 g당 MU로 나타내었다. 이때 1 MU는 체중 20 g의 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 나타내었다.

결과 및 고찰

연안산 흰점복의 부위별 독성

제주와 통영에서 구입한 흰점복 (*T. poecilonotus*) 21개체의 각 부위별 독성은 Table 1에, 그리고 시험에 제공된 전체 시료어의 부위별 유독개체 출현율, 최고독성치 및 평균독성은 Table 2에 각각 나타내었다.

시험에 제공된 흰점복은 전장 13.2-26.0 cm, 체중 51.4-411.5 g이었고, 총 21개체 중 5개체가 암컷, 13개체는 수컷이었으며 3개체는 생식소가 완전히 발달하지 않아 성별 구분이 곤란하였다 (Table 1). 흰점복 근육의 독성은 평균 11±4 MU/g (평균±표준오차, 이하 같음)이었고, 최고 79 MU/g이었으며 유독개체 출현율은 33.3% (시험개체 중 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 개체의 출현빈도, 이하 7/21로 표기)이었다 (Table 2). 한편, 껍질, 간 및 난소의 경우, 최고 독성치는 모두 1,000 MU/g을 초과하여 맹독성이었으며, 평균 독성치는 237-937 MU/g의 범위를 나타내었고, 유독개체 출현율 또한 공히 95% 이상을 나타내어 이들 부위는 모두 대단히 강한 독성을 나타내었다. 또한 지느러미, 장, 정소 및 쓸개의 경우에 있어서도 유독개체 출현율은 부위에 따라 약간의 차이가 있었으나 최고 독성치는 158-365 MU/g이었고, 평균 독성치는 47-110 MU/g으로 비슷한 경향을 나타내었다. 따라서 우리나라 연안산 흰점복의 부위별 독성은 개체에 따른 차이는 있었으나 대체로 난소>간·껍질>지느러미>장·정소·쓸개>근육의 순이었다.

지금까지 우리나라 연안산 흰점복의 독성에 대한 연구보고는 거의 없으므로, 본 연구에서 시험한 흰점복 중 어획지역에 따른 독성차이를 배제하기 위하여 제주에서 구입한 19개체의 독성과 일본에서 보고된 흰점복의 독성을 비교하여 Table 3에 나타내었다.

Tani (1945)는 일본 후쿠오카 (福岡) 인근에서 채취한 흰점복 총 34개체의 부위별 독성을 보고하였는데 당시의 결과를 본 연구에서와 동일한 단위 (MU/g)로 환산하면, 근육에서 최고독성치는 20 MU/g이었고, 10 MU/g 이상의 독성을 나타낸

Table 1. Toxicity of *Takifugu poecilonotus* (Heuinjeombok) specimens collected from coastal area of Korea

Collection area	Collection month	Total length (cm)	Body weight (g)	Sex	Toxicity (MU/g)							
					Muscle	Skin	Fin	Liver	Intestine	Gonad	Gall-bladder	Eye-ball
Jeju	Feb. 2004	20.5	247.4	♂	<5	151	40	169	48	<5	- ¹⁾	-
"	"	25.0	311.9	♂	<5	99	24	43	8	5	-	-
"	"	24.0	271.3	♀	6	120	35	59	11	805	-	-
"	March 2004	25.2	411.5	♀	<5	465	55	5	6	544	62	-
"	"	25.0	308.3	♂	<5	245	50	17	<5	<5	7	-
"	May 2004	26.0	360.0	♀	41	370	187	143	139	899	88	-
"	"	23.0	300.0	♀	15	253	217	297	186	751	-	-
"	"	26.0	334.0	♂	18	277	104	44	77	5	63	-
"	"	20.0	161.0	♂	79	320	237	118	203	362	-	-
"	"	20.0	214.0	♂	11	365	244	78	130	41	-	-
"	June 2005	22.8	212.7	♂	<5	203	137	482	77	<9	73	6
"	"	21.5	206.5	♂	<5	272	37	50	<8	<5	<14	3
"	"	19.7	160.3	♂	6	950	115	268	79	179	123	25
"	"	18.6	135.5	♂	<5	207	38	12	7	<6	<50	3
"	"	20.3	159.0	♂	11	1,147	106	67	18	21	33	9
"	"	16.9	105.5	♂	5	<5	148	289	80	<8	158	12
"	"	18.5	135.3	♂	<5	461	187	147	57	<4	58	9
"	"	18.8	130.0	Unid. ²⁾	5	764	139	129	23	19	18	12
"	"	15.8	76.5	Unid.	5	305	137	131	19	<27	<50	11
Tongyeong	March 2004	17.3	143.9	♀	27	194	44	2,406	365	1,688	-	-
"	"	13.2	51.4	Unid.	7	22	36	34	9	<5	-	-

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

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

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	33.3 (7/21) ²⁾	0	0	7	14	79	11 ± 4
Skin	95.2 (20/21)	1	17	2	1	1,147	342 ± 63
Fin	100.0 (21/21)	0	12	9	0	244	110 ± 16
Liver	95.2 (20/21)	1	10	9	1	2,406	237 ± 112
Intestine	71.4 (15/21)	0	5	10	6	365	73 ± 20
Testis	30.8 (4/13)	0	2	2	9	363	47 ± 30
Ovary	100.0 (5/ 5)	1	4	0	0	1,688	937 ± 196
Gonad (Unidentified)	33.3 (1/ 3)	0	0	1	2	19	6 ± 6
Gallbladder	69.2 (9/13)	0	2	7	4	158	53 ± 14
Eyeball	44.4 (4/ 9)	0	0	4	5	25	10 ± 2

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.

Table 3. Comparison of toxicity of the puffer fish, *Takifugu poecilonotus* (Heuinjeombok) specimens landed at Jeju in Korea with those collected in Japan

Place of landing or collection	Highest toxicity (MU/g)						Reference
	Muscle	Skin	Liver	Ovary	Testis	Intestine	
Jeju, Korea	79 (6/19) ¹⁾	1,147 (18/19)	482 (18/19)	899 (4/4)	362 (4/13)	203 (14/19)	Present study
Fukuoka, Japan	20 (4/34)	100 (27/34)	5,000 (21/34)	1,000 (12/16)	100 (4/18)	200 (16/34)	Tani (1945)
Oita, Japan	84 (14/34)	1,500 (34/34)	2,900 (28/34)	2,200 (18/18)	950 (8/11)	-	Fuchi et al. (1999)

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

유독개체 출현율은 11.8% (4/34)이었다고 보고하였다. 그리고 꺾질 경우, 유독개체 출현율은 79.4% (27/34)이었고, 최고독

성치는 100 MU/g이었으며, 간과 난소의 최고독성치는 각각 5,000 및 1,000 MU/g, 유독개체 출현율은 각각 61.8% (21/34)

및 75.0% (12/16)이었다고 보고하였다. 그리고 Fuchi et al. (1999)은 일본 큐슈(九州) 연안에서 어획된 흰점복 34개체에 대한 조사결과, 근육에서 최고독성치는 84 MU/g이었고, 유독개체 출현율은 41.2% (14/34)라고 보고하였다. 그리고 껍질의 경우에는 유독개체 출현율이 100% (34/34), 최고독성치는 1,500 MU/g이었으며, 간의 경우에는 각각 82.4% (28/34) 및 2,900 MU/g이었다. 난소의 경우에는 유독개체 출현율이 100.0% (18/18), 최고독성치는 2,200 MU/g이었으며, 정소는 각각 72.7% (8/11) 및 950 MU/g이었다고 하였다. 이상 일본 큐슈 인근해역에서 조사된 결과를 본 연구에서의 제주 연안산 흰점복의 독성치와 비교하면 각 부위별로 유독개체 출현율이나 최고독성치 등에서 일부 수치상의 차이는 확인되었으나, 유독부위 및 전체적인 독성의 경향은 유사하였다.

한편, Kodama et al. (1984)은 일본의 태평양 연안 Okkirai만에서 어획된 흰점복의 경우, 약 90%가 근육에서 10 MU/g 이상의 독성을 나타내었고, 특히 50 MU/g을 초과하는 개체도 20%를 넘었으며, 최고 독성치는 350 MU/g이었는데, Okatsu산은 시험된 전 개체의 근육에서 10 MU/g를 넘는 독성이 검출되었고, 절반은 50 MU/g을 초과하였다고 보고하였다. 복어독에 의한 성인의 치사량은 약 10,000 MU로 알려져 있는데 (Tani, 1945), 일반적으로 음식적에서는 요리로 제공되는량은 약 200 g이므로 실제 가식부에서 50 MU/g은 중독에서 중요한 의미를 가진다 (Kodama et al., 1984). 이에 따라 일본 토호쿠 지방의 흰점복은 일본에서 식용 가능한 복어의 품종에서 제외되어 있다.

한편, 본 연구에서 조사된 우리나라 연안산 흰점복에서는 1개체를 제외하면 보통의 식사를 하였을 때 근육의 섭취로 인한 사망의 우려는 거의 없지만, 껍질을 요리에 포함 시에는 위생상 문제가 있는 것으로 사료된다. 따라서 흰점복은 어획 지역에 따라 독성차이가 있으며, 지역에 따라서는 근육에서도 약한 독성이 검출되는 개체가 있어 식품위생학적 측면에서는 주의가 필요한 것으로 생각되며, 특히 껍질은 경우에 따라서는 10 g만 섭취하여도 사망에 이를 정도의 독성을 나타내는 경우가 있어 식품으로 제공되지 말아야 할 것으로 생각된다.

한편, Noguchi et al. (1997)은 일본에서 중독사고를 유발하였던 국매리복에 있어서도 활어의 근육에서는 독성이 전혀 검출되지 않았으나 껍질에서 강한 독성이 검출된다는 점에서 식중독 원인은 유통 중에 껍질 등 유독부위에서 독이 없는 근육으로 독이 이행하였기 때문으로 추정할 바 있다. 따라서 본 연구를 비롯한 여러 연구에서 연안산 흰점복 선어의 근육에서 독성이 검출되는 것이 흰점복 자체의 특성인지 아니면 유통과정 중에서 유독부위에서 근육으로 독의 이행 때문인지 등에 대해서는 활어 등을 대상으로 보다 자세한 연구가 있어야 할 것으로 사료된다.

연안산 국매리복의 부위별 독성

인천과 전북 군산에서 채취한 국매리복 (*T. vermicularis*) 25마리에 대한 각 개체의 부위별 독성시험 결과를 지역별로

구분하여 Table 4에 나타내었다.

시험에 제공된 국매리복은 전장 9.6-20.5 cm, 체중 19.7-174.3 g이었고, 총 25개체 중 수컷 1개체를 제외한 전 개체에서 생식소가 발달하지 않아 성별 구분이 곤란하였으며, 특히 이 중 13개체는 생식소 자체가 거의 형성되지 않아 독성을 측정할 수 없었다 (Table 4).

시험에 제공된 우리나라 연안산 국매리복의 각 부위별 유독개체 출현율, 최고독성치 및 평균독성 등은 Table 5에 요약하여 나타내었다. 시험된 국매리복의 근육에서는 10 MU/g 이상의 독성을 나타내는 개체는 없었고, 껍질과 지느러미에서의 유독개체 출현율은 각각 56.0% (14/25), 66.7% (10/15) 및 최고독성치는 각각 94 MU/g 및 20 MU/g, 평균 독성치는 20 ± 5 MU/g 및 11 ± 2 MU/g이었다. 장에서의 유독개체 출현율은 64.0% (16/25)이었고, 최고독성치 및 평균독성은 319 MU/g 및 52 ± 15 MU/g이었다. 그리고 간과 쓸개에서의 최고독성치는 1,930 MU/g 및 1,548 MU/g, 평균독성치는 각각 199 ± 79 MU/g 및 507 ± 186 MU/g으로 유사한 경향이였다.

지금까지 보고된 우리나라 연근해산 국매리복의 채취지역별 독성을 본 연구결과와 비교하여 Table 6에 나타내었다. 군산에서 채취한 11개체의 근육에서는 10 MU/g을 초과하는 유독개체는 없었고, 껍질과 간에서도 유독개체 출현율은 27.3% (3/11)이었고 최고독성치도 65 MU/g 및 187 MU/g으로 다른 지역에 비하면 상당히 낮았다. 인천에서 유통되고 있는 국매리복에 대한 독성조사는 본 연구에서 13개체, Noguchi et al. (1997) 등이 30개체를 각각 분석하였으며, 양 시험결과를 보면 근육에서는 모두 10 MU/g을 초과하는 개체는 없었고, 껍질에서도 최고독성치 (94 MU/g 및 280 MU/g) 및 유독개체 출현율 (76.9% 및 93.3%)이 유사한 경향이였다. 한편, 어획지가 비교적 정확하게 알려진 황해 중부 (Noguchi et al., 1991; 1997)에서 어획된 국매리복의 경우 조사시기에 따라 차이는 있었으나 근육에서도 유독개체가 나타났고, 그 외 부위의 최고 독성치는 껍질에서 120-620 MU/g, 간에서 1,000-2,200 MU/g, 난소에서 2,100-2,300 MU/g 등으로 유사한 경향을 나타내었다. 제주 근해에서 어획된 개체와 부산의 자갈치 시장에서 채취한 개체는 근육에서 최고독성치는 각각 190 MU/g 및 220 MU/g, 껍질에서는 960 MU/g 및 1,100 MU/g 간에서는 10,000 MU/g 및 3,900 MU/g을 나타내었고 유독개체 출현율도 유사한 경향을 보였다 (Noguchi et al., 1991). 그러나 일본에서 국매리복에 의한 식중독 발생에 따라 유통금지 후 이 어종에 대한 부위별 독성 조사결과, 황해산 20개체의 근육에서 독이 검출되지 않았고 (Table 6, Noguchi et al., 1997), 뿐만 아니라 일본의 큐슈 서부해역에서 어획된 35개체 활어의 근육 (Noguchi et al., 1997)과 256개체 활어의 근육 깊은 부분에서는 독성이 전혀 검출되지 않는 것으로 보고되었다 (Harada and Uchida, 1996).

따라서 국매리복 활어의 경우 근육에서는 독성이 검출되지 않으나 근육 섭취로 인하여 식중독이 유발되는 것으로 보아

Table 4. Toxicity of *Takifugu vermicularis* (Gukmaeribok) specimens collected from the coastal area of Korea

Collected area	Collected month	Total length (cm)	Body weight (g)	Sex	Toxicity (MU/g)						
					Muscle	Skin	Fin	Liver	Intestine	Gonad	Gall-bladder
Gunsan	May 2004	18.2	127.8	♂	<5	45	9	<5	<3	<2	- ¹⁾
"	"	10.3	22.6	Unid. ²⁾	<3	7	-	5	<5	-	-
"	"	10.1	19.7	"	<4	<3	-	<6	<9	-	-
"	"	10.1	22.5	"	<3	3	-	<3	<7	-	-
"	"	10.0	22.1	"	<4	5	-	<5	8	-	-
"	"	9.6	22.7	"	<4	65	-	16	<10	-	-
"	"	10.5	24.6	"	<3	3	-	<6	<9	-	-
"	"	11.5	29.5	"	<5	<3	-	<3	<7	-	-
"	"	11.4	30.5	"	6	43	-	187	62	-	-
"	"	10.1	20.5	"	<4	5	-	6	<9	-	-
"	"	10.3	21.8	"	<4	5	-	19	11	-	-
Incheon	Dec. 2004	19.0	139.4	"	<5	23	11	65	16	201	78
"	"	17.0	122.6	"	5	21	<5	285	72	398	349
"	"	17.5	129.3	"	5	<11	14	606	74	440	323
"	"	19.0	141.8	"	<5	94	20	1,930	319	4,624	1,548
"	"	18.0	117.6	"	<5	30	17	287	127	37	411
"	"	18.0	125.6	"	<5	33	17	369	143	703	647
"	"	16.0	97.2	"	5	<5	20	155	89	162	195
"	"	17.0	113.5	"	7	15	<11	69	14	<50	-
"	"	17.0	97.0	"	<5	15	<15	54	18	82	-
"	"	16.0	88.9	"	5	25	<16	151	113	502	-
"	"	17.5	111.3	"	<5	21	13	153	44	-	-
"	"	17.5	105.2	"	7	23	15	160	43	-	-
"	"	17.0	115.4	"	<5	<5	13	434	132	-	-
Jeju	Jan. 2005	20.5	174.3	"	8	22	15	20	27	253	-

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

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

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	0.0 (0/25) ²⁾	0	0	0	25	8	2 ± 1
Skin	56.0 (14/25)	0	0	14	11	94	20 ± 5
Fin	66.7 (10/15)	0	0	10	5	20	11 ± 2
Liver	68.0 (17/25)	1	10	6	8	1,930	199 ± 79
Intestine	64.0 (16/25)	0	5	11	9	319	52 ± 15
Testis	0.0 (0/ 1)	0	0	0	1	<2	<2
Gonad (Unidentified)	90.9 (10/11)	1	7	2	1	4,624	673 ± 400
Gallbladder	100.0 (7/ 7)	1	5	1	0	1,548	507 ± 186

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.

유통과정에서 변화가 일어나는 것으로 추정할 수 있다. Umeda (1997)는 저장조건에 따른 국매리복 근육의 독성변화 시험결과, 빙장처리 시에는 6일간 보관하여도 시험어 근육에서는 독성의 증가가 확인되지 않았다고 보고하였다. 한편, 선어상태의 근육에서는 10 MU/g을 초과하는 개체가 전혀 없었던 국매리복을 동결하여 해동하였을 경우에는 38%가 10 MU/g을 초과하였고, 최고 30 MU/g의 독성이 검출된 것으로 보고되었다 (Jeon et al., 2000). 실제 인천시와 안산시에서 유통된 동결 국매리복의 경우 간, 장, 껍질뿐만 아니라 근육에서조차도 최고 1,600 MU/g의 고독성이 검출되었고, 근육의 평균 독성도 봄철에는 87±72 MU/g, 가을철에 219±207 MU/g으로

보고되었다 (Jeon and Yoo, 1995b). 이렇게 활어 상태에서는 독이 없으나 동결 후 해동처리한 어체의 근육에서 독이 검출되는 것은 껍질이나 장 등 유독부위로부터 독의 이행 때문이며, 독의 이행에는 껍질의 기여도가 높고, 냉동방법이나 기간은 근육의 독화에 큰 영향을 미치지 않지만 해동조건 또는 해동상태와 유독조직 (특히 껍질)의 제거여부는 직접적인 관련이 있는 것으로 보고되었다 (Jeon and Hong, 2004).

이상에서 우리나라 연안산 국매리복은 황해 북부해역에서 어획된 것은 비교적 독성이 낮았으나 남쪽의 동중국해로 갈수록 독성이 강해지는 것으로 나타났다. 이렇게 동일 어종이지만 독성에 차이가 나는 것은 어획지역에 따른 차이로 생각할

Table 6. Toxicity variation of the puffer fish, *Takifugu vermicularis* (Gukmaeribok) by the collected area

Place of landing or collection	Highest toxicity (MU/g)						Reference
	Muscle	Skin	Liver	Ovary	Testis	Intestine	
Gunsan, Korea	6 (0/11) ¹⁾	65 (3/11)	187 (3/11)	-	-	62 (2/11)	Present study
Incheon, Korea	7 (0/13)	94 (10/13)	1,930 (13/13)	-	-	319 (13/13)	Present study
Incheon, Korea	2 (0/30)	280 (28/30)	280 (14/30)	2,400 (6/6)	26 (2/12)	-	Noguchi et al. (1997)
Yellow Sea	30 (11/20)	120 (19/20)	2,200 (20/29)	2,100 (11/11)	58 (5/8)	-	Noguchi et al. (1991)
Yellow Sea	<2 (0/20)	620 (6/20)	1,000 (7/20)	2,300 (5/5)	2 (0/1)	-	Noguchi et al. (1997)
The sea near Jeju	190 (9/10)	960 (10/10)	10,000 (10/10)	5,400 (7/7)	300 (3/3)	-	Noguchi et al. (1991)
Busan, Korea	220 (13/16)	1,100 (16/16)	3,900 (15/16)	5,600 (6/6)	390 (3/3)	1,200 (16/16)	Noguchi et al. (1991)

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

수 있으나 황해산 활어의 근육에서는 독성이 전혀 검출되지 않았다는 사실에서 지금까지의 국매리복 독성조사에 제공된 시험어가 동결 후 해동된 것이었을 가능성도 배제할 수 없다. 즉, 어획지역이 황해의 남부로 갈수록 어획 후 시장까지 반입되는 시간이 보다 많이 소요됨에 따라 유통과정에서 부패방지를 위한 동결처리로 독성이 높은 부위에서 근육으로 독이 이행하였을 가능성도 있으므로 다각적 측면에서의 연구가 필요한 것으로 사료된다.

한편, 일본에서는 1988년 10월부터 1989년 1월 사이 국매리복으로 인한 식중독이 몇 건이 발생함에 따라 어획지에 따른 독성을 파악하고, 1993년 2월 식용 가능한 복어의 종류에서 국매리복을 제외하였다. 그러나 그 후 일본 나가사키현(長崎縣)과 구마모토현(熊本縣)의 아리아케해(有明海) 및 타치바나만(橘灣)에서 어획된 국매리복 활어에 대한 광범위한 독성조사 결과, 근육은 유독하지 않았으며, 유독부위에서 근육으로 독의 이행을 확실히 방지하기 위한 조치를 적절히 실시한 것에 대해서는 1995년 12월부로 판매금지 조치를 해제한 바 있다(Umeda, 1997). 우리나라에서도 최근 식용 가능한 복어 21종이 식품위생법에 근거하여 고시하고 있으나(식품의약품안전청고시 제2006-55호, 2006. 12. 1.) 국매리복은 그 대상에서 제외되어 있다. 그런데 본 연구결과, 인천시와 군산시에서 채취한 국매리복의 근육에서는 기준치(10 MU/g)를 초과하는 개체가 전혀 없었으므로 일본의 사례를 참조하여 이 종의 독성에 대하여 재검토가 필요한 것으로 사료된다.

사 사

이 연구는 국립수산과학원(독물학적 위생안전 위해관리 연구, RP-2008-FS-002)의 지원에 의해 수행되었으며, 연구비 지원에 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 poecilonotus* ("Komonfugu") inhabiting the Kunisaki coast, Oita Prefecture. *J. Food Hyg. Soc. Japan*, 40, 80-89.
- Harada, Y. and Y. Uchida. 1996. Toxicity of live "Nashifugu" pufferfish *Fugu vermicularis vermicularis* from Ariake Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 62, 189-194.
- 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. Korean 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. Korean Fish. Soc.*, 28, 141-144.
- Jeon, J.K. and K.P. Hong. 2004. Muscle intoxication of 'Gukmeri-bok' puffer (*Takifugu vermicularis radiatus*) by freezing and thawing. *J. Korean Fish. Soc.*, 37, 175-178.
- 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. Korean Fish. Soc.*, 27, 682-689.
- 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 (“Sikpumgongjeon”). Munyeongsa, Seoul, 504.
- Kim, H.D., D.Y. Jeong and D.S. Kim. 1991. Difference of toxicities among tissues in the pufferfish *Fugu xanthopterus* (“Ggachibog”). Bull. Korean 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 Hygiene and Safety, 15, 46-50.
- 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 Hygiene and Safety, 18, 133-138.
- 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., 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, J.H., K.T. Son, J.S. Mok, E.G. Oh, H.J. Hwang, H.S. Yu and H.J. Lee. 2007a. Toxicity of the puffer fish, *Takifugu pardalis* (Jolbok) and *Takifugu niphobles* (Bokseom) from coastal area of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 40, 269-275.
- Kim, J.H., J.S. Mok, K.T. Son, J.G. Kim, M.R. Jo, P.H. Kim and T.S. Lee. 2007b. Toxicity of the puffer fish, *Takifugu xanthopterus* (Kkachibok) and *Takifugu stictonotus* (Kkachilbok) from coastal area of Korea. J. Kor. Fish. Soc., 40, 276-281.
- 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* (“Ggachilbok”) collected at a fish market of Pusan. Bull. Korean 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. Hangeul, 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 coastal of Tohoku area of Japan. Bull. Japan Soc. Sci. Fish., 50, 703-706.
- NFRDI (National Fisheries Research and Development Institute). 2004. Commercial Fishes of the Coastal & Offshore Waters in Korea. NFRDI, Busan, 333.
- 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. Japan, 32, 149-154.
- Noguchi, T., H. Akaeda and J.K. Jeon. 1997. Toxicity of a puffer, *Takifugu vermicularis*-1. Toxicity of alive *T. vermicularis* from Japan and Korea. J. Food Hyg. Soc. Japan, 38, 132-139.
- 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. Korean 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.
- Umeda, H. 1997. Lifting of the ban on selling “Nashifugu” pufferfish *Takifugu vermicularis* from Ariake and Tachibana Bay. Food Sanitation Research, 47, 73-82.
- Yamanaka, H. 1986. Recent food poisoning incidents caused by marine toxins. J. Food Hyg. Soc. Japan, 27, 343-353.

2008년 7월 2일 접수

2009년 2월 17일 수리