

GOVP1199712870

664.94

L2938

최 종
연구보고서

유독종 국매리복의 무독화 기술개발

Development of detoxication technics of toxic puffer fish
Takifugu vermicularis

연구기관

강릉대학교

농 립 부

제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “유독종 국매리복의 무독화 기술개발” 과제의 최종보고서
로 제출합니다.

1997. 10. 25.

주관연구기관명 : 강릉대학교
생명과학대학

총괄연구책임자 : 전 중 균

연 구 원 : 신 일 식

연 구 원 : 명 정 구

연 구 원 : 한 경 남

연 구 원 : 김 진 수

연 구 원 : 이 정 용

연 구 원 : 전 미 정

요 약 문

I. 제 목

유독종 국매리복의 무독화 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 중요성

우리 나라가 1992년까지는 매년 7,000 여톤(800억원)의 국매리복을 일본에 수출하였으나, 국매리복에 의한 식중독 사고가 일본 국내에서 발생한 것을 계기로 외국산의 수입과 자국산의 유통과 판매를 금지했는데, 이로 인해 우리 나라의 관련업계는 심각한 타격을 입었다.

비록 이제까지의 국내외 연구자(橋本, 1950; 野口 등, 1991; 전과유, 1995)들에 의해 국매리복이 유독종(근육:약독~강독)으로 밝혀진 바 있으나, 우리 나라 및 일본의 산지(産地)에서는 식중독 사고가 거의 발생하지 않고 있다.

따라서 중독을 일으키도록 하는 과정을 밝히게 된다면 중독사고의 예방은 물론이고 국매리복을 다시금 식량소재로 이용할 수 있어 관련업계의 활성화와 국민 복지 증진에 크게 기여할 것이다.

III. 연구개발 내용 및 범위

- 선어와 냉동어의 근육 독성 비교
 - 1) 선어, 2) 냉동어
- 냉동방법에 따른 독성 비교
 - 1) 심온(-40℃) 냉동, 2) 일반 냉동(-20℃)
- 해동방법에 따른 독성 비교
 - 1) 상온의 완만해동, 2) 저온의 유수해동
- 냉동기간에 따른 독성 비교
 - 1) 단기간 냉동보관, 2) 장기간 냉동보관
- 냉동전 어체 처리에 따른 독성 비교
 - 1) 껍질 제거후 냉동, 2) 내장 제거후 냉동,
 - 3) 내장과 껍질 제거후 냉동

IV. 연구개발 결과 및 활용에 대한 건의

연구 결과, 어획 직후 국매리복 근육의 독성은 < 10 MU/g의 무독 수준이지만, 이를 냉동하고 해동하는 과정에서 껍질의 강독이 빠져 나와 근육으로 이행하기 때문에 근육이 약독 수준으로까지 독화한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 근육의 독화를 사전에 막기 위해서는 어획 후 껍질을 제거한 상태에서 냉동하고 유통한다면 섭식에 의한 중독 사고를 예방할 수 있어 안전성을 확보하게 된다. 그리고 이런 사실은 관련 기관을 통해 어민들에게 적극 홍보하여 중독 사고를 예방하여야 하겠고, 또한 이해 당사국인 일본에도 적극 홍보하므로서 다시금 판로를

확보하여 국내의 관련 산업을 활성화 시켜야 할 것이다. 이를 위해서는 일본의 관련 학회에서의 발표 및 논문 투고 등과 병행하여 관련 기관에의 홍보를 더욱 적극적으로 할 필요가 있겠다.

여 백

SUMMARY

(영문 요약문)

I. Title

Development of detoxication technics of toxic puffer fish
Takifugu vermicularis

II. Objectives and Significance

In Korea, the amount of puffer fish "kuk-meri-bok" exported per year to Japan was 7,000 M/T(US\$ 1 million) until 1992. However, the Welfare of Japan put a ban on importing and selling of puffer fish "kuk-meri-bok" domestically since food poisoning occurred in Japan. Consequently, related industries in Korea suffered serious damage.

In spite of that some scientist reported "kuk-meri-bok" puffer fish is toxic in Japan and Korea, food poisoning due to eating of this puffer fish is rarely reported in both countries.

If the cause of intoxication in "kuk-meri-bok" is elucidated, food poisoning may be prevented and subsequently, related industries become activated again.

III. Contents and Scope

- Toxicity in muscle of fresh and frozen puffer fish
 - 1) Fresh fish
 - 2) Frozen fish
- Toxicity in muscle of puffer fish depending on freezing methods
 - 1) Deep freezing (-40°C)
 - 2) Moderate freezing (-20°C)
- Toxicity in muscle of puffer fish depending on thawing methods
 - 1) Thawing at room temperature
 - 2) Thawing in tap water
- Toxicity in muscle of puffer fish depending on freezing periods
 - 1) Short term period storage
 - 2) Long term period storage
- Some factors affecting the toxicity in muscle of after thawing of frozen puffer fish

IV. Results and Recommendations

As a result of this study, although the toxicity in muscle of "kuk-meri-bok" puffer fish just after being caught was non-toxic (<10 MU/g), toxin comes out from the skin being a

strong toxic tissue, into muscle during the process of frozen and thawing. Subsequently, the muscle of "kuk-meri-bok" puffer fish is contaminated with toxin, and detected at a weak toxic level. Therefore, to prevent the poisoning, it was recommended that "kuk-meri-bok" puffer fish should be skinned off before freezing. Moreover, public information center should inform peoples this results to prevent poisoning. Export of this puffer fish resumed by international propagation and academic activities on this fact.

여 백

CONTENTS

(영문목차)

Chapter 1	Introduction	-----	15
Chapter 2	Materials & Methods	-----	21
	Puffer fish	-----	21
	Freezing methods	-----	21
	Thawing methods	-----	21
	Toxicity test	-----	21
Chapter 3	Results & Discussion	-----	25
	Section 1 Toxicity in muscle of fresh and frozen puffer fish	-----	25
	Section 2 Toxicity in muscle of puffer fish depending on freezing methods	-----	30
	Section 3 Toxicity in muscle of puffer fish depending on thawing methods	-----	34
	Section 4 Toxicity in muscle of puffer fish depending on freezing periods	-----	40
	Section 5 Some factors affecting the toxicity in muscle of after thawing of frozen puffer fish	-----	43
Chapter 4	Conclusion	-----	51
Reference		-----	57

여 백

목 차

제 1 장	서 론	-----	15
제 2 장	재 료 및 방 법	-----	21
	재 료	-----	21
	냉 동 방 법	-----	21
	해 동 방 법	-----	21
	독 성 검 사	-----	21
제 3 장	결 과 및 고 찰	-----	25
	제 1 절 선어와 냉동어의 근육 독성 비교	-----	25
	제 2 절 냉동방법에 따른 근육 독성의 비교	-----	30
	제 3 절 해동방법에 따른 근육 독성의 비교	-----	34
	제 4 절 냉동기간에 따른 근육 독성의 비교	-----	40
	제 5 절 냉동전 어체 처리에 따른 근육 독성의 비교	-----	43
제 4 장	맺 음 말	-----	51
참 고 문 헌		-----	57

여 백

제 1 장 서 론

최근 국민 소득의 증대와 더불어 국민들의 식생활 패턴이 매우 다양화하고 있다. 특히, 수산물로부터 각종 기능성 성분이 확인되면서 국민들의 음식물 소비형태가 과거의 축육 중심에서 수산물 중심으로 선회하고 있으며, 이와 함께 건강에 대한 높은 관심에 힘입어 ‘수산물=건강식’이라는 인식이 확산·정착되고 있어, 매년 약 6% 가량씩 소비가 늘고 있다.

실제로 1992 년의 우리 나라 수산물 총 생산량은 약 330 만 톤이었고 국민 1 인당 소비량(1 년)은 약 42 Kg이나 되어 동물성 단백질 섭취량의 48%를 충당하는 수준에 이르고 있다.

더욱이, 수산물의 섭취 형태도 과거의 구이나 찜 등의 가열조리한 것보다 활어를 선호하는 경향이 두드러지게 나타나고 있으며, 횡감으로서의 소비량은 매년 급격한 추세를 보이며 늘고 있다. 그 중에서도 복어류는 고급품으로서 취급되는데, 이를 위해 국내에서는 일부 복어류이기는 하지만 양식도 하고 있다.

한편, 복어류를 우리 민족이 언제부터 먹어 왔는지는 분명치 않지만, 남해안에서 출토되는 여러 패총에서 복어의 뼈가 발굴된 적이 있는 것으로 미루어 이미 선사시대에도 식용으로 하였음을 짐작할 수가 있다. 복어류를 식용으로 하는 민족은 세계적으로도 매우 드물어 일본, 한국, 중국 등이며, 우리 나라에서는 황복 *Takifugu obscurus*, 자

주복 *T. rubripes*, 검자주복 *T. chinensis*, 까치복 *T. xanthopterus* 등의 고급종이 식용으로 쓰이고, 지역에 따라서는 은밀복 *Lagocephalus wheeleri*, 흑밀복 *L. gloveri*, 까칠복 *T. stictonotus*, 국매리복 *T. vermicularis*을 식용으로 하기도 한다.

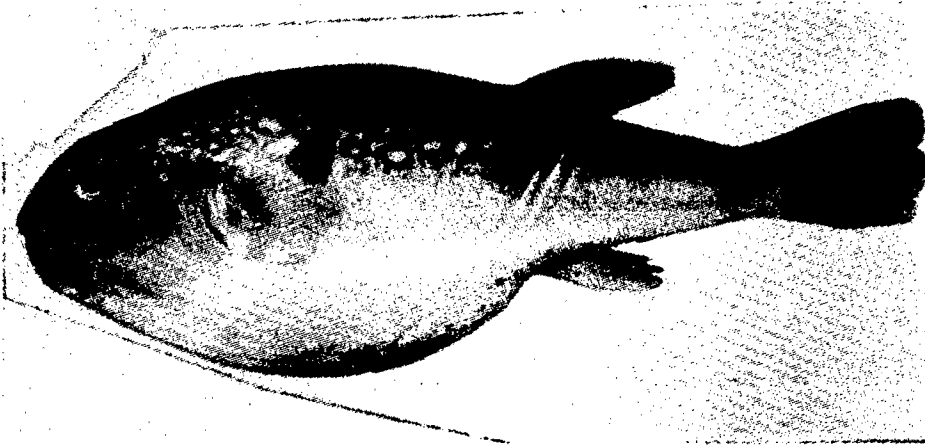


그림 1. 국매리복 (*Takifugu vermicularis*)

Fig. 1. "Kuk-meri-bok" puffer fish (*Takifugu vermicularis*)

이 중에서 국매리복(Fig. 1)은 우리 나라 서해안과 제주도 근방의 동지나해에서 다획되는 어종으로서 가식부인 근육의 저작감(咀嚼感)이 뛰어나고 맛이 우수한데 비하여 값은 저렴한 편이라서 대중적인 종이다. 일본에서는 이처럼 저작감이 좋은 까닭에 국매리복을 자주복의 대

용품으로 이용하며, 복어의 최대 산지인 시모노세키(下關) 등지에서는 이를 이용하여 각종 가공품이 판매되었다. 하지만, 일본에서는 1992년을 전후하여 한국으로부터 수입한 국매리복에 의한 식중독 사고가 연이어 4건이나 발생(Table 1 참조)한 바 있고, 이를 계기로 하여 일본 후생성(日本 厚生省)은 자국산 국매리복의 유통과 판매는 물론 외국으로부터의 수입을 1993년부터 전면 금지시켰다. 이런 조치로 인하여 우리 나라는 일본으로의 수출(연간 약 700여톤)이 중단되었고 양국의 관련 업계는 큰 타격을 입고 있다(연간 약 800여억원). 하지만 수출국인 우리 나라에서는 국매리복의 섭취에 따른 식중독 사고가 그다지 알려진 바 없다.

국매리복의 독성에 관해서는 일찍이 橋本(1950)가 독성을 조사한 바 있으며 이 결과를 토대로 하여 일본 당국에서는 국매리복을 식용으로 인정하였는데, 이후 野口 등(1991)은 우리나라의 부산 자갈치 어시장에서 팔리고 있는 국매리복을 입수하여 냉동후 독성을 실험하여 근육은 약독, 껍질은 강독, 간장은 강독, 난소는 맹독, 정소는 강독, 장은 강독이었다고 보고하였다. 그리고 전·유(1995), 錢·野口(1996)도 1992년 5월부터 1995년 6월까지 경기도 인천시 소래포구와 안산시 사리포구에서 입수한 동결 시료를 대상으로 독성을 조사한 결과, 근육은 약독, 난소는 맹독, 정소는 강독, 간장은 맹독, 껍질은 강독이라고 하여 간장의 독성을 제외하고는 野口 등(1991)과 같은 결과를 보고한 바 있다.

이처럼 국매리복은 가식부인 근육이 약하나마 독성이 확인되고 있는데도 불구하고 우리 나라와 일본 큐슈지방의 주요 산지에서 이로 인

한 식중독 사고가 거의 발생하지 않고 있는 것은 어째서일까? 국매리복의 근육은 본래 독성이 없는 것을 아닐까? 그렇다면 근육은 어떻게 독화하는 것인지 그 독화 경위를 밝힌다면 독화를 예방할 수가 있을 것이고, 따라서 식품소재로서의 판매 재개는 물론이고 관련 업계의 수출활성화 및 저이용 자원의 식량자원으로의 이용극대화 등 국민 복지에도 작게나마 기여할 수 있을 것이다.

한편 이와 관련하여, 복어의 껍질에는 테트로도톡신(tetrodotoxin, TTX)을 분비하는 독샘(毒腺, gland)이 분포하며(Kodama et al., 1985), 살아 있는 복어에게 여러 자극, 즉 ‘핸드링 조작’을 하거나 ‘전기 쇼크’를 주었더니 껍질로부터 TTX를 분비한다는 것이 여러 연구자들(Kodama et al., 1985; Saito et al., 1985)에 의해서 확인되었다. 더욱이 복섬 *T. niphobles*은 동결과 해동을 반복하는 과정에서 껍질에 들어있던 TTX가 해동시 drip으로 빠져 나오면서 근육에 스며들어 근육이 독성을 나타낸다는 것이 밝혀졌는데(鹽見 등, 1984; 1985), 이처럼 복어의 껍질에 분포하는 독성분은 물리적인 자극에 의해 용출되는 듯하다.

국매리복은 다른 복어류와는 달리 껍질이 매우 약해서 어획중이나 유통시키는 동안에 개체간의 접촉에 의하여 껍질이 쉽게 손상을 입는 것을 볼 수가 있으며, 이때 독성이 강한 껍질 중의 독샘에 들어있던 TTX가 빠져나와서 근육으로 이행하여 근육이 독화할 가능성은 매우 크다.

따라서, 본 연구는 이 점에 착안하여 국매리복 근육의 독화가 어획

후의 저장이나 유통과정 중에 일어날 수 있음을 확인하고자 실시되었으며, 이를 위해서 다음과 같은 내용의 연구를 수행하였다.

제 1 절 연구내용과 범위

본 연구는 국매리복의 식품으로서의 안전성을 확보하여 이용도를 극대화 시키려는데 있다. 국매리복은 다른 복어와는 달리 껍질이 매우 연약하여 어획시의 취급이나 저장 및 유통 과정 중에 쉽게 파손되기 때문에, 특히 냉동과 해동하는 과정에서 껍질에서 나온 TTX가 근육으로 이행하여 근육이 독화하는지를 조사하기 위해 다음 실험을 실시하였다.

1. 선어와 냉동어의 근육 독성 비교
 - 1) 선어, 2) 냉동어
2. 냉동방법에 따른 독성 비교
 - 1) 심온(-40℃) 냉동, 2) 일반 냉동(-20℃)
3. 해동방법에 따른 독성 비교
 - 1) 상온의 완만해동, 2) 저온의 유수해동
4. 냉동존기간에 따른 독성 비교
 - 1) 단기간 냉동보관, 2) 장기간 냉동보관
5. 냉동전 어체 처리에 따른 독성 비교
 - 1) 껍질 제거후 냉동, 2) 내장 제거후 냉동,
 - 3) 내장과 껍질 제거후 냉동

이하, 이들 결과를 정리한다.

표 1. 일본에서 발생한 국매리복의 섭취에 따른 식중독 발생 현황

Table 1. Poisoning cases due to ingestion of "Kuk-meri-bok" puffer in Japan

때	장소	식용부위	환자발생수	사망자수	비고
1962. 6.	나가사키	간장	1	1	
1984. 1.	후쿠오카	"	4	1	
1984. 9.	코오베	"	2	1	
1986. 11.	히로시마	불명	1	0	
1986. 11.	히로시마	간장	1	0	
1987. 10.	오사카	불명	1	0	
1987. 11.	오사카	유독 부위	1	0	
1987. 12.	시모노세키	불명	1	0	
1988. 12.	코마츠시마	불명	1	0	
1989. 10.	오사카	근육(회)	1	0	수입품
1989. 12.	시모노세키	불명	1	0	
1989. 12.	토오쿄오	근육(회)	1	0	수입품
1989. 12.	토오쿄오	근육(회)	2	0	수입품
1990. 1.	후쿠오카	근육(회)	1	0	수입품
1990. 4.	코오베	간장	1	0	
1991. 2.	마츠야마	불명	2	0	
1991. 12.	후쿠오카	껍질	1	0	
1992. 1.	코쿠시마	간장	1	0	
1993. 4.	다자이후	간장	3	0	
1995. 12.	오이타	껍질	1	0	

제 2 장 재료 및 방법

재 료 : 시료로 사용한 국매리복은 1997년 5월에 인천시 남동구에 위치한 소래어시장의 상인으로부터 얼음물에 담겨져 있는 빙장(氷藏) 상태의 것을 구입하여 실험에 사용하였다. 선어의 독성은 구입후 빙장 상태로 본 대학으로 옮긴후 바로 조사하였으며, 그 밖의 냉동어의 독성은 본 실험의 내용에 맞추어 각기 저장 및 해동방법을 달리하여 처리한 후에 조사하였다.

냉동방법 : 완만냉동은 -20°C 의 일반 냉동고에서 열려서 보관하였으며, 급속냉동은 -40°C 의 냉동고(MDF-U442, Sanyo Elec. Inc., Japan)에서 냉동시킨후 보관하였다.

해동방법 : 해동은 실온에서 어체가 풀려 독성검사를 위한 근육 부위의 채육이 가능하기까지 약 30분간 방치하는 방법(이를 '완만해동'이라 함)과 수돗물을 담아둔 용기에 냉동시킨 개체를 넣어 앞의 상태까지 약 10분간 방치하는 방법(이를 '급속해동'이라 함)으로 구분하였다.

독성검사 : 복어의 독성검사를 위해서는 국매리복의 꼬리 부위의 육과 껍질을 떼어내어 사용하였다. 필요에 따라 무작위로 추출한 시료의 복어독 정량은 상법(常法)인 '日本食品衛生檢査指針 II'의 '복어독 정량법'에 따라서 하였다(河端, 1978). 즉, 근육의 일정량을 적당량의

0.1% 초산용액과 함께 비등수조에서 10분간 가열하여 유독 성분을 추출한 다음, 그 중 1ml를 생후 4주 정도의 체중 18~20g인 마우스(♂, ICR 계통)의 복강내에 주사하여 이들의 치사시간을 dose-MU (mouse unit) 환산표(Table 2)에 따라 독량을 계산하고 희석배수를 곱하여 근육 1 g당의 독량으로 환산하였다. 여기에서 1 MU라 함은 체중 20g의 마우스를 30분에 사망시킬 수 있는 독량을 말한다.

일반적으로 TTX에 의한 치사량은 약 10,000 MU이므로, 독성 수준은 < 10 MU/g을 무독, 10~100 MU/g을 약독, 100~1,000 MU/g을 강독 그리고 > 1,000 MU/g을 맹독으로 구분하고 있으며, 식품으로서의 안전 기준치는 < 10 MU/g로 정하고 있다.

표 2. 복어독(TTX)의 치사시간-마우스단위(MU) 환산표

Table 2. Calculation table of death time-mouse unit in TTX

치사시간	M U	치사시간	M U	치사시간	M U	치사시간	M U
분:초		분:초		분:초		분:초	
4:00	5.62	5:45	3.07	9:30	1.77	15:30	1.28
4:05	5.40	5:50	3.01	9:45	1.74	16:00	1.26
4:10	5.19	5:55	2.95	10:00	1.70	16:30	1.24
4:15	5.00	6:00	2.89	10:15	1.67	17:00	1.23
4:20	4.82	6:10	2.79	10:30	1.64	17:30	1.21
4:25	4.66	6:20	2.70	10:45	1.61	18:00	1.19
4:30	4.50	6:30	2.61	11:00	1.58	18:30	1.18
4:35	4.36	6:40	2.53	11:15	1.56	19:00	1.17
4:40	4.23	6:50	2.46	11:30	1.53	19:30	1.15
4:45	4.10	7:00	2.39	11:45	1.51	20:00	1.14
4:50	3.99	7:10	2.33	12:00	1.49	20:30	1.13
4:55	3.88	7:20	2.27	12:15	1.47	21:00	1.12
5:00	3.77	7:30	2.22	12:30	1.45	21:30	1.11
5:05	3.68	7:40	2.17	12:45	1.43	22:00	1.10
5:10	3.58	7:50	2.12	13:00	1.42	22:30	1.09
5:15	3.50	8:00	2.08	13:15	1.40	23:00	1.08
5:20	3.42	8:15	2.01	13:30	1.38	23:30	1.08
5:25	3.34	8:30	1.96	13:45	1.36	24:00	1.07
5:30	3.26	8:45	1.91	14:00	1.34	24:30	1.06
5:35	3.19	9:00	1.86	14:30	1.33	25:00	1.05
5:40	3.13	9:15	1.81	15:00	1.30		

여 백

제 3 장 결과 및 고찰

제 1 절 선어와 냉동어의 근육 독성 비교

앞서도 언급하였듯이, 일본에서는 우리 나라로부터 수입한 국매리복에 의해 4 건의 중독사고가 발생하였고, 이 때문에 한국으로부터 국매리복의 전면수입금지 및 자국산의 판매금지 조치가 내려졌다. 하지만 일본의 주요 어장인 큐슈(九州) 지방에서는 국매리복의 섭식에 의한 식중독 사고가 아직 발생한 적이 없었다(赤枝·野口, 1996)고 알려져 있으며, 이는 우리 나라에서도 마찬가지이다. 한편, 어획지에서의 섭식형태는 대체로 선어일 경우가 많은 반면에, 수입 복어는 물론이고 근해산 복어라도 콜드체인(cold-chain) 시스템이 갖추어짐에 따라 장기간 유통이 필요한 경우에는 대부분 냉동 상태로 저장후 유통하다가 식용으로 하는 수가 많아졌다.

따라서, 동일한 장소에서 어획한 개체군을 각각 선어와 냉동한 상태로 구분하여 근육 중의 독성을 조사해 본다면 냉동처리에 따른 근육의 독화 가능성을 입증할 수 있을 것으로 판단하였기에 독성을 비교하여 보았다. 냉동어는 일반적인 방법에 의해 해동시킨 후 독성실험에 사용하였다. 그 결과는 Table 3 및 Table 4와 같다.

Table 3에서 알 수 있듯이, 선어의 독성은 조사한 22 개체 모두에서 > 5 MU/g의 독성이 검출되었으므로 독성개체출현율은 100%였지만,

TTX의 안전기준치인 > 10 MU/g의 독성은 단 1 개체에서도 검출되지 않았다. 그리고 최고독성치는 10 MU/g 이었고, 평균독성치는 6.0 ± 0.4 MU/g 에 불과하였다. 본 결과는 선어의 근육을 대상으로 조사한 이전의 연구결과(錢·野口, 1996; Noguchi et al., 1997)와도 잘 일치하고 있다.

표 3. 소래어시장에서 구입한 국매리복 선어의 근육중 독성

Table 3. Toxicity in muscle of fresh "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens landed at Sore Fish Market (collected from the Yellow Sea), Korea

어획시기 (보관상태)	근육의 독성			
1997. 5.	5	5	5	5
(빙장상태)	9	5	5	5
	5	10	5	9
	5	5	5	5
	9	5	9	5
	5	5		

n=22, 최고독성 10 MU/g,
평균독성 6.0 ± 0.4 MU/g

표 4. 소래어시장에서 구입한 국매리복 선어를 냉동하였을 적의 근육
중 독성

Table 4. Toxicity in muscle of frozen "Kuk-meri-bok" puffer
(*Takifugu vermicularis*) specimens landed at Sore Fish
Market (collected from the Yellow Sea), Korea

어획시기	근육의 독성			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	< 5	< 5	< 5
	5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	6	6
	6	6	6	6
	6	6	7	7
	7	7	7	7
	7	8	8	8
	8	8	8	8
	8	9	9	9
	9	9	9	10
	10	10	10	10
	11	11	11	11
	12	12	12	12
	13	13	14	15
	15	15	15	15
	16	16	17	18
	21	21	25	28
	30	30		
n=82, 최고독성		30 MU/g		
평균독성		9.2±0.7 MU/g		

한편, 어획후 냉동시켜 보관한 시료(Table 4)에서는 > 5 MU/g 의 독성이 검출된 유독 개체가 조사시료 82 개체 중에서 74 개체나 되어 90.2%의 출현율을 보였고, > 10 MU/g 의 독성을 가진 개체도 31 개체나 되어 출현율도 37.8% 나 되었다. 그리고 최고독성은 30 MU/g 이었고 평균독성도 9.2 ± 0.7 MU/g 나 되었다. 이것은 Table 3의 독성결과와 비교하면 평균독성은 약 4 배, > 5 MU/g 의 유독개체출현율은 약 2 배, > 10 MU/g 의 출현율은 약 20 배나 증가한 셈이다.

이상의 결과를 보면, 선어일 적에는 근육 중에 독성이 매우 낮은 수준으로 밖에 검출되지 않았음에도 불구하고 이들을 냉동하였을 적에는 근육 중의 독성이 선어일 적보다 더 높게 검출되었음을 보여주고 있다. 복어독은 개체, 산지 및 어획시기에 따라 차이가 있다고 알려져 있지만(橋本, 1977), 본 실험에서는 이러한 요인에 따른 차이를 줄이기 위하여 동일한 시기에 어획된 비슷한 크기의 개체를 실험에 사용하였기에 이들에 의한 차이는 무시할 수 있을 것이므로, 이처럼 선어와 냉동어 간에 독성이 차이를 보이는 것은 이들 요인보다는 냉동 처리가 근육의 독화와 직접 관련이 있음을 보여주는 것이라 여겨진다. 한편, 본 실험에 사용한 국매리복과 같은 지역에서 1995 년과 1996 년에 입수한 국매리복을 대상으로 독성 실험을 하였던 錢・野口(1996)의 보고에 따르면 선어에서는 근육 중에서 평균독성이 < 2 MU/g (독성 범위 < 2 ~ 2 MU/g)으로 거의 무독하였지만, 냉동어에서는 평균독성과 독성범위가 각각 20 MU/g과 3 ~ 53 MU/g으로서 약독의 수준이었다고 하였으며, 또한 일본 나가사키현의 Ariake Sea(有明海), Tachibana Bay 및 우리 나라 황해(Norin-gyoku Section 139)에서 어획한 국매리복을 선어시에 근육의 독성을 조사한 Noguchi et al.(1997)에 따르면, 조사

한 모든 개체들(Ariake Sea, n=11; Tachibana Bay, n=24; 황해 n = 20)은 성별에 관계없이 < 2 MU/g의 무독 수준이었지만, Ariake Sea에서 어획후 동결한 국매리복으로부터는 2~110 MU/g (평균독성 20 MU/g)의 독성이 검출되었다고 보고하였다. 이처럼 이들의 결과 역시도 본 결과와 마찬가지로 동결 처리 후에는 근육이 독화하였음을 보여주고 있다.

제 2 절 냉동방법에 따른 근육의 독성 비교

앞 절에서 국매리복이 선어일 때보다 냉동저장한 것에서 근육의 독성이 더 높다는 결과를 얻었기에, 이번에는 냉동 방법이 근육 중의 독화에 영향을 미치는지를 살펴보고자 하였다.

어체를 냉동시킬 적에는 빙결정이 형성되는 온도대를 빠르게 통과 할수록 빙결정의 크기가 작아지며 동결하는 동안에도 빙결정이 커지는 정도가 적기에 이후 해동시에 빠져 나오는 드립(drip)의 양도 적어 품질에 미치는 영향도 작다고 알려져 있다. 따라서 본 실험에서는 어선에서나 상인들이 가장 일반적으로 사용하는 냉동 조건인 -20°C (이를 '완만냉동'이라 함)에서 냉동하거나 또는, 이보다 낮은 -40°C (이를 '급속냉동'이라 함)에서 냉동하여 보관하였다가 실온에서 방치시켜 해동한 국매리복 근육 중의 독성을 비교하여 보았다.

이를 위해서는 앞에서와 같이 어시장에서 입수한 빙장 상태의 국매리복을 통채로 각각 -20°C 와 -40°C 에서 냉동시킨 다음 해동후 근육의 독성을 조사하였으며, 그 결과는 각각 Table 5 및 6과 같다.

-20°C 에서 완만냉동한 국매리복의 근육에서는(Table 5), 조사한 35 개체 중에서 $> 5 \text{ MU/g}$ 의 유독개체는 30 개체로서 출현율은 85.7%였고, $> 10 \text{ MU/g}$ 은 9 개체로서 25.7%의 출현율을 보였다. 최고독성은 16 MU/g 이었고, 이들의 평균독성은 $7.2 \pm 0.7 \text{ MU/g}$ 이었다.

표 5. -20℃에서 완만냉동후 완만해동시킨 국매리복 근육의 독성

Table 5. Toxicity in muscle of slowly frozen and slowly thawed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	5	5	5
	5	6	7	7
	7	7	7	7
	7	7	8	8
	8	8	8	8
	9	9	10	10
	10	11	11	11
	12	14	16	
n=35, 최고독성 16 MU/g, 평균독성 7.2±0.7 MU/g				

한편, -40℃로 급속냉동한 개체의 경우(Table 6)에는 조사한 16

개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 나타낸 개체수는 14 개체로 유독개체 출현율은 87.5%였고, > 10 MU/g은 2 개체로서 12.5%의 출현율을 보였다. 최고독성은 13 MU/g이었고, 이들의 평균독성은 5.9 ± 0.9 MU/g이었다.

표 6. -40℃에서 급속냉동후 완만해동시킨 국매리복 근육의 독성

Table 6. Toxicity in muscle of quickly frozen and slowly thawed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	5	5
	5	5	5	5
	5	6	6	8
	8	9	10	13
n=16, 최고독성 13 MU/g, 평균독성 5.9 ± 0.9 MU/g				

이들의 결과를 정리하면, 비록 > 10 MU/g의 유독개체출현율은

-40℃로 급속냉동한 경우가 12.5%로서 -20℃로 완만냉동한 경우의 25.7%에 비하면 절반 수준에 불과하여 차이를 보이지만, 이들 두 방법 간의 최고독성이나 평균독성은 차이가 크지 않은 것으로 판단하면 냉동방법은 국매리복의 근육 독화 정도에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 여겨진다. 이와 관련하여 塩見 등(1984, 1985)은 복섬(*Takifugu niphobles*)을 대상으로 한 연구에서도 냉동방법(-20℃의 완만냉동후 저장, -20℃의 송풍냉동후 저장, -40℃의 급속냉동후 저장)을 달리 하였더니 근육은 독화하지만 독성에는 거의 차이가 없었다고 하였는데, 본 결과와 일치하였다.

제 3 절 해동방법에 따른 근육의 독성 비교

앞 절에서는 국매리복의 유통 과정에서 많이 쓰이는 냉동방법에 따라 근육의 독화 정도가 차이나는지를 살펴 보았으나, 냉동방법(-20℃와 -40℃)에 따라서는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 그래서 이번에는 해동 방법이 근육 중의 독화에 영향을 미치는지를 살펴보기로 하였다.

이를 위해서는 앞에서와 같이 어시장에서 입수한 빙장 상태의 국매리복을 통채로 각각 -20℃와 -40℃에서 냉동하였다가 완만해동 또는 급속해동 시킨후 근육의 독성을 조사하였으며, 일부는 완만냉동후 해동과정을 거치지 않고 냉동상태에서 근육의 독성을 조사하였다.

우선, -20℃에서 완만냉동한 후 완만해동 및 급속해동한 국매리복의 근육의 독성 결과를 Table 5 및 Table 7 에 나타내었다. 즉, 완만냉동하였다가 완만해동한 개체의 결과는 앞 절의 Table 5 와 같으며, 급속해동한 경우(Table 7)에는 조사한 40 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 나타낸 개체수는 39 개체로 유독개체출현율은 97.5%나 되었고, > 10 MU/g은 10 개체로서 25.0%의 출현율을 보였다. 최고독성은 21 MU/g이었고, 이들의 평균독성은 8.2 ± 0.7 MU/g이었다.

그리고 -40℃에서 급속냉동한 후 완만해동 및 급속해동한 국매리복의 근육의 독성 결과는 Table 6 및 Table 8 과 같다. 즉, 급속냉동하였다가 완만해동한 개체의 결과는 앞 절의 Table 6과 같고, 급속해동한 경우(Table 8)에는 조사한 26 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 나

타낸 개체수는 25 개체로 유독개체출현율은 96.2%였고, > 10 MU/g은 16 개체로서 61.5%의 출현율을 나타내었다. 최고독성은 30 MU/g이었고, 이들의 평균독성은 13.0 ± 1.6 MU/g이었다.

표 7. -20℃에서 완만냉동후 급속해동시킨 국매리복 근육의 독성
 Table 7. Toxicity in muscle of slowly frozen and quickly thawed
 "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) speci-
 mens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	6	6	6
	6	6	6	7
	7	7	8	8
	8	8	8	9
	9	9	10	10
	11	12	14	15
	15	16	18	21
n=40, 최고독성 21 MU/g, 평균독성 8.2 ± 0.7 MU/g				

표 8. -40℃에서 급속냉동후 급속해동시킨 국매리복 근육의 독성

Table 8. Toxicity in muscle of quickly frozen and quickly thawed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	5	5	6
	6	6	7	7
	8	9	10	11
	11	12	12	13
	14	15	15	15
	17	21	25	28
	30	30		
n=26, 최고독성 30 MU/g, 평균독성 13.0±1.6 MU/g				

이들 결과를 정리하면, 완만냉동한 경우에는 이후 해동하는 과정에서 완만해동하는 것이 급속해동하는 것에 비해서 > 10 MU/g의 유독개체출현율(25.7% 대 25.0%)은 비슷하였지만, > 5 MU/g의 유독개체출현율(85.7% 대 97.5%), 최고독성(21 MU/g 대 16 MU/g) 및 평균독성(7.2 MU/g 대 8.2 MU/g)이 모두 낮았기 때문에, 완만해동 하는 것이

다소는 효과적인 것으로 나타났다.

표 9. -20℃에서 완만냉동후 조사한 국매리복 근육의 독성
 Table 9. Toxicity in muscle of slowly frozen "Kuk-meri-bok"
 puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	< 5	< 5	< 5
	5	5	5	5
	5	5	6	6
n=20, 최고독성 6 MU/g, 평균독성 2.1±0.6 MU/g				

마찬가지 경향을 급속냉동한 경우에서도 볼 수가 있었는데, 즉, 해동하는 과정에서 완만해동하는 것이 급속해동하는 것보다 > 5 MU/g의 유독개체출현율(87.5% 대 96.2%), > 10 MU/g의 유독개체출현율

(12.5% 대 61.5%), 최고독성(13 MU/g 대 30 MU/g) 및 평균독성(5.9 MU/g 대 13.0 MU/g)이 모두 낮았기 때문에, 완만해동 하는 것이 근육의 독화를 줄인다는 점에서 더욱 효과적이었다. 즉, 해동방법은 근육으로의 독 이행과 큰 관련이 있었음을 알게 되었다.

하지만 앞의 결과들은 비록 해동방법에 따라 근육의 독오염 정도는 달라질 수 있지만 독이 전혀 이행하지 않은 것은 아니므로, 냉동후 해동하지 않고 그 상태에서 근육만을 얻을 경우에도 과연 독의 이행이 일어나는지를 살펴보고자, 완만냉동후 해동하지 않고 냉동상태일 적에 근육을 떼어내어 독성을 조사하였으며, 그 결과는 Table 9 과 같다. 조사한 20 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 나타낸 개체수는 12 개체로 유독개체출현율은 60.0%였고, > 10 MU/g은 단 한 개체도 없었으며, 최고독성은 6 MU/g에 불과하였고, 이들의 평균독성은 2.1 ± 0.6 MU/g 에 지나지 않았다. 따라서 해동방법만을 고려한다면 냉동상태에서 가식부를 분리하는 것도 바람직한 이용법이라 할 수 있겠다.

한편, 塩見 등(1985)은 완만해동을 하면 해동 직후에 이미 근육은 독화되지만 급속해동을 하면 해동 직후에는 근육에서 독성이 검출되지 않았고, 계속 방치하면 근육으로 독이 이행한다는 것을 확인할 수 있었다고 하여, 본 연구 결과와는 다소 상이하였다. 하지만 이처럼 두 연구 사이에 결과가 차이를 보이는 것은 실험방법중 해동방법이 서로 다르기 때문인데 즉, 塩見 등(1985)이 말하는 완만해동은 4℃의 저온실에서 방치하는 것이며, 급속해동은 15℃의 유수로 해동시킨 것으로서, 본 연구에서의 해동방법과는 차이가 있다. 그리고 이들은 유수해동후 어느 조건으로 방치하였는지가 명시되어 있지 않아 정확한 비교

는 어렵다. 하지만 해동이 완전하게 되어 근육의 강도가 선어일 때와 비슷해질 정도가 되면 근육으로의 독의 이행이 훨씬 많아지기 때문에 근육의 독화가 심해진다고 고찰한 것은 본 연구결과와 같다. 이것은 해동시의 어체의 냉동상태가 근육 증으로의 독이행과 밀접한 관계가 있음을 시사하는 것으로서 시사하는 바가 크다. 왜냐하면 본 연구에서도 확인하였듯이 냉동한 후에 가능하다면 해동하지 않은 상태에서 가식부를 제거하게 된다면 근육의 독성이 해동하는 것들에 비해 월등하게 낮았기 때문에 근육의 독화를 예방할 수 있었다는 것이, 이런 가정을 뒷받침해 준다. 결국 본 연구에서 완만해동이 급속해동보다 근육으로의 독 이행이 적었던 것은 완만해동시의 어체 상태가 급속해동시에 비해서 덜 풀린 상태였기 때문일 수도 있다. 실제로 실험 도중에 물속에서 급속해동 시킨 개체가 실온에 방치한 것보다 더 빠르게 근육이 풀렸음이 관찰되었기에 그만큼 근육의 독화도 진행될 수 있었을 수 있다. 따라서 냉동시킨 국매리복을 해동할 적에는 어체가 완전히 풀리지 않은 상태에서 취급할 필요가 있겠다.

제 4 절 냉동 기간에 따른 근육의 독성 비교

앞 절에서 국매리복은 냉동 온도에 따라서는 근육의 독화 정도가 차이를 보이지 않지만, 해동 방법에 따라서는 차이를 보인다는 것을 밝혔다. 하지만 냉동 기간에 따라서는 근육 중의 독성에 차이가 있는지는 분명치 않기에 이번에는 -20°C 로 완만동결 하여 1 개월과 2 개월 간 저장한 뒤 완만해동 하였을 적의 독성에 차이가 있는지를 살펴보기로 하였다.

완만냉동으로 1 개월간 저장한 후 완만해동한 국매리복 근육의 독성 결과는 Table 10 과 같으며, 같은 조건으로 2 개월간 저장한 것의 독성 결과는 Table 11 과 같다.

1 개월간 냉동한 후 완만해동한 경우(Table 10)에는 조사한 20 개체 중에서 $> 5 \text{ MU/g}$ 의 독성을 나타낸 개체수는 16 개체로 유독개체출현율은 80.0%였고, $> 10 \text{ MU/g}$ 은 5 개체로서 25.0%의 출현율을 나타내었다. 최고독성은 16 MU/g 이었고, 이들의 평균독성은 $6.8 \pm 1.0 \text{ MU/g}$ 이었다. 그리고 2 개월간 냉동한 후 완만해동한 경우(Table 11)는 조사한 15 개체 중에서 $> 5 \text{ MU/g}$ 의 독성을 나타낸 개체수는 14 개체로 유독개체출현율은 93.3%였고, $> 10 \text{ MU/g}$ 은 4 개체로서 26.7%의 출현율을 나타내었다. 최고독성은 14 MU/g 이었고, 이들의 평균독성은 $7.8 \pm 0.8 \text{ MU/g}$ 이었다.

따라서 이들의 결과를 비교하면, $> 10 \text{ MU/g}$ 의 유독개체출현율(1

개월시 25.0%와 2 개월시 26.7%), 최고독성(16 MU/g과 14 MU/g) 및 평균독성(6.8 MU/g와 7.8 MU/g)이 큰 차이가 없는 것으로 나타났기 때문에 냉동기간이 길어짐에 따라 근육 중으로의 독 이행에는 별다른 차이가 없었음을 알 수 있었다.

표 10. -20℃에서 1 개월간 완만냉동후 완만해동시킨 국매리복 근육의 독성

Table 10. Toxicity in muscle of slowly frozen for 1 months and slowly thawed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	5	5	5	6
	7	7	7	8
	8	9	9	10
	11	11	12	16
n=20, 최고독성 16 MU/g, 평균독성 6.8±1.0 MU/g				

표 11. -20℃에서 2 개월간 완만냉동후 완만해동시킨 국매리복 근육의 독성

Table 11. Toxicity in muscle of slowly frozen for 2 months and slowly thawed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	5	7	7
	7	7	7	8
	8	8	8	10
	10	11	14	
n=15, 최고독성 14 MU/g, 평균독성 7.8±0.8 MU/g				

제 5 절 냉동전 어체 처리에 따른 근육의 독성 비교

앞의 연구들을 통해서 원래 국매리복의 근육은 무독 수준이지만 어체를 냉동저장하였다가 해동을 시키면 근육의 독성이 높아져서 독화한다는 것을 알게되었다. 그리고 독성이 높아지는 이유가 냉동과 해동하는 동안에 생체 안에서 독이 새롭게 합성되었기 때문이라기 보다는 해동중 독성이 강한 다른 조직으로부터 근육으로 독이 이행되었다고 보는 것이 타당할 듯 하였다. 그래서 냉동 후의 처리 과정중 독성이 근육보다 높은 간장이나 생식선을 포함한 내장 부위와 껍질 부위 가운데 어느 조직으로부터 독의 이행이 이루어졌는지 조사하기 위하여, 국매리복을 통채로 냉동한 것과 상기한 조직을 각각 또는 함께 제거한 후 냉동보관 하였다가 완만해동후 근육 중의 독성을 비교하였다.

이를 위해서는 앞에서와 같이 어시장에서 빙장한 상태의 국매리복을 입수하여 껍질을 제거한 것과 내장을 제거한 것 그리고 껍질과 내장을 함께 제거한 것 등 3 군으로 나누어 이들을 1 개월간 각각 동결저장 하였다가 완만해동한 다음 근육 중의 독성을 조사하였는데, 그 결과는 각각 Table 12~14 와 같다.

껍질을 제거한 후 동결저장한 국매리복의 근육에서는(Table 12), 18 개체를 조사한 중 > 5 MU/g의 독성은 10 개체에서 나타나서 유독출현율은 55.6%이었고, > 10 MU/g은 단 1 개체에서만 나타나서 5.6%의 출현율을 보이는데 지나지 않았다. 최고독성도 16 MU/g에 지나지 않았

고, 이들의 평균독성은 4.2 ± 1.1 MU/g에 불과하였다.

그리고 내장을 제거한 후 동결저장한 국매리복의 근육에서는 (Table 13), 조사한 15 개체중 > 5 MU/g의 독성을 보인 것은 14 개체로 93.3%라는 비교적 높은 출현율을 보였고, > 10 MU/g의 것도 5 개체나 되어 33.3%의 출현율을 보였다. 최고독성은 28 MU/g이었고, 평균독성은 10.8 ± 2.1 MU/g이었다.

표 12. 껍질을 제거한 후 1 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성

Table 12. Toxicity in muscle of skin-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 1 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	< 5	< 5	< 5
	5	5	5	6
	7	7	8	8
	8	16		
n=16, 최고독성 16 MU/g, 평균독성 4.2 ± 1.1 MU/g				

표 13. 내장을 제거한 후 1 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성

Table 13. Toxicity in muscle of viscera-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 1 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	5	5	6
	6	7	8	8
	9	9	10	14
	23	24	28	
n=15, 최고독성 28 MU/g, 평균독성 10.8±2.1 MU/g				

한편, 유독 부위인 내장과 껍질을 함께 제거하여 동결저장한 국매리복의 근육에서는(Table 14), 조사한 21 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 보인 것은 19 개체로 90.5%의 비교적 높은 출현율을 보였지만, > 10 MU/g의 것은 3 개체에 불과하여 14.3%의 출현율을 보였다. 그리고 최고독성은 12 MU/g이었고, 평균독성은 5.8±0.7 MU/g이었다.

표 14. 껍질과 내장을 제거한 후 1 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성

Table 14. Toxicity in muscle of skin- and viscera-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 1 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	6	7
	8	8	10	11
	12			
n=21, 최고독성 12 MU/g, 평균독성 5.8±0.7 MU/g				

따라서 이들 결과를 비교해 본다면 동결-해동과정 중에 근육의 독화와 관련있는 조직이 어느 것인지를 알 수가 있겠다. 즉, 본 결과에 따르면, 우선 > 5 MU/g의 유독개체출현율은 내장을 제거한 복어가 가장 높았고 이어서 껍질과 내장을 함께 제거한 복어, 껍질을 제거한 복

어의 순이었고, > 10 MU/g의 유독개체출현율도 마찬가지로 내장을 제거한 복어가 가장 높았고 다음으로는 껍질과 내장을 함께 제거한 복어, 껍질을 제거한 복어의 순이었다. 이와 같은 경향은 최고독성이나 평균독성의 경우도 마찬가지였다.

표 15. 껍질을 제거한 후 2 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성

Table 15. Toxicity in muscle of skin-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 2 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	5	5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	5	6
	6	8		
n=18, 최고독성 8 MU/g, 평균독성 4.2±0.6 MU/g				

표 16. 내장을 제거한 후 2 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성

Table 16. Toxicity in muscle of viscera-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 1 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	5	5
	6	6	6	6
	6	7	7	8
	8	8	9	9
	9	13	28	28
n=20, 최고독성 28 MU/g, 평균독성 8.7±1.6 MU/g				

한편, 동일한 조건으로 처리한 국매리복을 2 개월간 완만냉동한 후에 근육 중의 독성을 조사한 결과는 Table 15 ~ 17과 같다.

껍질을 제거한 후 동결저장한 국매리복의 근육에서는(Table 15), 18 개체를 조사한 중에 > 5 MU/g의 독성은 14 개체에서 나타났으며 유독출현율은 77.8%이었고, > 10 MU/g은 단 1개체도 없었다. 그리고 최고독성도 8 MU/g에 지나지 않았고, 이들의 평균독성은 4.2±0.6 MU/g에 불과하였다.

표 17. 껍질과 내장을 제거한 후 2 개월간 동결저장한 국매리복 근육의 독성.

Table 17. Toxicity in muscle of skin- and viscera-removed "Kuk-meri-bok" puffer (*Takifugu vermicularis*) specimens stored at -20°C for 2 month

어획시기	근육의 독성 (MU/g)			
1997. 5.	< 5	< 5	< 5	< 5
	< 5	< 5	5	5
	5	5	5	5
	5	5	5	6
	6	6	6	6
	7	8	11	12
	13	14		
n=26, 최고독성 14 MU/g, 평균독성 5.4±0.8 MU/g				

그리고 내장을 제거한 후 2 개월간 동결저장한 국매리복의 근육에서는(Table 16), 조사한 20 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 보인 것은 18개체로 90.0%라는 비교적 높은 출현율을 보였고, > 10 MU/g의 것은

3 개체뿐 이어서 15.0%의 출현율을 보이는데 지나지 않았다. 최고독성은 28 MU/g이었고, 평균독성은 8.7 ± 1.6 MU/g이었다.

한편, 유독 부위인 내장과 껍질을 함께 제거하여 2 개월간 동결저장한 국매리복의 근육에서는(Table 17), 조사한 36 개체 중에서 > 5 MU/g의 독성을 보인 것은 30 개체로 83.3%의 출현율을 보였지만, > 10 MU/g의 것은 4 개체에 불과하여 11.1%의 출현율을 보였다. 그리고 최고독성은 14 MU/g이었고, 평균독성은 5.4 ± 0.8 MU/g이었다.

2 개월간 냉동한 결과도 앞의 1 개월간 냉동한 경우와 마찬가지로, > 5 MU/g의 유독개체출현율이나 > 10 MU/g의 유독개체출현율, 최고독성 및 평균독성이 내장을 제거한 복어가 가장 높았고 이어서 껍질과 내장을 함께 제거한 복어, 껍질을 제거한 복어의 순을 보였다.

이상의 결과를 보면, 껍질을 제거한 국매리복에서 근육 중의 독성을 포함한 여러 측정항목이 모두 가장 낮았으므로, 근육이 독화하는 것은 동결후 해동하는 과정에 껍질에 분포하는 독샘으로부터 TTX가 빠져나와 근육으로 옮겨가기 때문일 것임을 알 수가 있었다. 내장을 제거한 복어의 근육중 독성이 그다지 낮지 않은 것으로 미루어 근육의 독화에는 크게 관여하지 않는다고 볼 수가 있겠다. 이로써 국매리복의 냉동저장후 해동시 근육의 독화는 껍질로부터 유래하는 것이며, 따라서 근육의 독화를 억제하기 위해서는 껍질의 제거가 필수적이고 특히 냉동하기 이전에 이루어져야만 효과적임을 알 수가 있었다.

제 4 장 멧음말

본 연구를 통하여, 살아있는 동안의 국매리복은 근육이 무독 수준의 독성밖에 지니지 않지만 어획되고나서의 각종 유통 과정 중에 행해지는 냉동 처리 및 해동 처리에 의해서 독화된다는 사실을 알 수가 있었다. 따라서, 국매리복 근육의 독성을 줄이기 위해서는 어떤 생화학적이거나 화학적인 방법이 필요한 것이 아님을 알 수 있을 것이다. 이하, 이에 관하여 정리한다.

일반적으로 복어는 냉동후 해동하는 동안에 근육이 독화할 가능성이 있음은 塩見 등(1984, 1985)도 복섬을 사용한 실험에서 밝힌 바 있다. 본 실험에서 사용한 국매리복은 복섬보다 어체가 크고 가식부가 많아 시중 음식점에서도 많이들 애용하는 종류이지만, 앞서 말한대로 껍질이 다른 복어류에 비해 매우 연약하여 어획시의 핸드링 조작이나 어획후 유통 과정 중에 쉽게 손상을 입기 때문에 표피가 온전한 무늬를 하고 있는 개체를 보기가 어려울 정도이다. 껍질 중의 독샘은 주로 진피층에 분포하고 있어(Kodama et al., 1985) 단순한 핸드링 조작으로는 손실이 크지 않겠지만, 냉동이나 해동 등의 물리적인 자극이 가해지면 세포 수준에서의 조직 손상이 일어나게 되어 독샘이 손상을 입을 것이며, 이로 인해 독이 빠져 나오게 될 것이다.

실제로, 우리 나라나 일본의 주요 어획(생산)지에서 국매리복에 의한 식중독 사고가 잘 발생하지 않는 것은 선어 상태에서 껍질을 제거한 후에 근육을 섭취했기 때문이지만, 일본에서 발생한 4 건의 중독

사고는 어획후 콜드체인에 의해 냉동상태로 저장 및 유통되다가 식용으로 가공처리 하기 전에 해동한 것이어서 껍질 중의 독이 근육으로 옮겨졌기에 식중독을 일으킨 것으로 보인다.

본 연구에서 밝혀진 바와 같이, 냉동방법(제 2 절)과 냉동기간(제 4 절)은 국매리복의 근육 독화에 아무런 영향을 미치지 않지만, 해동상태(제 3 절)와 유독 조직의 제거 여부(제 5 절)가 크게 관련이 있음을 알 수 있었다. 특히, 해동시 근육이 완전히 풀릴때까지 방치하면서 가식부를 얻기보다는 다소 덜 풀린 상태일 정도로 해동하거나 또는 냉동인 상태에서 채육하는 것이 근육 독화를 막을 수 있었다. 이와 관련하여 塩見 등(1984, 1985)도 복섬을 내부중심온도가 -3°C 정도까지 해동(이 상태를 '반해동'이라 하였다) 하였을 경우에는 근육의 독화가 일어나지 않았다고 하였다.

한편, 해동시의 근육 독화에 미치는 유독 조직의 영향에 있어서 껍질은 근육의 독화와 밀접한 관계가 있지만 내장은 그만큼 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이런 결과는 본 실험에서 독성검사를 위해 채육한 부위가 꼬리 부위였기 때문에 그 영향이 있었을 수도 있다. 이와 관련하여, 塩見 등(1984, 1985)은 복어를 통채로 냉동한 다음에 완만해동 시킨 개체는 해동 직후에는 껍질로부터 독이 이행됨에 따라 꼬리육과 등쪽육이 모두 독화하였고, 이를 더욱 방치하여 시간이 지나면 꼬리육이나 등쪽육 모두 껍질로부터의 독의 이행이 더욱 진행되는데다가 등쪽육은 내장으로부터의 독의 이행도 더하여져서 해동직후보다 근육 독화의 정도가 심해지므로 등쪽육이 꼬리육보다 독성이 높아진다고 하였다. 그리고 전반적으로 해동시에는 껍질의 독이 내장의 독보다 근육으로 이행하기가 훨씬 쉽다고 하였다. 그리고 Noguchi et al.

(1997)도 어획후 냉동보관과 판매과정이 바람직하지 못한 조건이라면 무독한 근육이 껍질과 같은 유독 부위에 의해 오염될 수 있음을 밝히고 있는 등 껍질에 의해 독화가 이루어질 수 있음을 강조하였다.

한편, 본 연구에서는 선어 근육의 독성이 이전의 연구결과에 비해 서 다소 높은 편이었는데, 즉 본인(錢·野口, 1996; Noguchi et al., 1997)들이 1995 년과 1996 년에 이번의 시료와 동일한 지역에서 어획한 시료를 조사한 결과에 따르면 거의 모든 개체에서 독성이 검출되지 않았는데 비하여(최고독성 2 MU/g, 평균독성 < 2 MU/g), 본 연구에서는 비록 < 10 MU/g의 무독 수준이기는 하였지만 최고독성 10 MU/g 과 평균독성 6.0 ± 0.4 MU/g의 독성이 검출되었다. 이것은 복어의 독성에 개체차, 지역차, 연도차, 성별차가 있다고는 하지만(橋本, 1975), 이 보다는 어획 후의 보존상태 및 보존 방법에 따라서 생긴 차이일 것으로 여겨진다. 다시 말해, 1995 년과 1996 년 시료는 어획 직후 좌판에서 선어로 판매하던 것을 입수한 것이고, 1997 년 시료는 어획후 2~3일간 큰 통에서 빙장(氷藏)해두어 통 안의 얼음이 녹아서 일부 물과 함께 섞여있는 것을 입수한 것이었으므로, 이런 차이(선도)가 근육의 독성이 차이하는데 영향을 미쳤을 수 있다. 이처럼 국매리복의 선도가 독성에 미치는 영향에 관해서는 향후 상세하게 조사할 필요가 있겠다. 게다가 각종 냉동실험과 해동실험에 있어서도 근육 중의 독성이 이전의 다른 연구 결과치보다 낮게 나타났던 것도 바로 이런 시료 상태가 크게 영향하였을 것이다.

여하튼 본 연구에서 얻은 여러 결과는 냉동 국매리복을 어떻게 취급하는 것이 바람직한 방법인지를 생각하는데 중요한 단서를 제공하고

있다. 우선 국매리복을 식용으로 하는 최선의 방법 즉, 해동시 근육의 독화를 막을 수 있는 가장 확실하고 최선의 방법은 ① 어획후 즉시 유독 조직을 제거한 다음에 냉동하는 것이다. 껍질이 강독인 국매리복은 내장뿐 아니라 껍질을 반드시 제거해야만 해동시 껍질의 독성분이 근육으로 이행하는 것을 막을 수가 있다. 하지만 이 방법의 문제점으로는 무엇보다도 껍질을 벗기려면 노동력과 시간이 필요한데 경제적인 면에서 어민들에게 이것까지 기대하기란 그리 쉬운 일은 아니다. 더욱이 우리 나라처럼 복어 요리에서 껍질이 붙어있는 상태를 선호하는 것도 바람직하지 못하므로 국매리복의 경우에는 절대 피해야만 한다. 그리고 껍질을 벗겨버리면 종을 판별할 수 없다는 점도 문제가 될 수 있다. 특히 국내에서 유통할 적에는 크게 문제가 되지 않을 수 있겠지만 일본 등 외국에서 수입할 경우에는 통관하는데 장애가 된다. 따라서 이를 해결할 수 있는 방안을 마련할 필요가 있는데, 예를 들어 외국의 수입처가 우리 나라 현지에서 국매리복을 입수하여 껍질 제거 등의 조치후 1 차 가공을 한 후에 수입하는 방안도 생각할 수 있겠다. 그리고 아무런 사전조치도 없이 선어를 통채로 냉동하였을 경우도 생각할 수 있는데, 이럴 경우에 냉동방법은 근육의 독화에 영향을 미치지 않는 것으로 밝혀졌으므로 무시해도 좋지만 해동방법은 주의해야만 한다. 앞서의 연구 결과에서도 밝혀졌듯이 ② 가능하다면 냉동한 상태에서 가식부를 얻거나, 어쩔 수 없는 경우라면 반해동된 상태로 처리해야만 한다. 이를 위한 방안으로는 예를 들어, 수산가공공장에서 널리 쓰이는 자동필렛기를 사용하는 것도 적당한 방법이라 여겨진다. 한편, 어쩔 수 없이 완전히 근육이 풀리도록 해동되었을 경우에는 될 수 있는대로 해동후 빠른 시간내에 유독부위를 제거하여야 하며, 장시간 방치하는 일은 피해야만 하고, 채육후에는 유수에 담궈두어 독이 유출되

도록 해야 한다.

본 연구에서 얻어진 결과를 토대로 제안한 이들 취급방법을 어획 후 유통현장에서 확실하게만 실행한다면 냉동 국매리복에 의한 식중독은 사전에 예방할 수 있을 것이며, 따라서 외국으로의 수출도 가능하며 관련 산업의 활성화는 물론이고 국민들의 고급 단백질 소재로서의 안전성 확보에도 기여할 수 있을 것이다.

여 백

참 고 문 헌

- 전중균·유재명(1993). 한국 복어의 분류와 독성. 한국해양연구소, BSPE 00313-579-3. pp.61.
- 전중균·유재명(1995). 한국산 복어의 독성. 2. 국매리복의 독성. 한수지 28(2), 141~144.
- 錢重均・野口玉雄(1996). 韓國産ナシフグの毒性. 日水誌 62(6), 944~945.
- 橋本芳郎(1977). 魚貝類の毒. 學會出版センター. p.377, 東京, 日本.
- 野口玉雄・金東洙・加納碩雄・淺川 學・齊藤俊治(1991). ナシフグ *Fugu vermicularis radiatus*의 毒性의 地域差. 日本食品衛生學會誌 32, 149~154.
- 鹽見一雄・紫田 哲・山中英明・菊池武昭(1984). 冷凍フグ解凍時における筋肉の毒化. 日水誌 50, 341~347.
- 鹽見一雄・田中榮治・熊谷純智・山中英明・菊池武昭・河端俊治(1985). 冷凍フグ解凍時における筋肉の毒化に影響をおよぼす諸因子の検討. 日水誌 51, 619~625.

赤枝 宏・野口玉雄 (1996). 日本産ナシフグの毒性ならびに中毒アンケート調査. 日水誌, 62(6), 942~943.

河端俊治(1978). 食品衛生検査指針II. (厚生省環境衛生局監修). 232~240p. 日本食品衛生協会, 東京.

Hashimoto, Y.(1950). On the toxicity of a puffer, "Nashofugu" (*Sphoeroides vermicularis radiatus*). Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 16, 43~45.

Kodama, M., T. Ogata and S. Sata.(1985). External secretion of tetrodotoxin from puffer fishes stimulated by electric shock. Marine Biol. 87, 199~202.

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(3), 132~139.

Saito, T., T. Noguchi, S. Kanoh and K. Hashimoto(1985). Tetrodotoxin as a biological defence agent for puffers. Nissuishi 51, 1175~1180.