J. Fd Hyg. Safety 17(4), 193–200 (2002)

Cochlodinium polykrikoides 적조에 노출하여 치사시킨 어류의 해수저장 중 선도변화

김지회† · 이희정 · 김태진* · 유현덕* · 김풍호 · 박정흠
*국립수산과학원 식품위생과, *국립수산과학원 양식환경연구소*

Effect of *Cochlodinium polykrikoides* Bloom on the Quality Changes of Fish during Storage in Seawater

Ji Hoe Kim†, Hee Jung Lee, Tae Jin Kim*, Hyun Duk Yoo*, Poong Ho Kim and Jeong Heum Park
Food Sanitation Division, National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea
**Aquaculture Environment Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Tongyeong 650-943, Korea*

ABSTRACT - Three species of fish such as yellow tail (*Seriola quinqueradiata*), bastard halibut (*Paralichthys olivaceus*) and black rockfish (*Sebastes schlegeli*) were exposed to the dinoflagellate, *Cochlodinium polykrikoides*, and quality changes of fish after death were investigated during the extended storage. The volatile basic nitrogen (VBN) and aerobic plate counts (APC) were determined in the muscles of fish, and organoleptic change was evaluated in the gills, skins and muscles. APC in all the fish species did not change in 6 hours of storage, but increased gradually thereafter. VBN contents in the muscles continuously increased throughout the storage of fish. Slightly higher levels of APC and VBN were observed in the tested fish than control fish, which had been exposed to air until died and stored in seawater without treating *C. polykrikoides*. After 12 hours of storage, APC and VBN contents in the muscles did not exceed the initial spoilage limit, 10^5 CFU/g for APC and 30 mg/100 g for VBN, in all of the fish including control fish. Organoleptic change in fish treated with *C. polykrikoides* did not greatly differ from the control fish. After 8 hours of storage, distinctive deterioration of muscle was detected organoleptically in the treated fish and the control fish. The compiled result indicated that moribund fish exposed to *C. polykrikoides* bloom should be handled properly in 6 hours of storage after death of fish.

Key words: Quality change, moribund fish, *Cochlodinium polykrikoides*, bloom, volatile basic nitrogen (VBN), aerobic plate count

근년 거의 전 세계적으로 진행되고 있는 연안수역의 부영양화로 인하여 여러 가지 문제가 발생하고 있으며, 대표적인 것이 식물성 플랑크톤이 일시에 대량 발생하는 적조이다. 연안수역에서 발생하는 적조가 그다지 문제로 되지 않는 경우도 있으나, 수산업에 피해를 유발하는 유해성 적조는 우리나라 연안에서 1981년 이후 지속적으로 발생하고 있으며, 특히 1995년 이후 대규모의 *Cochlodinium polykrikoides* 적조가 발생하여 막대한 경제적 피해를 입히고 있다[1,2]. *Cochlodinium* sp.에 의한 적조는 우리나라뿐만 아니라 일본[3], 중국[4], 중미의 과테말라[5] 등에서도 보고되어 있고, 코스타리카와 파나마 연안에서는 산호초 폐사와 관련이 있다는 보고도 있다[6]. 이러한 *C. polykrikoides* 적조 방제를 위하여 우리나라에서는 황토살포[7]와 살조세균[8] 등에 관한 연구가 진행되어 왔으나 이 플랑크톤에 의한 적조 발생시 양식어 폐사 등 수산업의 피해는 여전히 반복되고 있다.

C. polykrikoides 적조에 의한 어류 치사기구는 서식환경의 용존산소 저하 또는 플랑크톤이 어류의 아가미에 부착하고 또 점질물을 분비하여 어류의 호흡을 방해하기 때문으로 알려져 있다[9-11]. 또한 이 플랑크톤은 인체에 유해한 독성분도 생성하는 것으로 외국에서는 일부 보고되었으나[12], 우리나라에서 적조를 유발하는 *C. polykrikoides*는 마우스에 영향을 미치는 급성독성물질이 없는 것으로 보고되어 있다[9]. 그리고 수산물 중 여과섭이를 하는 패류는 플랑크톤이 생성하는 자연독을 먹이사슬을 통하여 축적하지만 어류가 이러한 플랑크톤 독을 축적하는 경우는 열대지역에서 주로 발생하는 시과테라 외에는 거의 알려져 있지 않다[13,14]. 따라서 우리나라에서 *C. polykrikoides* 적조로 폐사한 어류에 식물성 플랑크톤이 생성하는 유독성분이 이행·축적되어 있을 가능성은

†Author to whom correspondence should be addressed.

거의 없는 것으로 추정된다. 그렇지만 우리나라에서 *C. polykrikoides* 적조가 발생하여 양식어류가 폐사하였을 때 전량 폐기하고 있어 수산자원의 효율적 이용이라는 측면에서 큰 손실이라 아니할 수 없다. 이렇게 적조로 폐사한 어류를 폐기하는 것은 여러 가지 이유가 있겠으나 그 중 폐사 후 해수에 방치된 어류의 부패에 이르는 초기 선도변화에 대한 자료가 없는 것도 한 원인이라 생각된다.

본 연구는 *C. polykrikoides* 적조로 폐사한 어류를 식품원료나 사료로의 이용을 위한 기초연구의 일환으로 양식어류를 이 적조에 노출하였을 때의 반응과, 적조로 폐사한 어류를 해수에 저장하였을 때 시간경과에 따른 생균수, 휘발성염기질소 및 관능적 변화 등 선도변화를 시험하였다.

재료 및 방법

시험어

실험에 사용한 어종은 방어(*Seriola quinqueradiata*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 등 대표적 양식어 3종으로, 경남 통영시에서 활어상태로 구입하여 사용하였으며, 시험에 사용된 각 어종별 평균 전장 및 체중은 Table 1에 나타내었다.

해수

시험어류를 치사시키기 위한 *C. polykrikoides* 함유 해수는 2001년 8월 30일 경남 통영시 학림도 인근(서쪽) 적조발생 해역에서 20 L들이 플라스틱 용기에 채취하고 실험실로 운반하여 시험에 사용하였으며, 이 해수의 *C. polykrikoides* 밀도는 약 4,000 cells/mL이었다. 한편 대조구에 사용한 해수는 경남 통영시 산양읍에 소재한 국립수산과학원 양식환경연구소에서 시험연구에 사용하고 있는 여과해수를 이용하였다.

적조해수에 어류의 노출시험

시험용 적조해수는 1,000 L용 원형수조에 약 600 L를 채우고 각 어종별로 20마리씩 투입하여 45분간 두면서 어종별로 시간경과에 따른 사망 개체수를 확인하였다. 45분 경과 후에도 일부 살아있는 개체는 인위적으로 머리 뒤의 척추를 조심스럽게 골절하여 치사시킨 후 해수에 투입하였다.

Table 1. Averages (±S.D.) of total-length and total-weights of the fish tested

Fish	Total length (cm)	Total weight (g)	N
Yellow tail	48.3±2.9	1,206±178	26
Bastard halibut	35.4±3.2	525± 76	26
Black rockfish	29.4±2.0	395± 77	26

그리고 대조구의 각 시험어는 플라스틱 용기에 담아 공기중에 방치하여 질식시켰으며, 실험 시작시까지 사망하지 않은 개체는 위에서 나타낸 바와 같이 골절 치사시켜 같은 크기의 원형수조에 신선한 여과해수를 비슷한 량으로 채운 수조에 투입하였다. 대조구 및 시험구 어류는 각 시험해수에서 12시간 저장하면서 매 2시간 간격으로 각 수조에서 어종별로 2마리씩 취하여 분석에 사용하였다. 어류를 저장한 해수의 온도는 실험을 시작하였을 때 25°C였으며, 12시간 경과 후에는 21°C이었다.

생균수 및 휘발성 염기질소의 측정

시험어 근육 중의 생균수는 A.P.H.A.[15]의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 시험어의 껍질을 벗긴 후 근육을 무균적으로 채취하고, 1.0%의 NaCl을 첨가한 0.5% peptone water로 균질화 및 희석하여 1.5% NaCl을 첨가한 Plate Count Agar(Difco)에 접종하여 35±0.5°C에서 48시간 배양한 후 근육 g당 Colony Forming Unit(CFU)로 나타내었다. 이 때 시험어 근육 g당으로 환산한 생균수가 100 CFU 이하일 때는 100 CFU/g으로 나타내었다. 그리고 휘발성염기질소(volatile basic nitrogen, VBN)는 위에서 채취한 어육을 사용하여 Conway 미량확산법[16]으로 측정하였다.

관능적 변화관찰

시험어의 VBN 및 생균수 함량을 측정하기 위하여 근육을 채취할 때 시료어의 아가미(색, 점액), 표피(점질물, 탈피시 껍질에 근육의 부착) 그리고 근육에서 액즙의 유출 등 관능적 변화를 육안으로 관찰하였다.

결 과

적조 해수에 노출된 어류의 반응

C. polykrikoides 농도가 약 4,000 cells/mL인 해수에 시험어류를 투입하였을 때 시간경과에 따른 어류의 치사 반응결과를 Table 2에 나타내었다.

적조 해수(수온 25°C)에 투입된 방어, 넙치 및 조피볼락

Table 2. Numbers of moribund fishes exposed to *Cochlodinium polykrikoides* of 4.0×10^3 cells/mL

Fishes	Exposed time (min.)		
	15	30	45
Yellow tail	3/20*	7/20	20/20
Bastard halibut	0/20	2/20	11/20
Black rockfish	0/20	1/20	8/20

*No of moribund fishes/total fishes.

등 3종의 시험활어 중 방어가 가장 민감한 반응을 나타내어 약 5분 후부터 입을 크게 벌리고 빠르게 유영을 하였으며, 투입 15분 내에 20마리 중 3마리가, 45분 후에는 전개체가 사망하였다. 넙치의 경우에는 수면 위로 탈출하려는 행동을 나타내었으며, 30분 후에 2마리가, 45분 후에는 11마리가 사망하였다. 조피볼락은 시험어 중 비교적 안정하였으며, 45분 후에도 20마리 중 8마리만 사망하여 어종에 따른 차이를 나타내었다.

해수저장 어류의 선도변화

휘발성염기질소(VBN)의 변화 – *C. polykrikoides* 적조해수와 공기 중에 노출시켜 치사시킨 어류를 각각 적조해수와 정상해수에 저장하였을 때 각 시험어 근육중 VBN 함량변화를 Fig. 1에 나타내었다. 치사직후의 신선한 근육중 VBN함량은 어종에 따른 차이가 있어 넙치(5 mg/100 g)가 낮았고, 조피볼락(10 mg/100 g)이 상대적으로 높았다. 또한 해수 중 저장시간에 따른 VBN 함량의 변화는 전체적으로 적조해수에서 치사·저장한 시험구가 공기 중에서 질식시켜 정상해수에 저장한 대조구보다 약간 빠른 증가 경향을 보였다. 즉, 방어와 넙치의 경우 12시간 저장하였을 때 대조구는 16 mg/100 g이었던 반면, 시험구는 약 20 mg/100 g에 달하였다. 그리고 어종에 따라서는 방어와 넙치는 비슷한 경향으로 증가하였고, 조피볼락은 이보다 약간 빠른 경향을 나타내었다. 일반적으로 가공원료의 선도기준 VBN 함량인 20 mg/100 g[17]을 기준으로 하였을 때 방어와 넙치의 경우 대조구는 시험이 완료될 때인 12시간까지 초과하지 않았고, 시험구에서는 12시간째에 초과하였으며, 조피볼락은 대조구의 경우 8시간째, 시험구는 4시간째 각각 초과하였다. 따라서 어류 근육중 VBN의 함량과 그 변화는 어종이나 저장조건에 따라 상이하였으나 치사후 해수에 12시간 저장하여도 초기 부패단계의 VBN 함량 기준인 30 mg/100 g[16,17]을 초과하는 개체는 없었다.

생균수의 변화 – *C. polykrikoides* 적조해수와 공기 중에 노출시켜 치사시킨 시험어를 각각 적조해수와 정상해수에 저장하였을 때 각 시험어 근육 중 생균수의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 시험어 근육 중 생균수의 변화는 모든 시험구와 대조구 어류에서 저장 6시간까지는 1.0×10^2 CFU/g 이하를 나타내었으나 그 이후에는 어종 및 시험조건에 따라 차이를 나타내었다. 방어의 경우 개체에 따른 차이가 일부 있었으나, 시험구와 대조구 모두 8시간 이후 증가하는 경향을 나타내었지만 12시간 후에도 10^3 CFU/g 이하의 균수를 유지하였다. 넙치의 경우는 시험조건에 따른 차이를 나타내어 저장 8시간째에 대조구는 5.0×10^2 CFU/g였던 반면 시험구는 1.2×10^3 CFU/g을 나타내었고, 12시간 후에는 각각 4.0×10^2 CFU/g 및 4.2×10^3 CFU/g이었다. 그러나 조피볼락의 경우 대조구 및 시험구 모두 8시간 이후에는 빠른 생균수의 증가를 보여 12시간 후에는 약 10^4 CFU/g의 균이 검출되었다. 따라서 적조로 폐사한 어류를 해수에 저장하였을 때 근육 중 생균수의 변화는 어종뿐만 아니라 저장조건에 따라서도 차이가 있음을 알 수 있었다.

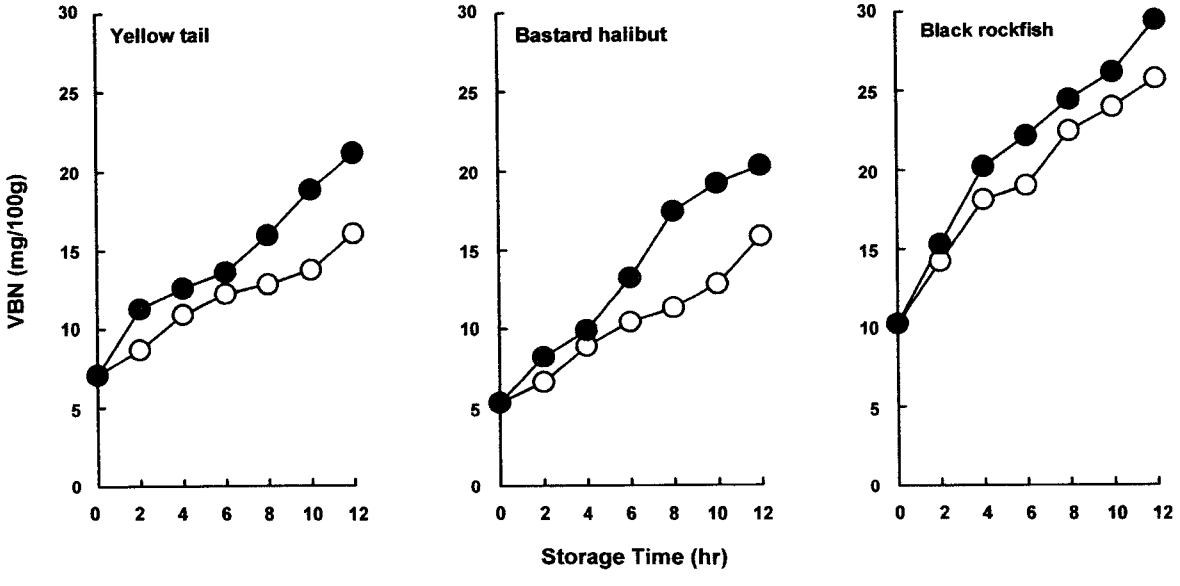

Fig. 1. Changes of volatile basic nitrogen (VBN) in the muscle of fish stored in seawater.
—●—, fish stored in blooming seawater with *Cochlodinium polykrikoides* treatment; —○—, fish stored in seawater without exposing to *Cochlodinium polykrikoides*.

관능적 변화 – 시험어를 각각의 조건으로 치사 및 저장하였을 때 시간경과에 따른 시험어 아가미, 껍질 및 근육 등의 관능적 변화는 Table 3에 나타내었다.

시험어 중 넙치가 가장 빠른 변화를 보여 아가미는 2시간 후에 약하게 퇴색하였고, 4시간 후에 아가미의 퇴색 및 점질물이 관찰되었다. 그리고 넙치의 껍질에서는 초기에 뚜렷한 변화를 보이지 않았으나 8시간 후에 탈피시에 육질의 일부가 껍질에 부착하는 현상을 나타내었고, 10시간 후에는 껍질 전면에 다량의 점질물이 관찰되었다. 조피볼락의 경우 아가미의 관능적 변화는 넙치보다 2시간 지연되었으나 탈피시 육질의 일부가 껍질에 부착하는 현상은 거의 같은 저장시간에 나타났다. 넙치와 조피볼락에서 껍질에 근육의 일부가 부

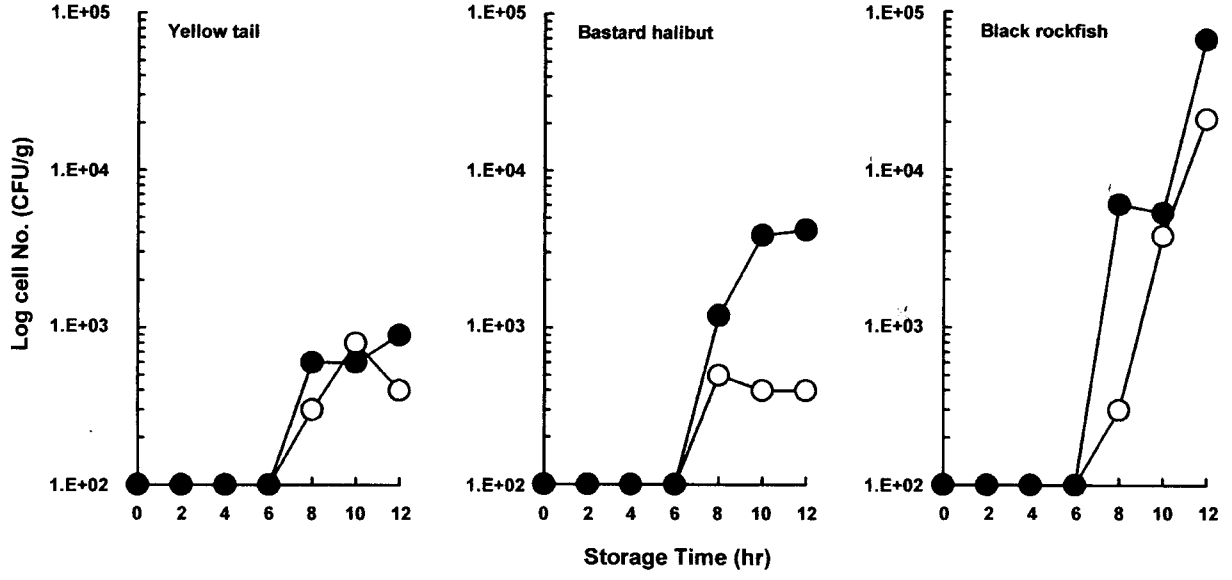

Fig. 2. Changes of aerobic plate counts in the muscle of fish stored in seawater.
—●—, fish stored in blooming seawater with *Cochlodinium polykrikoides* treatment; —○—, fish stored in seawater without exposing to *Cochlodinium polykrikoides*.

Table 3. Organoleptic changes of fish stored in seawater

Storage Time	Yellow tail				Bastard halibut				Black rockfish			
	Tested fish[1]		Control fish[2]		Tested fish		Control fish		Tested fish		Control fish	
	Gill	Muscle	Gill	Muscle	Gill	Skin	Gill	Skin	Gill	Skin	Gill	Skin
0	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal
2	〃	〃	〃	〃	Slightly discolor,	〃	Slightly discolor	〃	〃	〃	〃	〃
4	〃	〃	〃	〃	Discolor, Mucus	〃	Discolor, Mucus	〃	Slightly discolor	〃	Slightly discolor	〃
6	Slightly discolor	〃	Slightly discolor	〃	〃	〃	〃	〃	Discolor, Mucus	〃	Discolor, Mucus	〃
8	Discolor, Mucus	〃	Discolor, Mucus	〃	〃	Muscle stuck on the skin	〃	Muscle stuck on the skin	〃	Muscle stuck on the skin	〃	Muscle stuck on the skin
10	〃	Excre-tion fluid	〃	Excre-tion fluid	〃	Mucus on the skin	〃	Mucus on the skin	〃	〃	〃	〃
12	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

[1] Tested fish had been exposed to *Cochlodinium polykrikoides* bloom. After the death, fish were stored in blooming seawater to evaluate organoleptic changes during the extended storage.
[2] Fish, which had been exposed to air until died, were stored in seawater and tested as a control.

착하는 현상이 나타났을 때 육질의 상태는 넙치의 경우 끈적하였으며, 조피볼락은 오히려 푸석한 듯 하였다. 방어의 경우 아가미의 관능적 변화는 넙치보다 4시간 정도 지연되었고, 12시간까지 껍질에서 특이한 현상은 관찰되지 않았으나 10시간 저장한 경우 어육 채취를 위해 근육을 절개하였을 때 많은 육즙이 유리되었다.

한편, 전 어종에서 공기중에서 질식시킨 대조구와, 적조해수에서 치사시킨 시험구 간의 관능적 차이는 거의 발견되지 않았으며, 시험 종료시까지 내장의 부패시 발생하는 복부 가스팽만으로 인하여 수면위로 부상하는 개체도 전혀 없었다.

고 찰

C. polykrikoides 적조 폐사어의 안전성

식물성 플랑크톤은 해양 생태계의 근간이 되는 기초 생산자로서 대단히 중요한 역할을 하지만 일시에 대량 발생하여 소위 '적조'를 형성하면 그 환경에 서식하는 어패류 등의 수산생물에 직·간접적으로 피해를 주고, 또 인체에 유독한 독성물질을 생성하는 종도 일부 알려져 있다[18,19]. 우리나라 연안에서는 적조로 인하여 양식어류가 폐사하는 등의 문제가 발생하고, 또 폐사한 어류는 모두 폐기하고 있어 경제적으로 큰 손실이 아닐 수 없다. 따라서 이러한 폐사어를 식품이나 사료로 이용하기 위하여 먼저 적조폐사어의 위생안전에 관한 문헌적 고찰을 한다.

본 연구에서 대상으로 한 적조원인종 *C. polykrikoides* 혹은 같은 속(genus)의 다른 종이 인체에 유해한 독성물질을 생성하는지, 적조 폐사어의 이용 예가 있는지 등에 대하여 살펴보았다. 일본에서는 *C. polykrikoides*의 조체에 마비성패독 성분(carbamoyl-N-sulfo-11α-hydroxyneosaxitoxin)이 함유되어 있는 것으로 보고되었고[12], 또 같은 속의 *C. citron*도 마비성패독 성분을 생성하는 것으로 추정되고 있어[19] 안전성에 우려되는 면이 일부 있다. 그러나 Taylor[19]는 같은 보고에서 *C. citron*과 달리 *C. polykrikoides*는 유독성분을 함유하지 않는다고 하였고, 또 Lee[9]도 우리나라 통영인근해역에서 채취한 *C. polykrikoides*에서는 마비성 혹은 설사성 패독성분 등 마우스 치사독성이 검출되지 않았다고 보고하여 동일 종에 있어서도 원인 플랑크톤의 strain에 따라 차이가 있는 것으로 생각되었다. 그리고 Qi *et al.*[4]은 1990년 중국의 Fujian에서 *Cochlodinium* sp. 'type 90'에 의한 적조가 발생하여 어패류가 폐사하였을 때 현지 주민들이 폐사한 어패류를 섭취하여도 중독자는 전혀 없었던 것으로 보고하였다.

따라서 현재까지의 연구결과에서 *C. polykrikoides* 적조로 폐사한 어류를 식품 혹은 사료로 이용시 위생안전 측면에서 명확한 결론은 없다. 다만, 위에서 나타낸 여러 보고[4,9,19]와, 열대해역에서 발생하는 시과테라와 같이 일부 경우를 제외하면 식물성 플랑크톤의 유독성분이 어류의 근육에 이행·축적되는 예가 거의 없다는 점[13,14], 그리고 *C. polykrikoides*에 의한 어류치사기구가 호흡장해라는 점[9-11] 등을 종합적으로 고려할 때 *C. polykrikoides* 적조로 폐사한 어류를 식품이나 사료로 이용하여도 큰 위해는 없을 것으로 사료된다. 그리고 일부 우려되는 플랑크톤 자체의 위해성 문제에 대하여 보다 안전성을 부여하기 위해서는 적조 폐사어 이용시 원인 플랑크톤이 부착 또는 내재하고 있는 아가미와 내장을 제거하는 등의 처리가 따라야 할 것으로 생각된다.

C. polykrikoides 적조에 노출된 어류의 반응

C. polykrikoides 적조에 양식어가 노출되었을 때 시험어의 반응은 방어가 가장 민감하였고, 넙치와 조피볼락은 방어만큼 민감하지는 않았으나 플랑크톤 농도가 4,000 cells/mL인 해수에 투입하였을 때 45분 후에 거의 반수가 사망하였다(Table 2). 그런데 Kim *et al.*[11]은 *C. polykrikoides*가 5,000 cells/mL인 해수에서 넙치와 조피볼락은 24시간까지 사망하지 않았다고 보고하여 본 시험결과와는 차이를 나타내었다. 이러한 것은 Kim *et al.*[11]의 연구에서 수온은 22°C 정도였는데 반하여 본 시험에서는 약 25°C로 차이가 있었고, 이외에 시험당시 어류의 상태 및 어체 크기의 차이에도 기인하는 것으로 추정된다.

적조 폐사어의 선도변화

어류는 사후 경직, 해경이라고 하는 근육의 생화학적 변화 과정을 거쳐 품질저하 요인이 되는 근육효소에 의한 자기소화와 세균효소에 의한 부패단계에 들어가며, 이러한 선도의 변화는 어종, 치사조건 및 저장조건 등에 따라서 차이가 있다[21,22]. 그래서 본 실험에 사용한 대조구의 치사방법은 *C. polykrikoides* 적조에 의한 어류의 폐사기구가 주로 호흡장해에 의한 것으로 보고되어 있으므로[9-11] 가급적 시험구(적조폐사어)와 비슷한 치사조건을 부여하기 위하여 공기 중에서 질식시켰다.

수산물은 사후 선도저하가 빠르기 때문에 품질측면에서 선도는 가장 중요시하는 요소이며, 선어의 선도지표로 일반 생균수와 VBN 등이 널리 사용되고 있고, 특히 VBN은 부패의 진행과 높은 상관관계가 확인되어 있다[22]. 그런데 본 연구에 사용한 어류의 근육 중 VBN 함량은 방어 및 넙치와는 달리 조피볼락은 초기에도 그 함량이 높아 어종에 따른 차이를 나타내었고, VBN의 변화 또한 어종에 따른 차이가 있었다(Fig. 1). 이렇게 어육 중 VBN의 함량과 저장 중의 변화가 어종, 부위 및 저장조건 등에 따라 다르다는 것은 다른 연구에서도 보고된 바 있다[20,23]. 그리고 선도판정의 지표

로서 VBN 함량은 일반적으로 아주 신선한 어육의 경우 5~10 mg/100 g, 보통 신선한 어육은 15~20 mg/100 g, 초기부패 어육은 30~40 mg/100 g, 부패한 어육은 50 mg/100 g 이상이라 하며, 가공원료로 사용하는 경우의 원료선도의 한계점은 20 mg/100 g으로 알려져 있다[16,17]. 본 연구에 사용한 3종의 어류는 치사 후 해수에 12시간 저장 후에도 근육 중 VBN 함량으로만 판단하였을 때 보통 선도를 나타내었으나 후술하는 바와 같이 생균수 및 관능적 평가는 다소 차이가 있었다.

어류의 아가미, 내장 및 어피의 점질물 등에는 생균수가 대단히 높지만 건강한 어류의 근육은 일부 이견이 있으나 일반적으로 무균상태를 유지하고 있는 것으로 알려져 있다[24,25]. Shewan[24]은 어육을 저장하였을 때 생균수의 변화에 대하여 0°C에서는 1~2일의 유도기를 거쳐 9~10일 후에는 최고 균수인 10^7~10^8 CFU/g에 달하지만, 25°C에 저장한 어육에서 생균수는 급격히 증가하여 1~2일 후에 최고에 달한다고 하였다. 그리고 Sugahara *et al.*[26]은 균질화한 고등어육을 온도별로 저장하였을 때 최초 2.7×10^4 CFU/g에서 20°C에서는 12시간 후에 10^9 CFU/g으로 증식하였으나 0°C에 저장하였을 때에는 3일 후에도 증가하지 않았다고 하였다. 또한 *Vibrio vulnificus*가 인위적으로 오염된 넙치 선어를 온도별로 저장하였을 때 근육에서 균수는 20°C의 경우 20시간 이후에 균이 증가하기 시작하였으나, 30°C에 저장하였을 때는 6시간째부터 균이 증가하였다는 보고도 있다[27]. 따라서 저장온도는 생선의 근육에서 생균수의 변화에 큰 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 어육의 선도판정의 지표로서 근육 중 생균수는 조건에 따른 차이는 있으나 일반적으로 어육 1 g 중 10^5 CFU 이하이면 신선하고, 10^5~10^6 CFU 정도이면 초기부패, 1.5×10^6 CFU 이상이면 부패에 달한 것으로 간주하고 있다[17]. 그래서 본 연구에서 나타난 결과(Fig. 2)를 보면 저장 12시간까지는 생균수 측면에서는 시험어의 근육이 부패에까지 이르지 않은 것으로 판단되나 이 이후에는 다른 연구[24,26]에서 나타난 바와 같이 짧은 시간 경과하여도 생균수가 급격히 증가될 것으로 예상할 수 있다. 한편, 清水[28]는 냉장한 돌가자미 근육에서 VBN 함량이 15 mg/100 g 이하일 때 생균수는 $<10^3$ CFU/g이었고, VBN이 38 mg/100 g일 때 생균수는 약 10^5 CFU/g이었으며, 전갱이 근육의 경우 VBN 함량이 14.5~16.7 mg/100 g일 때 생균수는 3.0×10~5.0×10^2 CFU/g이라고 하여 본 연구결과와 대단히 유사한 경향이었다. 그러나 일본 동경시내 음식점에서 유통되는 초밥용 생선회에 대한 선도조사[29]에서 방어육은 37°C에서 배양한 생균수가 1.3×10^4~8.2×10^4 CFU/g이었을 때 VBN은 8.1~16.8 mg/100 g을 나타내어, 본 연구에서 나타난 VBN-생균수(Fig. 1과 2)의 결과와는 차이가 있었는데 이는 생선회 조리과정 중에 세균이 오염되었기 때문으로 사료된다. 그리고 시험구와 대조구 어류의 치사조건은 비슷하지만 근육 중 VBN과 생균수 함량의 변화에 차이를 나타내는 저장조건의 차이 때문으로 생각되며, 또한 적조해수는 정상해수에 비하여 훨씬 높은 균수를 유지하고 있어[30] 이러한 세균도 일부 기여한 것으로 사료된다.

한편, 시험어 부위별 관능적 선도변화는 아가미의 색깔과 점질물 등은 어종에 따라 2~4시간 사이에 변화가 있었으나 실제 가식부위인 근육의 변화는 6시간 후에 일부 나타났으며, 8시간 째에는 뚜렷하였다(Table 3).

이상의 결과에서 적조로 폐사한 어류 3종을 해수에 저장하였을 때 12시간이 경과하여도 초기 부패단계의 기준인 VBN 30 mg/100 g 및 생균수 10^5 CFU/g을 초과하지는 않았으나 관능적 변화는 6시간 이후에는 변화가 나타났다. 따라서 적조 폐사어는 6시간 이내의 가급적 빠른시간 내에 처리하여야 할 것으로 판단되었다.

감사의 말씀

본 연구는 국립수산과학원의 경상연구과제로 수행된 결과의 일부로 연구비 지원에 감사드리며, 시료해수의 채취 및 시험에 협조하여 주신 국립수산과학원 양식환경연구소의 연구원 여러분께 감사드립니다.

국문요약

Cochlodinium polykrikoides 적조로 폐사한 어류를 식품원료나 사료로 이용하기 위한 기초연구의 일환으로 방어(*Seriola quinqueradiata*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*) 및 조피볼락(*Sebastes schlegeli*) 등 양식어류 3종을 이 적조에 노출하여 치사시켰다. 이 치사어류를 동 적조수에 저장하면서 저장시간에 따른 생균수, 휘발성염기질소 및 관능적 변화 등을 공기 중에서 질식시킨 후 신선한 해수에 저장한 어류와 비교하였다. 시험어 근육중 생균수는 저장 6시간 이후부터 증가하는 경향을 보였고, 휘발성염기질소는 지속적으로 증가하는 경향이었다. 치사 후 해수에 저장된 각 시험어 근육중 휘발성염기질소 및 생균수 함량의 변화는 적조해수에서 치사·저장한 시험구가 공기 중에서 질식시킨 대조구보다 약간 빠른 증가 경향을 보였으나, 시험구와 대조구간의 관능적 변화의 차이는 뚜렷하지 않았다.

적조로 폐사한 어류 3종을 해수에 저장하였을 때 12시간이 경과하여도 근육에서 초기 부패단계의 기준인 VBN 30 mg/100 g 및 생균수 10^5 CFU/g을 초과하지는 않았으나 관능적 변화는 6시간 이후에는 변화가 나타나 적조 폐사어는 6시간 이내에 처리하여야 할 것으로 판단되었다.

참고문헌

1. 김학균, 이삼근, 안경호, 윤성화, 이필용, 이창규, 조은섭, 김정배, 최희구, 김평중: 한국 연안의 적조. 국립수산진흥원, 280 pp. (1997).
2. 김학균, 정창수, 임월애, 이창규, 김숙양, 윤성화, 조용철, 이삼근: 한국연안의 *Cochlodinium polykrikoides* 적조 발생과 변천. *한수지*, **34**, 691-696 (2001).
3. Yuki, K. and Yoshimatsu, S.: Two fish-killing species of *Cochlodinium* from Harima Nada, Seto Inland Sea, Japan. In *Red Tide: Biology, Environmental Science, and Toxicology* (Okaichi, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. eds.), Elsevier, New York, pp. 451-454 (1989).
4. Qi, D., Huang, Y. and Wang, X.: Toxic dinoflagellate red tide by a *Cochlodinium* sp. along the coast of Fujian, China. In *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea* (Smayda, T.J. and Shimizu, Y. eds.), Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam, pp. 235-238 (1993).
5. Rosales-Loessener, F., Matsuoka, K., Fukuyo, Y. and Sanchez, E.H.: Cysts of harmful dinoflagellates found from Pacific coastal waters of Guatemala. In *Harmful and Toxic Algal Blooms* (Yasumoto, T., Oshima, Y. and Fukuyo, Y. eds.), Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 193-195 (1996).
6. Guzman, H.M., Cortes, J., Glynn, P.W. and Richmond, R.H.: Coral mortality associated with dinoflagellate blooms in the eastern Pacific (Costa Rica and Panama). *Mar. Biol.*, **60**, 299-303 (1990).
7. 최희구, 김평중, 이원찬, 윤성종, 김학균, 이홍재: 황토의 유해성 적조생물 *Cochlodinium* 종의 제거효과. *한수지*, **31**, 109-113 (1998).
8. 박영태, 박지빈, 정성윤, 송병철, 임월애, 김창훈, 이원재: 적조생물 살조세균 탐색. I. 유해 적조생물 *Cochlodinium polykrikodes* 살조세균 *Micrococcus* sp. LG-1의 분리와 살조특성. *한수지*, **31**, 767-773 (1998).
9. 이종수: *Cochlodinium polykrikoides* 적조 조체의 생리활성 성분. *한수지*, **29**, 165-173 (1996).
10. Kim, C.S., Bae, H.M., Yun, S.J., Cho, Y.C. and Kim, H.G.: Ichthyotoxicity of a harmful dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*: Aspect of hematological responses of fish exposed to algal blooms. *J. Fish. Sci. Tech.*, **3**, 111-117 (2000).
11. Kim, C.S., Lee, S.G. and Kim, H.G.: Biochemical responses of fish exposed to a harmful dinoflagellate *Cochlodinium polykrikoides*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **254**, 131-141 (2000).
12. Onoue, Y. and Nozawa, K.: Zinc-bound PSP toxins separated from *Cochlodinium* red tide. In *Mycotoxins and Phycotoxins '88* (Natori, S., Hashimoto, K. and Ueno, Y. eds.), Elsevier, Amsterdam, pp. 359-366 (1989).
13. 橘本芳郎: 魚貝類の毒. 學會出版センター, 東京, 377 pp. (1983).
14. 장동석, 김영만, 김영목, 김지회, 목종수, 박미연, 박욱연, 성희경, 신일식, 오은경, 이명숙, 이원동, 이태식, 이희정, 조학래, 최종덕, 허성호: 수산식품위생학. 도서출판 정명당, 부산, pp. 93~148 (2000).
15. A.P.H.A.: Recommended Procedures for the Examination of Seawater and Shellfish, 4th Ed. American Public Health Association, Inc., New York, 105 pp. (1970)
16. 厚生省生活衛生局: 食品衛生檢查指針 理化學編. 社團法人 日本食品衛生協會, 東京, pp. 269-271 (1991).
17. 박영호, 장동석, 김선봉: 수산가공이용학. 형설출판사, 서울. pp. 399-408 (1995).
18. Taylor, F.J.R.: Toxic dinoflagellates: Taxonomic and biogeographic aspects with emphasis on *Protogonyaulax*. In *Seafood Toxins* (Ragelis, E.P. ed.), ACS Symposium Series 262, American Chemical Society, Washington, D.C., pp. 77-97 (1984).
19. Taylor, F.J.R.: The taxonomy and relationship of red tide flagellates. In *Toxic Dinoflagellates* (Anderson, D.M., White, A.W. and Baden, D.G. eds.), Elsevier, New York, pp. 11-26 (1985).
20. 内山 均, 鈴木たね子, 江平重男, 野口榮三郎: ヒラメ・カツオの氷藏中における鮮度低下に關する生化學的研究. *日水誌*, 32, 280-285 (1966).
21. 岩本宗昭: 致死條件と貯藏溫度. In *魚類の死後硬直* (山中英明 編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 74-82 (1991).
22. 藤井建夫: 鮮度と微生物. In *魚介類の鮮度判定と品質保持* (渡邊悅生 編), 恒星社厚生閣, 東京, pp. 64-81 (1995).
23. Ehira, S.: A biochemical study on the freshness of fish. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 88, 1-132 (1976).
24. Shewan, J.M.: The microbiology of sea-water fish. In *Fish as Food, Vol. 1. Production, Biochemistry, and Microbiology* (Borgstrom, G. ed.), Academic Press, New York, pp. 487-560 (1961).
25. 高瀨 明, 尾藤方通: 保健衛生の研究と進步, 水產食品の腐敗と中毒. 績文堂出版株式會社, 153 pp. (1959).
26. Sugahara, I., Kimura, T., Hayashi, K. and Tahara, T.: Bacterial flora and effect of lytic enzyme on bacterial growth in mackeral muscle during storage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **54**,

1195-1198 (1988).
27. 이태식, 이희정, 김지회, 박정흠: 수산물 저장중의 *Vibrio vulnificus* 균수변화. *국립수산진흥원연구보고*, **55**, 145-150 (1999).
28. 清水 潮: 微生物と食品. In *食品微生物學 -食品衛生の立場から* (相磯和嘉 監修), 醫齒藥出版株式會社, 東京, pp. 207-243 (1976).
29. 內山 均, 江平重男, 小林 宏, 清水 亘: 揮發性鹽基, トリメチルアミン, ATP 關連化合物の魚類鮮度判定法としての測定意義. *日水誌*, **36**, 177-187 (1970).
30. Romalde, J.L., Barja, J.L. and Toranzo, A.E.: Vibrios associated with red tides caused by *Mesodinium rubrum*. *Appl. Environ. Microbiol.*, **56**, 3615-3619 (1990).