

유기산을 이용한 전복박리

김위식 · 이시우 · 김 정 · 최동익* · 오명주** · 황두진†

전남대학교 수산과학연구소, *전남대학교 수산해양대학, **전남대학교 수산생명의학과

Exfoliation of abalone, *Haliotis discus hannai* using organic acid

Wi-Sik Kim, Si-Woo Lee, Jung Kim, Dong-Ik Choi*, Myung-Joo Oh** and Doo-Jin Hwang†

The Fisheries Science Institute, Chonnam National University, Yeosu 556-901, Korea

*College of Fisheries and Ocean Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

**Department of Aquafife Medicine, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

It is reported that abalone, *Haliotis discus hannai*, was detached from shelters by commercial oxytetracycline (OTC) dissolved in hydrochloric acid (HCl). In the present study, we investigated the exfoliation effect of fouling abalone by organic acids instead of OTC or HCl. Organic acids (malic acid, citric acid, lactic acid and formic acid) of pH 2.6 and pH 2.1-2.3 exfoliated over 67.6% and 91.7% of abalone, respectively; while OTC of pH 2.6 and pH 2.1-2.3 exfoliated 25.9% and over 74.1% of abalone, respectively. These results indicate that the exfoliation effect of organic acid is better than that of OTC dissolved in HCl at the same pH. However, a lower pH and longer treatment of organic acids resulted in delayed recovery of the detached abalone; abalone immersed in pH 2.3 for 10 second was recovered within 5 min, but took 12 min to recover after 30 second immersion. Moreover, recovery period for abalone exposed to pH 2.1 for 30 second was at least 15 min 45 second. In conclusion, though acids need to be cautiously handled, organic acids may be a better candidate to detach abalone instead of OTC or HCl.

Key words : Abalone, Exfoliation, Organic acid, pH

전복은 양식과정에 있어 선별, 밀도조절, 출하 등을 위해 부착기질 (셸타)로부터 전복을 박리시켜야 하는데, 이 경우 전복의 수가 많을수록 박리하는 데에 많은 시간과 노력이 필요하며, 또한 전복을 박리할 때 발생하기 쉬운 물리적인 손상으로 인해 전복이 대량 폐사되는 경우가 있다.

전복을 박리하는 방법에는 화학적 및 물리적 방법들이 개발되어 있다 (相良과 二宮, 1969; 杉山과 田中, 1981; 노, 1988; White *et al.*, 1996; 최 등, 1997; 1998;

한, 1998; 한 등, 2003). 화학적인 방법으로는 요소비료 ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), 파라아미노안식향산에틸 ($p\text{-H}_2\text{NCOOH}$), 탄산가스, 황산마그네슘 (MgSO_4), 2-phenoxyethanol, 각종 마취제 등을 이용한 방법들이 개발되어 있으며, 물리적인 방법으로는 흔들 처리법, 전복의 습성을 이용한 야간 박리법 등이 개발되어 있다. 하지만 이들 박리 방법들은 효율성 및 안정성 측면에서 단점이 있어 현장에 적용하는데 한계가 있거나 일부 화학물질들은 발암성 물질 (우레탄)이거나 향정신성 약물 (2-phenoxyethanol, barbitol sodium)으로 규제 대상이기 때문에 사용에 장애요인이 되고 있다 (한, 1998).

†Corresponding author : Doo-Jin Hwang

Tel and Fax : 061-659-7126

E-mail : djhwang@chonnam.ac.kr

최근 전복 양식현장에서는 전복을 박리시키기 위해 수산용 항생제인 옥시테트라사이클린 (Oxytetracycline, OTC)을 사용하고 있다. 김 등 (2012)의 연구에 따르면 전복은 OTC에 함유되어 있는 염산 (hydrochloric acid, HCl)에 의해 셀타로부터 박리되며, 낮은 pH (강산)는 전복을 빠른 시간에 효율적으로 셀타로부터 박리시킬 수 있을 것으로 보고하였다. 전복 양식에서 OTC 및 HCl의 사용은 수계 환경에 악영향을 미칠 수 있으며, 천연 식품인 전복의 이미지를 훼손시킬 수 있기 때문에 사용하는데 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 유기산을 사용하여 전복박리 효과를 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

전라남도 여수시에 위치한 전남대학교 수산과학 연구소에서 생산된 참전복, *Haliotis discus hannai* 치패 (각장 2.6-3.7 cm, 체중 2.5-6 g)를 실험에 사용하였다. 사육 수온은 12.5-14°C 였으며, 100×64 cm 셀타에 134-392 마리 부착된 전복을 사용하여 박리 실험을 실시하였다.

유기산에 의한 전복박리 효과를 평가하기 위해, 유기산 제제인 사과산 (대정, 한국), 구연산 (대정, 한국), 젖산 (대정, 한국) 및 개미산 (페이칭 에시드 케미칼, 중국)을 사용하였으며, 양성대조군로서 OTC (우성양행, 한국)를 사용하였다. 박리 효과는 각각의 유기산을 여과된 해수 2L에 녹여 pH 2.1, 2.3, 2.6으로 조절한 후 분무기를 사용하여 셀타에 붙은 전복에 10초간 분사하여 박리율을 조사하였다. 회복 효과는 1×1×0.82 m 소형 가두리에 박리된 전복의 패각을 저면으로 향하게 놓은 후, 자력으로 몸을 180도 회전하여 원래의 부착 상태로 유지되면 회복되었다고 설정하였고, 90% 이상이 회복될 때의 시간을 측정하였으며 14일간 사육하면서 폐사율을 조사하

였다.

유기산의 노출 시간에 따른 전복의 영향을 평가하기 위해, 각각의 유기산을 여과된 해수에 녹여 pH 2.1과 2.3으로 조절한 후 전복 (각 40 마리)을 10, 20 및 30초 동안 침지시킨 후 회복 효과 조사하였다. 회복 효과는 위와 동일한 방법으로 90% 이상이 회복될 때의 시간을 측정하였으며, 30분이 경과되어도 90% 이상이 회복되지 않은 경우에는 30분에서의 회복율을 측정하였다. 실험에 사용된 전복은 14일간 사육하면서 폐사율을 조사하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 유기산을 사용하여 전복박리 효과를 검토하였다. 전복박리 효과를 나타내는 상업용 OTC의 pH를 조사하기 위해, 김 등 (2012)의 연구결과를 토대로 pH 2.8-3.2의 OTC 농도로 전복을 노출시킨 결과, 20% 이하의 박리율이 나타나 김 등 (2012)의 연구 결과 (pH 2.8-3.2의 박리율: 95% 이상)와 차이를 보였다. 이러한 이유는 실험에 사용된 전복의 크기 및 사육 수온과 밀접한 관련성이 있는 것으로 확인되었다 (자료 게재 생략). 본 연구의 실험 조건 (전복 각장: 2.6-3.7 cm, 사육수온: 12.5-14°C)에서는 pH 2.3 이하에서 전복이 74% 이상 박리되었기 때문에 pH를 2.1, 2.3, 2.6으로 설정하여 유기산의 박리 효과를 평가하였다.

상업용 OTC의 전복박리 및 회복 효과를 조사한 결과, pH 2.6, 2.3, 2.1에서 각각 25.9% (95/367), 74.1% (235/317), 99.1% (336/339)의 박리율을 보였으며, 박리된 전복은 2분 이내에 회복되었다 (Table 1). 유기산의 경우, 사과산에 노출된 전복은 pH 2.6에서 84.3% (226/268)의 박리율을 보였고 pH 2.3과 2.1에서 97.5% (153/157) 이상의 박리율을 나타내었으며, 전복은 2

Table 1. Exfoliation and recovery of abalone by treatment with organic acids

Organic acid	pH	Concentration (g per 2 L)	Exfoliation rate % (detached no./ total no.)	Recovery time
Malic acid	2.6	3	84.3% (226/268)	55 sec
	2.3	8.5	97.5% (153/157)	1 min 35 sec
	2.1	15	98.5% (132/134)	2 min 15 sec
Citric Acid	2.6	2.9	67.6% (265/392)	1 min 5 sec
	2.3	6	92.4% (315/341)	1 min 50 sec
	2.1	12	97.9% (185/189)	2 min 25 sec
Lactic acid	2.6	3.7	70.9% (146/206)	50 sec
	2.3	8.6	91.7% (132/144)	1 min 35 sec
	2.1	16.5	97.9% (142/145)	3 min
Formic acid	2.6	2.3	84.9% (270/318)	2 min 21 sec
	2.3	6	95.6% (172/180)	3 min 24 sec
	2.1	12.3	96% (218/227)	11 min
Commercial oxytetracycline	2.6	14.5	25.9% (95/367)	1 min
	2.3	28.5	74.1% (235/317)	1 min 30 sec
	2.1	53	99.1% (336/339)	2 min

분 15초 이내에 회복되었다. 구연산과 젖산은 서로 유사한 결과로서 pH 2.6에서 각각 67.6% (265/392)과 70.9% (146/206)의 박리율을 보였고, pH 2.3과 2.1에서 91.7% (132/144) 이상의 박리율을 나타내었으며, 박리된 전복은 3분 이내에 회복되었다. 개미산에서는 pH 2.6, 2.3, 2.1에서 각각 84.9% (270/318), 95.6% (172/180), 96% (218/227)의 박리율을 보였으며, pH 2.6과 2.3에서 3분 24초 이내에 회복되었으나 pH 2.1에서는 11분이 지나서야 회복되었다. 유기산 처리 후 14일간 폐사율을 관찰한 결과에서는 단지 pH 2.3의 사과산과 pH 2.1의 개미산에서 각각 1마리와 11마리가 폐사되었다 (자료 게재 생략). 이상의 결과, 유기산은 동일한 pH의 OTC 보다 박리효과가 우수한 것으로 확인되었다. 특히, 유기산의 종류에 따라 박리 효과에 차이를 보였으나 pH 2.3 이하의 유기산에서

91.7% 이상이 박리되는 것으로 확인되었다. 본 연구에서 사용된 유기산 외에도 낮은 pH의 푸말산, 호박산 및 과일즙 (레몬, 자몽, 매실 및 유자즙)에서도 위와 유사한 박리 효과가 나타나는 것으로 확인되었다 (자료 게재 생략).

유기산의 노출 시간에 따른 전복의 영향을 평가하기 위해, Table 1의 결과를 토대로 전복 박리에 유용하게 사용될 수 있는 pH 범위인 2.1과 2.3에서 전복을 10-30초간 침지시킨 후 회복 시간 및 폐사율을 조사하였다 (Table 2). pH 2.3의 OTC에서 10, 20, 30초 동안 침지된 전복은 각각 4분 30초, 5분 40초, 5분 20초에 회복되었으며, pH 2.1에서는 5분 5초, 7분 10초, 8분 3초에 회복되었다. pH 2.3의 사과산에서 10, 20, 30초 동안 침지된 전복은 각각 3분 30초, 8분 45초, 8분 5초에 회복되었다. pH 2.1에서 10와 20초 동안

Table 2. Recovery of abalone by immersion for 10, 20 and 30 second with organic acids

Organic acid	pH	Recovery time		
		10 sec	20 sec	30 sec
Malic acid	2.3	3 min 30 sec	8 min 45 sec	8 min 5 sec
	2.1	8 min 20 sec	14 min 40 sec	87.5% (35/40)*
Citric Acid	2.3	5 min	6 min 30 sec	12 min
	2.1	11 min 30 sec	16 min 30 sec	80% (32/40)*
Lactic acid	2.3	3 min 43 sec	5 min 50 sec	8 min 1 sec
	2.1	6 min 20 sec	13 min 30 sec	15 min 45 sec
Formic acid	2.3	85% (34/40)*	52.5% (21/40)*	15% (6/40)*
	2.1	7.5% (3/40)*	2.5% (1/40)*	0% (0/40)*
Commercial oxytetracycline	2.3	4 min 30 sec	5 min 40 sec	5 min 20 sec
	2.1	5 min 5 sec	7 min 10 sec	8 min 3 sec

* Recovery rate % (recovered no./ total no.) at 30 min after treatment of organic acids

침지된 전복은 각각 8분 20초, 14분 40초에 회복되었고, 30초 동안 노출된 전복은 30분 동안 87.5% (35/40)가 회복되었다. 구연산에 노출된 전복은 사과산 보다 회복시간이 길어지는 것으로 나타났다. pH 2.3에서 10, 20, 30초 동안 침지된 전복은 각각 5분, 6분 30초, 12분에 회복되었으며, pH 2.1에서는 11분 30초, 16분 30초, 30분 동안 80% (32/40)가 회복되었다. 젖산은 유기산 중에 가장 빠른 회복시간을 보였는데, pH 2.3에서 3분 43초, 5분 50초, 8분 1초에 회복되었고, pH 2.1에서 6분 20초, 13분 30초, 15분 45초에 회복되었다. pH 2.3의 개미산에서 10, 20, 30초 동안 침지된 전복은 30분 동안 85% (34/40), 52.5% (21/40), 15% (6/40)가 회복되었으며, pH 2.1에서는 7.5% (3/40) 이하의 회복율을 나타내었다. 폐사율을 관찰한 결과에서는 단지 개미산에 처리된 전복에서만 관찰되었는데, pH 2.3에서 30초간 침지된 전복은 10% (4/40), pH 2.1에서 10, 20, 30초 동안 침지된 전복은 각각 50% (20/40), 75% (30/40), 100% (40/40)가 폐사되었다 (자료 게재 생략). 이상의 결과로 전복은 유기산의

pH가 낮아질수록 또는 처리시간이 길어질수록 회복시간이 늦어지는 것으로 확인되었다. 특히, pH 2.3에서 (개미산을 제외한 유기산) 10초간 침지된 전복은 5분 이내에 회복되었으나 30초간 노출될 경우 12분 이내에 회복되었다. 더욱이 pH 2.1에서 30초간 노출될 경우, 회복하는데 최소 15분 45초 이상이 소요되는 것으로 나타났다. 본 연구의 결과에서 OTC에 노출된 전복은 동일 pH의 유기산제제 보다 회복이 빠르게 나타났는데, 이러한 이유는 OTC의 경우 동일 pH의 유기산보다 박리효과가 현저히 낮게 나타났기 때문에 (Table 1) pH에 의한 손상이 그 만큼 적을 것으로 추정된다.

전복 박리법으로는 요소비료, 파라아미노안식향산에틸, 탄산가스, 황산마그네슘, 2-phenoxyethanol 등을 이용한 박리법, 흔들 처리법, 전복의 습성을 이용한 야간 박리법 등이 보고되어 있다 (杉山과 田中, 1981; 노, 1988; White *et al.*, 1996; 최 등, 1997; 1998; 한 등, 2003). 이중 파라아미노안식향산에틸을 사용한 박리법은 실용성이 우수하여 많은 종묘배양장에

서 사용되어 왔다. 파라아미노안식향산에틸의 박리 및 회복 효과에 대한 최 등 (1997)의 연구 결과를 보면, 50-300 ppm에 노출된 전복은 4-12분 사이에 90% 이상이 박리되며, 박리된 전복은 20-210분 사이에 회복된다고 보고되어 있다. 최근 김 등 (2012)은 HCl (pH 3-3.2)에 노출된 전복은 2분 이내에 100%가 박리되며, 2분간 처리하여도 4분 이내에 회복이 가능하다고 보고하여 HCl은 파라아미노안식향산에틸보다 전복 박리에 실용적임이 확인되었다. 본 연구에서는 전복 박리에 HCl (또는 OTC)을 대신하여 유기산의 사용이 가능한지를 평가한 결과, 유기산은 동일한 pH의 OTC 보다 박리효과가 우수한 것으로 확인되어 유기산은 양식현장에서 OTC를 대신해서 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

본 연구의 결과를 종합해 보면 다양한 종류의 유기산은 OTC 및 HCl을 대신해서 전복 박리에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 사료되나, 다음의 사항에 대해서는 각별한 주의가 요구된다. 첫째, 유기산의 종류에 따라 박리 및 회복 효과가 차이를 보이므로 유기산 선정시 주의가 필요하다 (본 연구에서는 사과산이 전복 박리에는 가장 효과적이었으나 젖산보다 회복시간이 늦어, 안정성면에서는 젖산이 가장 좋은 것으로 사료된다. 개미산의 경우는 회복이 늦으며 폐사를 유발하므로 사용에 제한이 있을 것으로 사료된다). 둘째, 전복의 크기 및 사육 수온에 따라 박리 효과가 달라지므로 양식 환경에 따라 유기산의 pH 조절이 반드시 필요하다. 셋째, 유기산의 처리시간이 길어질수록 회복 시간이 늦어지므로 처리 시간에 주의가 요구된다.

요 약

전복은 수산용 항생제인 옥시테트라사이클린 (Oxytetracycline, OTC)에 함유되어 있는 염산 (hydrochloric acid, HCl)에 의해 부착판 (셸타)으로부터 박리된다고 보고되어 있다. 본 연구에서는 전복 박리에 OTC 및 HCl을 대신해서 사용될 수 있는 제제로서 유기산을 평가하였다. pH 2.6의 유기산 (사과산, 구연산, 젖산 및 개미산)에 노출된 전복은 67.6% 이상이 셸타로부터 박리되었고, pH 2.3 이하의 유기산에서 91.7% 이상이 박리되었다. OTC의 경우, pH 2.6에서 25.9%가 박리되었고 pH 2.3 이하에서 74.1% 이상이 박리되었다. 이상의 결과, 유기산은 동일한 pH의 OTC 보다 전복박리 효과가 뛰어난 것으로 확인되었다. 유기산의 노출 시간 (10-30초)에 따른 전복의 영향을 평가한 결과에서는 pH 2.3의 유기산 (개미산 제외)에 10초간 침지된 전복은 5분 이내에 회복되었으나 30초간 노출될 경우 12분 이내에 회복되었다. 더욱이 pH 2.1에서 30초간 노출될 경우, 회복하는데 최소 15분 45초 이상이 소요되는 것으로 나타나 전복은 유기산의 pH가 낮아질수록 또는 처리시간이 길어질수록 회복 시간이 늦어지는 것으로 확인되었다. 이상의 결과로 전복박리 방법으로 유기산은 OTC 및 HCl을 대신해서 사용될 수 있을 것으로 사료되나 pH의 농도 및 처리시간에 있어서는 각별한 주의가 요구된다.

감사의 글

본 연구는 2012년 전남대학교 수산과학연구소의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- White, H. I., Hecht, T. and Potgieter, B.: The effect of four anaesthetics on *Haliotis midue* and their suitability for application in commercial abalone culture. *Aquaculture*, 140:145-151, 1996.
- 相良 順一郎, 二宮 直尚: 酔剤によるアワビ稚貝の付着面からの剥離について. *養殖研報*, 17:89-95, 1969.
- 杉山 元彦, 田中 彌太郎: 炭酸ガス麻酔によるアワビ稚貝の剥離について. *養殖研報*, 3:37-44, 1981.
- 김위식, 김 정, 황두진, 한중석, 이시우, 최동익, 임상민, 오명주: 옥시테트라사이클린의 전복박리 성분. *한국어병학회지*, 25:123-126, 2012.
- 노 삼: 참전복, *Haliotis discus hannai* Ino의 종묘생산에 관한 연구, 부경대학교 대학원 박사학위 논문, 87-101, 1988.
- 최상덕, 김호진, 서해립, 서호영, 양문호, 황성알, 양식산 참전복 (*Haliotis discus hannai*) 에 대한 리도카인 및 MS-222의 박리효과, *한국어병학회지*, 11:35-41, 1998.
- 최상덕, 정성채, 김호진, 공용근, 백재민, 최규정: 온도구간별 파라아미노안식향산에틸과 담수에 의한 양식산 참전복 (*Haliotis discus hannai*) 치패의 박리 및 마취회복에 관한 연구, *한국양식학회지*, 10:281-288, 1997.
- 한석중: 전복양식, 155-167, 1998.
- 한석중, 김봉래, 원승환, 김재우: 농업용 요소비료를 이용한 까막전복, *Haliotis discus Reeve* 마취 및 박리 효과, *한국양식학회지*, 16:223-228, 2003.

Manuscript Received : December 3, 2012

Revised : February 4, 2013

Accepted : March 18, 2013