

양식 방사무늬김, *Porphyra yezoensis*의 활성처리제 처리 효과

박성우[†] · 김대현

군산대학교 수산생명의학과

Effects of a Commercial Activating Treatment Agent on Cultured *Porphyra yezoensis* thalli

Sung-Woo Park[†] and Dae-hyun Kim

Department of Aquatic life Medicine, Kunsan National University, Kunsan, 573-701, Korea

The use of activating treatment agent (formerly acid treatment agent) has been an effective strategy to remove deleterious epibiont organisms such as diatoms and green seaweeds, and it has greatly contributed to increase in *Porphyra* production. Although many manufacturers supply many kinds of activating treatment agent with different components in these days, no report about their effects on *Porphyra* culture was found.

In this paper, effects of a commercial activating treatment agent were evaluated for practical use in *Porphyra* culture. No difference was found in dead cell ratios(%) of *Porphyra yezoensis* thalli between treated and control groups. However, dead cell ratios of *Monostroma nitidum* thalli were increased from 0~4.6% to 99.0~100% after the treatment. Bathing *Porphyra* thalli in activating treatment agent resulted in a great decrease in epiphytic bacterial number attached to the thalli from $10^2 \sim 10^{11}$ cells/g to $0 \sim 10^5$ cells/g but did not change the colour of the thalli. These results suggest that bathing *Porphyra* thalli in activating treatment agent could be a promising strategy to remove green algae, diatoms and bacteria.

Key words : *Porphyra yezoensis*, Activating treatment agent, Dead cell ratio

활성처리제(이전의 산처리제)를 사용함으로써 양식 김의 생산량은 증가되었지만, 활성처리제의 처리에 따른 비용과 노동력이 수반되어야만 한다. 또한 활성처리제의 처리에 따른 양식장 환경에 미치는 영향도 고려할 필요가 있다. 이 때문에 정부에서는 활성처리제의 적정사용 기준 등에 대한 필요한 사항을 정하여 어장환경을 보호하고 김의 품질향상 도모를 목적으로 “김 양식장 활성처리제 사용기준(2008)”을 설

정하였다. 이 기준에서 기존에 “산처리제”로 불리던 활성처리제를 “김 양식어장에서 잡조 제거 등의 목적으로 사용되는 유기산을 주성분으로 하는 물질”로 규정함과 동시에 활성처리제의 성분을 유기산의 함유량을 15.00% 이상으로 하는 등의 허용 함유량을 설정하였다. 이 기준은 2010년 농림수산식품부고시 제 2010-107호로 기존의 유기산을 주성분으로 하는 것 이외에 산성 전해수(염소이온 3.5%이하)도 활성처리제를 추가하였다. 2012년 1월 농림수산식품부고시 제 2012-1호로 활성처리제를 “김 양식어장에서 잡조 제거와 병해 방제용으로 사용되는 유기산 또는 산성전

[†]Corresponding author: Sung-Woo Park,

Tel: 063-469-1884, Fax:

E-mail: psw@kunsan.ac.kr

해수를 주성분으로 하는 물질”로 다시 개정하였다.

김 양식에 있어 활성처리제의 사용은 기존의 양식 김발을 노출시켜 부착하는 파래, 규조류 등을 제거하는 방법 대신에 pH 2정도의 산성 용액에 침지하는 「산처리법(acid treatment)」이 개발되어(伏屋 등, 1980), 김발에 부착하는 파래와 같은 녹조류와 엽체 표면에 부착하는 규조류와 같은 오염물질을 제거하여 김의 품질을 향상시키기 위해 널리 사용된다(Noda *et al.*, 1979; Fuseya *et al.*, 1980; Takayama *et al.*, 1983; Yamashita *et al.*, 1983; Kawamura *et al.*, 1992). 활성처리제의 처리에 가장 중요한 요인인 활성처리제 처리시의 pH를 안정적으로 유지하는 방안(Sagaguchi *et al.*, 2003)과 처리에 따른 비용을 최소화할 수 있는 방안으로 활성처리제의 단시간 침지법이 널리 사용되고 있다. 현재 김 양식에서는 활성처리제가 김 세포에 영향을 미치지 않는 pH 및 처리 시간을 고려하여 pH 2.0부근의 산성액에 김발을 수초~수분간 침지하는 방법을 사용하고 있다. 이러한 침지법은 김과 구제 대상 생물의 산성에 대한 저항성을 고려한 것으로 식품 첨가물로서 승인된 유기산이 혼합된 활성처리제가 판매되고 있다. 또한 비용과 환경오염을 최소화시키기 위한 활성처리제의 재사용에 관한 새로운 시도도 병행되고 있다(Kotani, 2006; Akizuki *et al.*, 2009).

본 연구에서는 시판의 활성처리제를 사용하여 농림수산식품부 고시 제 2010-107호(2010. 10. 29)의 김 양식어장 활성처리제 사용 기준에 적합 유무를 판정하기 위하여 충남 서천지역 양식장에서 활성처리제 처리 전후의 방사무늬김과 참홀파래의 사세포율과 엽체의 부착 규조류의 수와 생균수 및 엽체의 색택의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

실내 조사

시험약제 성분분석표(Table 1)을 첨부하여 제공한 양식 김 활성처리제를 사용하였다. 활성처리제의 사용 농도는 유엽기에는 50배~100배의 해수 희석액에 침지시간은 1분3분, 성엽기는 40~80배 해수 희석액에 1~3분으로 제시되어 있었다.

활성처리제는 현장 시험을 실시하기 전에 실험실에서 희석배율에 따른 pH의 변화, 각 희석 배율에 따른 방사무늬김, *Porphyra yezoensis*의 유엽과 성엽 및 파래의 사세포율의 변화를 조사하였다. 또한 각 희석액의 중화에 필요한 NaOH의 양을 측정하였다.

희석배율에 따른 pH의 변화는 활성처리제를 여과해수를 사용하여 40배, 50배, 80배, 100배, 150배 및 200배 희석액을 pH meter (pH/ion meter 450, Corning)를 사용하여 pH를 측정하였다.

활성처리제 처리에 따른 방사무늬김과 참홀파래, *Monostroma nitidum*의 사세포율의 변화는 각 희석액에 최단시간인 1분과 최장처리시간인 3분을 침지한 다음 여과해수로 세척한 다음 조사하였다.

방사무늬김과 참홀파래 엽체의 사세포율은 0.1% erythrosine B로 5분간 염색한 다음 세척하여 현미경으로 10시야를 검경하여 전체 면적에 대한 염색된 부분(사세포)의 면적 비율(%)을 사세포율로 표시하였다(Saga, 1989).

희석 용액의 중화에 필요한 NaOH의 양은 활성처리제 해수 희석액에 중화제로서 0.1 M NaOH를 투입하여 pH를 측정하였다. 즉 pH 9에 도달할 때까지 첨가된 NaOH 용액의 양(ml)을 측정하여 완충영역을 제외한 부분의 회귀직선식을 구한 다음 희석액 1,000 ml의 중화(pH 8.0 및 8.5)에 필요한 NaOH의 양(g)을 계산식으로부터 구하였다.

Table 1. Components of activating treatment agent used in present study*

Components	Units	Contents	Components	Units	Contents
pH (1% w/v)	-	1.8	Total phosphorous	%	ND
Citric acid	%	15.8	Arsenic (As)	mg/ L	ND
Cl ⁻	%	8.41	Cadmium (Cd)	mg/ L	ND
SO ₄ ²⁻	%	ND**	Mercury (Hg)	mg/ L	ND
NO ₃ ⁻	%	ND	Lead (Pb)	mg/ L	ND
Total nitrogen	%	0.02	Chromium(Cr)	mg/ L	ND

*Results from an institute authorized to analyze the components of activating treatment agent for cultured *Porphyra*.

**ND: Not detected.

현장시험

시험용 김밭은 충남 서천군 서면 마량리 방사무늬 김 양식장(36°05N 126°31E)에 별도로 설치한 시험용 김밭(1.8 m × 2 m, 14조 총길이 50 m)에서 2011년 10월부터 2012년 3월까지 매월 1회씩 실시하였다. 실험기간 동안의 조사해역의 수온은 4.2~16.3°C, pH 7.92~8.04는 범위였다.

활성처리제의 농도와 시간은 실내실험의 결과를 바탕으로 유엽기는 150배 희석액 3분, 성엽기는 100배 희석액에 3분으로 실시하였다. 시험 김밭을 활성처리제 처리를 위한 침지수조를 탑재한 관리선의 침지수조에 해수를 넣고 활성처리제 희석 용액을 만들어 침지하였다. 침지 후 절취한 김밭을 해수로 세척하여 비닐봉지에 밀봉한 다음 ice box에 넣어 실험실로 운반하였다. 활성처리제 희석액에 침지 전에 채취한 방사무늬김을 대조군으로 사용하였다. 김밭에 부착한 방사무늬김과 파래를 떼어 내어 각 10엽체를 기준으로 사세포울, 부착구조류의 수, 생균수 및 엽체의 색택의 조사에 사용하였다.

활성처리에 따른 방사무늬김 엽체에 부착한 구조류수의 변화는 엽체의 끝 부분을 절취하여 슬라이드 표본을 만든 다음 광학현미경으로 검경하면서 엽체

에 부착한 구조류의 총수로서 계수하였다.

활성처리에 따른 방사무늬김 엽체의 생균수의 변화는 엽체의 습중량(g)에 10배량의 멸균 생리식염수를 첨가하여 호모게나이즈한 다음 멸균 생리식염수로 10단계 희석하였다. 각 희석액을 marine agar (Difco)에 도말하여 25°C에 24~48시간 배양한 다음 발육 집락을 계수하여 엽체 표면의 생균수의 변화를 조사하였다.

활성제 처리에 따른 엽체의 색택의 변화는 색도계 (Minolta CR-300, Japan)을 사용하여 방사무늬김 엽체 끝 부분의 L*값(명도)과 a*값(채도)을 측정하여, 최고치와 최저치를 제외한 8매의 평균치와 표준편차를 구하여 활성처리제 전후의 변화를 비교하였다(Kotani, 2000; 白石, 2010).

결과 및 고찰

실내 조사

활성처리제 성분검사기관의 분석결과는 농림수산식품부 고시(2008, 2010, 2012)에서 유기산을 주성분으로 하는 활성처리제의 성분 규정에 적합한 처리제였다(Table 1). 위 고시에는 유기산 15.00%이상, 염소이온, 황산이온, 질산이온의 합계 함량은 8.00%이상 9.50%이하로 하며, 황산이온, 질산이온은 각각 2.00%이하, 총질소와 총인은 각각 5.00%이하, 비소 1.50 mg/L이하, 카드뮴 2.00 mg/L이하, 수은 0.50 mg/L이하, 납 : 2.00 mg/L이하 및 크롬 2.00 mg/L이하로 규정하고 있다.

실내에서 여과해수로 희석한 활성처리제의 pH는 40배 희석액은 1.0, 50배 희석액은 1.1, 80배 희석액은 1.3, 100배 희석액은 1.4, 150배 희석액은 1.7, 200배 희석액은 1.9이었다.

활성처리제의 희석비율과 침지시간에 따른 방사무늬김과 파래의 사세포울의 변화는 Fig. 1-2와 Table 2에 나타내었다. 방사무늬김의 유엽은 40~50배와 100배 희석액에 1분 침지에서는 사세포울이 69.7~

22.3%였으며, 3분의 침지에서는 81.7~41.7%였다. 150배 희석액에 1분 침지에 2.0%, 3분 침지에 10.7%였으며, 200배 희석액에 1분 침지에 1.5%, 3분 침지에 4.2%였다. 한편 성엽은 40~50배와 80배 희석액에 1분 침지에서는 사세포율이 100~95.8%였으며, 3분 침지에 100%였다. 100~200배 희석액에 1분 침지에서는 48.0~0.3%, 3분 침지에 58.2~0.7%였다.

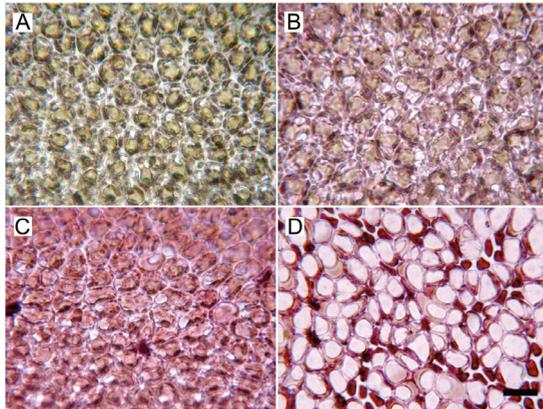


Fig. 1. Microscopic morphology of *Porphyra yezoensis* thallus after bathing in 100-fold diluted activating treatment agent. A-B: Control. Fresh preparation (A) and stained thallus (B). C-D: Thalli treated for 1 min (C) and 3 min (D), followed by staining with erythrosine B. Bar=20 μm

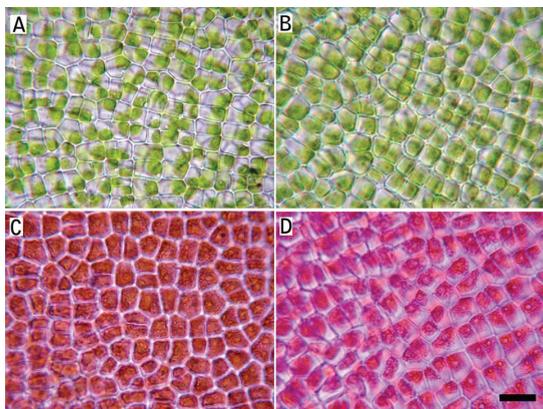


Fig. 2. Microscopic morphology of *Monostroma nitidum* thallus after bathing in 100-fold diluted activating treatment agent. A-B: Control. Fresh preparation (A) and stained thallus (B). C-D: Thalli treated for 1 min (C) and 3 min (D) followed by staining with erythrosine B. Bar=20 μm

참홍파래는 무염색으로 검경하였을 때 단층의 세포로 엽록소를 가진 다각형의 세포가 치밀하게 분포하고 있었다. 활성처리제 처리 전에 0.1% erythrosine B에 5분간 엽체를 침지한 다음 세척하여 현미경으로 검경하면 활성처리제 처리 전의 세포형태와 차이가 없었다. 그러나 활성처리제로 1분 침지한 경우에는 모든 40~200배의 모든 희석용액에서 90% 이상이 사멸되었으며, 3분 침지한 후에는 모든 희석액에서 97~100% 사멸하여 참홍파래의 제거에 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 방사무늬김과 참홍파래의 사세포율의 결과를 종합하여 방사무늬김의 유엽기와 성엽기 모두 150배 희석액에 3분간 침지하는 현장의 침지 방법을 선택하여 실시하였다.

활성처리제 폐액 1L를 pH 8.0 및 pH 8.5로 중화하는데 필요한 NaOH의 양은 Fig. 3의 중화적정곡선에서 구하였다. 폐액의 중화(pH 8.0)에 필요한 NaOH의 양은 중화적정 곡선에서 유기산에 의한 완충영역을 제외한 알칼리성 부분의 회귀직선은 활성처리제 80배 희석액은 $y=4.1x-117.71$ ($R^2=0.91$), 100배 희석액은 $y=5.4286x-117.94$ ($R^2=0.90$), 150배 희석액은 $y=4.8286x-73.446$ ($R^2=0.91$)이었다. 각 식에서 구한 pH 8.0~8.5로 중화시키는데 필요한 NaOH의 양은 80배 희석액은 1.22~1.23 g, 100배 희석액은 0.92~0.93 g, 150배 희석액은 0.66~0.67 g이었다.

현장시험

활성처리제 처리 전후의 방사무늬김과 참홍파래 엽체의 사세포율은 Table 3에 표시하였다. 양식 방사무늬김의 활성화처리제 처리전의 사세포율은 처리 시기에 따라 2.1~17.6%로 차이를 보였지만, 처리 후에는 2.1~15.0%로 처리 전후의 사세포율에는 차이가 없었다. 참홍파래의 사세포율은 처리 전에는 0~4.6%였지만, 처리 후에는 99.0~100%로 활성화처리제의 처리는 참홍파래 제거에 매우 효과적이었다.

Table 2. Dead cell ratio (%) of *Porphyra yezonensis* and *Monostroma nitidum* thalli bathed in different concentrations of activating treatment agent *in vitro*

Treatment	Dead cell ratio after treatment					
	1 min			3 min		
	<i>P. yezoensis</i> thalli		<i>M. nitidum</i>	<i>P. yezoensis</i> thalli		<i>M. nitidum</i>
Young	Adult	Young		Adult		
Control	1.6±1.6	0.5±0.8	0	1.6±1.6	0.5±0.8	0
40-fold diluted	69.7±7.1	100	100	81.7±7.2	100	100
50-fold diluted	44.3±3.1	100	100	69.5±4.3	100	100
80-fold diluted	29.0±4.0	95.8±6.6	98.0±2.4	60.8±3.6	100	100
100-fold diluted	23.3±2.4	48.0±9.3	94.8±3.8	41.7±5.4	58.2±6.1	97.8±1.2
150-fold diluted	2.0±0.9	0.5±0.5	90.1±6.4	10.7±3.7	2.8±0.8	97.2±1.2
200-fold diluted	1.5±1.0	0.3±0.5	93.5±7.3	4.2±1.5	0.7±0.8	97.2±3.5

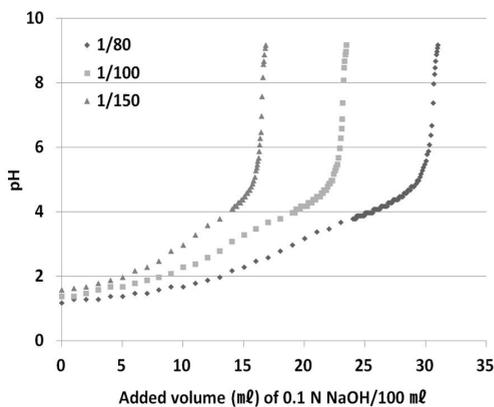


Fig. 3. Neutralization titration curves for 80-, 100-and 150-fold diluted activating treatment agents with filtered sea water.

활성처리제 처리 전후의 방사무늬김 엽체에 부착한 규조류의 탈락율은 Table 4에 표시하였다. 방사무늬김 엽체에 부착한 규조류의 수는 처리시기에 따라 현저한 차이가 있어, 시야 당 3.0~266개체의 범위였다. 활성처리제 처리 후에는 1.0~38.6개체로 처리 후의 규조류의 탈락율은 33.3~97.2%였다. 양식 말기인 3월에는 탈락율이 33.3%로 낮게 나타났는데, 이는 엽체의 상태가 불량한 것에 기인한 것으로 추정되며, 건강한 엽체의 규조류 탈락율은 60%이상으로 활성처리제의 처리는 규조류의 탈락에 유효한 것으로 나타났다.

Table 3. Dead cell ratio (%) of *Porphyra yezoensis* and *Monostroma nitidum* thalli after bathing in activating treatment agent

Date	Dead cell ratio (%)			
	<i>P. yezoensis</i>		<i>M. nitidum</i>	
	Before	After	Before	After
'11. Oct.	2.0±1.7	2.1±1.7	NA*	NA
	14.2±6.5	6.0±2.8	0	100
	17.6±4.6	15.0±10	4.6±4.2	100
'12. Jan.	11.4±2.6	9.0±2.6	1.6±2.0	100
	4.8±4.0	5.8±3.1	2.2±3.3	99.8±0.4
	4.2±2.4	5.2±4.0	1.4±2.2	99.0±2.2

*NA: not attached.

활성처리제 처리 전후의 방사무늬김 엽체의 부착생균수의 변화는 Table 5에 나타내었다. 활성처리제 처리 전의 생균수는 방사무늬 김 엽체 g당(습중량) 10²~10¹¹ cells/g의 범위였지만, 활성처리제 후에는 0~10⁵ cells/g 범위로 활성처리제 처리 후에 방사무늬 김 엽체에 부착한 세균의 생균수는 1/10~1/100,000로 감소하였다. 방사무늬김 엽체의 부착 세균은 해수의 수온, 방사무늬김 엽체의 상태, 채취 후의 경과일수에 따라 차이가 현저하였지만, 활성처리제의 처

리는 방사무늬김 엽체에 부착한 생균수를 감소시켰다. Kusuda *et al.* (1992)는 “Suminori”병의 원인균으로 엽체에 부착하는 *Flavobacterium sp.*이라고 보고하였으며, Kawamura and Kusuda (1993)은 Ariake해에서 양식 방사무늬김의 엽체에 부착한 생균수는 $10^7 \sim 10^8$ cells/g범위이며, *Flavobacterium sp.*가 우점종일 때 소위 “Suminori”병이 발병한다고 추정하였다. Fukunaga *et al.*(1993)은 활성처리한 방사무늬김 엽체의 생균수는 $10^6 \sim 10^7$ cells/g이지만, 무처리구는 양식함에 따라 증가하기 시작하여 10^9 cells/g에 도달한다고 하였다. Kawamura *et al.* (1992)는 pH 2의 활성처리제에 침지한 엽체의 생균수는 $10^6 \sim 10^8$ cells/g에서 $10^3 \sim 10^5$ cells/g로 감소하지만, 사멸하지는 않고 해수 중으로 탈락하여 시간이 경과함에 따라 다시 엽체에 부착하는 것으로 보고하였다. 그러므로 활성처리제의 처리 후 엽체에 부착한 세균은 시간이 경과함에 따라 점차 증가하게 되는데, 반복적으로 처리함으로써 방사무늬김의 생육에 적합한 범위인 $10^5 \sim 10^7$ cells/g일 때 방사무늬김의 성장도 양호하다고 하였다. 그러나 *Flavobacterium sp.*과 같은 저항성이 강한 세균은 탈락하지 않으므로 처리 방법을 검토할 필요가 있지만, 활성처리제 처리는 부착세균 수를 감소시켜 일정기간 동안의 방사무늬김의 발육에 양호한 조건을 제공한다고 하였다.

Table 4. Removing rate(%) of diatoms from *Porphyra yezoensis* thalli after bathing in activating treatment agent

Date	No of diatoms per microscopic field		Removing rate(%)
	Before	After	
2011 Oct.	3.0±2.8	1.0	66.7
Nov.	266±412.6	38.6±15.7	61.4
Dec.	15.2±15.0	5.8±7.9	61.8
2012 Jan.	56.2±57.8	11.6±8.7	79.5
Feb.	230.2±137.8	6.4±6.5	97.2
May	6.0±5.7	4.0±5.5	33.3

Table 5. Changes in the viable bacterial cells attached on *Porphyra yezoensis* thalli after bathing in activating treatment agent

Date	Viable cells (cells/g of thallus)	
	Before	After
2011 Oct.	1.1×10^{11}	1.3×10^3
Nov.	1.0×10^3	8
Dec.	5.3×10^4	NG*
2012 Jan.	1.7×10^5	4.0×10^4
Feb.	5.9×10^5	3.2×10^4
May	3.3×10^5	NG

*No growth.

활성처리제 처리 전후의 방사무늬김 엽체의 색택의 변화는 Table 6에 나타내었다. 활성처리제 처리는 방사무늬김 엽체의 성육 조건에 따라 L*값과 a*값의 증가 또는 감소는 있지만, 처리 전후의 값에는 현저한 차이가 없었다. Kotani (2000)는 방사무늬김 엽체가 퇴색됨에 따라 L*값은 증가하고 반면에 a*값은 감소하지만, b*값은 퇴색과 상관관계가 없다고 하였으며, L*값과 a*값은 방사무늬김의 색택을 평가하는 지표로 사용할 수 있다고 하였다. 小池와淵上(2013)은 특히 L*값만을 지표로 49.5미만은 정상이라고 평가하였는데, 본 연구에서 활성처리제 전후의 2지표의 값은 차이가 없었으며, L*값도 정상의 범위였기 때문에 활성처리제의 사용은 방사무늬김의 색택에 영향을 미치지 않는 것으로 판정하였다.

본 연구에서는 주로 잡초의 제거를 목적으로 유기산인 구연산을 첨가한 활성처리제의 효능을 검토하였지만, 방사무늬김 양식에서 심각한 피해를 초래하는 붉은갯병에 대한 활성처리제의 효능은 유기산의 종류에 따라 달라진다(Akizuki *et al.*, 2007). 본 연구의 현장 조사지역은 낮은 수온 때문에 붉은갯병의 발생이 되지 않았지만(이 등, 2012), 붉은갯병이 발생하는 지역에서 활성처리제를 사용할 경우에는 활성처리제에 첨가하는 유기산을 달리하는 등의 고려가 필요

할 것으로 생각한다.

Table 6. L* and a* values of *Porphyra yezoensis* thalli after bathing in activating treatment agent

Date	L* value		a* value	
	Before	After	Before	After
2011 Oct.	9.08±1.44	10.42±2.55	-2.20±1.04	-0.90±1.81
Nov.	12.84±1.45	11.86±0.48	-0.14±0.84	-0.15±0.84
Dec.	7.06±1.31	5.01±2.17	0.43±1.82	0.29±1.35
2012 Jan.	12.45±2.10	7.87±2.25	-0.23±4.17	-0.87±1.46
Feb.	9.90±3.94	14.65±2.34	-4.03±2.48	0.83±3.92
May	23.77±1.77	21.71±2.50	-2.48±2.40	-0.63±1.04

* L* and a* values mean the lightness and saturation, respectively.

요약

활성처리제는 40~200배의 희석액에 최단시간 1분, 최장시간 3분 침지 후의 방사무늬김과 파래의 사세포율은 방사무늬김은 유엽 및 성엽 모두 100~150배 희석율이 사세포율이 낮게 나타났으며, 파래는 희석배율과 침지시간에 관계없이 90%이상 파래가 사멸하였다.

현장시험에서 방사무늬김 세포의 사세포율은 처리시기에 따라 차이가 나지만 처리 전은 2.1~17.6%였으며, 처리 후에는 2.1~15.0%로 처리 전후의 사세포율에는 차이가 없었다. 파래의 사세포율은 처리 전에는 0~4.6%였지만, 처리 후에는 99.0~100%로 활성처리제의 처리는 파래 제거에 매우 효과적이었다. 또한 활성처리제 처리는 엽체의 부착 구조류는 33.3-97.2%, 부착 생균수는 1/10~1/100,000로 감소시킨 반면 엽체의 선택에는 영향을 미치지 않았다. 그러므로 방사무늬김 엽체의 상태와 수온 등을 고려하여 본 활성처리제를 100~150배의 희석농도에 1~3분간 처리함으로써 파래의 제거, 부착 구조류의 탈락, 엽체 부착 생균수의 감소 효과가 있으며, 방사무늬김

의 선택에는 별다른 영향을 미치지 않아 방사무늬김 활성처리제로서 유효한 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구는 군산대학교 수산과학연구소의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Akizuki, A., Kuno, K., Yoshida, Y., Kawamura, Y., and Tabata, M.: Effect of reused acid treatment on *Pythium porphyrae* and recycling of acid treatment. Bull. Saga Pref. Ariake Fish. Res. & Dev. Cent., 24: 49-55, 2009.
- Akizuki, A., Tabata, M., and Kawamura, Y.: Disinfectant effects of lactic acid on *Pythium porphyrae* as acid treatment agent. Aquaculture Sci., 55: 325-330, 2007.
- Fukunaga, T., Handa, T., and Yamashita, T.: Direct fluorescent antibody technique for diagnosis of bacterial disease in *Porphyra* spp. Bull. Fukuoka Fish. Mar. Technol. Res. Cent., 1: 185-188, 1993.
- Fuseya, M., Takao, N., and Hibino, H. : Experiment of red rot disease suppression by using citric acid. Bull. Aich Pref. Fish. Res. Inst., 47-49, 1980.
- Kawamura, Y., Baba, H., Yamashita, Y., and Kusuda, R.: Effect of acid treatment on epiphytic bacterial number of *Porphyra yezoensis* f. *narawaensis*. Suisanzoshoku, 40: 105-110, 1992.
- Kawamura, Y. and Kusuda, R.: Changes in bacterial number and flora on "Suminori" diseased nori thalli at nori culture farms. Suisanzoshoku, 41:

- 235-241, 1993.
- Kotani, M.: Numerally indication of fading in cultured *Porphyra* laver. Bull. Fukuoka Fish. Mar. Technol. Res. Cent., 10: 49-50, 2000.
- Kotani, M.: Processing efficient method of treatment with acid on seaweed net. Bull. Fukuoka Fish. Mar. Tech. Res. Cent., 16: 159-161, 2006.
- Kusuda, R., Kawai, K., Salati, F., Kawamura, Y., and Yamashita, Y.: Characteristics of *Flavobacterium* sp. causing "Suminori" disease in cultivated *Porphyra*. Suisanzoshoku, 40: 457-461, 1992.
- Noda, H., Amano, H., Ohta, F., and Horiguchi, Y.: The effects of amino acids in curing and preventing "akagusare", red rot disease, of the laver *Porphyra* spp. Nippon Suisan Gakkaishi, 45: 1155-1162, 1979.
- Saga, N.: Further study on determining cell viability in marine red and brown algae by using staining dyes. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab., 53: 43-53, 1989.
- Sakaguchi, K., Park, C. S., Kakinuma, M., and Amano, H.: Documentation of yields of laver *Porphyra* after treating with acidified seawater and high salinity seawater to suppress red rot disease. Suisanzoshoku, 51: 233-234, 2003.
- Takayama, S., Yoshioka, S., and Yamamoto, R.: Removal of green seaweed *Enteromorpha* attached to laver cultivation nets by using acid treatment. Bull. Yamaguchi Pref. Naikai Fish. Exp. Stn., 12: 58-68, 1983.
- Yamashita, T.: The disease symptoms of *Porphyra* caused by attachment of bacteria in the inner area of Ariake sea. Bull. Fukuoka Pref. Ariake Fish. Res. Inst., 1-12, 1983.
- 白石 日出人: ノリ葉體の色調變化に関する研究. 海技セ研報, 20: 131-134, 2010.
- 小池 美紀・瀧上 哲: 溶存態無機リン缺乏がスサビノリ(*Porphyra yezoensis*)に及ぼす影響. 福岡水海技セ研報, 23: 33-42, 2013.
- 이순정, 박성우, 이종화, 김영식: 서천 해역 김 양식장의 갯병에 관한 연구. 한국어병학회지, 25: 249-256, 2012.

Manuscript Received : September 14, 2013

Revised : November 21, 2013

Accepted : November 25, 2013