

## 미생물을 이용한 해조류의 가수분해 및 이용 II. 돌가사리, 툇 및 가시파래를 가수분해시키는 미생물군의 탐색

김 해 섭 · 배 태 진<sup>†</sup>  
여수대학교 식품공학 · 영양학부

### Studies on the Hydrolysis of Seaweed using Microorganisms and Its Application

#### II. Screening of Microfloras Involved in Hydrolysis of Seaweed *Tenella*, *Seaweed Fusiforme* and Green Laver

Hae-Sub Kim and Tae-Jin Bae<sup>†</sup>

*Division of Food Technology and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea*

#### Abstract

The purpose of this study is screening of microfloras involved in hydrolysis of seaweed *tenella*, seaweed *fusiforme* and green laver. This is a part of studies on the hydrolysis of seaweed using microorganisms. First, about two hundred microflora samples were obtained from mountain, rice field, dry field, sea, seaside and fish market in the vicinity of Yeosu. Thirty-three microflora samples were screened from the destruction of tissue in sea tangle and sea mustard. It was sufficient that results of the naked eye observation were obtained at eight microflora samples as a feces of bull, a decayed pine tree, a soil of dry field, the mud of the banks in a rice field, the water of a ditch in a rice field, the weed of the banks in a rice field, the water in a rice field and leaved in the air. Above all, extraction rate and contents of reducing sugar in extracts of seaweeds added a decayed pine tree(sample No. 8) and the water of a ditch in a rice field(sample No. 27) were showed high value. And the value of chemical analysis of the sample is much better in comparison with control. Accordingly the hydrolysis of seaweed using microorganisms in the inside of these microflora samples can be possible.

Key words : seaweed, hydrolysis, microflora, seaweed *tenella*, seaweed *fusiforme*, green laver.

#### 서 론

예로부터 식용, 약용, 사료 또는 해조공업의 원료로 많이 이용하여 왔던 해조류가, 최근 건강식품으로 인정을 받으면서 본격적인 식량자원으로 활용하려는 움직임이 많이 일고 있으며, 한편에서는 바다의 채소(sea vegetable)라는 표현을 사용할 정도로 우리의 생활에 밀접한 관계가 있다<sup>1)</sup>. 우리나라 연안은 해류

의 교류가 좋아서 다양한 종류의 해조가 풍부하게 서식하고 있는데, 현재 밝혀져 있는 것은 남조류 48종, 녹조류 80종, 갈조류 135종 및 홍조류 355종 등 모두 87과 618종으로 자원량도 매우 풍부하다<sup>2)</sup>. 그러나 현재까지는 실제로 이용되고 있는 해조의 종류는 약 70여종으로 그리 많지 않다. 해조류를 이용한 가공에서 가장 문제가 되는 것은 단단한 조체와 세포벽 충전 물질인 세포간 다당의 유용성분을 추출하기가 어렵고,

<sup>†</sup> Corresponding author : Tae-Jin Bae

추출한다 하여도 많은 비용을 필요로 한다<sup>3)</sup>.

오래전부터 자연계에 존재하는 미생물을 이용하여 해조 또는 알긴산을 분해시키려는 종을 찾아내려는 연구가 진행되어 왔는데, 현재까지 해조분해의 가능성이 확인된 미생물에는 *Pseudomonas alginolyquefaciens*<sup>4~6)</sup>, *Alginomonas alginica*<sup>7)</sup>, *Vibrio* sp.<sup>8~13)</sup>, *Pseudomonas* sp.<sup>14~18)</sup>, *Klebsiella aerogenes*<sup>19,20)</sup>, *Flavobacterium*, *Alcaligenes* 및 *Bacillus* sp.<sup>21,22)</sup> 등이 있으며, 이외에도 해수와 해양 토양<sup>23)</sup>, 분변<sup>24,25)</sup> 및 토양<sup>26)</sup> 등으로부터도 알긴산 분해능이 우수한 균주를 분리하였다는 보고도 찾아볼 수 있다. 한편 미생물뿐만 아니라 해조를 섭취하는 성게<sup>27)</sup>, 전복<sup>28~31)</sup>, 불가사리<sup>32)</sup> 및 소라<sup>33)</sup>로부터 알긴산 분해 효소를 분리하고 특성을 밝힌 보고도 있다. 그러나 미생물이 생산하는 효소를 이용하여 해조 다당류 중의 하나인 알긴산을 분해시키기 위한 연구는 많은 사람들에 의해 이루어졌으나 아직 해조류 자체를 완전히 가수분해시키는 방법은 찾아볼 수 없다. 이것은 해조류 중에 함유되어 있는 알긴산을 비롯한 여러 다당과 유용성분을 효과적으로 추출하기 위해서는 해조류 조직의 바깥 부분을 구성하는 세포벽을 효과적으로 파괴시킬 수 있는 방법이 확립되어야 하기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 이용률이 낮은 해조류 조직을 가수분해시켜 기호성 및 응용성이 높은 액상원료로 가공하기 위한 기술 개발의 일환으로 먼저 자연계에 존재하는 해조류 가수분해 미생물을 탐색할 목적으로 다양한 곳에서 미생물군 시료를 수집하여 불가사리, 톳, 가시파래의 조직파괴 및 가수분해 가능성에 대하여 검토하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 재 료

실험에 사용한 불가사리(*Gigartina tenella*), 톳(*Hizikia fusiforme*) 및 가시파래(*Enteromorpha prolifera*)는 전남 진도 연안에서 생산된 것을 구입하여 건조시켜 -40℃ 동결고에 보관하고, 실험 직전에 증류수에 침지시켜 충분히 복원시킨 후 사용하였다. 한편 실험에 사용한 미생물군 시료는 2000년 7월부터 2001년 7월 사이에 여수 인근의 야산, 논, 밭, 해변 및 어판장에서 약 200종류의 시료를 수집하여 예비실험의 육안관찰을 통해 해조의 조직파괴가 인정되는 시료, 즉 소의 배설물 1군, 초산균(*Acetobacter aceti* 32409) 1종, 공중낙하균 1군, 해사와 해토 3군, 해수 3군, 어패류 내장 4군 [소라(*Turbo cornutus*), 낙지(*Octopus minor*), 봉장어

(*Conger myriaster*) 및 멧게(*Halocynthia roretzi*)], 토양 5군, 담수 5군 및 부식한 식물 9군으로 총 33군의 미생물 채취 시료를 사용하여 채차 육안 관찰을 통해 해조의 조직 파괴능이 인정된 8개의 미생물군을 사용하였다.

### 2. 가수분해

돌가사리, 톳 및 가시파래는 각각 멸균된 해수에 침지시켜 충분히 복원시키고, 무게를 측정 한 일정량을 petri-dish에 얇게 펼친 다음 무균함(Shinsaeng Instrument Co. Korea)내에서 자외선 살균등(20W)을 10분간 조사하여 자체에 존재하거나 오염된 균을 살균하였다. 여기에 예비실험을 통해 선별된 8개의 미생물군 채취 시료를 멸균수로 희석하여 5ml 접종하고, 30±1℃에서 배양하였다. 조체가 건조되지 않을 정도로 계속하여 희석한 미생물군 채취 시료를 보충하여 주며 4주간 관찰하며 디지털 카메라(DSC F707, Sony사, Japan)로 촬영하고, 전당과 환원당 함량을 측정하고 추출율 및 분해율을 구하였다.

### 3. 일반성분 분석

해조의 수분 함량은 105℃ 상압가열건조법, 조단백질 함량은 킬달법으로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였으며, 조지방 함량은 속시렛추출법 및 조회분 함량은 직접회화법으로 각각 측정하였다.<sup>34)</sup> 한편 해조 원료의 총탄수화물 함량은 100%에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 양을 뺀 값으로 나타내었다.

### 4. 환원당 및 전당 측정

채취한 미생물군을 접종하여 배양한 petri-dish상의 다시마와 미역 조체를 100ml 정용플라스크에 모두 넣은 다음 증류수로 정용하고, 이것을 원심분리(1,000 rpm, 5min)한 후 상층액을 취하여 분석용 시료용액으로 먼저 조제하였다. 환원당 함량 측정은 Somogyi-Nelson법,<sup>35)</sup> 전당 함량 측정은 Phenol-sulfuric acid법<sup>36)</sup>으로 흡광도를 측정하였으며, 표준당(maltose)으로 작성한 검량선으로부터 해조 가수분해물의 환원당과 전당 함량을 구하였다

### 5. 추출율과 분해율

환원당과 전당의 추출율은 원료 해조의 총탄수화물에 대한 가수분해물 중의 환원당과 전당의 비율로 각각 나타내어 원료 해조에서 어느 정도 가수분해되면서 당이 용출되어 나왔는가를 나타내었고, 분해율은

추출액 중의 전당에 대한 환원당의 비율로 나타내었다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 해조분해의 육안관찰

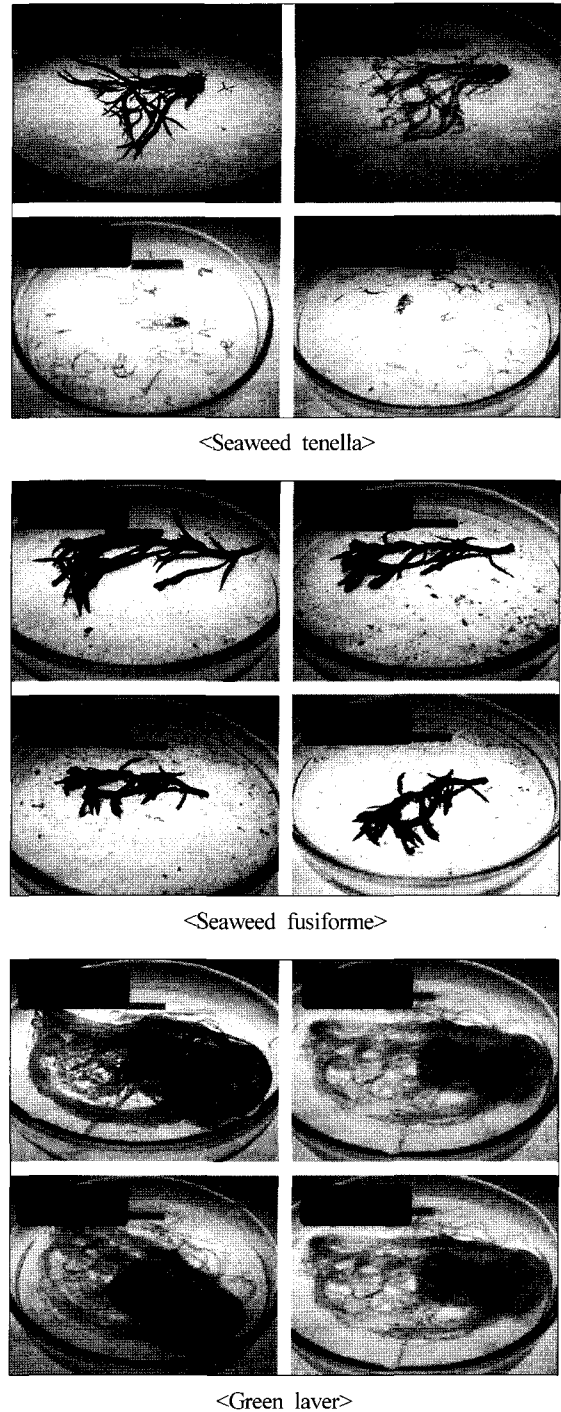
실험에 사용한 해조의 일반성분은 수분 85.64~93.42%, 조단백질 0.62~1.42%, 조지방 0.31~0.45% 및 조회분 0.95~5.29% 범위였으며, 총탄수화물은 돌가사리 3.99%, 톳 7.70% 및 가시파래 4.24%이고, 건중량으로 각각 60.61%, 53.63% 및 50.56%를 나타내었다 (Table 1). 돌가사리의 총당의 대부분은 돌가사리에 다량 함유되어 있는 carrageenan 일 것으로 추정된다.<sup>37)</sup>

자연계에서 채취한 33개의 미생물군을 접종한 돌가사리, 톳 가시파래의 육안관찰 결과를 Table 2에 나타내었는데, 전체적인 경향에 있어서 해조간의 차이는 거의 찾아 볼 수 없었다. 8개 미생물군 채취 시료, 즉 시료 번호 5, 8, 10, 26, 27, 28, 30 및 33번이 실험에 사용한 모든 해조에서 공통적으로 조직의 파괴와 외부로 해조 성분들이 유출되는 것을 관찰할 수 있었다. 이들 8개의 시료는 동일한 방법으로 다시 4주간 배양하여 각각의 전당 및 환원당 함량과 추출을 및 분해율을 측정하였으며, 사진촬영도 함께 실시하였다. 8개의 시료 중 가장 확연히 육안관찰이 되는 시료 번호 27번의 디지털사진을 Fig. 1에 나타내었다. 돌가사리의 경우는 거의 모든 시험 미생물군에서 배양 1주 후에 조직의 파괴가 관찰되고, 2주 후에는 완전히 형태를 알아 볼 수 없을 정도로 파괴되는 것을 관찰할 수 있었고, 대부분의 내부 충전물이 밖으로 흘러나와 액상 또는 점질상으로 존재하였다. 반면에 톳의 경우에는 배양 4주까지 조직의 형태적인 변화는 크게 관찰되지 않았다. 하지만 내부 충전물 중 다량이 흘러나와 주위에

**Table 1. Proximate compositions of seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver**

Unit : %, ( ) : dry basis

	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbohydrate
Seaweed tenella	93.42	1.32 (20.10)	0.32 (4.79)	0.95 (14.50)	3.99 (60.61)
Seaweed fusiforme	85.64	1.42 (9.89)	0.45 (3.10)	4.79 (33.37)	7.70 (53.63)
Green laver	89.54	0.62 (5.93)	0.31 (2.93)	5.29 (40.58)	4.24 (50.56)



**Fig. 1. Photos of seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver decomposed by microorganisms during incubation for 4 weeks.**

갈색을 띠는 액상을 쉽게 관찰할 수 있었다. 그리고 가시파래의 경우도 톳과 유사한 경향을 나타내었는데, 배양 1주 후 녹색색소는 완전히 없어졌으나, 형태는 4주까지 원래의 모양을 그대로 유지하여 외관상으로

**Table 2. Changes of seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver decomposed by 33 microorganisms during incubation 4 weeks**

Sample No.	Seaweed tenella	Seaweed fusiforme	Green laver	Sampling source
Control	—*	+	—	the sterilized water
1	++*	+++	+	a decayed tree
2	+++	+	+	a sea sand-1
3	++	+	++	a sea sand-2
4	-	+	+	an ocher
5	++++	++++	++++	a feces of bull
6	++	+	+	a sea water in sea sand
7	+++	+	++	the Acetobator aceti 32409
8	++++	++++	++++	a decayed pine tree
9	++	++	+	a decayed pine needle
10	++++	++++	++++	a soil of dry field
11	+++	+	+	a decayed big cone pine
12	++	+	++	foul water of fish market
13	++	++	+	the internal organs of horned turban
14	++	++	+	the internal organs of common octopus
15	+	—	+	the internal organs of sea eel
16	+	—	—	the internal organs of sea squirt
17	+++	+	+	a mud of tideland
18	+	+	—	a sea water
19	+	—	++	a foul water of beach
20	+++	++	++	a mud in a rice field
21	++	+	++	the water of a decayed rice straw
22	+	+	—	a rice straw
23	+++	++	++	a decayed radish
24	++	+++	+	a decayed a chinese cabbage
25	++	+	+	the water of a ditch in a rice field
26	++++	++++	++++	the mud of the banks in a rice field
27	++++	++++	++++	the water of a ditch in a rice field
28	++++	++++	++++	the weed of the banks in a rice field
29	-	+	—	the water in a rice field-1
30	++++	++++	++++	the water in a rice field-2
31	+	+	++	the water of a stream
32	-	+	+	a rice straw
33	++++	++++	++++	leaved in the air

\* — : from unchanging ~ ++++ : to perfect breakdown of form.

는 큰 변화가 없는 것으로 관찰되었다.

## 2. 전당의 추출량과 추출율

자연계에서 채취한 시료 미생물군을 접종한 해조류의 배양기간에 따른 조직 밖으로 용출되어 추출된 전

당의 함량을 Table 3에 나타내었다. 모든 시료에서 대조구에 비하여 높은 추출량을 나타내었는데, 특히 돌가사리의 경우는 1주 배양액 중에 추출된 전당의 추출량은 담수에서 취한 미생물군 시료인 27번이 2,586 mg%로 가장 많이 추출되었고, 4주 후에도 2,795mg%

**Table 3. Contents of total sugar in seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver extracts decomposed by 8 microorganisms during incubation for 4 weeks** (Unit : mg%)

Sample No.	Seaweed tenella				Seaweed fusiforme				Green laver			
	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.
5	1,665	1,931	2,072	2,296	704	1,196	1,607	2,627	648	1,104	1,163	1,384
8	571	1,588	2,039	2,679	3,593	3,715	5,162	5,410	1,532	1,568	1,606	2,206
10	788	890	1,410	1,628	1,409	2,830	3,526	3,582	1,288	1,626	2,443	2,741
26	396	1,188	1,248	1,260	1,711	1,797	2,875	3,672	864	1,292	1,394	2,284
27	2,586	2,591	2,771	2,795	1,240	2,436	2,494	3,624	2,478	2,806	2,823	3,157
28	1,452	1,632	2,186	2,208	1,435	1,456	1,574	1,804	789	865	898	1,077
30	215	257	273	614	1,301	1,789	2,263	2,436	260	639	922	1,749
33	205	309	328	401	698	1,389	1,397	1,473	453	602	843	1,282
Control	153	159	185	208	628	802	1,202	1,281	223	402	832	960

로 가장 많은 양이었는데, 대부분이 1주 이내에 추출된다는 것을 관찰할 수 있었다. 다음으로 미생물군 시료 8번의 부식한 식물에서 취한 경우는 1주에는 571 mg%로 미생물 채취 시료 중 5번째로 추출량이 높았는데, 배양 4주 후에는 27번 다음으로 두 번째로 높은 추출량을 나타내어, 배양 1주 후 4주까지 계속해서 전당의 추출이 이루어지는 것을 알 수 있었다. 한편 모든 미생물군 시료를 첨가한 실험구는 첨가하지 않은 대조구에 비해 약 2배에서 13배까지의 많은 추출량을 나타내었다. 톳의 경우 시료 8번이 1주와 4주 배양액 중의 전당의 양이 각각 3,593mg%와 5,410mg%로 가장 많이 추출되었고, 다음으로 26번 미생물군 시료(토양에서 취한 시료)가 각각 1,711mg%와 3,672mg%로 많은 양이 추출되었으며, 모든 실험구는 대조구에 비해 약 1.15~4.22배 많이 추출되었다. 그리고 가시파래의 경우에도 모든 실험구가 대조구에 비해 많이 추출되었는데 27번 시료가 1주 이내에 4주의 약 78.49%가 추출되었고, 4주 배양의 경우 3,157mg%로 가장 많은 양이 추출되었다.

Table 3에서 보였던 전당의 추출량을 해조 원료의 총탄수화물에 대한 추출율로서 Fig. 2에 나타내었다. 4주 배양 후 돌가사리의 경우 미생물 채취 시료 27번이 70.16%로 가장 높은 추출율을 보였으며, 다음으로 8번, 5번(소의 배설물에서 취한 시료), 28번(부식한 식물에서 취한 시료) 및 10번(토양에서 취한 시료) 미생물 채취 시료의 순으로 각각 67.24%, 57.63%, 55.42% 및 40.86%이었다. 모든 실험구는 대조구보다 높은 추출율을 보였으며, 대체로 배양 1주 이내까지 최대의 추출율을 보이고, 이후에는 약간의 증가를 보이는 정도 이었다. 톳의 경우에는 8번 미생물군 시료가 70.27

%로 가장 높았으며, 다음으로 26번, 27번 및 10번 미생물군 시료의 순으로 많은 추출율을 보였다. 이 결과는 Lim<sup>38)</sup>의 초임계이산화탄소에 의해 추출수율을 2배 향상시킨 것보다 월등히 높은 추출율을 나타내었다. 전체적으로 돌가사리와는 달리 배양 4주 동안 계속해서 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 한편 가시파래의 경우에는 모든 실험구에서 대체로 배양 2주까지 급격히 증가하고, 그 후에는 서서히 증가하는 경향을 나타내었다. 여기서는 27번 미생물군 시료가 74.37%로 가장 높은 추출율을 보였고, 다음으로 10번이 64.59%로 Fig. 1에서 보았던 육안관찰에서는 가시파래의 조체 형태를 배양 4주까지 원형을 유지하는 것으로 보였는데 비해 상당히 높은 추출율을 보였다. 이상의 결과에서 이들 시료에 돌가사리, 톳 및 가시파래 조체를 가수분해시키고, 조체 내부 충전물인 다당의 추출을 용이하게 하는 효소를 가진 미생물이 존재할 것으로 추정되었다.

### 3. 환원당의 추출량과 추출율

Table 4에는 8개의 미생물 채취 시료를 접종한 돌가사리, 톳 및 가시파래의 배양기간에 따라 추출된 액중의 환원당 함량을 나타내었다. 우선 돌가사리의 경우 배양 1주에서는 미생물 채취 시료 27번이 1,060mg%로 가장 많은 함량을 보이고, 다음으로 5번, 8번 및 26번 시료가 각각 918mg%, 457mg% 및 370mg%의 순으로 높았다. 그런데 배양 3주에는 이러한 경향을 벗어났으며 배양 4주 후에는 8번 미생물 채취 시료가 2,361mg%로 가장 많은 함량이 관찰되었고, 다음으로 27번(2,115mg%), 5번(1,751mg%) 및 26번(841mg%)의 순으로 많은 함량이 추출물 중에 환원당으로 존재하였다.

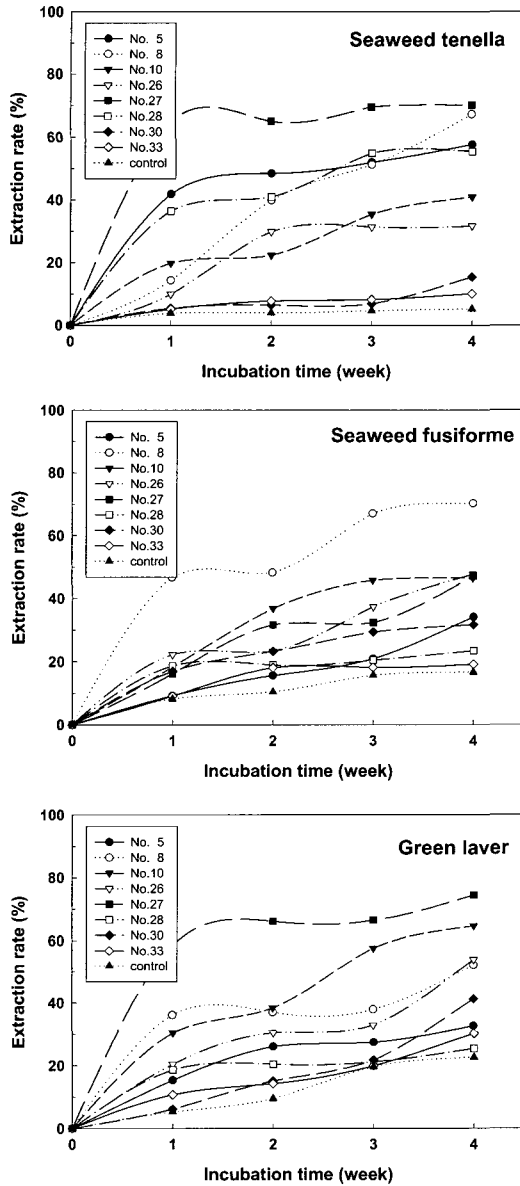


Fig. 2. Extraction rates of total sugar in seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver extracts decomposed by 8 microorganisms during incubation for 4 weeks.

4주 배양액 중의 환원당 함량에서 8번 시료의 경우는 대조구(130mg%)에 비해 약 18배나 많은 양을 나타내었다. 그리고, 톳의 경우에 있어서는 8번 시험구가 1주와 4주에 각각 3,422mg%와 4,806mg%로 가장 많은 환원당의 추출을 보였다. 다음으로 26번, 27번 및 10번의 순이었으며, 4주 배양시킨 추출물 중의 8번 실험구의 환원당 추출량은 대조구(755mg%)에 비해 약 6배 이상의 추출량을 나타내었고, 나머지 실험구들도 대조구에 비해 높은 추출량을 보였다. 마찬가지로 가시파래

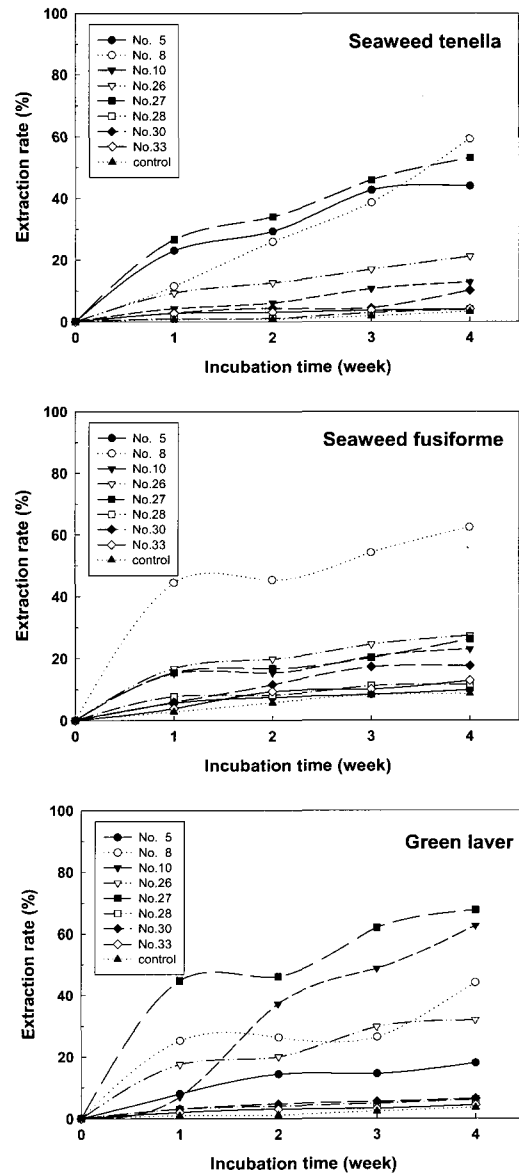


Fig. 3. Extraction rates of reducing sugar in seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver extracts decomposed by 8 microorganisms during incubation for 4 weeks.

의 경우에도 모든 실험구는 대조구(150mg%)에 비해 1.25배에서 19.15배에 이르는 많은 환원당의 추출이 이루어지는 것을 관찰할 수 있었는데, 특히 27번 미생물 채취 시료는 2,873mg%로 상당히 많은 양이 추출물 중에 포함되어 있었다.

이들 결과를 원료에 함유된 총탄수화물의 함량에 대한 비율로 계산하여 배양기간에 따른 환원당 추출율을 Fig. 3에 나타내었다. 돌가사리에서는 5번, 8번 및 27번의 미생물 채취 시료를 첨가하여 배양한 시험

**Table 4. Contents of reducing sugar in seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver extracts decomposed by 8 microorganisms during incubation for 4 weeks** (Unit : mg%)

Sample No.	Seaweed tenella				Seaweed fusiforme				Green laver			
	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.	1 wk.	2 wks.	3 wks.	4 wks.
5	918	1,165	1,697	1,751	426	570	637	755	338	610	615	762
8	457	1,031	1,535	2,361	3,422	3,487	4,168	4,806	1,070	1,115	1,120	1,870
10	169	241	423	509	1,165	1,178	1,586	1,769	298	1,577	2,061	2,655
26	370	501	672	841	1,294	1,521	1,891	2,109	744	848	1,259	1,353
27	1,060	1,355	1,830	2,115	1,189	1,286	1,552	2,017	1,900	1,952	2,628	2,873
28	37	41	114	156	591	624	856	889	130	172	209	261
30	113	171	177	403	450	885	1,323	1,354	132	202	233	273
33	107	123	144	164	293	713	770	985	85	130	138	187
Control	27	34	69	130	214	436	628	660	38	48	98	150

구들이 다른 실험구와 비교하여 높은 추출율을 보였는데, 4주 후의 환원당 추출율은 각각 43.95%, 59.26% 및 53.09%이었으며, 대체로 배양 4주까지 계속해서 증가는 경향을 나타내었다. 한편 톳의 경우에는 8번 실험구가 대조구와 나머지 실험구에 비하여 월등히 높은 추출율을 나타내었는데, 배양 1주까지 급격히 증가하여 44.45%를, 4주 후에는 62.42%로 전 배양기간 동안 가장 높은 추출율을 관찰할 수 있었다. 한편 나머지 실험구들은 대조구에 비해서는 높은 값을 보였지만, 28.00%이하의 값을 보이며, 비슷한 경향을 나타내었다. 하지만 가시파래의 경우는 27번 실험구가 배양 1주까지 급격히 상승하여 44.77%에서 4주에서는 67.70%로 가장 높은 값을, 다음으로 배양 1주까지는 낮은 추출율(7.02%)을 보였던 10번 시료가 1주 후 급격히 상승하여 4주에는 62.56%로 두 번째로 높은 추출율을 나타내었다. 한편 담수에서 채취한 30번 미생물 시료와 공중낙하균을 채취한 33번 미생물 시료는 대조구와 큰 차이를 보이지 않았다. Cho와 Lee<sup>39)</sup>의 감마선 조사에 의해 당의 추출수율을 6~30% 정도 상승시켰던 결과에 비해 월등히 높은 상승률을 보였다. 이상의 결과로서 이들 자연계로부터 채취한 미생물군 시료에는 환원당을 생성하는 균들이 다량 들어있는 시료도 존재할 가능성을 시사하고 있었다.

#### 4. 해조의 분해율

시료와 배양 기간별 추출액 중에 함유된 전당에 대한 환원당의 함량 비율을 각 해조의 분해율로 하였으며, 8개의 미생물 채취 시료를 접종하여 배양한 돌가사리, 톳 및 가시파래의 분해율을 계산하여 Fig. 4에 나타내었다. 돌가사리의 경우 앞의 전당 추출율에서

는 미생물 채취 시료 27번이 가장 높았었는데, 분해율에서는 다른 실험구와 비교하여 평균적인 값을 나타내었으며, 환원당의 추출율이 가장 높았던 미생물 채취 시료 8번의 경우는 다른 실험구에 비해 전 배양기간에서도 높은 분해율을 나타내었다. 한편 미생물 채취 시료 10번과 28번의 경우 분해율이 가장 낮게 나타났는데, 이는 전당의 추출율에 비해 환원당 생성율이 상당히 낮았다는 것을 의미한다. 그리고 톳과 가시파래의 경우에는 전당과 환원당의 추출율이 가장 높았던 각각 8번과 27번 미생물 채취 시료가 분해율에서도 가장 높은 값을 나타내었다. 해조류의 조섬유 중 식이 섬유가 톳 39.56%(건중량), 파래 20.78%(건중량)이었던 Hwang<sup>40)</sup>의 보고로 보아 본 실험에서 선별된 시료는 단순히 해조류의 다당 또는 환원당의 추출율이나 분해율을 높이는 것 이외에 해조의 섬유질을 가수분해하는 효소를 생산하는 미생물도 함께 포함된 미생물군으로 생각되어진다. 같은 시료라 할지라도 해조의 종류에 따라 분해율의 경향과 값이 다르다. 즉 해조마다 각각의 분해 특성이 다를 것으로 추정할 수 있다. 분해율이 서서히 감소하는 경향도 있고, 증가하는 경향도 있다. 초기에 분해율이 높다는 것은 최초 다당을 단당화 시키는 효소를 가진 미생물이 강력하게 작용하였다고 생각할 수 있고, 배양기간이 경과 함에 따라 분해율이 높아지는 것은 처음에는 해조 조직을 가수분해하여 내부의 다당의 용출 속도가 환원당으로 분해되는 것보다 빨랐고, 후반으로 갈수록 다당을 가수분해하는 효소의 작용이 강해졌다는 것을 의미한다. 이상의 분해율 결과에서 실험에 사용한 8개의 시료에는 해조 조직을 파괴 또는 가수분해시키는 효소를 생산하는 미생물뿐만 아니라 다당을 단당으로 가

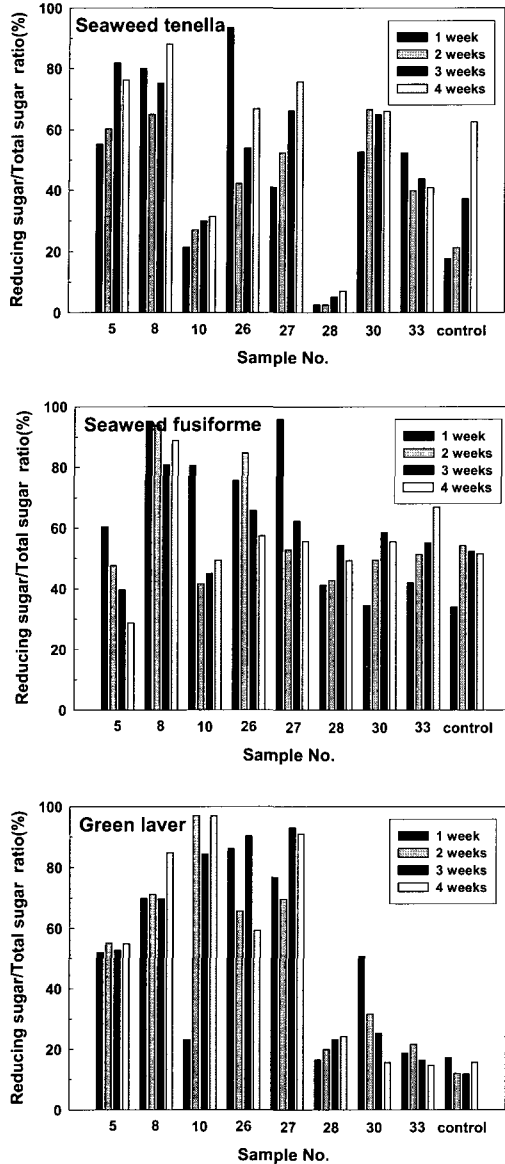


Fig. 4. Ratios of reducing sugar to total sugar in seaweed tenella, seaweed fusiforme and green laver extracts decomposed by 8 microorganisms during incubation for 4 weeks.

수분해시키는 효소를 가진 미생물도 존재할 것으로 추정할 수 있었다.

요 약

해조류 조직을 가수분해시켜 기호성 및 응용성이 높은 액상원료로 가공하는 기술 개발의 일환으로 우선 자연계에 존재하는 미생물로서 산, 논, 밭, 해변 및 어판장에서 약 200종류의 미생물군 시료를 수집하여

해조의 조직파괴가 인정되는 8군의 미생물 시료를 사용하여 돌가사리, 툇 및 가시파래의 조직파괴와 가수분해 가능성에 대하여 검토하고, 추출액 중의 전당과 환원당을 측정하여 추출율과 분해율을 비교하였다.

그 결과 돌가사리, 툇 및 가시파래의 전당 추출량과 추출율은 각각 담수에서 채취한 미생물군 시료(No. 27번), 부식한 식물에서 채취한 미생물군 시료(No. 8번) 및 담수에서 채취한 미생물군 시료가 가장 높은 값을 나타내었고, 환원당의 추출량과 추출율에서는 각각 8번, 8번 및 27번 미생물군 시료가 가장 높은 값을 나타내었다. 분해율은 전당의 추출율도 상당히 높으면서 환원당의 추출이 가장 높았던 실험구들이 각각의 해조에서 가장 높은 분해율을 나타내는 결과를 얻었다. 따라서 이들 자연계에서 채취한 미생물군 시료중에 해조 조직을 파괴시키고, 또한 해조에 다량 함유되어 있는 당을 비롯한 유용성분의 추출을 용이하게 하며, 해조를 가수분해시키는 효소를 가진 미생물이 존재할 것으로 판단되었으며, 또한 이들 미생물군에서 단일 또는 복합 해조기수분해 미생물 및 효소의 생산이 가능할 것으로 기대되었다.

참고문헌

1. 해양수산부 : 벤처 산업화를 지향한 젤리형 해조면류 가공기술의 개발. p. 12(2000).
2. Lee, I, K. and Kang, J. W. : A check list of marine algae in Korea. *Korean J. Phycol.*, 1(1), 311~325(1986).
3. Bae, T. J., Kwak, J. M., Kim, H. S. and Kim, K. S. : Processing of leaflike and powder tea using sea tangle. *Korean Journal of Life Science*, 12(1), 16~25(2002).
4. 吉川三吉 : *Pseudomonas alginolyquefaciens* I의 알리긴산분해효소について. 兵庫農科大學研究報告 農芸化學編, 1(2), 53~56(1954).
5. 吉川三吉 : 細菌알리긴산분해효소(alginase)의生産條件について(その一). 兵庫農科大學研究報告 農芸化學編, 2(1), 8~10(1955).
6. 吉川三吉·渡邊 憲 : 細菌알리긴산분해효소(alginase)의生産條件について(その二). 兵庫農科大學研究報告 農芸化學編, 2(2), 118~120(1956).
7. Eller, J. and Payne, W. J. : Studies on bacterial utilization of uronic acid. IV. Alginolytic and mannuronic acid oxidizing isolates. *J. of Bacteriology*, 80, 193~199(1960).
8. Ando, Y. and Inoue, K. : Decomposition of alginic acid by microorganisms-IV. On the Vibrio-type bacteria, newly isolated from the decaying Laminaria. *Bull. of Jap. Soc. Sci. Fish.*, 27(4), 339~341(1961a).
9. Ando, Y. and Inoue, K. : Decomposition of alginic acid by



- microorganisms~V. On the alginase of *Vibrio* sp. SO-20 strain. *Bull. of Jap. Soc. Sci. Fish.*, **27**(4), 342~347(1961b).
10. Ando, Y. and Inoue, K. : Decomposition of alginic acid by microorganisms-V. On the modes of action of two alginases. *Bull. of Jap. Soc. Sci. Fish.*, **31**(7), 552~557 (1965).
  11. Kitamikado, M., Tseng, C. H., Aoki, T., Yamaguchi, K. and Araki, T. : Isolation of bacteria capable of producing alginate-degrading enzyme from natural environment. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **55**(4), 709~713(1989).
  12. Tseng, C. H., Yamaguchi, K. and Kitamikado, M. : Isolation and some properties of alginate lyase from a marine bacterium *Vibrio* sp. AL-128. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**(3), 533~538(1992a).
  13. Tseng, C. H., Yamaguchi, K. and Kitamikado, M. : Two types of alginate lyase from a marine bacterium *Vibrio* sp. AL-9. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **58**(4), 743~749(1992b).
  14. Kashiwabara, Y., Hiroshi, S. and Nisizawa, K. : Alginate lyases of *Pseudomonads*. *The J. of Biochemistry*, **66**(4), 503~512(1969).
  15. Davidson, I. W., Sutherland, I. W. and Lawson, C. J. : Purification and properties of an alginate lyase from a marine bacterium. *Biochem. J.*, **159**, 707~713(1976).
  16. Min, K. H., Sasaki, S. F., Kashiwabara, Y., Umekawa, M. and Nisizawa, K. : Multiple components of endo-polyguluronide lyase of *Pseudomonas* sp. *J. of Biochemistry*, **81**, 539~546(1977a).
  17. Min, K. H., Sasaki, S. F., Kashiwabara, Y. and Nisizawa, K. : Substrate specificity of endo-polyguluronide lyases from *Pseudomonas* sp. on the basis of their kinetic properties. *J. of Biochemistry*, **81**, 547~554(1977b).
  18. Min, K. H., Sasaki, S. F., Kashiwabara, Y., Umekawa, M. and Nisizawa, K. : Fine structure of SMG alginate fragment in the light of its degradation by alginate lyases. *J. of Biochemistry*, **81**, 555~562(1977c).
  19. Boyd, J. and Turvey, J. R. : Isolation of a poly- $\alpha$ -L-guluronate lyase from *Klebsiella aerogenes*. *Carbohydrate Research*, **57**, 163~171(1977).
  20. Boyd, J. and J. R. Turvey. : Structural studies of alginic acid, using a bacterial poly- $\alpha$ -L-guluronate lyase. *Carbohydrate Research*, **66**, 187~194(1978).
  21. Kaneko, Y., Yonemoto, Y., Okayama, K., Kimura, A. and Murata, K. : Symbiotic formation of alginate lyase in mixed culture of bacteria isolated from soil. *J. of Fermentation & Bioengineering*, **69**(3), 192~194(1990a).
  22. Kaneko, Y., Yonemoto, Y., Okayama, K., Kimura, A. and Murata, K. : Bacterial alginate lyase properties of the enzyme formed in a mixed culture bacteria isolated from soil. *J. of Fermentation & Bioengineering*, **70**(3), 147~149(1990b).
  23. Waksman, S. A. and Allen, M. C. : Decomposition of polyuronides by fungi and bacteria. *J. Bacteriol.*, **28**, 213~220(1934).
  24. 井上勝弘 : 微生物によるアルギン酸の分解(第2報). *Aerobacter aerogenes* Y-11菌呈するアルギンナーゼ作用について. *日本農藝化学會誌*, **31**(11), 798~801(1957).
  25. 井上勝弘・安藤芳明 : 微生物によるアルギン酸の分解(第1報). *Aerobacter aerogenes*型 Y-11菌によるアルギン酸分解とアルギナーゼの適應的生成. *日本農藝化学會誌*, **30**(11), 742~746(1956).
  26. Yonemoto, Y., Murata, K., Kimura, A., Yamaguchi, H. and Okayama, K. : Bacterial alginate lyase; characterization of alginate lyase-producing bacteria and purification of the enzyme. *J. of Ferm. & Bioengineering*, **72**(3), 152~157 (1991).
  27. Eppley, R. W. and Lasker, R. : Alginate in the sea urchin *Strongylocentrotus purpuratus*. *Science*, **129**, 214~215 (1959).
  28. Tsujino, I. and Saito, T. : A new unsaturated uronide isolated from alginate hydrolysate. *Nature*, **192**(12), 970~971(1961).
  29. Tsujino, I. and Saito, T. : Studies on alginate. Part II. A new unsaturated uronide isolated from alginate hydrolysate. *Agric. Biol. Chem.*, **26**(2), 115~118(1962).
  30. Nakada, H. I. and Sweeny, P. C. : Alginic acid degradation by eliminases from abalone hepatopancreas. *The J. of Bio. Chem.*, **242**(5), 845~851(1967).
  31. Nisizawa, K., Fujibayashi, S. and Kashiwabara, Y. : Alginate lyases in the hepatopancreas of a marine mollusc, *Dolabella auricula* Solander. *The J. of Biochemistry*, **64**(1), 25~37(1968).
  32. Elyakova, L. A. and Favorov, V. V. : Isolation and certain properties of alginate lyase VI. from the Mollusk *Littorina* sp. *Biochimica et Biophysica Acta.*, **358**, 341~354(1974).
  33. Muramatsu, T., Hirose, S. and Katayose, M. : Isolation and properties of alginate lyase from the mid-gut gland of wreath shell *Turbo cornutus*. *Agric. Biol. Chem.*, **41**(10), 1939~1946(1977).
  34. William, H. : Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL, 17th Edition, U.S.A. Chapter 3. (2000).
  35. 食品分析法 : 日本食品工業學會. 光琳, 日本 東京, pp. 170~172(1984a).
  36. 食品分析法 : 日本食品工業學會. 光琳, 日本 東京, pp. 189~191(1984b).
  37. Park, Y. H., Pyeun, J. H., Oh, H. K. and Kang, Y. J. : Utilization of unexploited algae for food or other industrial uses. II. Carrageenan content and its chemical characteristics in several species of redophyceae. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **9**(3), 163~168(1976).

38. Lim S. B., Kim, S. H., Ko, Y. H., Oh, C. K., Oh, M. C., Ko, Y. G. and Park, C. S. : Extraction yields of *Hizikia fusiforme* and *Aloe vera* linne by supercritical carbon dioxide and antimicrobial activity of their extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**(1), 68~73(1995).
39. Cho H. O. and Lee, S. R. : Effectiveness of gamma-irradiation on the extraction of algal polysaccharides. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **6**(1), 36~41(1974).
40. Hwang S. H., Kim, J. I. and Sung, C. J. : Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweeds. *Korean Journal of Nutrition*, **29**(1), 89~96(1996).
- 

(2002년 5월 28일 접수)