

미생물을 이용한 해조류의 가수분해 및 이용 I. 다시마와 미역을 가수분해시키는 미생물군의 탐색

김해섭 · 배태진⁺
여수대학교 식품공학 · 영양학부

Studies on the Hydrolysis of Seaweed Using Microorganisms and Its Application

I. Screening of Microfloras Involved in Hydrolysis of Sea Tangle (*Laminaria japonica*) and Sea Mustard (*Undaria pinnatifida*)

Hae-Sub KIM and Tae-Jin BAE⁺

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

The purpose of this study is screening of microfloras involved in hydrolysis of sea tangle (*Laminaria japonica*) and sea mustard (*Undaria pinnatifida*). This is a part of studies on the hydrolysis of seaweed using microorganisms. General process is difficult to extract of the useful constituent parts as intercellular mucilage, storage polysaccharide and mineral from seaweed. It was screening to thirty-three microflora samples as destructed of tissue in sea tangle and sea mustard to about two hundred microflora samples from mountain, rice field, dry field, sea, seaside and fish market etc. in the neighborhood of Yeosu. Sufficient 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. 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 possibility.

Key words: Seaweed, Hydrolysis, Microflora, Sea tangle, Sea mustard

서 론

우리나라 연안은 해류의 교류가 좋아서 다양한 종류의 해조가 서식하고 있는데, 현재 밝혀져 있는 해조류로는 남조류 48종, 녹조류 80종, 갈조류 135종 및 홍조류 355종 등 모두 87과 618종이 풍부하게 서식하고 있다 (Lee and Kang, 1986). 그리고 예로부터, 해조를 식용, 약용, 사료 또는 해조공업의 원료로 많이 이용하여 왔으며, 최근에는 건강식품으로 인정을 받으면서 본격적인 식량자원으로 활용하려는 움직임이 많이 일고 있고, 바다의 채소 (sea vegetable)라는 표현을 사용할 정도로 우리의 식생활에 밀접한 관계가 있다 (해양수산부, 2000). 그러나 현재까지 실제로 이용되고 있는 해조의 종류는 약 70여종에 불과하며, 해조류의 가공에 있어서 가장 문제가 되는 것은 단단한 조직과 세포벽 충전 물질인 세포간 다당의 유용성분을 추출하는 것과, 추출시 많은 비용을 필요하게 된다는 것이다 (Bae et al., 2002).

해조류를 효율적으로 이용하기 위한 한 방안으로서, 미생물을 이용하여 해조류를 가수분해시켜 세포간 충전물을 추출해내려는 시도가 많았다. 현재까지의 연구결과에 의하여 밝혀진 해조 성분의 가수분해 미생물로는 *Pseudomonas alginoliquefaciens* (吉川, 1954; 1955; 吉川 · 渡邊, 1956), *Alginomonas alginica* (Eller and Payne, 1960), *Vibrio* sp. (Ando and Inoue, 1961a, b; 1965; Kitamikado et al.,

1989; Tseng et al., 1992a, b), *Pseudomonas* sp. (Kashiwabara et al., 1969; Davidson et al., 1976; Min et al., 1977a, b, c), *Klebsiella aerogenes* (Boyd and Turvey, 1977; 1978), *Flavobacterium*, *Alcaligenes* 및 *Bacillus* sp. (Kaneko et al., 1990a, b) 등의 보고가 있다. 그리고 해수와 해양 토양 (Waksman and Allen, 1934), 분변 (井上, 1956; 井上 · 安藤, 1957) 및 토양 (Yonemoto et al., 1991) 등으로 부터도 알긴산 분해능이 우수한 균주를 분리하였다는 보고도 있으며, 미역의 조직에서 분리한 *Vibrio* sp. AL-145를 이용하여 해조류 중의 알긴산을 분해시킨 연구 (Joo et al., 1993; 1995; 1996)도 있다. 한편 미생물뿐만 아니라 해조류를 섭취하는 성게 (Eppley and Lasker, 1959), 전복 (Tsuji no and Saito, 1961; 1962; Nakada and Sweeny, 1967; Nisizawa et al., 1968), 불가사리 (Elyakova and Favorov, 1974) 및 소라 (Muramatsu et al., 1977) 등의 내장 추출물로부터 알긴산 분해 효소를 분리하고 특성을 밝힌 보고도 있으나 아직까지 실용화된 방법은 찾기 힘든 실정이다.

이처럼 현재까지 이루어진 국내의 연구들은 해조로부터 미리 추출된 다당을 사용하거나 또는 시판 다당 및 효소를 이용하여 가수분해 특성을 밝힌 것이 대부분이었으나, 본 연구에서는 단단한 조직을 갖는 해조 자체를 직접 시료로 사용하되, 자연계에서 미생물을 탐색하여 그 미생물계 효소를 사용하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 조직이 단단하여 이용률이 낮은 해조류의 조직을 가수분해시키고 유용성분을 효율적으로 추출하기 위하여 우선 자연계에서 해조류 가수분해능이 있을 것으로 추측되는 미생물군

⁺Corresponding author: bae5658@yosu.ac.kr

시료를 수집하여 다시마와 미역의 조직파괴 및 가수분해 가능성에 대하여 검토하였다.

재료 및 방법

재 료

실험에 사용한 다시마 (*Laminaria japonica*)와 미역 (*Undaria pinnatifida*)은 각각 전남 완도와 여수연안에서 생산, 건조된 것을 구입하여 사용하였다. 한편 자연계에서 채취한 미생물군 시료는 2000년 7월부터 2001년 7월 사이에 여수인근의 야산, 논, 밭, 해변 및 어판장에서 약 200종류의 미생물군 시료를 수집하여 예비실험을 통하여 다시마와 미역의 조직파괴가 인정되는 다음의 시료만을 선택하여 본 실험에 사용하였다. 즉, 소의 배설물 1군, 초산균 (*Acetobator aceti* KCCM 32409) 1종, 공중낙하균 1군, 해사와 해토 3군, 해수 3군, 어패류 4군, 토양 5군, 담수 5군 및 부식한 식물 9군으로 총 33군의 미생물군 채취 시료를 사용하였다. 이중 어패류는 각각 소라, 낙지, 붕장어 및 멧게의 내장에서 채취하였다.

가수분해

다시마와 미역은 각각 멸균된 해수에 침지시켜 충분히 복원시킨 다음 일정한 크기 (5×5 cm)로 절단하여 무게를 측정하고, petri-dish에 한 장씩 펼친 다음 자외선을 조사하여 자체에 존재하거나 오염된 균을 살균하였다. 여기에 예비실험을 통하여 선별된 33개의 미생물군 채취 시료를 멸균수로 희석하여 접종하고, 조체가 건조되지 않을 정도로 계속하여 보충하여 주며 30±1℃에서 4주간 배양하며, 육안관찰과 디지털 카메라 (DSC F707, Sony Co. Japan)로 촬영하였다. 동일한 방법으로 2차와 3차 실험을 실시하여 육안관찰을 통해 조체 붕괴정도가 심한 것을 선택하여 다시 동일한 방법으로 4주간 배양하며 전당과 환원당 함량을 측정하고 추출물 및 분해율을 구하였다.

일반성분 분석

일반성분 측정은 AOAC (2000)법에 준하여 측정하였다. 즉, 수분은 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet법 및 조회분은 건식회화법으로 측정하였다.

환원당 측정

채취한 미생물군을 접종하여 배양한 petri-dish상의 다시마와 미역 조체를 100 mL 정용플라스크에 모두 넣은 다음 정류수로 정용하고, 이것을 원심분리 (135×g, 5분)한 후 상층액을 취하여 분석용 시료용액으로 먼저 조제하였다.

그리고 환원당 함량 측정은 Somogyi-Nelson법 (日本食品工業學會, 1984)으로 먼저 조제한 시료용액 1 mL와 구리시약 1 mL를 시험관에 각각 취하고, water bath에서 20분간 가열하여 산화제1구리 (Cu₂O)를 생성시켰다. 여기에 몰리브덴용액 1 mL를 가하여 발색시킨 다음, 520 nm에서 흡광도를 측정하여, 검량선으로부터 환원당을 정량하였다.

전당 측정

채취한 미생물군을 접종하여 배양한 petri-dish상의 다시마와 미역 조체를 100 mL 정용플라스크에 모두 넣은 다음 정류수로 정용하고, 이것을 원심분리 (135×g, 5분)한 후 상층액을 취하여 분석용 시료용액으로 먼저 조제하였다.

전당은 Phenol-sulfuric acid법 (日本食品工業學會, 1984)으로 시료용액 1 mL (10~100 µg/mL)를 시험관에 취하고, 5% phenol 용액 1 mL를 가한 후 혼합하고, 여기에 진한 황산 5 mL를 가하여 발열시키며 잘 혼합하였다. 이 반응액을 실온에서 30분 방치한 후 470 nm에서 흡광도를 측정하여 검량선으로부터 환원당 함량을 구하였다.

추출율과 분해율

환원당과 전당의 추출율은 원료 다시마 및 미역의 전당에 대한 환원당 및 전당의 비율로 각각 나타내어 원료 해조에서 어느 정도의 당이 가수분해되면서 용출되어 나왔는가를 나타내었고, 분해율은 Joo et al. (1996)의 방법을 응용하여 추출액 중의 전당에 대한 환원당의 비율로 나타내었다.

결과 및 고찰

해조 분해의 육안관찰

실험에 사용한 해조의 일반성분을 Table 1에 나타내었다. 다시마는 수분 92.52%, 조단백질 0.77%, 조지방 0.25%, 조회분 1.41% 및 총당 5.05%이었고, 미역은 각각 93.43%, 1.32%, 0.32%, 0.95% 및 3.98%로 다시마가 미역에 비해 총당의 함량이 약 1% (건중량 7%) 정도 많이 함유하고 있었다.

Table 1. Proximate compositions of sea tangle and sea mustard (): dry basis

Sample	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude lipid (%)	Crude ash (%)	Total sugar (mg%)
Sea tangle	92.52	0.77 (10.29)	0.26 (3.42)	1.41 (18.81)	5,047.32
Sea mustard	93.43	1.32 (20.10)	0.32 (4.79)	0.95 (14.50)	3,984.06

자연계에서 채취한 33개의 미생물군을 접종한 다시마와 미역의 3차에 걸친 육안관찰의 결과를 Table 2에 나타내었는데, 전체적인 경향에 있어서 다시마와 미역간의 차이는 거의 찾아 볼 수 없었다. 첫 번째 배양 실험에서 조직 붕괴가 확연히 관찰되는 16개의 시료만을 선택하여 2차 실험에 사용하였다. 1차 실험에서 조직의 붕괴가 일어났으나, 2차 실험에서는 조직 붕괴 정도가 미미한 8개의 시료는 제외하고 8개의 시료만으로 3차 실험에 사용하였는데, 3차 실험에서는 8개 시료 모두 완전한 조직의 파괴와 외부로 해조 성분들이 유출되는 것을 관찰할 수 있었다. 즉 시료 번호 5, 8, 10, 26, 27, 28, 30 및 33번이었다. 이들 8개의 시료는 동일한 방법으로 다시 4주간 배양하여 각각의 전당 및 환원당 함량과 추출물 및

Table 2. Changes of sea tangle and sea mustard decomposed by natural microorganisms during incubation 4 weeks

Sample No.	Incubation times						Sampling source
	The first		The second		The third		
	sea tangle	sea mustard	sea tangle	sea mustard	sea tangle	sea mustard	
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 <i>Acetobator aceti</i> KCCM 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.

Sea tangle

Sea mustard

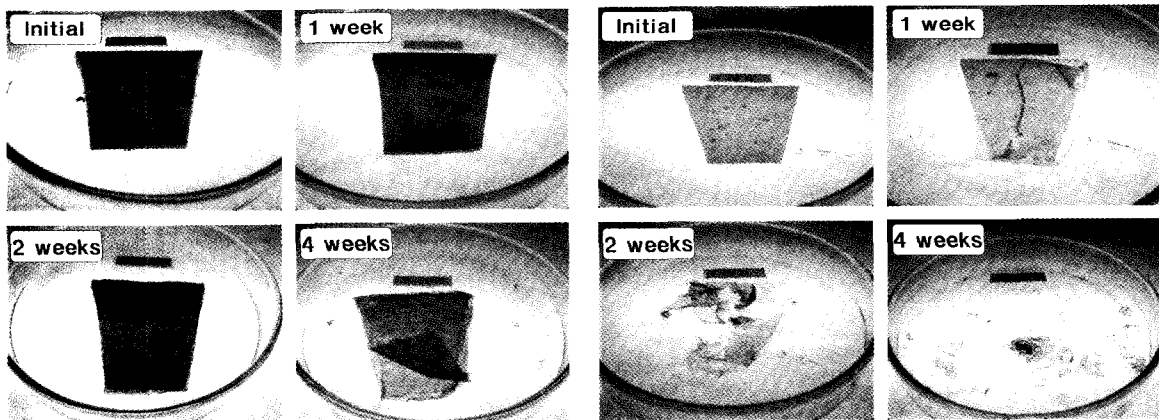


Fig. 1. Photos of sea tangle and sea mustard decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks.

분해율을 측정하였으며, 사진촬영도 함께 실시하였다.

8개의 시료 중 가장 확연히 육안관찰이 되는 시료 번호 27번의 디지털사진을 Fig. 1에 나타내었다. 사진에서 미역의 경우는 최초 조체 형태를 완전히 갖추고 있던 것이 1주 배양 후 조체가 두겹으로 분리되고 내부의 충전물이 거의 다 빠져 나왔으며, 4주 후에는 완전히 붕괴되어 형태를 알아 볼 수 없을 정도로 파괴되었다. 한편 다시마의 경우는 미역보다는 붕괴속도가 느린 것으로 보이나, 1주 후부터 서서히 충전물이 흘러나오고 있는 것이 보이고, 4주 후에는 엽체가 두장으로 분리되었다.

전당의 추출량과 추출율

8개의 미생물 채취 시료를 접종한 다시마와 미역의 4주간 배양에 따른 추출된 전당의 함량을 Table 3에 나타내었다. 모든 시료에서 대조구에 비하여 높은 추출량을 나타내었는데, 특히 다시마와 미역 모두에서 시료번호 27번 (담수에서 수집한 미생물군)이 각각 4주 후 3,460 mg% 및 3,222 mg%로 가장 높은 추출량을 나타내었고 다음으로 8번 (부식한 식물에서 수집한 미생물군)이 각각 2,222 mg% 및 2,494 mg%으로 높게 나타났다. 이들 미생물 시료의 경우 4주 후 추출된 전당 함량의 절반 정도가 배양 1주만에 추출된 것을 볼 수 있었는데, 이는 이들 미생물군들이 대부분 1주 이내에 최고의 성장율을 보이는 것으로 추정된다. 한편 대조구에 있어서도 시간이 경과함에 따라 약간의 추출이 이루어지는 것을 볼 수 있는데, 이것은 해조 자체가 가지고 있는 효소에 의한 것으로 추정된다.

Table 3. Changes on contents of total sugar in sea tangle and sea mustard extracts decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks (Unit : mg%)

Sample No.	Sea tangle				Sea mustard			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
control	669	1,095	1,464	1,475	60	66	134	279
5	1,067	1,423	1,519	1,583	1,100	1,120	1,212	2,246
8	1,761	1,847	1,990	2,222	1,218	1,724	1,755	2,494
10	633	1,260	1,683	1,961	263	652	740	796
26	942	1,012	1,980	2,084	240	320	843	1,051
27	1,879	1,952	2,349	3,460	1,542	2,342	2,541	3,222
28	634	733	1,163	1,973	201	735	1,073	1,092
30	1,025	1,135	1,224	1,515	1,002	1,036	1,046	1,073
33	689	989	1,320	1,489	299	394	842	1,300

8개의 미생물 채취 시료를 접종한 다시마와 미역의 배양기간에 따라 추출된 액중의 전당 함량을 원료해조에 함유된 전당에 대한 비율을 추출율로 하여 Fig. 2에 나타내었다. 배양 4주 후 다시마에서는 27번이 68.55%로 가장 높은 추출율을 보였으며 다음으로 8번 (44.02%), 26번 (41.29%), 28번 (39.09%) 및 10번 (38.85%) 순서로 높았다. 미역에서도 다시마와 마찬가지로 27번이 80.87%로 월등히 높은 값을 보였으며, 다음으로 8번 시료가 62.60%이었고, 5번 (56.38%), 33번 (32.63%) 및 28번 (27.41%) 순으로 높은 추출율을 나타내었다. 이러한 결과는 Cho and Lee (1974)의 감마선

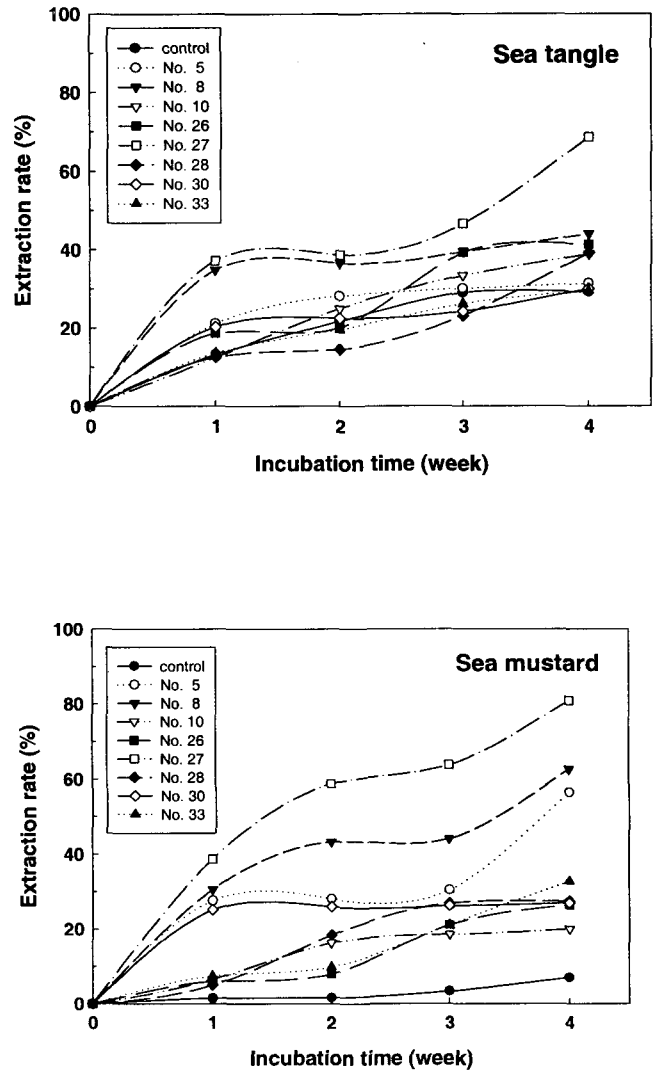


Fig. 2. Changes on extraction rates of total sugar in sea tangle and sea mustard extracts decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks.

조사에 의해 당의 추출수율을 6~30% 정도 상승시켰던 결과에 비해 월등히 높은 추출율을 보였다. 그리고 Jeong et al. (1994)과 Kang et al. (1996)에 의하면 미역과 툇의 생세포액 제조에서 수율이 다시마에 비하여 월등히 높았는데, 그 이유는 100 K 막을 통과할 수 없는 고분자 물질이 툇이나 미역에 비하여 다시마에 훨씬 많이 함유되어 있는 것과 같이 미역보다 다시마의 조직이 더 강인하여 가수분해되기 어렵다고 판단되었다. 또한, 다시마와 미역의 전체적인 가수분해 경향은 배양 2주까지 가수분해되어 추출되는 속도가 빠르고 그 이후 3~4주부터 다시 큰 폭으로 추출율이 높아지는 것을 알 수 있었으나, 4주 이후로는 추출율이 계속하여 증가하지 않았다 (Fig. 2).

환원당의 추출량과 추출율

Table 4에는 8개의 미생물 채취 시료를 접종한 다시마와 미역의

Table 4. Changes on contents of reducing sugar in sea tangle and sea mustard extracts decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks
(Unit : mg%)

Sample No.	Sea tangle				Sea mustard			
	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks	1 week	2 weeks	3 weeks	4 weeks
control	118	133	284	293	56	61	66	81
5	574	938	1,272	1,400	436	771	883	1,144
8	913	974	1,426	1,454	1,015	1,140	1,373	1,554
10	416	523	532	779	210	265	271	302
26	343	362	463	501	116	265	359	777
27	1,174	1,580	1,815	2,402	1,182	1,715	2,280	3,061
28	314	336	344	482	105	538	807	900
30	631	741	781	887	169	609	623	885
33	302	439	486	534	122	225	375	683

배양기간에 따라 추출된 액중의 환원당 함량을 나타내었다. 다시마의 경우 4주 배양 후 27번 시료, 즉 담수에서 수집한 미생물군 시료를 접종한 실험구가 2,402 mg%로 가장 높은 함량의 환원당이 추출액 중에 존재하였으며, 다음으로 8번 부식한 식물에서 수집한 미생물군 시료에서 1,454 mg%, 5번 소의 배설물에 수집한 미생물군 시료에서 1,400 mg%, 30번 담수에서 수집한 미생물군 시료에서 887 mg%의 순으로 높은 값을 나타내었으며, 나머지 시료들도 대조구(293 mg%)에 비해 높은 함량을 유지하고, 배양기간이 길어짐에 따라 추출액 중의 환원당 함량도 증가하였다. 한편 미역의 경우도 다시마와 비슷한 경향을 나타내었는데, 27번 시료가 3,061 mg%로 가장 많은 함량을 나타내었고, 다음으로 8번(1,555 mg%), 5번(1,144 mg%), 28번(900 mg%) 및 30번(885 mg%) 등의 순이었고, 모든 실험구의 추출액 중에는 대조구(81 mg%)에 비하여 월등히 높은 함량의 환원당을 함유하고 있었다. 한편 다시마와 미역에는 알긴산이 다량 함유되어 있는데, 추출된 환원당의 중에는 이들의 가수분해 산물도 상당히 들어 있을 것으로 추정된다 (Kang et al., 1996).

한편, 이들 실험구의 추출액 중에 용출된 환원당의 함량을 원료의 전당 함량에 대한 비율로 계산하여 Fig. 3에 나타내었다. 다시마와 미역 모두에서 담수에서 수집한 미생물군 시료인 5번이 각각 44.59%와 76.83%로 가장 높은 추출율을 보였으며, 모든 실험구에서 대조구에 비하여 월등히 높은 추출율을 나타내었다. 이처럼 대조구에 비해 환원당의 추출율이 월등히 높은 것으로 보아 이들 시료 중에는 다당을 분해하여 저분자화 시키는 효소를 가진 미생물들이 존재할 것으로 추측되었다. 다시마에서는 배양 1주까지 많은 추출율을 보이고, 그 후는 거의 변화가 없었으며, 미역 경우에는 27번 시료가 배양 4주간 꾸준히 증가하고 나머지는 배양 2주 후에는 큰 변화를 보이지 않았다.

해조의 분해율

8개의 미생물 채취 시료를 접종하여 배양한 다시마와 미역의 분해율을 Fig. 4에 나타내었다. 다시마의 경우 대체로 배양 1주만에 분해율이 높게 나타났으며, 그 후 약간의 감소 또는 증가하는 경향을 나타내었다. 앞에서 전당과 환원당의 추출율이 가장 높았

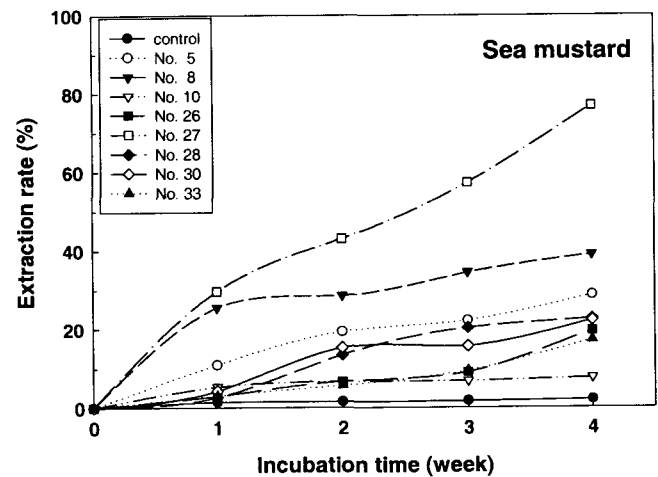
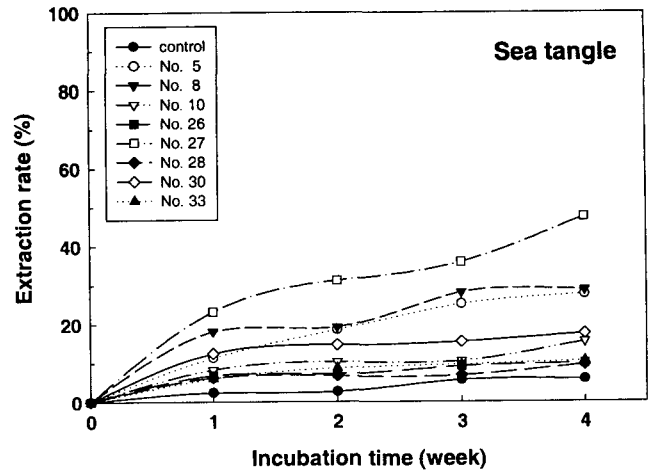


Fig. 3. Changes on extraction rates of reducing sugar in sea tangle and sea mustard extracts decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks.

던 미생물 시료 27번의 경우 배양 2주만에 가장 높은 분해율을 나타내었고 다른 실험구에 비하여 가장 높은 값을 나타내었다. 한편 전당과 환원당의 추출율이 3번째로 높았던 시료 5번은 1주만에 상당히 높은 분해율을 보이고 배양 시간이 경과함에 따라 꾸준히 증가하여 배양 4주에는 가장 높은 분해율을 보였는데, 이로써 미생물 시료 5번은 다당을 저분자화 시키는 효소를 가진 미생물의 활성이 꾸준히 유지되었다는 것을 알 수 있었다.

미역의 경우 역시 가장 추출율이 높았던 27번의 미생물 시료가 1주부터 높은 값을 가지며 4주에는 가장 높은 값을 나타내는 것을 확인 할 수 있었는데, 이로써 27번 시료에는 조체의 파괴로 인한 다당의 추출을 용이하게 할 뿐만 아니라 다당을 저분자화 시키는 효소를 다량 함유하고 있을 것으로 추측되었다. 미역의 경우 다시마와는 달리 대조구가 1주와 2주 동안 배양한 경우 가장 높은 값을 가지는데, 이것은 초기에 다당의 추출액중으로 용출된 함량보다

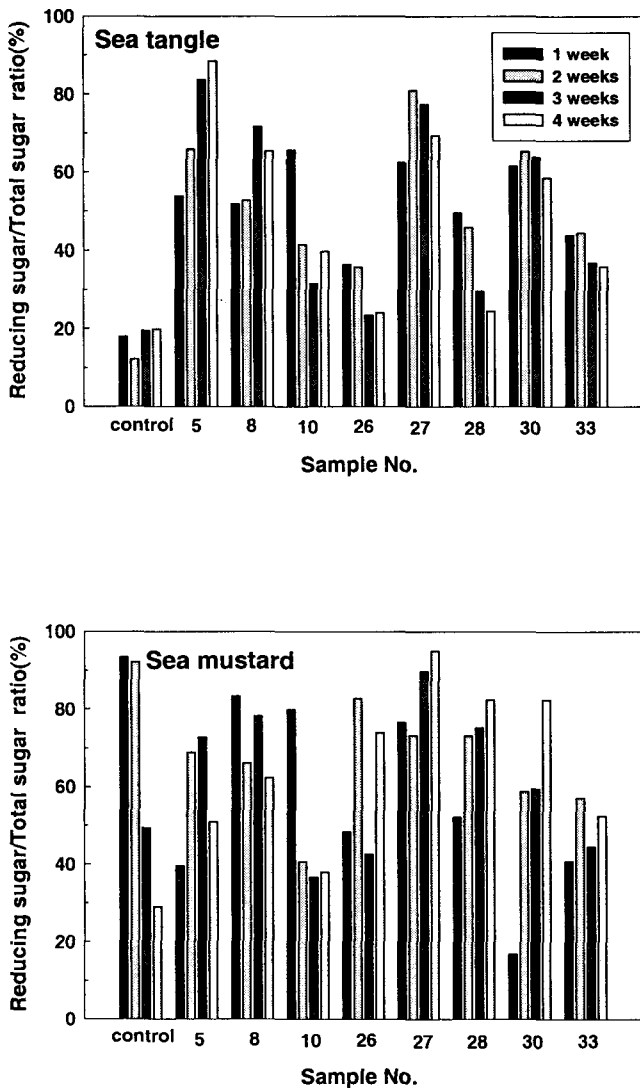


Fig. 4. Changes on ratios of reducing sugar to total sugar in sea tangle and sea mustard extracts decomposed by natural microorganisms during incubation for 4 weeks.

원료에 함유되어 있던 저분자 환원당들이 쉽게 추출되어 상대적으로 높게 나타난 것으로 판단되었다. 미생물 시료 30번을 제외한 대부분의 실험구에서 1주만에 높은 값을 보여 미역의 분해 작용은 초기에 거의 이루어지고 그 이후에는 다당의 추출량과 분해가 비슷한 속도로 이루어진다고 할 수 있다. 해조류의 조섬유 중 식이 섬유가 다시마는 33.37% (건중량), 미역 43.36% (건중량)이었던 Hwang et al. (1996)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 생각되어 진다.

요 약

조직이 단단하여 이용률이 낮은 해조류의 조직을 가수분해시키

고 유용성분을 효율적으로 추출하기 위하여, 자연계에서 미생물을 탐색하여 해조류의 가수분해에 사용하고자 하였다. 우선 자연계에서 약 200종류의 미생물군 시료를 수집하고, 이 중에서 다시마와 미역의 조직파괴가 인정되는 33군의 시료를 사용하여 다시마와 미역의 조직파괴 및 가수분해 가능성에 대하여 검토하였다.

소의 배설물에서 취한 시료 (No. 5), 공중낙하균군 시료 (No. 33), 토양에서 취한 시료 (No. 10, 26), 담수에서 취한 시료 (No. 27, 30) 및 부식한 식물에서 취한 시료 (No. 8, 28)에서 다시마와 미역의 조직 분해가 관찰되었다. 그리고 이들 미생물군들을 다시마와 미역에 접종하여 4주간 배양하고, 그 배양물 중의 전당과 환원당 함량, 추출율 및 분해율을 측정된 결과 두 해조 모두에서 시료 번호 27번과 8번이 가수분해에 가장 효과적이었다. 이들 미생물군에 의하여 가수분해된 배양물에서 전당의 추출율은 다시마에서 각각 68.55% 및 44.02%이었고, 미역에서는 각각 80.87% 및 62.60%이었다. 그리고 환원당의 추출율은 다시마에서 각각 47.59% 및 28.81%, 미역에서는 각각 76.83% 및 39.01%이었다.

참 고 문 헌

AOAC. 2000. Official Methods of Analysis of AOAC International, 17th Edition, U.S.A.

Ando, Y. and K. Inoue. 1961a. Decomposition of alginic acid by microorganisms-IV. On the *Vibrio*-type bacteria, newly isolated from the decaying *Laminaria*. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 27, 339~341 (in Japanese).

Ando, Y. and K. Inoue. 1961b. Decomposition of alginic acid by microorganisms-V. On the alginase of *Vibrio* sp. SO-20 strain. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 27, 342~347 (in Japanese).

Ando, Y. and K. Inoue. 1965. Decomposition of alginic acid by microorganisms-V. On the modes of action of two alginases. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., 31, 552~557 (in Japanese).

Bae, T.J., J.M. Kwak, H.S. Kim and K.S. Kim. 2002. Processing of leaflike and powder tea using sea tangle. Korean J. Life Science, 12, 16~25 (in Korean).

Boyd, J. and J.R. Turvey. 1977. Isolation of a poly- α -L-gulonate lyase from *Klebsiella aerogenes*. Carbohydrate Research, 57, 163~171.

Boyd, J. and J.R. Turvey. 1978. Structural studies of alginic acid, using a bacterial poly- α -L-gulonate lyase. Carbohydrate Research, 66, 187~194.

Cho, H.O. and S.R. Lee. 1974. Effectiveness of gamma-irradiation on the extraction of algal polysaccharides. Korean J. Food Sci. Technol., 6, 36~41 (in Korean).

Davidson, I.W., I.W. Sutherland and C.J. Lawson. 1976. Purification and properties of an alginate lyase from a marine bacterium. Biochem. J., 159, 707~713.

Eller, J. and W.J. Payne. 1960. Studies on bacterial utilization of uronic acid. IV. Alginolytic and mannuronic acid oxidizing isolates. J. Bacteriology, 80, 193~199.

Elyakova, L.A. and V.V. Favorov. 1974. Isolation and certain properties of alginate lyase VI from the mollusk *Littorina* sp. Biochimica et Biophysica Acta., 358, 341~354.

Eppley, R.W. and R. Lasker. 1959. Alginase in the sea urchin *Strong-*

- ylocentrotus purpuratus*. Science, 129, 214~215.
- Hwang, S.H., J.I. Kim and C.J. Sung. 1996. Analysis of dietary fiber content of some vegetables, mushrooms, fruits and seaweeds. Korean J. Nutrition, 29, 89~96.
- Jeong, I.H., S.S. Lee and K.H. Lee. 1994. The effect of additives to the texture of kelp blade. Bull. Korean Fish. Soc., 27, 149~154 (in Korean).
- Joo, D.S., S.Y. Cho and E.H. Lee. 1993. Isolation of alginate-degrading bacteria and production of alginate-degrading activities by the bacteria. Kor J. Appl. Microbiol. Biotechnol., 21, 207~213 (in Korean).
- Joo, D.S., J.S. Lee, S.Y. Cho, S.J. Shin and E.H. Lee. 1995. Changes in functional properties of alginic acid by enzymatic degradation. Korean J. Food Sci. Technol., 27, 86~91 (in Korean).
- Joo, D.S., J.S. Lee, J.J. Park, S.Y. Cho, H.K. Kim and E.H. Lee. 1996. Preparation of oligosaccharides from alginic acid by enzymic hydrolysis. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 146~151 (in Korean).
- Kaneko, Y., Y. Yonemoto, K. Okayama, A. Kimura and K. Murata. 1990a. Symbiotic formation of alginate lyase in mixed culture of bacteria isolated from soil. J. Fermentation & Bioengineering, 69, 192~194.
- Kaneko, Y., Y. Yonemoto, K. Okayama, A. Kimura and K. Murata. 1990b. Bacterial alginate lyase properties of the enzyme formed in a mixed culture bacteria isolated from soil. J. Fermentation & Bioengineering, 70, 147~149.
- Kang, Y.J., K.T. Ryu and H.S. Kim. 1996. Preparation of cellular liquid from brown seaweeds for functional tonic products. J. Korean Soc. Food Nutr., 25, 94~103 (in Korean).
- Kashiwabara, Y., S. Hiroshi and K. Nisizawa. 1969. Alginate lyases of *Pseudomonads*. The J. Biochemistry, 66, 503~512.
- Kitamikado, M., C.H. Tseng, T. Aoki, K. Yamaguchi and T. Araki. 1989. Isolation of bacteria capable of producing alginate-degrading enzyme from natural environment. Nippon Suisan Gakkai-shi, 55, 709~713 (in Japanese).
- Lee, I.K. and J.W. Kang. 1986. A check list of marine algae in Korea. Korean J. Phycol., 1, 311~325 (in Korean).
- Min, K.H., S.F. Sasaki, Y. Kashiwabara and K. Nisizawa. 1977b. Substrate specificity of endo-polyguluronide lyases from *Pseudomonas* sp. on the basis of their kinetic properties. J. Biochemistry, 81, 547~554.
- Min, K.H., S.F. Sasaki, Y. Kashiwabara, M. Umekawa and K. Nisizawa. 1977a. Multiple components of endo-polyguluronide lyase of *Pseudomonas* sp. J. Biochemistry, 81, 539~546.
- Min, K.H., S.F. Sasaki, Y. Kashiwabara, M. Umekawa and K. Nisizawa. 1977c. Fine structure of SMG alginate fragment in the light of its degradation by alginate lyases. J. Biochemistry, 81, 555~562.
- Muramatsu, T., S. Hirose and M. Katayose. 1977. Isolation and properties of alginate lyase from the mid-gut gland of wreath shell *Turbo cornutus*. Agric. Biol. Chem., 41, 1939~1946.
- Nakada, H.I. and P.C. Sweeny. 1967. Alginic acid degradation by eliminases from abalone hepatopancreas. The J. Bio. Chem., 242, 845~851.
- Nisizawa, K., S. Fujibayashi and Y. Kashiwabara. 1968. Alginate lyases in the hepatopancreas of a marine mollusc, *Dolabella auricula* Solander. The J. Biochemistry, 64, 25~37.
- Tseng, C.H., K. Yamaguchi and M. Kitamikado. 1992a. Isolation and some properties of alginate lyase from a marine bacterium *Vibrio* sp. AL-128. Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 533~538 (in Japanese).
- Tseng, C.H., K. Yamaguchi and M. Kitamikado. 1992b. Two types of alginate lyase from a marine bacterium *Vibrio* sp. AL-9. Nippon Suisan Gakkaishi, 58, 743~749 (in Japanese).
- Tsujino, I. and T. Saito. 1961. A new unsaturated uronide isolated from alginase hydrolysate. Nature, 192, 970~971.
- Tsujino, I. and T. Saito. 1962. Studies on alginase. Part II. A new unsaturated uronide isolated from alginase hydrolysate. Agric. Biol. Chem., 26, 115~118.
- Waksman, S.A. and M.C. Allen. 1934. Decomposition of polyuronides by fungi and bacteria. J. Bacteriol., 28, 213~220.
- Yonemoto, Y., K. Murata, A. Kimura, H. Yamaguchi and K. Okayama. 1991. Bacterial alginate lyase; Characterization of alginate lyase-producing bacteria and purification of the enzyme. J. Fermentation & Bioengineering, 72, 152~157.
- 吉川三吉. 1954. *Pseudomonas alginoliquefaciens* I のアルギン酸分解酵素について. 兵庫農科大学研究報告 農芸化学編, 1, 53~56.
- 吉川三吉. 1955. 細菌アルギン酸分解酵素 (alginase) の生産条件について (その一). 兵庫農科大学研究報告 農芸化学編, 2, 8~10.
- 吉川三吉, 渡邊 憲. 1956. 細菌アルギン酸分解酵素 (alginase) の生産条件について (その二). 兵庫農科大学研究報告 農芸化学編, 2, 118~120.
- 日本食品工業學會. 1984. 食品分析法. 光琳, 日本 東京, pp. 170~172, 189~191.
- 井上勝弘. 1957. 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, 798~801.
- 井上勝弘, 安藤芳明. 1957. 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, 742~746.
- 해양수산부. 2000. 벤처 산업을 위한 지향한 젤리형 해조면류 가공기술의 개발, p. 12.

2002년 5월 1일 접수

2002년 7월 25일 수리