

## 국내산 우뭇가사리로부터 미생물 배지용 한천의 pilot 규모 정제와 특성

김두상 · 김형락 · 김정한\* · 변재형\*\*

여수대학교 식품영양학과, \*여수대학교 냉동공학과, \*\*부경대학교 식품생명과학과

### Pilot-scale preparation and physicochemical characteristics of microbiological agar from *Gelidium amansii* in Korea

Doo-Sang KIM, Hyeung-Rak KIM, Jeong-Han KIM\* and Jae-Hyeong PYEUN\*\*

Department of Food Science and Nutrition, Yosu National University, Chunnam 550-749, Korea

\*Department of Refrigeration Engineering, Yosu National University, Chunnam 550-749, Korea

\*\*Faculty of Food and Biotechnology, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Agar for microbiological medium was prepared with pilot-scale for industrial application by the process of microfiltration (0.4 μm pore size) in 40~50°C, washing with 50°C water, and treatment with 0.25 N NaOH at 70°C. Transparency, gel strength, viscosity, sulfate content, and syneresis ratio of agar prepared from *Gelidium amansii* was compared with commercial agar for microbiological medium. Gel strength and transparency were increased with processing, however, it's viscosity, sulfate content, and syneresis ratio were reduced. The final agar product was superior to commercial agar for microbiological medium.

Key words: agar, microbiological medium, microfiltration, alkali treatment, gel strength, sulfate content.

#### 서 론

우리 나라 한천 생산의 대표적인 원조는 우뭇가사리과 (*Gelidium*)와 꼬시래기과 (*Gracilaria*)로서 종의 분류는 상당히 복잡하며, 분류 방법에 대하여는 지속적으로 논의가 진행 중에 있다 (Jol et al., 1999). 한천은 홍조류의 세포벽을 이루는 구성 다당류로서 α(1-4)-3,6-anhydro-D-galactose와 β(1-3)-D-galactose가 교차 결합한 골격을 가지며 약 6%의 황산기가 ester결합을 이루고 있다 (Rudolph, 1999; Jol et al., 1999). 그리고 종 및 성장시기에 따라 황산기가 methyl ether, 또는 pyruvate acetal group으로 치환된 경우도 보고되고 있다 (Craigie, 1990).

1996년을 기준으로 하여 우리 나라의 우뭇가사리 생산량은 3,551 톤이며, 한천 생산량은 563 톤으로 전세계 생산량의 약 13% 수준이다. 그러나 우리 나라에서 생산된 한천은 대부분이 식용 한천으로 60~70%가 외국으로 수출되고, 나머지 30~40%는 식품가공용으로 국내에서 소비되고 있으며, 한천 정제법에 관한 국내에서의 연구 실정은 미진하며 조한천의 제조에만 국한되어 있는 실정이다 (Kor. Fish. Soc., 1998).

미생물 배지용 한천은 종래에는 우뭇가사리로 조제되었으나 근래에는 세계적으로 생산량이 많은 꼬시래기과로부터의 공업용 한천의 제조기술이 발달하여 현재의 미생물 배지용 한천은 꼬시래기과에서 주로 추출 제조되고 있다. 우뭇가사리와 꼬시래기로부터 제조된 한천들은 그 물성 면에서 차이를 보이는데 꼬시래기 유래 한천으로부터 정제된 미생물배지용 한천은 투명도, gel 강도 및 이수율이 일반 한천에 비하여 우수하며, 그 순도 면에서도 황산기 및 무기질의 함량이 상대적으로 적다. 또한 미생물의 성장이 한천에 존재하는 합질소화합물, 무기질 및 불포화 지방산 등 불순물의 영향을 많이 받기 때문에 일반 한천을 미생물 배지로 사용하는 것은 불가능하다 (Hayashi and Okazaki, 1970).

따라서 본 연구는 국내에서 생산량이 많은 우뭇가사리로부터 한천을 제조하고 이를 미생물 배지용의 한천으로 정제하는 과정에서 그 물리화학적 특성을 비교 분석하여 미생물 배지용으로 적용성을 평가검토하였다.

#### 재료 및 방법

##### 1. 재료

1998년 12월에 제주해안에서 수확 건조한 우뭇가사리를 담수로 수세한 후, 60°C에서 24시간 건조하여 한천 추출용 시료로 사용하였다. 그리고 대조용 표품으로서의 미생물 배지용 한천은 Difco사 (Sparks, ML, USA) 및 Sigma사 (St. Louis, MO, USA) 제품을 구입하여 분석 비교하였다.

##### 2. 실험방법

한천의 조제 : 한천의 추출은 Pickering et al. (1990)과 Levy et al. (1990)의 방법을 pilot규모에 적합하도록 개량하여 시행하였다. 즉, 담수로 수세하여 건조한 우뭇가사리 10 kg (수분함량 6%)을 10배 량의 담수에 하룻밤 침지 후, 차아염소산 나트륨을 0.05% 되도록 첨가하여 30분간 표백처리하였다. 이것을 수세하고 0.2% 황산용액에 30분간 처리한 후 중성이 될 때까지 수세하였다. 여기에 10배 양의 0.02% 메타인산나트륨 용액을 첨가하고 pH를 6.0으로 조정후 6시간 동안 가열 추출하였다. 추출 후 피로인산칼륨 100 g을 가하고 1 N NaOH로 pH를 8.0으로 조절하여 규조토를 액량의 2% 되도록 첨가하여 여과하였다. 이 여과액을 실온에 방치하여 gel화시키고 5×5×300 mm의 크기로 잘라서 0.1% 차아염소산소다로 5분간 표백하여 -80°C에서 동결시킨 후, 해동하면서 탈수 건조시켜 한천을 제조하였다.

**Microfiltration** : 한천을 1.0% 용액으로 제조한 후 65°C로 온도를 고정시켜 이를 기공 (pore size)이 5.0, 1.0, 0.4 및 0.2  $\mu\text{m}$  인 microfilter (CSM type, (주)세한)를 부착한 dead-end type cartridge filtration system을 사용하여 순차적으로 4.1 L/min 유속으로 여과하여 각 회분을 알코올 침전 후, 건조하여 제조하였다.

**수세** : 한천 분말 500 g에 25 L의 물을 첨가하여 20, 50 및 70°C에서 2시간 처리 여과 후 불용성 회분을 알코올 탈수 후 건조하여 각각의 회분을 제조하였다.

**알칼리 처리** : 미리 조제한 0.25 N NaOH 용액 25 L에 한천 분말을 500 g씩 첨가하고 20, 50 및 70°C의 온도에서 2시간 처리하여 알칼리 처리에 의한 영향을 검토하였다.

**분석 방법** : 각 한천의 수분 및 회분 함량은 상법에 따라 상압 건조법 및 건식회화법으로 측정하였고, 조지방 및 조단백질 함량은 Soxhlet 추출법 및 Kjeldahl 법 (AOAC, 1990)으로, 탄수화물의 농도는 phenol-sulfuric acid법 (Dubois et al., 1956)으로, 그리고 황산염의 함량은 Dodgson과 Price (1962)법으로 분석하였다. 그리고 한천의 점도는 한천을 1% 농도로 조제하여 65°C에서 B type viscometer (Model DV-III, Brookfield, USA)로써 50 rpm의 spindle 속도로 측정하였다. 겔 파괴 강도는 1% 용액으로 조제한 한천 용액을  $\phi 60 \times 30$  mm의 용기에 부어 뚜껑을 달아서 25°C에서 하룻밤 방치하고 4°C에서 2시간 방냉하여 직경 10 mm의 실린더형의 plunger를 부착한 Rheometer (Model CR-100D, Sun Scientific, Korea)로써 측정하였다. 3,6-Anhydrogalactose의 비율은 Yaphe (1960)의 방법에 따라 측정하였다. 탁도는 1.0%의 한천 용액을 조제하여 각각 65°C와 20°C로 온도를 고정한 후, 파장 600 nm에서 spectrophotometer (Model UV-160, Shimadzu, Japan)로 흡광도를 측정하였다. 시너레스시율의 측정은 1.0% 한천 5 ml을 15 ml의 cap tube에 취하고 밀봉하여 상온에서 지면과 10° 정도 경사지게 놓혀 굳힌 후 거꾸로 세워서 4°C에서 하룻밤 방치시킨 다음, 이수를 무게를 알고있는 여지에 흡착시켜 칭량하여 백분율로써 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 1. 한천의 추출

제주산 우뭇가사리로부터 추출한 한천의 일반조성을 Table 1에 나타내었다. 본 방법을 이용하여 추출한 한천의 일반조성은 수분 및 회분이 각각 7.2 및 3.1% 였고, 조단백질 및 탄수화물은 각각 0.8과 67.7% 였으며, 조지방은 측정되지 않았다. 그러나 우뭇가사리의 일반성분은 수분, 회분, 조단백질, 탄수화물 및 조지방이 각각 6.0, 5.3, 20.7, 88.9 및 0.3%로 추출된 한천과는 수분, 조단백질, 탄수화물 및 조지방에서 많은 차이를 보였고, 회분의 경우는 그 변화폭이 적었다. 그리고 한천의 유황화합물의 함량은 1.8%로 해조종의 3.8% 보다 약간 감소하였다. 분리된 한천 중의 무기질과 유황화합물의 높은 함량은 한천의 구성성분인 agarose의 분자중에 있는 황산기가 유리된 상태로 존재하지 않고, 무기질 등과 결합한 상태로 존재하기 때문에 회분함량은 비교적 높은 것으로 보고되어지고 있다 (Lin and Okazaki, 1970).

우뭇가사리를 가열 추출하면 한천이 용해되어 점질상의 용액으로 된다. 이에 규조토를 여과보조제로 첨가하여 여과함으로써 불용성의 섬유소, 단백질 및 지질 성분들이 규조토에 흡착되어 비교적 순수한 한천만이 여과된다. 따라서 규조토 여과에 의하여 해조종의 대부분의 유기물이 제거됨으로써 해조에 비해 한천의 단백질 및 지질 함량이 낮아지는 것으로 추정된다.

본 실험법으로 제조한 한천종의 황산기의 함량은 1.8%로 나타났다. 일본산 우뭇가사리로부터 조제한 한천의 황산기 함량은 1.92~3.15% (Lim and Okazaki, 1970)이고, 국내산으로 조제한 한천의 황산기 함량은 1.38~1.89% (Do, 1997)로 국내산 한천에서의 함량이 낮다고 보고되어 있다. 황산기가 많은 한천은 겔의 형성능이 떨어지고 겔 강도와 3,6-anhydrogalactose의 비율이 낮다 (Duckworth and Yaphe, 1971). 이는 황산기가 L-galactose-6-sulfate 형태로 존재하다가 환경적 요인에 의하여 3,6-anhydrogalactose로 전환되기 때문인 것으로 보고되고 있다 (Duckworth et al., 1971; Nelson et al., 1983; Craigie and Leigh, 1978).

위와 동일한 방법으로 추출한 한천의 물리화학적 특성을 Table 2에 나타내었으며, 한천의 수율은 27.5%로 나타났다. 우뭇가사리종의 한천의 함량은 계절 (Kim et al., 1995; Asare, 1980; Luhan, 1992) 및 지역 별 (Do, 1997; Lim and Okazaki, 1970)에 따라 함량의 차이가 크다고 알려져 있다. 국내산 우뭇가사리의 경우 한천의 함량은 33.0~46.8% (Kim et al., 1995; Do, 1997)이고, 일본산의 경우는 34~52% (Lin and Okazaki, 1970) 정도이다. 그러나 한천의 추출율이 완벽하지 않고, 또한 제품의 질적인 면을 고려하여 한천을 생산할 경우, 그 수율이 21~38% (Lin and Okazaki, 1970)로서 본 결과와 유사하게 나타났다.

겔을 형성하는 특성을 가진 한천의 물성에 있어서 품질을 평가할 때 겔과 줄 상태일 때로 나누어 평가하고 있다. 본 실험방법에 따라 추출된 한천을 1.0% 농도일때의 겔 형성시의 파괴강도 (겔 강도)와 용액 상태의 점도를 측정한 결과 겔 강도는 460 g/cm<sup>2</sup>였으며, 점도는 12 cp였다. 그리고 한천종의 3,6-anhydrogalactose 비율은 40.3%로 나타났다 (Table 2). 국내산 각 지역별로 우뭇가

**Table 1. Proximate and sulfate compositions of agar from *Gelidium amansii* (%)**

Composition	<i>Gelidium amansii</i>	Agar
Moisture	6.0 ± 0.02	7.2 ± 0.02
Ash	5.3 ± 0.01	3.1 ± 0.01
Crude lipid	0.3 ± 0.01	-
Crude Protein	20.7 ± 0.07	0.8 ± 0.03
Carbohydrate	67.7 ± 0.15	88.9 ± 0.24
Sulfate	3.8 ± 0.01	1.8 ± 0.01

**Table 2. Characteristics of agar from *Gelidium amansii***

	Contents
Yield (%)	27.5 ± 0.12
Gel strength (g/cm <sup>2</sup> )	460 ± 2.45
Viscosity (cp)*	12 ± 0.21
3,6-anhydrogalactose ratio (%)	40.3 ± 0.45

\*Viscosity was measured with 1% solution at 65°C by 50 rpm spindle velocity.

**Table 3. Effect of microfiltration on physical and chemical properties of agar from *Gelidium amansii* and comparison with microbiological and commercial agars**

	Turbidity* (OD at 600 nm)		Gel strength (g/cm <sup>2</sup> )	Viscosity (cp)	Sulfate (%)	Syneresis ratio (%)
	65°C	20°C				
Agar from <i>Gelidium amansii</i>	0.049	0.181	460 ± 12	12 ± 0.02	1.80 ± 0.002	10.3 ± 0.01
Microfiltration (5.0 μm)	0.021	0.210	460 ± 11	12 ± 0.01	1.79 ± 0.001	10.3 ± 0.02
Microfiltration (1.0 μm)	0.009	0.182	462 ± 12	11 ± 0.01	1.80 ± 0.001	10.0 ± 0.03
Microfiltration (0.4 μm)	0.004	0.161	458 ± 14	10 ± 0.04	1.78 ± 0.002	9.8 ± 0.04
Microfiltration (0.2 μm)	0.001	0.141	468 ± 12	11 ± 0.05	1.80 ± 0.001	10.5 ± 0.02
Microbiological medium agar A	0.006	0.159	368 ± 11	8 ± 0.01	2.39 ± 0.001	12.4 ± 0.02
Microbiological medium agar B	0.007	0.171	358 ± 13	8 ± 0.03	2.18 ± 0.002	11.3 ± 0.03
Commercial agar A	0.061	0.238	392 ± 15	11 ± 0.05	2.54 ± 0.001	12.0 ± 0.05
Commercial agar B	0.066	0.226	341 ± 22	33 ± 0.06	2.99 ± 0.002	9.8 ± 0.03

\*Data were mean of triplicate.

사리에서 한천을 조제하여 1.5% 용액의 겔 강도를 측정한 결과 496~887 g/cm<sup>2</sup>의 범위 (Do, 1997)로 본 실험에서 조제한 한천과는 겔 조제시의 농도가 다르므로 정확한 비교는 할 수 없지만 농도를 계산하여 추론하면 강도면에서는 높은 수준으로 나타났다. 서아프리카에서 채취한 홍조류인 *Gracilaria tikvahiae* McLachlan과 *Neogardhiella baileyi*로부터 각각 추출한 한천의 3,6-anhydrogalactose 비율은 계절에 따라 34~43% (Asare, 1980)로 유사한 경향을 보였으며 본 결과와도 일치하였다.

결과적으로 한천의 제조시 추출, 여과 및 탈수과정 등의 일반적인 공정보다 표백, 산처리, 인산염 첨가와 pH 조정 과정을 더 거치는 공정법을 선택하여 추출한 것이 높은 강도와 저점도 및 3,6-anhydrogalactose의 비율이 높아 제품의 질적 향상을 꾀할 수 있었다. 이러한 제조 공정들은 산업적 응용이 가능하여 현재 적용되고 있다 (Hayashi and Okazaki, 1970).

## 2. Microfiltration에 의한 효과

일반 한천과 미생물 배지용 한천의 졸 상태의 투명도 차이는 불순물의 종류에 따라 다르고, 육안으로도 구분이 가능하다. 이를 개선하기 위하여 증류수에 한천을 1.0%의 농도가 되도록 첨가한 후 가열 용해하여 65°C에서 microfiltration을 실시하였다. 각각의 여액을 탈수 건조하여 특성을 조사한 후 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 위 실험법으로 조제한 한천의 투명도는 액상과 겔상의 흡광도와 비례하는 경향을 나타내었으며, 여과막의 기공이 적을수록 확인한 차이를 보였다. 여과 막의 기공이 0.4 μm 부터는 시판되는 미생물 배지용 한천보다 양호한 결과를 보였다. 그러나 물성의 변화 및 황산기 함량은 여과막의 기공에 따라 변화하지 않았다.

한천 용액을 380~780 nm 사이에서 흡수 스펙트럼을 조사하면 파장이 길수록 빛의 투과도는 높아지며, 한천의 농도가 높아질수록 투과도는 감소하고 이러한 현상은 대부분의 한천에 적용되며, 한천의 투명도는 졸 상태일 때는 일정하지만 완전한 겔이 될 때 그 투명도가 급격히 떨어진다. 이러한 차이는 한천 중에 혼입되어 있는 불순물의 함량이 많을수록 그 범위가 커지고, 또한 불순물 입자의 크기, 양, 또는 형태에 따라 달라진다고 보고되고 있다

(Hayashi and Okazaki, 1970).

## 3. 수세에 의한 영향

우뭇가사리로부터 제조한 한천을 microfiltration시킨 것 중에서 0.4 μm 기공을 가지는 여과막을 사용하여 microfiltration된 한천의 경우가 투명도 면에서 시판되는 미생물 배지용 한천과 유사한 결과를 보였기에 이를 정제용 시료로 사용하였다. 한천은 저온에서 용해되지 않으므로 한천 중의 가용성 물질을 녹여 제거하기 위해 한천분말 500g을 각각 20, 50 및 70°C의 온도로 예열된 증류수 25 L에 소량씩 첨가하여 2시간 동안 교반하여 여과, 건조 후 이들의 특성을 Table 4에 나타내었다. 처리온도가 높을수록 겔의 강도는 458에서 568 g/cm<sup>2</sup>로 증가하였고 이와 반대로 황산기의 함량 및 이수율은 각각 1.78와 9.8에서 0.95와 5.4로 약 절반 정도 감소하여 바람직한 결과를 나타내었다. 그러나 점도는 약간 감소하는 경향을 나타내었다.

한천 제조시 추출 여과한 다음 겔을 형성시켜 동결과 해동을 반복하면 한천 성분이 스폰지 형태로 되고 탈수가 진행된다. 이때 한천 겔을 물로써 여러 차례 행구면 최종제품에서 겔 강도가 높고, agarose의 함량이 많은 동시에 겔 형성력이 낮은 agaropectin의 양은 줄어든다 (Hayashi and Okazaki, 1970). 황산기 함량의 저하는 황산기가 결합되어있는 agaropectin이 수세시 제거된 것으로 해석될 수 있다. 따라서 상대적으로 겔 강도가 높은 agarose의 함량이 높아 한천의 겔 강도의 상승을 가져왔다고 추정된다.

**Table 4. Effect of washing with distilled water at various temperatures on physical and chemical properties of agar**

	Turbidity (OD at 600 nm)		Gel strength (g/cm <sup>2</sup> )	Viscosity (cp)	Sulfate (%)	Syneresis ratio (%)
	65°C	20°C				
Control*	0.004	0.161	458 ± 12	10.0 ± 0.02	1.78 ± 0.002	9.8 ± 0.03
20°C	0.004	0.160	477 ± 21	8.2 ± 0.02	1.03 ± 0.003	6.3 ± 0.01
50°C	0.004	0.163	545 ± 13	7.5 ± 0.01	0.95 ± 0.001	6.0 ± 0.05
70°C	0.004	0.155	568 ± 24	8.2 ± 0.04	0.95 ± 0.002	5.4 ± 0.03

Data were mean of triplicate.

\*Agar was treated with microfiltration (0.4 μm).

**Table 5. Effect of alkaline treatment at various temperatures on physical and chemical properties of agar**

	Turbidity (OD at 600 nm)		Gel strength (g/cm <sup>2</sup> )	Viscosity (cp)	Sulfate (%)	Syneresis ratio (%)
	65°C	20°C				
Control*	0.004	0.161	458 ± 22	7.5 ± 0.02	1.78 ± 0.002	9.8 ± 0.07
20°C	0.007	0.150	464 ± 21	5.9 ± 0.04	0.59 ± 0.003	6.3 ± 0.05
50°C	0.005	0.160	603 ± 13	5.2 ± 0.03	0.40 ± 0.001	6.0 ± 0.09
70°C	0.004	0.185	738 ± 24	4.2 ± 0.04	0.40 ± 0.002	5.4 ± 0.08

Data were mean of triplicate

\*Agar was treated with microfiltration and washing with water at 50°C.

**4. 알칼리 처리에 의한 영향**

온도 50°C의 증류수로써 수세 처리하여 건조된 한천을 0.25 N NaOH 용액으로 20, 50 및 70°C의 온도에서 2시간 처리하여 알칼리에 대한 영향을 검토하였다. 각 온도별로 투명도의 개선 효과는 더 이상 진척되지 않았으나, 겔 강도는 현저하게 증가하였다. 또한 황산기 함량은 1.78%에서 0.4%로 약 4.5배 감소하였고, 이수율은 9.8%에서 5.4%로 낮아졌다. 점도 역시 10 cp에서 4.2 cp로 절반 이상 감소하여 알칼리 처리에 의한 효과가 현저하게 나타남으로서 상용의 미생물 배지용 한천의 특성 (Table 3)보다 모든 면에서 우수한 결과가 나타났다.

한천 조성에 있어서 황산기는 한천의 생합성의 전구체로 알려져 있는 L-galactose-6-sulfate로 결합되어져 있다. 이러한 전구체들은 효소 (Rees, 1961a), 또는 알칼리 (Rees, 1961b) 처리에 의하여 황산기가 제거되어 3,6-anhydro-D-galactose 형태로 전환된다. 이러한 결과 상대적으로 agarose 함량이 높아 겔 강도가 상승하고, agaropectin이 감소하여 황산기 함량이 줄어들어, 시너레시스율과 점도도 저하된다.

결론적으로 우뭇가사리로부터 조제한 한천을 일련의 과정 즉, microfiltration, 수세 및 알칼리 처리의 연속과정으로 제조된 한천은 상용되는 미생물 배지용 한천보다도 겔 강도, 점도, 황산기 함량 및 점도 등의 품질 면에서 우수한 제품을 얻을 수 있었다.

**요 약**

우뭇가사리로부터 조제한 한천을 조제하고, 이를 실제 산업에 적용할 목적으로 0.4 μm 기공을 가지는 여과 막을 microfiltration한 후, 50°C의 온수로써 가용성 물질을 제거하고, 0.25 N NaOH로 70°C에서 2시간 처리하는 알칼리 처리를 거쳐 미생물 배지용 한천을 조제하였다. 이화학적 특성을 측정할 결과에 의하면, 겔강도는 460 g/cm<sup>2</sup>에서 738 g/cm<sup>2</sup>으로 상승하였고, 점도는 12 cp에서 5.2 cp로, 황산기 함량은 1.8%에서 0.4%로, 그리고 이수율은 10.3%에서 5.4%로 저하하여 제품의 품질이 월등히 향상되었다. 상용되는 미생물 배지용 한천은 겔강도가 358~368 g/cm<sup>2</sup>, 점도는 8 cp, 황산기 함량은 2.18~2.39% 및 시너레시스율은 11.3~12.4%로 분석되어 본 실험법으로 정제한 한천이 물성 및 성분에 있어서 훨씬 우수하였다.

**감사의 글**

본 연구는 산업자원부의 산업기반기술개발사업 (공고번호 993-76-04) 연구비의 지원에 의하여 수행된 일부 연구의 결과이며, 연구비 지원에 대하여 감사를 표한다.

**참 고 문 헌**

Asare, S.O. 1980. Seasonal changes in sulfate and 3,6-anhydrogalactose content of phycocolloids from two red algae. *Bot. Mar.*, 23, 595~598.

Craigie, J.S. 1990. *Biology of the red algae.* (Cole, K.M and R.G. Sheath, ed.) Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 221~257.

Craigie, J.S. and C. Leigh. 1978. Carrageenans and agars. In *Handbook of phycological methods and biochemical methods* (Hellebust, J.A. and J.S. Craigie, ed.), Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 109~132

Do, J.R. 1997. Extraction and purification of agar from *Gelidium amansii*. *J. Korean Fish. Soc.*, 30 (3), 423~427 (in Korean).

Do, J.R., Y.J. Nam, J.H. Park and J.H. Jo. 1997. Studies on chemical composition of red algae. *J. Korean Fish. Soc.*, 30 (3), 428~431 (in Korean).

Dodgson, K.S. and R.G. Price. 1962. A note on the determination of the ester sulfate content of sulfated polysaccharides. *Biochem. J.*, 84, 106~110.

Dubois, M., K.A. Gillus, J.K. Hamilton, P.A. Rdbers and F. Smith 1956. Colorimetric method for sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350~356.

Duckworth, M. and W. Yaphe. 1971. The structure of agar. Part I. Fractionation of complex mixture of polysaccharides. *Carbohydr. Res.*, 16, 189~197.

Duckworth, M., K.C. Hong and W. Yaphe. 1971. The agar polysaccharides of *Gracilaria* species. *Carbohydr. Res.*, 18, 1~9.

Jol, C.A., T.G. Neiss, B. Penninkhof, B. Rudolph and G.A.D. Ruiter. 1999. Novel high-performance anion-exchange chromatographic method for the analysis of carrageenans and agars containing 3, 6-anhydrogalactose. *Anal. Biochem.*, 268, 213~222.

Kim, D.S., D.S. Lee, D.M. Cho, H.R. Kim and J.H. Pyeun. 1995. Trace components and functional saccharides in marine algae 2. Dietary fiber contents and distribution of the algal polysaccharides. *J. Korean Fish. Soc.*, 28 (3), 270~278 (in Korean).

Korean Fisheries Society. 1998. *Annual Statistics of Fisheries*, Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Korea (in Korean).

Levy, I., S. Beer. and L. Friedlander. 1990. Growth, photosynthesis and agar in wild type strains of *Gracilaria verrucosa* and *G. coniferto* (*Gracilariaceae, Rhodophyta*), as a strain selection experiment. *Hydrobiologia*, 204/205, 381~387.

Hayashi, K. and A. Okazaki. 1970. *Agar handbook*. Korin publishing. Japan. pp. 227~286, 495 (in Japanese).

Luhan, M.R.J. 1992. Agar yield and gel strength of *Gracilaria heteroclada* collected from Iloilo, central Philippines. *Bot. Mar.*, 35, 169~172.

Nelson, S.C., S.S. Yang, Y. Wang and Y.M. Chiang. 1983. Yield and quality of agar from species of *Gracilaria*. *Bot. Mar.*, 26, 331~336.

- Pickering, T.D., M.E. Gordon and L.J. Tong. 1990. Seasonal growth, density, reproductive phenology and agar quality of *Gracilaria sordida* (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) at Mokomoko inlet, New Zealand. *Hydrobiologia*, 204/205, 253~262.
- Rees, D.A. 1961a. Estimation of the relative amounts of isomeric sulfate esters in some sulphated polysaccharides. *J. Chem. Soc.*, 81, 5168~5171.
- Rees, D.A. 1961b. Enzymatic synthesis of 3,6-anhydrogalactose within porphyran from L-galactose 6-sulfate units. *J. Chem. Soc.*, 81, 347~352.
- Rudolph, B. 1999. The marine and fresh water natural products (Flick, G.G., and R.E. Martine, ed.), Chapman & Hall, pp. 15~19.
- Yaphe, W. 1960. Colorimetric determination of 3,6-anhydrogalactose and galactose in marine algal polysaccharides. *Anal. Chem.*, 32 (10), 1327~1330.

---

1999년 11월 2일 접수  
2000년 1월 15일 수리