

未利用海藻類의 利用化에 關한 研究

Ⅱ. 紅藻類의 carrageenan含量과 그 化學的性狀

朴榮浩* · 卞在亨* · 吳厚圭* · 姜泳周**

UTILIZATION OF UNEXPLOITED ALGAE FOR FOOD OR OTHER INDUSTRIAL USES

Ⅱ. CARRAGEENAN CONTENT AND ITS CHEMICAL CHARACTERISTICS IN SEVERAL SPECIES OF RHODOPHYCEAE.

Yeung-Ho PARK* · Jae-Hyeung PYEUN* · Hoo-Kyu OH* and Yeung-Joo KANG**

Three species of Rhodophyceae namely *Chondrus ocellatus*, *Grateloupia filicina* and *Gigartina tenella* were collected from the coast of Haeundae, Busan, on June 23, 1975. And analyzed with respect to the content of carrageenan and such chemical characteristics as the content of sulphate and 3, 6—anhydrogalactose, the solubility in potassium chloride solution. In addition, the same chemical properties were tested on the fractions separated by the different concentration of potassium chloride.

Carrageenan content in *Chondrus ocellatus* was relatively higher than two other samples. All the samples showed more than thirty five percent.

The *Gigartina*-carrageenan showed the highest 3, 6—anhydrogalactose content among three samples of carrageenan obtained from different species, and the lowest marked from the *Grateloupia*-carrageenan.

In comparison of the solubility of carrageenan in potassium chloride solution, the precipitation yields at 0.125M potassium chloride were marked in order of *Chondrus*-carrageenan, *Grateloupia*-carrageenan, and *Gigartina*-carrageenan, and the yields at 0.125 M to 2.0 M potassium chloride were in *Gigartina*-carrageenan, *Grateloupia*-carrageenan, and *Chondrus*-carrageenan, and the yields from the soluble fraction at 2.0 M potassium chloride were in order of *Grateloupia*-carrageenan, *Gigartina*-carrageenan, and *Chondrus*-carrageenan.

It is noteworthy from the result of characteristics of carrageenans that, 3, 6—anhydrogalactose content was closely related to the solubility of carrageenans in potassium chloride solution and to the sulphate content which might affect reversibly.

* : 釜山水產大學, National Fisheries University of Busan.

** : 濟州大學, Jeju University.

緒 言

Carrageenan은 紅藻類의 진두발이나 돌가사리 또는 지누아리등의 藻體의 細胞間物質을 抽出. 精製한 電解質의 高分子多糖類이다.

歐美에서는 Irish moss extract라고도 불리우며 맥주, 포도주 등의 淸澄劑, 藥用등으로 일찍부터 利用하여 왔다. 食品工業의 發達과 더불어 carrageenan은 安定劑, 分散劑로서 食品加工에 널리 利用되게 되었다. 더욱이 寒天이나 알긴酸 등에서는 볼 수 없는 蛋白反應性이 있기 때문에 用途는 더욱 擴大될 것으로 생각된다. 즉 아이스크림, 초코렛믹크, 乳飲料, 製菓, 동조림, 畜肉加工品, 煉製品 등의 食品製造에 利用되는 것은 勿論, 增粘劑, 離水防止劑 등으로 치약이나化粧品製造에도 利用되기에 이르렀다.

Carrageenan은 galactose와 anhydrogalactose로부터 된 高分子多糖類에 黃酸基가 結合한 黃酸에스테르이다. 그러나 carrageenan은 單一의 多糖類가 아니고 2種以上の 多糖類의 混合物로 알려져 있다.

Smith등(1953)은 carrageenan水溶液에 KCl을 添加하여 그 濃도가 0.125~0.25M가 되도록 하였을 때 沈澱하는 部分을 κ -carrageenan, 溶在하고 있는 部分을 λ -carrageenan이라고 하여 2種類로 分類하였다. 그 후 Pernas등(1967)은 carrageenan의 KCl에 대한 溶解度를 檢討한 結果 carrageenan은 단순히 κ - 및 λ -의 2種類의 成分의 混合物가 아니고 보다 많은 成分의 混合物이라고 推定하고 있다. 그리고 이러한 carrageenan의 各 成分의 混成比率는 原料海藻의 種類, 產地 및 季節 등에 따라 다르다고 한다(勝井등, 1973; 植村, 1973; 辻野, 1968).

우리나라의 沿岸에는 carrageenan의 原料가 될 수 있는 海藻類가 豊富한 데도 불구하고 아직 이에 대한 原料學的인 資料나 이로부터 抽出한 carrageenan의 性狀등에 關한 研究報告는 전혀 없다.

그래서 本研究에서는 未利用海藻類의 利用化에 關한 研究의 一環으로 carrageenan의 原藻 및 製品의 性狀에 대한 基礎資料를 얻기 위한 目的으로 量的으로 많이 生産되는 진두발, 지누아리 및 돌가사리의 3種類를 試料로 하여 carrageenan의 含量, carrageenan의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의 含量, carrageenan의 KCl에 대한 溶解度 및 KCl에 依하여 分割한 carrageenan의 各 割分의 成分組成등에 대하여 研究檢討하였으므로 그 結果를 報告한다.

朴料 및 方法

1. 供試藻類

供試藻類는 다음의 3種類이다.

- (1) 진두발 *Chondrus ocellatus* Holmes
- (2) 지누아리 *Grateloupia filicina*(Wulfen) C. Agardh
- (3) 돌가사리 *Gigartina tenella* Harvey

이들 試料는 釜山市海雲臺沿岸에서 1975年 6月 23日 採取하였으며 採取한 藻體는 海水로써 잘 洗滌하여 夾雜物의 附着이 없도록 日乾한 다음 약 5 mm 길이로 細斷하여 供試하였다. 供試時의 水分含量은 진두발 19.9%, 지누아리 22.7%, 돌가사리 26.1%였다.

2. 試驗方法

- (1) Carrageenan의 抽出

原藻 約 50g에 물 2ℓ를 가하여 85℃의 水浴上에서 2時間 교반하면서 加熱抽出한 다음 뜨거운 물 2重濾布로써 여과하고 殘渣에는 다시 물 1.5ℓ를 가하여 再抽出하였다. 이러한 再抽出操作을 3回 反復한 후 濾液을 모두 합쳐 遠沈(3,000 rpm, 30分)하고 얻어진 上澄液은 80℃의 水浴上에서 약 1/4 부피가 되도록 濃縮하였다. 濃縮한 抽出濾液에 3倍 容量의 methanol을 가하여 carrageenan을 침전시켜 濾布로 여과하고, 沈澱物은 methanol로써 3回 洗滌한 다음 ether로써 3回 洗滌하여 40℃에서 10時間 乾燥하여 供試하였다.

Potassium carrageenate로 抽出하는 경우에는 Pernas등(1967)의 方法에 準하여 다음과 같이 하였다. 즉 上記와 같이 하여 얻어진 濃縮된 抽出濾液에 2M KCl 溶液을 가하여 KCl濃도가 0.1M가 되도록 한 후 2倍容量의 methanol을 가하여 carrageenan을 沈澱시켜 濾布로 여과하였다. 沈澱物은 KCl 飽和30% methanol로써 2回 씻고, 70% methanol로써 3回, methanol로써 3回, 마지막으로 ether로써 3回 씻어서 40℃에서 10時間 乾燥하여 供試하였다.

- (2) Carrageenan의 SO₄ 含量

Carrageenan 0.3~0.5g를 유리分解管에 넣고 IN HCl 20ml를 가하여 封管한 후 120℃에서 4時間 加水分解시킨 다음 IN NaOH로써 pH5 부근으로 調節하여 生成되는 沈澱을 濾別하고 BaSO₄ 重量法(東大農化, 1960)에 依하여 定量하였다.

- (3) Carrageenan의 吸光係數

0.0125% 以下の 濃度別로 調製한 carrageenan 溶

未利用海藻類의 利用化 (II)

液을 phenol 黃酸法(Dubois등, 1956)에 依하여 吸光度를 測定하여 吸光係數를 算出하였다. 즉 carrageenan 溶液 1ml를 지름 1.6cm의 試驗管에 取하고 1ml의 5% phenol를 가하여 잘 混合한 후, 5ml의 濃黃酸을 直接液面에 5~10秒동안에 滴下하여 振盪하고 30分 후에 485nm에서 吸光度를 測定하였다. 波長 485nm에서 0.1 OD에 相當하는 carrageenan의 量을 算出한 것은 다음과 같다.

진두발carrageenan OD₄₈₅ 0.1=15.82 μg/ml

지누아리carrageenan OD₄₈₅ 0.1=18.83 μg/ml

돌가사리carrageenan OD₄₈₅ 0.1=14.81 μg/ml

(4) Carrageenan의 3,6-anhydrogalactose(3,6-A G)의 含量

Yaphe등(1965) 및 Arsenault등(1965)의 方法에 準하여 다음과 같이 하였다. 약 0.01%濃度の carrageenan 溶液 2ml를 2.5cm×15cmH의 供體試驗管에 取하여 試驗管을 ice bath에 넣고, 10ml의 混合試藥을 가하여 교반하면서 20分間 冷却하고 20℃의 水浴에 4分 두었다가 80℃에서 10分間 加熱한다. 다음 다시 ice bath에서 1.5分 冷却한 후 15分以內에 555nm에서 吸光度를 測定하였다. 3,6-anhydrogalactose의 吸光係數는 Pernas등(1967)이 報告한 다음과 같은 係數를 使用하였다.

O. D₅₅₅ 0.1=3.92μg/ml

混合試藥은 resorcinol 150mg를 100ml의 물에 溶解한 것 9ml에 濃鹽酸 100ml를 가하고, 여기에 1ml의 稀釋한 1,1-diethoxyethane(1ml當 1,1-diethoxyethane 2.78μmoles 含有)을 가하여 混合한 것이며, 實驗時마다 새로이 調製하였다.

(5) Carrageenan의 KCl溶液에 대한 溶解度

0.5% 濃度の carrageenan溶液 25ml에 濃도가 4M, 2M, 1M, 0.5M, 0.25M, 0.125M, 0.0625M 및 0.03125M의 KCl 溶液을 25ml씩 等量混合하여 1分間 교반하고 30分間 放置한 후 遠沈(4,000rpm, 40分)하였다. 즉 KCl를 가한 混合液의 carrageenan濃도는 0.25

%이며 KCl의 濃도는 添加한 KCl濃度の 1/2이 된다. 沈澱物을 물에 溶解시켜 carrageenan量을 phenol 黃酸法으로 定量하였다.

(6) KCl에 의한 carrageenan溶液의 分割沈澱 및 割分의 組成

(a) 割分 I

0.5% carrageenan溶液 2ℓ에 0.125M KCl 2ℓ를 교반하면서 천천히 注加하여 5分間 교반하고 1時間 放置한 후 遠沈(4,000 rpm, 40分)하였다. 沈澱物은 70% methanol로써 3回 洗滌하고 이어 methanol로써 3回 洗滌하여 40℃에서 10時間 乾燥시킨 후, 一定量을 分取하여 SO₄含量을 定量하고, 또 一定量을 물에 溶解시켜 phenol-黃酸法으로 carrageenan의 定量 및 3,6-anhydrogalactose의 含量을 定量하였다.

(b) 割分 II

割分 I을 分割하고 난 遠沈上澄液에 4M KCl 溶液을 교반하면서 천천히 注加하여 混合液의 KCl濃도가 0.25M가 되도록 하여 5分間 교반하고 1時間 放置한 후 遠沈하여 沈澱物을 割分 I 때와 같은 方法으로 處理하였다.

(c) 割分 III

割分 II를 分割하고 난 遠沈上澄液을 80℃에서 少量이 되도록 濃縮하여 cellulose tubing(Visking Co. 製)로 3日間 透析한 후 KCl濃도가 0.1M가 되도록 0.25 M KCl溶液을 注加混合한 다음 2倍容量의 methanol을 가하여 遠沈하고 沈澱物을 割分 I 때와 같은 方法으로 處理하였다.

結果 및 考察

진두발, 지누아리 및 돌가사리의 3種類의 原藻의 一般成分組成은 Table 1과 같으며, 原藻別 carrageenan의 含量과 抽出한 carrageenan의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의 含量은 Table 2와 같다.

Table 1. Chemical composition of material algae (% , dry basis)

Species of algae	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Crude fiber	Nitrogen free extract
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	16.6	0.6	23.6	2.3	56.9
<i>Grateloupia filicina</i> (지누아리)	17.2	0.7	27.2	3.1	51.8
<i>Gigartina tenella</i> (돌가사리)	15.8	0.7	24.1	12.1	47.3

Table 2. Carrageenan content in material algae and composition of the carrageenan samples (% , dry basis)

Material algae	Carrageenan content	Composition of carrageenan	
		% SO ₄	% 3,6-AG
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	41.6(58.4)	30.6	21.9
<i>Grateloupia fillicina</i> (지누아리)	35.0(47.5)	30.8	20.3
<i>Gigartina tenella</i> (돌가사리)	37.2(52.2)	29.8	23.1

*Numbers in parenthesis represent the yield extracted as potassium carrageenate.

原藻別 carrageenan의 함량은 3種類의 試料中 진두발이 最高로 42%의 함량을 보였고, 이어 돌가사리가 37%, 지누아리가 35%로 一般적으로 높은 함량을 보였다. Carrageenan의 SO₄함량은 原藻別에 따른 큰 差異는 찾아 볼 수 없고, 平均 30%정도의 함량이었으며, 이 중에서도 지누아리 carrageenan이 가장 함량이 높았고, 돌가사리 carrageenan이 가장 낮았다. 한편 carrageenan의 3,6-anhydrogalactose의 함량은 SO₄함량과는 서로 逆相關關係를 나타내어 SO₄함량이 적은 돌가사리carrageenan이 3,6-anhydrogalactose의 함량이 높고, 反對로 SO₄함량이 많은 지누아리 carrageenan은 3,6-anhydrogalactose의 함량이 낮았다.

Carrageenan의 KCl溶液에 대한 溶解度를 調査하기 위하여 0.5% carrageenan溶液에 0.03125~4.0M 사이의 8種類의 濃度가 다른 KCl溶液을 각각 等量混合했을 때 沈澱되는 carrageenan의 比率를 나타낸 沈澱曲線이 Fig. 1이다.

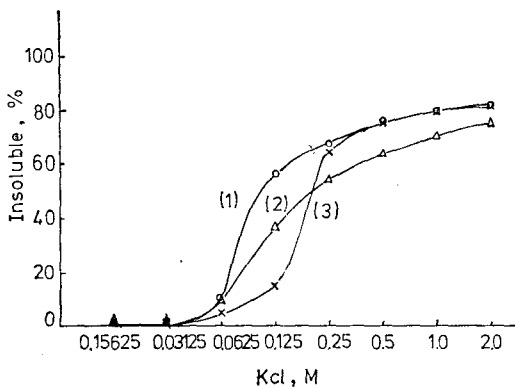


Fig. 1. Precipitation curves for carrageenan samples.

- (1) *Chondrus ocellatus*(진두발)
- (2) *Grateloupia fillicina*(지누아리)
- (3) *Gigartina tenella*(돌가사리)

Smith등(1953)은 carrageenan을 KCl溶液에 대한 溶解度로부터 κ - 및 λ -carrageenan의 2種類로 分類하였다. 즉 0.125~0.25M의 KCl 溶液에 沈澱하는 carrageenan이 κ 형이고 沈澱하지 않는 carrageenan이 λ 형이라고 하였다. 이에 대하여 Pernas등(1967)은 carrageenan의 沈澱曲線에 있어서 0.125M와 0.25M KCl 濃度사이에 明確한 曲線의 階段을 認定할 수 없으므로 carrageenan은 단순히 2種類의 成分으로 된 것이 아니고, 보다 많은 成分으로 이루어져 있다고 推定하고 있다.

本 研究의 結果를 보면 진두발 carrageenan은 0.0625M와 0.125M 사이의 KCl濃度에서 沈澱曲線의 飛躍이 있고, 돌가사리 carrageenan은 0.125M와 0.25M 사이의 KCl 濃度에서 沈澱曲線의 飛躍이 있는 反面 지누아리 carrageenan은 이러한 뚜렷한 沈澱曲線의 飛躍을 認定할 수 없었다. 이러한 結果로 보아 carrageenan은 原藻의 種類에 따라 成分組成에 많은 差異가 있고, 따라서 그 物理, 化學의 性狀이 많이 다르다고 推定할 수 있다.

Carrageenan의 KCl溶液에 대한 溶解度의 結果를 要約하여 表示한 것이 Table 3이다.

Table 3. Solubility of carrageenan samples in potassium chloride solution

Material algae	Precipitate at 0.125M KCl	Precipitate between 0.125 and 2.0M KCl	Soluble at 2.0M KCl
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	58.1	23.1	18.8
<i>Grateloupia fillicina</i> (지누아리)	35.0	41.1	23.9
<i>Gigartina tenella</i> (돌가사리)	10.2	70.4	19.4

즉, 0.125M KCl 溶液에 沈澱하는 carrageenan의 比率는 진두발 carrageenan이 最高로 58%정도이며, 다음이 지누아리 carrageenan의 35%이고, 돌가사리 carrageenan이 가장 적어 약 10%에 不過하여 原藻別

未利用海藻類의 利用化 (II)

에 따른 差가 크다. 또 0.125M에서 2.0M 까지의 KCl 濃度에 沈澱하는 carrageenan의 比率은 돌가사리 carrageenan이 最高로 약 70%이며, 다음이 지누아리 carrageenan의 41%이고, 진두발 carrageenan이 23% 정도로 最低이다. 그리고 2.0M KCl濃度에서도 沈澱하지 않는 可溶成分의 比率은 지누아리 carrageenan이 24%로 가장 많고, 진두발 및 돌가사리는 carrageenan은 약 19%로 비슷하였다.

Fig. 1의 沈澱曲線에 있어서 진두발 및 돌가사리 carrageenan의 曲線이 飛躍하는 0.0625M와 0.25M 사이의 KCl 濃度에 있어서의 carrageenan의 溶解度와 carrageenan의 成分組成을 關聯지어 檢討하기 위하여 이 KCl 濃度範圍에서 carrageenan을 3個劃分으로 劃分하여 各劃分의 收率, SO₄ 含量 및 3,6-anhydrogalactose의 含量을 調査하였는데 그 結果는 Table 4와 같다.

Table 4. Yield and composition of fractional precipitate of carrageenan with potassium chloride

Material algae	Fraction number	Yield, * %	Composition of fraction	
			% SO ₄	% 3,6-AG
<i>Chondrus ocellatus</i> (진두발)	I. Precipitate at 0.0625 M KCl	8.8	23.8	28.9
	II. Precipitate between 0.0625 and 0.25M KCl	57.0	27.4	27.1
	III. Soluble at 0.25 M KCl	28.9	40.5	9.6
<i>Grateloupia filicina</i> (지누아리)	I. Precipitate at 0.0625 M KCl	8.1	21.5	26.8
	II. Precipitate between 0.0625 and 0.25 M KCl	48.8	26.7	25.9
	III. Soluble at 0.25 M KCl	38.3	39.6	11.7
<i>Gigartina tenella</i> (돌가사리)	I. Precipitate at 0.0625 M KCl	6.9	22.9	29.5
	II. Precipitate between 0.0625 and 0.25 M KCl	60.2	26.8	26.8
	III. Soluble at 0.25 M KCl	26.2	38.7	12.9

*Yields given as percentage of total recovery.

즉 0.5% carrageenan 溶液에 等量의 0.125 M KCl을 가하여 混合液의 carrageenan 濃度를 0.25%, KCl 濃度를 0.0625M로 하였을 때 沈澱하는 劃分을 劃分 I, 이것을 劃分하고 난 殘液에 4M KCl을 가하여 混合液의 KCl 濃度를 0.25M로 하였을 때 沈澱하는 劃分을 劃分 II, 이것을 劃分하고 난 殘液에 溶存하는 劃分을 劃分 III이라고 하였다.

劃分 I의 收率은 3種類의 carrageenan이 거의 비슷하여 7~9% 정도이나, 劃分 II의 收率은 種類에 따라 相當한 差異가 있어 돌가사리 및 진두발 carrageenan의 경우는 60% 정도인데 지누아리 carrageenan은 50%에 未達이었다. 反對로 劃分 III의 收率은 지누아리 carrageenan이 가장 많아 約 38%이고, 진두발 및 돌가사리 carrageenan은 30%에 未達이었다. 이러한 劃分의 收率도 볼때 KCl溶液에 대한 carrageenan의 溶解度는 지누아리 carrageenan이 가장 크고, 진두발 및 돌가사리 carrageenan은 이것보다 떨어져, 그 정도는 비슷하였다.

한편 各 劃分의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의 含量을 보면 全體의인 傾向은 비슷하였고, 逆相關係를 나타내었다. 즉 SO₄含量에 있어서는 I 劃分은 平均 23%, II 劃分은 平均 27%, III 劃分은 平均 39%로 增加하고 있는 反面, 3,6-anhydrogalactose의 含量에 있어서는 I 劃分은 平均 29%, II 劃分은 平均 27%, III 劃分은 平均 11%로 減少하고 있다. 이러한 點으로 보아 KCl에 대한 溶解度가 큰 carrageenan일수록 SO₄含量은 높고, 3,6-anhydrogalactose의 含量은 높다고 할 수 있다.

要 約

釜山市海雲臺沿岸에서 1975年 6月 23日 採取한 진두발, 지누아리 및 돌가사리의 3種類의 紅藻類를 試料로 하여 이들 原藻의 carrageenan含量과 이로부터 抽出한 carrageenan의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의

함량, KCl 용액에 대한 용해도, KCl 농도별에 따라 分割한 割分의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의 함량에 대하여 調査檢討하였다.

1. 原藻別 carrageenan의 함량은 진두발이 가장 높고, 다음이 돌가사리, 지누아리의 順이었으며, 모두 35% 이상의 높은 함량을 보였다.

2. Carrageenan의 SO₄함량은 지누아리, 진두발, 돌가사리의 順으로 높았고, 3,6-anhydrogalactose의 함량은 反對로 돌가사리, 진두발, 지누아리의 順으로 높았다.

3. Carrageenan의 KCl 용액에 대한 용해도를 보면, 0.125 M KCl 농도에서 沈澱하는 比率은 진두발, 지누아리, 돌가사리의 carrageenan 順으로 높았고, 0.125 M~2.0 M KCl 농도에서 沈澱하는 比率은 돌가사리, 지누아리, 진두발의 carrageenan 順으로 높았으며, 2.0 M 이상의 KCl 농도에서도 溶存하는 比率은 지누아리, 돌가사리, 진두발의 carrageenan 順으로 높았다.

4. Carrageenan을 0.0625 M 와 0.25 M 의 KCl 농도 範圍에서 3割分으로 分割하였을때, 各 割分의 收率은 진두발 및 돌가사리 carrageenan은 비슷한 傾向을 보였고, 지누아리 carrageenan은 앞의 2種類에 비하여 可溶割分의 收率이 많이 높았다.

5. 各割分의 SO₄ 및 3,6-anhydrogalactose의 함량은 逆相關關係를 나타내었고, KCl에 대한 용해도가 큰 割分일수록 SO₄ 함량이 높고 3,6-anhydrogalactose의 함량이 낮았다.

謝 辭

本研究의 費用의 一部는 아시아 財團에서 支援하여 주신 研究費에 依하였음을 밝히고 이에 대하여 깊은 謝意를 表합니다. 또한 實驗을 도와준 李宗律, 安致宇 鄭美姬, 金仁洙, 金善奉 君에게 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

- Arsenault, G. G. and W. Yaphe(1965): Effect of acetaldehyde, acetic acid and ethanol on the resorcinol test for fructose. *Anal. Biochem.*, 13, 133-142.
- Dubois, M., K. A. Gilles, I. K. Hamilton, P. A. Rebers and F. Smith(1956): Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-356.
- 植村 功(1973): Carrageenan의 食品への 利用と技術的諸問題. *食品工業*, 16, 63-69.
- 勝井 次雄·佐野 征男(1973): 天然増粘安定料의 食品への 利用と 技術的諸問題—とくに 植物ガム 類について. *食品工業*, 16, 20-31.
- Pernas, A. J., O. Smidsrod, B. Larsen and A. Haug(1967): Chemical heterogeneity of carrageenans as shown by fractional precipitation with potassium chloride. *Acta Chem. Scand.*, 21, 98-110.
- Smith, D. B. and W. H. Cook(1953): *Arch. Biochem. Biophys.*, 45, 232(Quoted from "Chemical heterogeneity of carrageenans as shown by fractional precipitation with potassium chloride" by Pernas, A. J., O. Smidsrod, B. Larsen, and A. Haug, 1967).
- 東京大學農藝化學教室(1960): 實驗農藝化學, 上卷. pp. 9-10, 朝倉書店, 東京.
- 辻野 勇(1968): エゾツノマタ(クロバギンナンソウ)의 粘質物について. *北大水産彙報*, 18, 365-369.
- Yaphe, W. and G. P. Arsenault(1965): Improved resorcinol reagent for the determination of fructose, and of 3,6-anhydrogalactose in polysaccharides. *Anal. Biochem.*, 13, 143-148.