

미역김의 제조와 이화학적 특성에 관한 연구

제 1 보 : 미역김의 조직화학적 특성

김 길환 · 김 창식*

한국과학기술원 식품공학연구소, *동국대학교 식품공학과
(1982년 8월 23일 수리)

Studies on the Manufacture of *Undaria pinnatifida* Laver and its Physicochemical Properties

I. Histochemical Properties

Kil-Hwan Kim and Chang-Sik Kim*

Food Technology Laboratory, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Seoul, 131,

*Department of Food Technology, Dongguk University, Seoul, 100

(Received August 23, 1982)

Abstract

The histochemical examination of *Undaria pinnatifida* Laver were conducted with light microscope and electron microscope. The results obtained were as follow:

1. *Undaria pinnatifida* frond were composed with epidermis, cortex and medulla. But the cutting section of *Undaria pinnatifida* Laver showed that only the epidermal cell were bound to each other. The cortex and medulla of the frond were destroyed during U.P. Laver process.
2. To identification of bind material of U.P. Laver, which were treated with sodium carbonate solution for extraction of alginic acid and reacted with Periodic Acid Schiff(PAS) reagent. And the PAS reaction result was negative by light microscope observation. On this result, we found out that the alginic acid has the binder role of U.P. Laver.
3. Also, the bind structure of U.P. Laver were observed by electron microscope and could well find out the epidermal cell wall and bind position of alginic acid, which were could not observed by light microscope.

서 론

미역은 해조류 중 갈조류에 속하며 분포지역을 보면 주로 한국, 일본 및 중국 등 극동아시아이다⁽¹⁾. 미역의 생물학적 종류는 한 가지 뿐이지만 서식지에 따라 줄기부의 길이, 잎의 갈라진 수와 길이, 포자잎의 형태 등은 다르다^(2,3). 미역은 비교적 기호성이 양호하고

무기질이 풍부하며 미역단백질의 아미노산 조성은 매우 양호하여⁽⁴⁻⁶⁾ 콩과 생선 단백질의 아미노산 조성과의 유사하다^(7,8).

우리나라의 연간 미역생산량을 보면 1972년도까지 약 2만 5천톤이었는데 그후 양식기술의 성공으로 인하여 1981년도에는 25만여톤으로서 일본의 14만톤을 상회하여 세계에서 미역을 제일 많이 생산하였다. 그러나 미역의 식용화 방법은 국용 외에 별로 없어 대량생

산한 미역의 소비가 문제되고 있다. 이에 본 연구에서는 미역의 소비처를 개척하기 위하여 새로운 가공제품으로서 미역김을 연구개발하게 되었으며 미역김의 제조와 이화학적인 특성에 관한 계속연구중 우선 미역김의 조직화학적인 구조의 연구결과를 보고한다.

재료 및 방법

재료

미역김 제조용 미역은 전라남도 완도군 금일읍 도장리 바다 일대에서 채취한 것을 사용하였다.

방법

가. 미역김의 조제

생미역에 혼입되어 있는 이물질(모래, 작은 새우 및 계)을 물로 씻은 후 미역 줄기를 제거하였다. 미역잎을 85~90°C의 물에서 40~50초 동안 자속후 찬물로 냉각하고 분쇄기(General Slicing Co., USA)로 폭이 4~5mm 가 되도록 분쇄하였다. 이것을 물에 풀은 다음 김제조용 받(19~21cm)을 이용하여 초제한 후 열증건조기(45~55°C)에서 2~2.5시간동안 건조한 미역김을 실험에 사용하였다.

나. 미역김의 구조와 알긴산의 분포분석

(1) 광학현미경에 의한 관찰

1) 시료처리 : 시료를 5mm²로 절단하여 갈조류의 paraffin방법⁽⁹⁾에 준하였다.

2) Periodic Acid Schiff(PAS) reagent에 의한 미역김의 구조와 알긴산의 분포관찰 : paraffin방법⁽⁹⁾에 따라 처리한 시료를 5μ 두께로 절단후 paraffin을 제거하였다. 40°C의 물로 수용성물질을 용해시키고 1% periodic acid용액에서 30분간 처리하여 Schiff reagent로 염색, 탈수후 balsam을 첨가하고 미역김의 구조와 알긴산의 분포를 관찰하였다.

3) 미역김의 탄산나트륨 처리후의 구조와 알긴산의 분포관찰 : 2)항의 시료를 3% NaCO₃ 용액에서 하룻밤동안 침지하여 알긴산을 추출한 후 2)항과 같은 방법으로 처리하여 미역김의 구조와 알긴산의 분포를 관찰하였다.

4) 미역잎의 탄산나트륨 처리후 제조한 미역김의 구조와 알긴산의 분포관찰 : 미역잎을 0.5% Na₂CO₃용액에 1시간 45분동안 실온에서 침지하여 알긴산을 추출하고 미역김을 조제한 후 2)항과 같은 방법으로 미역김의 구조와 알긴산의 분포를 관찰하였다.

(2) 전자현미경에 의한 미세 구조 분석^(10~12)

시료를 5mm²로 절단, KMnO₄용액으로 고정후 0.1M phosphate buffer로 씻고 에탄올 처리후 아세톤으로 탈수하여 Epon mixture(Epon 812 62ml + Dodecyl su-

ccinic anhydride 100ml + Trimethylaminomethyl phenol 3.2ml)로 고화시킨 후 중합반을 시켜 ultramicrotome(Jum-5B)으로 1μ 두께의 절편을 만들어 전자현미경(Hitachi HS-7S)으로 가속전압 50kV에서 시료의 미세구조를 관찰하였다.

결과 및 고찰

미역김(Undaria pinnatifida Laver)의 구조와 알긴산의 기능

가. 광학현미경에 의한 미세 구조

(1) 미역잎(Undaria pinnatifida frond)의 구조와 알긴산의 분포

Paraffin방법에 따라 처리한 미역김의 단면을 광학현미경으로 관찰한 결과 그 구조는 Fig. 1에서 보는 것과 같이 표층(epidermis)과 피층(cortex)의 2부분으로 이루어져 있었다. 표층은 입방체의 표층세포가 양옆으로 평행하게 배열되어 있어 두껍게 보이며, 일반갈조류와 같이 fucoxanthin의 색소⁽³⁾를 지니고 있었다. 피층은 표층세포보다 더 큰 피층세포와 유조직(parenchyma)으로서 표층 바로 밑에 나란히 배열되어 있고 점액선이 있는 것이 특징이다. 그리고 속층은 일반적으로 사상세포로 되어 있으며⁽³⁾ 전체 미역잎 구조에서 1/2 이상의 크기를 차지한다. 그런데 이들 세포가 Fig. 1에서 뚜렷이 보이지 않는 이유는 paraffin방법 처리시 미역잎을 5μ로 절단할 때 파괴되어 점액선에 존재하는 점액물질이 흘러나와 PAS반응에 의해 염색되므로 속부위가 짙게 채워져 보이기 때문이다.

PAS 반응에 의한 미역잎의 염색 결과 세포막 전체가 PAS양성을 나타내었다. 부위별로 보면, Fig. 1에서 보는 바와같이 표층과 피층의 세포막 부분에 강한 PAS양성을 보이며 속층은 약한 PAS반응을 보이지만 모두 양성으로 나타났었다. 이상의 PAS반응 결과, 미역잎의 표층과 피층세포막 부위에 많은 양의 다당류가

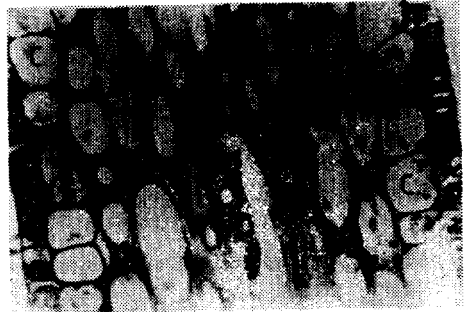


Fig. 1. Light micrograph of Undaria pinnatifida frond X600
E : Epidermis C : Cortex M : Medulla

존재함을 알 수 있으며 특히 속부위의 약한 PAS 양성 결과는 점액물질이 다당류임을 알 수 있었다.

일반적으로 갈조류의 세포막을 구성하는 주성분은 알긴산으로 알려져 있는데 Kylin⁽¹³⁾과 Anderson⁽¹⁴⁾에 의하면 알긴산은 주로 제 1차 세포벽과 층층에 존재한다고 한다. 그러나 미역잎의 경우, PAS반응의 결과 세포막 전체에 걸쳐 알긴산이 분포하며 속부위에도 분포되어 있음을 알 수 있었다.

(2) 미역김의 구조와 알긴산의 기능

Paraffin 방법에 의하여 처리한 미역김 절편의 단면을 광학현미경으로 관찰한 결과 여러조각의 미역잎 절편들이 겹쳐서 불규칙적으로 결합되어 있으며 특히 미역잎의 표층세포들이 Fig. 2에서 보는 것과 같이 촘촘히 결합되어 있음을 볼 수 있었다. 미역잎은 Fig. 1과 같이 표층, 피층, 속층으로 구성되어 있는데 반하여 미역김은 Fig. 2와 같이 피층과 속층부위가 대부분 파괴되어 내용물질이 유출되었고 표층세포끼리 결합되어 있는 것이 선명히 나타났었다. 파괴 부위로 보이는 피층은 연한 조직으로 되어 있고 속층은 사상세포로 되어 있어 미역김 제조시 분쇄과정에서 파괴된 것으로 보인다.

이와 같이 결합된 미역잎 절편은 비교적 원형은 유지하고 있으나 Fig. 1에서 원래 미역잎 절편 단면의 크기와 비교하여 보면 전반적으로 1/2 이하로 줄어든 것을 볼 수 있는데 이러한 현상은 미역김 제조과정중 미역김의 분쇄시 단면의 세포구조 변화와 알긴산의 감소 때문인 것으로 생각된다.

미역김 결합부위를 검경하여 보면 Fig. 2에서 보는 것과 같이 표층세포끼리 밀접하게 결합된 부위와 상당한 간격이 벌어진 곳이 있는데 양자 모두 결합부위에 강한 PAS양성 반응을 나타낸 것으로 보아 이곳에 존재하는 물질은 알긴산으로 추측되며 또한 이물질이 미

역김의 표층세포와 세포 사이의 결합기능을 갖는 것으로 보인다. 그런데 표층세포끼리 밀착되어 결합된 곳은 주로 미역의 표층세포에 존재하는 알긴산이 결합기능을 갖는 것 같으며 결합사이의 간격이 벌어진 곳은 피층과 속층에서 유출된 알긴산이 표층세포와 세포사이에 결합기능을 갖는 것으로 추측된다.

미역김의 알긴산 분포는 표층세포막 부근에 PAS양성 반응을 강하게 나타냄으로 이곳에 많은 양의 알긴산이 존재하는 것으로 보이며 피층과 속층부위에는 미약한 PAS양성 반응을 나타냄으로 소량의 알긴산이 존재하는 것으로 보인다.

(3) 미역김의 결합물질

광학현미경으로 관찰한 결과, 알긴산이 미역김의 결합에 중요한 역할을 한다고 생각되었으므로 이를 확인하기 위하여 미역김으로부터 알긴산을 추출한 다음 광학현미경으로 관찰하였다.

① 미역잎의 탄산나트륨 처리후 구조와 알긴산의 분포

미역잎 절편을 슬라이드 위에 고정한 후 3% Na₂CO₃ 용액에서 하룻밤 침지하여 알긴산을 추출한 후 PAS반응을 시켜 관찰한 결과는 Fig. 3와 같다. 이 결과와 Fig. 1의 본래 미역구조와 비교하였을 때 많은 차이가 있었다. 이는 알긴산이 대부분 추출되어 PAS반응 양성성이 미약하게 나타내기 때문이었다. 특히 피층과 속층부위의 세포구조는 약하여 Na₂CO₃ 처리로 조직파괴 및 알긴산이 추출되어 변형된 것으로 보인다. 그러므로 Fig. 3에서 보는 것과 같이 알긴산은 미역잎의 조직에 있어서 표층세포막부위에 분포하며 일부는 피층과 속층에 존재하고 있음을 알 수 있었다.

미역잎의 표층세포의 경우 알긴산은 세포와 세포사이의 공간과 세포막 전체에 걸쳐 분포되었음을 알 수 있었다. 왜냐하면 미역잎을 Na₂CO₃로 처리한 후의 구조를 보면 표층세포 내부물질만이 남아 있고 Fig. 1에서 보는 것과 같이 나머지 부위의 강한 PAS 반응 양



Fig. 2. Light micrograph of *Undaria pinnatifida* Laver ×600
E : Epidermis C : Cortex M : Medulla
a : High compact bind area of epidermal cell
b : Low compact bind area of epidermal cell

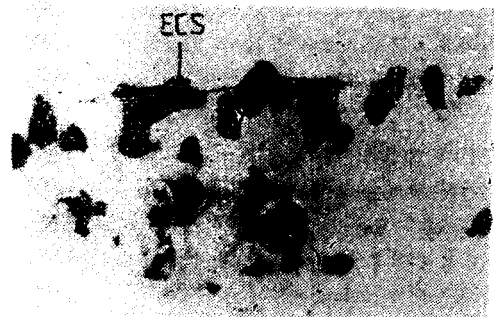


Fig. 3. Light micrograph of *Undaria pinnatifida* frond treated with 3% Na₂CO₃ ×1500
ECS : Epidermal cell substance

성 부분은 모두 Na_2CO_3 처리로 추출되었기 때문이다. 표층세포가 딱딱함을 알 수 있는 것은 미역잎에 3% Na_2CO_3 처리에도 남아 있는 것으로 보아 피층과 속층 부위보다 훨씬 딱딱함을 알 수 있었다.

② 미역김에 탄산나트륨 처리후의 구조와 알긴산의 기능

알긴산이 미역김의 결합 기능을 갖는가를 보기 위하여 미역김 절편을 3% Na_2CO_3 용액에 하루밤 침지하여 알긴산을 추출한 후 PAS 반응결과를 검경에 의하여 Fig. 2의 정상적인 미역김의 구조와 비교하여 본 결과 Fig. 4와 같이 큰 차이를 볼 수 있었다. 즉 Na_2CO_3 처리에 의하여 표층세포와 세포 사이에 밀착하여 결합되었던 물질은 대부분 추출되어서 PAS 반응은 음성을 나타냈으며 단지 표층세포만이 남아서 외형을 유지하고 있고 피층과 속층은 완전히 파괴되었다. 남아있는 표층세포를 보면 미역잎을 Na_2CO_3 용액에서 처리했을 때와같이 세포 내용 물질만이 PAS 반응 양성을 보이고 세포막 부위는 분별할 수 없을 정도로 파괴되어 PAS 반응은 음성을 보여 결합기능을 했던 알긴산은 거의 추출되었음을 알 수 있었다.

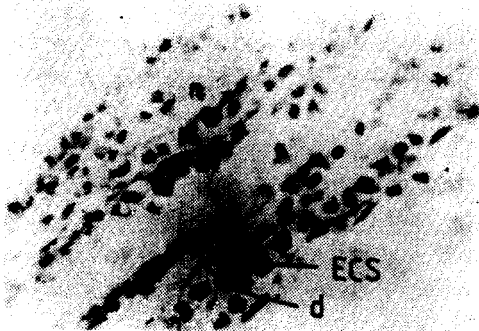


Fig. 4. Light micrograph of *Undaria pinnatifida* Laver treated with 3% Na_2CO_3 $\times 600$
d : Extracted area of alginic acid
ECS : Epidermal cell substance

여기서 미역김의 외형구조의 흔적을 유지하고 있는 것은 미역김 절편을 Na_2CO_3 처리시 Chromic acid 용액에 고정시킨 후 슬라이드에 부착시켰기 때문에 알긴산만 추출되고 표층세포는 슬라이드에 남아 고정되었기 때문인 것으로 생각된다.

이상과 같이 미역김을 Na_2CO_3 처리한 것과 정상적인 미역김의 결합부분을 PAS 반응시킨 것과는 비교하여 보면 미역김의 결합물질은 알긴산이란 것을 알 수 있었다. 이와같이 알긴산이 미역김의 결합기능을 하는 것은 알긴산의 물리적 특성인 고도의 점성⁽¹⁶⁾ 때문인 것으로 보인다.

③ 미역잎에 탄산나트륨을 처리한 후 제조한 미역김의



Fig. 5. Light micrograph of *Undaria pinnatifida* Laver (frond treated with 0.5% Na_2CO_3 and prepared U.P. Laver) $\times 600$
ECS : Epidermal cell substance
e : Abnormal bind area of epidermal cell

구조와 알긴산의 기능

미역잎을 0.5% Na_2CO_3 용액으로 처리하여 알긴산을 추출하고 미역김을 제조하여 본 결과 정상적인 미역김을 제조할 수 없었는데, 그의 구조를 보기 위하여 미역김 모양을 만들고 PAS 반응을 시켜 본 결과 미역김 단면 구조에 있어서 Fig. 2와 같은 정상적인 구조와는 다른 구조임을 Fig. 5에서 알 수 있었다. 미역잎의 피층과 속층부위는 완전히 파괴되어 형태를 찾아 볼 수 없었으며 단지 변형된 형태의 표층세포 겹겹로 보여지는 물질만이 서로 엉켜 있었으며 정상적인 미역김의 결합형태는 찾아 볼 수 없었고 세포접질만이 PAS 반응 양성을 보였다. 이와같은 결과는 미역잎을 0.5% Na_2CO_3 용액으로 처리한 결과 미역잎의 알긴산 함량은 32.4%이었으나 Na_2CO_3 처리로 7.5%만 남아 이 정도의 알긴산 함량으로는 결합역할을 하지 못하므로 정상적인 미역김을 제조할 수 없었으며 Fig. 5와 같은 미역김의 비정상적인 구조가 됨을 알 수 있었다.

이상과 같은 미역김 결합물질의 확인실험 결과를 보면 알긴산이 미역김의 결합물질로서 중요한 기능을 갖고 있음을 알 수 있었다.

나. 전자현미경에 의한 미역김의 미세구조

광학현미경에 의한 미역김의 구조 관찰 결과 미역김의 결합물질은 알긴산으로 밝혀졌으나 결합부위의 미세구조를 더욱 상세히 규명하기 위하여 전자현미경으로 관찰한 결과는 다음과 같았다.

(1) 미역잎

미역잎의 표층세포를 전자현미경으로 검경한 결과 Fig. 6과 같이 광학현미경에 의하여 검경한 Fig. 1의 구조보다 더욱 선명하게 표층세포막과 세포내용물질을 관찰할 수 있었다. 즉, 표층은 표층세포가 양옆으로 배열되어 있고 두껍게 보이는데 세포막과 세포내용물

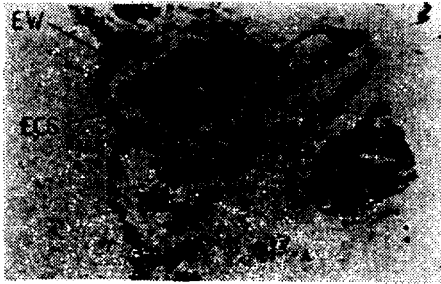


Fig. 6. Electron micrograph of *Undaria pinna-tifida* frond ×2351
 EW : Epidermal cell wall
 ECS : Epidermal cell substance



Fig. 8. Electron micrograph of *Undaria pinna-tifida* Laver (frond treated with 0.5% Na_2CO_3 and prepared *U.P.*Laver) ×3142
 a : Bind area of epidermal cell
 ECS : Epidermal cell substance
 EW : Epidermal cell wall

질을 뚜렷하게 식별할 수 있었다.

(2) 미역김

미역김의 결합부위를 전자현미경으로 관찰한 결과 Fig. 7과 같이 표층세포와 세포 사이의 막을 선명하게 볼 수 있었으며 세포내용물로 생각되는 물질을 확실히 식별할 수 있었다. 그리고 미역김의 표층세포와 세포 사이에서 결합기능을 하는 알긴산이 분포하는 부위는 비교적 넓으며 표층세포막과 세포막 사이에 중만되어 있음을 관찰할 수 있어 알긴산의 결합부위를 정확하게 알 수 있었다.



Fig. 7. Electron micrograph of *Undaria pinna-tifida* Laver ×2351
 EW : Epidermal cell wall
 ECS : Epidermal cell substance
 BS : Binder substance

(3) 미역잎에 탄산나트륨을 처리한 후 제조한 미역김 미역김과 Na_2CO_3 로 처리한 미역잎으로 제조한 미역김의 미세구조를 전자현미경으로 관찰하여 비교한 결과 Fig. 8과 같이 완전히 변형된 것을 알 수 있었다. 이는 미역잎을 Na_2CO_3 처리로 알긴산이 추출되어 정상적인 표층세포형태는 찾아 볼 수 없었으며 결합에 관여하는 알긴산이 남아있는 부위와 비어있는 부위를 관찰할 수 있었다. 이와같은 결합부위를 정상적인 미역김과 비교하여 보면 결합목이 대단히 좁고 불규칙적인 것을 알 수 있었다.

요 약

미역김의 제조와 이화학적 특성에 관한 계속 연구로 실시한 미역김의 조직화학적 특성 연구 결과는 다음과 같다.

미역잎은 표층, 피층, 속층으로 구성되어 있는데 미역김의 결합단면을 광학현미경으로 관찰한 결과 피층과 속층이 완전히 파괴되었고 표층세포끼리 결합되어 있었다.

미역김 절편을 Na_2CO_3 용액 처리로 알긴산을 추출한 후 광학현미경으로 검경한 결과 알긴산이 추출된 결합부위는 periodic acid schiff reagent반응이 나타나지 않았으며, 한편 미역잎을 Na_2CO_3 용액으로 미리 처리하여 알긴산을 추출한 후에는 정상적인 미역김을 제조할 수 없었고 비정상적인 결합구조이므로 알긴산이 미역김의 결합물질을 확인할 수 있었다.

미역김의 결합부위를 전자현미경으로 관찰한 결과 알긴산의 결합위치는 미역김의 표층세포막과 세포막 사이임이 밝혀졌다. Na_2CO_3 용액을 처리한 미역잎으로 제조한 비정상적인 미역김의 결합구조는 표층세포껍질로 인지되는 물결만이 서로 엉켜 있었다.

문 헌

1. 강제원 : 釜山水大研報, 7, 1(1966)
2. 松本昭治 : ニューフードインダストリ, 17, 18 (1975)
3. 예일 도오슨, 강제원역 : 해산식물학, 서울, 대한교과서(1974)
4. 李基寧, 李春寧, 李泰寧, 權泰完 : 과연휘보, 5, 129(1960)

5. 李鉉琪 : 大韓化學會誌, **9**, 201(1965)
6. 李載容 : 農化學會誌, **6**, 119(1965)
7. 文秀才 : 延世論業, 第十二輯, 自然科學篇, 319 (1975)
8. 權泰完, 李泰寧 : 農化學會誌, **1**, 55(1960)
9. Johnansen, D.A.: *Plant Microtechnique*, McGraw-Hill Book Co., New York (1940)
10. Weokley, B.S.: *A Beginner's Handbook in Biological Electron Microscopy*, Churchill Livingstone, Edinbrugh (1972)
- 11) Hayat, M.A.: *Principles and Techniques of Electronmicroscopy*, Van Nostrand Reinhold, New York (1970)
12. 日本電子顯微鏡學會 關東支部編, 電子顯微鏡 生物試料作製法, 丸善株式會社(1975)
13. Kylin, H.: *Untersuchunger über die Bichemie der Merresalgen Z. Physiol Chemie und Technik*, Vergassem, Heiderberg, Germany (1915)
14. Anderson, G.: *Second International Seaweed Symposium* (Brarrud, T. and Sörensen, N.A. eds), Pergmon Press, London (1956)
15. Graham, H.D.: *Food Colloids*, AVI Publishing Co., Westport (1977)