

미역과 다시마를 주원료로 한 묵 제조 2. 묵 제조 과정중 칼슘함량 및 조직학적 변화

정용현 · 국중렬 · 장수현 · 김종배 · 최선남 · 강영주*†

군산대학교 수산가공학과

*제주대학교 식품공학과

Preparation of Mook with Sea Mustard and Sea Tangle 2. Calcium Contents and Histochemical Changes during Processing Mooks

Yong-Hyun Jung, Joong-Lyoul Cook, Soo-Hyun Chang, Jong-Bae Kim,
Sun-Nam Choe and Yeung-Joo Kang*†

Dept. of Sea Food Science and Technology, Kunsan National University, Kunsan 573-400, Korea

*Dept. of Food Science and Technology, Cheju National University, Cheju 690-756, Korea

Abstract

Ca⁺⁺ content and histochemical changes during processing Mooks prepared with sea mustard (*Undaria pinnatifida*) and sea tangle (*Laminaria japonica*) were studied. Ca⁺⁺ content of sea mustard Mook during gelation in CaCl₂ solution was not only increased fast, but also decreased fast during soaking in distilled water as comparing with that of sea tangle Mook. Both solubilization of the seaweeds by 1% K₂HPO₄ and filtration of solubilized seaweed were decreased the extruding amount of Ca⁺⁺ from Mooks during soaking. The cell walls in sea mustard were likely irregular and long, but those in sea tangle were regular and round shape. Alginic acid was mainly occurred around cell walls. The alginic acid was gradually solubilized depending on heating and alkali treatment. Thus the filament cells in sea tangle were cut finely during processing Mook, while those in sea mustard were remained tolerably

Key words : Ca⁺⁺ content, histochemical change, seaweed Mook

서 론

전미역과 전다시마에는 원조 중의 탄수화물이 50.6%와 52.4% 정도를 차지하고, 알긴산함량은 원조중, 채취장소, 채취시기, 부위 등에 따라 각기 다르지만 14~40% 정도를 차지하고 있다¹⁾. 알긴산은 유리 carboxyl기와 수산기를 가지는 유기고분자 전해질이며, 점성, 보수성, 이온교환성, 겔화성 등 독특한 특성을 가지고 있다. 해조묵의 제조는 알긴산 겔화성을 이용한 것으로 알긴산의 겔화에 가장 효과적인 것은 Ca⁺⁺으로 Ca⁺⁺량에 따라 해조묵의 물성에 영향을 줄 것이다. 또한 Ca⁺⁺의 공급원으로는 CaCl₂가 주로 사용되며 CaCl₂는 높은 함량으로 사용할때 식품에 불쾌한 쓴맛을 전하기 때문

에 제한적이며 calcium lactate와 calcium acetate 그밖의 가능한 칼슘성분은 낮은 용해도를 가졌다²⁾고 알려져 있다. 점도가 높은 알긴산-Na의 Ca⁺⁺치환률은 높고 또한 알긴산 구조 중 M(manuronic acid) block 보다 G(guluronic acid) block 비율이 높은 알긴산이 Ca⁺⁺치환량이 많다³⁾고 보고하고 있다. 한편 단백질의 응고 식품 중 두부의 맛에 크게 영향을 미치고 있는 염류의 침출과 두부조직내에서의 확산기작을 밝히고 확산계수를 밝힌 바⁴⁾는 있으나 해조겔화식품에서의 Ca⁺⁺ 또는 염류의 침출이나 확산에 관한 연구는 드물다. 따라서 미역과 다시마묵의 겔화를 위한 응고액의 첨가량 조절과 점도, 겔화 시간, 수침 등의 적정조건 규명 등이 필요하다. 그리고 묵 제조 과정에서 조직학적인 변화는 묵의 물성을 해명하는데 중요하다. 묵의 조직학적 연구로는 묵의 구조와 텍스처⁵⁾란 연구에서 객관적

† To whom all correspondence should be addressed

인 평가와 관능검사와의 녹두, 감자 고구마전분젤의 구조 및 텍스처특성을 비교검토가 있었으며, 특히 갈조류의 주성분인 알긴산 다당류의 조직학적 관찰은 미역김에 관한 연구⁶⁾가 있었으나 그에 관련한 가공 중의 조직학적 관찰은 그리 많지 않다. 따라서 해조목 제조과정중 Ca^{++} 의 변화 및 건미역과 건다시마의 수화, 용해 및 목성형시의 조직학적인 변화를 관찰하므로써 해조목과 해조가공품 제조의 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

재료

완도산 회건 미역 (*Undaria pinnatifida*)과 건다시마 (*Laminaria japonica*)를 4시간 동안 수돗물에 침지, 수화한 후 나일론망 위에서 1시간 정도 물을 빼고 시료로 사용하였다.

미역, 다시마목의 제조

전보⁷⁾에 준하여 탈이온수를 가해 마쇄한 조체액의 점도를 930cp와 3500cp로 조정된 다음 마쇄조체액에 동량(1 : 1, v/v)의 1% K_2HPO_4 용액을 가하여 65°C에서 1시간 동안 가열하여 조체용해액을 만들고 이 조체용해액 25ml에 1% $CaCl_2$ 용액을 물분무기를 사용하여 조체용해액 상부에 뿌려 표면을 겔화한 뒤 나머지 용액을 서서히 그 위에 들어 부어 총 75ml를 가하여 겔화하였다. 겔화하는 과정에서 시간에 따른 목 중의 Ca^{++} 함량과 24시간 동안 겔화한 목중 25g에 대해 탈이온수 2.5L를 가하여 수침 중의 목 중 Ca^{++} 의 변화를 측정하였다.

조회분정량

직접회화법에 의해 시료를 회화용기에 채워하고, 600°C로 가열하여 유기물을 제거하고 잔존하는 전무기를 중량을 조회분으로 하였다.

칼슘함량 측정

목 1g을 취하여 EDTA chelate 적정법⁸⁾으로 정량하였다.

조직학적 관찰

해조목의 제조과정 중에서 조직학적인 변화과정을 관찰하기 위하여 원료 해조인 건미역과 건다시마잎은 얇은 면도날을 사용하여 많은 수의 절편을 만들고 슬

라이드 글라스 위에서 수회 세척하여 건조하여 표본을 만들었다. 열수 침지 후의 변화는 슬라이드글라스 상에 수화한 절편 0.3g에 대해 증류수 0.3ml를 혼합한 후 petri dish에 넣고 뚜껑을 덮어 65°C 항온기에서 1시간 동안 유지한 것을 표본으로 하였다. 알카리로 용해한 조체조직의 관찰은 수화한 절편 0.3g에 대해 1% K_2HPO_4 용액 0.3ml를 각 절편에 혼합한 후 petri dish속에 넣고 뚜껑을 덮어 65°C 항온기에서 1시간 동안 유지한 다음 건조하여 염색 검경하였다. 겔화된 목의 관찰은 조체용해액 0.3ml를 얇게 도포한 뒤 그 위에 1% $CaCl_2$ 용액 0.9ml를 가지고 도포하여 petri dish 안에 넣어 24시간 동안 실온에서 겔화하여 목으로 제조한 다음 정 등의 방법⁹⁾에 따라 염색하고 광학현미경에 의하여 배율 600 및 1,500배에서 검경하였다.

결과 및 고찰

Ca^{++} 함량의 변화

목 제조의 원료가 되는 조체마쇄액의 조회분과 Ca^{++} 함량은 Table 1과 같다.

마쇄액의 조회분과 Ca^{++} 함량은 미역이 각각 0.38%와 1.30mg%로 다시마의 0.23%와 1.22mg%에 비해 약간 높은 값을 나타냈다. 岩崎¹⁰⁾에 의하면 미역 중의 Ca^{++} 이 9.60mg%를 보고하였는데 본 재료로부터 수화공정을 거친 건미역의 마쇄액 Ca^{++} 량은 1.30mg%로 회건공정 중 혼입 될 수 있는 회분량, 수화로 인한 Ca^{++} 이온의 이탈과 수분흡수, 조체 차이 등으로 보인다. 조체용해액을 가지고 전보⁷⁾에 준하여 1% $CaCl_2$ 용액내에서 겔화시간에 따라 형성된 겔 중의 Ca^{++} 함량의 변화는 Fig. 1와 같다.

5시간 동안 겔화에서 미역목이 4.04mg% 다시마목이 2.41%로 큰 함량차이를 보였으며, 15시간까지 급속히 침투확산하였고, 45시간 겔화시까지 미역목이 다시마목에 비해 Ca^{++} 침투 확산율이 빨랐으나 그 후부터는 다시마목의 Ca^{++} 함량이 약간 많음을 보였다. 전보⁷⁾에서 보고한 것과 같이 미역목제조에서 Ca^{++} 에 의한 겔화시간은 24시간에 거의 평형에 도달하며, 충분한 겔화가 가능할 것으로 보인다.

Table 1. Crude ashes and calcium contents of the homogenized seaweeds (wet basis)

	Sea mustard	Sea tangle
Crude ash(%)	0.38	0.23
Ca^{++} contents(mg%)	1.30	1.22

24시간 동안 겔화된 묵을 수침하는 동안 칼슘함량의 변화는 Fig. 2과 같다.

알긴산과 결합하고 남은 여분의 Ca^{++} 은 수침시에 유출되며 미역인 경우가 다시마 보다 유출속도가 빨랐다. 24시간 동안 겔화한 미역묵이 5.25mg%이었던 Ca^{++} 함량이 수침 0.5시간내에 급격히 유출되고 4시간 후에는 2.93mg%로 많은 양의 Ca^{++} 이 묵 증에서 빠져나왔으며 그 후에는 변화가 적었다. 한편 다시마묵은 16시간 수침시까지 서서히 감소하였다. 이는 미역에는 섬유질이 많고 묵조직에서 세공이 많아 여분의 Ca^{++} 이 수침조에 빨리 유출되는 반면 다시마는 섬유질이 적고¹⁾ 알칼리 가용성알긴산이 많아²⁾ 그 묵 조직에서 조밀하여 Ca^{++} 의 유출이 늦은 까닭으로 추정된다. 미역묵인 경우 수침시간은 4시간 정도에 평형에 도달할 수 있으나 다시마묵인 경우는 좀더 많은 시간이 필요하며, 이는 묵의 크기 및 수침에 사용되는 물의 양에 따라 변화 될 것이다. 겔화액인 1% $CaCl_2$ 75ml에 함유된 Ca^{++} 량을 환산해 보면 269.19mg%인데 반해 그 중 겔화로 소모된 양은 제품묵 g당 6.0mg% 이하로서 조제용해액 25ml로 환산할때 150.00mg% 이하가 되어 약 55%에 상당한다. 이는 전보에서 보고한 0.1% $CaCl_2$ 를 이용

한 겔화시 겔리강도가 530g/cm²이었고, 1% $CaCl_2$ 를 이용한 겔화시 800g/cm²의 강도를 나타낸 것과 응고조에서 Ca^{++} 이온농도를 증가함에 따라 확산률이 증가될 수 있다³⁾고 보고한 것과 함께 고찰해 보면 겔화조의 Ca^{++} 농도는 용해액 중 알긴산-K와의 Ca^{++} 치환속도는 비례 관계를 나타낸다. 이것이 겔리강도를 강화시켜 주는 요인임을 알 수 있다. 점도가 높은 조제용해액의 Ca^{++} 확산을 밝히고 알칼리처리하지 않은 조제, 알칼리 처리하여 용해한 것, 알칼리처리하여 여과한 조제를 가지고 묵을 제조하여 그것의 Ca^{++} 확산 정도의 차이를 알기위해 마쇄액의 점도를 930cp에서 3500cp로 높여 조정된 뒤 각 해조묵의 Ca^{++} 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같다.

알칼리처리로 용해하여 만든 조제묵은 낮은 점도의 마쇄액 930cp (Fig. 2)에서 보다도 약 2.00~3.00mg% 정도의 더 많은 Ca^{++} 량을 보였다. 이는 田淵⁴⁾이 보고한 알긴산-Na 농도에 따른 Ca^{++} 이온 확산치환률은 낮은 점도에서 보다도 높은 점도에서 치환률이 높았던 결과와 같은 경향이였다. 마쇄액묵이 알칼리 용해한 조제묵보다 높은 Ca^{++} 확산 치환량을 나타낸 것은 용해된 조제묵은 겔화조직이 치밀하지 못하며 세공이 많아서

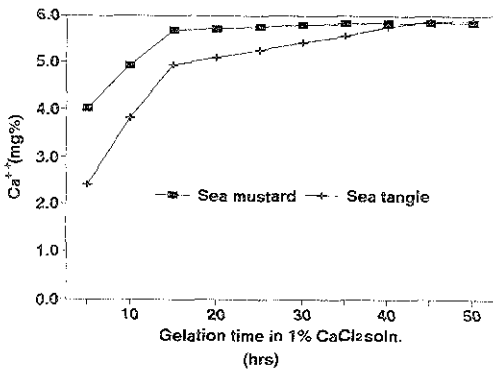


Fig. 1. Changes in the calcium contents of seaweed Mooks over gelation time.

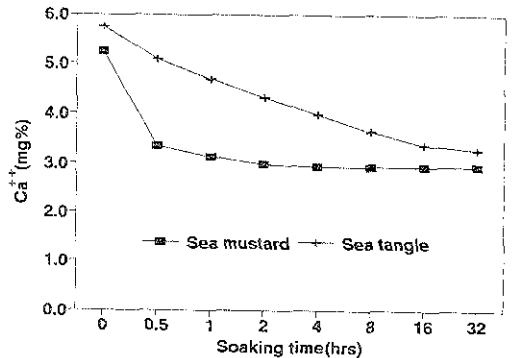


Fig. 2. Changes on the calcium contents of seaweed Mooks during the soaking in deionized water.

Table 2. Calcium contents of seaweed Mooks upon different processing of sea weed before gelation

(mg%, wet basis)

	Homogenizing ¹⁾		Solubilizing ²⁾		Solubilizing and filtrating ³⁾	
	SM ⁴⁾	ST ⁴⁾	SM	ST	SM	ST
After gelation (24hrs)	8.53	8.39	7.83	7.93	7.88	7.99
After soaking (4hrs)	6.69	6.85	7.50	7.61	7.57	7.73

¹⁾ Homogenized seaweed (3,500cp) → gelation

²⁾ Homogenized seaweed (3,500cp) → solubilization (65° C, 1hr, 1% K_2HPO_4) → gelation

³⁾ Homogenized seaweed (3,500cp) → solubilization → filtration (60mesh) → gelation

⁴⁾ SM : sea mustard, ST : sea tangle

Ca⁺⁺과 먼저 접하는 표면부분이 겔화되어 Ca⁺⁺ 이온이 내부로 침투 확산하는 것을 막는 결과를 나타낸다. 그러나 마쇄액묵은 표면 부분이 겔화되어도 Ca⁺⁺의 빠른 내부 확산으로 이루어진다. 이 결과는 수침한 경우에도 비슷하여서 수침조에 여분의 Ca⁺⁺이 유출되는 함량이 마쇄액묵이 많았다. 그 중 다시마 마쇄액묵 보다는 미역 마쇄액묵이 약 1.84mg%로 가장 많았으며, K₂HPO₄처리로 용해한 조채묵과 그의 처리한 것을 여과하여 만든 묵의 Ca⁺⁺량의 차는 그리 크지 않았다. 수침 4시간 후에서 미역묵이 다시마묵에 비해 많은 Ca⁺⁺ 유출량을 나타냈으며 여과묵에서도 같은 경향이였다. 마쇄액의 낮은 점도 930cp(Fig. 2)에서 나타난 수침조에 유출한 Ca⁺⁺ 보다 훨씬 적은 함량인데 이것은 앞서 고찰한 바와 같이 높은 점도에서 겔화시 높은 알긴산 농도에 Ca⁺⁺의 겔화로 겔 표면의 강한 젤리강도와 더욱 조밀한 표면 조직을 보여 내부에 확산 침투한 Ca⁺⁺ 이온의 유출이 적은 것으로 생각된다. 응고조의 1% CaCl₂의 재활용은 930cp 마쇄액의 점도에서 겔화시 응고조에 남는 Ca⁺⁺ 함량은 약 1/2이고, 3500cp 마쇄액인 경우는 1/3로 CaCl₂의 보충으로 재활용이 가능한

것으로 나타났다.

한편 성인의 1일 필요량 Ca⁺⁺을 800mg 기준¹³⁾으로 할때 알칼리처리한 조채묵 110g 속에 들어있는 Ca⁺⁺을 계산해 보면 825~840mg으로 1일 필요량에 상당하는 충분한 함량을 보유하는 것으로 나타났다.

묵제조 과정중 조직학적 변화

건미역과 다시마의 원조직, 열수처리, 알칼리용해, 묵 제조후 조직, 알긴산의 분포변화를 보기 위한 결과는 Fig. 3, 4와 같다. 미역잎의 구조(Fig. 3-a)중 피층은 큰 세포로된 유조직이며 속은 사상세포로 되어 있고 피층에 점액선이 있는게 특징¹⁴⁾으로 보고한 것과 유사한 구조를 나타냈으나 재료의 건조 상태로 인한 피층의 파괴인지 선명치 않았으며 속층의 연결된 세포막들은 뚜렷하였다. 또한 김과 김¹⁵⁾의 보고에서 미역잎의 표층세포와 피층세포막 부분에 강한 PAS 양성을 보였던 즉 periodic acid와 shiff's 시약처리로 보라색을 띤 결과와 같은 표피층 다당류 분포 형태를 나타냈다.

65°C에서 1시간 동안 열수용해한 미역잎의 횡단면은(Fig. 3-b) 세포막 주위가 넓게 다당류가 용해되어

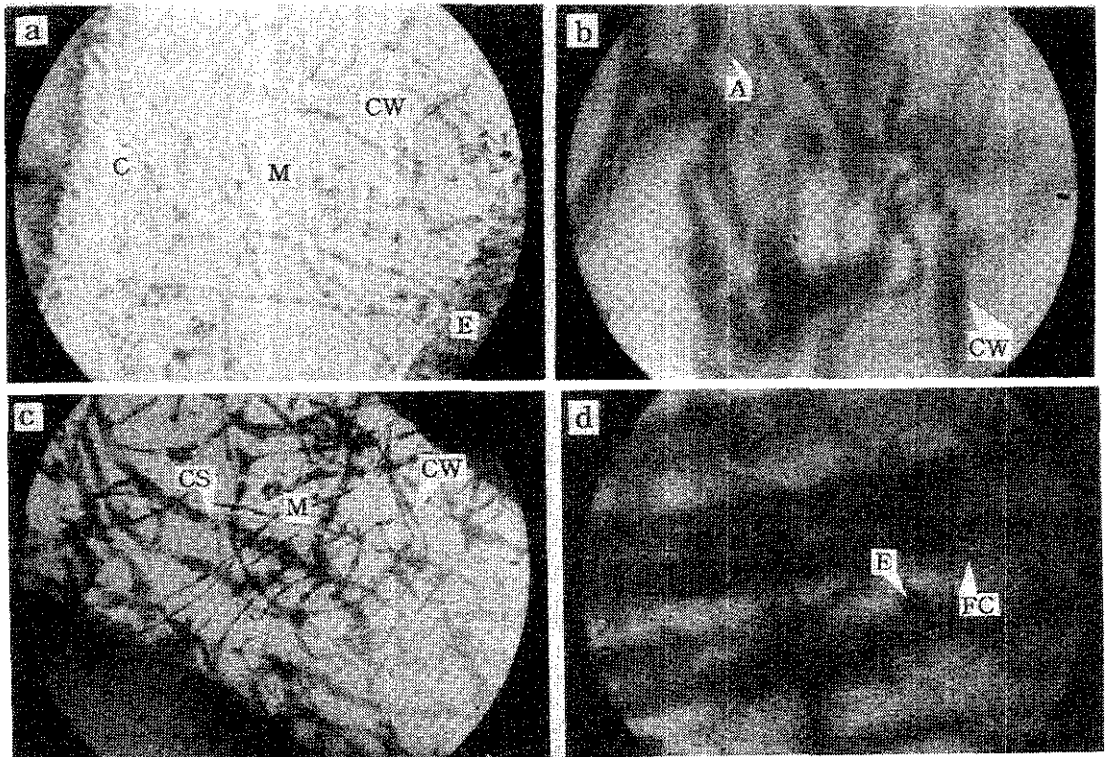


Fig 3. Histochemical changes of sea mustard frond during processing Mook. a : original, b : heating(65°C) in water, c : solubilizing by 1% K₂HPO₄ soln., d : Mook(gelation by Ca⁺⁺), CW : cell wall, M : medulla, A : alginic acid, C : cortex, E : epidermis, FC : filament cell, CB : center body, CS : cutting section.

나오고 속부위 전체에 얇게 덮여 보라색 착색을 보였는데 이것은 통상 알려진 바와 같이 미역의 다당류가 열수에서도 약간의 용해가 됨을 나타냈다. 또한 이는 알칼리용해성알긴산 뿐만아니라 수용성알긴산의 존재를 나타낸다.

한편 1% K_2HPO_4 를 혼합하여 $65^\circ C$ 에서 1시간 동안 가열한 미역잎은 Fig. 3-c와 같다. Periodic acid는 두개의 인접한 hydroxyl기 사이의 C-C결합을 절단하는 산화제이며, 포도당에 있는 1,2-diol기는 디알데하이드기로 전환되고 카보닐기는 카복실산으로 전환한다. 그래서 글리코젠, 전분, 셀룰로오스는 periodic acid염을 처리하면 디알데하이드기를 형성하고 세포내에 불용성으로 남아서 schiff's시약을 처리시 자주색 물질이 된다⁹⁾. 탄수화물은 모든 생물세포의 에너지 공급원이며 식물세포에서는 세포벽을 구성하고 있는 반면 셀룰로오스는 식물의 세포벽 등 지지역할을 하는 구조물에 많이 함유되어 있는 물질로 알려져 있는데 셀룰로오스는 β -glucose 분자가 2,000~10,000개로서 그 분자량이 460,000~1,700,000이고, 알긴산은 uronic acid 분자가 180~1,100개로서 그 분자량이 32,000~200,000

이어서 분자수가 많아 질은 보라색을 띠는 부분이 셀룰로오스인 사상세포로 인지되고 셀룰로오스 주위 보라색을 띠는 부분이 알긴산이 주가 된 다당류가 분포하고 있는 것으로 나타났다. 보여진 미역잎 세포막들의 연결 상태가 1% K_2HPO_4 와 가열처리로 세포막들이 여러군데 절단된 구조를 나타낸 것은 세포막 사상세포 주위의 알긴산이 주위에 용해되고 세포막과 세포막을 연결하는 매체 역할이 알긴산-Ca으로 보아진다. 곧 알긴산-Ca의 Ca^{++} 과 K_2HPO_4 의 K^+ 의 치환 반응으로 알긴산들의 세포막으로부터 주위로 용해되어 나옴과 동시에 세포막 지지체를 이룬 알긴산과 사상세포사이의 결합을 끊는 역할을 한 것으로 생각된다. Fig. 3-d에서 보는 바와 같이 1500배율상에서 미역목은 사상세포가 여러 가닥으로 펼쳐져 있고 주위 전반에 알긴산이 혼재함을 분수 있었으며 사이사이 분리된 표층세포가 보였다.

Fig. 4-a에서 나타난 다시마잎의 피층 세포도 미역과 마찬가지로 같은 세포구조를 나타내고 있었으나 표층과 윤층 사이의 질은 보라색을 띠는 부분이 많은 다당류가 분포하고 있었다. 猪野¹⁰⁾에 의하면 다시마잎의

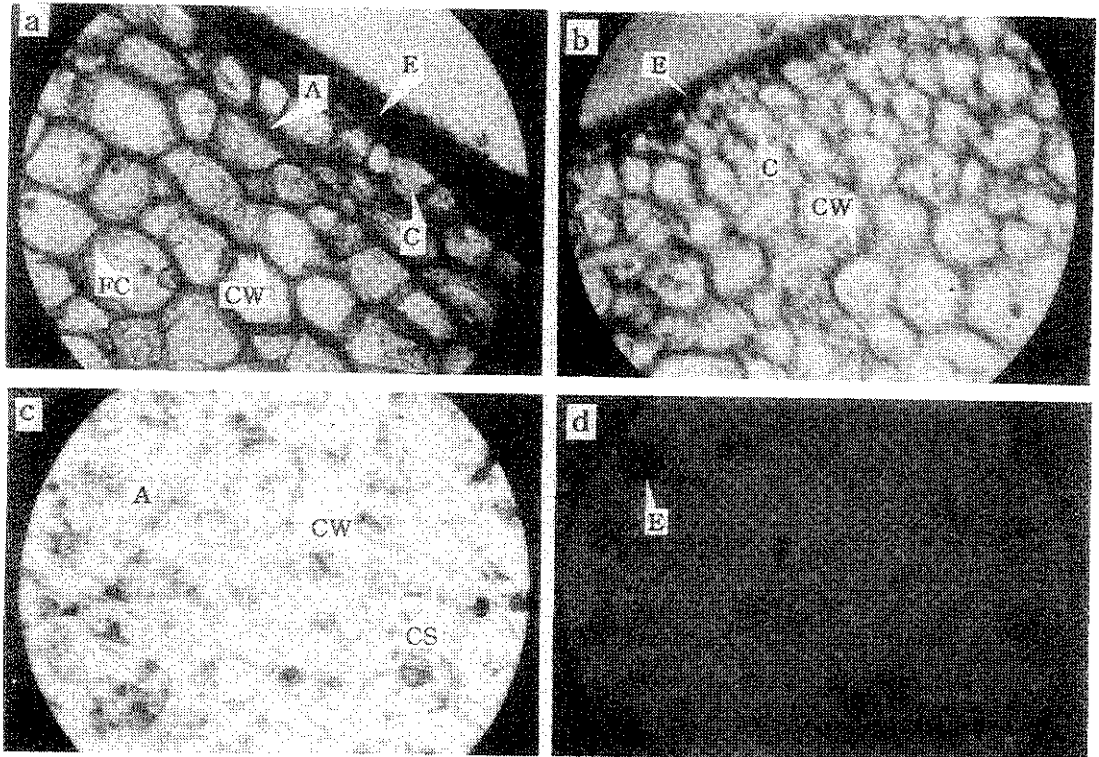


Fig. 4. Histochemical changes of sea tangle frond during processing Mook.

a : original, b : heating ($65^\circ C$) in water, c : solubilizing by 1% K_2HPO_4 soln., d : Mook (gelation by Ca^{++}), CW : cell wall, M : medulla, A : alginic acid, C : cortex, E : epidermis, FC : filament cell, CB : center body, CS : cutting section

피층과 식물 세포벽 등 지지역할을 하는 운층 사이에 점액선이 존재한다고 보고하였는데 구조물에 많이 함유되어 있는 물질인 그 점액선이 곧 알긴산이 주임을 알았다.

Fig. 4-b와 같이 다시마의 열수추출에서 피층 세포 구조도 마찬가지로 사상세포 골격이 남아있는 채 혼재했던 다당류가 세포막 주위로 번져 나옴을 알 수 있었고, 세포 내부 전반에 걸쳐 미약한 보라색 착색은 절편 제조중 세척으로 인한 미량의 fucoidan과 알긴산의 유출로 생각된다. 다시마 열수추출 속부위에서도, 미량으로 조체내에 존재하고 열수나 pH 2에서 뜨거운 산액으로 추출가능한 fucoidan과 laminarin과 같은 다당류와 알긴산 유출로 인한 세포막 붕괴까지 보여 주었다. 이런 결과로 볼 때 다시마 속층부위의 세포막 중에는 사상세포 보다는 열수에 추출이 가능한 다당류가 표, 피층 부위의 세포막에 비해서 더 많이 존재함을 증명해준다. 알칼리처리로 65°C에서 1시간 동안 가열처리로 인한 다시마의 용해 구조(Fig. 4-c)에서 더욱 강렬한 용해를 나타냈다. 다시마잎의 세포막에는 미역의 세포막 보다는 사상세포가 적고 알긴산이 많이 존재하여 세포막 절단이 많고 표면 전체는 혼탁한 다당류 분포를 보였으며 세포막의 알긴산 유출로 부풀어 오른 상태를 상세히 보여준다. 이는 조직내에 표층세포와 사상세포들의 함유량 뿐만 아니라 세포막에 함유된 알긴산의 분포 형태에서 기인한 것으로 여겨진다. Fig. 4-d의 다시마목은 사상세포가 거의 보이지 않고 알긴산 분포로 인한 표면 조직이 고르고 부드러운 형태를 나타냈는데 이는 목 제조중 원료의 마쇄공정과 그리고 가열과 K₂HPO₄ 처리할 때 교반작용이 세포막의 파괴로 인한 알긴산이 추출되고, 세포막내의 사상세포와 알긴산의 분리를 돕고, 결합된 사상세포들 사이를 연결한 알긴산의 강렬한 용해를 도와 용해된 알긴산에 Ca⁺⁺ 이온 침투로 겔화된 제품목을 형성한 원인으로 추정된다.

요 약

해조목제조 과정에서 목중 Ca⁺⁺함량 및 조직학적 변화를 조사하였다. 겔화하는 동안 미역이 다시마 보

다 Ca⁺⁺함량증가가 빠르며, 겔형성 후 수침시 유출되는 Ca⁺⁺량도 미역이 다시마 보다 많았다. 알칼리용해 및 여과는 목 수침시 Ca⁺⁺유출량을 감소시켰다. 미역은 불규칙하고 긴 세포벽을, 다시마는 비교적 규칙적인 세포벽으로 이루어져 있으며, 알긴산은 세포벽 주위에 주로 존재하였다. 가열, 알칼리 용해 및 목제조에 따라 알긴산은 점차적으로 용해되었으나 사상세포는 다시마인 경우 미세하게 절단되었으나 미역인 경우는 상당부분 목 중에 잔존하였다.

문 헌

1. 박영호 : 갈조류의 알긴산함량의 계절적인 변화에 관하여. 한국수산학회지, 2(1), 71 (1969)
2. Sime, W. J. : *Alginate -Hand book of water-soluble gums and resins.* McGraw-hill Co., p.177 (1982)
3. 田淵徳一 : アルギン酸 利用の新しい展望. 月刊フトケミカル, 5(3), 45 (1989)
4. 임상빈 : 두부세척공정에서의 탈염기작. 석사학위논문, 서울대학교 (1984)
5. 배광순, 손경희, 문수재 : 목의 구조와 텍스처. 한국식품과학회지, 10(2), 185 (1984)
6. 김길환, 김창식 : 미역김의 제조와 이화학적 특성에 관한 연구. 제 1보 : 미역김의 조직화학적 특성. 한국식품과학회지, 14(4), 336 (1982)
7. 정용현, 김건배, 최선남, 강영주 : 미역, 다시마목의 최적조건과 그 물성에 관하여, 1. 미역과 다시마를 주원료로 한 목제조. 한국영양식량학회지, 23, 156 (1994)
8. 小原哲二郎 : 食品分析ハンドブック. 第2版, 建泉社(日本), p.267 (1976)
9. 정노팔, 김우갑, 김학렬, 이형환, 강빈구 : 세포생물학실험. 범문사, p.61 (1981)
10. 岩崎富生 : 健康素材としての海藻の効能と應用. フトケミカル, 2(10), 47 (1986)
11. 김선희, 박희연, 박원기 : 해조가공품의 dietary fiber 함량과 물리적 특성. 한국영양식량학회지, 17(4), 320 (1988)
12. 西澤一俊 : 海藻の植物纖維. 月刊フトケミカル, 4(9), 47 (1988)
13. Pike, R. L. and Brown, M. : *Nutrition -an integrated approach.* 3rd ed., John Wiley and Sons, inC, USA, p. 790 (1984)
14. 강제원역 : 해산식물학. 문교부, p.215 (1984)
15. 猪野俊平 : 植物組織學. 内田老鶴園新社, 日本, p.399 (1977)

(1993년 1월 4일 접수)