

## 멥쌀 전분과 검물질 혼합물 겔의 특성

권지영, 송지영, 신말식  
전남대학교 식품영양학과

### Characteristics of non-waxy rice starch/gum mixture gels

Kwon Ji-Young, Song Ji-Young, Shin Malshick  
Department of Food and Nutrition, Chonnam National University, Gwangju

#### Abstract

To improve the textural properties and stabilize the structure and gel matrix of non-waxy rice starch gels, non-waxy rice starch/gum mixture gels were prepared from various food gums, gum arabic, guar, algin, deacyl gellan, xanthan and gellan gums. The morphological and textural properties and freeze-thaw stability of their gels were compared. Rice starch/gum mixture gels with various gums formed a more homogeneous gel matrix with smaller particle size than rice starch gel without gum, but the trends differed depending on the gum types. The textural properties of rice starch/gum mixture gels were changed with the gum types. The shape of the rice starch/gum mixture gel matrix was desirable when mixed with gellan and algin. The textural properties of gels hardened in the rice starch/gellan mixture gel and softened in the rice starch/algin mixture gel. The rice starch gels showed V-type crystallinity by x-ray diffractometer, but the peak at  $2\theta = 20^\circ$  was decreased with increasing gum addition. The freeze-thaw stability increased with increasing gum addition. Gellan and algin were especially effective.

Key words : non-waxy rice starch gel, gum, structure, textural properties, freeze-thaw stability

## 1. 서 론

최근 소비자의 입맛의 변화와 다양한 식품이 증가되면서 쌀의 소비량이 감소하고 있으나 쌀의 생산량과 수입량은 계속 증가하고 있어 새로운 형태로 쌀의 소비를 증가시키기 위해 많은 연구들이 진행되고 있다. 쌀가루를 이용하여 다양한 제품을 개발하고 쌀에 함유된 기능성 성분을 확인하여 이용하기도 하지만 쌀의 80%를 차지하고 있는 전분을 가공하려는 연구는 거의 없다.

쌀은 다른 곡류에 비해 경제성이 떨어질 뿐만 아니

라 쌀 전분이 배유세포 내에서는 복합전분립으로 존재하다가 분리되어 2-8  $\mu\text{m}$ 의 작은 입자를 얻게 된다. 그래서 쌀 전분은 일반적으로 사용해 왔던 옥수수, 감자, 타피오카 등의 전분과는 이화학적, 리올로지 성질이 다르기 때문에 가공특성이 바람직하지 않아 기존에 사용되어 온 전분을 대체하기 어려웠다. 쌀 전분의 독특한 형태와 특성은 새롭게 개발되는 액체나 반고체 식품, 의약품, 생분해 필름 등에 활용할 때 좋은 성질을 가질 수 있을 것으로 생각되었다. 이런 성질은 쌀전분을 변성하거나 전분에 다른 물질을 첨가하면서 달라져 가공 특성을 개선하고 바람직한 성질을 갖게 할 수 있기 때문에 이에 관한 연구를 진행하면 지속적인 쌀의 소비를 증가할 수 있을 것이다.

전분입자는 아밀로오스와 아밀로펙틴으로 구성되어 있고 충분한 물에서 가열하면 호화되고 겔을 형성하는데 구성된 전분분자에 따라 그 겔 특성이 다르다

Corresponding author: Malshick Shin, Chonnam National University, Gwangju, 500-757, Korea  
Tel: +82-62-530-1336,  
Fax: +82-62-530-1339  
E-mail: msshin@chonnam.ac.kr

(Chung GM과 Lee WJ 1997, Baek MH와 Shin MS 1999). 전분겔은 아밀로오스 겔 매트릭스의 연속상에 아밀로펙틴을 함유한 팽윤된 전분입자가 채워지는 혼합된 물질로 설명되고 있다(Ring 1985, Alloncle M et al. 1989, Ferrero C et al. 1994, Keetels CJAM et al. 1996). 겔 특성은 전분함량, 아밀로오스와 아밀로펙틴 비율, 분자의 크기, 인의 함량, 함유된 지질함량 등 영향을 받는다. 또한 전분 호화액에 검물질을 혼합하면 전분과 검 혼합물의 겔 구조가 전분 자체뿐만 아니라 검물질의 종류와 농도, 겔 형성 방법 등에 의해 달라지므로 여러 종류의 검 물질을 혼합한 전분겔의 특성을 확인하는 것은 가공적성을 개선하기 위해 필요하다(Christianson DD 1982, Annable P et al. 1994, Eidam et al. 1995, Liehr M과 Kulicke WM 1996).

검물질은 다당류로 친수성 콜로이드로 작용하고 주로 점도를 증가시키거나 겔을 형성하여 식품가공에 리올로지나 텍스처를 개선하거나 수분유지제와 안정제 등으로 사용하고 있다(Shi Y와 BeMiller JN 2002, Appleqvist IAM과 Debet MRM 1997). 검물질을 어디서부터 분리하였는지에 따라 성질이나 경제성이 다르며 최근 식품의 종류에 따라 부분적으로 변성을 하거나 다른 물질과 혼합한 제품들의 개발이 활발하게 진행되고 있다. 검물질의 첨가는 전분의 수분결합력과 냉동-해동안정성을 개선한다고 한다(Yoshimura M et al. 1998, Lee MH et al. 2002). 최근 생물공학의 발달로 미생물로부터 분리한 검물질에 대한 관심이 높아지고 일부 검들은 식품 등에 다양하게 활용되고 있다.

그러므로 본 연구는 멍쌀전분 겔을 단단하고 구조력이 강한 특성을 갖게 하기 위하여 점도를 향상하거나 겔형성 능력이 있는 검 중에서 구아검, 검 아라빅 검, 해조류로부터 얻을 수 있는 알긴, 미생물로부터 다량 생산이 가능하여 그 활용도가 증가하고 있는 잔탄검과 겔란검을 사용하여 쌀전분 겔의 구조, 텍스처 특성, 노화도 및 냉동 해동 안정성을 비교하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재료

시료인 멍쌀은 전라남도 농업기술원(전라남도 남평)에서 2002년 수확한 백미인 일미벼를 사용하여 알칼리 침지법(Kim JO et al. 1997)으로 전분을 분리하여 사용

하였다. 검물질중 잔탄검, 검 아라빅, 구아검, 디아실 겔란검은 Sigma Chemical. Co.(USA)에서 구하였으며 알긴은 Kelco Gel Co.(USA)에서 구하였다. 겔란검은 Nampoothiri KM et al.의 방법(2003)을 변형하여 *Sphingomonas paucimobils* ATCC 31461로부터 발효, 분리, 정제하여 사용하였다.

### 2. 쌀전분/검질 혼합 겔의 제조

다양한 검물질(0.1%, w/v)을 증류수에 넣고 마그네틱 바로 계속 저어주면서 분산시켜 완전히 분산된 후에 검분산액으로 사용하였다. 각각의 검 분산액을 멸균병에 일정량 넣고 쌀전분을 8%(w/v, 건물당) 농도가 되게 가하고 교반기를 이용하여 잘 혼합하였다. 전분과 검 혼합물을 끓는 수조에 넣어 계속 저어가면서 30분간 가열하여 전분 호화액을 만들었다. 유리판에 둥근 스테인레스 스틸 관( $\phi 1.8 \times 1.5$  cm)을 20개 정도 올려 놓고 뜨거운 상태의 쌀전분/검질 혼합물의 호화액을 기포가 생기지 않도록 부은 다음 다른 유리판으로 덮어 냉각시켜 겔을 제조하였다. 제조된 겔은 살짝 밀어 판을 제거하고 포장용기(Enterpack, EPA-200BS, Enterine, Korea)에 넣은 다음 실온에서 5일간 저장하면서 시료로 사용하였다.

### 3. 주사전자현미경에 의한 형태 관찰

다양한 검을 쌀전분과 혼합하여 제조한 겔의 내부구조는 주사전자현미경(Scanning electron microscope, JEOL JSM-5400, Japan)으로 관찰하였다. 제조된 쌀전분/검질 혼합 겔을 상온에서 1일과 5일간 저장한 후에 겔의 일부를 effendorf tube에 넣고 액체질소로 급속 동결시킨 후 동결 건조기(Freeze dryer, FD 5505, 비전, Korea)를 이용하여 건조하였다.

건조된 겔 시료 분말은 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음 주사전자 현미경으로 가속전압 25 kV, phototimes 85초, 1,000배의 배율로 관찰하였다.

### 4. 전분겔의 텍스처 측정

다양한 검질 분산액으로 제조한 쌀전분/검 혼합 겔의 텍스처는 레오미터(Sun Rheometer Compac-100, Sun Sci. Co., Japan)를 사용하여 측정하였다. 시료( $\phi 1.8 \times 1.5$  cm)를 압착하여 TPA를 구하였으며 기기의 조건은 다음과 같았다. 2회 반복 압착시험(two bite compression

test)을 load cell 2 kg, 직경이 2 cm인 cylinder type의 probe를 사용하였으며 deformation은 50%로 하였다. 이 때 측정조건은 table speed 60 mm/min, graph interval 30 msec, sample height 15.0 mm이었다. 이로부터 구한 텍스처 특성치는 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 응집성(cohesiveness), 탄성(springiness) 껌성(gumminess), 깨어짐성(brittleness)이었다. 시료는 처리 조건에 따라 8-10번 반복 측정하였다.

## 5. X-선 회절도 측정

전분겔의 X-선 회절도는 쌀전분/검질 혼합겔을 에탄올로 탈수하여 균질기(homogenizer, M133/1281-0, Switzerland)를 이용하여 2분간 균질화하고 진공 여과하여 건조하였다. 건조한 시료는 마쇄하여 100 mesh sieve(<150  $\mu\text{m}$ )를 통과시켜 시료로 사용하였다. X-선 회절기(X-ray diffractometer, D/Max 1200, Rigaku Co., Japan)를 이용하여 회절각도( $2\theta$ ) 40~2°까지 회절시켜 X-선 회절도를 얻었으며 회절각도에 따른 피크의 위치와 강도로서 결정성 정도를 비교하였다. 이때 이용한 분석 조건은 다음과 같다. Target, Cu-K $\alpha$ ; Filter, Ni; Voltage, 40 kV; Current, 20 mA; Scanning speed, 8°/min.

## 6. 냉동-해동 안정성 측정

쌀전분/검질 혼합겔의 냉동-해동 안정성은 Liehr M와 Kulicke WM의 방법(1996)을 수정하여 분리된 물의 양을 측정하여 비교하였다. 검질 분산액은 마그네틱 바로 계속 저어주면서 완전하게 분산이 되도록 만들었다(0.1% w/v). 여기에 6% 농도의 쌀 전분을 첨가하여 교반기를 이용하여 잘 혼합한 다음 끓는 수조에서 30분간 가열하여 쌀전분/검질 혼합물의 호화액을 제조하였다. 이 호화액 1 g씩 microtube에 넣어 냉동-해동 사이클 수를 고려하여 제조하였으며 호화액을 첨가한 튜브를 상온에서 냉각한 다음 4°C 냉장고에서 24시간동안 저장하였다. 저장한 쌀전분/검 혼합물의 겔은 -20°C 냉동고에서 20시간 동안 동결하였으며 상온에서 4시간 동안 해동 한 후 원심분리기(HMR-160IV, Hanil Co., Korea)에서 3,000 rpm (1960  $\times$  g) 속도로 10분간 원심분리 하였다. 분리된 물을 따라 버리고 남은 겔의 무게를 측정하여 이수율을 계산하였다. 냉동-해동 사이클은 1, 2, 3, 4, 5회까지 반복하였으며 그 때 분리된

물의 양을 측정하여 이수율을 비교하였다. 모든 실험은 3번 반복하였다.

## 7. 통계처리

실험결과는 SAS package를 이용하여 통계처리하였고 ANOVA와 Duncan's multiple range test로 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 주사전자현미경에 의한 쌀전분/검 혼합 겔의 형태

다양한 검을 첨가하여 제조한 쌀전분/검 혼합 겔의 구조를 관찰한 결과는 Fig. 1과 같았다.

전분은 직선상의 아밀로오스와 분지상의 아밀로펙틴으로 되어 있으며 가열하면 호화액에는 아밀로오스가 용출되어 나와 냉각하면 아밀로오스의 매트릭스에 아밀로펙틴이 갇혀진 구조의 겔을 이루게 된다. 여기에 직선상의 구조를 갖고 있는 다당류를 혼합하면 겔 매트릭스를 이루는데 전분의 아밀로오스와 검분자가 상호 작용함으로써 비교적 안정한 겔을 이룰 수 있을 것으로 생각되었는데 Fig. 1에서와 같이 검의 종류에 따라 다른 겔 구조를 이루는 것을 알 수 있었다. 검의 종류 중에 검 아라빅은 점도가 낮으며 잔탄검은 점도가 크지만 겔을 형성하지 않는 성질을 갖고 있다. 겔란검이나 디아실 겔란 검, 구아검, 알긴검은 점도의 증가뿐만 아니라 겔을 형성하는 특성을 갖고 있다. 본 실험에서는 검 자체만으로는 겔을 형성하지 않는 낮은 농도를 사용하여 쌀전분겔의 구조를 안정화하는지 관찰하였는데 저장 1일 후 겔의 형태는 쌀전분 자체만으로는 아밀로오스의 매트릭스와 팽윤된 아밀로펙틴에 의한 겔이 형성되어 겔구조가 영성하게 형성되었다. 잔탄검을 혼합한 겔의 구조는 매트릭스를 단단하게 하지 않고 크고 영성한 구조를 갖게 되었으며 알긴의 경우 겔구조가 약간 크게 형성되었으나 균일하였다. 특히 잔탄검의 경우에는 다른 검들과는 달리 쌀전분/검 혼합 겔의 구조가 안정하지 않았다. 5일 저장한 겔의 구조는 혼합한 겔에 따라 큰 차이를 보였는데 겔란검과 알긴의 경우 균일하고 조밀한 구조의 매트릭스를 이루는 겔구조를 갖게 되어 저장에 따라 겔의 구조가 안정해 짐을 알 수 있었다. 겔이 형성될 때 혼합된 검

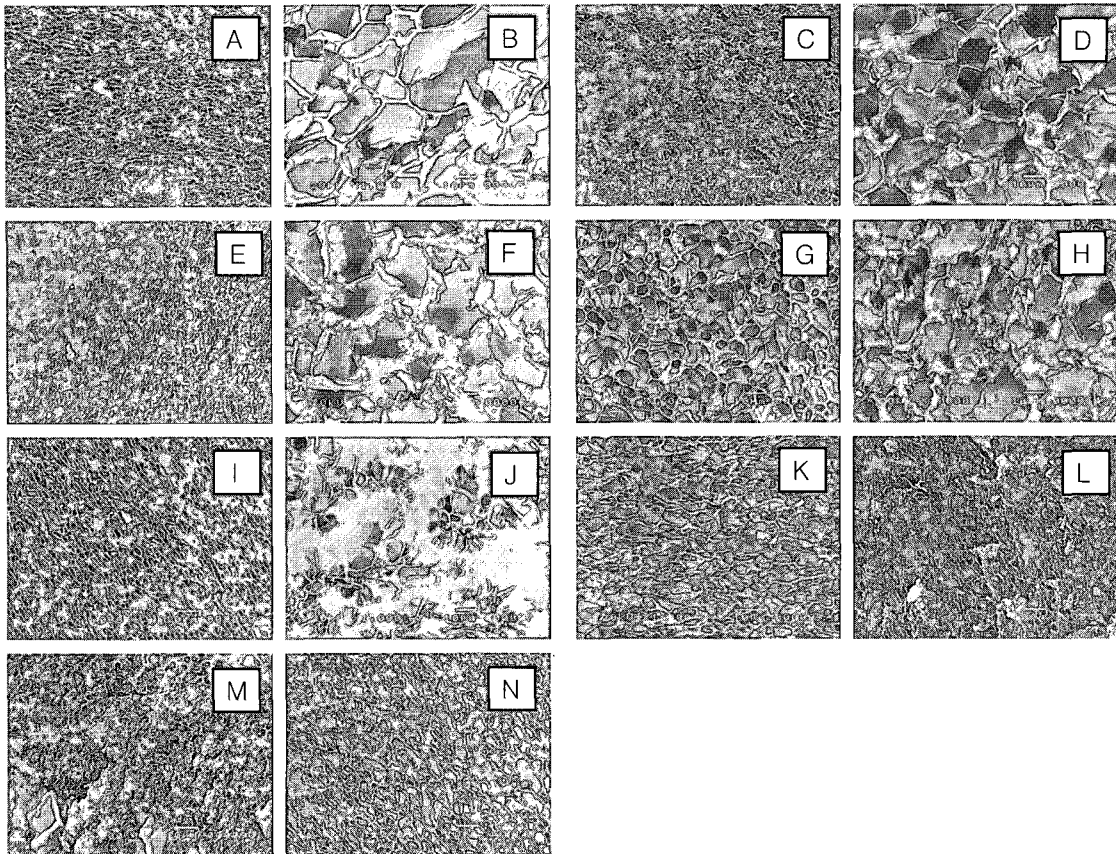


Fig. 1. Scanning electron microphotographs of non-waxy rice starch/gum mixture gels stored room temperature for 1 (A, C, E, G, I, K, M) and 5 days (B, D, F, H, J, L, N). Rice starch without gum (A, B), rice starch/gum arabic (C, D), rice starch/guar gum (E, F), rice starch/xanthan (G, H), rice starch/deacyl gellan (I, J), rice starch/alginate (K, L) and rice starch/gellan (M, N) mixture gels.  $\times 1000$

의 성질에 따라 호화액의 용출된 아밀로오스와 서로 연결되어 줄 상태에서 냉각하면서 다른 형태의 연결부분이 형성되어 겔의 안정성이 달라짐을 알 수 있었다. 대조군인 쌀전분겔은 엉성하고 균일하지 않은 구조를 보였으며 구아검은 겔구조막이 단단해졌고 검 아라빅과 잔탄검은 비슷한 크기로 겔 매트릭스를 이루었으나 잔탄검은 연결된 부분이 불안정하고 매끄럽지 않은 형태를 나타냈다. 디아실 젤란검을 혼합한 경우 전체적으로 균일하지 않은 겔을 이루었다.

Bhattacharya S 등(2006)은 옥수수 반죽에 검 아라빅을 첨가하였을 경우에 검을 첨가하지 않은 대조군보다 더 균일한 겔의 구조를 보임을 알 수 있었으며 검의 첨가량이 1%에서 2%로 증가하면 검을 첨가한 겔의 구조가 더욱 고른 형태를 보임을 보고하였다. Fig. 1의

A와 C와 같이 검 아라빅을 첨가한 겔의 구조가 더 균일해짐을 알 수 있었다. 또한 Chaisawang M과 Suphantharika(2005)의 연구에서도 이와 같은 결과였으며 xanthan gum의 경우 gel matrix사이에서 응고 현상을 촉진해서 몇몇의 입자를 에워싸는 현상을 관찰할 수 있다고 하여 본 실험 결과와 비슷한 경향을 보였다.

## 2. 쌀전분/검 혼합 겔의 텍스처 특성

쌀전분에 다양한 종류의 검인 알긴, 검 아라빅, 디아실 젤란, 구아, 잔탄, 젤란 검을 첨가하여 겔을 제조하여 측정된 텍스처 특성치는 Table 1과 같았다.

8% 전분 농도인 쌀전분 겔은 같은 농도의 녹두전분 겔에 비하여 부착성, 경도, 껌성, 깨어짐성이 낮고 응

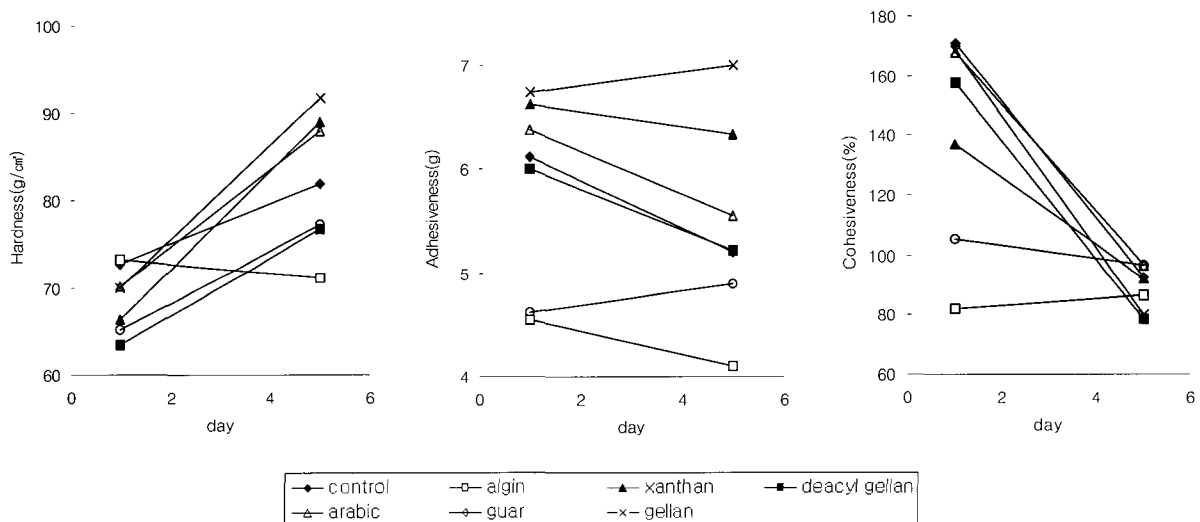
집성, 탄성이 높았다(unpublished data). 구아검이나 잔탄검이 전분겔의 형성은 촉진하지만 전분겔의 경도를 감소시켰다고 하였다(Eidam D 1995). 저장기간의 차이에 따른 텍스처 특성치 중 1차적 요소인 경도, 부착성, 응집성의 변화는 Fig. 2와 같았다.

저장기간이 길어지면 경도는 증가하고 다른 텍스처 특성치는 감소하였다. 쌀전분에 검을 혼합한 경우 검질의 종류에 따라 다른 경향을 보였다, 젤란검과 검아라빅을 첨가하였을 때 부착성이 증가하였으며 알긴

이나 구아검을 첨가하면 부착성이 감소하였다. 또한 경도, 껌성, 깨어짐성이 증가하고 응집성과 탄성을 그 차이는 없지만 감소하는 경향을 보였다. 전분에 검물질을 혼합하여 겔을 제조할 때 검물질 분자와 전분의 용해된 아밀로오스와 저분자량 아밀로펙틴 분자의 서로 상호작용하여 호화액의 점도를 증가시켜 냉각하면 겔 매트릭스를 형성한다고 한다(Christianson DD et al. 1982, 1984). Alloncle M과 Doublier JL(1990)는 잔탄검, 구아검이나 로커스트검을 옥수수전분 호화액에 혼합하

**Table 1.** Texture profile analysis parameter of non-waxy rice starch/gum mixture gels stored room temperature for 1 and 5 days.

Sample	Storage (day)	Adhesiveness(g)	Hardness(g/cm <sup>2</sup> )	Cohesiveness(%)	Springiness(%)	Gumminess(g)	Brittleness(g)
Control	1	-6.12±0.64 <sup>def</sup>	72.70±4.11 <sup>cdef</sup>	170.85±68.35 <sup>a</sup>	170.62±60.26 <sup>a</sup>	37.17±14.00 <sup>abd</sup>	70.69±46.52 <sup>ab</sup>
	5	-5.2 ±1.03 <sup>abcd</sup>	81.92±13.81 <sup>bc</sup>	92.71±10.89 <sup>b</sup>	95.26±10.24 <sup>b</sup>	27.91±8.82 <sup>cde</sup>	26.62±8.71 <sup>e</sup>
Guar	1	-4.62±1.06 <sup>ab</sup>	65.14±8.61 <sup>ef</sup>	105.31±42.98 <sup>b</sup>	106.80±39.14 <sup>b</sup>	16.50±7.30 <sup>fg</sup>	20.02±15.75 <sup>e</sup>
	5	-4.9 ±1.59 <sup>abc</sup>	77.20±6.95 <sup>cd</sup>	96.93±29.23 <sup>b</sup>	96.78±24.11 <sup>b</sup>	17.58±5.39 <sup>efg</sup>	17.66±7.70 <sup>e</sup>
Deacyl gellan	1	-6 ±1.06 <sup>cdef</sup>	63.36±6.70 <sup>f</sup>	158.01±30.16 <sup>a</sup>	160.82±25.67 <sup>a</sup>	36.02±9.04 <sup>abc</sup>	59.30±19.83 <sup>bcd</sup>
	5	-5.22±0.66 <sup>abcd</sup>	76.73±12.10 <sup>cd</sup>	78.66±6.16 <sup>b</sup>	85.92±12.14 <sup>b</sup>	24.42±9.14 <sup>def</sup>	20.82±8.04 <sup>e</sup>
Xanthan	1	-6.62±1.18 <sup>ef</sup>	66.30±5.94 <sup>ef</sup>	137.38±45.44 <sup>a</sup>	155.02±58.50 <sup>a</sup>	44.28±18.91 <sup>a</sup>	77.97±51.84 <sup>ab</sup>
	5	-6.33±1.03 <sup>def</sup>	88.90±8.95 <sup>ab</sup>	92.32±29.93 <sup>b</sup>	110.19±43.83 <sup>b</sup>	45.73±16.26 <sup>a</sup>	55.90±43.14 <sup>bcd</sup>
Algin	1	-4.55±0.72 <sup>ab</sup>	73.21±14.64 <sup>cde</sup>	82.43±32.96 <sup>b</sup>	83.98±29.16 <sup>b</sup>	11.39±6.61 <sup>g</sup>	11.06±10.57 <sup>e</sup>
	5	-4.1 ±1.66 <sup>a</sup>	71.19±9.10 <sup>def</sup>	86.56±29.33 <sup>b</sup>	93.30±28.36 <sup>b</sup>	21.50±8.50 <sup>defg</sup>	22.08±15.55 <sup>e</sup>
Arabic	1	-6.37±0.51 <sup>cf</sup>	70.22±3.94 <sup>def</sup>	167.65±45.37 <sup>a</sup>	172.70±46.85 <sup>a</sup>	35.46±11.51 <sup>abc</sup>	65.841±33.67 <sup>abc</sup>
	5	-5.55±1.01 <sup>bcde</sup>	87.87±4.57 <sup>ab</sup>	96.63±7.69 <sup>b</sup>	101.16±11.07 <sup>b</sup>	32.05±3.93 <sup>bcd</sup>	32.66±6.48 <sup>dc</sup>
Gellan	1	-6.75±0.88 <sup>f</sup>	70.02±2.93 <sup>def</sup>	168.42±49.03 <sup>a</sup>	177.17±53.70 <sup>a</sup>	46.60±13.51 <sup>a</sup>	88.47±42.48 <sup>a</sup>
	5	-7 ±0.70 <sup>f</sup>	91.77±6.99 <sup>a</sup>	79.92±4.96 <sup>b</sup>	90.38±4.10 <sup>b</sup>	41.77±3.40 <sup>ab</sup>	37.84±4.46 <sup>cde</sup>



**Fig. 2.** Changes of hardness, adhesiveness, and cohesiveness of non-waxy rice starch/gum mixture gels during storage using rheometer.

면 저장계수(G')가 증가하고 탄성이 감소함을 확인하였다. 또한 Liu H와 Lelievre J(1992)는 온도가 증가함에 따라 쌀전분과 젤라틴이나 젤란-로커스트 빈검 혼합젤의 G'이 증가함을 보고하였다.

쌀전분/검질 혼합젤을 5일 저장하였을 때 대조군인 쌀전분젤의 경우에 경도는 증가하였으나 다른 텍스처 특성치는 감소하였다. 경도와 검성이 낮아진 알긴이나 구아검을 첨가한 쌀전분젤은 젤이 부드러워지고 탄성이 떨어지는 젤을 제조하게 될 것으로 생각되었다. Kim KO와 Youn KH(1984)는 백설기에 sodium alginate를 첨가하면 경도를 증가시켰으며 검 아라빅은 경도를 감소시켰다고 하였다. 젤란 검을 첨가한 쌀전분젤은 정도는 약하나 경도가 증가하고 부착성이 증가하였으며 응집성이 감소하는 경향을 보여 쌀전분과 쌀가루, 고형분의 함량, 검의 농도 등에 따라 젤의 특성이 달라짐을 알 수 있었다. 녹두전분젤은 젤의 매트릭스가 균일하고 안정된 구조의 젤을 형성하는데 경도와 부착성이 크고 응집성이 작은 경향을 보이므로 쌀전분 젤의 구조를 안정화하고 단단한 젤을 형성하는데 젤란 검이 도움을 줄 것으로 생각되었다. 또한 젤란 검을 첨가하였을 때 저장 후 경도가 증가하였으나 대조군에 비해 증가속도가 낮았으며 탄성은 저장 후에도 변함없이 안정적으로 유지되는 경향을 보였다. Kim C와 Yoo B(2006)의 연구 결과에서도 xanthan gum과 쌀전분을 혼합하였을 때 젤의 강도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다.

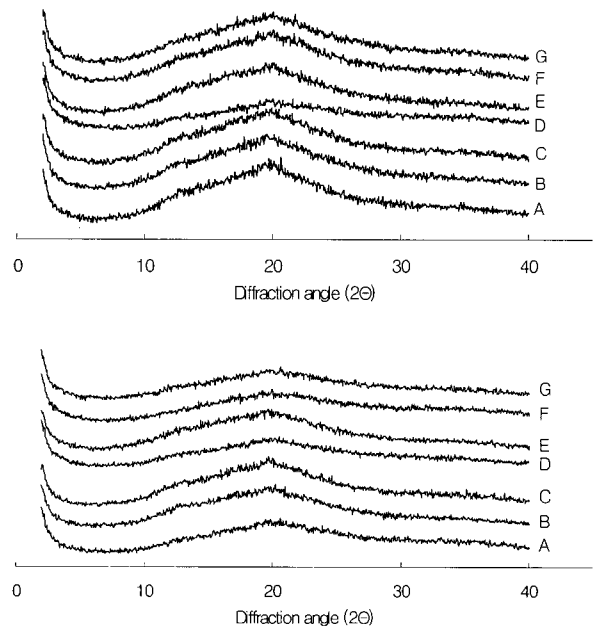
**3. X-선 회절도에 의한 특성**

쌀전분/검질 혼합 젤의 X-선 회절도는 Fig. 3과 같았다.

대조군인 쌀전분젤의 경우는 V형의 결정형을 갖는 즉 호화된 상태의 무정형구조를 보였다. 저장 5일의 쌀전분젤은 회절각도  $2\theta = 17^\circ$  근처의 피크가 생성되는 것을 볼 수 있으나 뚜렷하지 않았다. 대부분의 젤에서는 Fig. 1.과 같이 형성된 젤의 구조변화가 나타났지만 X-선 회절도의 피크로 구별하기 어려웠다. 검을 첨가하면 쌀전분젤보다  $2\theta = 20^\circ$ 의 피크가 낮아졌으며 잔탄검을 혼합한 쌀전분젤은 피크가 거의 나타나지 않았다. X-선 회절도로 관찰된 쌀전분/검 혼합물 젤의 결정성이 낮은 것은 낮은 농도의 쌀전분으로 인해 젤의 결정도가 뚜렷하지 않으며 아밀로오스와 지질과의

복합체에 의한 피크인  $2\theta = 20^\circ$ 에서의 피크도 용출된 아밀로오스와 검질과의 상호작용으로 인해 감소한 것으로 생각되었다. 젤란검은 X-선 회절기로 측정 하였을 때 3-fold 나선형 구조를 가지며 디아실 젤란은 높은 결정성을 보이나 젤란검 젤은 낮은 결정성을 가진다고 하였다. 젤란 검은 농도가 높은 경우 가열에 의해 쉽게 젤을 형성하며 젤을 형성한 젤란은 이중나선형 구조를 가진다고 하여 안정된 젤을 형성하는 것으로 알려져 있다(Chandrasekaran R과 Radha A 1995). 낮은 농도의 검물질을 사용하여 쌀전분젤의 구조를 변화하는 본 연구 결과에서는 전분의 노화나 검물질의 결정성 구조의 형성이 강하지 않아 X-선 회절도로 전분의 노화가 나타나는 것을 확인하기 어려웠다. 이는 Kim JO(1997)에 의해 쌀전분의 노화를 X-선 회절도로 측정할 때 그 예민도가 낮다고 하여 노화도가 낮기 때문이라고 생각하였다.

**4. 쌀전분/검 혼합 젤의 냉동-해동 안정성**



**Fig. 3. X-ray diffractograms of non-waxy rice starch/gum mixture gels stored for 1 day (up) and 5 days (down).** rice starch without gum (A), rice starch/gum arabic (B), rice starch/guar gum (C), rice starch/xanthan gum (D), rice starch/alginate (E), rice starch/deacyl gellan gum (F), and rice starch/gellan gum (G) mixture gels.

쌀전분/검물질 혼합 겔의 냉동-해동 안정성을 냉동-해동 사이클을 반복하면서 비교한 결과는 Fig. 4와 같았다. 냉동-해동 안정성 측정 결과 쌀 전분 겔은 사이클이 증가할수록 이수율이 점진적으로 증가하여 겔이 불안정해짐을 알 수 있었다. 녹두전분겔도 저장하면 텍스처가 푸석푸석해지고 이수율이 증가한다고 하였다(Choi EJ과 Oh MS 2001). 쌀 전분 겔은 검의 종류에 따라 약간 차이를 보이지만 검물질의 첨가에 의해 냉동-해동 안정성이 더 좋아졌다. SEM 결과에서 보듯이 구조적으로 매트릭스가 안정하고 겔 매트릭스가 작고 균일하여 구조가 안정했던 알긴과 젤란 검의 경우(Fig. 1. L, N) 다른 검들 보다 이수율이 낮은 경향을 보였다. 하지만 불안정한 구조를 보인 잔탄 검, 구아검, 디아실 젤란의 경우(Fig. 1. H, F, J.) 이수율이 높아 냉동-해동 안정성이 낮음을 알 수 있었다. Lee MH(2002)은 고구마전분에 첨가된 sodium alginate, 구아검과 잔탄 검 중에 구아검, sodium alginate 순으로 냉동 해동 안정성이 좋았으며 sodium alginate는 반복적인 냉동-해동 사이클에 안정성을 준다고 하였다.

전분 겔을 냉동-해동사이클을 증가시킬 때 겔에 포함되어 있던 수분이 수소결합이 냉동과 해동과정을 거치면서 불안정화되면서 수분과의 결합력이 떨어지고 겔이 굳어짐에 따라 아밀로오스 분자들이 함께 수축되어 일부의 물은 겔로부터 빠져 나오게 되는 이수현상이 나타난다. 냉동-해동 사이클을 반복하는 동안 물의 상변이와 열에너지 파동은 전분 겔 구조의 파괴를 야기하기 때문에 많은 양의 물을 첨가하여 제조한 겔의 구

조는 냉동-해동 과정에서 쉽게 이수현상이 일어난다고 하였다(Lo CT와 Rhamsden L 2000). 이수현상에 의해 물이 빠지면 남은 겔의 겔매트릭스에 의해 스펀지와 같은 구조를 가지게 된다고 하였다(Ferrero C et al. 1994). 겔 매트릭스가 조밀하고 단단하며 균일한 쌀전분/젤란 검 혼합겔과 쌀전분/알긴 혼합겔의 경우 이수율이 낮아 냉동-해동 안정성이 큼을 알 수 있었다. 알긴 혼합 쌀전분겔의 텍스처는 경도와 부착성, 응집성이 모두 낮아져 겔의 구조는 안정하지만 단단하지 않고 부드러운 겔을 형성하며 구조력으로 인해 냉동-해동 안정성이 유지되는 것으로 생각되었다. 쌀전분으로 겔을 제조할 경우 쌀전분만으로 제조하는 것보다는 검물질을 혼합하면 그 구조나 텍스처 특성을 개선할 수 있으며 형성된 겔의 특성은 검물질의 종류에 따라 차이가 남을 알 수 있었다. 특히 겔의 구조력이 좋고 균일하며 단단한 겔은 젤란검을 혼합하는 것이 바람직하였으며 알긴은 겔의 구조는 안정하나 부드러운 겔을 형성하는 것으로 생각되었다.

#### IV. 요약

쌀전분겔의 매트릭스와 구조를 안정화하고 텍스처 특성을 개선하기 위하여 멥쌀전분에 다양한 검물질을 혼합하여 겔을 제조하여 형태적, 텍스처 특성, 냉동-해동 안정성을 비교하였다. 검물질을 첨가하면 종류에 따라 다르나 쌀전분겔을 조밀하고 균일하여 안정된 매트릭스 갖게 할 수 있었으며 젤란검과 알긴이 효과적이었다. 쌀전분/검물질 혼합 겔의 텍스처 특성도 검질에 따라 달랐으며 젤란검은 단단하고 알긴은 부드러운 겔을 형성하였다. X-선 회절도에 의하면 쌀전분겔은 V형의 결정형을 나타내며 검을 첨가하였을 때  $2\theta = 20^\circ$ 의 피크가 낮아졌다. 냉동-해동 안정성도 검물질을 혼합하였을 때 증가하였으며 젤란검과 알긴을 첨가한 쌀전분겔이 바람직하였다.

#### 감사의 글

이 연구는 2003년 KISTEP의 바이오티스커버리사업에 의해 지원된 연구결과물의 일부이며 이에 감사드립니다.

#### 참고문헌

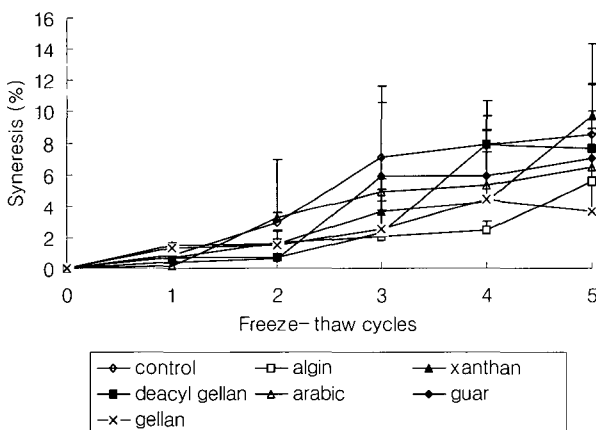


Fig. 4. Changes of syneresis of non-waxy rice starch/gum mixture gels according to number of freeze-thaw cycles.

- Alloncle M, Doublier JL. 1990. Rheology of starch-galactomann gels. pp111-115. In Gums and Stabilizer for the Food Industry. Philips GD, Williams PA, Wedlock DJ. eds., Oxford: IRL Press
- Alloncle M, Lefebvre J, Llamas G, Doublier JL. 1989. Rheology of starch-galactomannan gels. Cereal Chem. 66: 90-93.
- Annable P, Fitton MG, Harris B, Philips GO, Williams PA. 1994. Phase behavior and rheology of mixed polymer systems containing starch. Food Hydrocolloids 8: 351-359.
- Appelqvist IAM, Debet MRM. 1997. Starch-biopolymer interactions- A review. Food Reviews International 13: 163-224.
- Bhattacharya S, Narasimha HV, Bhattacharya S. 2006. Rheology of corn dough with gum arabic: Stress relaxation and two-cycle compression testing and their relationship with sensory attributes. J. Food Engineering 74: 89-95.
- Chaisawang M, Suphantharika M. 2005. Pasting and rheological properties of native and anionic tapioca starches as modified by guar gum and xanthan gum. Food Hydrocolloids 19: 1-9.
- Chandrasekaran R, Radha A. 1995. Molecular architectures and functional properties of gellan gum and related polysaccharides. Trends Food Sci. Technol. 6: 143-148.
- Choi EJ, Oh MS. 2001. Changes in retrogradation characteristics of mungbean starch gels during storage. Korean J. Soc. Food Cookery Sci. 17: 391-398.
- Christianson DD, Hodge JE, Osborne D, Detroy RW. 1981. Gelatinization of wheat starch as modified by xanthan gum, guar gum, and cellulose gum. Cereal Chem. 58: 513-517.
- Christianson DD. 1982. Hydrocolloid interactions with starches. pp 399-419, In Food Carbohydrates. Lineback DR, Inglett GE, eds., Westport, CT: AVI Publishing Company.
- Chung GM, Lee WJ. 1997. Properties of starch gels mixed with mugwort juice. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 693-699.
- Dlamini AM, Peiris PS. 1997. Production of exopolysaccharide by *Pseudomonas* sp. ATCC 31461 (*Pseudomonas elodea*) using whey as fermentation substrate. Appl. Microbiol. Biotechnol. 47: 52-57.
- Eidam D, Kulicke WM, Kuhn K, Stute R. 1995. Formation of maize starch gels selectively regulated by the addition of hydrocolloids. Starch 47: 378-384.
- Ferrero C, Martino MN, Zaritzky NE. 1994. Corn starch-xanthan gum interaction and its effect on the stability during storage of frozen gelatinized suspension. Starch/Stärke 46: 300-308.
- Jin H, Lee NK, Shin MK, Kim SK, Kaplan DL, Lee JW. 2003. Production of gellan gum by *Sphingomonas paucimobilis* NK2000 with soybean pomace. Biochemical Engineering J. 16: 357-360.
- Juliano BO. 1985. Production and utilization of rice. pp 4-7. In Rice Chemistry and Technology. Juliano BO ed. AACC, MN, USA
- Keetels CJAM, van Vliet T, Walstra P. 1996. Gelation and retrogradation of concentrated starch systems: 3. Effect of concentration and heating temperature. Food Hydrocolloids 10: 363-368.
- Kim C, Yoo B. 2006. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures. J. Food Engineering in press.
- Kim KO, Youn KH. 1984. Effects of hydrocolloids on quality of Paksulki. Korean J. Food Sci. Technol. 16: 159-164.
- Kim JO, Kim WS, Shin MS. 1997. A comparative study on retrogradation of rice starch gels by DSC, X-ray and alpha-amylase methods. Starch 49: 71-75.
- Baek MH, Shin MS. 1999. Microstructure of recombinated gels of amylose and amylopectin isolated from rice starch. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 1171-1177.
- Lee MH, Baek MH, Cha DS, Park HJ, Lim ST. 2002. Freeze-thaw stabilization of sweet potato starch gel by polysaccharide gums. Food Hydrocolloids 16: 345-352.
- Lee SK, Shin MS. 1995. Textural characteristics of mixed starch gels with various additives. Korean J. Food Sci. Technol. 27: 928-933.
- Liehr M, Kulicke WM. 1996. Rheological examination of the influence of hydrocolloids on the freeze-thaw stability of starch gels. Starch 48: 52-57.
- Liu H, Lelievre J. 1992. Differential scanning calorimetric and rheological study of the gelatinization of starch granules embedded in a gel matrix. Cereal Chem. 69: 597-599.
- Lo CT, Rhamsden L. 2000. Effect of xanthan and galatcomannan on the freeze/thaw properties of starch gels. Nahrung 44: 211-214.
- Nampoothiri KM, Singhanian RR, Sabarinath C, Pandey A. 2003. Fermentative production of gellan using *Sphingomonas paucimobilis*. Process Biochemistry 38: 1513-1519.
- Ring SG. 1985. Some studies on starch gelation. Starch 37: 80-83.
- Shi X, BeMiller JN. 2002. Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. Carbohydr. Polymer 50: 7-18.
- Yoo D, Kim C, Yoo B. 2005. Steady and dynamic shear rheology of rice starch-galactomannan mixtures. Starch/Stärke 57: 310-318.
- Yoshimura M, Takaya T, Nishinari K. 1998. Rheological studies on mixtures of corn starch and konjac-glucomannan. Carbohydr. Polymer 35: 71-79.

---

(2005년 12월 1일 접수, 2005년 12월 22일 채택)