

감자의 수침에 따른 전분 겔의 특성

정난희 · 김경애*

전남대학교 사범대학 가정교육과 강사

* 전남대학교 사범대학 가정교육과 교수, * 전남대학교 가정과학연구소 연구원

Gel characteristics of Starch during Steeping of Potato

Lan-Hee Jung · Kyung-Ae Kim*

Dept. of Home Economics, College of Education
Chonnam National University, 500-757, Korea

* Home Economics Research Institute

Abstract

Gel characteristics of potato starches which were prepared by steeping potato at $10 \pm 1^\circ\text{C}$ and $25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ incubator for 11 days were investigated. Results of the instrumental test of potato starch gels showed significantly different strength, hardness, gumminess, chewiness, cohesiveness by steeping time. The light microscope and scanning electron microscope of starch gels showed three-dimensional network including macroporous structure by steeping. The syneresis of potato starch gel was decreased by steeping potato at 24 for 72 hours.

Key words: Potato starch, Steeping, Gel characteristics, Syneresis

I. 서 론

최근 식품 산업의 발달로 냉동 식품, 압출 성형 식품 등의 새로운 식품 개발이 진행되고 있어, 이에 적합한 성질을 갖는 전분을 만들기 위한 노력이 여러 방법으로 진행되고 있다¹⁾. 우리나라 농가에서는 옛부터 감자뿐만 아니라 칩, 도토리 등의 전분질 식품을 가루로 만들어 구황식품으로 이용하는 방법이 오랫동안 전해 내려오고 있는데, 그 중 변질·손상된 감자 또는 상품 가치가 없는 감자를 수침시킨 다음 침전물만을 회수하여 풀의 원료로 이용하고 부침이나 떡을 만들기도 한 고유의 식문화가 전해 내려오고 있다²⁾. 그러나 이런 물리적인 변성 전분에 대한 연구는 감자의 썩힘 중 녹말의 성질 변화³⁾에 대한 보고와 전보에서 발표한 감자의 수침 조건에 따른 전분의 이화학적 특성 변화⁴⁾, 감자의 수침 조

건에 따른 전분의 소화 특성⁵⁾만 있을 뿐이며 전분 겔의 특성에 대해서는 연구된 바 없다.

따라서 본 연구에서는 감자의 수침이 전분의 겔화 성질에 미치는 영향을 알아보기 위하여 전통적으로 이용되고 있는 수침에 의해 감자 전분을 강원도 고령지 지역의 수확 시기 기온인 10°C 와 실온인 25°C 에서 수침하여 변성시켜서 겔 특성 및 고유 점도를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험재료

감자는 강원도 대관령 원예 농협에서 1997년 6월에 수확한 수미(Superior) 품종을 사용하였다.

2. 실험방법

감자 중량 2배의 증류수를 부은 플라스틱 용기를 일정 온도($10 \pm 1^\circ\text{C}$, $25 \pm 1^\circ\text{C}$)의 항온기에서 미리 온도를 평형시킨 다음 씻은 감자를 통째로 넣고 1일에서 11일간 수침하였다. 전분은 알칼리 침지법⁶⁾으로 제조하여 데시케이터에 보관하면서 시료로 사용

Corresponding author : Lan Hee Jung, Chonnam National University, 300, Yongbong-dong, buk-gu, Gwangju, 500-757, Korea
Tel : 062-530-2520
Fax : 062-530-2529
E-mail : glsj@umitel.co.kr

하였다.

감자 전분 겔은 이⁷⁾의 방법을 수정하여 제조하였다. 전분 현탁액 8, 9, 10%(건량기준) 40mL를 뚜껑이 있는 바이알 병(∅ 2.5×9cm)에 넣고 테프론 테이프로 밀봉한 다음 100°C 항온 수조로 95°C에서 20분간 저어 주면서 유지하여 가열한 다음 직경 2.0 cm, 높이 2.0cm의 둥근 스테인레스 스틸 용기에 넣고 페트리 접시에 넣어 밀봉한 뒤 4°C에서 3시간 성형시켜 전분 겔 시료로 사용하였다.

10%(건량기준) 감자 전분 겔의 텍스처는 Rheometer (Compac-100, Sun Scientific Co., Japan)를 사용하여 Sample size : ∅2×2cm, Critical diameter : 20.00mm, Table speed : 60.00mm/min, Chart speed : 130.00mm/sec, Load cell : 1.0kg, Deformation : 50, 압착횟수 : 2회와 같은 조건으로 10회 반복 측정하여 각 시료의 최대의 힘(strength), 견고성(hardness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 껌성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)을 구하였다⁸⁾. 통계 처리는 SAS package를 사용하여 변량 분석 후 사후 비교 방법으로 Duncan의 다중 비교를 실시하였다.

광학 현미경에 의한 겔의 형태 관찰은 10%(건량기준) 감자 전분 겔을 제조한 후 4°C에서 3시간 성형하여 70% 알콜로 탈수하고 agarose에 겔을 넣어 겔 사이로 파라핀이 침투할 수 있도록 13시간 동안 자동 조직 처리 장치에서 processing 한 뒤에 histocenter에서 embedding하였다. microtome에서 겔을 4~5μm로 자른 후 38~40°C의 증류수로 전개하고 40~50°C의 hot plate 위에서 slide glass에 고정하였다. 그 후 요오드 용액으로 염색하여 광학 현미경(BX 50, Olympus Co., Japan)으로 400배의 배율로 관찰하였다.

주사전자현미경에 의한 겔의 형태 관찰은 10%(건량기준) 감자 전분 겔을 제조한 후 4°C에서 3시간 성형하여 액체 질소로 1분간 급속 냉동시킨 후 동결건조기(EF-4, Modulyo Co., England)에서 15시간 동안 건조하였다. 겔을 자른 후 표면을 금으로 도금시켜 전도성을 갖게 한 다음, 주사전자현미경(JSM-5400, JEOL, Japan)을 사용하여 가속전압 15kV, phototime 8초, 1,000배의 배율로 관찰하였다⁹⁾.

겔의 이수율은 10%(건량기준) 감자 전분 겔을 제조한 후 직경 2.0cm, 높이 2.0cm의 둥근 스테인레스 스틸 용기에 넣고 30분간 냉동고(-50°C)에서 냉각시킨 후 겔을 뚜껑이 있는 원심관에 넣고 4°C에서 24시간 저장한 후 다음 식에 의해 이수율을 측정하였다⁷⁾.

$$\text{이수율}(\%) = \frac{\text{분리된 액체량}(g)}{\text{겔 무게}(g)} \times 100$$

III. 결과 및 고찰

1. 겔 형성

25°C에서 수침한 8, 9, 10% 수침 감자 전분의 성형된 겔 모양은 Fig. 1과 같이 생감자 전분은 8, 9%에서는 모양을 유지하지 못했고 퍼짐성을 나타냈으며 10%에서는 겔이 형성되어 그 모양을 유지하였다. 수침 전분도 8%에서는 겔이 잘 형성되지 못하였고 9%, 10%로 농도가 증가할수록 또 수침기간이 길어질수록 점차로 겔이 잘 형성되어 그 형태를 유지하였다. 겔의 투명도는 생감자 전분 겔이 높았고 수침기간이 길어질수록 낮아져서 유백색을 나타냈으며, 농도가 증가할수록 투명도가 낮아져 박과 김¹⁰⁾의 도토리 전분 농도가 클수록 투명도가 감소되었다는 보고와 일치하였다. 또한 Clark 등¹¹⁾은 아밀로오스 사슬이 짧은 경우에는 겔화보다 탁도 현상이 먼저 진행되나, 사슬이 긴 경우에는 뚜렷한 탁도 증가 이전에 겔화가 진행된다고 하여 수침으로 인해 아밀로오스의 구조적인 변화로 수침 감자 전분 겔이 생감자 전분 겔보다 투명도가 낮고 겔이 잘 형

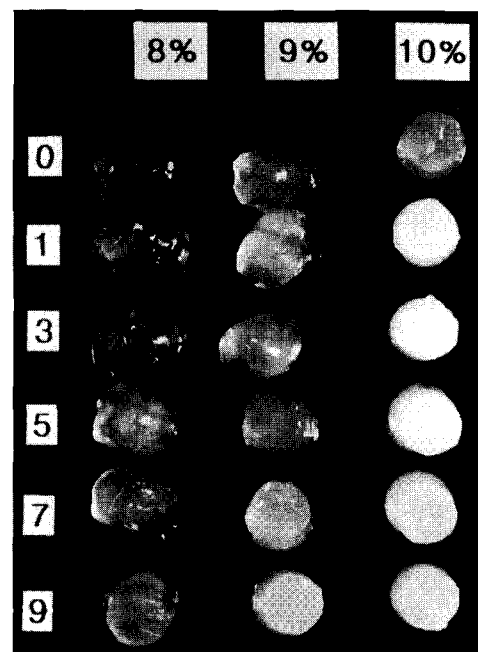


Fig. 1. Shapes of potato starch gels with different starch concentrations. The number indicates the steeping time (day)

성되었다고 생각되었다. 이는 전보⁴⁾에서 보고한 바와 같이 수침에 의해 감자 전분의 아밀로오스가 수침액으로 용출되고 아밀로오스 길이가 짧아져서, 점도를 저하시키고 겔 안정성을 향상시켜 겔이 잘 형성되지 않는 생감자 전분의 분자 구조를 변화시켜 겔이 잘 형성됨을 알 수 있었다.

2. 겔의 텍스처

25°C에서 수침한 10% 수침 감자 전분 겔의 텍스처 특성을 Rheometer를 사용하여 일반적인 측정 방법인 50% 변형률로 2회 반복 압착 시험(two bite compression test)하여 최대의 힘(strength), 견고성(hardness), 탄성(springiness), 응집성(cohesiveness), 껌성(gumminess) 및 씹힘성(chewiness)을 측정한 기계적 물성 검사 결과는 Table 1과 같다. 수침 전분 겔의 특성치는 최대의 힘과 견고성에서 유의한 차이를 나타냈다. 생감자 전분 겔은 부드러움과 탄성은 좋으나 겔 강도가 약하다¹²⁾고 하였으나 수침에 의한 변성 전분 겔은 수침 기간이 길어질수록 최대의 힘, 견고성, 껌성 및 씹힘성에서 텍스처 특성이 감소하여 생감자 전분 겔의 단점을 보완하여 탄력이 있고 단단한 겔을 형성할 수 있었다.

권¹³⁾은 목이 형성되는 전분과 형성되지 않는 전분의 특성을 비교하였는데, 목을 만들 수 있는 동부와 녹두 전분은 호화 온도가 낮았고, 호화 점도가 컸으며 노화가 서서히 진행되었다. 반면 목이 되지 않는 강남콩 전분은 호화 온도가 높았고 호화 점도가 낮았으며 노화가 빠르게 일어났다. 전분 분자의 구조를 비교하면 동부와 녹두 전분은 아밀로오스 분자량이 크고 분지도가 낮았으며 이와 반대로 강남콩 전분은 아밀로오스의 분자량이 아주 작았다고 하였다. 동부와 녹두 전분 겔은 겔 구조가 안정하여 텍스처 특성치인 견고성과 응집성이 크게 나타났다.

목이 형성되는 동부와 녹두 전분은 목이 형성되지 않는 강남콩 및 팥 전분과 이화학적 특성 및 분자 구조적인 특성에서 뚜렷한 차이를 나타냈는데, 그중 아밀로오스 크기가 가장 중요한 역할을 하는 것이라고 하였다. 감자 전분의 경우, Svegmärk와 Hermansson¹⁾은 전분 겔에서는 아밀로오스가 겔 형성에 관여하지 않았고, 팽윤된 전분 입자가 높은 shear resistance를 나타내고 겔의 구조를 형성한다고 보고하였다. 문 등¹⁴⁾은 겔 강도에 영향을 주는 요인은 아밀로오스 함량보다는 아밀로오스 분자 크기나 아밀로펙틴 가지의 사슬 길이인 것으로 보고하였다. 강 등¹⁵⁾은 쌀의 아밀로펙틴 분자 구조와 밥의 텍스처 상관 관계를 조사했을 때 아밀로펙틴의 긴 사슬이 적고 짧은 사슬이 많이 분포할수록 밥의 경도가 낮고, 부착성이 높았다고 보고하여 아밀로오스뿐만 아니라 아밀로펙틴도 텍스처에 영향을 준다고 하였다. 또한 김¹⁶⁾은 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향에서 아밀로펙틴은 겔 지표와 탄성 한계에 영향을 주고, 아밀로오스는 겔 강도와 절단성에 기여한다고 하였다. 윤과 손¹⁷⁾은 압착률에 따라 녹두와 동부 전분 겔의 텍스처 변화를 조사하였는데, 파쇄성은 압착의 정도와 관계없이 일정한 값을 나타냈고 견고성은 압착이 증가함에 따라 증가하였다고 하였다. 응집성과 씹힘성은 녹두 전분 겔을 65~75%로 압착했을 때 감소하였고 그 이후에는 일정하였으며 탄성은 두 시료 모두 65% 압착시에 약간 증가했으나 75~95% 압착시까지 계속 감소하였으며 껌성은 녹두 목인 경우에는 변형률 65%에서, 동부 겔은 75%에서 나타났고, 경도는 두 시료 모두 변형률 55~75%까지 큰 변화가 없었다고 하였다. 윤과 손¹⁸⁾은 압착률에 따른 전분 겔의 특성 비교에서, 견고성은 압착의 정도가 커질수록 계속 증가하였고, 응집성은 압착이 증가할수록 감소하였으

Table 1. Rheological characteristics of potato starch gels prepared from potato steeped at 25°C with different starch content ration by rheometer for 50% deformation

Concent ration (%)	Steeping time (day)	Strength	Hardness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness
10	0	306.0 ^a	763.7 ^a	0.94 ^a	0.79 ^a	601.4 ^a	565.0 ^{ab}
	1	151.7 ^b	470.3 ^b	1.07 ^a	0.94 ^a	430.7 ^a	459.6 ^{ab}
	3	249.7 ^a	732.0 ^a	1.05 ^a	0.88 ^a	639.2 ^a	671.0 ^a
	5	134.0 ^b	434.3 ^b	0.96 ^a	0.89 ^a	380.5 ^a	364.6 ^b
	7	262.3 ^a	690.7 ^a	0.66 ^a	0.54 ^a	360.9 ^a	360.1 ^b
	9	295.7 ^a	735.3 ^a	0.95 ^a	0.80 ^a	589.0 ^a	563.0 ^{ab}
F value		7.17 ^{**}	5.60 ^{**}	1.12	1.43	1.99	1.94

** : P < 0.01

a, b, c means Duncan's multiple range test for experimental samples

며, 탄성도 응집성과 마찬가지로 압착의 정도가 커질수록 감소하여 압착이 커질수록 겔 구조가 파괴되어 원래의 겔 형태로 회복되기 어렵기 때문일 것이라고 하였다.

3. 광학 현미경에 의한 겔의 형태

25°C에서 수침한 전분으로 10% 감자 전분 겔을 제조한 후 4°C에서 3시간 성형하여 광학 현미경으로 400배 확대 관찰한 결과는 Fig. 2와 같이 생감자 전분 겔은 그물망 구조를 확인하기 어려웠지만 수침 기간이 길어질수록 견고한 고분자의 망상 구조가 형성되는 것을 관찰할 수 있었다. 특히 수침 7일과 9일 전분 겔은 두꺼운 그물망 구조를 확연히 관찰할 수 있었다. Clark 등¹¹⁾은 아밀로오스 사슬 길이가 짧은 경우에 먼저 짧은 사슬의 아밀로오스가 팽윤되어 두꺼워진 다음에 서로 결합이 되고 더욱 두꺼워진 형태의 망을 형성한다고 하였다. 이는 전보⁴⁾에서 보고한 바와 같이 감자를 수침시키는 동안 수침액의 pH는 10°C와 25°C에서 모두 수침 초기에 낮아졌고, 환원당과 총당의 함량은 수침 기간이 길어질수록 증가하였으며, 수침 전분 입자의 모양은 수침 기간이 길어질수록 다수의 구멍이 나타났으며, 전분 입자의 크기는 수침 기간이 경과할수록 큰 입

자의 분포가 적어지고 중간 크기와 작은 입자들의 분포가 많아졌다. 또한 수침 감자 전분의 이화학적 특성은 수침 기간이 길어질수록 단백질, 지방, 인 함량이 감소하였고, 회분 함량은 증가하였으며 전분의 아밀로오스 함량과 밀도는 수침기간이 길어질수록 감소하였고 물결합능력은 증가하였다. 전분의 팽윤력과 용해도는 60°C 이상에서 급격히 증가하여 온도가 상승함에 따라 증가하였고 수침 기간이 길어질수록 일정 온도에서의 팽윤력과 용해도의 증가는 낮았다. 고유 점도는 수침 기간이 길어짐에 따라 감소하였는데 특히 25°C에서 수침 9일에 급격히 감소하였다. 감자 전분은 수침 기간이 길어질수록 전분 구조의 변화가 커서 생전분과는 달리 메트릭스가 두껍고 안정한 겔을 형성하였다.

4. 주사전자현미경에 의한 겔의 형태

25°C 수침 전분으로 10% 감자 전분 겔을 제조한 후 4°C에서 3시간 성형하여 주사전자현미경으로 관찰한 결과는 Fig. 3과 같이 수침 기간이 길어짐에 따라 전분 겔의 그물망 크기가 줄어들고 두꺼워졌다. 수침 5일까지는 그물망의 크기가 크고 조밀하지 않았고 그물망의 형태가 비슷하였으나 수침 7일과 9일 감자 전분 겔은 그물망 구조가 조밀하여 안정

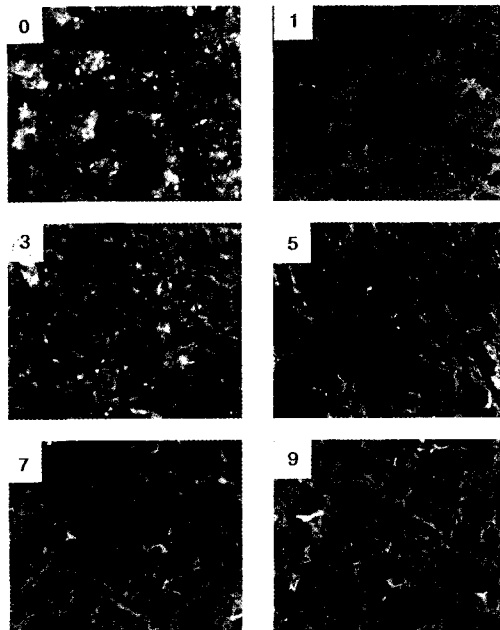


Fig. 2. Light micrographs of potato starch gels(10%) prepared from potato starch with different steeping times of potato(0~9 days) at 25°C

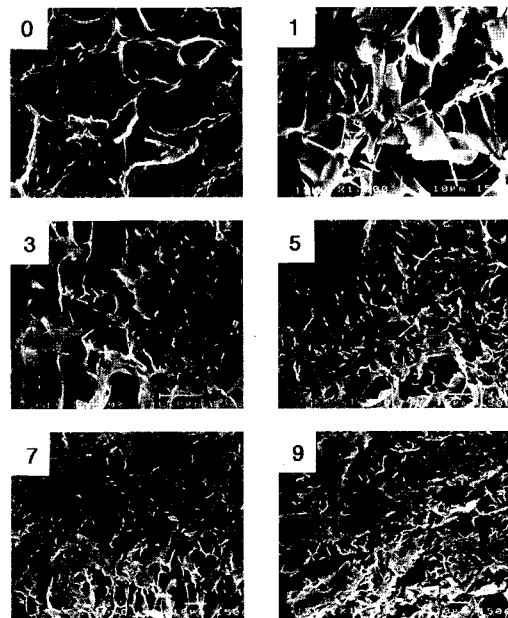


Fig. 3. Changes in scanning electron microphotograph of starch gels (10%) during steeping of potato at 25°C. The number indicates the steeping time(day)

적인 겔을 형성함을 알 수 있었다. 손과 배¹⁹⁾는 녹두묵(10%)과 동부겔(10%)의 구조를 주사전자현미경으로 관찰하였는데 두 시료 모두 비교적 미세하고 조밀한 망상 구조를 보인다고 하였으나 강낭콩앙금 겔(10%)은 녹두묵과 같은 조밀한 구조를 보이지 않았다고 하였다.

5. 겔의 이수율

25°C 수침 전분으로 10% 감자 전분 겔을 제조하여 4°C에서 24, 72시간 저장한 후 이수율을 측정할 결과는 Table 2와 같이 수침 기간과 저장 시간에 따라 유의한 차이를 나타냈다. 생감자 전분 겔의 이수율은 0.81%이었고 수침 전분 겔은 수침 기간이 길어질수록 감소하는 경향이였다. 24시간 저장한 전분 겔의 이수율은 수침 5일까지는 완만하게 감소하다가 7일에 급격히 감소하였고, 9일 전분은 약간의 이수현상이 나타날 뿐이었다. 이것은 수침기간이 길어질수록 수침 전분 겔의 구조가 안정하여 겔의 수축도 적게 나타났을 것으로 생각되었다. 72시간 저장한 겔은 24시간 저장한 전분 겔보다 이수현상이 더 컸다. 수침 기간이 길어질수록 이수율이 감소하여 수침 3일부터 크게 감소하였고 9일 전분은 1.50%였다. 전분 겔을 저장하는 동안 일어나는 물성적인 변화인 이수현상(syneresis)에 대한 연구로 권¹³⁾은 동부와 녹두 전분 겔을 4°C에 저장하였을 때 85°C와 95°C에서 가열하여 만든 전분 겔의 수축 정도는 저장 48시간에서 2% 정도라고 하였고, 권과 안²⁰⁾은 농도를 달리한 녹두 전분을 여러 온도에서 가열 호화시켜 만든 겔을 4°C에 저장하였을 때 겔의 수축 정도

는 가열 온도가 높을수록 낮았고, 8% 농도에서는 저장 2일째부터 뚜렷한 수축 현상을 보인다고 하였다. 따라서 수침에 의해 감자 전분의 이화학적 특성 변화로 수침 전분 겔의 구조가 안정하여 이수율도 생감자 전분보다 낮게 나타난 것으로 생각되었다.

N. 요약

수침에 의한 변성 감자 전분의 제조 방법이 전통적으로 전해 내려오고 있으나 과학적으로 규명되지 않아 감자를 10(±1)°C, 25(±1)°C에서 11일까지 수침하여 겔 형성 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

감자 전분은 감자의 수침 기간이 길어질수록 겔이 잘 형성되었는데, 농도에 따라서는 8%에서는 겔 형성을 유지하지 못하고 퍼짐성을 보였으며, 9, 10%로 농도가 증가할수록 전분 겔이 잘 형성되어 모양을 유지하였으며 투명도는 수침 기간이 길어질수록, 농도가 증가할수록 낮아졌다. Rheometer에 의한 전분 겔의 텍스처 특성은 수침 기간에 따라 전분 겔의 최대의 힘, 견고성, 껌성 및 씹힘성에서 유의한 차이를 나타냈으나 탄성과 응집성에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 수침 기간이 길어질수록 감자 전분 겔의 최대의 힘, 견고성, 껌성 및 씹힘성이 현저하게 낮아졌다. 광학현미경에 의한 전분 겔의 형태는 생감자 전분은 겔 형성 과정이 성형 후에도 그물망 구조를 확인하기 어려웠지만 수침 기간이 길어질수록 겔의 그물망 구조가 더 잘 형성되는 것을 관찰할 수 있었다. 주사전자현미경에 의한 겔 형태의 변화는 수침 기간이 길어질수록 조밀한 그물망 구조 형태를 이룬 안정한 겔을 형성하였다. 전분 겔을 저장하는 동안의 이수율은 수침 기간이 길어질수록 감소하여 수침 9일 전분은 이수현상이 거의 나타나지 않았다.

참고문헌

1. Svegmak, K. and Hermansson, A. M. : Microstructure and rheological properties of composites of potato starch granules and amylose : A comparison of observed and predictor structures. *Food Structure*, **12** : 181, 1993
2. Eerlingen, R. C., Jacobs, H. and Delcour, J. A. : Enzyme-resistant starch. V. Effect of retrogradation of waxy maize starch on enzyme susceptibility. *Cereal Chem.*, **71**, 351-355, 1994
3. Matsunaga, A. and Kainuma, K. : Studies on the retrogradation of starch, in starchy foods. III. Effect of the addition of sucrose fatty acid ester on the

Table 2. Syneresis of steeped potato starch gels(10%) during steeping time in refrigerated storage

Stored time (hrs.)	Steeping time (day)	Syneresis (%)
24	0	0.81±0.72 ^a
	1	0.75±0.50 ^b
	3	0.66±0.55 ^c
	5	0.63±0.22 ^d
	7	0.40±0.54 ^e
	9	0.07±0.09 ^f
72	0	2.59±0.20 ^a
	1	2.02±0.71 ^b
	3	1.63±0.87 ^c
	5	1.51±0.36 ^d
	7	1.45±0.84 ^e
	9	1.50±0.42 ^d
F value	time	197.09 ^{***}
	day	26.32 ^{***}

*** : P < 0.001

- retrogradation of corn starch. *Starch*, **38**, 1-5, 1986
4. 정난희, 김경애 : 감자의 수침조건에 따른 전분의 이화학적 특성, 전남대학교 가정과학연구소 논문집, **9**, 55-67, 1999
 5. 정난희, 김경애, 전은혜 : 감자의 수침조건에 따른 전분의 호화 특성, 한국조리과학회지, **16**, 431-436, 2000
 6. Seow, C. C. and Thevamalar, K. : Internal plasticization of granular rice starch by hydroxypropylation : Effects on phase transitions associated with gelatinization. *Starch*, **45**, 85-88, 1993
 7. 이상금 : 탈지 및 첨가 물질이 녹두와 옥수수 전분 겔 특성에 미치는 영향. 전남대학교 박사 학위논문, 1995
 8. Borune, M. C. : Texture profile analysis. *Food Technol.*, **32**, 62, 1978
 9. MacMaster, M. M. : Microscopic techniques for determining starch granule properties, In "Methods in Carbohydrate Chemistry" ed. by Whistler, R. L., Vol. 4, pp.233-240, Academic Press, New York, 1964
 10. 박상옥, 김광옥 : 조전분 농도 및 침지 시일이 도토리 목의 관능적 특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, **21**, 9-12, 1989
 11. Clark, A. H., Gidly, M. J., Richardson, R. K. and Ross-Murphy, S. B. : Rheological studies of aqueous amylose gels : The effect of chain length and concentration on gel modulus, *Macromolecules*, **22**, 346-351, 1989
 12. 김향숙 : 아밀로오스와 아밀로펙틴이 목의 텍스처에 미치는 영향. 서울대학교 박사 학위논문, 1987
 13. 권미라 : 두류 전분의 분자 구조와 겔 특성. 서울대학교 박사 학위논문, 1992
 14. 문세훈, 김완수, 신말식 : 아밀로오스 함량이 다른 옥수수 전분의 겔 형성과 특성, 한국조리과학회지, **13**, 379-383, 1997
 15. 강길진, 김 관, 김성곤 : 쌀의 아밀로펙틴 분자 구조와 밥의 텍스처, 한국식품과학회지, **27**, 105-111, 1995
 16. 김향숙 : 동부 전분의 호화 및 겔화특성. 한국조리과학회지, **10**, 76-79, 1994
 17. 윤계순, 손경희 : 동부와 녹두전분 gel 및 paste의 rheological properties. 대한가정학회지, **26**, 93-102, 1988
 18. 윤계순, 손경희 : 압착률에 따른 전분 gel의 texture profile parameter의 변화, 대한가정학회지, **26**, 103-108, 1988
 19. 손경희, 배광순 : 각종 전분 gel의 구조 및 질감 특성에 관한 연구. 연세논총, **21**, 319, 1985
 20. 권미라, 안승요 : 가열 온도가 두류 전분의 가용성 탄수화물의 용출 양상과 전분 겔 특성에 미치는 영향, 한국식품과학회지, **25**, 698-702, 1993

(2001년 9월 6일 접수)