

쌀전분겔의 노화에 수분함량과 저장온도가 미치는 영향

김정옥 · 최차란 · 신말식 · 김성곤* · 이상규** · 김왕수**

전남대학교 식품영양학과, *단국대학교 식품영양학과

**국방과학연구소

Effects of Water Content and Storage Temperature on the Aging of Rice Starch Gels

Jeong-Ok Kim, Cha-Ran Choi, Mal-Shick Shin, Sung-Kon Kim*,

Sang-Kyu Lee** and Wang-Soo Kim**

Department of Food and Nutrition, Chonnam National University

*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

**Agency for Defense Development

Abstract

Gels of rice starches isolated from *Jinnimbyeo*, *Ilpoombyeo* and *Dongjinbyeo* were prepared with 60~65% water content (based on the total weight) and stored at -18°C, 4°C, 20°C, 30°C and 37°C for 6 days. The effects of varieties, water content and storage temperature on the degree of retrogradation (DR) of gels were measured by α -amylase-iodine method. DRs of rice starch gels increased rapidly during the initial stage of storage, but slowly after that. DRs were highest with 60% water content and lowest with 65% water content at any storage temperature. Regarding the storage temperature, DRs of gels increased in the following order : 4°C > 20°C > 30°C > 37°C > -18°C. As the storage temperature was increased, DR per 10°C increase above refrigerated temperature decreased in the following order : *Jinnimbyeo* > *Ilpoombyeo* > *Dongjinbyeo*.

Keywords: rice starch gels, degree of retrogradation, water content, storage temperature

서 론

밥의 저장 중 맛과 품질의 변화에는 쌀 구성성분의 80%를 차지하는 전분이 끼치는 영향이 매우 크다. 전분은 결정성이 50% 이하인 부분적 결정성 고분자로서⁽¹⁾, 충분한 물을 가하여 가열하면 결정성 부분이 모두 무정형으로 바뀌는 호화가 이루어지고 이 때에는 여러가지 물리화학적 변화도 일어난다^(2,3).

호화된 전분은 시간과 온도, 수분함량 등에 의해 전분 분자의 비평형 고분자 재결정화 과정이 진행되는 데⁽⁴⁾, 전분의 종류, 전분내의 아밀로오스와 아밀로펙틴의 함량비, 분자크기, 온도, pH와 수분함량 및 기타 첨가되는 물질에 의해 영향을 받는다⁽⁷⁾. 이와 이⁽⁶⁾는 호화 옥수수 전분을 수분활성도를 달리하여 저장하였을 때 0.8이상에서는 수분활성도에 따라 노화도에 큰 차이를

보이며 저장온도가 낮고 수분활성도가 클수록 노화속도상수가 증가하였다고 보고하였다. Roulet 등⁽⁸⁾은 40% 전분겔을 20°C에서 저장하여 시차주사열량기(DSC)와 리올로지로 노화도를 비교하였는데 멍쌀 전분이 찰쌀 전분보다 노화도가 큼을 밝혔다. Kalichevsky 등⁽⁹⁾은 전분 분자의 사슬길이가 중합도 14~24일 때 노화가 촉진되고 중합도 6~9인 사슬이 증가하면 노화가 억제된다고 하였는데 이는 크기가 작은 분자들이 가소제(plasticizer)로 작용하여 무정형 부분의 유리전이 온도(Tg)를 낮추기 때문이라고 하였다. Zeleznak와 Hoseney⁽¹⁰⁾는 수분함량도 노화에 영향을 주어 50~60% 전분겔에서 최대의 결정성이 나타나고 노화 정도는 노화과정 중에 함유된 물에 의해 영향을 받으며 특히 용해된 아밀로펙틴이 크게 관여한다고 하였다. 또한 10%와 30% 옥수수 전분겔의 경우, DSC로 측정된 30% 노화 전분의 용융엔탈피가 더 커서 노화가 잘 일어났음을 알 수 있었다⁽¹¹⁾. 호화된 전분이 재결정화되면 X-선 회절도에 의한 결정형이 B형으

Corresponding author: Mal-Shick Shin, Department of Food and Nutrition, College of Home Economics, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

로 바뀌는데⁽¹⁴⁾, 이 때 물의 이동성이 떨어지고 물분자의 아밀로오스에 대한 결합력이 증가하게 된다⁽¹⁴⁾.

Levine과 Slade⁽¹⁵⁾에 의하면 유리전이온도와 용융점 사이의 온도 범위에서 전분의 재결정화가 일어나며 유리전이온도에서는 결정핵의 생성이 최대이고 용융점에서는 결정핵의 성장이 최대가 되므로 이 두 온도 사이인 $\frac{1}{2}(T_g+T_m)$ 의 온도에서 재결정화가 가장 잘 일어난다고 한다. 전분겔의 수분은 저장 중에 가소제로 작용하여 수분함량이 높으면 유리전이온도를 더 낮추므로 재결정화가 일어나는 온도도 더 낮아져 수분함량이 저장온도에 따른 전분겔의 노화도를 결정하는데 중요한 요인이 된다⁽¹⁵⁾. Eliasson⁽¹⁶⁾은 밀 전분겔을 실온(21°C), 냉장(4°C)과 냉동(-20°C)조건에서 저장하였을 때 DSC에 의한 엔탈피는 냉동조건에서 가장 낮음을 보고하였다.

본 연구에서는 밥의 저장 중 품질저하에 가장 큰 영향을 주는 전분의 노화에 수분함량과 저장온도가 주는 영향을 알아보기 위해 수확시기가 다른 3가지 품종의 멥쌀로 전분을 분리하여 일반성분과 아밀로오스 함량을 알아보고, 밥의 관능검사결과 선호도가 가장 높은 수분함량이 62%~65%이므로^(17,18) 수분함량이 60.0, 62.5, 65.0%인 전분겔을 제조하여 냉장, 실온, 냉동 등 저장온도를 달리하여 저장하면서 노화도를 효소법으로 비교하였다.

재료 및 방법

재료

시료로 사용한 멥쌀은 조생종인 진미벼, 중생종인 일품벼와 중만생종인 동진벼로 1994년 농촌진흥청에서 구하였다.

전분의 분리와 아밀로오스 함량 측정

도정된 쌀을 깨끗이 씻은 후에 알칼리 침지법⁽¹⁹⁾을 이용하여 전분을 분리하였다. 전분의 일반성분은 A.O.A.C.방법⁽²⁰⁾으로 분석하였으며, 아밀로오스 함량은 Williams 등의 방법⁽²¹⁾에 따라 실시하였다.

전분겔의 제조

전분을 밀봉이 되고 가압 살균이 가능한 병에 넣고 수분함량을 60.0, 62.5, 65.0%로 조절하여 끓는 항온수조에서 흔들면서 전분을 호화시켜 전분이 가라앉지 않게 한 다음 30분간 방치하여 완전히 호화시켰다. 전분호화액을 즉시 얼음물에 담가 실온으로 냉각한 다음 시료를 나누어 수분증발이 안되는 용기에 담아 저

장 온도를 다르게 저장하였다. 저장온도는 -18°C, 4°C, 20°C, 30°C, 37°C, 저장기간은 0, 1, 2, 3, 4, 6일간이었다. 최대의 노화도는 4°C에서 14일간 저장한 시료로부터 구하였다.

호화전분의 제조

호화된 전분은 Tsuge 등⁽²²⁾의 방법을 수정하여 다음과 같이 제조하였다. 수분함량이 다른 각각의 조건에서 만든 전분호화액을 얼음물에서 급냉한 다음 긴 유리용기에 넣고 전체의 알콜 농도가 80%가 되게 무수 에탄올을 즉시 가하고⁽²³⁾, 균질기(Biohomogenizer, M133/1281-0, ESGE, Switzerland)로 3분간 균질화시키면서 탈수시켰다. 이것을 Büchner 깔대기로 흡입 여과한 다음 건조시켜 막사사발에서 갈아 100메쉬 체를 통과하여 호화 전분 시료로 사용하였다.

전분겔 분말의 제조

각 온도에서 저장한 전분겔을 일정 저장기간인 1, 2, 3, 4, 6일 후에 꺼내어 즉시 무수 에탄올을 80% 알콜 농도가 되게 넣고 위와 같은 방법으로 전분겔 분말 시료를 만들었다.

α -아밀라아제에 의한 노화도 측정

Tsuge 등의 방법^(22,24)을 일부 수정하여 호화전분과 전분겔 분말의 노화도를 측정하였다. 긴 유리용기에 증류수 50 ml와 전분시료 250 mg을 가하고 균질기(Biohomogenizer, M133/1281-0, ESGE, Switzerland)로 3분간 균질시켜 전분이 잘 분산되도록 한 다음 균질화된 전분 용액 5 ml에 증류수 3 ml, 0.1 M 인산 완충 용액(pH 6.0, 0.3% NaCl) 2 ml를 가한 후, α -아밀라아제(E.C.3.2.1.1. type II-A from *Bacillus* species, 2100 units/mg solid, Sigma, U.S.A.)용액 2 ml(약 7 unit)를 가하여 37°C 항온수조에서 10분간 반응시켰다. 4 N NaOH 용액 5 ml를 가하여 효소반응을 정지시키고 4 N HCl로 pH를 중성으로 맞춘 후 증류수를 가하여 100 ml로 만들었다. 이 용액 10 ml와 요드용액(0.2% I₂-2% KI, w/w) 5 ml를 반응시킨 후 증류수를 가하여 100 ml로 만들었다. 20분 동안 실온에서 방치한 후, 분광광도계(8452A Hewlett-Packard, U.S.A.)를 이용하여 625 nm에서의 흡광도를 측정하였다. 전분의 노화도(DR, degree of retrogradation, %)는 다음 식을 이용하여 계산하였다.

$$DR = [100 - (a-b)/(a-c) \times 100]$$

여기에서 a는 총 전분 분획의 흡광도, b는 효소 반

Table 1. Proximate analysis and amylose content of rice starches

Varieties	Moisture (%)	Ash (%)	Protein (%)	Lipid(%)		Amylose content(%)
				Crude	Total	
Jinmibyeo	11.2	0.17	0.10	0.03	0.68	19.2
Ilpoombyeo	10.3	0.18	0.08	0.08	0.75	20.5
Dongjinbyeo	11.1	0.14	0.08	0.11	0.70	21.2

응 후 전분 분획의 흡광도, c는 효소에 의해 완전히 분해된 후의 전분 분획의 흡광도를 나타낸다.

결과 및 고찰

전분의 일반 성분과 아밀로오스 함량

전분 시료의 일반 성분은 Table 1과 같이 단백질 함량은 0.08~0.10%이었으며 회분은 0.14~0.18%, 총지방질은 0.68~0.75%이며 조지방질은 0.03~0.11%이었다. 쌀전분의 아밀로오스 함량은 진미벼가 19.2%, 일품벼가 20.5%, 동진벼가 21.2%로 큰 차이를 보이지 않았다. 대체로 멥쌀의 아밀로오스 함량은 17.4~20.0%⁽²⁵⁾로 알려져는데, 아밀로오스 함량에 따라서 0~5%가 찹쌀(waxy)이며, 5~12%는 아주 낮은 아밀로오스(very low), 12~20%가 저아밀로오스, 20~25%이면 중간 아밀로오스, 25%이상이면 고아밀로오스로 분류한다^(26,27). 우리나라 사람들은 아밀로오스 함량이 낮은 쌀을 선호하는데 본 실험에 사용한 쌀은 모두 저아밀로오스와 중간 아밀로오스에 속한다고 할 수 있다. 쌀의 품질을 결정하는 중요한 요인 중에 아밀로오스 함량이 있으며, 아밀로오스와 아밀로펙틴 함량은 전분의 소화 뿐만 아니라 노화에도 영향을 미치는 것으로 알려져 있다⁽²⁸⁾.

쌀전분겔의 노화도 변화

진미벼, 일품벼와 동진벼 쌀전분겔의 노화도를 측정하여 그림으로 나타낸 결과는 Fig. 1~3과 같다. 세 품종의 벼 모두 저장기간이 길어질수록 노화도가 증가하였고 저장 초기에 급격히 증가하였으나 저장 3일 이후에는 완만한 증가를 보였다. 노화도의 변화는 쌀 품종이나 전분겔의 수분함량보다 저장온도에 따라 큰 영향을 받음을 알 수 있었다. 모든 전분겔은 냉동 온도에서 가장 낮은 노화도를 보였으며 냉동조건을 제외하고는 저장온도가 낮을수록 노화도가 증가하였다. Eliasson⁽¹⁶⁾은 밀 전분겔을 실온(23°C), 냉장온도(4°C), 냉동온도(-20°C)에 저장하였을 때 결정화된 아밀로펙틴의 용융엔탈피는 냉동온도에서 가장 낮았다고 하였으며, Jankowski와 Rha⁽²⁹⁾는 조리된 밀알을 20°C와

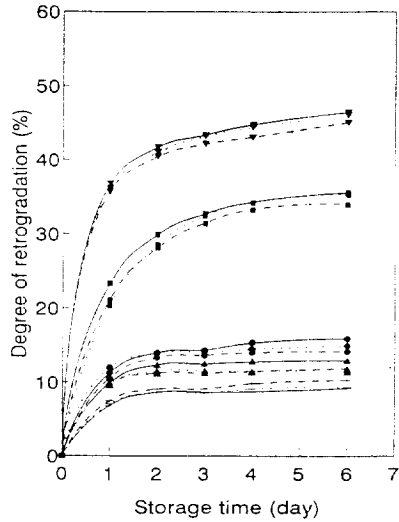


Fig. 1. Degree of retrogradation of Jinmibyeo starch gels with different water content and storage temperature +: -18°C, ▼: 4°C, ■: 20°C, ●: 30°C, ▲: 37°C, —: 60.0%, - - : 62.5%, ---: 65.0%

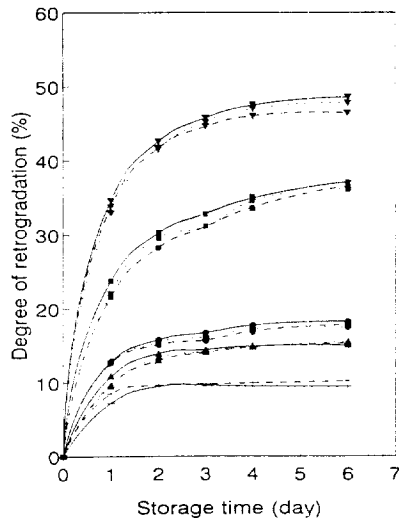


Fig. 2. Degree of retrogradation of Ilpoombyeo starch gels with different water content and storage temperature +: -18°C, ▼: 4°C, ■: 20°C, ●: 30°C, ▲: 37°C, —: 60.0%, - - : 62.5%, ---: 65.0%

4°C에 저장하면서 시차주사열량기와 압축시험으로 노화도를 비교하였는데 전분의 노화는 저장시간이 길어짐에 따라 증가하였고 저장온도는 노화속도와 노화전분의 성질에 모두 영향을 미침을 보고하였다.

수분함량에 따른 전분겔의 노화도 변화

노화도가 높은 저장온도 조건인 4°C와 20°C에서 저

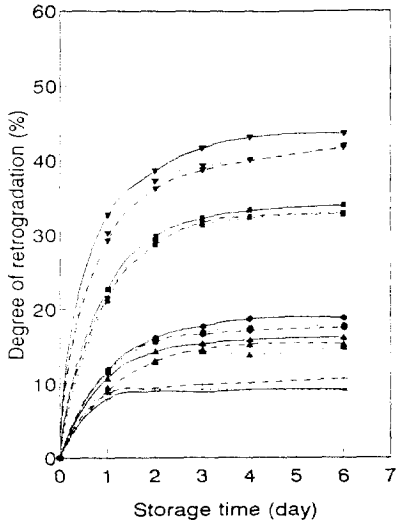


Fig. 3. Degree of retrogradation of Dongjinbyeo starch gels with different water content and storage temperature +: -18°C, ▼: 4°C, ■: 20°C, ●: 30°C, ▲: 37°C, —: 60.0%, - - -: 62.5%, ---: 65.0%

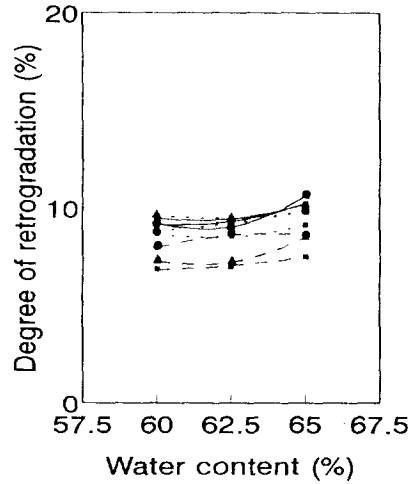


Fig. 5. Degree of retrogradation of rice starch gels with different water content stored at -18°C ■: Jinmibyeo, ▲: Ilpoombyeo, ●: Dongjinbyeo, - - -: 1 day, ····: 3 day, —: 6 day

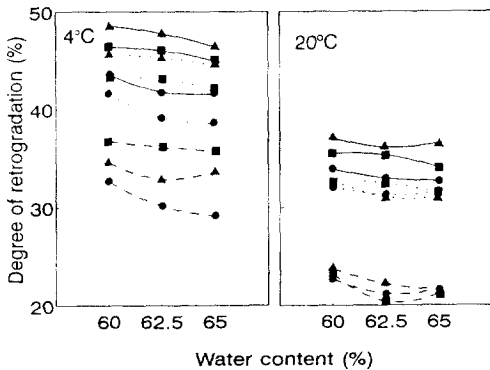


Fig. 4. Degree of retrogradation of rice starch gels with different water content stored at 4°C and 20°C ■: Jinmibyeo, ▲: Ilpoombyeo, ●: Dongjinbyeo, - - -: 1 day, ····: 3 day, —: 6 day

장한 전분겔의 수분함량에 따른 노화도의 변화는 Fig. 4와 같이 수분함량이 60%일 때 노화도가 가장 컸고 수분함량이 증가할수록 서서히 감소하였다. Zeleznak와 Hosney⁽¹¹⁾는 수분함량이 50~60%인 전분겔이 최대의 결정도를 보인다고 했으며, Slade와 Levine⁽³⁰⁾은 30~70% 수분함량인 전분겔로 만든 노화전분의 용융 엔탈피를 측정했을 때 50% 전분겔의 엔탈피가 가장 컸다고 하였다. 이는 수분함량이 많으면 희석효과에 의해 전분의 노화가 억제되며 50% 정도의 수분을 함유한 전분겔의 결정성 증가가 최대가 되고 이때의 수분함량이 전분의 노화 진행속도를 촉진한다고 하였다

⁽³⁰⁾ 이와 같이 냉동온도인 -18°C를 제외한 모든 온도조건에서 세 품종 전분겔 모두 65%보다 60%일 때 노화도가 높게 나타났으나 -18°C 조건에서는 그림 5와 같이 노화도가 거의 비슷한 값을 보였고 작은 차이이지만 오히려 65% 전분겔이 더 높은 노화도를 보였다. 이 결과는 수분함량이 많을수록 유리전이온도가 낮아지므로 결정화가 최대가 되는 온도가 낮아지는 것과 물이 얼면서 얼음과 남아있는 물이 전분의 결정화에 끼치는 영향, 전분농도의 변화로 인한 영향 등 여러가지 이유로 설명할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 그런 영향에 중요한 역할을 하는 물의 행동에 관한 연구가 미비하며 측정된 노화도 차이도 크지 않으므로 냉동 조건에서의 수분함량에 따른 전분겔의 노화도 변화는 더 많은 연구가 진행되어야 될 것으로 생각된다.

저장온도에 따른 전분겔의 노화도 변화

저장온도에 따른 노화도의 변화는 뚜렷한 차이를 보여 60~65% 전분겔을 냉장온도인 4°C에 저장하였을 때 노화도가 가장 높음을 알 수 있었다. 수분함량에 따른 노화도의 차이는 크지 않고 관능검사 결과 선호도가 가장 좋은 수분함량에 가까운 65% 전분겔⁽¹⁷⁾의 저장온도에 따른 노화도를 비교하면 Fig. 6과 같다. 냉장온도와 실온 이상의 온도에서는 저장온도가 높아질수록 노화도는 감소하였는데 4~30°C까지는 기물기가 비슷한 직선식을 보이다가 30~37°C에서 기물기가 완만한 직선식으로 변화되어 온도 증가에 따른 노화도

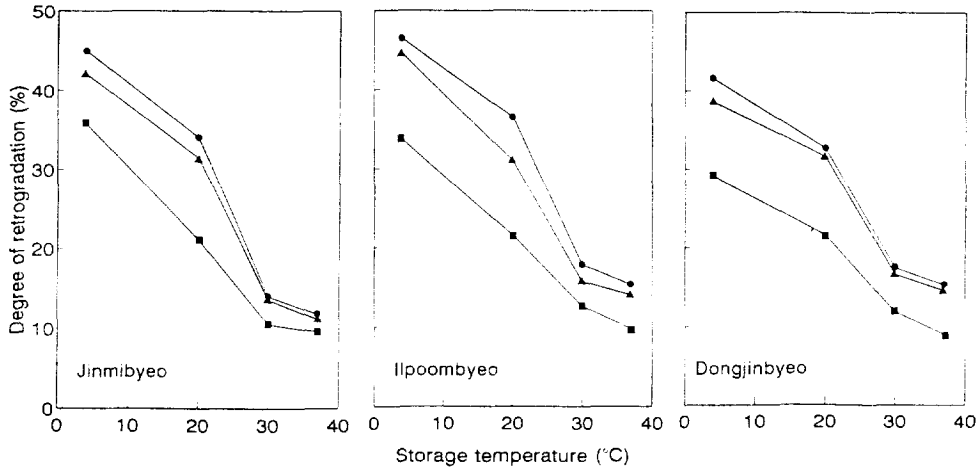


Fig. 6. Degree of retrogradation of 65% rice starch gels with different storage temperature ■: 1 day, ▲: 3 day, ●: 6 day

Table 2. Changes of the degree of retrogradation (DR%/10°C) of rice starch gels

Varieties	Storage time (day)		
	1	3	6
Jinmibyoe	-9.6 ¹⁾	-10.5	-13.2
Ilpoomyeoe	-8.0	-10.9	-10.5
Dongjinbyeoe	-6.5	-8.1	-9.5

¹⁾Negative value(-) indicates when storage temperature was increased, the degree of retrogradation decreased

의 감소 폭이 줄었다. 모든 전분겔에서 저장 1~3일의 노화도 차이는 3~6일의 차이보다 컸으며 저장온도가 높아지면 저장기간에 따른 차이는 뚜렷하지 않았다. 저장온도의 변화에 따른 세 품종 쌀전분겔의 노화도 차이를 보기위해 Fig. 6에서 직선으로 나타나는 4~30°C에서 기울기를 이용하여 10°C 증가할 때 노화도의 감소를 나타내면 Table 2와 같다. 저장기간이 길어지면 10°C 증가에 따른 노화도 변화는 더욱 컸으며 진미벼, 일품벼, 동진벼 순으로 노화도 감소가 적었다. 이는 저장온도를 조절함으로써 얻어지는 노화 억제 효과가 진미벼가 가장 큼을 나타낸다.

요 약

진미벼, 일품벼와 동진벼의 전분을 분리하여 수분 함량이 60~65%인 전분겔을 제조하고 4°C, 20°C, 30°C, 37°C, -18°C 온도 조건에서 6일간 저장하면서 α-아밀라아제법으로 노화도 변화를 측정하였다. 쌀전분겔의 노화도는 품종이나 전분겔의 수분함량과 저장 온도에 관계없이 저장초기에 급격히 증가하였으며 그

이후에는 완만한 증가를 보였다. 수분함량에 따른 노화도는 60% 전분겔이 가장 높고 65% 겔이 가장 낮았다. 저장온도의 경우, 전분겔의 노화도는 4°C>20°C>30°C>37°C>-18°C의 순으로 낮아졌으며, 냉장온도 이상에서 저장온도 10°C 증가에 따른 노화도의 감소는 진미벼>일품벼>동진벼 순이었다.

문 헌

- Levine, H. and Slade, L.: Water as a plasticizer; Physicochemical aspects of low-moisture polymeric systems. In *Water Science Reviews*, Vol. 3, Franks, F. (Ed.), Cambridge University Press pp.79-185 (1987)
- 이부용, 북철균, 이철호: DSC에 의한 전분의 endothermic peak와 효소분석법에 의한 호화도 비교. 한국식품과학회지, **25**, 400 (1993)
- Tester, R.F. and Morrison, W.R.: Swelling and gelatinization of cereal starches. II. Waxy rice starches. *Cereal Chem.*, **67**, 558 (1990)
- Hoseney, R.C., Zeleznak, K.J. and Yost, D.A.: A note on the gelatinization of starch, *Starch*, **38**, 407 (1986)
- Eliasson, A.-C.: Effect of water content on the gelatinization of wheat Starch. *Starch*, **32**, 270 (1980)
- Levine, H. and Slade, L.: Influence of the glassy and rubbery state of the thermal, mechanical, and structural properties of doughs and baked products. In *Dough Rheology and Baked Product Texture: Theory and Practice*, Faridi, H. and Faubino, J.M. (Ed.), van Nostrand Reinhold AVi. N.Y. (1989)
- Rosario, R.R. and Pontiveros, C.R.: Retrogradation of some starch mixtures. *Starch*, **35**, 86 (1985)
- 이석원, 이철: 호화 옥수수 전분의 노화 속도에 미치는 온도 및 수분활성도의 영향. 한국식품과학회지, **26**, 370 (1994)
- Roulet, P., MacInnes, W.M., Gumy, D. and Wursch, P.: Retrogradation kinetics of eight starches. *Starch*, **42**, 99

- (1990)
10. Kalichevsky, M.T., Orford, P.D. and Ring, S.G.: The retrogradation and gelation of amylopectins from various botanical sources. *Carbohydr. Res.*, **198**, 49 (1990)
 11. Zeleznak, K.J. and Hosoney, R.C.: The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.*, **63**, 407 (1986)
 12. Yuan, R.C., Thompson D.B. and Boyer, C.D. : Fine structure of amylopectin in relation to gelatinization and retrogradation behavior of maize starches from three wx-containing genotypes in two inbred lines. *Cereal Chem.*, **70**, 81 (1993)
 13. Imberty, A. and Perez, S.: A visit to the three-dimensional structure of B-type starch. *Biopolymers*, **27**, 1205 (1988)
 14. Kim-Shin, M.S., Mari, F., Rao, P.A., Stengle, T.R. and Chinachoti, P.: ¹⁷O nuclear magnetic resonance studies of water mobility during bread staling. *J. Agric. Food Chem.*, **39**, 1915 (1991)
 15. Biliaderis, C.G.: Thermal analysis of food carbohydrate. In *Thermal Analysis of Foods*, Harwalkar, V.R., and Ma, C.Y. (Ed.), Elsevier Applied Science, pp.168-220 (1990)
 16. Eliasson, A-C.: Retrogradation of starch as measured by differential scanning calorimetry. In *New Approaches to Research on Cereal Carbohydrates*, Hill, R.D. and Munck, L. (Ed.), Elsevier Science Pub. (1985)
 17. 김우정, 정남용, 김성곤, 이에랑, 이상규, 하연철, 백무열 : 수분함량별 밥의 관능적 특성. *한국식품과학회지*, **27**, 885 (1995)
 18. 김수경 : 취반조건이 밥의 노화에 미치는 영향. 전남대학교 박사학위 논문 (1994)
 19. 김수경, 신말식 : 탈지한 멥쌀과 찹쌀 전분의 이화학적 특성, *한국식품과학회지*, **24**, 347 (1992)
 20. Association of Official Analytical Chemists : Official Methods of Analysis, 15th ed., Washington, D.C., (1990)
 21. Williams, P.C., Kuzina, F.D. and Hlynka, I.: A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chem.*, **47**, 411 (1970)
 22. Tsuge, H., Hishida, M., Watanabe, S. and Goshima, G.: Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. *Starch*, **42**, 213 (1990)
 23. Bowler, P., Evers, A.D. and Sargent, J.: Dehydration artefacts in gelatinized starches. *Starch*, **39**, 46 (1987)
 24. Tsuge, H., Tatsumi, E., Ohtani, N. and Nakazima, A.: Screening of α -amylase suitable for evaluating the degree of starch retrogradation. *Starch*, **44**, 29 (1992)
 25. Juliano, B.O.: *Rice. Chemistry and Technology*, Juliano, B.O. (Ed.), AACC Inc., U.S.A. (1985)
 26. Juliano, B.O., Perez, C.M., Blakeney, A.B., Castillo, T., Kongseree, N., Laignelet, B., Lapis, E.T., Murty, V.V.S., Paule, C.M. and Webb, B.D.: International cooperative testing on the amylose content of milled rice. *Starch*, **33**, 157 (1981)
 27. Juliano, B.O.: Rice starch properties and grain quality. *Denpun Kagaku*, **39**, 11 (1992)
 28. Leloup, V.M., Colonna, P. and Buleon, A.: Influence of amylose-amylopectin ratio on gel properties. *J. Cereal Sci.*, **13**, 1 (1991)
 29. Jankowski, T. and Rha, C.K.: Retrogradation of starch in cooked wheat. *Starch*, **38**, 6 (1986)
 30. Slade, L. and Levine, H. : Recent advances in starch retrogradation. In *Industrial Polysaccharides*, Gordon and Breach Science, pp.387-430 (1987)

(1996년 2월 28일 접수)