

동결속도 및 저장온도가 취반된 쌀의 노화도, 조직감 및 미세구조에 미치는 영향

최성길·이 철

고려대학교 식품공학과

Effects of Freezing Rate and Storage Temperature on the Degree of Retrogradation, Texture and Microstructure of Cooked Rice

Sung-Gil Choi and Chul Rhee

Department of Food Technology, Korea University, Seoul

Abstract

Cooked rices were frozen at four different rates(3, 5, 7 and 12 hr) of maximum ice crystal formation zone and stored at -20°C and -70°C for 3 months. Freezing rate, storage temperature and storage period all affected the degree of retrogradation of cooked rice. As the maximum ice crystal formation zone increased from 3 hrs to 12 hrs, the degree of retrogradation of cooked rice increased from 14.9% to 40.0%. Further retrogradation occurred during the freezing storage and cooked rice stored at -20°C retrograded faster than that held at -70°C . The hardness and adhesiveness of frozen cooked rice thawed in 40°C water were measured. Hardness of the frozen cooked rice was higher than that of non-frozen sample and was higher at lower freezing rate. However, the hardness of cooked rice decreased after 3 months of storage. On the other hand, the adhesiveness decreased during the freezing processing, and adhesiveness decreased more rapidly at a higher freezing rate. However, the adhesiveness of cooked rice increased after 3 months of the storage, and the level of decrease was higher at -70°C than at -20°C . After 3 months of storage, ice crystal size of frozen cooked rice became larger by recrystallization than that of frozen sample prior to storage. Microstructure of cooked rice was damaged by ice crystal formation and its growth when observed by scanning electron microscope.

Key words: freezing rate, frozen storage, retrogradation, texture, microstructure, cooked rice

서 론

우리나라의 주식인 쌀밥은 유통을 목적으로 레토르트 파우치⁽¹⁾, 통조림⁽²⁾ 및 건조방법⁽³⁾ 등이 시도되어 왔다. 그러나 건조쌀밥은 외관이나 조직의 변화가 심하고 수분 복원율이 좋지 못해 식감이 저하되며, 레토르트 파우치 및 통조림제품은 미생물의 생장은 효과적으로 억제할 수는 있지만 과도한 열처리에 기인한 외관과 영양소 파괴, 조직의 변화 및 노화에 기인한 품질저하가 일어나는 문제점이 있었다. 이러한 단점을 개선하기 위하여 미생물의 번식과 호화전분의 노화를 효과적으로 억제하는 동결저장에 대한 관심이 모아지고 있다.

기존의 동결저장 식품에 대한 연구는 주로 육류 및 어류식품에 대하여 이루어져왔는데, 이들 식품은 동결저장중에 단백질의 변성⁽⁴⁾, 지질의 분해⁽⁵⁾, pH 변화 및 글리코겐의 변화⁽⁶⁾ 등의 이화학적 변화가 계속되어 식

품의 품질저하가 일어나며 이는 동결시의 최대 빙결정 형성시간(maximum ice crystal formation zone)과 동결저장온도에 의해 크게 영향을 받는 것으로 보고되어 동결속도와 동결저장온도의 조절은 동결저장 식품의 품질개선에 주요한 인자로 알려져 있다.

그러나 호화된 상태로 이용되는 전분질식품의 경우 동결저장이 식품의 품질저하를 억제한다는 일부 보고가 있을뿐 전분질 식품을 동결저장하였을 때 동결방법 및 동결저장조건에 따른 이화학적 변화에 대한 연구는 별로 이루어지지 않았다. 또한 쌀밥의 경우 쌀의 품종⁽⁷⁾ 및 취반조건에 따른 식미변화⁽⁸⁾, 취반 후 저장조건에 따른 노화도 및 조직감에 대한 연구⁽⁹⁾는 활발하게 진행되고 있지만 동결유통시 저장성 예측의 기준이 될 수 있는 동결방법 및 동결저장 중의 품질변화에 대한 연구는 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 동결속도 및 동결저장온도에 따라 쌀밥의 노화도, 조직감 및 미세구조의 변화를 관찰하여 동결저장하는데 필요한 기초자료를 마련하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

해남지방에서 1993년에 수확한 쌀을 송지농협으로부터 구입하여 재료로 사용하였다.

취반과정

가정용 전기 밥솥(금성사, SCJ-18RC)에 쌀 300g과 증류수 495 ml을 넣어 상온에서 15분간 침지시킨 후 15분간 취반하고 5분간 뜸들이는 과정을 거쳐 취반된 쌀 시료를 제조하였다.

일반 성분분석

쌀의 일반성분분석을 위하여 Wiley mill로 분쇄한 다음 100 mesh 표준체를 통과시킨 쌀분말을 A.O.A.C법⁽¹⁰⁾에 따라 수분함량, 조단백질, 조지방 및 조회분함량을 측정하였으며, 알칼리 침전법⁽¹¹⁾을 사용하여 쌀전분을 분리한 후 아밀로오스와 아밀로펙틴함량을 요오드비색법⁽¹²⁾으로 정량하였다. 취반된 쌀은 취반 후 5분이 경과된 시료를 취하여 정량하였다.

시료의 동결 및 저장

취반된 쌀 360g을 가로 19 cm, 세로 12.5 cm, 높이 2.8 cm인 polystyrene 용기에 균일하게 담은 후, 열전쌍(thermocouple)을 용기 내부의 온도 중심점 위치에 고정시키고 수분증발과 표면의 건조를 방지하기 위하여 용기의 주위를 두겹의 방수 테이프로 밀봉하였다. 그 후 스펀지(2 cm×37 cm×23 cm)를 단열재로 사용하여 용기주위를 덮고 취반된 쌀의 온도가 70℃일때 -20℃인 냉동고에 넣어 동결하면서 열전쌍에서 감지되는 시료의 온도변화를 매 15분 마다 24시간 동안 측정하여 동결곡선으로 나타내었다(Fig. 1). 이때, 동결 속도는 시료의 온도가 최대 빙결정 형성 구간(본 실험의 경우 -1℃~-7℃)을 통과하는 시간으로 결정하였으며, 각 시료의 최대 빙결정 형성 시간을 조절하기 위하여 단열재를 초기 5시간, 8시간, 12시간 및 24시간 동안 사용한 후 이를 제거하여 최대빙결정형성시간이 3, 5, 7 및 12시간인 시료구를 얻어 다음과 같이 FR3, FR5, FR7 그리고 FR12로 명명하였다. 또한 이들 시료구를 각각 -20℃와 -70℃의 냉동고에서 일정기간 저장하면서 동결속도와 저장온도에 따른 이화학적변화를 측정하였다.

노화도 측정

노화도는 취반직후의 호화도를 glucoamylase용액(2.5 unit)을 이용한 효소적 방법에 의해 측정하여 이를 기준으로 동결속도 및 동결 저장에 따라 노화에 의한 호화도의 감소분을 시료의 노화도로 표시하였다. 시료의 호화도는 Chiang과 Johnson⁽¹³⁾ 및 Tsuge 등⁽¹⁴⁾의 방법을 변형하여 측정하였다. 두 개의 50 ml centrifuge tube에 각각 20 mg의 시료를 넣고 한 tube에는 증류수 5 ml을

첨가하여 분산시키고 다른 한 tube에는 증류수 3 ml에 1N NaOH 1 ml을 넣어 5분간 반응시키고 1N HCl 1 ml을 첨가시켜 분산시킨 후, 각각 20 ml의 acetate buffer (pH 4.5)를 넣고 5 ml의 glucoamylase용액(2.5 unit)을 넣어 30분 동안 40℃에서 반응시킨 다음 25% TCA(trichloroacetic acid) 2 ml을 넣고, 16,000×g에서 5분간 원심분리를 하였다. 상정액 1 ml에 o-toluidine reagent 4.5 ml을 부가한 후 끓는 물에서 10분간 반응시킨 후 냉각하여 여기에 빙초산 5 ml을 부가하여 630 nm에서 흡광도를 측정하였다.

호화도 =

$$\frac{\text{시료의 흡광도} - \text{Blank(생전분)의 흡광도}}{\text{Alkali 처리한 시료의 흡광도} - \text{Blank의 흡광도}}$$

조직감 측정

시료의 조직감 측정시험은 Okabe⁽¹⁵⁾의 방법에 준하여 행하였다. 즉, 세알의 밥알을 texture analyzer(TA-XT stable Micro System, UK)의 테이블에 올려놓은 후 밥알 표면으로 부터 전체 두께의 30% 변형이 일어나도록 압착하여 경도와 부착성을 측정하였다. 이때 사용된 탐침은 직경 2.54 cm의 원통형 압착탐침(compression probe)이었으며 탐침속도(probe speed)는 0.2 mm/sec이었다. 동결시료의 부위별로 5g의 시료 10점을 발취하여 40℃의 물중탕기에서 10분간 해동시킨 것을 측정시료로 사용하였으며, 대조구로 이용된 동결시키지 않은 취반된 쌀의 조직감측정은 취반후 온도가 40℃가 될 때까지 방치한 후 같은 조건으로 측정하였다. 동결속도 및 동결저장온도에 따른 조직감 변화의 유의성은 분산분석법과 Duncan의 다범위 검정법으로 검토하였다.

동결시료의 미세구조 및 표면구조 관찰

동결된 시료의 미세구조 및 표면구조는 빙결정을 제거한 후, Scanning Electron Microscope(JSM-5300LV)로 관찰하였다. 이때 동결시료의 전처리과정에서 생겨날 수 있는 인공적 구조(artifact)를 최소화하기 위해 한⁽¹⁶⁾과 Harvey 등⁽¹⁷⁾의 동결치환방법을 변용하여 동결시료를 전처리하였다. 또한, 대조구로 취반된 쌀의 구조는 Plunge-freezing방법으로 초고속동결하여 제조한 후 각 시료와 비교하였다. 냉매로는 동결속도가 -10,000℃/sec(1~5 μm)인 liquid propane을 사용하여 동결하였다. 취반된 쌀을 온도가 -190℃ liquid propane에서 동결시킨 후 -70℃의 acetone용액에서 7일간 방치하고 이를 -20℃, 0℃, 4℃ 및 실온으로 점차적으로 온도를 올리면서 동결치환하였다. 탈수건조된 밥알 시료를 liquid nitrogen에 넣어 고정시킨 상태에서 cross section으로 절단한 다음 isoamylacetate용액으로 3회 치환하고 gold coating하여 전자현미경으로 관찰하였다. 한편, 동결속도와 동결저장온도의 차이에 의해 제조된 시료는 동일 온도의 acetone으로 동결치환하였다.

Table 1. Chemical compositions of rice and cooked rice (Dry basis %)

	Rice	Cooked rice
Moisture	13.85	176.85
Crude protein ¹⁾	7.92	7.75
Crude lipid	0.86	0.75
Crude ash	0.53	0.53
Amylose	19.10	19.24
Amylopectin	70.52	71.01

¹⁾: Calculation of crude protein content = N(%) × 5.95

결과 및 고찰

일반 성분 분석

본 실험에 사용된 원료쌀과 취반된 쌀의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1에 나타내었다. 쌀의 조단백질, 조지방, 조회분, 아밀로오스 및 아밀로펙틴의 함량은 건물중량기준으로 각각 7.92%, 0.86%, 0.53%, 19.10% 및 70.52%이었고, 취반 후 각 성분의 함량은 큰 차이를 보이지 않았으나 수분함량은 13.85%에서 176.85%로 증가하였다.

동결 곡선

취반된 쌀을 동결하는데 있어서 최대빙결정형성시간의 차이가 취반된 쌀의 이화학적 특성 변화에 미치는 영향을 조사하기 위하여 단일재를 사용하여 동결속도를 조절하면서 각 시료의 동결곡선을 측정 한 결과는 Fig. 1에 나타내었다. 단일된 70℃의 취반된 쌀을 -20℃의 냉동고에서 동결하였을 때 취반된 쌀의 최초 빙점은 -1℃~-2℃ 부근에서 나타났으며 이 온도에 도달하기까지 5시간 소요되었다. 시료의 온도가 최초 빙점에 도달하였을 때 단일재를 제거한 시료의 경우 최대 빙결정 형성 구간을 통과하는데 걸리는 시간은 3시간이었으며, 시료의 온도가 최초 빙점에 도달한 이후 각각 3시간, 7시간, 19시간 더 단일시킨 시료의 최대 빙결정 형성 시간은 각각 5시간, 7시간 및 12시간이었다.

동결조건에 따른 취반된 쌀의 노화도

최대 빙결정 형성 시간과 동결저장온도 및 기간에 따른 취반된 쌀의 노화도를 효소적 평가방법으로 측정한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 이에 의하면 24시간 동안 동결된 취반된 쌀의 노화도는 FR3이 14.9%, FR5가 17.2%, FR7이 26.0% 그리고 FR12가 40.0%로 나타나, 비록 각 시료를 -20℃의 동일한 외부온도에서 동결하였지만 최대 빙결정 형성 시간에 따라 취반된 쌀의 노화도가 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

동결된 시료들은 동결저장 중에도 계속 노화가 진행되었으며 -20℃에서 저장한 시료들이 -70℃에서 저장한 시료들 보다 더 빠른 노화의 진행속도를 보였다. -20℃에서 동결저장한 시료들의 노화는 약 70%의 노화가

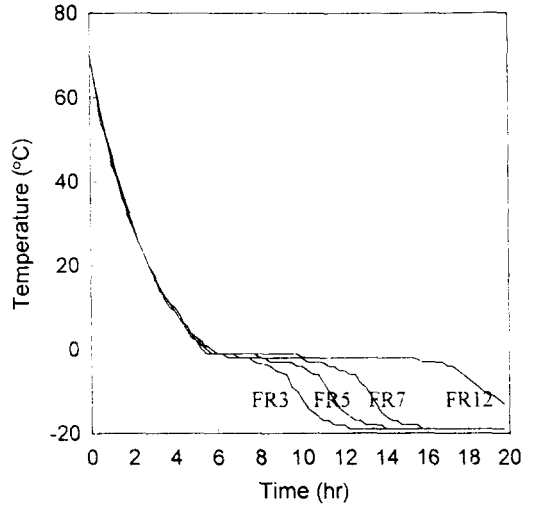


Fig. 1. Freezing curve of cooked rice by different freezing rate (FR3, FR5, FR7 and FR12 indicate maximum ice formation period of 3 hrs, 5 hrs, 7 hrs and 12 hrs, respectively)

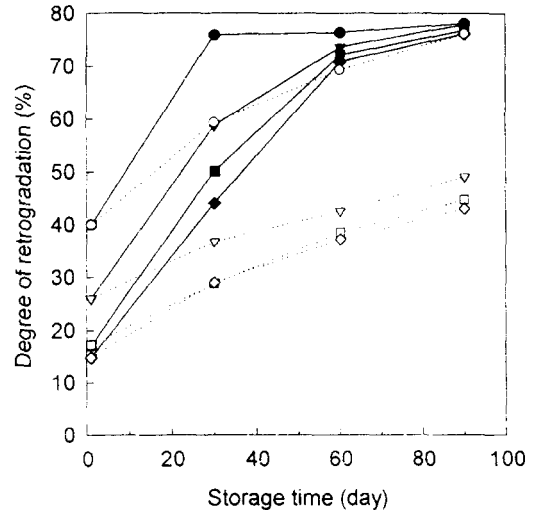


Fig. 2. Effects of freezing rate and storage temperature on the degree of retrogradation of cooked rice
 ◆—◆, FR3; ■—■, FR5; ▼—▼, FR7; ●—●, FR12;
 —, -20℃; ···, -70℃

진행될 때까지는 비슷한 속도로 급격히 증가하다가 그 이후에는 완만히 증가하는 경향을 나타내었고, 저장 3개월 후의 노화된 정도는 76.1%~78.1%이었다. -70℃의 경우 시료들간의 노화속도는 큰 차이를 보이지 않았으며 그 속도도 매우 낮아 3개월간 저장중 거의 일정한 속도로 노화가 진행되었다.

이와같이 동결저장중 취반된 쌀의 노화도 변화는 동

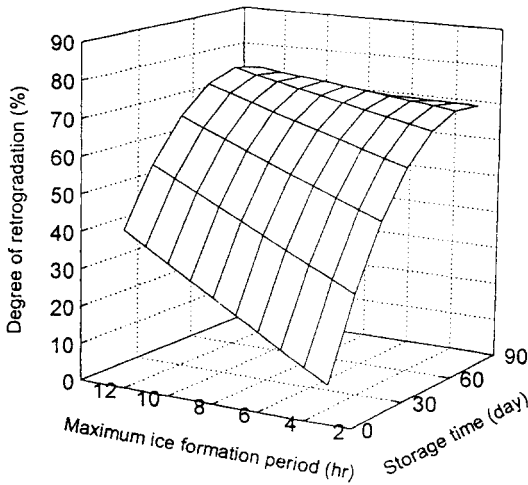


Fig. 3. Effects of storage time and freezing rate on the degree of retrogradation of cooked rice at -20°C

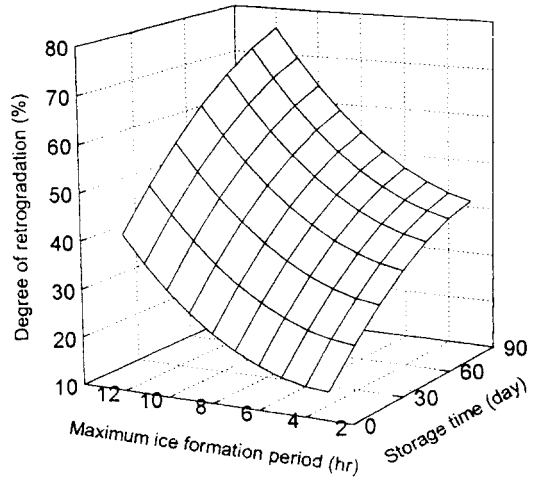


Fig. 4. Effects of storage time and freezing rate on the degree of retrogradation of cooked rice at -70°C

결시 형성된 얼음입자들이 동결저장 중에 계속 성장하여 큰 빙결정을 형성하고 이로인해 전분입자들간의 재결합을 할 수 있는 물리적 구조로 변화되었기 때문인 것으로 사료되며, 동결저장온도간 노화도 차이는 해당 저장온도에서의 빙결정의 상태변화와 비동결수 함량의 차이에 기인한 것으로 사료된다.

각각 -20°C 와 -70°C 에서 동결저장하였을 경우 최대 빙결정 형성 시간(x)이 3시간~12시간, 동결저장기간(y)이 1일에서 90일인 실험범위내에서 취반된 쌀의 노화도(Y)를 알아보기 위하여 반응표면분석을 이용하여 이들 변수들과의 관계를 추정하고 다중회귀분석한 식은 -20°C 에서 동결저장한 시료의 경우 $Y = -0.33 + 3.53x + 1.60y - 0.00006x^2 + 0.00832y^2 - 0.0375xy$, -70°C 에서 동결저장한 시료의 경우 $Y = 18.013 - 1.69x + 0.458y + 0.310x^2 - 0.00226y^2 + 0.00973xy$ 이었으며, 상관계수는 각각 0.9930, 0.9945이었다. 또한, 독립변수들에 의한 전체적인 노화도경향을 알아보기 위하여 3차 표면반응곡선 Fig. 3, 4에 나타내었다. 이에 의하면 -20°C 와 -70°C 로 저장온도가 고정되어 있을 때 기울기의 차이는 있지만 실험조건으로 설정된 최대빙결정형성시간과 저장기간내에서는 안부점(saddle point)은 나타내지 않았으며, 각각의 노화도는 저장온도 -20°C 의 경우 48.6%~77.2%, -70°C 의 경우 29.9%~61.5%의 범위내에서 증가하는 경향을 보였다.

조직감의 변화

각각의 동결속도에 의해 24시간동안 동결된 시료와 이를 -20°C 및 -70°C 에서 3개월간 저장한 후 해동시킨 취반된 쌀의 경도 및 부착성을 Table 2에 나타내었다. 동결속도 조절에 의해 24시간 동안 동결한 취반된 쌀은 동결시키지 않은 대조구에 비해 경도가 증가되었으며

Table 2. Effects of freezing rate and storage temperature on the hardness and adhesiveness of cooked rice after 3 months

Sample	Temperature	Hardness(g)	Adhesiveness(g)
FR3	-20°C	322 ^g	26.3 ^d
	-70°C	349 ^{fg}	41.6 ^{fg}
	not stored	423 ^{cde}	24.6 ^{cd}
FR5	-20°C	367 ^{efg}	22.4 ^{bcd}
	-70°C	373 ^{efg}	31.6 ^{def}
	not stored	457 ^{cd}	12.0 ^{ab}
FR7	-20°C	401 ^{dei}	30.1 ^{de}
	-70°C	418 ^{de}	41.5 ^{fg}
	not stored	530 ^{ab}	10.2 ^a
FR12	-20°C	379 ^{efg}	6.8 ^a
	-70°C	479 ^{bc}	14.2 ^{abc}
	not stored	554 ^a	3.4 ^a
Control		339 ^{fg}	43.9 ^g

The same letters in the same column are not significantly different at the 5% level using Duncan's multiple range test

Control: Hardness and adhesiveness were measured after cooking of rice. The temperature of cooked rice was approximately 40°C

($P < 0.05$), 최대 빙결정 형성시간에 따른 경도 변화는 FR 3과 FR5, FR7과 FR12에서는 유의적 차이가 나타나지 않았으나 최대 빙결정 형성 시간이 길어짐에 따라 경도는 증가하는 경향을 보였다. 이와 같이 동결과정 중 시료간 경도의 차이가 생기는 것은 전분 입자들 간의 재결합에 의해 결정화되는 노화에 기인한 것⁽¹⁸⁾으로 생각된다.

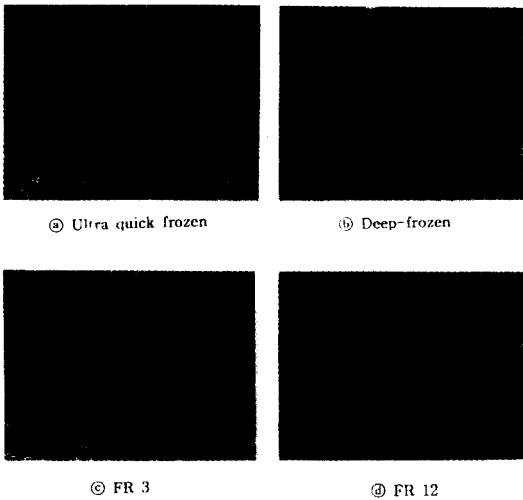


Fig. 5. Cross sectional scanning electron micrographs of frozen cooked rices prepared by different freezing rates ($\times 200$)

-20°C와 -70°C에서 3개월 동안 저장한 후의 취반된 쌀의 경도는 동결직후에 비해 저장온도에 관계없이 다시 감소하였다. 이는 동결저장 중 성장한 얼음입자들에 의해 밥알의 조직이 파손되어 경도가 감소하는 것으로 밥알의 미세구조 및 표면구조에서 관찰되었다.

따라서, 취반된 쌀을 동결저장하였을 경우 경도는 동결과정 중에 증가하다가 일정기간의 저장후에는 다시 감소하는 것을 알 수 있었다.

한편, 동결속도 조절에 의해 동결된 시료를 해동한 후의 부착성은 대조구에 비해 감소($P < 0.05$)하였다. 동결직후 최대빙결정형성시간의 차이에 따른 시료간 부착성은 FR3가 가장 대조구에 가까운 값을 보였고 이를 제외한 FR5, FR7, FR12 시료들 간에는 유의적 차이가 나타나지 않았지만 최대빙결정 형성시간이 길어짐에 따라 시료의 부착성은 감소하는 경향을 보여 최대빙결정 형성시간을 단축하여 동결하는 것이 부착성 감소를 억제할 것으로 생각된다.

동결시료의 미세구조 및 표면구조

각각의 조건에 의해 동결된 시료의 빙결정 크기 및 분포를 비교하기 위하여 동결치환법으로 시료의 빙결정을 제거한 후, 전자현미경을 이용하여 관찰한 결과는 Fig. 6과 Fig. 7에 나타내었다.

Fig. 6은 최대빙결정형성시간 차이에 따른 시료들의 미세구조로서 밥알의 중앙부위를 횡단으로 절단한 후, 중심 부위를 관찰한 것으로 최대빙결정형성시간에 따라 취반된 쌀의 빙결정의 크기, 수 및 분포등의 상태가 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 즉, -190°C liquid propane에서 초급속동결(-10,000°C/sec 1~5µm)한 시료를

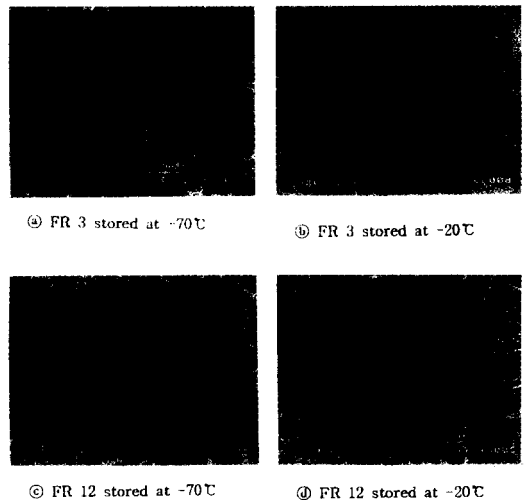


Fig. 6. Cross sectional scanning electron micrographs of frozen cooked rice after 3 months of storage ($\times 200$)

200배 확대하여 본 조직에서는 빙결정이 존재했던 흔적이 관찰되지 않았으며, 최대빙결정형성시간이 길어질수록 조직내의 얼음이 크고 그 수가 상대적으로 적게 나타났다.

이와같은 결과는 동일온도에서 물의 포화수증기압이 얼음의 포화수증기압보다 높은 것에 기인하는 것이며 물의 이동속도보다 동결속도가 빠르면 빙결정은 작고 고르게 형성되고 물의 이동속도보다 동결속도가 느리면 빙결정은 크고 특정 부위에 우선적으로 형성이 된다. Fig. 7은 각 조건에 의해 동결된 시료를 -20°C와 -70°C의 냉동고에서 3개월간 저장한 후의 빙결정의 변화를 관찰한 것으로 동결저장 중에 빙결정이 더욱 성장하였고 이러한 현상은 -70°C 보다 -20°C에서 더 잘 나타났다. 이는 동일온도하에서 소형 빙결정의 수증기압이 대형빙결정의 수증기압보다 높은 것에 기인한 것으로 작은 빙결정쪽에서 승화되는 수분이 큰 빙결정의 표면에 모이므로 작은 빙결정은 소실되고 큰 빙결정은 더 성장한다.

요 약

본 연구는 동결속도 및 동결저장온도가 취반된 쌀의 이화학적 특성에 미치는 영향을 살펴보고자, 단열재를 이용하여 최대 빙결정 형성시간이 3시간, 5시간, 7시간 그리고 12시간인 동결속도로 24시간 동안 동결하였고, 동결된 시료는 각각 -20°C와 -70°C의 냉동고에서 3개월간 저장하여 동결저장동안에 각 시료의 노화도 그리고 조직상의 변화를 조사하였다. 동결된 쌀밥의 미세구조 및 표면구조는 빙결정을 동결치환에 의해 제거한후 scanning electron microscopy(SEM)으로 관찰하였다. 취반

된 쌀의 노화도는 동결속도, 동결저장온도, 저장기간에 따라 큰 영향을 받아 최대 빙결정 형성시간이 3시간에서 12시간으로 길어짐에 따라 노화도는 14.85%에서 40.00%로 증가하였고, 동결된 쌀밥의 동결저장 중 노화도는 -20°C 에서 저장한 것이 -70°C 의 경우보다 노화된 정도도 크고, 빠른 진행을 보였다. 동결된 시료를 해동한 후의 정도는 동결시키지 않은 대조구와 비교할 때 크게 증가하였으며, 또한 동결속도가 늦어질수록 더 큰 증가를 보였다. 하지만, 3개월간 저장한 후에는 정도가 다시 감소하였다. 한편, 부착성은 대조구와 비교하여 24시간 동안 동결된 쌀밥에서는 감소하였으며 3개월간 저장한 후에는 다시 증가하는 경향을 보였다. 동결된 취반된 쌀의 빙결정의 크기는 동결속도가 늦어짐에 따라 커졌고 그 수는 상대적으로 적었다. 또한 3개월간 저장한 후에는 얼음의 재결정화에 의해 시료의 빙결정은 더욱 커져 취반된 쌀의 구조가 많이 파손되었음을 확인할 수 있었다. 결론적으로 최대빙결정형성시간을 단축하여 취반된 쌀을 동결시키는 것과 낮은 온도에서 저장하는 것이 빙결정의 형성과 성장에 따른 전분의 노화와 조직감의 변화를 억제할 수 있다고 판단되었다.

문 헌

1. 고하영, 박무현 : 살균온도 및 포장재내 공기량이 레토르트 쌀밥의 품질에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 22, 150 (1990)
2. Roberts, R.L., Houston, D.F. and Kester, E.B.: Process for canning white rice. *Food Technol.*, 7, 78 (1953)
3. Lee, Y.C. and Lee, D.H.: Effects of processing methods on the quality of the dehydrated instant rice. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 21, 294 (1989)
4. 김영호, 양승용, 이무하 : 동결속도에 따른 쇠고기의 냉동저장중 이화학적 변화. 한국식품과학회지, 20, 447 (1988)
5. Pikul, J., Leszczynski, D.E., Bechtel, P.J. and Kummerow, F.A.: Effects of frozen storage and cooking on lipid oxidation in chicken meat. *J. Food Sci.*, 49, 838 (1984)
6. Jacobs, D.K. and Sebranek, J.E.: Use of prerigor beef for frozen ground beef patties. *J. Food Sci.*, 45, 648 (1980)
7. 황보정숙, 이관영, 정동효, 이서래 : 통일미와 진흥미의 취반기호 특성에 관한 연구. 한국식품과학회지, 7, 212 (1975)
8. 민봉기 : 취반조건이 밥의 조직감에 미치는 영향. 서울대학교 박사학위 논문 (1993)
9. 황진선, 김종근, 변명우, 장학길, 김우정 : 쌀 품종에 따른 쌀밥의 물리적 및 관능적 특성 연구 II. 한국 농화학회지, 30, 118 (1987)
10. A.O.A.C.: *Official Methods of Analysis*, Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C. (1984)
11. Yamamoto, K., Sawada, S and Onogaki, T.: Properties of rice starch prepared by alkali method with various conditions. *Denpun Kagaku*, 20, 99 (1973)
12. Whistler, S.L.: *Method in Carbohydrate Chemistry*, Academic Press., New York., Vol.4, p.168 (1964)
13. Chiang, C.Y. and Johnson, J.A.: Measurement of gelatinized starch by glucoamylase and o-Toluidine reagent. *Cereal Chem.*, 54, 429 (1977)
14. Tsuge, H., Hishida, M., Iwasaki, H., Watanabe, S. and Goshima, G.G.: Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in foods and foodstuffs. *Starch*, 42, 213 (1990)
15. Okabe, M.: Texture measurement of cooked rice and its relationship to eating quality. *J. Texture Studies*, 10, 131 (1979)
16. 한성식, 박규택 : 급속동결과 동결치환에 의한 조직세포 관찰법. 한국전자연미경학회지, 20, 1 (1990)
17. Harvey, D.M.R.: Freeze-substitution. *J. Microsc.*, 127, 209 (1982)
18. 김성근, 변유량 : 실온 및 고온 저장시 쌀밥의 노화속도. 한국식품과학회지, 14, 80 (1982)

(1995년 5월 18일 접수)