

쌀의 이화학적 특성과 저장 쌀빵의 노화성과의 관계

강미영 · 최영희 · 최해춘*

경북대학교 가정교육과

*농촌진흥청 작물시험장

Interrelation between Physicochemical Properties of Milled Rice and Retrogradation of Rice Bread during Cold Storage

Mi-Young Kang, Yeong-Hee Choi and Hae-Chune Choi*†

Dept. of Home Economics, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

*National Corp Experiment Station, R.D.A., Suwon 441-100, Korea

Abstract

The interrelation between physicochemical properties of milled rice and retrogradation of rice bread during cold storage was examined to compare the varietal difference in maintenance of rice bread quality. Twelve rice materials showed big varietal difference on physicochemical properties of rice starch such as amylose content(0.0~29.2%), gel consistency(20~98mm), and alkali digestion value(2.0~7.0). Rice bread made from milled rice of Jungwonbyeo, AC 27 and IRAT 177 exhibited soft texture, and that made from milled rice of Daeribbyeo 1, Suwonjo, and Suwon 230 showed relatively soft texture and late retrogradation of rice bread during cold storage(4°C). The amylose content of milled rice was closely associated with gel consistency negatively and with springiness of rice bread positively. The retrogradation of rice bread texture during cold storage was correlated with gel consistency of rice flour positively and with alkali digestion value of milled rice negatively.

Key words: amylose content, rice bread, retrogradation, gel consistency, alkali digestion value

서 론

前報(1)에서 저자 등은 여러 품종의 쌀로서 제조한 쌀빵의 가공성에 대해서 검토한 결과 쌀빵의 가공성은 품종간의 차이가 현저하였다. 이에 본 연구에서는 이들 쌀빵의 저장에 따른 물성변화의 품종간 차이를 비교하고 이와 쌀 전분의 이화학적 특성과의 관계를 검토해 보고자 하였다. 저장 쌀빵의 물성변화는 texture 분석기로 측정된 힘-거리 곡선의 TPA(Texture Profile Analysis) parameter로부터 경도, 탄력성, 응집성, 점착성, 씹힘성 등의 조직감을 산출하였으며, 저장에 따른 물성변화 중 정도의 변화로부터 노화도를 산출하여 품종간 비교를 실시하였다. 일반적으로 전분질 식품의 저장에 따른 물성변화는 구성성분의 약 80% 이상을 차지하는 전분의 호화 및 노화에 따른 조직감의 변화에 기인하는 것이라 할 수 있으므로 12품종 쌀의 이화학적 특성(알칼리붕괴도, 아밀로스함량, 호응집성)과 저장 쌀빵의 물

성 변화와의 상관관계를 분석함으로써 어떤 이화학적 특성이 쌀빵 저장성과 밀접한 관계를 가지고 있는가를 검토하였다.

재료 및 방법

본시험의 쌀빵 제조에 쓰여진 이화학적 특성이 크게 차이 나는 12품종(한강찰벼, IRAT 177, 중원벼, IR 841-76-1, 대립벼1호, 수원 230, AC 27, 수원조. Pusa-33-30, T(N) 1, IR 44, 수원 232)의 쌀 시료는 농촌진흥청 작물시험장으로부터 제공받았고, gum질 첨가제인 hydroxypropyl methyl cellulose는 Sigma사로부터 구입하여 사용하였으며, 강력분·소금·탈지분유·식용유·설탕은 각각 시판품을 사용하였고, 계란은 실험당일 구입하여 신선한 것으로 사용하였다.

쌀가루는 쌀을 하룻밤 동안 수침(상온에 약 15시간) 후 roller mill로 습식제분한 쌀가루를 40°C에서 충분히

† To whom all correspondence should be addressed

진조시킨 다음 다시 food mixer(대원 food mixer, D-WN-501)로 분쇄하여 100 mesh의 체를 통과시킨 분말을 제빵 시료로 사용하였다.

아밀로스함량(2)은 요오드 비색정량법에 따라 시료 100mg에 95% ethanol 1ml, 1N NaOH 9ml를 넣어 20분간 두었다가 끓는 물에서 10분간 가열호화시키고 나서 100ml가 되게 증류수를 채운 다음 잘 흔들어서 호화용액 5ml를 취하여 증류수 50ml가 담긴 100ml 메스푸라스크에 옮겨서 1N CH₃COOH 1ml와 0.2% I₂-2% KI용액 2ml를 첨가, 발색시켜 100ml되게 증류수로 채우고 잘 흔들었다가 20분간 방치한 후 비색계로 620nm에서의 흡광도를 측정하였다.

호응집성(gel consistency)(3)은 쌀가루 120mg을 13×100mm의 시험관에 넣고 95% ethanol에 0.025% bromothymol blue를 녹인 용액 0.2ml를 첨가하여 시료를 적신 후, 0.2N KOH 2ml를 첨가하여 8분간 가열하고, 5분간 vortex 혼합기로 잘 섞이게 한 다음 다시 냉수조속에서 20분간 냉각시킨다. 냉각시킨 젤이 든 시험관을 모눈종이를 부착한 유리판위에 놓여서 1시간 동안 젤이 흘러간 길이를 측정하여 mm단위로 나타내었다.

알카리붕괴도(alkali digestion value)(4)는 1.4% KOH 10ml에 각 품종별로 쌀알 6립씩 2반복으로 30°C에서 24시간 침지 후 농사시험연구 조사기준에 따라 1~7등급으로 달관조사하였다.

쌀빵은 쌀가루(75g), 설탕(12g), 탈지분유(1.5g), 소금(0.75g), 식용유(7.5g), 계란액(4.5g)을 잘 섞은 후, 물 72ml에 적당량의 gum질을 첨가하여 팽윤시켜 둔 것과 따뜻한 물에 활성화시켜둔 이스트(3g)액 18ml를 첨가하여 잘 섞으면서 반죽한 쌀빵 반죽을 빵틀(13×5.5×4.5cm)에 성형하여 30°C에서 1.5시간 발효시켜 200°C에서 5분간 구운 후 온도를 180°C로 낮추어서 15분간 더 구웠다.

제조한 쌀빵의 물성측정은 1시간 동안 방냉 후, texture 분석기(Universal TA-XT Stable microsystem, England)를 이용하여 측정하였으며, 4°C의 냉장고에 보관하면서 경시적인 물성변화를 측정하였다. 경도, 응집성, 점착성, 씹힘성, 탄력성 등의 물성은 힘-거리곡선의 TPA(Texture Profile Analysis) parameter로부터 각각 구하였다.

쌀빵의 노화도는 쌀빵 물성 중 경도의 변화를 이용하여 제빵 후 1시간 경과시의 경도에 대한, 24시간 경과 후 쌀빵 경도 변화의 비로 하였다.

통계분석은 통계프로그램인 SPSS PC+를 이용하여 쌀빵 물성측정 성적에 대한 분산분석은 완전임의 배치법에 따라 실시하였고, 평균치간 유의차 검정은 Dun-

can 다중검정에 의하여 행하였다. 그리고 쌀가루의 이화학적 특성과 쌀빵의 물성측정 결과와의 상관관은 Pearson의 상관분석방법에 따라 계산하고 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

쌀의 이화학적 특성의 품종간 차이

12품종 쌀의 이화학적 특성을 Table 1에 나타내었다. 아밀로스함량은 식미와 매우 연관있는 인자로서 이 함량이 높은 품종의 쌀일수록 찰기가 떨어지기 때문에 밥의 찰기와 밀접한 척도로 이용된다(5). 또한 전통 쌀가공 식품인 증편의 제조에는 아밀로스함량이 낮은 품종의 쌀일수록 가공성이 좋은 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 찰벼 1품종과 메벼 11품종을 사용하였는데, 메벼품종의 아밀로스함량은 17%에서부터 29%까지의 차이를 나타내었다.

호응집성(gel consistency)은 그 길이가 26~40mm의 경우에는 단단한 젤, 41~60mm는 보통, 61~100mm는 부드러운 젤로 구분되고 있다. Table 1에서 살펴보면, 아밀로스함량이 20% 이하인 대립벼1호까지는 부드러운 젤을 형성하는 품종들이며, AC 27은 아밀로스함량이 25.2%이지만 부드러운 젤을 형성하였고, 수원 230호는 아밀로스함량이 23.7%로서 AC 27보다는 낮았지만 단단한 젤을 형성하였다. 그밖에 T(N) 1, IR 44, 수원 232호 등은 단단한 젤을 형성하는 품종들이고, 수원조, Pusa-33-30은 중간점도의 젤을 형성하는 품종이었다. 알칼리붕괴도에 의한 호화온도의 간접적인 판단은 1, 2의 경우에는 호화온도가 높고 3은 약간 높은정도, 4, 5는 중간정도, 6, 7은 낮은 것으로 판단한다. 그러나 이는 정확한 호화 개시온도 및 호화 종료온도를 나타내는 것이 아

Table 1. Major physicochemical properties of tested rice materials

Cultivars	Amylose content (%)	Gel consistency (mm)	Alkali digestibility (1~7)
Hangangchalbyeo	0.0	98.0	5.3
IRAT 177	17.0	88.7	2.0
Jungwonbyeo	17.8	68.7	5.5
IR 841-76-1	20.6	74.3	6.3
Daeribbyeo 1	20.8	85.0	5.3
Suwon 230	23.7	26.0	6.7
AC 27	25.2	63.0	4.0
Suwonjo	27.1	43.0	7.0
Pusa-33-30	27.8	47.0	3.0
T(N) 1	27.8	20.0	7.0
IR 44	28.4	29.7	6.0
Suwon 232	29.2	32.7	4.3

Table 2. Varietal difference in viscogram characteristics of rice bread

Varieties	Hardness(g)	Springiness	Cohesiveness	Gumminess(g)	Chewiness(g)
Hangangchalbyeo	274.3 ^c	0.76 ^b	0.70 ^a	190.5 ^{bc}	146.0 ^{cd}
IRAT 177	92.05 ^c	0.81 ^{ab}	0.63 ^{ab}	57.62 ^c	46.75 ^e
Jungwonbyeo	79.25 ^e	0.78 ^b	0.62 ^{ab}	50.01 ^c	38.69 ^f
IR 841-76-1	245.9 ^d	0.83 ^{ab}	0.70 ^a	170.4 ^c	141.7 ^{cd}
Daeribbyeo 1	334.8 ^e	0.78 ^b	0.61 ^{ab}	202.7 ^{bc}	157.4 ^c
Suwon 230	146.2 ^{de}	0.87 ^a	0.67 ^a	97.69 ^{de}	84.55 ^{de}
AC 27	90.90 ^e	0.84 ^{ab}	0.69 ^a	62.46 ^c	52.24 ^e
Suwonjo	116.2 ^e	0.74 ^b	0.58 ^{ab}	66.34 ^e	49.33 ^c
Pusa-33-30	336.6 ^{bc}	0.85 ^{ab}	0.61 ^{ab}	203.0 ^{bc}	176.7 ^c
T(N) 1	929.3 ^a	0.88 ^a	0.47 ^b	434.2 ^a	382.6 ^a
IR 44	102.6 ^c	0.86 ^d	0.67 ^a	68.5 ^e	59.35 ^c
Suwon 232	457.7 ^b	0.85 ^{ab}	0.55 ^{ab}	251.7 ^b	212.0 ^b

Values with different superscript on the same column are significantly different at p<0.05

니고 대체로 호화가 이루어지는 온도대를 유추하는 방법이기도 하지만 방법이 간편하고 시료를 한꺼번에 다량 취급할 수 있다는 장점 때문에 호화양상의 경향을 예측하는데 자주 이용되는 방법이다. 쌀의 호화온도는 IRAT 177, Pusa-33-30은 높은 품종들이고, IR 841-76-1, 수원 230, 수원조, T(N) 1, IR 44 등은 낮은 품종들이다.

있고, 4°C 저장에서 경사적인 경도, 탄력성, 응집성, 점착성, 쪼렘성의 변화는 각각 Fig. 1~5에 나타내었다.

쌀빵의 경도는 제조 직후에 품종간 차이가 매우 커서 T(N) 1이 가장 높았고 다음으로 수원 232호가 높았으며, 중원벼, AC 27, IRAT 177 등은 매우 낮은 편이었다. 그리고 4°C 저장에 따른 경도의 변화는 Fig. 1에서 보는

쌀빵 물성변화의 품종간 차이

벼 품종별로 제조한 쌀빵의 물성은 Table 2에 나타내

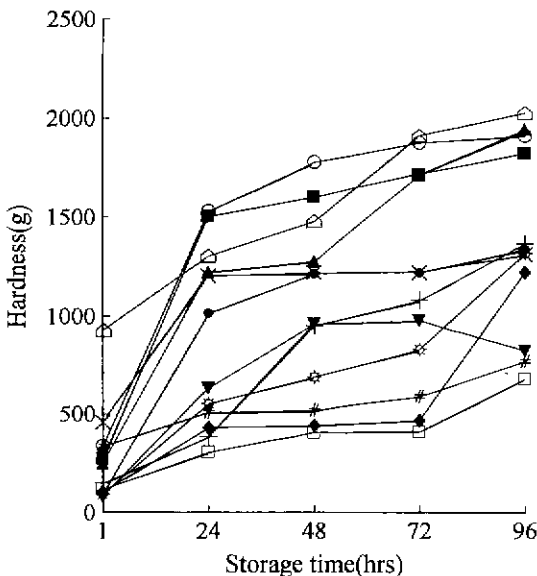


Fig. 1. Varietal difference of changes in hardness of rice bread during cold storage(4°C).

■ Hangangchalbyeo, ▲ IR 841-76-1, + Suwon 230, * AC27, □ Suwonjo, ○ Pusa-33-30, ◆ IR 44, × Suwon 232, # Daeribbyeo 1, ● IRAT 177, ▼ Jungwonbyeo, ⊕ T(N)1

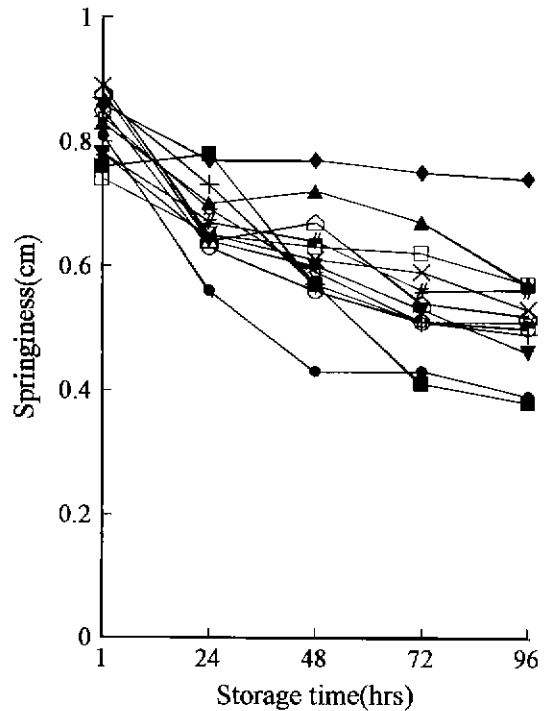


Fig. 2. Varietal difference of changes in springiness of rice bread during cold storage(4°C).

■ Hangangchalbyeo, ▲ IR 841-76-1, + Suwon 230, * AC27, □ Suwonjo, ○ Pusa-33-30, ◆ IR 44, × Suwon 232, # Daeribbyeo 1, ● IRAT 177, ▼ Jungwonbyeo, ⊕ T(N)1

바와 같이 제조 후 24시간 후부터 품종간 변이 폭이 컸다. 찹쌀로 제조한 떡의 경우에는 저장에 따른 경도의 변화가 멍쌀의 경우보다 적게 나타나는 경향이 있는데 (6) 쌀빵의 경우에는 찰벼 품종인 한강찰벼가 Pusa-33-30 이외의 다른 멍쌀 품종들보다 오히려 경도변화가 심하게 나타났다. 쌀빵의 탄력성은 수원조가 가장 낮고 T(N) 1이 가장 높은 수치를 나타내었으며, 품종간의 차이도 별로 없었고, 저온저장에 따른 탄력성의 감소 정도는 품종에 따라서 꽤 차이가 있어서 IR 44가 저장 기간에 따른 변화가 거의 없었던 반면 한강찰벼나 저아 밀로스 품종들이 현저히 탄력성이 떨어졌다(Fig. 2). 쌀빵의 응집성은 제조 직후에 T(N) 1이 가장 심했고 그외 품종들간에는 큰 차이가 없었으며, 모든 품종이 저온저장 24시간 동안 급격한 감소를 보였고 24시간 후부터 응집성 감소 정도의 품종간 차이가 현저했다(Fig. 3) 쌀빵의 점착성 및 씹힘성은 제조직후에 경도와 비슷한 경향으로 품종간 차이가 현저하여 T(N) 1이 가장 높았고, IRAT 177, 중원벼, 수원 230, AC 27, 수원조, IR 44 등이 현저히 낮았다. 4°C 저장에 따른 점착성의 변화 (Fig. 4)는 한강찰벼는 제조 후 저장 24시간 동안에 급격한 변화를 보였고 향미인 IR 841-76-1은 저장 48~72시간 사이, IR 44, 수원 230 등은 저장 72시간에서부터 96시간 사이에서 급격한 변화를 보였으며, 그밖의 품종

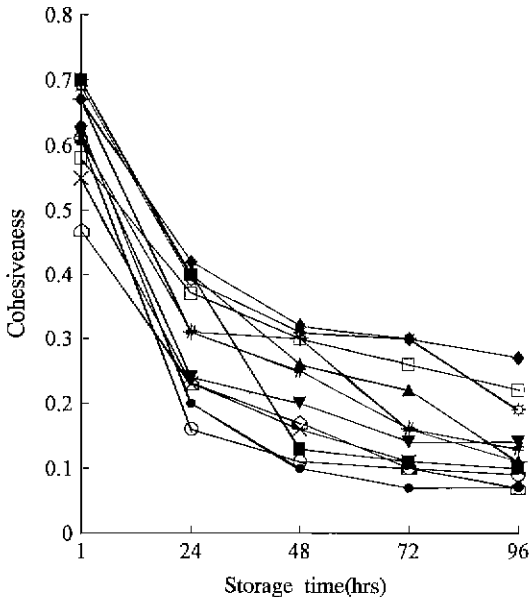


Fig. 3. Varietal difference of changes in cohesiveness of rice bread during cold storage(4°C).
 ■ Hangangchalbyeo, ▲ IR 841-76-1, + Suwon 230, ✕ AC 27, □ Suwonjo, ○ Pusa-33-30, ◆ IR 44, ✖ Suwon 232, # Daeribbyeo 1, ● IRAT 177, ▼ Jungwonbyeo, ⊕ T(N) 1

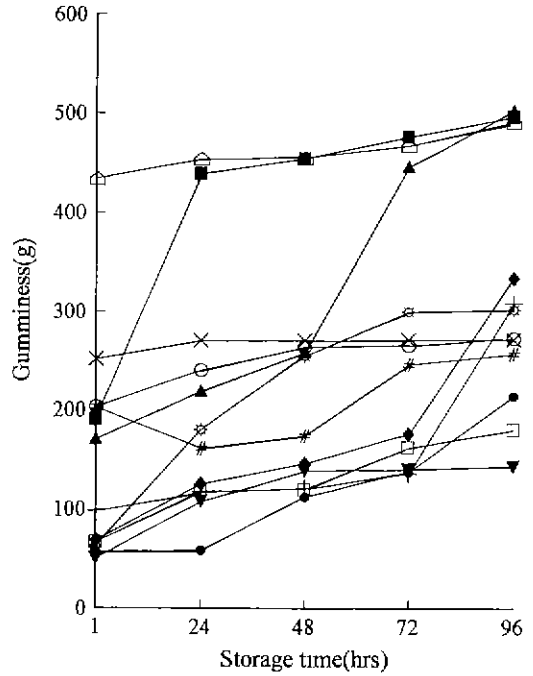


Fig. 4. Varietal difference of changes in gumminess of rice bread during cold storage(4°C).
 ■ Hangangchalbyeo, ▲ IR 841-76-1, + Suwon 230, ✕ AC 27, □ Suwonjo, ○ Pusa-33-30, ◆ IR 44, ✖ Suwon 232, # Daeribbyeo 1, ● IRAT 177, ▼ Jungwonbyeo, ⊕ T(N) 1

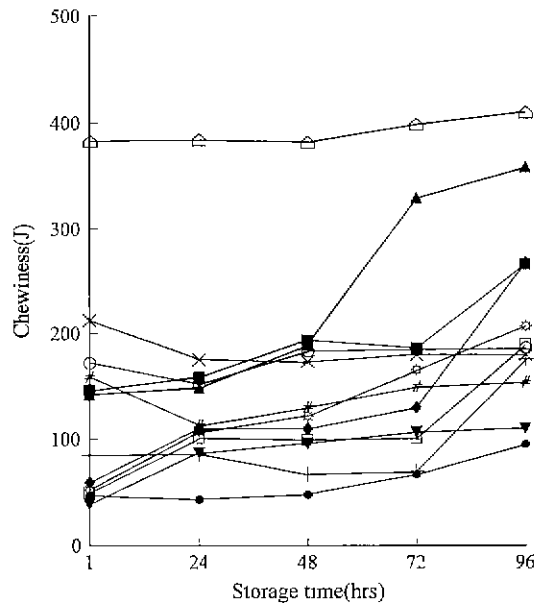


Fig. 5. Varietal difference of changes in chewiness of rice bread during cold storage(4°C).
 ■ Hangangchalbyeo, ▲ IR 841-76-1, + Suwon 230, ✕ AC 27, □ Suwonjo, ○ Pusa-33-30, ◆ IR 44, ✖ Suwon 232, # Daeribbyeo 1, ● IRAT 177, ▼ Jungwonbyeo, ⊕ T(N) 1

Table 3. Varietal difference in hardness and retrogradation of rice bread

Varieties	Hardness (g)		Degree of retrogradation	
	1hr. (A)	24hr. (B)	(B)-(A)	B-A/A
Hangangchalbyeo	274.3 ^c	1505 ^d	1230	4.49
IRAT 177	92.05 ^e	1017 ^{ab}	927	10.05
Jungwonbyeo	79.25 ^c	631.7 ^{bc}	552	6.97
IR 841-76-1	245.9 ^{cd}	1222 ^{ab}	976	3.97
Daeribbyeo 1	334.8 ^c	508.8 ^{bc}	174	0.520
Suwon 230	146.2 ^{bc}	382.9 ^c	237	1.62
AC 27	90.90 ^e	552.7 ^{bc}	462	5.08
Suwonjo	116.2 ^c	306.4 ^c	190	1.64
Pusa-33-30	336.6 ^{bc}	1530 ^d	1193	3.55
T(N) 1	929.3 ^a	1305 ^{ab}	382	0.404
IR 44	102.6 ^c	429.5 ^c	327	3.19
Suwon 232	457.7 ^b	1203 ^{ab}	745	1.63

Values with different superscripts on the same column are significantly different at $p < 0.05$

들은 저장에 따른 겉착성의 변화가 미미한 경향이였다. 저장에 따른 칩형성의 변화(Fig. 5)는 Pusa-33-30, T(N) 1, 수원 232, 대립벼1호, IRAT 177, 중원벼 등은 매우 미미하였지만, IR 841-76-1, 한강찰벼, 수원 230, AC 27, 수원조. IR 44 등은 제조 후 48시간부터 96시간 사이에서 다소 급격한 증가를 보였다.

쌀빵 노화도의 품종간 차이

쌀빵은 쌀가루에 물을 첨가하여 반죽 후 가열처리에 의해서 완성되는 것이므로 쌀의 80% 이상을 차지하는 전분의 호화 및 노화에 기인하는 물리적 변화가 제품의 품질에 크게 영향을 미치리라 생각할 수 있다. 호화된 전분질 식품의 저장 중 진행되는 노화는 전분분자의 재결정화과정의 반영(7)으로서 제품의 품질을 저하시키는 중요한 요인이 되며, 전분의 종류(8)·아밀로스와 아밀로펙틴의 비율(9)·전분입자의 크기(10)·저장온도(11)·수분함량(12) 및 첨가되는 물질의 종류(13-15)에 영향을 받는다. 이러한 전분의 노화도를 측정하는 방법으로 시차주사열량(DSC)분석(11,12,15), X-선 회절도의 비교(7,9,14), 전분 가수분해 효소를 이용하는 방법(16, 17) 등이 이용되고 있으나 각 방법에 따라 측정의 기본 원리가 달라 장단점이 있다. 본 연구에서는 texture 분석에 의해서 측정되어지는 경도의 변화로부터 노화의 정도를 산출하여 Table 3에 나타내었다.

즉, 제조 후 1시간 동안 실온에서 식힌 것의 경도를 기준으로 하여, 4°C에서 24시간 저장 후의 경도변화로 부터 노화정도(노화도)를 산출하였다. 이 방법의 문제점은 제조 직후의 경도가 높은 수치를 나타내는 품종의 경우에는 노화도가 낮게 산출될 우려가 있다. 실제로 T(N) 1의 경우 제조 직후의 경도가 923.9로서 다른 품종

들보다 월등히 높기 때문에, 4°C에서 24시간 저장 후의 경도 또한 다른 품종들보다 높지만 노화도는 0.4로서 아주 낮게 나타났다. 이렇게 방법상의 문제점이 있기는 하지만 Fig. 1-a, 1-b에서 알 수 있듯이 제조 1시간 후부터 저장 24시간까지의 경도 변화가 가장 현저하게 나타났으며 그 이후의 저장에서도 비슷한 경향을 보이므로 24시간 경과 후의 경도 변화로써 노화도의 척도로 삼기로 하였다. 이렇게 선정된 노화도로써 품종별로 제조한 쌀빵의 저장에 따른 비교를 실시하면 Table 3에서 보는 바와 같이 IRAT 177이 가장 컸으며, 중원벼 > AC 27 > 한강찰벼 > IR 841-76-1 > Pusa-33-30 > IR 44 등의 순이었고, 수원조, 수원 230, 수원 232 등은 저장에 따른 노화도의 크기가 작았으며, 대립벼1호, T(N) 1은 저장에 따른 변화가 아주 적은 것으로 나타났다.

쌀의 이화학적 특성과 쌀빵 물성과의 상관관계

12품종 쌀의 아밀로스함량, 호응집성, 알칼리붕괴도 등과 같은 이화학적 특성과 경도, 탄력성, 응집성, 점착

Table 4. Correlation coefficients among various characteristics relevant to baking qualities of rice bread and gelatinization properties of rice flour

Relevant characters	Correlation coefficients
Amylose content - Gel consistency	-0.8299**
- Springiness	0.5706*
Gel consistency - Springiness	-0.6515*
Alkali digestibility- Degree of retrogradation	0.5722*
Alkali digestibility- Degree of retrogradation	-0.6253*
Hardness - Cohesiveness	-0.7522**
- Gumminess	0.9851**
- Chewiness	0.9907**

*, **Significant at 5% and 1% level, respectively

성, 씹힘성 등 쌀빵의 물성 및 경도의 변화로부터 산출한 노화도 간의 상관관계를 분석해 보면 Table 4와 같다. 아밀로스함량은 호응집성과 부의 상관관계를 나타내었으며, 아밀로스함량이 높을수록 쌀빵의 탄력성은 크다는 것을 알 수 있었다. 한편, 쌀빵의 노화도는 호응집성과는 정의 상관을 그리고 알칼리붕괴도와는 부의 상관을 나타내어, 부드러운 질을 형성하는 품종일수록 그리고 호화온도가 낮은 품종으로 제조한 쌀빵일수록 원래 경도에 대한 상대적 경화정도가 큰 경향이였다.

요 약

12품종의 쌀로서 제조한 쌀빵의 저장성을 비교하기 위해서 원료쌀의 이화학적 특성과 제조된 쌀빵의 저온 저장 중 물성변화 특성간의 관계를 검토하였다. 쌀빵 제조에 사용한 쌀품종들은 아밀로스함량은 찰(0.0%)에서부터 高 아밀로스(29.2%)까지, 호응집성은 경질(20mm)에서부터 연질(98mm)까지, 그리고 알칼리붕괴도는 안뽕(2.0)에서부터 잘뽕(7.0)까지의 품종변이를 각각 나타내었다. 중원벼, AC 27, IRAT 177 등의 쌀로서 제조한 쌀빵이 대체로 부드러운 물성을 가지는 경향이 있었으며, 대립벼 1호, 수원조, 수원 230 등의 쌀로서 제조한 쌀빵이 비교적 부드러우면서 노화가 늦게 진전되는 결과를 얻었다. 또한 아밀로스함량은 호응집성과 부의 상관관계를 나타내었으며, 아밀로스함량이 높을수록 쌀빵의 탄력성은 크다는 것을 알 수 있었다. 그리고 쌀빵의 노화도는 호응집성과는 정의 상관을, 그리고 알칼리붕괴도와는 부의 상관을 나타내었다.

감사의 글

이 연구는 농촌진흥청 산학협동 연구과제 연구비에 의해서 수행되었기에 이에 감사를 드린다.

문 헌

1. 강미영 . 순쌀빵 가공기술개발과 가공적성 관련 이화학적 특성 구명. 농업논문집('94 농업산학협동), 37, 1(1995)

2. Juliano, B O. : A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Sci. Today*, 16, 334(1971)

3. Cagampang. G. B., Perez, C. M. and Juliano, B. O. : A gel consistency test for eating quality of rice. *J. Sci. Food Agric.*, 24, 1589(1973)

4. 최해춘 . 미질의 검정평가 방법. 작물품종개량 육종, p.80 (1994)

5. Del Mundo, A. M. : Sensory assessment of cooked milled rice. Proceedings of the workshop on chemical aspects of rice grain quality. IRRRI, Los Banos, Philippines, p.313(1979)

6. 松田智明, 大友雅子, 長南信雄 : 炊飯後の時間経過に伴う飯の微細構造の變化. 茨大農學報告, 38, 1(1990)

7. Matsumura, U., Matsunaga, A. and Kainuma, K. . Structural studies on retrograded normal and waxy corn starches. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 30, 106(1983)

8. Rosario, R. R. and Pontiveros, C. R. : Retrogradation of some starch mixtures. *Starch*, 35, 86(1983)

9. Miles, M. J., Morris, V. J., Orford, P. D. and Ring, S. G. . The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. *Carbohydr. Res.*, 135, 271(1985)

10. Suzuki, A., Takeda, Y. and Hizukuri, S. : Relationship between the molecular structures and retrogradation properties of tapioca, potato and kuzu starches. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 32, 205(1985)

11. Jakowski, T. and Rha, C. K. : Retrogradation of starch in cooked wheat. *Starch*, 35, 6(1986)

12. Zelenznak, K. J. and Hoseney, R. C. : The role of water in the retrogradation of wheat starch gels and bread crumb. *Cereal Chem.*, 63, 417(1986)

13. Gudmundsson, M. and Eliasson, A. C. : Comparison and thermal and viscoelastic properties of four waxy starches and the effect of added surfactant. *Starch*, 44, 379(1992)

14. Hibi, Y., Kitamura, S. and Kuge, T. : Effect of soluble lipids on the retrogradation of cooked rice. *Cereal Chem.*, 67, 7(1990)

15. Kohyama, K. and Nishinari, K. . Effect of soluble sugars on gelatinization and retrogradation of sweet potato starch. *J. Agric Food Chem.*, 39, 1406(1991)

16. Kanuma, K., Matsunaga, A., Itagawa, M. and Kobayashi, S. . New enzyme system β -amylase-pullulanase-to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch or starch products. *J. Jpn. Soc. Starch Sci.*, 28, 235(1981)

17. Tsuge, H., Hishida, M., Iwasaki, H., Watanabe, S. and Goshima, G. : Enzymatic evaluation for the degree of starch retrogradation in food and foodstuffs. *Starch*, 42, 213(1990)

(1997년 7월 19일 접수)