

벼 정조저장 중 저장온도 및 저장기간에 따른 쌀의 이화학적 특성 및 지방산 조성의 변화

김정주*[†] · 백만기* · 김광수** · 윤미라*** · 김기영* · 이점호*

*농촌진흥청 국립식량과학원 벼맥류부, **농촌진흥청 국립식량과학원 바이오에너지작물센터,
***농촌진흥청 국립식량과학원

Changes of Physicochemical Properties and Fatty acid Compositions of Rough Rice Stored at Different Storage Temperatures and Periods

Jeong-Ju Kim*[†], Man-Kee Baek*, Kwang-Su Kim**, Mi-Ra Yoon***, Gi-Young Kim*, and Jeom-Ho Lee*

*Department of Rice and Winter Cereal Crop, NICS, RDA, Iksan 570-080, Korea

**Bioenergy Crop Research Center, NICS, RDA, Muan 534-833, Korea

***National Institute of Crop Science, RDA, Suwon 441-857, Korea

ABSTRACT This study was conducted to investigate changes of physicochemical properties and fatty acid compositions of rough rice stored at different storage temperatures and periods. So we analyzed texture, alkali digestion value (ADV), toyo glossiness value, pasting properties, fat acidity and fatty acid compositions of five rice varieties every 4 month on the condition of which rough rice had been stored at different temperatures (ambient and low temperature condition at 15°C) for 2 years. Hardness of cooked rice was increased by storage periods and cohesiveness of cooked rice was not considerably different among varieties according to storage temperatures and periods. ADV was significantly different among varieties and storage periods but not different with storage temperatures. Toyo glossiness value of cooked rice was continuously decreased from 4 months after storage regardless to storage temperature. The pasting properties were considerably affected by storage temperatures and periods of rough rice. Increase in peak viscosity, final viscosity and breakdown was observed but setback was decreased by storage periods. Fat acidity of brown rice was much higher than that of milled rice during storage of rough rice and tend to increase by storage period. Oleic acid among fatty acids of brown rice except Sindongin and Hitomebore tended to be decreased by storage periods and linoleic acid among fatty acids of brown rice of Hopum was decreased by storage periods. The contents of linoleinic acid and stearic acid among fatty acids of milled rice were comparatively decreased from

4 months after storage, whereas the content of palmitic acid tended to be increased by storage periods.

Keywords : fatty acid composition, physicochemical property, rice, storage period, storage temperature

우리나라에서 쌀은 주요한 식량원으로서 막대한 경제적, 산업적 가치를 가지고 있으나 연간 소비량의 지속적인 감소와 최소시장 접근물량(Minimum Market Access, MMA)의 수입량 증가 등으로 쌀 재고량은 증가하고 있는 실정이다. 또한 벼는 재배기간이 비교적 긴 반면, 수확기간이 짧기 때문에 안전하게 식량으로 이용하기 위해서는 건조 및 저장과정이 필수적이고 수확 후 관리 방법에 따라 품질변이가 크므로 건조, 도정, 저장, 가공 및 포장기술의 개발 및 개선이 지속적으로 요구되고 있다. 수확된 산물벼는 건조 후 사일로 또는 창고에서 장기간 정조형태로 저장되는데 이때 저장 중 정조의 품질은 저장기간과 온도, 수분함량 등에 의해 변화된다. 저장 중 일어나는 물리적인 변화로는 도정수율 및 흡수율의 저하, 취반 시 팽창용적의 증가, 미반립의 경화 및 광택감소 등이 있다. 화학적인 변화로는 밥의 호화특성의 변화, 지방산과 아밀로오스 복합체 형성에 의한 전분의 용해도 및 팽윤력 감소, 지방산도 변화, 불포화지방산의 자동산화에 의한 고미취의 주성분인 hexanal 등 카르보닐 화합

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-840-2158 (E-mail) jjkim74@korea.kr

<Received 26 August 2014; Revised 6 November 2014; Accepted 9 November 2014>

물의 증가 및 단백질의 용해도 감소 등이 알려져 있다(Chrastil J., 1990; Ramarathnam *et al.*, 1987; Zhou *et al.*, 2001).

저장 중 쌀의 품질 변화에 대한 많은 보고가 있었는데 Kim *et al.* (2006)은 도정과정에서 불균일도정은 과도정이 발생하면서 균일도정에 비해 함수율 차이가 발생하였으며, 저장과정에서 함수율 변화의 차이는 나타나지 않았지만 초기 함수율 차이가 지속적으로 유지되었다고 하였다. Choi *et al.* (2006)에 의하면 정조함수율이 많고 저장온도가 높을수록 호흡률이 높았고 현미의 지방산도는 저장기간이 경과할수록 8개월까지 급격히 증가하였으며 식미관능평가지와 현미색도 b값, 밥의 윤기치 및 현미색도 L값은 정의 상관관계를 나타냈고 강하점도, 최고점도 및 현미 지방산도와는 부의 상관관계를 나타냈다고 하였다. 또한 Soponronnarit *et al.* (2008)에 따르면 태국의 북동부에서 재배되는 장립종 품종인 Khao Dawk Mali 105를 이용하여 실험한 결과 저장기간이 길어질수록 물 흡수는 증가하고 최고점도는 감소하는 경향이며, setback과 최종점도는 증가하는 경향을 보인다고 하였다. Kim *et al.* (2007)은 고온저장(35°C)시 발아율, 현미 단백질, 지방산도 및 lipoxxygenase 활성이 저장기간 및 품종 간 차이가 크게 있었으며 두 요인의 상호작용도 인정되어 저장기간별 품종 간 차이가 다르게 나타났다고 하였다. 지방산도와 발아율 간에는 부의 상관관계를 보였고 lipoxxygenase 활성과는 정의 상관관계를 나타낸다고 하였다. 저장 중 지방산 조성의 변화와 관련한 보고는 많지 않으나 Yoshida *et al.* (2011)에 따르면 미강에 존재하는 지방은 triacylglycerols, free fatty acid 및 phospholipids가 주된 지방산으로 구성되어 있다고 하였으며 Zhou *et al.* (2003b)은 저장 중 지방산 조성을 분석한 결과 현미의 Oleic acid와 Linoleic acid의 양이 감소하였다고 하였다. 그 외에도 미곡의 장기저장에 의한 품질 특성 변화, 고온저장시 발아율 및 지방산도의 품종 간 차이, 벼 저장기간이 밥맛에 미치는 영향, 저장 중 아미노산 함량 및 저장 조건에 따른 향미의 2-acetyl-1-pyrroline 함량의 차이, 저장 중 쌀의 품질 유지를 위한 포장방법을 구명하기 위한 저장 중 쌀 전분의 구조적 특성 분석 등 저장기간, 저

장온도 및 저장형태 등 저장조건에 따른 저장 중 미질특성, 이화학적 특성의 변화에 대해 다양한 각도로 많은 연구가 수행되었으나(Kanlayakrit & Maweng, 2013; Katekhong & Charoenrein, 2012; Parnsakhorn *et al.*, 2013; Perdon *et al.*, 1997; Shin *et al.*, 1991; Tananuwong & Malila, 2011; Yoon *et al.*, 2007; Yoshihashi *et al.*, 2004; Zhou *et al.*, 2003ab) 장기저장 중 미질 및 밥맛저하가 적은 품종을 선발하기 위한 지표로서 명확하게 제시하기는 어려운 실정이다.

우리나라의 경우 고온다습한 여름철에 저장 중인 벼의 품질이 급속히 떨어지므로 적절한 온도 및 습도를 조절하여 저장할 필요가 있으나 현재 국내 미곡종합처리장(RPC)에는 온도 및 습도를 조절할 수 있는 저온창고가 극히 적어 4월 이후 온도 상승 시 저장 중인 벼의 품질이 급격히 저하되고 있는 실정이다. 우리나라 RPC는 수확기 매입량에 비해 가공능력이 우수하나 저장능력은 수확기 매입량 대비 약 70% 정도로 규모가 작고(Lee *et al.*, 2008) 저온 저장시설 또한 부족하여 수확기 산물벼의 상온 야적보관량이 많기 때문에 고온다습한 여름철로 인하여 미곡의 품질관리가 지극히 어려운 실정이다. 따라서 본 연구는 RPC에서 유통되는 브랜드화된 5품종을 이용하여 저장온도를 달리하고 저장기간별로 쌀의 이화학적 특성 및 지방산 조성을 분석하여 벼 수확 후 상온 장기 저장시 쌀 품질저하가 적은 벼 품종 개발을 위한 기초자료로 활용할 목적으로 수행하였다.

재료 및 방법

시험재료

본 시험에 사용한 벼 품종은 지역브랜드로 RPC에서 유통되고 있는 신동진(익산, 명천 RPC), 일미 및 히포메보레(해남, 옥천 RPC), 추청(김포, 천현정미소), 호품(담양, 농협 RPC) 등 5품종을 구매하여 분석에 이용하였다. 시험재료는 RPC에서 상온 야적 보관하는 방식과 같이 PP (polypropylene) 포대를 이용하여 정조상태로 상온에서 일반창고 및 최적 저장온도인 15°C 조건에서 저온창고를 이용하여 저장하였으

Table 1. Temperature and humidity in the ambient storage.

Storage period	Temperature (°C)			Humidity (%)		
	Minimum	Maximum	Average	Minimum	Maximum	Average
4	2.9	21.2	11.7	52.5	91.4	68.7
8	19.9	29.3	24.4	67.8	93.3	80.7
12	-3.4	24.9	8.4	30.1	80.0	65.4
16	-1.0	20.5	9.0	47.3	85.6	69.0

며 일반창고에서 저장 중 온도 및 습도의 변화는 Table 1에서 보는 바와 같이 계절에 따라 큰 폭으로 변화하였다. 두 가지 온도 조건에서 2년간 보관하면서 4개월마다 정조를 꺼내 제한한 현미시료와 현미 무게 대비 90%로 도정한 백미시료를 분석하여 비교하였다.

이화학적 특성 분석

정조의 함수율은 92°C로 건조한 후에 건조 전 중량과 건조 후 중량의 차이로 측정하였고 쌀의 외관품질은 품위분석기(Cervitec 1625, FOSS, Japan)를 이용하여 완전립률, 분상질립률, 찌라기 비율 등을 조사하였다. 알칼리붕괴도(ADV)는 쌀을 알칼리용액(1.4% KOH)에 침지하면 쌀의 전분이 용해되는데, 이는 호화온도와 높은 부의 상관성을 나타내는 주요한 미질 특성으로, 백미 6립을 1.4% KOH 용액 20 mL에 침지하여 30°C 항온기에서 23시간 정치 후 퍼짐도(spreading)와 투명도(clearing)를 고려하여 1~7등급으로 조사하였다. 밥맛과의 연관성이 높은 도요윤기치는 TOYO 미도메타(MA-90A-B, Toyo rice corporation, Japan)를 이용하여 분석하였는데 취반 중 쌀알 내부에서 나온 용출물이 밥알표면에 보수막을 형성하고 이 보수막의 양을 측정함으로써 그 값을 비교하였다. 밥의 조직감은 Texture Analyzer (TAXT-plus, Stable micro systems, England)를 이용하여 밥의 경도, 부착성, 탄력성, 응집성, 씹힘성 등을 조사하였으며 밥의 호화특성은 신속점도측정계(RVA-4, Newport scientific, Australia)를 이용하여 최고점도, 최저점도 및 최종점도 등을 조사하여 breakdown, setback 등으로 호화특성을 비교하였다.

지방산도 및 지방산 분석

지방산도는 분쇄한 현미 및 백미 분말 10 g을 AOAC (1970)의 방법에 준하여 benzen을 이용하여 추출하고 alcohol-phenolphthalein용액으로 용해시킨 후 KOH 표준용액(0.0178 N)으로 적정하여 KOH mg-100 g⁻¹으로 표시하였다. 또한 저장온도 및 저장기간에 따른 현미 및 쌀의 지방산 조성의 품종 간 차이를 비교하기 위해 Kim *et al.* (2013)의 방법에 따라, 곱게 마쇄한 현미 및 백미 5 g을 pear-shaped flask에 넣고, MeOH 15 mL와 sodium methoxide 1 mL (30 wt%)를 첨가한 후 100°C의 oil-bath에서 2시간 동안 methylation 시켰다. Methylation 후 상온에서 약 1시간 냉각하고 n-hexane 5 mL를 혼합한 후 흔들어서 섞은 다음 상층액을 필터(Ø 45 µm)로 여과하여 가스크로마토그래피(Agilent 7890A, USA)로 분석하였다. 가스크로마토그래피에 사용하는 컬럼은 Silica capillary 컬럼(HP-INNOWAX, 30 m × 0.32 mm × 0.25 µm)을 이용하였으며, 주입부(Inlet) 온도는 200°C, flame ionization

detector (Agilent, USA)는 250°C에서 사용하였다. Oven 온도는 100°C에서 1분간 유지한 후, 250°C까지 상승시켰으며 1분마다 8°C 상승시켰다. 그 후 250°C에서 10분간 유지하여 각각의 머무름 시간을 확인하고 각 peak의 면적을 상대적인 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

이화학적 특성 간의 상관분석

벼 정조저장 중 저장온도 및 저장기간에 따른 쌀의 이화학적 특성 및 지방산 조성의 변화를 조사하기 위하여 정조의 함수율, 알칼리붕괴도(ADV), 도요윤기치, 밥의 호화특성, 조직감(texture), 지방산도 및 지방산 조성을 분석하였다. 조사한 특성들 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 2과 같다. 알칼리붕괴도(ADV)는 최고점도, 경도 및 씹힘성과는 부의 상관관계를 나타냈고 종자함수율, 부착성, setback과는 정의 상관관계를 나타내었다. 도요윤기치는 최고점도, breakdown, 경도, 탄력성 및 씹힘성과는 부의 상관관계를, 종자 함수율 및 setback과는 정의 상관관계를 나타냈다. 밥의 호화특성은 밥의 조직감(texture), 지방산도 및 포화지방산과 유의한 상관성을 나타냈으나 부착성과는 통계적으로 유의한 상관성이 없었다. 밥의 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness) 등의 밥의 조직감은 포화지방산과는 통계적으로 유의한 상관성을 나타내지 않았으나 최고점도, breakdown, setback 등의 밥의 호화특성 및 지방산도와는 통계적으로 유의한 상관관계를 나타냈다. 이는 밥의 응집성과 setback이 유의한 상관관계를 나타냈다는 Elaine *et al.* (1999)의 보고와 일치하는 결과를 보였다. 저장 기간 동안 정조의 함수율은 ADV, 도요윤기치, 밥의 호화특성, 씹힘성을 제외한 조직감, 지방산도와는 통계적으로 유의한 상관성을 나타냈으나 지방산 조성과는 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내지 않았다. 품종, 저장온도 및 저장기간에 따른 쌀의 이화학적 특성 및 지방산도의 변화는 종자의 함수율과 연관성이 있으므로 저장 중 쌀의 품질 유지를 위해 종자의 수분함량을 유지시키는데 노력해야 할 것으로 생각된다. 저장 중 밥맛의 변화와 연관성이 깊을 것으로 생각되는 밥의 호화특성은 지방산도 및 포화지방산과 통계적으로 유의한 상관관계를 나타내고 밥의 조직감 또한 지방산도와 유의한 상관관계를 나타내므로 저장 중 지방산 관련 특성 및 쌀의 이화학적 특성과의 연관성에 대한 좀더 면밀한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

저장에 따른 쌀의 이화학적 특성의 변화

정조저장 기간 동안 상온에서 저장한 경우 정조의 함수율 변화는 크지 않았으나 저온저장의 경우에는 팬을 이용해 공기를 순환하여 온도를 15°C로 유지하는 저장시설에서 PP (polypropylene)포대에 정조상태로 저장되어 습도 유지에 어려움이 있었으며 저장 12개월 후에는 정조의 함수율이 낮게 유지되었다. 저장 중 쌀의 이화학적 특성의 변화는 종자의 함수율과 상관성이 있고(Table 2) 품종, 저장온도 및

저장기간에 따른 영향 뿐만 아니라 서로 상호작용 효과가 있으므로 저장온도 및 저장기간에 따른 품종 및 저장조건의 차이를 단일효과로 표현하기에는 어려움이 있다. 정조 저장 중 쌀의 이화학적 특성 및 지방산의 변화는 품종 간 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 쌀의 지방산도 변화는 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 정조 저장 중 저장온도에 따른 밥의 탄력성 및 쌀의 포화지방산 함량을 제외한 쌀의 이화학적 특성의 변화는 저장온도에 따라 통계적으로 유의한 차

Table 2. Correlation coefficients among physicochemical properties of milled rice during storage of rough rice at different temperatures.

	ADV ^z	Toyo	PV	BD	SB	HD	AH	SG	CH	CW	FA	SFA
Toyo	0.1266											
PV	-0.2009*	-0.2996***										
BD	-0.1349	-0.3777***	0.9256***									
SB	0.2537**	0.2569**	-0.8933***	-0.9688***								
HD	-0.2958***	-0.3824***	0.2343**	0.2482**	-0.1832*							
AH	0.2626**	-0.1090	-0.1024	0.0297	-0.0171	-0.5992***						
SG	0.0004	-0.3077***	0.2790***	0.2714**	-0.1717*	0.4527***	-0.4010***					
CH	0.1051	-0.0618	0.3745***	0.3688***	-0.3382***	-0.1126	0.1416	0.4688***				
CW	-0.1987*	-0.3678***	0.3974***	0.4010***	-0.3206***	0.8026***	-0.4926***	0.7793***	0.4670***			
FA	0.0936	0.1445	-0.6344***	-0.5788***	0.5302***	-0.2254**	0.2210**	-0.3213***	-0.2252**	-0.3345***		
SFA	0.1286	-0.0585	0.3901***	0.3556***	-0.2869***	0.1264	-0.1492	0.1570	-0.0172	0.1143	-0.3043***	
MCR	0.3177***	0.3438***	-0.3868***	-0.352***	0.286***	-0.704***	0.2585**	-0.324***	-0.1004	-0.648***	0.2266**	-0.0812

^zADV; Alkali digestion value, Toyo; Toyo glossiness value, PV; Peak viscosity, BD; Breakdown, SB; Setback, HD; Hardness, AH; Adhesiveness, SG; Springiness, CH; Cohesiveness, CW; Chewiness, FA; Fat acidity, SFA; Saturated fatty acid, MCR; Moisture contents of rough rice

*, Significant at P < 0.05, **, P<0.01, ***, P<0.001.

Table 3. F value by ANOVA of physicochemical properties of milled rice treated by variety, storage temperature and period.

	ADV ^z	Toyo	BD	SB	HD	AH	SG	CH	CW	FA	SFA
Variety	73.13**	210.33***	52.43***	148.87***	2699.53***	9.22***	4.85**	4.33**	2.96*	1.21	63.21***
Period	9.17***	133.11***	1088.33***	817.19***	142.42***	6.06***	6.34***	3.75**	24.94***	86.22***	68.47***
Temperature	29.55***	13.93***	225.46***	167.53***	14.27***	77.92***	1.02	16.13***	22.24***	2.97	0.68
replication	1.91	0.17	0.65	0.31	1.85	0.80	1.10	0.00	0.73	2.06	0.96
Variety*Period	3.57***	11.06***	6.14***	8.35***	21.99***	2.03*	1.16	1.82*	2.40**	1.21	8.13***
Variety*Temperature	2.35	9.55***	2.83*	4.08**	18.86***	1.59	1.09	0.69	0.51	0.69	1.00
Period*Temperature	9.22***	14.36***	47.76***	29.86***	5.25***	6.76***	5.49***	11.00***	25.62***	1.13	4.76**
Variety*Period*Temperature	1.19	10.08***	5.67***	8.11***	11.13***	1.22	1.00	1.09	2.82***	1.30	1.76*

^zADV; Alkali digestion value, Toyo; Toyo glossiness value, BD; Breakdown, SB; Setback, HD; Hardness, AH; Adhesiveness, SG; Springiness, CH; Cohesiveness, CW; Chewiness, FA; Fat acidity of milled rice, SFA; Saturated fatty acid of milled rice, MCR; Moisture contents of rough rice

*, Significant at P < 0.05, **, P<0.01, ***, P<0.001 by ANOVA.

이를 나타냈다. 또한 정조 저장 중 저장기간에 따른 쌀의 이화학적 특성, 지방산도 및 포화지방산 함량은 저장기간에 따라 통계적으로 유의한 변화를 나타냈다(Table 3). 밥의 경도, 부착성, 탄력성, 응집성 및 씹힘성 등의 밥의 조직감은 응집성을 제외한 나머지 특성들 간에 통계적으로 유의한 상관성이 나타났(Table 2). 밥의 조직감은 상온저장보다 오히려 저온저장에서 그 변이폭이 약간 커 보였는데 이는 저온저장 중 수분함량의 변화와 연관성이 있을 것으로 생각되며 밥의 씹힘성과 고도로 유의한 정의 상관관계를 나타내고 밥의 부착성과 부의 상관관계를 나타내는 밥의 경도는 상온저장에서 신동진 품종이 저장전에 비해 저장기간 오래될수록 대체로 높게 유지되었고 저온저장에서는 신동진, 추청, 히포메보레 품종이 높게 유지되었다. 또한 저장기간이 길어질수록 밥의 경도는 증가하였는데 이는 Tananuwong *et al.* (2011) 및 Sirisoontaralak & Noomhorm (2007)의 보고와 같은 결과를 나타냈다. 밥의 탄력성과 정의 상관관계가 있었던 밥의 응집성은 저장전과 비교해서 저장온도 및 저장기

간에 따라 품종간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다(Fig. 1). 저장 중 저장온도가 높을수록 밥의 경도 및 응집성은 증가하고 밥의 부착성은 감소하며 저장기간이 길수록 밥의 경도 및 응집성은 감소하고 밥의 부착성은 증가한다는 Park *et al.* (2012)의 보고와는 다소 차이를 나타냈는데 이는 종자의 함수율과 연관성이 있을 것으로 생각된다.

Table 4에서 보는 바와 같이 일반적으로 밥맛과 부의 상관관계를 나타내는 ADV는 품종, 저장기간에 따라 다소 차이는 있으나 저장온도에 의한 영향은 미미하였다. 저장전 ADV 값은 추청, 신동진, 일미, 히포메보레, 호품 순으로 높은 값을 나타냈으며 일미와 추청의 경우는 저장온도 및 저장기간에 따른 변화가 거의 없었고 신동진, 호품 및 히포메보레의 경우는 상온저장의 경우 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않은 반면 저온저장의 경우 저장기간이 길어질수록 ADV 값은 작아지는 경향을 보였다.

또한 밥맛과 정의 상관관계를 나타내는 도요유효기치의 경우 저장전 히포메보레, 추청, 신동진, 호품, 일미 순으로 높

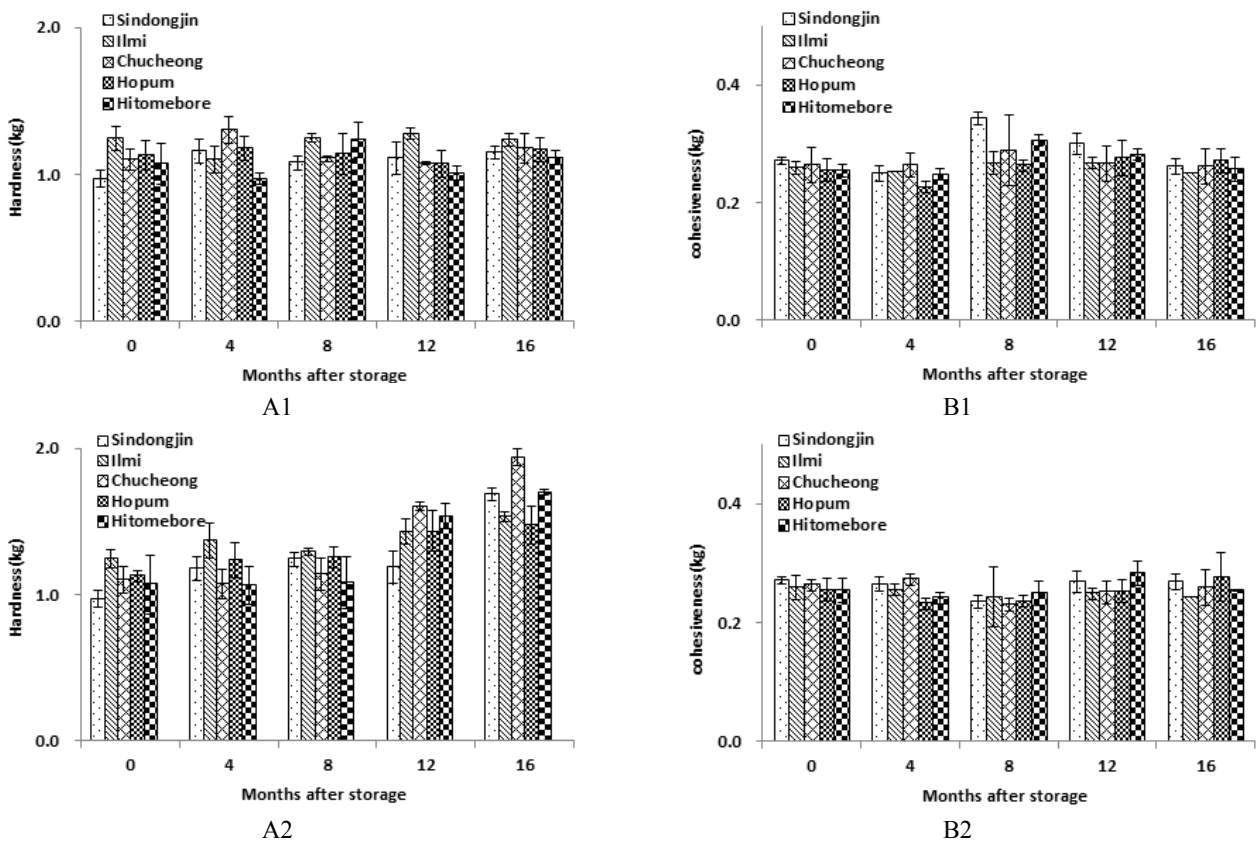


Fig. 1. Changes of hardness and cohesiveness of cooked-rice stored at ambient and low temperature (15°C) among tested varieties according to storage periods of rough rice. A1; Hardness under storage at ambient temperature condition, A2; Hardness under storage at low temperature (15°C) condition, B1; Cohesiveness under storage at ambient temperature condition, B2; Cohesiveness under storage at low temperature (15°C) condition.

Table 4. Changes of alkali digestion value and Toyo glossiness value of milled rice among varieties of rough rice at different storage temperatures and periods.

	Variety	Storage temperature ^z	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
Alkali digestion value	Sindongjin	ATC	5.6±0.09b(1)	6.2±0.77a(1)	5.8±0.06b(1)	5.7±0.24bc(1)	5.4±0.20b(1)	
		LTC	5.6±0.09b(2)	6.3±0.29v(1)	5.7±0.44w(12)	5.3±0.22w(23)	4.8±0.56w(3)	
	Ilmi	ATC	5.3±0.06c(1)	5.1±0.64a(1)	5.6±0.08bc(1)	5.3±0.17cd(1)	5.4±0.20b(1)	
		LTC	5.3±0.06c(1)	5.1±0.39w(1)	5.1±0.34wx(1)	4.9±0.70wx(1)	4.7±0.25w(1)	
	Chucheong	ATC	6.7±0.08a(1)	5.4±0.94a(2)	6.9±0.06a(1)	6.9±0.06a(1)	6.6±0.44a(1)	
		LTC	6.7±0.08a(1)	6.4±0.87v(1)	6.5±0.50v(1)	6.9±0.15v(1)	5.7±0.88v(1)	
	Hopum	ATC	5.2±0.06c(1)	5.2±0.96a(1)	5.5±0.08c(1)	5.2±0.26d(1)	5.0±0.00b(1)	
		LTC	5.2±0.06c(1)	5.1±0.49w(1)	4.6±0.28x(12)	4.3±0.44x(2)	4.1±0.21w(2)	
	Hitomebore	ATC	5.3±0.11c(2)	5.7±0.14a(1)	5.8±0.10b(1)	5.8±0.14b(1)	5.1±0.03b(2)	
		LTC	5.3±0.11c(12)	5.8±0.12vw(1)	4.9±0.47x(23)	4.2±0.17x(4)	4.6±0.36w(34)	
	Toyo value	Sindongjin	ATC	74.2±1.57c(1)	69.4±2.07b(2)	67.1±1.37b(2)	67.8±1.23b(2)	66.9±1.25ab(2)
			LTC	74.2±1.57c(1)	59.6±6.21y(3)	70.4±1.37w(12)	68.1±0.20w(2)	66.1±0.87w(2)
Ilmi		ATC	63.3±1.09d(2)	68.3±2.14b(1)	60.5±1.39c(3)	59.6±0.66c(3)	58.9±0.95d(3)	
		LTC	63.3±1.09d(2)	63.0±0.60y(2)	67.2±0.40x(1)	62.1±1.02y(2)	59.6±0.49y(3)	
Chucheong		ATC	76.0±0.46b(1)	61.4±0.83c(4)	68.7±1.13ab(2)	66.6±1.48b(3)	62.7±1.01c(4)	
		LTC	76.0±0.46b(1)	73.2±1.37vw(2)	70.8±2.12w(3)	68.3±0.68w(4)	64.1±0.64x(5)	
Hopum		ATC	74.9±0.78bc(1)	67.9±3.23b(2)	66.1±2.04b(2)	68.8±1.41b(2)	66.1±0.82b(2)	
		LTC	74.9±0.78bc(1)	68.8±1.23w(3)	71.9±0.88w(2)	66.3±0.22x(4)	63.7±1.12x(5)	
Hitomebore		ATC	79.3±0.29a(1)	75.2±0.30a(2)	70.9±0.25a(3)	71.9±1.18a(3)	69.4±2.85a(3)	
		LTC	79.3±0.29a(1)	77.5±1.57v(2)	76.7±0.27v(2)	69.8±0.92v(3)	70.2±0.70v(3)	

^zATC; Ambient Temperature Condition, LTC; Low Temperature Condition(15°C)

*Means followed by the same letter in each column divided into storage temperature and the same number within parentheses in a low are not significantly different by DMRT(P < 0.05).

은 값을 나타냈다. 저장초기에는 품종 및 저장온도에 따른 품종간 차이는 크지 않았고 저장 후 4개월 이후부터 상온 및 저온저장 모두 도요윤기치 값이 떨어지는 경향이었으며 오히려 저온저장의 경우 그 값의 변화가 심하였다. 그러나 신동진은 상온 및 저온저장 모두 저장 4개월 후 도요윤기치 값이 감소한 이후 저장기간이 길어져도 도요윤기치 값의 차이는 통계적으로 유의하게 나타나지 않은 반면 추청, 호품의 경우는 저장기간이 길어질수록 도요윤기치가 지속적으로 감소하는 경향을 나타냈다.

저장온도별 저장기간에 따른 품종간 신속점도계에 의한 호화점도 특성의 변화를 조사한 결과는 Table 5와 같다. 밥의 호화특성은 저온저장에 비해 상온저장에서 그 변이폭이 컸으며 저장기간이 길어질수록 저장전보다 최종점도(peak viscosity), 강하점도(breakdown) 및 치반점도(setback)의 변이폭이 품종간 뚜렷한 차이를 보였다. 상온저장에서 신동

진, 호품, 히토메보레 품종은 일미와 추청에 비해 저장기간이 길어질수록 저장전보다 최고점도가 유의하게 높게 나타났고 저온저장의 경우에도 다소 높아지는 경향이었다. 강하점도 또한 상온저장시 저장전보다 저장기간이 길어질수록 높아졌으며 특히 신동진 및 호품의 경우 각각 저장전 72, 55 RVU에서 상온저장 16개월 후에는 약 150 RVU로 강하점도가 상당히 높아졌으나 저온저장에서는 그 변이 폭이 작았다. 추청과 일미, 호품, 신동진, 히토메보레 순으로 저장온도와 큰 상관없이 저장전보다 저장기간이 길어질수록 치반점도는 낮게 나타났고(Table 6). 대부분의 보고에 따르면 저장기간이 길어질수록 최종점도 및 치반점도는 높아지고 강하점도는 낮아진다고 하였는데(Shin *et al.*, 1991; Zhou *et al.*, 2003a; Soponronnarit *et al.*, 2008; Park *et al.*, 2012; Kanlayakrit & Maweng, 2013) 본 실험에서는 저장기간이 길어질수록 강하점도는 높아지고 치반점도는 낮아지는 경

Table 5. Changes of pasting properties of milled rice among varieties of rough rice stored at different temperatures and periods.

Pasting properties ^z	Variety	Storage temperature ^y	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
Peak viscosity	Sindongjin	ATC	187±5.3b(3)	182±5.5d(3)	286±4.7a(1)	294±7.4a(1)	271±11.4a(2)	
		LTC	187±5.3b(4)	206±0.9v(3)	239±5.6w(2)	266±1.8w(1)	270±3.7vw(1)	
	Ilmi	ATC	180±4.9c(5)	204±2.8b(4)	262±5.5b(1)	254±0.9b(2)	244±2.5c(3)	
		LTC	180±4.9c(4)	182±6.0x(4)	225±2.2x(3)	255±1.4x(1)	243±4.3x(2)	
	Chucheong	ATC	175±1.7d(2)	192±5.9c(2)	259±1.8b(1)	264±16.2b(1)	256±8.4bc(1)	
		LTC	175±1.7d(4)	178±6.7x(4)	210±10.8y(3)	244±2.4y(2)	265±3.4w(1)	
	Hopum	ATC	176±2.4cd(4)	206±3.3b(3)	285±4.8a(1)	290±5.2a(1)	267±3.7ab(2)	
		LTC	176±2.4cd(5)	191±2.8w(4)	234±3.1wx(3)	284±1.4v(1)	260±8.6w(2)	
	Hitomebore	ATC	195±1.0a(4)	218±2.2a(3)	294±7.4a(1)	301±3.0a(1)	274±3.9a(2)	
		LTC	195±1.0a(3)	198±2.6vw(3)	250±3.5v(2)	287±8.2v(1)	283±10.6v(1)	
	Breakdown	Sindongjin	ATC	72±2.9a(2)	67±8.4b(2)	143±0.5a(1)	148±1.0a(1)	153±13.9a(1)
			LTC	72±2.9a(5)	83±3.1v(4)	106±4.0v(3)	120±3.0v(2)	147±1.1v(1)
Ilmi		ATC	61±3.3b(4)	87±3.5a(3)	116±5.4c(2)	123±3.8b(2)	135±4.5a(1)	
		LTC	61±3.3b(3)	68±5.5wx(3)	93±5.7v(2)	106±3.0w(1)	107±5.0x(1)	
Chucheong		ATC	53±2.6c(4)	70±5.4b(3)	123±5.7bc(2)	126±12.9b(12)	137±4.8a(1)	
		LTC	53±2.6c(5)	66±3.7y(4)	90±6.4v(3)	105±2.4w(2)	140±3.5w(1)	
Hopum		ATC	55±3.3c(5)	74±4.5b(4)	122±9.9bc(3)	137±4.8ab(2)	151±8.6a(1)	
		LTC	55±3.3c(5)	70±6.6wx(4)	91±8.3v(3)	105±8.2w(2)	135±2.7w(1)	
Hitomebore		ATC	69±2.4a(4)	87±4.2a(3)	131±7.5ab(2)	146±6.7a(1)	137±4.4a(12)	
		LTC	69±2.4a(5)	77±1.8vw(4)	100±3.2v(3)	119±3.1v(2)	151±4.0v(1)	
Setback		Sindongjin	ATC	13.9±2.80c(2)	26.7±5.4a(1)	-44.2±1.02c(3)	-48.7±1.19b(34)	-58±14.92a(4)
			LTC	13.9±2.80c(1)	7.4±2.56wx(2)	-16.5±2.56x(3)	-25.1±2.82x(4)	-53.1±2.18y(5)
	Ilmi	ATC	25.1±1.32b(1)	3.3±2.40b(2)	-11.4±4.89a(3)	-20.3±3.71a(4)	-38.7±5.88a(5)	
		LTC	25.1±1.32b(1)	21.9±3.19v(1)	-1.0±2.99w(2)	-3.9±3.21vw(2)	-6.1±3.73v(2)	
	Chucheong	ATC	35.9±1.71a(1)	20.6±3.60a(1)	-14.3±5.95a(2)	-15.9±8.85a(3)	-30.9±8.50a(4)	
		LTC	35.9±1.71a(1)	28.6±0.63v(1)	8.9±4.05v(2)	0.7±2.03v(2)	-29.7±6.48w(3)	
	Hopum	ATC	22.3±4.38b(1)	10.9±4.25b(1)	-26.1±8.16b(2)	-40.9±5.19b(3)	-58.2±10.22a(4)	
		LTC	22.3±4.38b(1)	11.2±6.87w(2)	-8.0±6.07w(3)	-10.4±5.47w(3)	-42.2±4.42x(4)	
	Hitomebore	ATC	7.7±1.70d(1)	-5.9±3.94c(2)	-36.2±5.48bc(3)	-49.7±6.11b(4)	-42.6±7.22a(34)	
		LTC	7.7±1.70d(1)	2.2±0.91x(2)	-17.6±1.32x(3)	-24.5±2.68x(4)	-59±2.61y(5)	

^zConsistency=final-minimum viscosity, Breakdown=peak-minimum viscosity, Setback=final-peak viscosity.

^yATC: Ambient Temperature Condition, LTC: Low Temperature Condition (15°C)

*Means followed by the same letter in each column divided into storage temperature and the same number within parentheses in a low are not significantly different by DMRT (P < 0.05).

향으로 반대의 결과를 보였으나 저장 3개월 후에 최고점도 및 최종점도가 증가하였다는 Perdon *et al.* (1997)의 보고와는 같은 결과를 얻었다. 또한 분석 시점에서 품종 간 비교하면 밥맛이 좋은 품종이 강하점도가 높고 치반점도가 낮은 경향을 나타내어 밥의 호화점도 특성과 밥맛에 관여하는 요

인과도 깊은 연관성이 있을 것이라 생각되며 좀 더 세밀한 검토가 필요할 것이다.

현미 및 백미의 지방산도 및 지방산 조성의 변화

현미의 지방산도는 저온저장보다 상온저장의 경우에 저

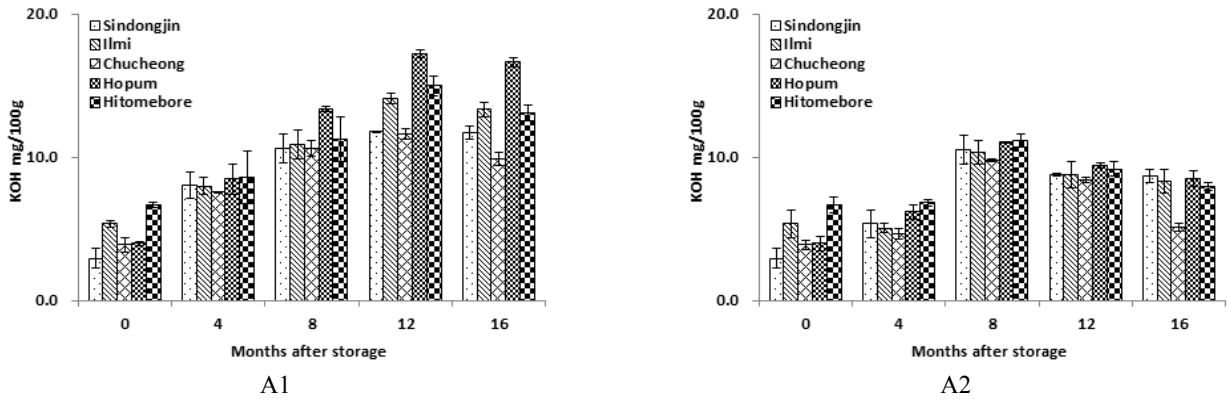


Fig. 2. Changes of fat acidity of brown rice and milled rice among varieties of rough rice stored at different temperatures and periods. A; brown rice (A1; stored at ambient temperature, A2; stored at low temperature (15°C)).

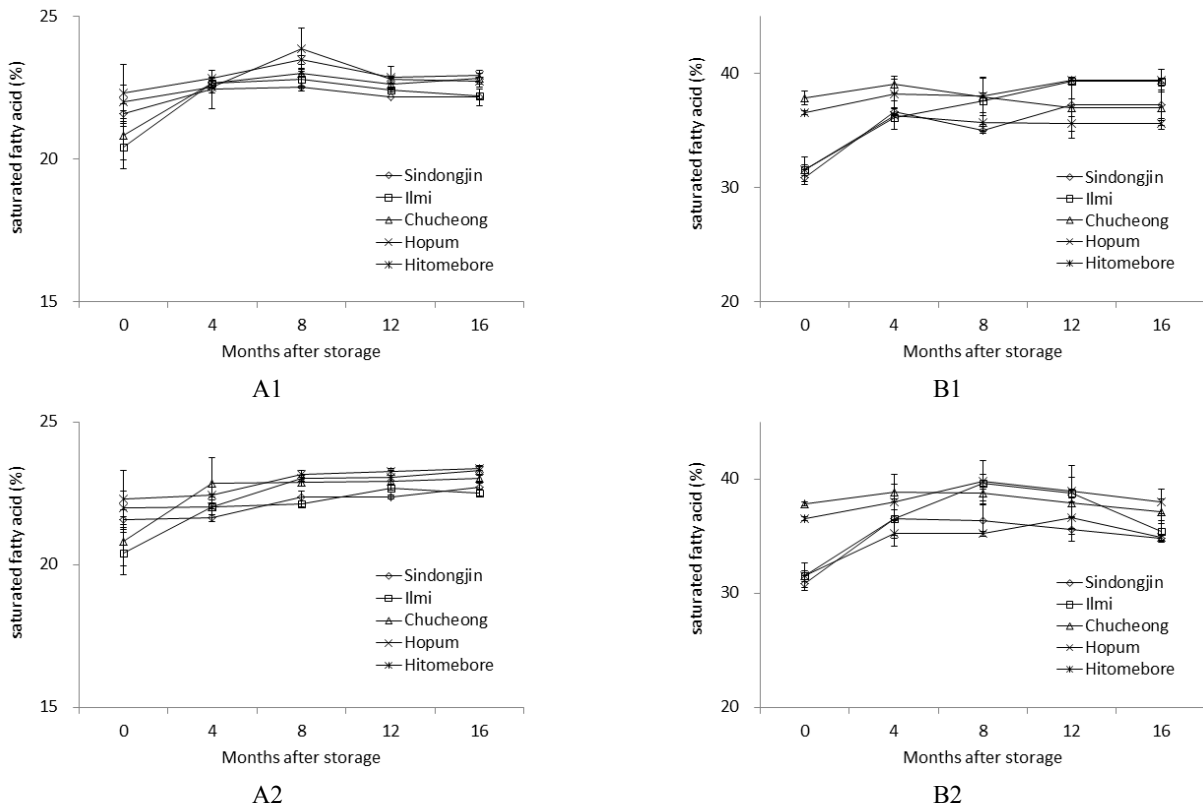


Fig. 3. Changes of saturated fatty acid of milled rice among varieties of rough rice stored at different temperatures and periods. A; brown rice(A1; stored at ambient temperature, A2; stored at low temperature(15°C)), B; milled rice(B1; stored at ambient temperature, B2; stored at low temperature(15°C)).

장전과 비교하여 저장기간이 길어질수록 그 증가폭이 컸고 상온저장, 저온저장 모두 신동진, 호품 품종이 추청, 일미 및 히토메보레 품종에 비해 높은 경향을 나타냈다(Fig. 2). 이는 현미의 지방산도는 보통 저장온도가 높을수록, 저장기간이 길어질수록 높아진다는 Kim *et al.* (2007), Ha *et al.* (2006)의 결과와 같은 경향을 나타냈다. 현미의 지방산도는

저장기간이 길어질수록 품종 간 큰 차이를 보였으며 일미 품종의 경우 백미의 지방산도는 저장전에 비해 다른 품종들보다 높게 유지되었다(Fig. 2). 같은 무게비율로 도정을 하더라도 도정 후 낱알마다 덜 깎인 미강층의 비율이 지방산도 값에 더 크게 영향을 주기 때문에 저장 중 수분관리 및 도정할 때 주의를 기울여야 한다. 각각의 지방산 조성 중 현

Table 6. Changes of fatty acid compositions of brown rice among varieties of rough rice according to storage periods at different storage temperatures.

Fatty acid composition	Variety	Storage temperature ^z	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
14:0 (Myristic acid)	Sindongjin	ATC	-	-	0.72±0.009b(1)	0.67±0.009b(12)	0.64±0.032a(2)	
		LTC	-	-	0.67±0.067w(1)	0.69±0.006v(1)	0.66±0.006w(1)	
	Ilmi	ATC	-	-	0.49±0.016d(1)	0.47±0.014d(1)	0.41±0.010c(2)	
		LTC	-	-	0.46±0.009x(1)	0.45±0.006x(1)	0.42±0.017y(2)	
	Chucheong	ATC	-	-	0.48±0.014d(1)	0.47±0.013d(1)	0.42±0.015c(2)	
		LTC	-	-	0.47±0.012x(1)	0.47±0.005x(1)	0.43±0.000y(2)	
	Hopum	ATC	-	-	0.81±0.066a(1)	0.74±0.012a(12)	0.66±0.025a(2)	
		LTC	-	-	0.75±0.013v(1)	0.71±0.032v(1)	0.68±0.017v(1)	
	Hitomebore	ATC	-	-	0.65±0.014c(1)	0.62±0.041c(1)	0.56±0.006b(1)	
		LTC	-	-	0.62±0.009w(1)	0.60±0.016w(1)	0.57±0.006x(2)	
	16:0 (Palmitic acid)	Sindongjin	ATC	20.0±0.17a(23)	20.9±0.76a(1)	20.1±0.02c(12)	19.9±0.00b(23)	19.3±0.33c(3)
			LTC	20.0±0.17a(1)	20.0±0.08v(1)	20.0±0.17w(1)	20.0±0.07w(1)	19.8±0.11w(1)
Ilmi		ATC	18.9±0.41a(4)	21.1±0.18a(1)	20.7±0.38bc(12)	20.3±0.03a(2)	19.6±0.08bc(3)	
		LTC	18.9±0.41a(3)	20.4±0.15v(12)	20.1±0.12w(2)	20.6±0.07v(1)	20.0±0.10w(2)	
Chucheong		ATC	19.7±0.53a(4)	21.1±0.09a(1)	20.9±0.04ab(12)	20.5±0.19a(23)	20.1±0.32a(34)	
		LTC	19.7±0.53a(1)	21.1±0.89v(1)	20.7±0.10v(1)	20.8±0.14v(1)	20.4±0.10v(1)	
Hopum		ATC	20.5±0.45a(23)	20.9±0.24a(12)	21.4±0.66a(1)	20.4±0.10a(23)	19.8±0.12ab(3)	
		LTC	20.5±0.45a(1)	20.3±0.25v(1)	20.7±0.09v(1)	20.7±0.21v(1)	20.4±0.12v(1)	
Hitomebore		ATC	20.8±1.23a(1)	21.0±0.06a(1)	21.0±0.15ab(1)	20.4±0.33a(1)	19.8±0.07ab(1)	
		LTC	20.8±1.23a(1)	20.5±0.09v(1)	20.7±0.12v(1)	20.8±0.11v(1)	20.3±0.08v(1)	
18:0 (Stearic acid)		Sindongjin	ATC	1.59±0.176a(1)	1.55±0.070bc(1)	1.66±0.013b(1)	1.64±0.008b(1)	1.63±0.029c(1)
			LTC	1.59±0.176a(1)	1.67±0.041xy(1)	1.71±0.121w(1)	1.64±0.005w(1)	1.63±0.006wx(1)
	Ilmi	ATC	1.52±0.339a(1)	1.50±0.006c(1)	1.62±0.006c(1)	1.60±0.005d(1)	1.60±0.006c(1)	
		LTC	1.52±0.339a(1)	1.63±0.021y(1)	1.62±0.025w(1)	1.62±0.007x(1)	1.58±0.026y(1)	
	Chucheong	ATC	1.14±0.328a(2)	1.59±0.032b(1)	1.65±0.002b(1)	1.63±0.010bc(1)	1.69±0.015b(1)	
		LTC	1.14±0.328a(2)	1.76±0.015w(1)	1.66±0.016w(1)	1.64±0.006w(1)	1.65±0.025w(1)	
	Hopum	ATC	1.44±0.163a(1)	1.56±0.038bc(1)	1.62±0.021c(1)	1.61±0.017cd(1)	1.61±0.006c(1)	
		LTC	1.44±0.163a(2)	1.70±0.025x(1)	1.62±0.005w(1)	1.62±0.010x(1)	1.62±0.012x(1)	
	Hitomebore	ATC	1.51±0.392a(1)	1.78±0.014a(1)	1.85±0.009a(1)	1.84±0.012a(1)	1.88±0.049a(1)	
		LTC	1.51±0.392a(1)	1.90±0.047v(1)	1.87±0.013v(1)	1.82±0.004v(1)	1.87±0.012v(1)	
	18:1 (Oleic acid)	Sindongjin	ATC	39.3±0.40b(1)	36.4±1.17c(2)	38.1±0.03bc(1)	38.4±0.06c(1)	38.3±0.28d(1)
			LTC	39.3±0.40b(1)	38.4±0.49v(2)	38.5±0.60w(2)	38.3±0.06y(2)	37.9±0.11x(2)
Ilmi		ATC	41.3±0.66a(1)	37.4±0.24ab(3)	39.4±0.40a(2)	39.6±0.09a(2)	39.8±0.02a(2)	
		LTC	41.3±0.66a(1)	39.6±0.38v(2)	39.9±0.16v(2)	39.6±0.09v(2)	39.4±0.17v(2)	
Chucheong		ATC	41.0±1.09a(1)	36.6±0.35bc(3)	37.7±0.09c(2)	38.0±0.20d(2)	38.0±0.09d(2)	
		LTC	41.0±1.09a(1)	38.3±0.95v(2)	37.8±0.03x(2)	37.9±0.09z(2)	37.7±0.08x(2)	
Hopum		ATC	39.7±0.83ab(1)	37.6±0.47a(3)	38.4±0.51b(23)	39.1±0.06b(12)	39.0±0.11b(12)	
		LTC	39.7±0.83ab(1)	39.4±0.33v(1)	38.9±0.23w(1)	38.9±0.22w(1)	38.7±0.17w(1)	
Hitomebore		ATC	38.4±0.97b(1)	37.4±0.21ab(1)	38.5±0.22b(1)	38.9±0.44b(1)	38.8±0.06c(1)	
		LTC	38.4±0.97b(1)	38.8±0.85v(1)	38.8±0.13w(1)	38.5±0.18x(1)	38.6±0.03w(1)	

Table 6. Changes of fatty acid compositions of brown rice among varieties of rough rice according to storage periods at different storage temperatures (continue).

Fatty acid composition	Variety	Storage temperature ^z	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
18:2 (Linoleic acid)	Sindongjin	ATC	38.2±0.25a(1)	37.9±0.66a(1)	37.7±0.04a(1)	37.7±0.05a(1)	37.5±0.10a(1)	
		LTC	38.2±0.25a(1)	37.2±0.23vw(1)	37.4±0.89v(1)	37.6±0.09v(1)	37.3±0.02v(1)	
	Ilmi	ATC	36.7±0.51a(12)	36.9±0.04b(1)	36.2±0.04b(3)	36.4±0.04b(23)	36.0±0.06c(3)	
		LTC	36.7±0.51a(1)	36.6±0.40x(1)	36.3±0.06w(1)	36.1±0.06x(1)	36.1±0.26w(1)	
	Chucheong	ATC	37.2±0.63a(1)	37.7±0.30a(1)	37.6±0.03a(1)	37.8±0.11a(1)	37.1±0.22b(1)	
		LTC	37.2±0.63a(1)	37.5±0.11v(1)	37.6±0.12v(1)	37.6±0.12v(1)	37.2±0.02v(1)	
	Hopum	ATC	37.0±0.12a(1)	36.4±0.30c(2)	36.0±0.26b(2)	36.4±0.12b(2)	36.1±0.03c(2)	
		LTC	37.0±0.12a(1)	36.4±0.12x(2)	36.2±0.14w(2)	36.3±0.08wx(2)	35.8±0.08wx(3)	
	Hitomebore	ATC	36.7±1.49a(1)	36.2±0.17c(1)	36.2±0.08b(1)	36.4±0.09b(1)	36.0±0.12c(1)	
		LTC	36.7±1.49a(1)	36.7±0.48wx(1)	36.3±0.05w(1)	36.4±0.09w(1)	35.7±0.09x(1)	
	18:3 (Linolenic acid)	Sindongjin	ATC	0.87±0.214b(2)	1.20±0.046c(1)	1.16±0.012c(1)	1.15±0.007d(1)	1.15±0.012d(1)
			LTC	0.87±0.214b(2)	1.14±0.008v(1)	1.22±0.063wx(1)	1.16±0.010y(1)	1.14±0.015y(1)
Ilmi		ATC	0.96±0.025b(1)	1.24±0.005b(2)	1.15±0.011c(34)	1.17±0.007c(3)	1.14±0.000d(4)	
		LTC	0.96±0.025b(1)	0.92±0.424v(2)	1.17±0.009x(2)	1.16±0.008y(2)	1.16±0.021xy(2)	
Chucheong		ATC	0.96±0.197ab(1)	1.24±0.029b(2)	1.20±0.007b(2)	1.21±0.013c(2)	1.17±0.015c(2)	
		LTC	0.96±0.197ab(1)	1.18±0.006v(1)	1.20±0.010x(1)	1.20±0.012x(1)	1.19±0.000x(1)	
Hopum		ATC	1.35±0.412ab(1)	1.31±0.025a(1)	1.22±0.024b(1)	1.23±0.012b(1)	1.22±0.006b(1)	
		LTC	1.35±0.412ab(1)	1.26±0.015v(1)	1.26±0.001vw(1)	1.25±0.005w(1)	1.22±0.012w(1)	
Hitomebore		ATC	2.01±0.593a(1)	1.30±0.017a(2)	1.29±0.003a(2)	1.30±0.008a(2)	1.26±0.006a(2)	
		LTC	2.01±0.593a(1)	1.28±0.005v(2)	1.29±0.004v(2)	1.29±0.003v(2)	1.26±0.006v(2)	

^zATC: Ambient Temperature Condition, LTC: Low Temperature Condition (15°C)

*Means followed by the same letter in each column divided into storage temperature and the same number within parentheses in a low are not significantly different by DMRT (P < 0.05).

미의 oleic acid와 백미의 linoleic acid를 제외한 모든 지방산은 저장온도에 따라 유의한 차이는 나타나지 않았으나 품종 및 저장기간에 따라 유의한 차이를 나타냈고 품종 및 저장기간에 의한 상호작용 효과가 나타났다. 또한 현미 및 백미의 포화지방산 함량의 경우에도 저장온도에 따라 유의한 차이는 없었으나 품종 및 저장기간에 따라 유의한 차이를 보였으며 품종 및 저장기간의 상호작용 효과도 인정되었다 (Table 3). 따라서 저장기간에 따른 지방산 조성의 변화를 품종 간 차이만으로 표현하기는 어렵지만 저장기간이 길어질수록 품종에 따라 다른 경향을 나타냈다. 일미와 추청은 저장 전 현미의 지방산 중 포화지방산 함량이 각각 20.4% 및 20.8%로 낮았으나 저장기간이 경과할수록 다른 품종과 비슷한 수준으로 높아지는 경향이였다. 반면 신동진, 일미 및 히토메보레의 경우는 그 함량이 각각 21.6%, 22.0% 및 22.3%였고 저장기간이 경과하더라도 저장전과 비슷한 함

량을 유지하였다(Fig. 3. A1, 2). 또한 저장 전 백미의 포화 지방산 함량은 추청과 히토메보레가 각각 37.8% 및 36.5%로 다른 품종에 비해 높았고 저장기간이 경과하더라도 상온 저장 및 저온저장 모두 저장 전과 비슷한 함량을 유지하였다. 그러나 신동진, 일미 및 호품의 경우는 저장 전 포화지방산의 함량이 각각 30.9%, 31.5% 및 31.6%였고 저장기간이 경과할수록 그 함량의 변화가 컸다(Fig. 3. B1, 2). 현미의 저장 전 지방산 조성은 5품종을 평균하면 oleic acid의 함량이 40.0%로 가장 많았고 linoleic acid, palmitic acid의 함량은 각각 37.1%, 20.0%였고 백미의 저장 전 지방산 조성은 linoleic acid, palmitic acid, oleic acid 함량이 각각 34.7%, 30.1% 및 28.1%로(Table 6, 7) Kim *et al.* (1996)의 보고와는 다소 차이가 있었으나 백미 지방산의 경우 Zhou *et al.* (2003b)과는 같은 결과를 나타냈다. 현미 및 백미의 지방산 조성의 품종, 저장온도 및 저장기간에 따른 분석결

Table 7. Changes of fatty acid compositions of milled rice among varieties of rough rice according to storage periods at different storage temperatures.

Fatty acid composition	Variety	Storage temperature ^z	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
14:0 (Myristic acid)	Sindongjin	ATC	-	2.16±0.187a(1)	2.21±0.014a(1)	2.40±0.292a(1)	2.25±0.195a(1)	
		LTC	-	2.33±0.184v(12)	2.41±0.119v(1)	2.11±0.150v(23)	1.88±0.038v(3)	
	Ilmi	ATC	-	1.18±0.109d(2)	1.59±0.130c(1)	1.64±0.005c(1)	1.65±0.038c(1)	
		LTC	-	1.38±0.084x(23)	1.64±0.161x(1)	1.47±0.008w(12)	1.20±0.072y(3)	
	Chucheong	ATC	-	1.52±0.041c(1)	1.62±0.143c(1)	1.49±0.075c(1)	1.42±0.117d(1)	
		LTC	-	1.60±0.035x(1)	1.68±0.016x(1)	1.47±0.084w(2)	1.33±0.046x(3)	
	Hopum	ATC	-	1.97±0.172ab(1)	2.10±0.047ab(1)	2.05±0.094b(1)	2.02±0.045b(1)	
		LTC	-	2.00±0.141w(1)	2.09±0.055w(1)	1.91±0.136v(1)	1.74±0.030w(1)	
	Hitomebore	ATC	-	1.83±0.115b(2)	2.00±0.040b(2)	2.18±0.075ab(1)	1.93±0.131b(2)	
		LTC	-	2.11±0.104vw(12)	2.33±0.113v(1)	1.91±0.192v(23)	1.83±0.085v(3)	
	16:0 (Palmitic acid)	Sindongjin	ATC	28.0±0.63c(3)	32.8±0.32b(12)	31.1±0.27c(2)	33.2±2.08bc(1)	31.2±0.73c(2)
			LTC	28.0±0.63c(2)	32.6±1.75v(1)	32.3±1.30w(1)	31.7±0.90v(1)	30.5±0.35w(1)
Ilmi		ATC	28.5±0.58c(4)	33.1±0.23b(3)	34.0±1.88ab(23)	35.7±0.06a(12)	36.0±0.11a(1)	
		LTC	28.5±0.58c(4)	33.4±1.51v(23)	36.2±1.93v(1)	35.2±0.38v(12)	31.7±0.85w(3)	
Chucheong		ATC	33.5±0.24a(1)	35.6±0.64a(1)	34.3±1.46a(1)	33.5±0.68abc(1)	33.0±1.72bc(1)	
		LTC	33.5±0.24a(1)	35.2±1.33v(1)	35.1±0.64v(1)	34.4±1.13v(1)	33.3±0.61v(1)	
Hopum		ATC	28.6±0.68c(2)	32.7±1.31b(1)	31.9±0.77bc(1)	31.8±1.24c(1)	31.7±0.19c(1)	
		LTC	28.6±0.68c(3)	31.5±1.12v(12)	31.4±0.26w(12)	32.8±1.32v(1)	30.8±0.32w(2)	
Hitomebore		ATC	31.9±0.76b(3)	34.2±1.20ab(12)	34.1±0.17ab(12)	35.2±0.30ab(1)	33.7±0.85b(2)	
		LTC	31.9±0.76b(2)	35.2±0.35v(1)	35.6±0.47v(1)	35.0±2.03v(1)	33.6±0.99v(12)	
18:0 (Stearic acid)		Sindongjin	ATC	2.81±0.251b(1)	1.63±0.145b(2)	1.65±0.009d(2)	1.70±0.023c(2)	1.68±0.015c(2)
			LTC	2.81±0.251b(1)	1.63±0.041v(2)	1.63±0.011x(2)	1.82±0.034x(2)	1.83±0.020x(2)
	Ilmi	ATC	3.02±0.122b(1)	1.82±0.137b(3)	1.94±0.052ab(23)	1.99±0.019a(2)	2.03±0.006a(2)	
		LTC	3.02±0.122b(1)	1.81±0.041v(3)	1.82±0.130vwx(3)	2.09±0.011v(2)	2.02±0.031w(2)	
	Chucheong	ATC	4.35±0.833a(1)	1.87±0.124b(2)	2.01±0.039a(2)	1.99±0.018a(2)	1.95±0.055b(2)	
		LTC	4.35±0.833a(1)	2.05±0.218v(2)	1.98±0.097v(2)	2.06±0.020v(2)	2.07±0.026v(2)	
	Hopum	ATC	2.98±0.417b(1)	1.66±0.055b(2)	1.72±0.017c(2)	1.75±0.008b(2)	1.71±0.012c(2)	
		LTC	2.98±0.417b(1)	1.68±0.019v(2)	1.69±0.021wx(2)	1.88±0.038w(2)	1.81±0.030x(2)	
	Hitomebore	ATC	4.68±0.603a(1)	2.16±0.106a(2)	1.93±0.018b(2)	1.98±0.017a(2)	1.92±0.021b(2)	
		LTC	4.68±0.603a(1)	1.67±0.413v(2)	1.85±0.096vw(2)	2.07±0.007v(2)	2.07±0.017v(2)	
	18:1 (Oleic acid)	Sindongjin	ATC	29.7±0.56a(1)	26.2±0.53b(23)	27.8±0.25ab(2)	25.4±1.91b(3)	27.6±0.87ab(2)
			LTC	29.7±0.56a(1)	26.0±1.35w(2)	26.8±0.93w(2)	26.4±0.89vw(2)	27.2±0.31w(2)
Ilmi		ATC	30.4±1.03a(1)	27.5±0.24ab(2)	26.7±1.79b(23)	25.3±0.07b(3)	25.2±0.14c(3)	
		LTC	30.4±1.03a(1)	27.2±1.14vw(23)	25.7±1.46wx(3)	25.5±0.13vw(3)	28.0±0.69vw(2)	
Chucheong		ATC	23.3±0.68c(1)	22.9±0.82c(1)	24.3±1.42c(1)	25.0±0.47b(1)	25.6±1.39c(1)	
		LTC	23.3±0.68c(1)	23.6±0.82x(12)	24.2±0.46y(12)	24.0±0.84w(12)	24.8±0.40y(1)	
Hopum		ATC	30.9±0.74a(1)	28.1±1.16a(1)	29.2±0.46a(1)	28.7±1.03a(1)	28.8±0.82a(1)	
		LTC	30.9±0.74a(1)	29.0±1.46v(123)	29.9±0.26v(12)	27.7±1.33v(3)	28.6±0.30v(23)	
Hitomebore		ATC	26.0±0.73b(1)	26.0±0.90b(1)	26.2±0.27bc(1)	24.9±0.28b(1)	26.4±0.81bc(1)	
		LTC	26.0±0.73b(1)	25.6±1.07wx(1)	25.0±0.43xy(1)	25.0±1.66w(1)	25.8±0.72x(1)	

Table 7. Changes of fatty acid compositions of milled rice among varieties of rough rice according to storage periods at different storage temperatures (continue).

Fatty acid composition	Variety	Storage temperature ^z	Storage period(months)					
			0	4	8	12	16	
18:2 (Linoleic acid)	Sindongjin	ATC	37.0±0.20a(1)	36.1±0.38b(2)	35.9±0.12b(2)	36.1±0.41b(2)	35.2±0.28b(3)	
		LTC	37.0±0.20a(1)	36.4±0.55v(1)	35.6±0.47v(2)	36.8±0.11v(1)	36.6±0.02v(1)	
	Ilmi	ATC	34.4±0.54b(12)	35.1±0.37c(1)	34.7±0.35c(12)	34.2±0.13c(2)	33.4±0.15c(3)	
		LTC	34.4±0.54b(1)	35.2±0.32w(1)	33.2±0.87w(2)	34.6±0.24w(1)	35.1±0.27w(1)	
	Chucheong	ATC	33.9±1.06bc(2)	37.1±0.30a(1)	36.6±0.25a(1)	36.8±0.31a(1)	36.1±0.45a(1)	
		LTC	33.9±1.06bc(2)	36.4±0.26v(1)	35.8±0.31v(1)	36.9±0.36v(1)	36.6±0.25v(1)	
	Hopum	ATC	34.9±0.25b(1)	34.3±0.33d(12)	33.8±0.25d(2)	34.3±0.26c(12)	33.7±0.62c(2)	
		LTC	34.9±0.25b(1)	34.6±0.27w(12)	33.6±0.11w(3)	34.4±0.07w(2)	34.9±0.03w(1)	
	Hitomebore	ATC	33.0±0.30c(3)	34.7±0.36cd(1)	34.4±0.19c(12)	34.5±0.24c(1)	33.9±0.14c(2)	
		LTC	33.0±0.30c(2)	35.1±0.32w(1)	33.6±0.35w(2)	34.7±0.54w(1)	34.6±0.31w(1)	
	18:3 (Linoleic acid)	Sindongjin	ATC	2.42±0.149c(1)	0.85±0.052c(2)	0.86±0.036cd(2)	0.87±0.013c(2)	0.91±0.000d(2)
			LTC	2.42±0.149c(1)	0.83±0.087v(2)	0.86±0.103v(2)	0.91±0.019x(2)	0.92±0.006x(2)
Ilmi		ATC	3.45±0.520bc(1)	0.90±0.092bc(2)	0.80±0.077b(2)	0.85±0.011c(2)	0.84±0.025e(2)	
		LTC	3.45±0.520bc(1)	0.76±0.137v(2)	0.85±0.034v(2)	0.85±0.012y(2)	0.91±0.006x(2)	
Chucheong		ATC	5.02±1.142a(1)	1.04±0.044a(2)	0.99±0.024ab(2)	0.99±0.012b(2)	1.01±0.020b(2)	
		LTC	5.02±1.142a(1)	0.90±0.208v(2)	0.89±0.050v(2)	0.98±0.023w(2)	0.98±0.010w(2)	
Hopum		ATC	2.63±0.136c(1)	0.97±0.018abc(2)	0.94±0.082bc(2)	1.00±0.015b(2)	0.97±0.029c(2)	
		LTC	2.63±0.136c(1)	1.02±0.036v(2)	0.93±0.011v(2)	0.98±0.009w(2)	1.04±0.017v(2)	
Hitomebore		ATC	4.47±1.056ab(1)	1.01±0.083ab(2)	1.05±0.015a(2)	1.06±0.013a(2)	1.07±0.010a(2)	
		LTC	4.47±1.056ab(1)	0.98±0.101v(1)	0.98±0.023v(1)	1.05±0.025v(1)	1.06±0.015v(1)	

^zATC: Ambient Temperature Condition, LTC: Low Temperature Condition (15°C)

*Means followed by the same letter in each column divided into storage temperature and the same number within parentheses in a low are not significantly different by DMRT (P < 0.05).

과는 Table 6, 7에서 보는 바와 같다. 현미의 지방산 중 oleic acid와 linoleic acid의 함량은 저장 전부터 품종간 차이를 나타냈고 그 외의 지방산 함량의 변화는 저장 4개월 후부터 품종 간 차이가 나타났다. 현미의 oleic acid는 히토펜보레와 신동진을 제외한 다른 품종들은 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향이었고 linoleic acid는 호품의 경우에만 저장기간이 경과할수록 감소하는 경향을 나타냈다(Table 6). 백미의 지방산은 모든 지방산이 저장 전에 품종 간 차이를 보였고 저장기간이 경과할수록 품종 간 지방산 함량의 차이는 현저히 달라졌다. 특히 백미의 지방산 중 linoleic acid와 stearic acid의 경우 검출된 함량은 적으나 저장 4개월 후에 그 함량이 현저히 감소하였고 palmitic acid는 저장기간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였다(Table 7). 현미와 백미 형태로 7개월간 저장한 재료를 이용하여 지방산 조성을 분석한 결과 현미의 지방산 조성 중 oleic acid와 linoleic

acid 함량이, 백미의 지방산 중에서는 linoleic acid 함량이 4°C 저온보다 37.°C 고온에서 감소하였다는 Zhou *et al.* (2003b)의 보고와 유사한 결과를 보였다. 각각의 지방산 조성의 변화와 밥의 호화특성과는 유의한 상관성을 나타내지 않았으나 저장기간에 따른 지방산 조성의 변화에 따른 포화지방산 함량과 밥의 호화특성과는 고도로 유의한 상관성을 나타내고 있으므로(Table 2) 저장 중 지방산 조성의 변화는 저장 중 미질 및 밥맛의 변화에 영향을 미칠 것으로 생각된다.

적 요

벼 수확 후 지역브랜드로 유통되는 벼의 저장 중 저장온도 및 저장기간에 따른 이화학적 특성, 지방산도 및 지방산 조성의 변화를 조사할 목적으로 신동진, 일미, 추청, 호품, 히토펜보레 등 5품종을 저장온도를 달리하여 저장한 후 4

개월마다 밥의 조직감(texture), 알칼리붕괴도(ADV), 도요윤기치, 밥의 호화특성, 지방산도 및 지방산 조성 등을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 밥의 경도는 밥의 씹힘성과 고도로 유의한 정의 상관관계를 나타냈고 밥의 부착성과는 부의 상관관계를 나타냈으며 밥의 응집성은 밥의 탄력성과 정의 상관관계를 나타냈다. 밥의 경도는 저장기간이 길어질수록 증가하였고 밥의 응집성은 저장전과 비교해서 저장온도 및 저장기간에 따라 품종 간 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다.
2. 알칼리붕괴도는 품종 및 저장기간에 따라 다소 차이는 있으나 저장온도에 의한 영향은 미미하였다. 일미와 추청의 경우는 저장온도 및 저장기간에 따른 변화가 거의 없었으나 신동진, 호품 및 히포메보레의 경우는 상온저장의 경우 저장기간에 따라 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않은 반면 저온저장의 경우는 저장기간이 길어질수록 ADV 값은 작아지는 경향을 보였다.
3. 도요윤기치는 저장초기에는 품종 및 저장온도에 따라 품종간 차이는 크지 않았고 대체로 저장 후 4개월 이후부터 상온 및 저온저장 모두 도요윤기치 값이 떨어지는 경향이였다.
4. 밥의 호화특성은 상온저장에서 최고점도의 경우 신동진, 호품, 히포메보레 품종은 일미와 추청에 비해 저장기간이 길어질수록 저장전보다 확연히 높게 나타났다. 강하점도 또한 상온저장시 저장전보다 저장기간이 길어질수록 높아졌으며 치반점도는 저장온도와 큰 상관없이 저장전보다 저장기간이 길어질수록 낮게 나타났다.
5. 현미의 지방산도는 저온저장보다 상온저장의 경우에 저장전과 비교하여 저장기간이 길어질수록 그 증가폭이 컸고 백미의 지방산도는 저장전과 비교하여 저장 8개월 후부터는 지방산도가 낮아지는 경향을 나타냈다.
6. 지방산 조성의 변화는 현미의 포화지방산 함량의 경우 저장 전에 비해 일미와 추청 품종은 저장기간이 경과할수록 높아지는 경향이였으나 신동진, 일미 및 히포메보레 품종의 경우는 저장기간이 경과하더라도 저장전과 비슷한 함량을 유지하였다. 또한 백미의 포화지방산 함량은 저장기간이 경과하더라도 상온저장 및 저온저장 모두 저장 전과 비슷한 함량을 유지하였다. 현미의 지방산 중 oleic acid와 linoleic acid의 함량은 저장 전부터 품종간 차이를 나타냈고 그 외의 지방산 함량의 변화는 저장 4개월 후부터 품종 간 차이가 나타났다. 백미의 지방산 중 linoleic acid와 stearic acid

의 경우 검출된 함량은 적으나 저장 4개월 후에 그 함량이 현저히 감소하였고 palmitic acid는 저장기간이 경과할수록 증가하는 경향을 보였다.

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(세부과제명: 남부지역 주요 품종의 저장방법 및 기간에 따른 식미변이 분석, 세부과제번호: PJ00868702 및 세부과제명: LOX-3 결핍 유전자좌 이입 자포니카 벼 근동질 계통 육성, 세부과제번호: PJ01025501)의 지원에 의해 이루어진 결과의 일부이며 연구사업 수행에 협조해 주신 모든 분들에게 감사드립니다.

인용문헌(REFERENCES)

- AOAC. 1970. Fat acidity 14. 164, 14. 066. Official methods of analysis of the association of official analytical chemists. 11th edition. p. 222.
- Choi, Y. H., E. G. Jeong, J. I. Choung, D. S. Kim, S. L. Kim, J. T. Kim, C. G. Lee, and J. R. Son. 2006. Effects of Moisture Contents of Rough Rice and Storage Temperatures on Rice Grain Quality. *Korean J. Crop Sci.* 51(S) : 12-20.
- Chrastil, J. 1990. Chemical and Physicochemical Changes of Rice During Storage at Different Temperatures. *Journal of Cereal Science* 11 : 71-85.
- Elaine, T. C., L. B. Karen, T. V. Bryan, M. M. Anna, and E. B. Franklin. 1999. Correlation Between Cooked Rice Texture and Rapid Visco Analyser Measurements. *Cereal Chem.* 76(5) : 764-771.
- Ha, K. Y., H. K. Park, J. K. Ko, C. K. Kim, Y. G. Choi, K. Y. Kim, and Y. D. Kim. 2006. Effect of Storage Period and Temperature on the Characteristics Related with Rice Quality. *Korean J. Crop Sci.* 51(S) : 25-29.
- Katekhong, W. and S. Charoenrein. 2012. Effect of Rice Storage on Pasting Properties, Swelling and Granular Morphology of Rice Flour. *As. J. Food Ag-Ind.* 5(4) : 315-321.
- Kanlayakrit, W. and M. Maweang. 2013. Postharvest of paddy and milled rice affected physicochemical properties using different storage conditions. *International Food Research Journal* 20(3) : 1359-1366.
- Kim, H., H. J. Lee, O. W. Kim, S. E. Lee, and D. H. Yoon. 2006. Effect of Non-Uniform Milling on Quality of Milled Rice during Storage. *Korean J. Food Preserv.* 13(6) : 675-680.
- Kim, I. H., K. H. Park, M. G. Shin, H. J. Kim, and S. H. Lee. 1996. Comparison of Lipid composition of Rice Varieties with the Different Sensory Quality. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25(5) : 727-734.
- Kim, K. S., Y. H. Lee, Y. S. Jang, and I. H. Choi. 2013. Analysis

- of Fatty Acid Compositions and Biodiesel Properties of Seeds of Woody Oil Plants in Korea. *Korean J. Plant Res.* 26(5) : 628-635.
- Kim, K. Y., G. M. Lee, K. I. Noh, K. Y. Ha, J. Y. Son, B. K. Kim, J. K. Ko, and C. K. Kim. 2007. Varietal Difference of Germination, Fat acidity and Lipoxygenase Activity of Rice Grain Stored at High Temperature. *Korean J. Crop Sci.* 52(1) : 29-35.
- Lee, T. H. and H. J. Joo. 2008. Efficacy analysis of Rice Processing Center (RPC) using Data Envelopment Analysis (DEA). *Journal of Rural Development* 31(34) : 53-72.
- Park, C. E., Y. S. Kim, K. J. Park, and B. K. Kim. 2012. Changes in physicochemical characteristics of rice during storage at different temperatures. *Journal of Stored Products Research* 48 : 25-29.
- Parnsakhorn, S. and J. Langkapin. 2013. Changes in Physicochemical Characteristics of Germinated Brown Rice and Brown Rice during Storage at Various Temperature. *Agric. Eng. Int.: CIGR Journal* 15(2) : 293-303.
- Perdon, A. A., B. P. Marks, T. J. Siebenmorgen, and N. B. Reid. 1997. Effects of Rough Rice Storage Conditions on the Amylograph and Cooking Properties of Medium-Grain Rice cv. Bengal. *Cereal Chem.* 74(6) : 864-867.
- Ramarathnam, N., T. Osawa, M. Namiki, and S. Kawakishi. 1987. High Temperature Storage Effect on Longevity of Rice Seeds. *Journal of Food Sci.* 52(3) : 835-836.
- Sirisootaralak, P. and A. Noomhorm. 2007. Changes in physicochemical and sensory-properties of irradiated rice during storage. *Journal of Stored Products Research* 43 : 282-289.
- Shin, M. G., B. K. Min, and D. C. Kim. 1991. Changes in Quality Characteristics of Brown Rice During Storage. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 20(3) : 276-280.
- Soponronnarit, S., M. Chiawwet, S. Prachayawarakorn, P. Tungtrakul, and C. Taechapairoj. 2008. Comparative Study of Physicochemical Properties of Accelerated and Naturally Aged Rice. *Journal of Food Engineering* 85 : 268-276.
- Tananuwong, K. and Y. Malila. 2011. Changes in Physicochemical Properties of Organic Hulled Rice during Storage under Different Conditions. *Food Chemistry* 125 : 179-185.
- Yoon, D. H., O. W. Kim, and H. Kim. 2007. The Quality of Milled Rice with Reference to Whiteness and Packing Conditions during Storage. *Korean J. Food Preserv.* 14(1) : 18-23.
- Yoshida, H., T. Tanigawa, I. Kuriyama, N. Yshida, Y. Tomiyama, and Y. Mizushina. 2011. Variation in Fatty Acid Distribution of Different Acyl Lipids in Rice (*Oryza sativa* L.) Brans. *Nutrients* 3 : 505-514.
- Yoshihashi, T., N. T. T. Huong, V. Surojanametakul, P. Tungtrakul, and W. Varayanond. 2004. Effect of Storage Conditions on 2-Acetyl-1-pyrroline Content in Aromatic Rice Variety, Khao Dawk Mali 105. *Journal of Food Science* 70(1) : S34-S37.
- Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell, and C. Blanchard. 2001. Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *Journal of Cereal Science* 33 : 1-15.
- Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell, and C. Blanchard. 2003a. Effect of Rice Storage on Pasting Properties of Rice Flour. *Food Research International* 36 : 625-634.
- Zhou, Z., C. Blanchard, S. Helliwell, and K. Robards. 2003b. Fatty Acid Composition of Three Rice Varieties Following Storage. *Journal of Cereal Science* 37 : 327-335.