

## 현미의 포장 저장 중 지방산 조성 및 헥사날의 변화에 의한 저장성 예측

한재경 · 김 관 · 강길진 · 김성곤\*

전남대학교 식품공학과, \*단국대학교 식품영양학과

### Shelf-life Prediction of Brown Rice in Laminated Pouch by n-Hexanal and Fatty Acids During Storage

Jae-Gyoung Han, Kwan Kim, Kil-Jin Kang and Sung-Kon Kim\*

Department of Food Science and Technology, Chonnam National University

\*Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

#### Abstract

The shelf-life of brown rice in laminated film (4-layered) pouch was analyzed at various temperatures (4°C, 20°C, 30°C and 40°C) using n-hexanal content and fatty acid composition as a measure of deterioration. The fat acidity of brown rice during storage showed sensitive responses at the storage temperature, resulting in the activation energy of 14.07 kcal/mole and  $Q_{10}$  value of 2.22. The fatty acids in the brown rice were myristic, palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic acid, and oleic acid was the most predominant. The higher the temperature and the longer the storage periods, the higher the fatty acid contents except linoleic acid. The n-hexanal activation energy was 18.36 kcal/mole, and  $Q_{10}$  value was 2.84. Based on the storage conditions, the shelf-life of brown rice was 80 days by n-hexanal and 60 days by fat acidity at room temperature (21°C).

Key words: brown rice, storage, laminated film pouch, n-hexanal, fatty acids, shelf-life

#### 서 론

미곡의 저장에서 지방질의 존재는 특별한 의미를 갖고 있는 것으로서 저장중 쉽게 가수 분해나 산화를 일으켜 고미취를 생성하거나 산도 증가에 영향을 미친다. 가수분해는 지방질의 에스테르 결합에 작용하여 유리지방산을 생성하게 하는데 여기에는 lipoxidase, lipase 등의 여러 가지 효소들이 관여하는 것으로 알려져 있다. 총지방질의 함량은 해충이나 도정으로 인한 경우를 제외하고는 밀봉 저장이나 통상적인 저장 조건에서는 변화되지 않으며<sup>(1,2)</sup> 지방질의 조성이 변화되어도 함량에는 변동이 없다<sup>(3)</sup>고 알려져 있다.

지방질의 변화와 아울러 저장 중의 쌀 본래의 냄새와 달리 특이한 냄새(고미취, 이취)의 진행이 있음은 주지하고 있는 사실이다. 이러한 냄새의 원인은 지방질의 산패, 곰팡이의 발육에 따른 곰팡이 냄새, 유입된 곤충의 발육에 의한 냄새, 재배시의 비료 냄새 등 여

러가지 요소들이 복합되어 나타나는 것으로 알려져 있다<sup>(4)</sup>. Yasumatsu 등<sup>(5)</sup>은 백미의 경우 실온에서 2주 내지 4주 이내에 이취가 발생되며, 백미의 이취는 쌀 상태보다는 취반을 하였을 때 보다 쉽게 검출되었다고 하였다. 취반미의 휘발성 카르보닐 화합물들은 acetaldehyde, propanal(혹은 acetone), 2-butanone, pentanal과 헥사날 등이 알려져 있다<sup>(6)</sup>. 헥사날은 취반미의 주된 성분으로 알려져 있다<sup>(7)</sup>.

백미를 기밀 포장하여 저장할 때 온도, 수분 함량과 도정도의 영향은 고온, 높은 수분 함량과 낮은 도정도 일수록 이취의 발생이 높게 된다<sup>(8)</sup>.

따라서 본 연구에서는 전보<sup>(9)</sup>에 이어 현미를 플라스틱 적층 필름 포장재를 사용하여 각 온도별로 저장하면서 지방산도, 지방산 조성 및 쌀의 고미취 주성분인 헥사날의 변화를 분석하고 그 저장성을 예측하였다.

#### 실험 재료 및 방법

##### 재료

현미는 전보<sup>(9)</sup>에서 사용한 것으로, 1990년산 일반

Corresponding author : Jae-Gyoung Han, Department of Food Science and Technology, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

제 벼(추청벼)를 수확 직후 구입하여 cyclone형 Torses 현미기(Tokyo Testing Machine Co., Japan)로 왕겨를 제거하여 현미를 얻었고, 청미, 싸래기 및 표면의 이물질들을 제거한 다음, 20°C의 송풍 항온기 내에서 3일간 수분 평형시킨 후 -25°C에 보관하면서 시료로 사용하였다.

#### 저장조건

시료의 저장은 전보<sup>(9)</sup>에서와 같이 200 g씩을 플라스틱 적층 4겹 기밀포장 용기(16 cm×15 cm)에 넣고 입구를 열봉합기로 밀봉한 후 4°C, 20°C, 30°C 및 40°C에서 6개월간 저장하면서 1개월 간격으로 꺼내어 실험에 사용하였다.

#### 지방산도 측정

지방산도는 AOAC<sup>(10)</sup>의 방법에 의하여 정량하였다. 즉 40 mesh로 사별한 시료 20 g을 100 ml의 플라스크에 넣고 벤젠 50 ml를 넣어 마개를 한 다음, 수 초간 흔들어서 벤젠 증기가 플라스크 내부의 공기에 포화되도록 한 후 30분동안 진탕기 내에서 추출하고 3분간 정치시킨 후 여과지를 사용하여 여과하였다. 여과액 25 ml에 0.04% alcohol phenolphthalein 용액을 넣은 다음 0.0178 N KOH로 적정하고 다음 식에 의하여 지방산도를 측정하였다.

$$\text{지방산도} = 10 \times (\text{시료 적정 ml값} - \text{바탕시험 적정 ml값})$$

#### 총 지방질의 추출 및 정제

시료 중의 총 지방질은 Bligh 등<sup>(11)</sup>의 방법에 의하여 다음과 같이 추출하였다. 즉 40 mesh로 사별한 시료 50 g을 chloroform : methanol : water (1 : 2 : 0.8, v/v/v) 혼합용매 1,000 ml와 혼합하여 진탕 플라스크에 넣고 테프론 마개를 하여 20°C의 진탕 배양기로 48시간 추출하고, 이 추출물을 분액 여두에 옮겨 chloroform : water (1 : 1, v/v) 혼합용매를 넣어 분액 여두 내의 조성을 chloroform : methanol : water (2 : 2 : 1.8, v/v/v)의 비율로 하여 정치시킨 후 하부의 chloroform층을 회수하였다. 추출하고 남은 잔사에 혼합 용매를 넣고 24시간 추출하여 chloroform층을 회수하고, 최종적으로 24시간 더 추출하여 chloroform층을 회수하였다. 회수된 chloroform층은 감압하에서 회전 증발기를 이용하여 35°C에서 농축 후 질소 치환하여 -25°C에 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

#### 총 지방질 구성 지방산의 분석

지방질은 Metcalfe 등<sup>(12)</sup>의 방법에 의하여 다음과 같이 methyl ester화시켜서 가스크로마토그래프 시료로 사용하였다. 정제 지방질 150 mg을 50 ml 메스플라스크에 넣고 4 ml의 0.5 N methanolic NaOH를 넣어서 시료가 녹을 때까지 약 5분간 수조상에서 녹인 다음 5 ml의 14% BF<sub>3</sub>-MeOH를 넣고 2분간 끓이고, 포화 식염수를 넣어서 methyl ester화된 지방질을 추출하여 ethyl ether에 녹여서 지방산 분석용 시료로 하였다. 지방산은 FID (flame ionization detector)와 Ultra 1(Crossed linked methyl silicon gum : 25 m×0.2 mm×0.11 μm thickness) capillary column을 갖춘 가스크로마토그래프(Hewlett-Packard Model 5890A)와 적분계(Model HP 3393A)를 사용하여 초기 오븐 온도 200°C, 초기시간 14분, 온도 상승비율 8°C/min, 최종 오븐 온도 300°C, 주입구 온도 250°C, 검출기 온도 320°C 조건으로 운반 가스는 질소(10 ml/min)를 사용하여 분석하였다.

#### Headspace 기체중의 헥사날 분석

현미를 저장하는 동안 headspace 기체 중의 헥사날 분석을 위하여 시료 100 g (wet basis)을 250 ml들이 유리병에 넣고 적층필름(포장재와 동일)/테프론/고무판을 sealing재로 사용하여 알루미늄 뚜껑을 덮어 4°C, 20°C, 30°C 및 40°C에서 6개월간 저장하면서 1개월 간격으로 꺼내어 실험에 사용하였다.

Headspace 기체 중의 헥사날은 FID와 Ultra 1 capillary column을 갖춘 가스크로마토그래프 (Hewlett-Packard Model 5890 series II)와 적분계(Model HP 3396A)를 사용하여 분석 하였다. 오븐, 주입구 및 검출기의 온도는 각각 80°C, 100°C 및 250°C였고, 운반 가스는 질소(10 ml/min)를 이용하였다. 헥사날은 시료의 머무름 시간(Rt; retention time)과 표준 물질의 Rt 및 GC-MSD (Hewlett-Packard Model 5970 series Mass Selective Detector) 자료와 비교하여 동정하였고, 헥사날 표준 용액을 이용하여 표준곡선을 구하고 이로부터 시료의 헥사날 농도를 정량분석하였다.

#### 현미의 저장성 예측

현미의 저장성 예측은 다음 식의 온도계수(Q<sub>10</sub>)를 이용하여 계산하였다<sup>(13)</sup>.

$$\log Q_{10} = \frac{2.19 E_a}{(T)(T+10)}$$

여기에서 E<sub>a</sub>는 활성화 에너지 (kcal/mole), T는 절대 온도(K)이다.

결과 및 고찰

지방산도

지방산도의 변화는 Fig. 1과 같다. 저장전 초기 시료 100 g 당의 지방산도는 22.0 mg KOH였는데 4°C의 저장구에서 지방산도는 저장 기간 중 거의 변화가 없었으나, 20°C 저장구에서는 저장 6개월에 저장 전의 값보다 1.4배(31.0 mg KOH) 증가하였고, 30°C 저장구에서는 1.9배(41.9 mg KOH), 40°C 저장구에서는 저장 1개월에 1.87배(41.3 mg KOH)에 도달하여 6개월 이후에는 3.86배(85.0 mg KOH)에 달하였다.

한편 20°C, 30°C 및 40°C 저장구에서의 초기 지방산도 변화량은 거의 직선적으로 변화되어 각각의 온도별 직선의 기울기로부터 반응 속도상수를 구한 결과는 Table 1과 같다. 이때의 초기 지방산 변화 직선의 기울기와 저장 온도의 역수와의 관계는 Fig. 2와 같이 직선적으로 나타났으며 이 기울기 값으로부터 활성화

에너지를 구하였는데 14.07 kcal/mole로 나타났고,  $Q_{10}$  값은 2.22이었다.

곡립 중에 들어있는 지방질은 산화에 의한 전형적인 지방 산패취를 발생하거나 가수분해되어 유리지방산을 생성하게 된다. 곡립은 활성적인 항산화제를 지니고 있고, 곡립 내부에 존재하는 지방질은 공기중의 산소와 직접적으로 접촉되지 않도록 효과적으로 차단되어 있기 때문에 일반적인 저장에서는 별다른 문제를 야기시키지 않는다<sup>(4)</sup>. 본 연구에 사용된 현미의 경우는 외부 겨층이 제거된 상태이기 때문에 벼 상태보다는 쉽게 공기 중의 산소와 접촉할 것으로 판단되어 시료 처리 단계에서 투기 및 투습성이 없는 포장재를 사용하였기 때문에 이러한 지방산도의 급격한 변화 양상은 지방질 대사에 관여하는 효소에 의한 산화, 공기 중의 산소의 접촉에 의한 산화 등의 요인보다는 저장 중의 열에 의한 지방질의 변패에 의한 영향이 크다고 판단할 수 있다.

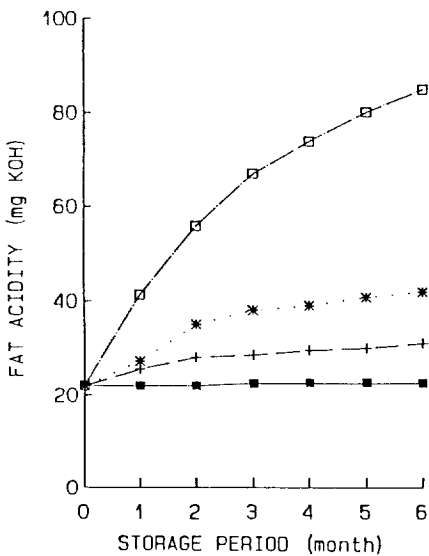


Fig. 1. Changes in fat acidity of brown rice during storage ■—■, 4°C; +—+, 20°C; \*—\*, 30°C; □—□, 40°C

Table 1. Rate constants for fat acid production during storage of brown rice

Storage temperature (°C)	Rate constant (month <sup>-1</sup> )
20	3.25
30	7.07
40	15.23
$E_a$ (kcal/mole)	14.07
$Q_{10}$	2.22

총 지방질 중의 구성 지방산

저장 중 시료로부터 추출된 총 지방질의 함량 및 구성 지방산의 변화는 Table 2와 같다. 추출된 총 지방질의 함량은 저장 온도 20°C 이하에서는 큰 변화가 없었으나, 저장온도가 30°C 이상이 되면서 부터 저장 온도와 기간에 따라 다소 감소하였다. Narayana들<sup>(1)</sup>은 통상적인 저장(25°C 이하)에서는 총 지방질의 양에 변화가 거의 없다고 하였다. 총지방질의 구성 지방산

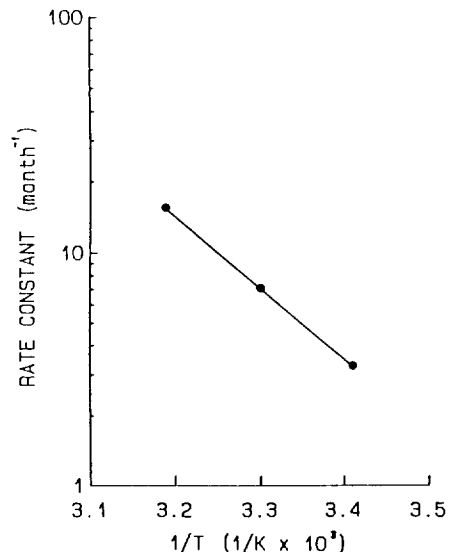


Fig. 2. Reaction rate constant as a function of the reciprocal absolute temperature

**Table 2. Fatty acid composition of total lipid extracted from the stored brown rice at various temperatures**

Storage temperature (°C)	Storage period (month)	Extracted lipid (%)	Fatty acid composition (%)					
			C <sub>14:0</sub>	C <sub>15:0</sub>	C <sub>18:0</sub>	C <sub>18:1</sub>	C <sub>18:2</sub>	C <sub>18:3</sub>
	0	3.25	0.27	17.26	1.47	39.34	40.10	1.56
4	1	3.26	0.27	17.33	1.47	39.32	40.04	1.57
	2	3.20	0.27	17.29	1.37	39.96	39.54	1.67
	3	3.21	0.27	17.32	1.40	40.07	39.36	1.58
	4	3.23	0.27	17.41	1.47	41.76	37.46	1.61
	5	3.18	0.28	17.47	1.51	42.51	36.32	1.92
	6	3.19	0.28	17.42	1.52	42.92	36.02	1.83
20	1	3.24	0.30	18.02	1.47	42.31	36.28	1.61
	2	3.18	0.34	18.06	1.50	42.59	35.90	1.61
	3	3.23	0.33	18.12	1.55	43.28	35.03	1.68
	4	3.18	0.34	18.08	1.50	43.63	34.63	1.82
	5	3.19	0.34	18.14	1.50	44.57	33.52	1.92
	6	3.00	0.35	18.16	1.52	45.78	32.06	2.12
30	1	2.84	0.34	18.02	1.29	43.23	35.51	1.61
	2	2.84	0.34	18.10	1.40	43.80	34.72	1.63
	3	2.69	0.35	18.20	1.47	44.26	34.08	1.64
	4	2.55	0.36	18.25	1.39	44.49	33.66	1.85
	5	2.64	0.37	18.37	1.54	46.35	31.25	2.12
	6	2.40	0.38	18.56	1.58	46.69	30.37	2.42
40	1	2.85	0.34	18.10	1.47	44.74	33.67	1.67
	2	2.76	0.35	18.14	1.58	45.49	32.75	1.69
	3	2.62	0.36	18.28	1.61	45.60	32.19	1.94
	4	2.59	0.36	18.32	1.73	46.37	31.08	2.13
	5	2.46	0.38	18.51	1.72	46.54	30.46	2.38
	6	2.36	0.38	18.76	1.83	46.83	29.72	2.48

은 myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid와 linolenic acid가 검출되었는데 가장 많은 지방산은 oleic acid이었다. 송 등<sup>(15)</sup>은 배아를 제거한 현미에서 oleic acid, linoleic acid, palmitic acid, stearic acid 등 7종의 지방산 중에서 oleic acid의 함량이 가장 많았다고 하였는데 본 결과와 일치하였다. 한편 Fig. 3과 Fig. 4에 저장 기간의 경과와 함께 oleic acid와 linoleic acid가 변화되는 현상을 나타내었는데 Fig. 3에서 나타난 것과 같이 oleic acid가 4°C에서는 저장 3개월까지 큰 변화가 없다가 서서히 증가되었으나, 20~40°C에서는 저장 1개월에 급격히 증가하였고 그 이후에는 완만하게 증가되었다. 그러나 linoleic acid는 감소하는 경향을 나타내었는데, 저장 중 감소 정도는 4°C의 경우 저장 3개월 이후부터 뚜렷한 감소경향을 보였으며 20~40°C에서는 저장 1개월에 급격히 감소되었고 그 이후부터는 완만하게 감소하였다. 신<sup>(16)</sup>은 35°C에 1년간 저장한 현미의 구성 지방산 변화에 있어서 유리지방산 중 linoleic acid는 저장 초기에는 43.9%에서 31.0%로 감소되었다고 하였다.

#### Headspace 기체 중의 헥사날

저장미의 headspace 기체 중 헥사날의 변화 분석 결과는 Fig. 5와 같다. 저장 현미의 headspace 기체 중의 헥사날 변화 양상은 저장 기간의 경과와 저장 온도의 상승에 따라서 증가 현상이 나타났다. 신<sup>(16)</sup>은 현미를 저장 온도 5°C 및 35°C에서 1년간 저장하였을 때 5°C의 경우 초기량 22 ng에서 97 ng, 35°C의 경우 22 ng에서 306 ng까지 증가하였다고 보고하였는데 본 연구의 결과는 4°C의 저장구에서는 저장 기간의 경과에 따라 초기 18.58 ng에서 저장 6개월 이후에는 42.60 ng으로 2.3배 증가하였고, 20°C에서는 저장 1개월에 51.63 ng으로 4°C, 6개월 저장구에서 검출된 헥사날보다 많은 양이었으며 저장 6개월에 111.98 ng까지 증가되었다. 30°C 저장구에서는 저장 초기 1개월에 87.65 ng이었으며 6개월 이후에는 331.34 ng이었다. 40°C 저장구의 경우에 헥사날의 생성량은 986.22 ng에 이르렀다. 한편 헥사날 생성량을 저장 온도의 역수로 plot한 것은 Fig. 6과 같고 이의 기울기로부터 활성화 에너지를 구한 결과는 Table 3에 나타내었는데 18.36 kcal/mole이었고, Q<sub>10</sub>값은 2.84이었다.

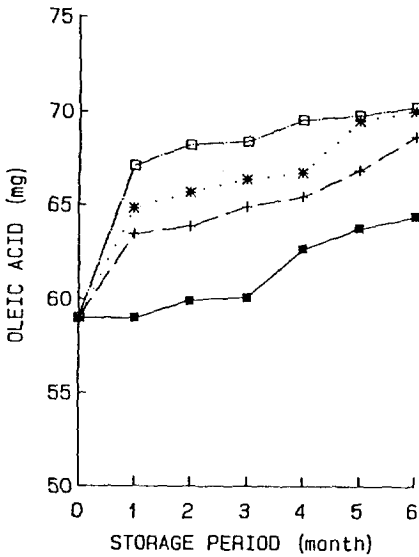


Fig. 3. Changes in oleic acid in the total lipid of brown rice stored at various temperatures ■—■, 4°C; +—+, 20°C; \*—\*, 30°C; □—□, 40°C

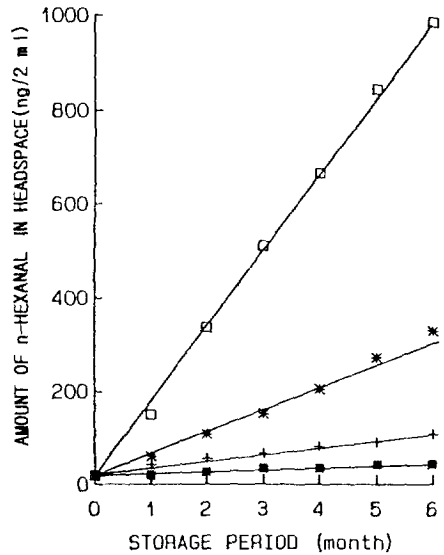


Fig. 5. Changes in n-hexanal content determined by direct headspace vapor injection gas chromatography of brown rice ■—■, 4°C; +—+, 20°C; \*—\*, 30°C; □—□, 40°C

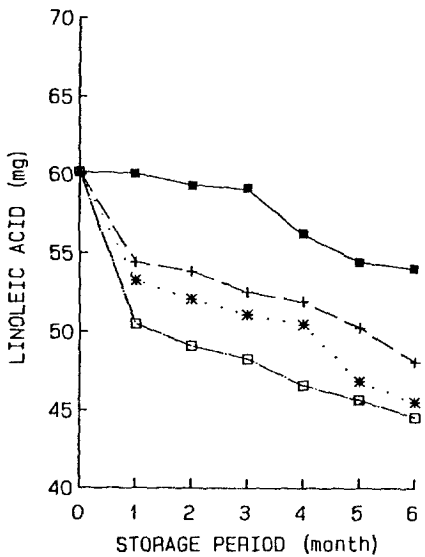


Fig. 4. Changes in linoleic acid in the total lipid of brown rice stored at various temperatures ■—■, 4°C; +—+, 20°C; \*—\*, 30°C; □—□, 40°C

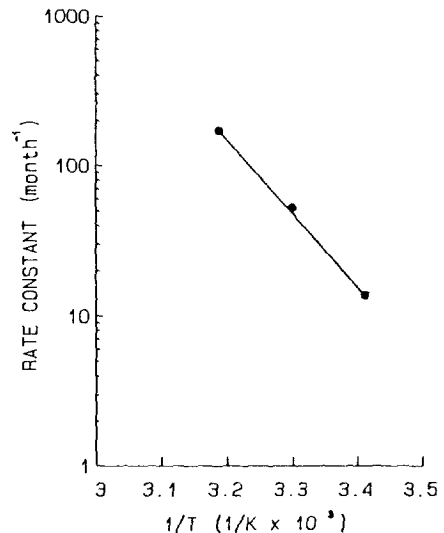


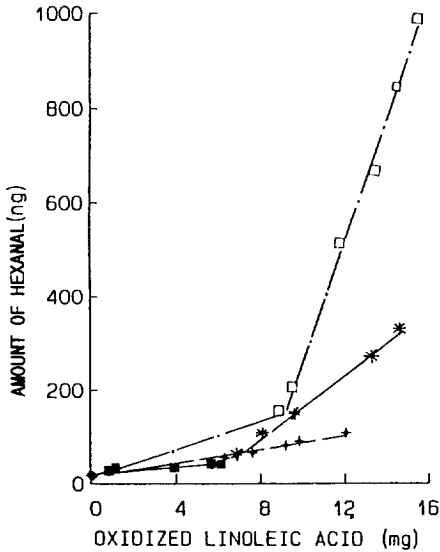
Fig. 6. Arrhenius plot of the reaction rate constant of hexanal in the headspace vapor of brown rice during storage

Fritsch 등<sup>(1)</sup>은 지방질 함량이 낮은 곡류의 지방질 산화를 헥사날의 농도 변화로부터 측정하고 밀과 옥수수에서의 활성화 에너지 값은 각각 14.5 kcal/mole과 19.9 kcal/mole이었고, Q<sub>10</sub>값은 각각 2.10과 2.78이었다고 보고하였는데 본 연구에 사용된 현미의 경우와 거의 차이가 없었다.

한편 현미의 저장 중 생성된 헥사날의 함량과 총 지방질의 구성 지방산 중 산화된 linoleic acid의 함량과의 관계를 보면 Fig. 7과 같다. 헥사날의 생성량은 산화된 linoleic acid 함량과 밀접한 관계(r=0.9627, significant at p<0.01)를 보이고 있음을 알 수 있는데, linoleic acid의 산화가 적을수록 헥사날 생성량도 적었

**Table 3. Rate constants for hexanal production during storage of brown rice**

Storage temperature (°C)	Rate constant (month <sup>-1</sup> )
20	16.26
30	47.31
40	121.93
Ea (kcal/mole)	18.36
Q <sub>10</sub>	2.84

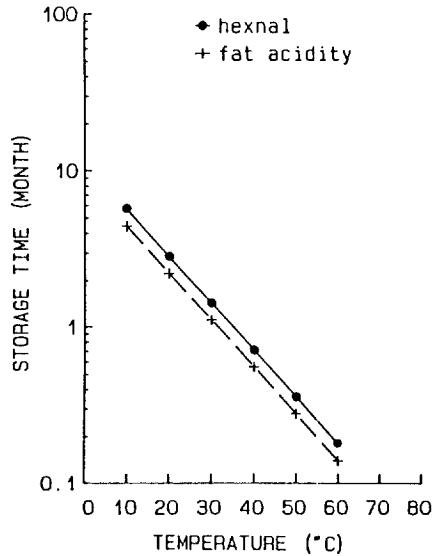


**Fig. 7. Correlation between the amount of oxidized linoleic acid and the increased amount of n-hexanal during storage of brown rice** ■—■, 4°C; +—+, 20°C; \*—\*, 30°C; □—□, 40°C

다. 그러므로 지방산의 산화는 고미취 성분인 헥사날과 깊은 관계가 있는 것을 알 수 있었다. 헥사날의 생성량은 20°C에서 저장 6개월까지 극미하였으나 30°C 이상의 온도에서는 저장 2개월 이후부터 급격한 변화양상을 보였다. 이러한 변화 양상의 측정은 현미 지방질의 산화 지표로 사용할 수 있는 것으로 판단된다.

Yasumatsu<sup>(6)</sup>는 취반미의 휘발성 carbonyl compound로 acetaldehyde, propanal (혹은 acetone), 2-butanone, pentanal 및 헥사날을 보고한 바 있으며, Tsuzuki 등<sup>(18)</sup>도 저장 중 증가하는 주요 carbonyl compound는 propanal, pentanal 및 헥사날로서 이러한 carbonyl compound는 linolenic 및 linoleic acid 함량의 감소와 아울러 증가하는 경향이 있다고 하였다.

Endo 등<sup>(19)</sup>의 보고에 의하면 쌀밥의 휘발성 성분들은 acetone, butanal, pentanal 및 헥사날이라고 하였으며, 최근 Lee 등<sup>(20)</sup>은 취반 후 70°C에서 저장중 쌀밥의 주요 휘발성 성분에 대하여 연구하였는데 휘발성 성분 중에



**Fig. 8. Prediction of shelf-life of brown rice by hexanal and fat acidity content**

서 가장 발생량이 많은 것은 헥사날이라고 하였다.

**현미의 저장성 예측**

쌀의 냄새에 관여하는 물질들로는 13종의 hydrocarbons, 13종의 alcohols, 16종의 aldehydes, 14종의 ketones, 14종의 acids, 8종의 에스테르, 8종의 phenols, 3종의 pyridines, 6종의 pyrazines 등이 알려져 있다<sup>(18)</sup>. 이와 같은 여러 가지 화합물들이 복합적으로 관여하여 고미취로 나타나는 것으로서 헥사날이 주요한 역할을 하고 있다<sup>(6)</sup>.

20°C와 40°C의 저장구에서의 헥사날 생성 온도계수 (Q<sub>10</sub>)는 2.84이었고, 지방산 생성 온도계수는 2.22이었으므로 이를 이용하여 각 저장 온도별로 현미의 저장성을 예측한 결과는 Fig. 8과 같다. 실온(21°C)에서의 헥사날 생성에 따른 현미의 저장 기간은 80일이었고, 지방산 생성에 따른 현미의 저장 기간은 60일이었다.

헥사날의 생성에 따른 저장성 예측은 시료 중의 지방질 변화에 기인하는 변화 지표로 사용이 가능한 것으로서 헥사날과 관능적 평가의 상관성은 큰립<sup>(21)</sup>, 현미<sup>(22)</sup>, 식물성 기름<sup>(23)</sup>, 라면<sup>(24)</sup> 등에서 보고되어 있다.

이러한 저장 기간의 예측은 본 연구에 사용된 일정한 저장 조건하에서 계산된 것으로서 저장 기간에 영향을 미치는 저장 온도, 주위의 습도 및 시료 자체의 수분 활성도, 산소나 이산화탄소 등과 같은 저장 환경, 미생물의 활성 등 이화학적 제반 요인을 감안한 연구가 요구된다.

## 요 약

현미를 투습, 투기성이 없는 플라스틱 필름 적층 4겹 포장재에 넣고 저장 온도와 시간을 달리하면서 지방산의 산화와 헥사날에 의한 저장성을 예측하였다.

지방산도는 저장온도가 상승하고 저장 기간이 경과할수록 높아졌으며, 활성화 에너지는 14.7 kcal/mole이고,  $Q_{10}$ 값은 2.22였다. 현미의 지방질 구성 지방산은 myristic acid, palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid와 linolenic acid이고 oleic acid와 linolenic acid가 대부분이었으며, 저장 온도가 상승하고 저장 기간이 경과할수록 linoleic acid는 감소하였으나 oleic acid는 증가하는 경향을 보였다. Headspace 기체 중의 헥사날도 저장 온도, 저장 기간과 밀접한 관계가 있었으며, 활성화 에너지는 18.36 kcal/mole이고  $Q_{10}$ 값은 2.84이었다. 또한, 현미의 저장 중 헥사날의 생성은 linoleic acid의 산화와 비례적인 관계를 보였다. 본 실험의 조건에서 볼 때, 실온(21°C)에서 현미의 저장성은 헥사날에 의해 80일, 지방산도에 의하여 60일로 예측되었다.

## 문 헌

- Narayana Rao, M., Viswanatha, T., Mathur, P.B., Swaminathan, M. and Subrahmanyam, V.: Effect of storage on the chemical composition of husked, under milled and milled rice. *J. Sci. Food Agric.*, **5**, 405 (1954)
- Yasumatsu, K. and Moritaka, S.: Fatty acid composition of rice lipids and their changes during storage. *Agric. Biol. Chem.*, **28**, 257 (1964)
- Barber, S., Benedito De Barber, C. and Tortosa, E.: Almacenamiento de arroz elaborado. III. Cambios en la composición de los lípidos según la localización en el grano. *Rev. Agroquím. Tecnol. Alimentos.*, **7**, 235 (1967)
- Webb, B.D.: Criteria of rice quality in the United States. In *Rice: Chemistry and Technology*, 2nd ed., Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., p. 403 (1985)
- Yasumatsu, K. and Moritaka, S. Ishii, K., Shimazono, H. and Fujita, E.: Studies on cereals. II. Flavor deterioration of polished rice during storage. *J. Japan. Soc. Food Nutr.*, **18**, 130 (1965)
- Yasumatsu, K., Moritaka, S. and Wada, S.: Studies on cereals. IV. Volatile carbonyl compounds of cooked rice. *Agric. Biol. Chem.*, **30**, 478 (1966)
- Shibuya, N., Iwasaki, T., Yanase, H. and Chikubu, S.: Studies on deterioration of rice during storage. I. Changes of brown rice and milled rice during storage. *J. Japan. Soc. Food Sci. Technol.*, **21**, 597 (1974)
- Barber, S.: Milled rice and changes during storage. In *Rice: Chemistry and Technology*, Am. Assoc. Cereal Chem., St. Paul, MN., p. 215 (1972)
- 한재경, 김 관, 강길진, 김성곤, 이상규: 플라스틱 적층 필름 포장재를 이용한 현미의 저장중 물리화학적 변화. *한국식품과학회지*, **28**, 714 (1996)
- A.O.A.C.: Method 14.073, *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 13 ed. (1980)
- Bligh, E.G. and Dyer, W.J.: A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. and Physiol.*, **37**, 911 (1959)
- Metcalfe, L.D., Scmitz, A.A. and Pelka, J.R.: Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. *Analy. Chem.*, **38**, 514 (1966)
- Labuza, T.P.: *Shelf-life Dating of Foods*. Food & Nutrition Conn., U.S.A., Chapter 3 (1982)
- Inoue, T. and Suzuki, H.: Effects of storage period, milling degree of stored brown rice grains and soaking of milled rice grains on the properties of cooked rice grains. *Science of Cookery (Japan)*, **19**, 313 (1986)
- 송보현, 김동연, 김성곤: 현미 및 백미의 수분 흡수 속도와 취반속도의 비교. *한국농화학회지*, **31**, 211 (1988)
- 신명곤: 저장중 현미의 물리화학적 특성변화. *한국과학기술원 박사학위논문*(1986)
- Fritsch, C.W. and Gale, J.A.: Hexanal as a measure of oxidative deterioration in low fat foods. *J. Am. Oil Chem.Soc.*, **54**, 225 (1977)
- Tsuzuki, E., Tanaka, K. and Shida, S.: Studies on the characteristics of scented rice. VIII. Effect of storage conditions on some fatty acid compositions and flavor components in rice grains. *Kenkyu Hokoku Miyazaki Daigaku Nogakubu*, **28**, 31 (1981)
- Endo, I., Chikubu, S. and Tano, T.: Measurement of volatile carbonyl compounds in the vapor of cooked rice. *J. Japan Soc. Food Sci. Technol.*, **24**, 142 (1977)
- Lee, B.Y., Son, I.R., Ushio, M., Keij, I.K. and Akio, M.: Changes of volatile components of cooked rice during storage at 70°C. *한국식품과학회지*, **23**, 610 (1991)
- Robards, K., Kerr, A.F., Patsalides, E. and Korth, J.: Headspace gas analysis as a measure of rancidity in corn chips. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **65**, 1261 (1988)
- Shin, M.G., Yoon, S.H., Rhee, J.S. and Kwon, T.W.: Correlation between oxidative deterioration of unsaturated lipid and n-hexanal during storage of brown rice. *J. Food Sci.*, **51**, 460 (1986)
- Warner, K., Evans, C.D., List, G.R., Dupuy, H.P., Waraworth, G.I. and Goheen, G.E.: Flavor score correlation with pentanal and hexanal: contents of vegetable oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, **55**, 252 (1978)
- 김복순: 헥사날에 의한 라면의 저장성 예측. *단국대학교 석사학위논문* (1991)

(1996년 4월 19일 접수)