

고온처리 및 방사선 조사가 미강 지방질의 가수분해 및 산화에 미치는 영향

황금택 · 정순택*

전북대학교 식품영양학과, *목포대학교 식품공학과

Effects of Heat Treatment and Irradiation on Lipid Hydrolysis and Oxidation of Rice Bran

Keum Taek Hwang and Soon Teck Jung*

Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University

*Department of Food Engineering, Mokpo National University

Abstract

Rice bran, treated with heat or γ -radiation, was stored at -15°C , 4°C , 37°C and room temperature to determine its lipid stability by monitoring the changes in moisture, free fatty acids (FFA) and peroxide value (POV). Initial moisture content of rice bran was 14% and decreased with time. The higher storage temperature, the more moisture loss. The moisture content became 9% after 80 days of storage at 37°C . The initial FFA of rice bran was 2.5% which increased with time except the samples stored at -15°C . The higher storage temperature, the more FFA was produced, by 9 times the initial FAA after 80 days of storage at 37°C . POV increased about twice the initial value after 80 days of storage at -15°C , 4°C , and room temperature, and 5 times at 37°C . Rice bran was treated with heat at 70°C , 90°C , or 105°C and stored for 2 weeks at 30°C : The higher the heat treatment temperature and the longer the heat treatment time, the more moisture was lost. The FFA formation was retarded when the rice bran was treated for 2 hr at 90°C or 1 hr at 105°C . The POV did not show any significant changes. Irradiation at 1-30 kGy and subsequent storage for 4 weeks at 5°C or 30°C caused negligible changes in moisture content. The FFA contents of rice bran irradiated up to 10 kGy were almost similar to those of nonirradiated one when measured just after irradiation. The samples irradiated at 30 kGy were 1.5 times higher in the FFA contents than nonirradiated ones. But there was little influence of irradiation doses on the FFA contents during storage. Irradiation caused the increase in POV of rice bran, resulting in 4 times increase in case of 30 kGy irradiated sample. During the storage, however, the POV of irradiated rice bran decreased significantly.

Key words: rice bran, heat and irradiation, lipid oxidation, lipid hydrolysis, free fatty acids

서 론

미강은 현미를 도정할 때 생기는 부산물로서 섬유질 함유량이 높고 단백질, 지방, 각종 vitamin, 무기질을 풍부하게 함유하고 있어 미강의 영양적 가치와 생리적 기능성이 이해되면서 이를 식품개발에 이용하려는 연구가 계속되고 있다. 이 중 섬유질은 옛날에는 가축사료 외에는 가치가 없었으나 현재에는 식품의 식이섬유 함량을 높이는 데 사용하고자 시도되고 있고, tocopherol 등의 vitamin을 추출하여 기능성 식품

소재 또는 의약품으로 이용하려는 기술개발이 수행되어 왔다^(1,2). 또한 지방은 불포화도가 높고 tocopherol, tocotrienol, oryzanol 등의 함유량이 많아 건강보조식품용 유지류로 추출, 이용되어 왔다⁽³⁾.

그러나 미강은 다른 유지 원료에 비하여 비교적 지방의 함량이 낮고 분말 상태이어서 용매의 침투가 어렵다. 또 단백질이나 탄수화물 등 협잡물이 부유 상태로 존재하여 정제시 이들을 제거하는데 어려움이 많으며 미강 저장중에 함유되어 있는 효소인 lipase에 의한 지방질의 가수분해와 산도의 증가가 일어나 식용유를 제조하는 데는 다른 원료에 비하여 많은 문제점이 있다^(4,5). Lipase는 중성 지방을 가수분해하여 유리 지방산을 생성하는 효소로서 도정하지 않은 상태의

Corresponding author: Keum Taek Hwang, Department of Food Science and Human Nutrition, Chonbuk National University, Chonju, Chonbuk 561-756, Korea

벼에서는 lipase와 지방은 각기 다른 부위에 존재하고 있어서 지방이 비교적 안정한 상태이지만, 도정을 하게 되면 지방과 이 효소가 용이하게 접촉하게 되어 유리 지방산은 수시간 내에 미강유의 원료로 적합치 않을 만큼 급속히 증가한다^(6,7). 유리 지방산을 다량 함유한 지방은 정제과정 중에서 다량의 NaOH를 사용하여 중화하거나 다른 방법으로 제거해야 하며^(8,11) 어떤 경우든 최종 미강유 제품에 좋지 않은 영향을 미친다.

유지의 품질 및 수율과 관련된 다른 중요한 문제는 미강 저장 중의 지방의 산패이다. 미강에 함유되어 있는 지방은 불포화도가 높아^(12,14) 영양학적 측면에서 유효한 고급 지방이지만 고도의 불포화도로 인하여 공기와의 접촉에 의한 지방의 자동산화가 일어난다⁽¹⁵⁾. 이러한 지방 산화는 분말상 미강의 경우에 공기와의 접촉이 더욱 용이해져 산화가 촉진된다. 지방의 산화가 많이 일어나면 추출 지방의 냄새 뿐만 아니라 색에도 나쁜 영향을 미치게 되어 탈취, 탈색 등의 공정에 재료비를 증가시키고 최종 제품의 품질을 저하시킨다.

이러한 미강유 제조 과정상의 공정을 성력화하고 이에 따른 비용을 절감하기 위해 양질의 원료 미강을 공급하는 것은 미강유 제조 공정상 해결해야 할 중요한 과제이다. 따라서 본 실험에서는 미강을 여러 온도에 저장하면서 지방의 가수분해 및 산화 정도를 검토하였으며, 미강을 서로 다른 여러 조건에서 고온처리하거나, 각급 조사량으로 방사선을 조사한 후 장기간 저장하면서 저장 중 미강 지방질의 가수분해 및 산화 정도를 측정하여 양질의 미강 원료 공급방안을 마련하기 위한 기초 자료로 활용하고자 하였다.

재료 및 방법

시료의 저장, 고온 처리 및 방사선 조사

본 실험에서 사용한 미강은 목포 근교의 정미소에서 구입하였으며 시료미강은 수분 14.2%, 조지방 23.0%, 조단백질 10.8%, 조섬유 7.6% 그리고 회분은 9.2%이었다. 미강을 1 kg씩 polyethylene film (0.08 mm) 포대에 포장하여 냉동 온도(-15°C), 냉장 온도 (4°C), 실온 (15-30°C) 및 고온 (37°C)에 저장하면서 수분의 변화와 지방질의 가수분해 및 산화 정도를 측정하였다.

고온 처리는 미강을 70°C, 90°C, 105°C의 drying oven에서 10분, 20분, 30분, 1시간, 2시간 가열 처리한 다음 30°C에서 2주간 저장하면서 지방의 품질 안정성을 측정하였다.

시료의 방사선 조사는 경기도 여주 소재 "그린피아 기술 (주)"의 ⁶⁰Co 감마선 조사시설을 이용하여 미강

에 0, 1, 3, 6, 10, 30 kGy의 방사선을 조사하여 각각 5°C와 30°C에 저장하면서 미강의 수분, 유리 지방산, 과산화물가(POV) 및 thiobarbituric acid(TBA) value를 측정하였다.

지방질의 안정성 시험

유리지방산 측정: 미강 중의 유리 지방산은 Ke & Woyewoda⁽¹⁶⁾에 의한 방법을 다음과 같이 약간 변형하여 사용하였다. 미강 15 g을 마개 있는 삼각플라스크에 취해 chloroform 60 ml와 methanol 60 ml를 가하여 가끔 흔들어 주면서 30분간 방치하였다. 여기에 물 50 ml를 가하여 마개한 채 세게 흔들어 준 다음 분액 깔때기에 옮겨 층이 분리되도록 1시간 방치하였다. 아래 층(chloroform 층)을 여과지(Whatman No. 1) 위에 약 10 g의 sodium sulfate(granule)를 얹은 여과 깔때기를 통과시켜 chloroform 추출액을 얻었다. 이 추출액 20 ml를 삼각플라스크에 취해 methanol 10 ml, isopropanol 20 ml를 가하고 0.5% meta-cresol purple용액 수방울을 가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 미강의 유리 지방산 함량은 수분이 함유된 미강 무게 또는 건조 무게에 대한 oleic acid로 환산한 %로 나타내었다.

POV 측정: POV는 Hwang & Regenstein⁽¹⁷⁾에 의한 방법을 다음과 같이 변형하여 측정하였다. 상기한 유리 지방산 측정에서와 같은 방법으로 chloroform 추출액을 만들어, 이 추출액 20 ml를 삼각플라스크에 취해 빙초산 30 ml를 가하여 섞은 후 KI포화용액 1 ml를 가하여 가끔 서서히 흔들면서 정확히 1분 후에 물 50 ml를 가한 후 교반하여 섞는다. 1% 전분 용액 5방울 정도를 가한 후에 0.1 N Na₂S₂O₃ 용액으로 청색 또는 보라색이 사라질 때까지 적정한다. 과산화물가는 수분함유된 미강 무게 또는 건조 무게에 대한 meq/kg으로 나타내었다.

TBA value 측정: TBA value는 Lemon⁽¹⁸⁾의 방법에 따라 시료를 수증기 증류한 증류액을 trichloroacetic acid 추출용액과 thiobarbituric acid 용액으로 처리한 후 spectrophotometer (HP 8452: Hewlett Packard, Germany)를 사용하여 530 nm에서 흡광도를 측정한 후 시료무게에 대한 $\mu\text{mole malonaldehyde (MA)}/\text{g}$ 로 계산하여 참고자료로만 이용하였다.

결과 및 고찰

저장온도에 따른 미강의 안정성

실험에 사용한 미강을 도정공장에서 도정 직후 수거하여(운반 및 처리과정 포함) 측정된 수분 및 지방

함량은 각각 14.2% 및 23%였다. 미강을 -15°C, 4°C, 실온 및 37°C에 저장하면서 측정된 수분, 유리지방산, POV의 변화는 Fig. 1, 2, 3에 나타내었다. 대체적으로 저장 온도가 높을수록 미강의 수분 함량이 감소하였으며, 실온에 저장한 미강이 4°C에 냉장 저장한 것보다 수분을 잘 유지하고 있었는데 이는 4°C 냉장고 내부가 보다 건조하기 때문이었던 것으로 생각된다. 저장 중 다소 차이는 있었지만 미강의 수분이 감소하기 때문에 수분에 의한 미강내 곰팡이 번식과 같은 변질은 없었다. 특히 실온 저장 후에 수분이 12% 이하로 떨어져 저장 중 수분에 의한 변질은 없었다. 저장기간 중 곰팡이 등의 번식은 관찰되지 않았고 심한 악취의 발생도 감지되지 않았다. 미강을 37°C에 80일 이상 저장했을 때 수분 함량은 8% 정도로 떨어지긴 했으나 다음에 고찰하는 바와 같이 이는 효소 lipase의 활성화 전혀 영향을 주지 않는 것으로 생각된다^(19,20).

미강의 유리지방산은 도정과 동시에 증가하기 시작하여 수 시간 이내에 유리지방산이 급격히 증가⁽¹²⁾하므로, 도정 즉시 채취하여 실험에 이용하였으나 운반, 실

험실에서의 지체 시간 등으로 인하여 실험 초기에 사용한 미강의 유리지방산의 함량이 건조하지 않은 미강의 1.5%를 넘었다. 이 때 지방 함량을 23%로 하여 산출하면 이는 전체 지방의 6.7%에 해당하는 값으로 이미 지방의 가수분해가 상당히 진행되었음을 알 수 있었다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 미강내 유리지방산의 함량은 저장 온도에 직접적인 영향을 받았다. 냉동 온도에서는 유리지방산의 증가가 거의 일어나지 않았으며, 냉장 온도에서는 80일간 저장 후에 약 2배 정도로 증가되었다. 실온은 밤에는 15°C 이하로 떨어지기도 하였으나 대체로 20°C~25°C이었으며, 여름에는 에어컨을 가동한 실내에 보관하여 실온이 25°C 내외가 되도록 유지하였다. 실온에서 미강을 1개월간 저장하면 유리지방산이 초기 함량의 3.5배 정도로 증가하였는데 이는 전체 지방함량의 23%에 해당한다. 약 80일간의 실온 저장 중에 미강의 유리지방산은 초기의 5배 정도가 증가하였는데 이는 전체 지방의 33%에 해당하는 양이다. 이와 같은 결과는 봄 가을 날씨에 미강을 노천 저장시 지방의 막대한 손실을 초래할 수 있음을 시사한다. 미강을 37°C에 1개월 저장하는 동안 미강내 유리 지방산은 8.4%로서 초기 유리지방산 함량의 5배 이상 증가한 양으로 전체 지방의 약 36%에 해당된다. 이는 더운 여름 날씨에서 미강의 지방은 가수분해가 크게 진행될 것으로 고찰되어 특히 여름철에 미강을 신속히 처리할 필요성이 있음을 입증하였다.

미강의 과다한 공기 노출은 지방의 산화를 초래할 수 있다는 전체화에 저장온도에 따른 지방 산화 정도를 측정하였다. POV는 산화반응 초기 생성물인 과산화물을 측정하는 반면에 TBA value는 산화 반응 최종 생성물인 malonaldehyde를 측정하는 방법이다. 공기 중에 노출시킨 채 -15°C, 4°C, 실온 및 37°C에 저장하면서 측정된 POV의 변화는 Fig. 3에서와 같이 약

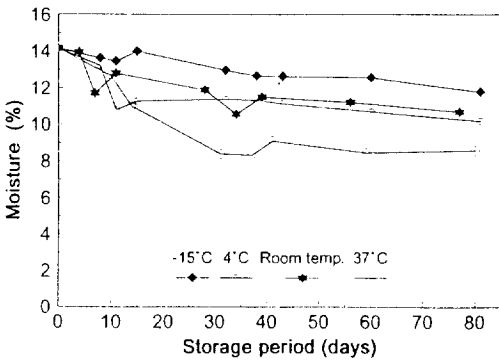


Fig. 1. Changes in moisture of rice bran during storage at different temperatures

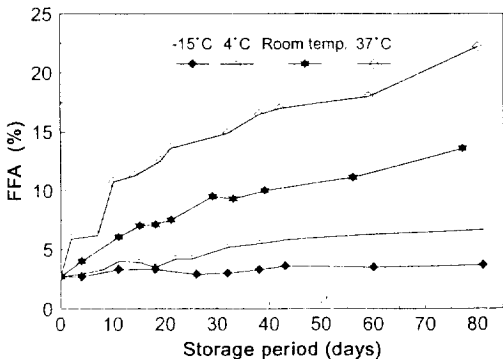


Fig. 2. Changes in free fatty acids of rice bran during storage at different temperatures

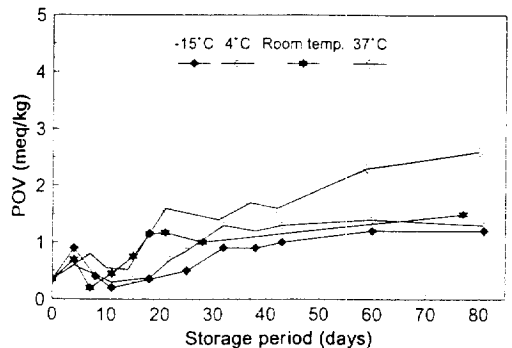


Fig. 3. Changes in peroxide value of rice bran during storage at different temperatures

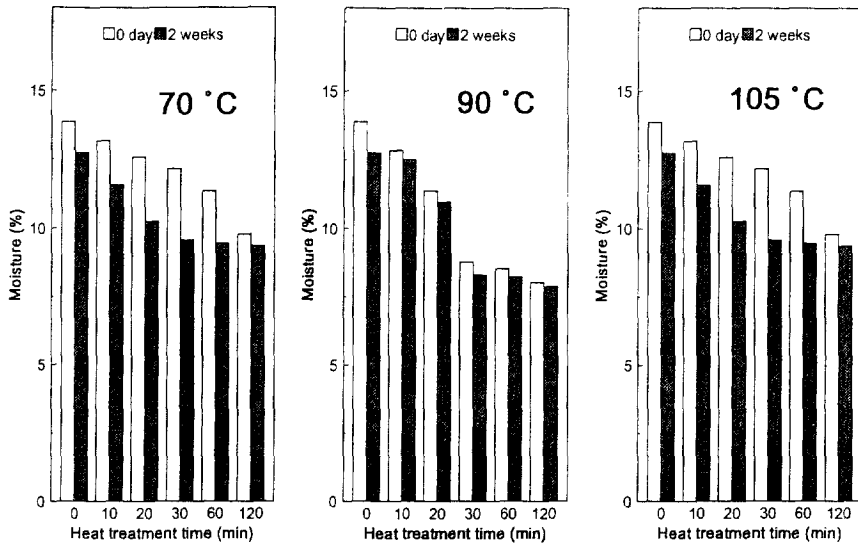


Fig. 4. Moisture contents of rice bran heat-treated in drying oven at different temperatures and stored at 30°C

20일간 저장기간 동안에는 저장온도 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 저장기간이 경과함에 따라 대체적으로 온도가 높을수록 POV가 높았으며, 37°C에 저장한 미강은 80일 이상 저장시 산화가 다른 저장온도에 비하여 현저히 진행됨을 알 수 있었다. 그러나 냉동 저장한 미강의 경우에도 POV가 계속해서 증가하였다. 측정된 TBA의 변화는 일정한 패턴을 보이지 않았으며 저장 처리 온도간에 큰 차이를 보이지 않아서 나타내지 않았다. 미강의 지방이 불포화도가 높고 도정 후에 공기에 노출이 현저히 증가함에도 장기간 저장 중에 지방의 산패에 큰 변화가 없는 것은 미강 내에 존재하는 tocopherol이나 oryzanol과 같은 천연 산화방지제 때문인 것으로 추정되어⁽²¹⁾, 미강의 지방 산패는 가수분해에 의한 유리지방산의 생성만큼 미강의 안정화의 주요 고려사항이 아닌 것으로 고찰되었다.

고온처리 미강의 안정성

실험에 사용한 미강을 구입한 즉시 측정된 수분 및 지방 함량은 각각 14.3% 및 19.3%이었다. 유리지방산의 함량은 건조 무게를 기준으로 0.81%였으며, POV는 0.82 mequivalent/kg로서 다소 높았고, TBA value는 0.01 μmole MA/g으로서 전에 사용한 미강과 거의 같은 수준이었다. 각 온도에서 주어진 시간동안 drying oven에서 열처리한 미강을 30°C에서 2주간 저장한 후에 측정할 수분, 유리지방산 함량 및 POV는 Fig. 4, 5, 6에 나타내었다. 미강을 높은 온도에서 장시간 처리하였을 때 Fig. 4에서의 같이 수분이 다소 감소하

는 현상을 보이고 있으나 뚜렷한 패턴은 나타나지 않았다. 미강을 105°C에서 2시간 가열한 후에 30°C에서 2주간 저장했을 때도 수분이 10% 이상 유지되었다. Loeb⁽¹⁹⁾와 Yokochi⁽²⁰⁾들은 미강유의 lipase가 수분이 3-4% 이하에서 완전한 열처리에 의해서 효소가 불활성화되지 않으면 수분의 재흡수에 의해 효소가 재활성화된다고 하였다. 따라서 실험에 사용된 미강은 처리 방법에 관계없이 수분이 10% 이상이 되어 효소가 일시적으로 불활성화되었다 하더라도 재활성화 가능성이 있음을 유의하여야 할 것으로 생각된다.

미강은 열처리한 후에 온도가 높을수록 그리고 열처리 시간이 길수록 30°C에서 2주간 저장 후의 유리지방산 함량은 Fig. 5에서와 같이 감소하였다. 미강은 70°C에서 2시간, 90°C에서 2시간 처리해도 효소의 완전 불활성화는 일어나지 않았으며 105°C에서 1시간 내지 2시간 처리할 경우 만족할만한 유리지방산 생성 저지의 결과를 얻었다. 그리고 70°C의 가열처리 조건에서는 Fig. 4와 같은 수분의 감소에도 유리지방산의 생성량이 영향을 받지 않았으나 90°C와 105°C에서 처리한 미강의 경우 수분이 9% 이하로 감소되면서 유리지방산의 생성량이 적어진 것은 lipase의 불활성화 외에 기질조건의 변화에도 기인한 것으로 고찰된다. POV와 TBA의 변화는 Fig. 6과 같이 뚜렷한 패턴을 보이지 않고 있는 것으로 보아 실험에서 사용한 온도와 시간에 의해서 미강의 지방 산화는 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있었다. 단지 70°C에서 1시간 또는 2시간 처리 직후의 미강의 POV가 다른 시료에 비하

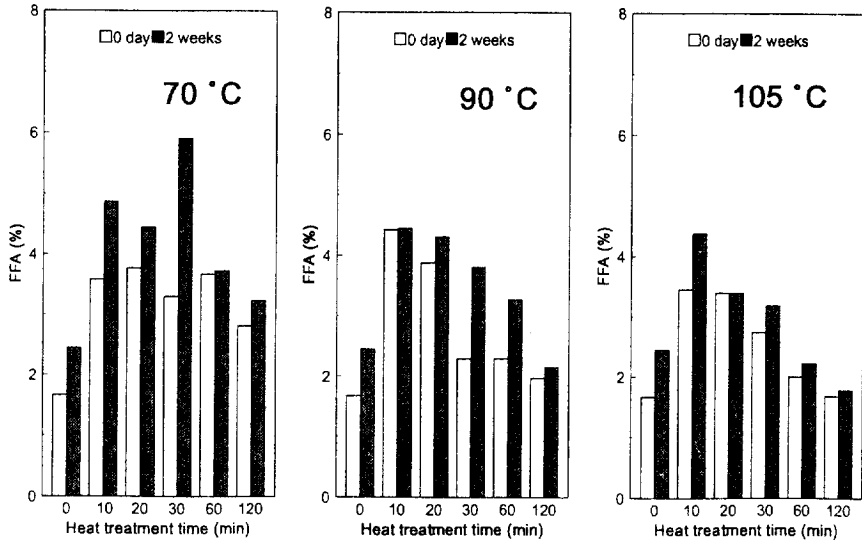


Fig. 5. Free fatty acids of rice bran heat-treated in drying oven at different temperatures and stored at 30°C

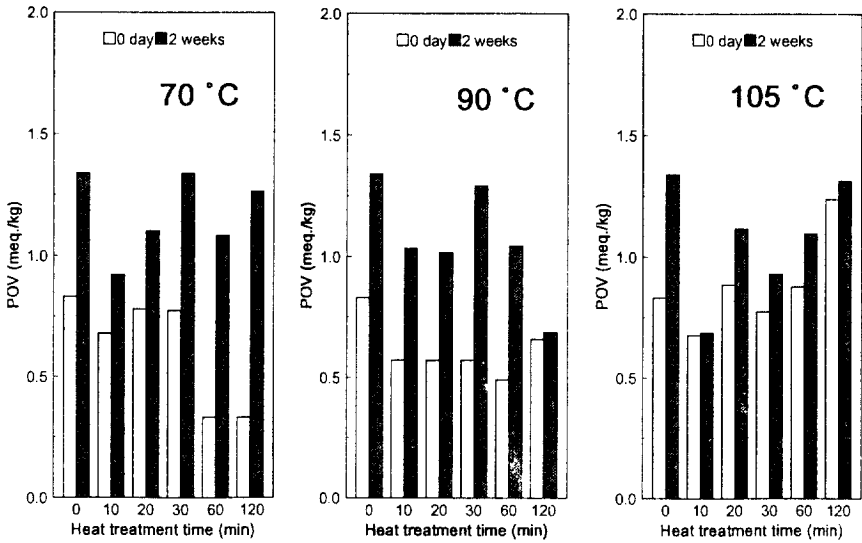


Fig. 6. Peroxide values of rice bran heat-treated in drying oven at different temperatures and stored at 30°C

여 현격히 낮게 측정된 것은 POV가 초기 산화물질의 측정법이라는 점을 고려할 때 지방 산화가 낮게 일어났기 때문이라기 보다는 이 조건에서 일시적으로 과산화물이 다른 물질로 변하고 더 많은 과산화물이 생기지 않았기 때문에 일어난 현상으로 생각되었다.

방사선을 조사한 미강의 안정성

실험에 사용한 미강을 도정공장에서 도정 직후 수거하여 측정된 수분 함량은 12.7%이었다. 방사선 조사량이 미강에 방사선을 조사한 후의 수분함량에 영

향을 미치지지는 않았으며, Table 1과 같이 방사선 조사한 미강을 2 내지 4 주간 5°C와 30°C에서 저장 중 수분은 저장기간이 길수록 저장온도가 높을수록 약간 낮은 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다. 방사선 조사 직후의 유리 지방산 함량을 측정된 결과는 Table 2와 같이 방사선 조사는 미강의 유리지방산 생성에 아무런 영향을 미치지 않았으나, 30 kGy의 방사선 조사를 한 미강은 유리지방산이 다소 증가하였다. 저장 중 유리 지방산은 저장 기간과 온도의 영향만 있을 뿐 방사선 조사량에는 거의 영향을 받지 않았다.

Table 1. Moisture contents of rice bran irradiated at different doses and stored 5 °C and 30 °C

Storage time	Irradiation dose					
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	6 kGy	10 kGy	30 kGy
0 day	12.84	12.89	12.84	12.86	12.72	12.64
2 weeks- 5 °C	12.56	12.60	12.45	12.05	12.07	12.29
2 weeks-30 °C	12.30	12.25	12.40	12.61	12.20	12.04
4 weeks- 5 °C	12.61	12.27	12.37	12.56	12.18	12.54
4 weeks-30 °C	12.20	12.08	12.33	12.03	11.39	12.21

Table 2. Free fatty acids of rice bran irradiated at different doses and stored 5 °C and 30 °C

Storage time	Irradiation dose					
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	6 kGy	10 kGy	30 kGy
0 day	2.15	2.09	2.01	2.07	2.18	3.54
2 weeks- 5 °C	2.45	2.71	2.55	2.50	2.31	3.77
2 weeks-30 °C	5.13	5.21	4.89	5.23	4.88	5.77
4 weeks- 5 °C	5.36	5.21	4.89	5.22	4.89	5.80
4 weeks-30 °C	6.91	7.25	5.66	6.99	6.88	6.81

미강 중의 지방 산화는 Table 3에서와 같이 방사선 조사에 의하여 급속히 진행되었으며 방사선 조사량이 많을수록 높게 일어나 10 kGy에서는 3배, 30 kGy에서는 4배가 되었다. 그러나 방사선 조사한 미강을 2 내지 4주간 저장하면서 POV를 측정된 결과, 방사선 조사 직후보다 POV가 계속 낮아지는 경향을 보였으며, 특히 30 kGy를 조사한 미강의 지방 산화는 저장기간이 길어짐에 따라 현저히 감소하였으며 2주일 이상 저장하였을 때에 시료 미강의 POV 이하가 되었다. 식품에 방사선 조사를 하였을 때 산화가 많이 일어나지만 어떤 경우는 방사선 조사에 의하여 aldehyde-amine 복합 물질과 같은 항산화 물질이 생성되어 오히려 산화를 저지하기도 하는 것으로 보고하고 있다⁽²²⁾. 그 일례로 밀가루를 들 수 있는데 밀가루의 경우는 방사선 조사한 것이 하지 않은 것보다 지방 산화가 잘 일어나지 않는 것으로 나타났다⁽²³⁾. 따라서 본 연구 결과도 방사선 조사한 미강이 저장 중에 지방 산화가 방사선 조사하지 않은 것보다 낮게 나타났는데 이는 밀가루에서와 같은 원리일 것으로 고찰된다.

요 약

미강을 아무런 처리를 하지 않거나, 고온처리 또는 방사선 조사하여 저장하면서 수분 및 유리지방산 함량, peroxide value (POV) 등의 변화를 측정하여 미강 지방의 안정성을 검토하였다. 무처리 미강을 -15°C, 4°C, 37°C 및 실온(15-30°C)에 저장하였을 때, 수분은

Table 3. Peroxide values of rice bran irradiated at different doses and stored 5 °C and 30 °C

Storage time	Irradiation dose					
	0 kGy	1 kGy	3 kGy	6 kGy	10 kGy	30 kGy
0 day	0.84	1.55	1.95	2.47	2.63	3.55
2 weeks- 5 °C	1.14	0.69	0.69	0.91	1.36	1.25
2 weeks-30 °C	1.42	1.14	1.14	1.49	1.71	0.57
4 weeks- 5 °C	2.29	1.37	1.48	1.83	2.51	0.46
4 weeks-30 °C	2.41	1.48	1.48	2.61	2.53	0.46

초기에 약 14%이었으며 저장온도가 높을수록 수분 손실이 많았고, 37°C에서 80일 저장시 수분이 9%로 되었다. 유리지방산은 초기에 약 2.5%이었으며 저장 중 -15°C에서는 거의 일정하였으나 그 외의 온도에서는 온도가 높을수록 현저히 증가하여 37°C에 80일 저장하였을 때 약 9배 정도 증가하였다. POV는 37°C 이외의 온도에서 약 80일 저장한 미강의 경우에 초기보다 약 2배 증가하였는데 37°C에 저장한 미강의 경우에는 5배 정도의 증가를 보였다. 미강을 70°C, 90°C, 105°C에서 열처리하여 30°C에서 2주간 저장하였을 때 수분은 열처리 온도가 높고 시간이 길수록 저장 후에 수분함량이 낮아졌다. 미강을 90°C에서 2시간 또는 105°C에서 1시간 이상 열처리했을 때 유리지방산의 생성이 저지되었으며, 미강 지방의 POV는 열처리에 의해서 특이한 변화가 없었다. 미강을 1~30 kGy의 방사선 조사를 하여 5°C 및 30°C에 4주간 저장하였을 때 수분은 방사선 조사에 의한 차이가 없었다. 유리지방산은 10 kGy까지 큰 차이가 없었으나 30 kGy 처리한 미강은 처리하지 않은 것보다 약 1.5배 정도 증가하였으나 저장 중에는 큰 변화를 보이지 않았다. 방사선 조사 직후의 POV는 방사선 조사량이 높을수록 증가하여 30 kGy의 경우에 무처리보다 약 4배 정도 높았으나, 저장 중에는 방사선 조사한 미강의 경우에 POV가 현저히 감소하였다.

감사의 글

본 논문은 통상산업부와 목포대학교 서남권 식품가공연구 및 기술지원센터의 연구비 지원으로 수행된 연구 내용의 일부로서, 이에 감사드리며, 방사선 조사 시설을 사용하도록 협조하여 주신 그린피아기술(주)에 감사드립니다.

문 헌

1. Juliano, B. O.: Rice bran. In *Rice: Chemistry and Technology*, Juliano, B. O. (Ed.), 2nd ed., American As-

- sociation of Cereal Chemists, St. Paul, MN, p. 647 (1985)
2. Saunders, R. M.: The properties of rice bran as a food-stuff. *Cereal Food World*, **35**, 632 (1990)
 3. Rogers, E. J., Rice, S. M., Nicolosi, R. J., Carpenter, D. R., McClelland, C. A. and Romanczyk, L. J., Jr.: Identification and quantitation of γ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocopherols in rice bran oil. *JAOCS*, **70**, 301 (1993)
 4. Shastry B. S. and Rao, M. R. R.: Chemical studies on rice bran lipase. *Cereal Chemistry*, **53**, 190 (1976)
 5. 최미자, 이귀주 : 미강 lipase의 효소 화학적 성질에 대한 연구. *한국영양학회지*, **14**, 146 (1981)
 6. Sayre, R. N., Saunders, R. M., Enochian, R. V., Schultz, W. G. and Beagle, E. C.: Review of rice bran stabilization systems with emphasis on extrusion cooking. *Cereal Food World*, **27**, 317 (1982)
 7. Takano, K.: Mechanism of lipid hydrolysis in rice bran. *Cereal Food World*, **38**, 695 (1993)
 8. Kim, S. K., Kim, C. J., Cheigh, H. S. and Yoon, S. H.: Effect of caustic refining, solvent refining and steam refining on the deacidification and color of rice bran oil. *JAOCS*, **62**, 1492 (1985)
 9. Bhattacharyya, A. C., Majumdar, S. and Bhattacharyya, D. K.: Edible quality rice bran oil from high FFA rice bran oil by miscella refining. *JAOCS*, **63**, 1189 (1986)
 10. Bhattacharyya, A. C. and Bhattacharyya, D. K.: Deacidification of high FFA rice bran oil by reesterification and alkali neutralization. *JAOCS*, **64**, 128 (1987)
 11. Bhattacharyya, A. C. and Bhattacharyya, D. K.: Biorefining of high acid rice bran oil. *JAOCS*, **66**, 1089 (1989)
 12. 유정희, 최홍식 : 미강의 지질성분 및 저장 중 지질특성 변화에 관한 연구. *한국식품과학회지*, **12**, 278 (1980)
 13. Hemavathy, J. and Prabhakar, J. V.: Lipid composition of rice (*Oryzae sativa* L.) bran. *JAOCS*, **64**, 1016 (1987)
 14. Taira, H.: Fatty acid composition of Indica- and Japonica-types of rice bran and milled rice. *JAOCS*, **66**, 1326 (1989)
 15. Yoon, S. H., Kim, S. K., Shin, M. G. and Kim, K. H.: Comparative study of physical methods for lipid oxidation measurement in oils. *JAOCS*, **62**, 1487 (1985)
 16. Ke, P. J. and Woyewoda, A. D.: A titrimetric method for determination of free fatty acids in tissues and lipids with ternary solvents and *m*-cresol purple indicator. *Analytica Chimica Acta*, **99**, 387 (1978)
 17. Hwang, K. T. and Regenstein, J. M.: Protection of menhaden mince lipids from rancidity during frozen storage. *J. Food Sci.*, **54**, 1120 (1989)
 18. Lemon, D. W.: An improved TBA test for rancidity. *New Series Circular Number 51*, Fisheries and Marine Services Canada, Halifax, Nova Scotia (1975)
 19. Loeb, J. R., Morris, N. J. and Dollear, F. G.: Rice bran oil. IV. Storage of the bran as it affects hydrolysis of the oil. *JAOCS*, **26**, 738 (1949)
 20. Yokochi, K.: Rice bran processing for the production of rice-bran oil and rice-bran protein meal. *ID/WG*, 120/9, UNIDO, Vienna (1974)
 21. Yoon, S. H. and Kim, S. K.: Oxidative stability of high-fatty acid rice bran oil at different stages of refining. *JAOCS*, **71**, 227 (1994)
 22. Greene, B. E. and Watts, B. M.: Lipid oxidation in irradiated cooked beef. *Food Technol.*, **20** (8), 111 (1966)
 23. Tipples, K.H. and Norris, F.W.: Some effects of high level gamma-irradiation on the lipids of wheat. *Cereal Chem.* **42**, 437 (1965)

(1996년 6월 3일 접수)