

감마선 조사한 보리의 저장 안정성

손인숙 · 김미라[†]

경북대학교 식품영양학과

Storage Stability of Barleys Irradiated by Gamma-Ray

In-Sook Son and Meera Kim[†]

Dept. of Food Science and Nutrition, Kyungpook National University, Taegu 702-701, Korea

Abstract

Physicochemical, microbiological, and sensory properties of barleys irradiated by gamma-ray at 1.2kGy, 10.1kGy, or 30.5kGy were investigated every 40 days during the storage at 25°C and 50% relative humidity. Moisture content of the irradiated barleys decreased but crude lipid content increased during the storage. TBA values increased in proportion to the irradiation dose and to the storage period. In Hunter's color, L, a, and b values of 30.5kGy dose-irradiated barleys were higher than those of the non-irradiated barleys right after irradiation and this trend continued during the storage. Numbers of mesophilic and psychrophilic bacteria in the non-irradiated barleys and 1.2kGy dose-irradiated barleys were higher than those in the barleys irradiated at 10.1kGy and 30.5kGy during the storage. Numbers of yeasts and molds in the irradiated and non-irradiated barleys were low and they did not greatly increase during the storage. In sensory evaluation, acidic odor of the barleys was strong at the 10.1kGy and 30.5 kGy dose irradiation but barley odor and humid odor were not significantly different among the groups depending upon the radiation dose and storage period.

Key words: barley, irradiation, storage stability, microbiology, sensory evaluation

서 론

보리는 쌀과 더불어 우리의 기본식량으로 큰 몫을 차지하고 있고(1) 빵류, 면류, 과자류, 그외 프리믹스용 등 다양한 식품의 소재로 이용되고 있다. 최근에는 보리의 대표적 식이섬유인 (1-3), (1-4)- β -D-glucan이 체내 혈중 콜레스테롤을 저하시킨다고 알려지는 등(2,3) 영양학적 가능성이 매우 우수하여 건강식품 소재로서의 가치가 한층 높아지고 있다. 보리는 종자로 저장되어 예비식량의 역할을 하지만 많은 양이 수확과 저장, 유통과정 동안 해충의 감염으로 인해 손실되고 있으며(4,5) 수확과 저장 동안 수분함량과 저장온도로 인해 mycotoxin이 생성될 수도 있다(6).

식품의 안전성에 대한 관심이 높아짐에 따라 보건당국과 식품업계에서는 위생적인 식품생산에 역점을 두고 있으며, 현재 국내외적으로 사용이 금지되고 있는 화학훈증제나 보존제 등을 대체할 수 있는 효과적인 살균, 살충기술의 개발은 국내외 식품산업에서 매우 시급한 당면과제가 되고 있다. 지금까지 식품공업에 사용되어 온 식품저장과 가공방법은 오랜 역사와 더불어 개선되고 과학화되

어 왔으나 나름대로의 한계성이 지적되면서 문제점을 해결하거나 보완할 수 있는 새로운 기술이 요구되고 있다. 이에 따라 식품에 대한 감마선 이용기술은 위생적인 식품생산과 식량의 이용률 증대효과를 가져올 수 있다는 과학적인 평가에 의해 현재 40여개국에서 사용이 허가되어 있고, 선진국과 개발 도상국을 포함한 30여개국에서 상업적으로 방사선 조사식품을 생산하고 있다(7,8).

곡류에 대한 방사선 조사 연구를 보면 Australian Consumers Association에서는 쌀의 aflatoxin 생성을 막기 위해서 쌀에 최소 7kGy 조사선량이 필요하고 부패성 곰팡이를 제거하기 위해서는 5~6kGy의 조사선량이 요구되나 쌀의 질적인 면에서 부작용을 가져올 수 있다고 하였다(6). Joint FDA/IAEA/WHO Expert Committee는 쌀의 해충구제를 위해 1kGy까지 조사선량을 허용하였고 저선량 조사시 쌀의 물리화학적, 관능적 성질에 영향을 미치지 않는다고 하였다(9). 한편 Sabularse 등(10)은 쌀에 1kGy 이상의 방사선 조사시 쌀의 종류, 수분함량, 저장시간에 따라 조리의 질, 관능특성, 물리화학적 성질에 영향을 미쳐서 조리시간은 감소하고 수분흡수는 증가되며 남아있는 조리수에서 전분의 양이 증가했다고 보고하

[†]To whom all correspondence should be addressed

였다. 또한 Wilkinson 등(9)과 Farkas(11)는 방사선 조사에 의한 보리의 발아 조절에 대하여 보고하였다. 방사선 조사에 의한 식품저장기술은 국제 원자력기구(IAEA)와 구미 유럽 등에서 많은 연구가 진행되어 왔고 그 우수성이 인정되고 있으나 다양한 선량의 범위에서 각 식품의 특정 성분의 함유량 감소나 특유한 방사선 분해물 생성에 대한 연구 및 방사선 조사식품에 대한 소비자들의 선입견 해소와 인지도 확대 등 아직도 방사선 조사식품의 실용화를 위해서 해결되어야 할 문제들이 남아있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 주요 잡곡 중 하나인 보리에 감마선 조사를 한 후, 저장 동안 조사선량에 따른 보리의 이화학적, 미생물적, 관능적 특성의 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 보리(*Hordeum vulgare* L.)는 1996년 국내산(예천종)으로 농협에서 구입하여 1kg씩 폴리에틸렌 백에 포장하였다.

시료의 감마선 조사 및 저장

포장된 시료의 감마선 조사는 ⁶⁰Co로 하였으며(그린피아 기술(주)), 조사처리 후 흡수선량을 분석하였다. 흡수선량의 확인은 Harwell Gamma Cr YR PMMA Dosimeter Batch 6, Harwell Amber Perspex Dosimeter Type 3042 Batch H, Harwell Red Perspex Dosimeter Type 4034 Batch CV로 하였으며, 흡수선량은 각각 1.2, 10.1, 30.5 kGy로 확인되었다. 감마선 조사된 시료는 비조사 대조시료와 함께 25°C, 50% 상대습도의 바이오 인큐베이터(SW-90B, Sang Woo Scientific Co., Korea)에 보관하면서 40일 간격으로 분석하였다. 시료는 분석시 Waring blender (31BL91, New Hartford, USA)로 분쇄하여 사용하였다.

수분과 조지방 함량

보리의 수분함량은 105°C 상압가열 건조법, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법을 이용하여 분석하였다(12).

TBA가(thiobarbituric acid value)

Turner 등(13)의 방법을 수정하여 TBA가를 측정하였다. 즉 마쇄한 시료 2.5g을 취하여 50ml 원심분리관에 넣은 후 2M의 phosphoric acid에 용해한 20% trichloroacetic acid 10ml와 0.01 M 2-thiobarbituric acid 10ml를 첨가하여 100°C 수조에서 교반하면서 30분간 가열하였다. 이를 얼음조에서 10분간 냉각시킨 후 isoamyl alcohol-pyridine (2:1, v/v) 혼합용액 15ml를 가하여 2분간 강하게 흔들어서 주 2,400 rpm에서 15분간 원심분리한 뒤 spectropho-

tometer(Beckman DU-650, USA)를 이용하여 538nm에서 흡광도를 측정하였다.

색도 측정

시료의 색도는 색차계(Model whiteness checker RF-1, Nippon Denshoku Kogyo Co., Japan)를 사용하여 Hunter scale에 의한 L, a, b값으로 나타내었다. 이때 사용한 표준백판은 L값이 90.5, a값이 0.7, b값이 3.0이었다.

미생물 검사

시료 10g을 멸균 plastic bag에 취하고 멸균된 0.1% peptone용액 90ml를 가하여 Stomacher(Model 400, Seward, England)에서 3분간 균질화시킨 뒤 0.1% peptone 용액으로 계속 희석하여 미생물 분석에 이용하였다. 평판 계수법(14)에 따라 plate count agar(Acumedica, USA)를 사용하여 중온성균은 35°C에서 48시간 동안, 저온성균은 4°C에서 7일간 배양하였고, 효모 및 곰팡이는 potato dextrose agar(Acumedica, USA)를 사용하여 30°C에서 3일간 배양한 뒤 colony수를 계수하여 CFU/g을 산출하였다.

관능검사

뚜껑이 있는 petri dish에 시료를 담아 혼련된 패널 5명에게 제공한 뒤 시료의 냄새에 대하여 선척도를 이용하여 QDA(Quantitative Descriptive Analysis)(15,16)에 의해 평가하도록 하였다.

통계처리

실험결과는 SAS(Statistical Analysis System) 통계처리 프로그램(version 6.12)을 이용하여 분석하였으며(17,18), p<0.05 수준에서 분산분석한 후 Duncan's multiple range test에 의해 각 실험기간 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

보리의 수분과 조지방 함량 변화

감마선 조사 직후 보리의 수분함량은 감마선 조사선량에 의해 유의적인 변화를 보이지 않아(Fig. 1) 현미의 수분함량이 감마선 조사선량에 영향을 받지 않았다고 한 Sabularse 등(19)의 보고와 같은 경향을 나타내었다. 저장기간이 경과함에 따라 보리의 수분함량은 1.2kGy 조사군에서 저장중기에 약간의 증가가 있었으나 저장말기에는 다시 감소하였다. 대체로 저장중기(120~200일)부터 수분함량이 감소하기 시작하였으며 감마선 조사 직후 보리의 수분함량은 11~12%이었으나 저장 320일째에는 10.6~11.2%로 수분이 약 0.4~0.8%정도 감소하였다. 조지방 함량은 조사 직후 조사선량에 의해 영향받지 않은

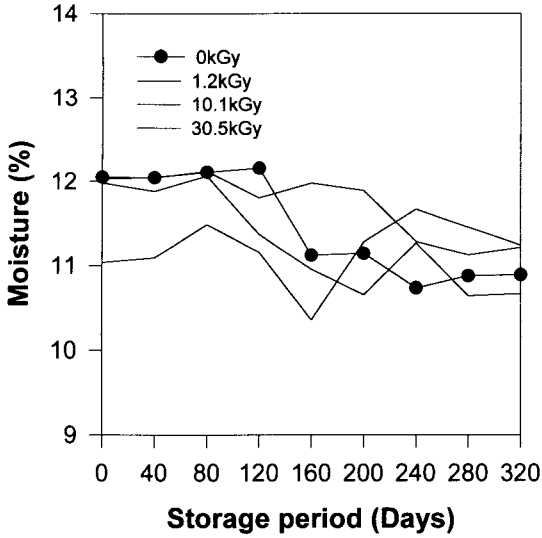


Fig. 1. Moisture content in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C.

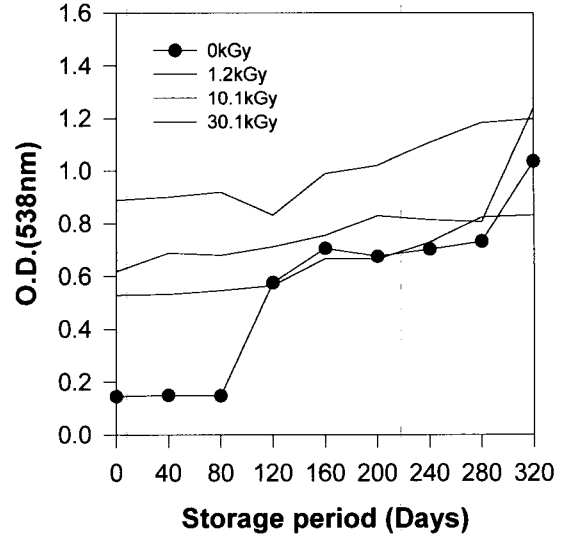


Fig. 2. TBA value in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C.

것으로 나타났으며 저장기간이 경과함에 따라 다소 증가하였다(Table 1). 이는 보리의 수분함량이 저장기간 동안 감소함으로써 지방함량이 상대적으로 증가되었기 때문으로 사료된다.

TBA가의 변화

감마선 조사선량과 저장기간에 따른 보리의 TBA가 변화를 살펴본 결과, 감마선 조사 직후(저장 0일) 감마선 조사군은 비조사군에 비해 조사선량이 증가함에 따라 TBA가 증가하는 것으로 나타나 감마선 조사에 의해 보리의 지질이 산화되었음을 보여주었다(Fig. 2). 감마선 조사는 지방질 성분에 미치는 영향이 큰 것으로 보고되고 있는데, 감마선 조사에 의해 생성된 유리기는 유지의 자동산화에 관여하며 조사 전후의 산소의 존재는 지방질 산패를 촉진시키는 것으로 알려져 있다(20). Kwak 등(21)도 감마선 조사한 돼지고기의 TBA가 감마선 조사 직후 조사선량에 비례하여 증가하였다고 보고하였다. 저장기간에 따른 TBA가의 변화를 보면 저장초기에는 각 실험군간에

뚜렷한 차이를 보이다가 저장 중기인 120일경부터 비조사군과 1.2kGy 조사군 사이에 차이가 감소하였고 10.1kGy와 30.5kGy 조사군이 비조사군과 1.2kGy 조사군에 비해 TBA가 높았다. 그리고 보리의 비조사군과 조사군 모두 저장중기부터 TBA가 증가하는 경향을 보여 저장 중에 계속해서 산패가 진행되고 있음을 알 수 있었다. 이러한 경향은 Lorenz(22)의 방사선 조사한 밀의 저장 동안 peroxide 변화에 대한 연구와 유사하였다.

색도의 변화

저장기간 동안 감마선 조사선량에 따른 보리의 색도 측정 결과는 Table 2와 같다. 저장 초기의 보리는 30.5kGy 조사시 L값(lightness), a값(redness), b값(yellowness)이 모두 비조사군에 비해 증가하였고 저장기간 동안에도 이들간의 차이는 유지되어 유의적으로 색변화가 일어났음을 보여주었다. 다른 곡류에서 방사선 조사에 의한 색변화에 대한 연구를 보면 Sabularse 등(19)은 조사선량이 증가할수록 쌀의 노란색이 증가하였다고 보고하였고, Wotton 등(6)도 호주산 쌀의 노란색은 조사선량이 높을수록 더 짙어졌다고 보고했는데 이것은 더 많은 수분함량을 가진 쌀일수록 더 심하게 나타났다고 하였다. 본 실험에서도 조사선량이 높을수록 보리의 b값이 높게 나타나 보리의 노란색이 더 짙어짐을 확인할 수 있었다.

미생물 검사

감마선 조사에 따른 살균효과를 보면 조사 직후 보리의 저온성균 수는 감마선 조사선량에 비례하여 감소하였고 저장기간이 경과함에 따라 비조사군과 1.2kGy 조사군은 계속 증가하였으나 저장 40일째부터 10.1kGy와 30.5

Table 1. Crude lipid content in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C (unit: %)

Days of storage	Dose (kGy)			
	0	1.2	10.1	30.5
0	0.67	0.64	0.67	0.67
40	0.56	0.73	0.67	0.55
80	1.13	1.24	0.91	0.61
120	0.70	0.73	0.99	0.68
160	1.02	0.97	0.72	0.36
200	0.77	0.65	0.73	0.91
240	0.73	0.78	0.85	0.93
280	0.92	0.82	0.89	0.93
320	0.83	0.87	0.87	0.83

Table 2. Hunter's color value of the gamma-irradiated barley powder during the storage at 25°C

Color	Dose (kGy)	Storage period (days)								
		0	40	80	120	160	200	240	280	320
L	0	^B 84.23±0.55 ^{ab}	^A 83.10±2.86 ^{abc}	^B 80.60±0.10 ^d	^B 80.93±0.23 ^d	^B 81.93±0.45 ^{cd}	^C 81.77±0.15 ^{cd}	^D 82.43±0.15 ^{bcd}	^B 82.17±0.40 ^{cd}	^B 84.50±0.36 ^a
	1.2	^B 84.17±0.25 ^b	^A 80.80±0.40 ^f	^B 81.03±0.29 ^f	^B 81.07±0.25 ^f	^B 81.80±0.40 ^d	^A 89.47±0.12 ^a	^C 83.20±0.20 ^f	^D 79.77±0.21 ^f	^D 82.17±0.12 ^d
	10.1	^B 84.13±0.21 ^{bc}	^A 85.43±2.31 ^b	^B 81.20±0.10 ^d	^B 80.97±0.51 ^d	^C 80.77±0.12 ^d	^A 88.93±0.47 ^a	^B 83.93±0.25 ^{bc}	^C 80.60±0.10 ^d	^C 83.13±0.72 ^c
	30.5	^A 85.63±0.49 ^c	^A 83.07±0.51 ^e	^A 82.63±0.76 ^e	^A 83.37±0.15 ^e	^A 85.27±0.12 ^e	^B 88.20±0.40 ^a	^A 87.97±0.25 ^{ab}	^A 84.33±0.55 ^d	^A 87.37±0.31 ^b
a	0	^B 1.57±0.06 ^b	^B 0.40±0.61 ^d	^B 0.83±0.06 ^e	^C 1.00±0.00 ^f	^B 1.10±0.14 ^f	^B 0.80±0.08 ^c	^C 0.80±0.08 ^c	^B 0.87±0.09 ^c	^B 2.07±0.05 ^a
	1.2	^B 1.67±0.12 ^b	^B 0.73±0.15 ^d	^B 0.80±0.26 ^d	^C 0.90±0.00 ^{cd}	^B 1.07±0.05 ^e	^A 1.77±0.09 ^b	^B 1.83±0.05 ^b	^B 0.87±0.05 ^{cd}	^B 2.10±0.08 ^a
	10.1	^B 1.73±0.12 ^{bc}	^A 2.50±1.04 ^a	^B 0.87±0.06 ^d	^B 1.13±0.12 ^d	^B 1.10±0.16 ^{cd}	^A 1.83±0.09 ^b	^B 1.77±0.05 ^{bc}	^B 0.90±0.00 ^d	^B 1.97±0.12 ^{ab}
	30.5	^A 3.40±0.00 ^a	^A 2.33±0.29 ^{bc}	^A 2.33±0.06 ^{bc}	^A 2.43±0.06 ^b	^A 2.20±0.14 ^{bc}	^A 1.87±0.05 ^d	^A 3.30±0.08 ^a	^A 2.13±0.19 ^f	^A 3.27±0.12 ^b
b	0	^B 7.43±0.15 ^a	^C 6.97±0.29 ^{bc}	^B 6.87±0.21 ^{bc}	^C 7.13±0.23 ^b	^C 6.97±0.15 ^{bc}	^A 7.00±0.00 ^{bc}	^D 6.83±0.00 ^{bc}	^C 6.70±0.10 ^c	^D 6.80±0.10 ^c
	1.2	^B 7.60±0.36 ^a	^C 7.27±0.21 ^{ab}	^B 7.23±0.32 ^{ab}	^C 7.07±0.25 ^{bc}	^C 7.10±0.20 ^{bc}	^D -0.17±0.23 ^d	^C 7.30±0.00 ^{ab}	^C 6.70±0.10 ^c	^C 7.13±0.23 ^{bc}
	10.1	^B 7.47±0.25 ^a	^B 7.77±0.15 ^a	^B 7.53±0.35 ^a	^B 7.70±0.17 ^a	^B 7.67±0.12 ^a	^C 0.30±0.17 ^c	^B 7.77±0.06 ^a	^B 7.10±0.10 ^b	^B 7.60±0.10 ^a
	30.5	^A 8.80±0.20 ^a	^A 8.77±0.1 ^{ab}	^A 8.53±0.58 ^{ab}	^A 8.47±0.12 ^{ab}	^A 7.97±0.06 ^c	^B 1.47±0.12 ^d	^A 8.57±0.12 ^{ab}	^A 8.03±0.25 ^c	^A 8.30±0.10 ^{bc}

Means±SEM, Each value was the average of triplicate determinations.

Means with different superscript are significantly different (p<0.05).

^{A-D}Duncan's multiple range test for irradiation dose level (column).

^{a-f}Duncan's multiple range test for storage period (row).

kGy 조사군의 저온성균 수는 거의 일정하여 뚜렷한 증가를 나타내지 않았다(Fig. 3). 중온성균 수도 비조사군과 1.2kGy 조사군에서 10.1kGy 조사군이나 30.5kGy 조사군 보다 높았으며, 비조사군과 1.2kGy 조사군에서는 저장동안 중온성균 수가 증가하였으나 10.1kGy 조사군과 30.5kGy 조사군에서는 저장 80일부터 거의 변화가 없었다(Fig. 4). 따라서 저장 320일에는 비조사군보다 10.1kGy 와 30.5kGy 조사군의 세균들이 1~2 log cycle 정도 그 수가 작았고, 저장기간 동안에도 이들간의 차이는 계속 유지되는 것으로 나타났다. Hanis 등(4)의 보고에 의하면 *Clostridium*, *Bacillus*, *Escherichia*, *Serratia*, *Entero-*

*coccus*와 곰팡이에 오염된 옥수수에는 1kGy의 조사 후에도 아무런 변화를 나타내지 않았고 25kGy를 조사한 밀, 옥수수, 귀리에서는 어떠한 미생물도 발견되지 않았다고 하였다. Howard 등(23)의 연구에서도 1kGy를 조사한 *pico de gallo*의 중온성 미생물 수가 감소하였고 1주 후에도 조사군과 비조사군 사이의 차이가 유지되었으며 조사군은 계속 낮은 수를 유지하였다고 보고하여 곡류에 존재하는 미생물에 대한 감마선 조사 효과가 본 연구 결과와 유사함을 보여주고 있다. 보리에 있는 효모 및 곰팡이의 초기 오염도는 낮았으며 모든 군이 저장 중에도 크게 증가하지 않아(Fig. 5) Buyn 등(24)의 연구와 비슷한 결과

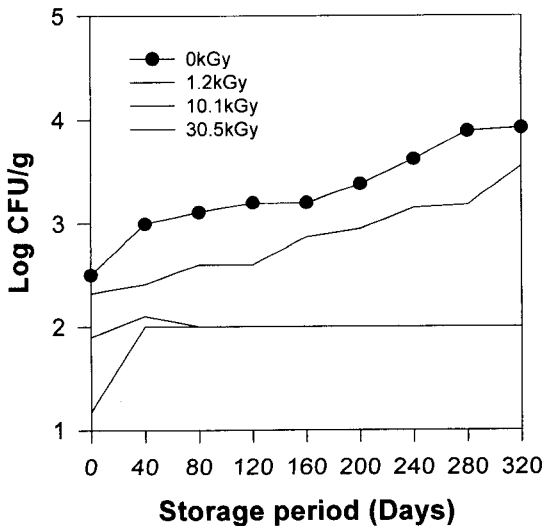


Fig. 3. Psychrophilic microorganisms in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C.

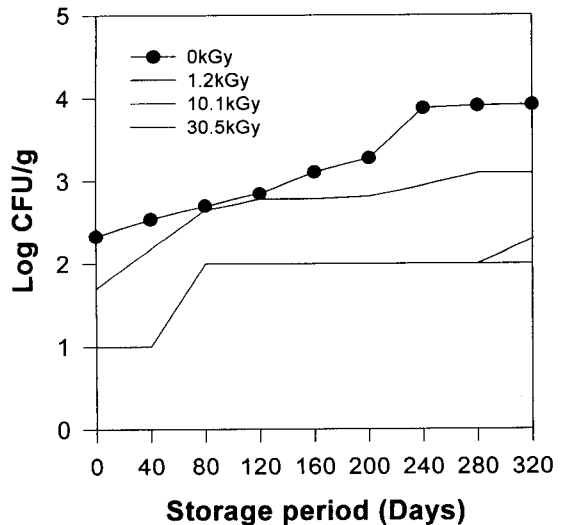


Fig. 4. Mesophilic microorganisms in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C.

Table 3. Sensory evaluation of the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C

Charac- teristics	Dose (kGy)	Storage period (days)								
		0	40	80	120	160	200	240	280	320
Barley odor	0	6.54	7.30	8.28	6.94	7.30	9.24	7.58	6.56	6.52
	1.2	6.70	6.22	7.52	7.02	6.16	6.98	5.34	7.96	7.14
	10.1	5.84	8.20	4.38	8.26	6.68	7.18	6.16	7.60	7.14
	30.5	7.32	9.92	8.82	7.90	8.00	9.26	6.86	7.60	6.88
Acidic odor	0	6.26	7.88	5.30	^{BC} 6.74	6.50	7.06	3.14	4.90	^B 3.24
	1.2	4.50 ^b	10.32 ^a	5.04 ^b	^C 4.02 ^b	4.02 ^b	6.76 ^{ab}	3.46 ^b	4.58 ^b	^{AB} 6.12 ^b
	10.1	11.42 ^a	8.34 ^{ab}	7.56 ^{ab}	^A 10.70 ^a	8.80 ^{ab}	6.96 ^{ab}	3.62 ^b	5.34 ^b	^B 4.32 ^b
	30.5	9.46	7.18	7.98	^{AB} 8.48	9.20	9.42	6.08	8.94	^A 9.72
Humid odor	0	6.04	5.20	6.40	7.64	7.44	7.40	4.16	7.98	5.84
	1.2	6.20	8.98	6.72	4.82	5.52	8.24	3.28	6.90	6.38
	10.1	9.54	7.96	6.42	10.30	6.82	7.58	4.38	6.68	7.34
	30.5	9.32	7.32	8.02	6.50	9.98	9.48	6.50	8.92	9.08

Means with different superscript are significantly different (p<0.05).

^{A-C}Duncan's multiple range test for irradiation dose level (column).

^{a-b}Duncan's multiple range test for storage period (row).

Rated on the scale of 0~15cm with 0=very weak, 15=very strong

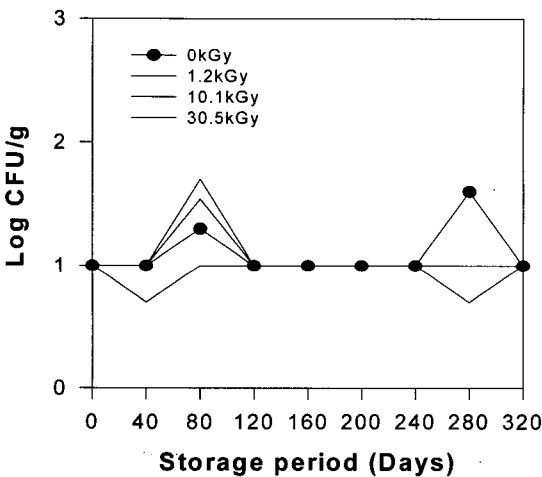


Fig. 5. Yeasts and molds in the gamma-irradiated barleys during the storage at 25°C.

를 보여주었다.

관능검사

감마선 조사 직후 모든 군에서 보리냄새(barley odor), 시큼한 냄새(acidic odor), 텁텁한 냄새(humid odor)는 모두 유의적으로 구별되지 않는 것으로 나타났다(Table 3). 저장 중에는 시큼한 냄새의 경우 10.1kGy와 30.5kGy 조사군에서 냄새 강도에 변화가 있었으나 보리냄새와 텁텁한 냄새는 감마선 조사선량과 저장기간에 의해 유의적인 차이를 나타내지 않아 감마선 조사에 의한 보리의 냄새 변화는 크지 않은 것으로 나타났다.

요 약

보리에 감마선 조사를 한 후 비조사 대조시료와 함께

25°C, 50% 상대습도에서 보관하면서 40일 간격으로 이들의 이화학적, 미생물적, 관능적 특성의 변화를 조사하였다. 수분함량은 저장기간이 경과함에 따라 감소하였고, 조지방 함량은 증가하였다. TBA가는 조사선량과 저장기간에 비례하여 증가하였다. 색도의 변화에서 감마선 조사 직후 30.5kGy 조사군이 비조사군에 비해 L, a, b값 모두 증가하였고, 저장기간 동안에도 이들간의 차이는 유지되었다. 보리의 저온성균과 중온성균 수에서는 비조사군과 1.2kGy 조사군이 10.1kGy 조사군과 30.5kGy 조사군에 비해 저장기간 동안 증가하였고, 효모와 곰팡이 수는 초기 오염도가 낮았으며 저장기간 동안 크게 증가하지 않았다. 관능검사에서는 시큼한 냄새가 10.1kGy와 30.5kGy 조사군에서 높게 나타났으며, 보리냄새와 텁텁한 냄새는 조사선량과 저장기간에 의해 유의적인 변화를 나타내지 않았다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단의 연구구성비지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Lee, Y. T., Seog, H. M., Cho, M. K. and Kim, S. S.: Physicochemical properties of hull-less barleys flours prepared with different grinding mills. *J. Food Sci. Technol.*, **28**, 1078-1083(1996)
2. Newman, R. K., Lewis, S. E., Newman, C. W., Boik, R. J. and Ramage, R. I.: Hypocholesterolemic effects of barley foods on healthy men. *Nutr. Rep. Inst.*, **34**, 749-755(1989)
3. Newman, R. K., Newman, C. W. and Graham, H.: The hypocholesterolemic function of barley beta-glucans. *Cereal Foods World*, **34**, 883-886(1989)

4. Hanis, T., Mnuikova, J., Jelen, P., Klir, P., Perez, B. and Pesek, M. : Effect of gamma irradiation on survival of natural microflora and nutrients in cereal meals. *Cereal Chem.*, **65**, 381-383(1988)
5. Khattak, A. B. and Klopfenstein, C. F. : Effects of gamma irradiation on the nutritional quality of grain and legumes. I. Stability of niacin, thiamin, and riboflavin. *Cereal Chem.*, **66**, 169-170(1989)
6. Wootton, M., Djojonegoro, H. and Driscoll, R. : The effect of γ -irradiation on the quality of Australian rice. *J. Cereal Sci.*, **7**, 309-315(1988)
7. Loaharanu, P. : Acceptance and trading on irradiated foods-international developments of food irradiation and consumer acceptance of irradiated food. Paper presented at the 4th CAFST Seminar, Korea Univ., Seoul, Korea, 30 April(1998)
8. Loaharanu, P. : Status and prospects of food irradiation. *Food Technol.*, **48**, 124-131(1994)
9. Wilkinson, V. M. and Gould, G. W. : Food irradiation-a reference guide. Reed Educational and Professional Publishing Ltd., Oxford, p.14(1996)
10. Sabularse, V. C., Liuzzo, J. A., Rao, R. M. and Grodner, R. M. : Cooking quality of brown rice as influenced by gamma irradiation, variety and storage. *J. Food Sci.*, **56**, 96-98(1991)
11. Farkas, J. : Status of food irradiation in Eastern Europe. *Radiation Physics and Chemistry*, **35**, 236-241(1990)
12. AOAC : *Official methods of analysis*. 16th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., p.249-259(1995)
13. Turner, E. W., Paynter, W. D., Montie, E. J., Bessert, M. W., Struck, G. M. and Olsin, F. C. : Use of the 2-thiobarbituric acid reagent to measure rancidity in frozen pork. *J. Agric. Food Chem.*, **8**, 326-329(1954)
14. Speck, M. L. : *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*. 23rd ed., APHA, Washington, DC., pp.87-88(1992)
15. Meilgaard, M., Civille, G. V. and Carr, B. T. : *Sensory evaluation techniques*. CRC press Inc., Florida, pp.6-8(1987)
16. Zook, K. and Wessman, C. : The selection and use of judges for descriptive panels. *Food Technol.*, **31**, 56-61(1977)
17. SAS Institute Inc. : *SAS user's guide*. 5th ed., SAS Institute Inc. NC.(1985)
18. SAS institute Inc. : *SAS procedures guide*. Release 6.03 Edition, Cary, NC, USA(1988)
19. Sabularse, V. C., Liuzzo, J. A., Rao, R. M. and Grodner, R. M. : Physicochemical characteristics of brown rice as influenced by gamma irradiation. *J. Food Sci.*, **57**, 143-145(1992)
20. Diehl, J. F., Adam, S., Delincée, H. and Jakubick, V. : Radiolysis of carbohydrates and carbohydrate containing foodstuffs. *J. Agric. Food Chem.*, **26**, 15-20(1978)
21. Kwak, H. J., Kang, I. J., Kim, H. K., Chang, H. G. and Park, S. A. : Changes of physicochemical properties of gamma irradiated porks during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **30**, 1267-1272(1998)
22. Lorenz, K. : Irradiation of cereal grains and cereal grain products. *CRS Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, **6**, 317-382(1975)
23. Howard, L. R., Miller, G. H., JR. and Wagner, A. B. : Microbiological, and chemical, and sensory changes in irradiated *Pico De Gallo*. *J. Food Sci.*, **60**, 461-464(1995)
24. Buyn, M. W., Kang, I. J., Kwon, J. H., Lee, S. J. and Kim, S. K. : The improvement of corn starch isolation process by gamma irradiation. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **27**, 30-35(1995)

(1999년 7월 30일 접수)