

배합사료 원료에 대한 방사선 살균 효과
- 단백질원의 살균 -

변명우 · 권중호 · 차보숙 · 조한옥 · 김영배*

한국에너지연구소 식품조사연구실, *고려대학교 식품공학과

Effects of Gamma Irradiation on the Decontamination of
Animal Feeds : Sterilization of Protein Sources

Myung-Woo Byun, Joong-Ho Kwon, Bo-Sook Cha
Han-Ok Cho and Young-Bae Kim*

Food Irradiation Division, Korea Advanced Energy Research Institute, Seoul

*Department of Food Technology, Korea University, Seoul.

Abstract

The effect of gamma irradiation of microbiological and physicochemical properties of raw ingredients (thirteen kinds of protein sources) for the mixed feed were investigated. The total aerobic bacteria counts in the samples was ranged from 10^2 to 10^7 cells/g. After 5 to 7 kGy irradiation, the total count was reduced by 3 to 4 log cycles. Coliforms were detected in seven samples and the range was from 10^4 to 10^6 cells/g. Enteric pathogens were found only in fish meal and poultry byproduct as 10^2 to 10^3 cells/g. They were sensitive to radiation and completely sterilized by 3 to 5 kGy irradiation. Total fungi count was ranged from 10^1 to 10^4 cells/g in all samples. They were osmophiles such as *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cladosporium*, *Aureobasidium* and *Rhizopus* and were destroyed by 3 to 7 kGy irradiation. Five species of potential mycotoxin producers including *Aspergillus flavus* were also identified. Physicochemical properties, such as total amino acid content, TBA value, POV and color difference showed that irradiation with optimum dose was less detrimental than autoclaving.

서 론

축산 식품의 수요 증가와 더불어 축산물의 집약적 생산이 확대됨에 따라 사료의 사용량은 매년 증가 추세에 있다. 배합사료 제조 원료로서는 단백질원, 탄수화물원 및 무기질원으로 크게 나눌 수 있으며, 단백질원으로서 1986년도 국내 사용량을 보면 동물성 사료 원료 총 14만톤, 식물성 고단백 사료 원료는 100만톤 이상 사용되었으며, 동물성원 중 어분이 약 13톤, 식물성원으로는 대두박이 79만 톤으로 사용량이 가장 많았다.⁽¹⁾ 이들은 가공, 취급 도중의 불량한 환경 조건으로 미생물이 높게 오염되어 저장성 뿐만 아니라 병원성 세균의 오염은 food chain으로의 이차 오염에도 문제시 된다.

가축 사료에 있어서 병원성 미생물의 오염원은 대개가 동

물성 사료 원료 즉 어분, 육골분, 우모분 등과 식물성 고단백 사료 원료에서 유래되며 특히 가축 사료에서 *Salmonellae*의 오염은 공중 보건상 중요하며, 최근 수입 사료에 의한 가축의 *Salmonellosis*의 발생 빈도가 많은 것으로 보고되고 있다⁽²⁾.

국내에서는 이들의 살균이 거의 행하여지지 않으며 일부 고압증기살균이나 항생제가 사용되는 경우가 있으나, 고압증기살균의 경우 심한 영양소의 파괴와 품질의 저하를 가져 오며, 항생물질의 첨가는 약품 저항성 유기체를 야기하며 동물 조직에 잔류하여 인간의 건강을 해롭게 할 수 있어서 이들의 사용이 점차 금지되고 있는 실정이다.

따라서 사료나 사료 원료의 안전 살균 방법이 요구되며 이러한 견지에서 전보⁽³⁾에서 밝힌 바와같이 방사선조사는

유해 미생물의 살균으로 사료의 저장성 향상과 간접식품으로서의 식품위생적 측면에서도 고려할 만한 가치가 있다고 본다. 본 연구에서는 배합사료의 주 원료인 단백질원을 대상으로 이들의 미생물 오염 정도와 방사선 살균 효과 및 방사선 조사에 따른 이화학적 특성을 시험하였다.

재료 및 방법

시료

본 실험에 사용된 동물성 단백질원으로는 어분(2종), 가금부산물, 우지부산물과 식물성 원료로는 대두박(2종), 호박박, 임자박, 탈지강, 대용단백, 대용유, gluten, lupin seed 등 13종을 C 사료 상사로 부터 1986년 2월 구입하여 시료로 사용하였다.

방사선 조사와 가열처리

살균 처리는 미생물 오염도가 높고 단백질원으로 가장 많이 사용되는 동물성 원료는 어분과 가금부산물, 식물성 원료로서는 대두박과 임자박을 대상으로 하였다. 방사선 조사는 각 시료를 polyethylene주머니에 250-300g씩 포장한후, 선원 1만 큐리의 Co-60 감마선 조사 시설을 이용하여 시간당 400Gray (Gy)의 선량율로 3, 5, 7, 10 kGy를 조사하였다. 또한 가열살균은 각 시료를 약 300ml 용 광구병에 담아 밀봉한 후 고압증기 살균기를 이용하여 15 lb, 121°C에서 15분간 살균 처리하여 살균에 따른 이화학적 특성실험을 비교 수행하였다.

미생물계수

호기성 전세균은 Difco-TGY agar⁽⁴⁾를, 대장균 및 장내 병원성 세균은 Difco-Desoxycholate agar와 BBL-Salmonellae-Shigellae agar를 사용한 평판 배양법으로 37°C에서 1-2일간 배양한 후 계수하였으며⁽⁵⁾, 총 곰팡이는 MYG-Chloramphenicol agar (malt extract 10g, yeast extract 4g, glucose 4g, agar 20g, chloramphenicol 20mg/1, pH 6.0)를, 내삼투압성 곰팡이는 15% NaCl -Malt agar (malt extract 50g, NaCl 150g, agar 20g/1, pH 6.0)를 사용하여 30°C에서 5-7일간 배양한 후 계수하였다.⁽⁶⁾

곰팡이의 분리와 동정

MYG-Chloramphenicol agar에서 순수분리된 곰팡이는 Czapek's solution agar와 MY-20agar에

30°C에서 7-30일간 배양하면서 "The Genus *Aspergillus*"⁽⁷⁾, Manual of the Penicilli⁽⁸⁾와 "The Fungi"⁽⁹⁾의 방법에 따라 동정하였다.

일반성분

시료의 수분, 조지방, 조단백, 조회분, 조섬유의 함량은 AOAC 방법⁽¹⁰⁾에 따라 정량하였다.

TBA가 측정

지방질 성분의 산패도를 측정하기 위해 Turner 방법⁽¹¹⁾에 준하여 시료 kg 당 malonaldehyde 량 (mg)으로 나타내었다.

아미노산 정량

아미노산 함량은 6N-HCl로 산 가수분해 시킨 후 아미노산 자동 분석기 (Hitach Model 835)로 총 아미노산을 정량하였다.

색도 측정

Color and color difference meter (Model ND-1001 DP)에 의해 명도 (L 값), 적색도 (a 값), 황색도 (b 값) 및 색차 (E 값)를 각각 측정하였다.

결과 및 고찰

시료의 미생물 오염

단백질원 단말 사료 13종의 미생물 오염도는 Table 1과 같다. 호기성 전세균은 10^2 - 10^7 /g 범위로, 그중 어분이 10^6 - 10^7 /g으로 가장 높았으며, 대두박도 10^5 /g 정도로 높게 오염되어 있었다. 대장균군의 오염은 13종 중 7종에서 검출되었으며, 역시 어분과 대두박에서 10^4 - 10^6 /g 정도의 높은 오염도를 보였다. 또한 장내 병원성 세균은 어분과 가금부산물에서 각각 8.0×10^5 /g, 7.0×10^1 /g이 검출되었다. Hashimoto의⁽¹²⁾ 보고에 의하면 일본에서 사료의 *Salmonellae*의 감염은 특히 수입사료중 동물성 단백질인 골분, 어분 등에 의 수입된 육과 골분의 혼합사료에서 34.4%가 *Salmonellae*에 오염되었으며 골분에서만 12.5%정도였다. Ito 등⁽¹³⁾도 수입 및 국내 생산 어분 10여종에서 50% 이상이 *Salmonellae*에 오염되어 있어서 간접식품으로서 food chain으로의 이차 감염에 따른 공중보건상 문제가 대두된다고 보고하였다. 또한 사료의 총 곰팡이의 오염은 모든 시료에서 10^1 - 10^4 /g 범위로 어분과 대두박이 그중 높았으며, 오

Table 1. Distribution of microorganisms in raw ingredients of animal feed

| Samples | (colony forming counts/g) | | | | |
|--------------------|---------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Total bacteria | Total fungi | Osmophilic molds | Coliforms | Enteric pathogens |
| Fish meal I | 1.7×10^6 | 9.0×10^2 | 8.5×10^2 | 3.6×10^4 | - |
| Fish meal II | 1.2×10^7 | 4.0×10^4 | 2.1×10^4 | 1.9×10^6 | 8.0×10^3 |
| Poultry byproduct | 2.5×10^4 | 6.0×10^2 | 1.5×10^2 | 1.2×10^2 | 7.0×10^1 |
| Defatted rice bran | 3.7×10^3 | 6.0×10^2 | 1.2×10^2 | 4.0×10^1 | - |
| Soybean cake I | 1.0×10^5 | 8.5×10^2 | 1.0×10^2 | 8.0×10^4 | - |
| Soybean cake II | 3.9×10^4 | 2.8×10^3 | 1.7×10^2 | 5.2×10^3 | - |
| Perilla oil meal | 5.1×10^4 | 3.0×10^2 | 8.6×10^1 | 3.5×10^3 | - |
| Sesame oil meal | 4.0×10^4 | 1.3×10^3 | 9.0×10^2 | - | - |
| Protein substitute | 3.0×10^2 | 1.2×10^1 | - | - | - |
| Milk substitute | 8.2×10^4 | 2.0×10^2 | 9.0×10^1 | - | - |
| Tallow byproduct | 1.8×10^3 | 6.8×10^1 | - | - | - |
| Gluten | 1.6×10^3 | - | - | - | - |
| Lupin seed | 1.1×10^4 | 7.5×10^2 | - | - | - |

Table 2. Molds isolated from raw ingredients of animal

| Genera / Species | Potential mycotoxins *** | Isolated samples |
|-----------------------|--------------------------|------------------|
| <i>A. flavus</i> | Aflatoxin | Fish meal |
| <i>A. versicolor</i> | Cyclopiazonic acid | Fish meal |
| <i>A. candidus</i> | Candidulin | Fish meal |
| <i>A. niger</i> | Kokic acid | Soybean cake |
| <i>A. chevalieri</i> | Xanthocillin X | Soybean cake |
| <i>A. allahabadii</i> | | Fish meal |
| <i>P. camemberti</i> | | Fish meal |
| <i>P. miczynskii</i> | | Fish meal |
| <i>Cladosporium</i> | | Soybean cake |
| <i>Aureobasidium</i> | | Fish meal |
| <i>Rhizopus</i> | | Fish meal |

* A. : Aspergillus ** P. : Penicillium

*** Source : Mycotoxin Fungi, Mycotoxins, Mycotox-
icoses, Marcel Dekker Inc (1977)

염 곰팡이의 대부분이 내삼투압성 곰팡이였다.

곰팡이의 오염이 높았던 오분과 대두박에서 이들을 분리 동정한 결과는 Table 2와 같다. 어분에서는 *A. flavus*, *A. versicolor*, *A. candidus*, *A. allahabadii*와 *P. camemberti*, *P. miczynskii*가 주요 사상균이었으며 일반 사상균으로는 *Aureobasidium*, *Rhizopus*가 분리되었으며, 대두박에서는 *A. niger*, *A. chevalieri*와 *Cladosporium*이 각각 분리되었다. 본 실험에서 분리된 곰팡이의 대부분이 내삼투압성 곰팡이로서, 사료의 낮은수분 함량에서도 생육이 가능하여 저장중 변질

을 가져올 수 있으며, 특히 *A. flavus*를 포함한 5종은 독소 생성이 가능한 것으로서 가축 사료에 있어서 반드시 살균처리가 필요하다고 생각된다.

방사선 조사에 의한 살균 효과

Fig. 1은 동물성 단백질원인 어분과 가금부산물의 방사선 조사에 의한 살균효과를 나타낸 것이다. 축산위생상 중요하게 취급되는 장내 병원성 세균 및 대장균군은 두 시료 모두 3-5kGy의 낮은 선량 조사로서도 완전 사멸되었으며 곰팡이도 같은 선량에서 검출 한계 이하로 살균되었다. 호기성 전세균은 어분의 경우 초기의 오염도가 $10^7/g$ 정도로 높아서 3-5kGy 조사로서 2-3 log cycles 정도 격감되었으나, 10kGy 조사 후에도 $10^1-10^2/g$ 정도 잔존하였고 이들의 D_{10} 값은 3.7kGy였다. 이러한 결과는 Ito 등⁽¹³⁾의 어분의 방사선 살균 실험에서 장내 병원성 세균, 대장균군 및 곰팡이는 5-6kGy 조사로서 살균되었으며, 전세균은 12kGy 조사로 $10^2/g$ 정도 생존하였다는 결과와 거의 일치한다. 초기 오염도가 낮았던 가금부산물의 전세균은 7kGy 조사로서 완전 사멸되었고 이들의 D_{10} 값은 3.0kGy였다. 이같은 방사선 살균 선량의 차이는 오염 미생물의 농도나 종류 등에 영향을 받았기 때문으로 생각된다.

Fig. 2는 식물성 단백질원인 대두박과 임자박의 살균효과를 나타낸 것으로서 모든 미생물이 3-7kGy 조사로서 완전 살균되었으며, D_{10} 값도 각각 2.62kGy와 2.82kGy로 낮았다. 따라서 5-10kGy 정도의 방사선 조사로

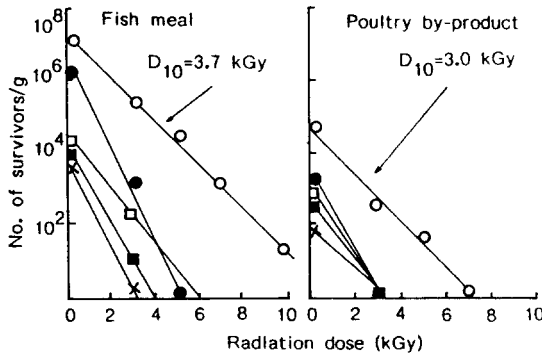


Fig. 1. Inactivation of microorganisms in fish meal and poultry by-product of animal feed by gamma irradiation

○—○ : Total aerobic bacteria, ●—● : Coliforms, □—□ : Total fungi, ■—■ : Osmophilic molds, ×—× : Enteric pathogens

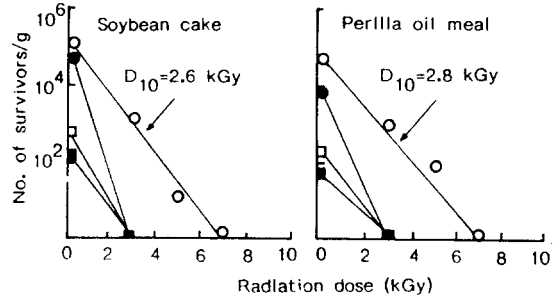


Fig. 2. Inactivation of microorganisms in soybean cake and perilla oil meal of animal feed by gamma irradiation

○—○ : Total aerobic bacteria, ●—● : Coliforms, □—□ : Total fungi, ■—■ : Osmophilic molds, ×—× : Enteric pathogens

서 장내 병원성 세균의 사멸 뿐만 아니라 전 미생물의 살균 효과를 충분히 달성할 수 있으며, 이들의 산업화를 위해 조사시 시료의 포장방법과 조사후 저장 환경에 따른 미생물의 생육에 관한 연구를 수행할 예정이다.

이화학적 특성 변화

시료의 일반 성분은 Table 3 과 같이 수분 함량은 7-14% 정도였고 조단백질 함량이 46-72% 정도로서 배합사료의 단백질 원료임을 알 수 있다. 살균 처리에 따른 시료의 지방질 성분의 산패 정도는 Table 4, 5 와 같이 모든 시료에서 방사선 조사선량의 증가와 더불어 대조구에 비해 약간의 과산화물과 와 TBA 가의 증가를 보였다. 이는 사료의 지방 성분이 호기적 조건에서 지방의 자동 산화 과정과 유사한 경로로서, 감마선 조사로 생성된 유리의 작용에 의해 peroxide나 다른 산화생성물을 생성하기 때문으로 생각된다. 가열처리 역시 온도 등의 영향으로 대조구에 비해 다소 높은 값을 나타내었다. 그러

나 살균 선량에서 이 정도의 적은 산화생성물은 사료의 품질에 영향을 주지 못하며 이와 같은 결과는 Ito 등⁽¹⁵⁾과 Umeda 등⁽¹⁶⁾의 보고와 일치한다.

Table 5의 시료의 색도에 있어서 색택이 짙은 임자박의 경우는 거의 변화가 없으나 대두박은 상당한변화를 보였다. 즉 방사선 조사구에 있어서는 대조 시료와 어느 정도의 차이가 났지만 심하지 않았으나 가열처리된 시험구에서는 명도가 크게 저하된 반면 적색도가 상당히 증가되어 가열처리에 따른 색소의 갈변 반응이 심하게 일어난 것으로 나타나 외관적 품질이 크게 손상되었다. 이같은 갈변 현상은 주로 당과 아미노산의 maillard 반응에 의한 것으로서 식품의 가열 처리에 따른 영양분 파괴는 물론 반응 생성물들의 단백질 소화 효소 억제 작용 등이 보고되고 있다⁽¹⁴⁾.

Table 6, 7은 미생물 살균을 위한 방사선 조사와 가열처리에 따른 각시료의 아미노산 함량 변화를 나타낸 것으로 5kGy 범위의 방사선조사는 대조구와 거의 변화가 없

Table 3. Proximate composition in raw ingredients of animal feed

| Samples | Components (%) | | | | | |
|-------------------|----------------|------|-------------|-------------|---------------|-----------|
| | Moisture | Ash | Total sugar | Crude fiber | Crude protein | Crude fat |
| Fish meal | 7.0 | 17.6 | 1.5 | 0 | 65.6 | 8.0 |
| Poultry byproduct | 10.3 | 3.7 | 2.2 | 0 | 71.7 | 11.3 |
| Soybean cake | 14.2 | 8.3 | 17.6 | 5.6 | 46.3 | 3.7 |
| Perilla oil meal | 11.0 | 9.3 | 12.0 | 13.4 | 46.7 | 3.0 |

Table 4. Effects of autoclaving and gamma irradiation on the chemical properties of fish meal and poultry byproduct

| Samples | Treatments | Crude protein (%) | TBA (mole/g) | POV (meq/kg) | pH |
|-------------------|-------------|-------------------|-----------------------|--------------|------|
| Fish meal | Control | 65.6 | 5.20×10^{-4} | 0.10 | 7.02 |
| | 5 kGy | 65.6 | 6.10×10^{-4} | 0.18 | 7.03 |
| | 10 kGy | 65.8 | 6.50×10^{-4} | 0.26 | 7.04 |
| | Autoclaving | 65.2 | 6.00×10^{-4} | 0.26 | 7.05 |
| Poultry byproduct | Control | 71.7 | 1.14×10^{-4} | 0.04 | 6.99 |
| | 5 kGy | 71.5 | 1.26×10^{-4} | 0.04 | 6.97 |
| | 10 kGy | 72.0 | 1.64×10^{-4} | 0.05 | 6.97 |
| | Autoclaving | 71.5 | 1.20×10^{-4} | 0.04 | 7.00 |

Table 5. Effects of autoclaving and gamma irradiation on the physicochemical properties of soybean cake and perilla oil meal

| Samples | Treatments | Crude protein (%) | TBA (mole/g) | Color parameters | | | |
|------------------|-------------|-------------------|-----------------------|------------------|------------|---------------|------------|
| | | | | Lightness(L) | Redness(a) | Yellowness(b) | ΔE |
| Soybean cake | Control | 46.3 | 1.48×10^{-5} | 70.8 | 3.8 | 18.3 | 0.0 |
| | 5 kGy | 46.5 | 1.81×10^{-5} | 68.4 | 4.1 | 18.0 | 2.4 |
| | 10 kGy | 46.6 | 1.88×10^{-5} | 69.0 | 4.4 | 17.6 | 2.0 |
| | Autoclaving | 46.0 | 1.56×10^{-5} | 62.0 | 7.0 | 18.2 | 9.3 |
| Perilla oil meal | Control | 46.7 | 1.81×10^{-5} | 37.2 | 7.4 | 12.6 | 0.0 |
| | 5 kGy | 46.6 | 1.99×10^{-5} | 37.0 | 6.9 | 12.8 | 0.6 |
| | 10 kGy | 46.8 | 2.06×10^{-5} | 37.0 | 7.5 | 12.8 | 0.2 |
| | Autoclaving | 46.4 | 1.84×10^{-5} | 35.4 | 7.3 | 12.0 | 1.8 |

였으나 가열처리된 사료는 총 아미노산의 함량이 약 3-5% 정도 감소되었고 cysteine 과 glutamic acid 및 proline 등이 비교적 가열처리에 민감한 것으로 나타났다. Harmuth-Hoene 등⁽¹⁷⁾은 5kGy의 감마선 조사는 어분의 아미노산에 다소 변화를 가져왔으나 필수 아미노산에 대한 영향은 생리적으로 일정한 범위였다고 하였고, Eggum⁽¹⁸⁾은 70kGy의 고선량조사는 동물사료의 protein quality 와 아미노산 조성에 유의적인 변화를 주지 않았으나 102°C에서 5분간의 가열처리는 사료의 영양가에 유의적인 손상을 가져왔다고 보고한 바 있고, Umeda 등⁽¹⁹⁾은 사료원료인 생탈지대두에 50-100 kGy의 감마선을 조사하였을 때 병아리의 발육과 대사에너지 및 단백질 소화율이 개선되었다고 하였는데 이는 방사선이 trypsin inhibitor 나 그밖의 유해성분을 파괴함에 따

라 가능한 것으로 보고하였다.

따라서 본 실험의 결과에서는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았지만 살균 선량의 감마선 조사는 가열살균보다 시료의 이화학적 품질면에서 안전한 것으로 생각된다.

요 약

배합사료의 단백질원으로 사용되는 13종의 동물성 및 식물성 원료의 미생물 오염 정도와 방사선 조사에 의한 살균 효과 및 이화학적 특성 변화를 조사한 결과는 다음과 같다. 13종의 사료 원료의 호기성 전세균의 오염은 10^2 - 10^7 /g 범위였으며, 5-7kGy 조사로서 3-4 log cycles 정도 감소되었고, 어분에서는 10 kGy 조사로서도 10^1 - 10^2 /g 정도 생존하였다. 대장균군은 13종 중 7종

Table 6. Effects of gamma irradiation and autoclaving on the amino acid content of fish meal and poultry byproduct*

| Amino acid | Treatments | | | | | | | |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | Control | | 5 kgy | | 10 kgy | | Auto | |
| | F ** | P ** | F | P | F | P | F | P |
| Aspartic acid | 4.05 | 4.86 | 4.12 | 4.89 | 4.10 | 5.05 | 4.10 | 4.84 |
| Threonine | 1.42 | 2.52 | 1.46 | 2.45 | 1.44 | 2.41 | 1.41 | 2.41 |
| Serine | 2.96 | 6.29 | 2.94 | 5.99 | 2.95 | 6.05 | 2.71 | 6.15 |
| Glutamic acid | 6.25 | 7.74 | 6.37 | 7.63 | 6.20 | 7.63 | 6.15 | 7.54 |
| Glycine | 9.14 | 5.03 | 8.92 | 4.99 | 8.85 | 4.99 | 8.46 | 4.99 |
| Alanine | 4.55 | 3.53 | 4.63 | 3.63 | 4.34 | 3.58 | 4.38 | 3.49 |
| Valine | 1.62 | 2.93 | 1.52 | 2.64 | 1.62 | 2.59 | 1.57 | 2.73 |
| Methionine | 1.08 | 1.06 | 1.16 | 1.08 | 1.02 | 1.05 | 1.04 | 1.07 |
| Isoleucine | 0.92 | 1.63 | 0.97 | 1.54 | 0.90 | 1.53 | 0.88 | 1.57 |
| Leucine | 2.78 | 4.55 | 2.81 | 4.54 | 2.75 | 4.50 | 2.72 | 4.49 |
| Tyrosine | 0.95 | 1.75 | 0.94 | 1.73 | 0.94 | 1.92 | 0.92 | 1.71 |
| Phenylalanine | 2.56 | 4.29 | 2.61 | 4.39 | 2.56 | 4.45 | 2.53 | 4.45 |
| Lysine | 2.15 | 1.83 | 2.25 | 1.88 | 2.25 | 1.69 | 2.14 | 1.75 |
| NH ₃ | 0.48 | 0.62 | 0.48 | 0.60 | 0.44 | 0.64 | 0.44 | 0.62 |
| Histidine | 0.46 | 0.70 | 0.49 | 0.76 | 0.45 | 0.66 | 0.47 | 0.66 |
| Arginine | 3.59 | 3.67 | 3.57 | 3.59 | 3.42 | 3.70 | 3.40 | 3.50 |
| Proline | 9.09 | 8.91 | 9.01 | 8.22 | 8.94 | 8.24 | 8.45 | 8.49 |
| Total | 54.05 | 61.91 | 54.25 | 60.55 | 53.17 | 60.68 | 51.77 | 60.46 |

* Total amino acid content is expressed as the percentage on the basis of dry weight

** F: Fish meal P: Poultry byproduct

Table 7. Effects of gamma irradiation and autoclaving on the amino acid content of soybean cake and perilla oil meal*

| Amino acid | Treatments | | | | | | | |
|-----------------|------------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|
| | Control | | 5 kGy | | 10 kGy | | Auto. | |
| | S ** | P ** | S | P | S | P | S | P |
| Aspartic acid | 4.91 | 2.85 | 5.00 | 2.78 | 4.83 | 2.79 | 4.87 | 2.79 |
| Threonine | 1.26 | 0.85 | 1.31 | 0.84 | 1.28 | 0.83 | 1.39 | 0.85 |
| Serine | 2.13 | 1.44 | 2.24 | 1.44 | 2.01 | 1.45 | 2.14 | 1.52 |
| Glutamic acid | 7.73 | 6.55 | 7.60 | 6.54 | 7.35 | 6.63 | 7.33 | 5.63 |
| Glycine | 1.95 | 1.98 | 1.95 | 2.00 | 1.89 | 1.98 | 1.91 | 1.97 |
| Alanine | 1.78 | 1.90 | 1.92 | 1.92 | 1.85 | 1.83 | 1.93 | 1.69 |
| Cysteine | 0.51 | - | - | - | - | - | - | - |
| Valine | 1.19 | 1.06 | 1.12 | 1.02 | 1.20 | 1.03 | 1.06 | 1.03 |
| Methionine | 0.38 | 0.87 | 0.42 | 0.85 | 0.42 | 0.81 | 0.45 | 0.75 |
| Isoleucine | 0.86 | 0.64 | 0.90 | 0.63 | 0.90 | 0.61 | 0.89 | 0.62 |
| Leucine | 2.48 | 2.00 | 2.63 | 2.00 | 2.56 | 1.94 | 2.58 | 1.91 |
| Tyrosine | 0.87 | 0.81 | 0.87 | 0.80 | 0.86 | 0.79 | 0.87 | 0.76 |
| Phenylalanine | 2.34 | 2.40 | 2.35 | 2.48 | 2.28 | 2.52 | 2.34 | 2.38 |
| Lysine | 2.23 | 0.78 | 2.28 | 0.80 | 2.21 | 0.76 | 2.17 | 0.74 |
| NH ₃ | 0.59 | 0.65 | 0.61 | 0.64 | 0.59 | 0.65 | 0.58 | 0.60 |
| Histidine | 0.66 | 0.49 | 0.68 | 0.49 | 0.73 | 0.47 | 0.65 | 0.46 |
| Arginine | 2.76 | 3.01 | 2.79 | 3.02 | 2.70 | 3.02 | 2.69 | 3.02 |
| Proline | 2.87 | 1.43 | 2.75 | 1.43 | 2.48 | 1.37 | 2.51 | 1.34 |
| Total | 37.50 | 29.71 | 37.42 | 29.68 | 36.24 | 29.48 | 35.64 | 28.06 |

* Total amino acid content is expressed as the percentage on the basis of dry weight

** S: Soybean cake, P: Perilla oil meal

에서 10^4 - 10^6 /g 정도, 장내 병원성 세균은 어분과 가금부 산물에서 10^2 - 10^3 /g 정도 검출되었고 3-5kGy 조사로서 완전 사멸되었다. 곰팡이의 오염은 10^1 - 10^4 /g 정도로서 오염 곰팡이의 대부분이 내삼투압성 곰팡이였으며 3-7

kGy 조사로서 검출 한계 이하로 사멸되었다. 또한 이들에서 분리된 곰팡이는 *Aspergillus* 속과 *Penicillium* 속이 대부분이었으며 *Cladosporium*, *Aureobasidium* 과 *Rhizopus* 등 검출되었으며, 분리된 11종의 곰팡이중

Aspergillus flavus 를 포함한 5 여종이 잠재적 독소를 생성하는 균이었다. 총 아미노산 함량, TBA 가 및 과산화물가, 색도 등 이화학적 특성 변화에서는 고선량 방사선 조사와 가열처리는 다같이 대조구에 비해 다소의 영향을 미쳤으나 가열처리구는 더욱 현저하였다. 따라서 5-7kGy 정도의 방사선 조사는 사료 원료의 품질에 영향을 미치지 않고 전세균의 격감과 곰팡이 및 장내 세균을 완전 사멸시킬 수 있어 간접식품으로서 사료의 위생적인 생산을 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

문 헌

1. 사단법인 한국사료협회 : 1986년도 배합사료 생산 및 원료 사용 현황 (1986)
2. 佐藤静富: 畜産の研究, 33, 303 (1979)
3. Byun, M.W., Cho, H.O., Lee, J.W., Kwon, J.H. and Kim, Y.B.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 19, 403 (1987)
4. APHA: *Standard Method for the Examination of Dairy Products*, 14th. ed., New York (1978)
5. Frazie, W.C. and Foster, E.M.: *Laboratory Manual for Food Microbiology*, 3rd. ed., Bruggess Publishing Co., U.S.A. (1961)
6. Muhamad, L.J., Ito, H., Watanabe, H. and Tamura, N.: *Agric. biol. Chem.*, 50, 347 (1986)
7. Raper, K.B. and Fennel, D.I.: *The Genus Aspergillus*, Robert E. Krieger. Pub. Co., Huntington, New York (1973)
8. Raper, K.B., Thon, C. and Fenel, D.I.: *Manual of the Penicilli*, The Williams and Wilkins Co. (1949)
9. Ainsworth, G.C., Sparrow, F.K. and Sussman, A. S.: *The Fungi, An Advanced Treatise*, Vol. 4A, Academic Press, New York (1961)
10. AOAC: *Official Method of Analysis*, 13th. ed., Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C. (1980)
11. Turner, E.W., Paynter, W.D., Montie, E.J., Bessert, M.W., Struck, G.M. and Olson, F.C.: *Food Technol.*, 8, 326 (1954)
12. Hashimoto, H.: *Mediya Sakuru*, 14, 346 (1969)
13. Ito, H., Begum, A., Kume, T. and Takehisa, M.: *Nippon Nogeikagaku Kaish*, 57 9 (1983)
14. Oste, R.E., Dahlgvist, A., Sjostrom, H., Noren, O. and Miller, R.: *J. Agric. Food Chem.*, 34, 355 (1986)
15. Ito, H. and Iizuka, H.: *Decontamination of Animal Feeds by Irradiation* (Proc. Advisory Group Meeting, Sofia, Oct. 1977), IAEA, Vienna, p.15 (1979)
16. Umeda, K., Kawashima, K., Sato, T., Totsuka, K., Shoji, K. and Aso, K.: *Jpa. J. Zootech. Sci.*, 42, 624 (1971)
17. Harmuth-Hoene, A. and Partmann, W.: *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelk.*, 36, 293 (1976)
18. Eggum, B.O.: *Decontamination of Animal Feeds by Irradiation* (Proc. Advisory Group Meeting, Sofia, Oct. 1977), IAEA, Vienna, p.55 (1979)

(1987년 10월 16일 접수)