

고추가루의 貯藏性과 방사선 處理效果

李貞惠 · 崔彥浩 · 金熒洙* · 李瑞來
韓國原子力研究所 · *延世大學校 食生活科
(1977년 7월 6일 수리)

Storage Stability and Irradiation Effect of Red Pepper Powder

by

Chung-Hye Lee, Eon-Ho Choi, Hyong-Soo Kim* and Su-Rae Lee

Korea Atomic Energy Research Institute and *Yonsei University, Seoul

(Received July 6, 1977)

Abstract

To improve the storage stability of Korean red pepper (*Capsicum annuum*), the equilibrium moisture content of the powder and effects of irradiation on the capsaicin, capsanthin and microorganisms were investigated during its storage.

The equilibrium moisture contents of the powder at 25°C and relative humidities of 43.7, 53.3, 64.4, 75.4 and 84.3% were 13, 18, 25, 28 and 37%, respectively, and the larger the particle size was, the lower the equilibrium moisture content was under the same storage conditions. Cobalt-60 gamma irradiation degraded partly the capsaicin in red pepper or in solution at dose levels above 500 krad, but did not affect the moisture and capsanthin contents during its storage. Total viable cell count of the powder was around 10^8 per gram and D_{10} value for the mixed organisms was 210 krad.

서 론

고추(*Capsicum annuum*)는 약 400년전에 우리나라에 도입되어 널리 이용됨에 따라 香辛料로서 매우 중요한 위치를 차지하게 되었다. 현재 고추는 중부지방에서 많이 지배되고 8월 중순에서 9월말에 걸쳐 수확되는 바 고추의 건조방법은 주로 日光露天 건조에 의존하고 있으며 극히 일부에서는 곡물건조기를 이용한 火力乾燥방법을 이용하고 있다. 그런데 노천건조의 경우 건조기간은 보통 7~8일을 요하게 되지만 기후조건이 나쁘면 건조가 지연되어 부패와 변질을 초래하게 되며^(1,2) 세척이나 살균의 과정을 거치지 않기 때문에 商品價値나 食品衛生的인 면에서 문제가 되고 있다.

고추의 일광건조에 대한 金·全⁽³⁾의 조사결과에 의

하면 고추는 평균 30% 이상이 곰팡이 등에 의하여 부패되고 있으며 앞으로 농약사용에 따른 식품오염을 방지하기 위하여 水洗 등의 전처리 공정을 감안할 때 일광건조시 부패에 의한 손실이 더 많아질 것으로 예상된다. 일반적으로 고추 및 고추가루의 品質評價는 주로 외관의 색깔에 의해서 이루어지는데⁽⁴⁾ 아무리 건조가 잘 되었다 하더라도 다습한 저장조건에 의해서 수분함량이 많아지면 미생물이 오염, 증식되어 품질이 저하된다. 더욱이 고추는 약제나 가열살균이 곤란하기 때문에 건조, 제분, 유통과정중 오염된 각종 미생물의 제거가 식품공업에서 특히 문제되고 있다.

식품의 새로운 저장방법으로 방사선 照射가 연구되고 있다. 특히 Co-60과 Cs-137이 내는 감마선은 강력한 투과력과 살균력을 갖고 있어 식품에 있어서 무엇

보다도 기대될 수 있는 살균방법으로 알려지고 있다. 그러나 高線量의 방사선처리 는 식품 특히 수분함량이 많은 제품에서 성분변화와 유해물질의 생성이 우려되 기 때문에 照射食品의 安全性이 검토되어야 하며 이미 외국에서는 몇가지 照射食品의 法的許可를 받은 후 實用化단계에 이르고 있다.

고추가루는 수분함량이 적고 포장에 용이하여 살균 후의 이차오염을 방지할 수 있기 때문에 어느 식품보 다도 방사선조사 대상으로서 실용 가능성이 있다고 생각된다. 따라서 고추가루의 貯藏特性인 平衡水分관계를 실험한 다음 성분의 변화 및 미생물의 변동에 관한 실험을 수행하였으므로 이에 그 결과를 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 실험재료

고추는 경기도 利川郡내 시범농장에서 1975년에 제 배한 “새마을 급장고추 2호”로서 잘 건조되고 비교적 크기가 비슷한 熟成赤果였으며 과피 56.4%, 꼭지 및 胎座 8.8%, 종자 34.8%로 구성되어 있었다. 시료는 연구실에 도착 즉시 하루 더 일광건조하여 종자와 태좌를 제거하고 과피만을 제분소에서 5~160 mesh 크기로 분말화 하였다.

2. 방사선照射

분쇄한 고추가루를 500 ml 광구시약병에 50 g씩 당아 당 연구소에 설치된 10,000 Ci Co-60 감마선 조사시설을 이용하여 照射하였다. 즉 1分當 3.2 krad의 선량율에서 125, 250, 500, 1,000 krad씩 照射한 후 광선이 차단된 상자(8~19°C, 73~89% R.H.)에서 저장하고 2개월마 다 성분분석 및 생존미생물 수를 조사하였다.

3. 성분분석 및 미생물 검사

1) 일반성분

수분, 단백질, 지방질, 회분, 섬유소 및 가용성 무 질소물은 常法에 의하여 정량하였다.

2) 平衡水分

평형수분은 Houston의 방법⁽⁶⁾에 의하여 측정하였다. 즉 상대습도 11.1~92.5%의 범위에 있는 각종 포화염 류용액^(7,8)을 각각 300 ml 광구시약병에 넣고 25°C에서 완전히 포화시킨 후 약 5g의 고추가루를 나일론 망(약 80 mesh)에 넣어 철사로 고정시켜서 고무마개에 매 달은 다음에 25°C의 항온기에 보존하면서 주기적으로 중량을 측정하였다.⁽⁹⁾ 평형수분함량은 최초의 수분함 량을 기준으로 무게의 增減量에서 구하였다.

3) Capsanthin (red pigment)

시료 0.1 g을 稱取하여 시험관에 넣고 benzene 10 ml 로 reciprocal shaker에서 30분간 추출, 傾瀉하고 다시

benzene 10 ml로 10분간씩 4회 추출, 여과한 여액을 합 하여 50 ml로 定容하였다. 이 추출액을 적절히 희석, Spectronic 20 spectrophotometer에 의해서 파장 462 nm 에서 benzene을 blank로 하여 흡광도를 측정하였 다.^(10,11)

4) Capsaicin (pungent principle)

시료 5 g을 稱取하여 Soxhlet 추출장치에서 isopropanol 로 적색이 더 나타나지 않을 때까지 추출한 후 charcoal 5 g을 가하여 3분간 끓인 후 여과, 수세하고 여액을 flash evaporator로 감압농축하였다. Petroleum ether로 oil residue를 녹이고 분액여두를 이용하여 水洗, ether 층만을 도아서 flash evaporator에서 농축시킨 후 isopropanol로서 25 ml로 定容하고 파장 281 nm에서 isopropanol을 blank로 흡광도를 측정하여 capsaicin의 농 도를 정량하였다.⁽¹²⁾ 표준곡선은 capsaicin(C₁₈H₂₇NO₃, M.W.=305.42, 독일 E. Merk사 제품)을 isopropanol 에 녹여 위와 같은 방법으로 흡광도를 측정하여 만들 었다.

5) 生存菌數

방사선조사 직후 및 2개월마다 시료 0.5 g을 취하여 시험관에 넣고 M/15 phosphate buffer 10 ml를 가하여 진탕한 후 cheesecloth로 여과하였다. 이 여액을 10배 단위로 희석하여 0.2 ml씩 평판배지(직경 9 cm petri dish)에 접종하고 30°C의 항온기에서 1~3일간 배양한 후에 생긴 colony(30~300)를 計數하였다. 배지는 세균용으 로는 glucose nutrient agar(1,000 ml 수용액 중 peptone 5 g, beef extract 3 g, glucose 5 g, agar 15 g), 곰팡이용 으로는 streptomycin과 tartaric acid가 첨가된 Czapek agar (1,000 ml 수용액중 NaNO₃ 3.0 g, K₂HPO₄ 1.0 g, MgSO₄·7H₂O 0.5 g, KCl 0.5 g, 1% FeSO₄·7H₂O 용액 1 ml, sucrose 30 g, 10% tartaric acid 10 ml, streptomycin 3 mg, agar 15 g)를 사용하였다.

결과 및 고찰

1. 相對습도와 平衡수분

일반적으로 貯藏食品의 품질은 그의 수분함량에 의 하여 큰 영향을 받는다. 따라서 대기중의 습도변화에 따른 영향을 보기 위하여 일정한 상대습도하에서 저장 한 고추가루의 평형수분을 관찰한 결과는 Fig. 1과 같 다. 이에서 볼 수 있듯이 곰팡이의 생장은 84.4% R.H. 에서 9일만에 육안으로 관찰되었으며 92.5%와 100% 의 상대습도에서는 5일만에 나타났다. 그리고 그 때의 고추가루의 평형수분은 각각 38.2%, 51.7% 및 69.4% 였다. 92.5%나 100%의 상대습도에서는 곰팡이의 발 육에 따라 중량의 감소를 가져오고 있는데 이것은 곰

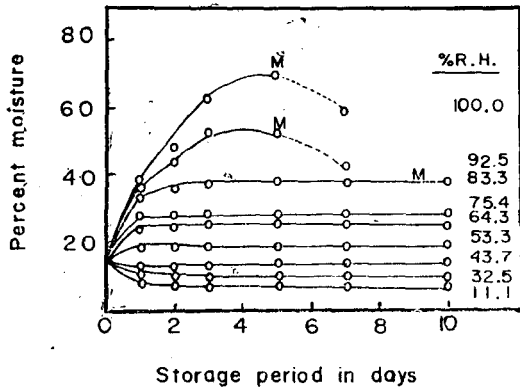


Fig. 1. Rate of approach to equilibrium moisture in red pepper powder at 25°C under various relative humidity conditions. M indicates the time when the powder was visibly moldy.

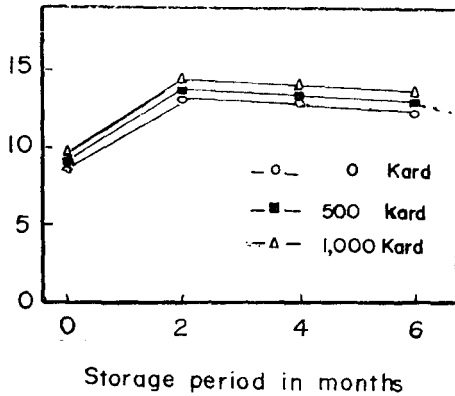


Fig. 2. Changes in moisture content of red pepper powder in storage after irradiation

팡이의 생장에 의한 양분소모에 起因하는 것으로 생각 된다.

본 실험에 사용한 고추가루의 수분함량은 저장초기에 10%내의 (Fig. 2)로서 미생물의 생육에는 적당하지 않았다. 그러나 저장조건에 따라서 수분함량이 증가될 수 있기 때문에 평형수분함량을 조사하는 것은 매우 중요하다. 서울지방의 년평균 온도와 습도는 11°C, 70% R.H. 내외이고 6월부터 9월은 19~25°C, 73~89% R.H.이며 남쪽으로 갈수록 온습도가 높은 경향이다. Fig. 1에서 볼 수 있듯이 25°C에서 고추가루의 평형수분함량은 64.4% R.H.에서 25%, 84.3% R.H.에서 37%인 것을 감안한다면 아무리 건조가 잘 된 고추라 하더라도 우리나라 기후조건에서는 수분함량이 증가될 수 있기 때문에 미생물이 충분히 증식될 수 있으며 실제로 市販되는 고추가루에서 많은 세균과 곰팡이가 검출되었

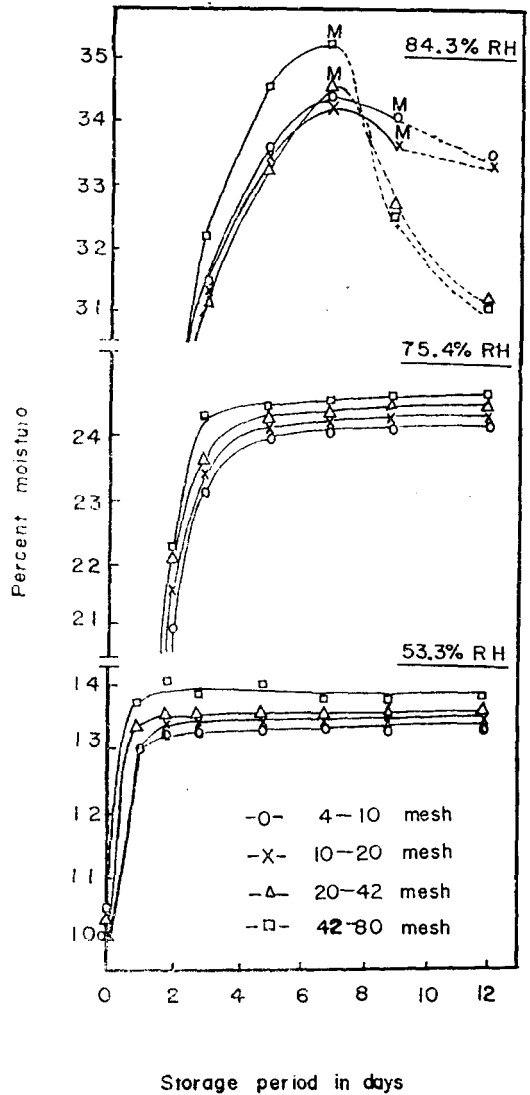


Fig. 3. Rate of approach to equilibrium moisture in red pepper powder of different particle sizes as stored at 25°C and different relative humidity conditions. M indicates the time when the powder was visibly moldy.

다.

본 시료의 粒度分布를 보면 4~10 mesh가 9%, 10~20 mesh가 46%, 20~42 mesh가 31%, 42~80 mesh가 10%, 80 mesh 이상이 4%로서 이들을 각각 분별하여 製粉度에 따른 평형수분함량을 조사한 바 Fig. 3과 같다. 고추가루의 粒徑이 작을수록 평형수분함량이 높아서 8월의 상대습도에 해당하는 84.3% R.H.에서는 42~80 mesh의 고추가루는 수분함량이 35.5%까지 도달 하였으며 곰팡이의 발생때문에 저장 8일 이후에는 중

량이 급격히 감소하였다. 고추가루의 粒徑이 클수록 평형수분함량이 낮은 것은 표면적과 通氣性에 관계되는 것 같으며 따라서 제분도는 용도에 따라 달라지겠지만 장기저장을 목적으로 한다면 가급적 제분도가 낮을수록 유리하다 하겠다.

2. 방사선 照射에 의한 살균효과

가정용 및 시판 고추가루는 대부분이 수확, 제분, 유통과정중 불결하게 취급되기 때문에 상당수의 미생물이 오염되고 있다. 고추가루와 같은 醬辛料종의 미생물 혹은 해충을 제거하기 위하여는 ethylene oxide나 propylene oxide 같은 가스약제가 이용되고⁽¹³⁾ 있는데 이와 같은 화학약품은 수분과 무기염소의 존재하에 유독한 chlorohydrine, chloropropanol을 생성하는 등의 부작용 때문에 물리적인 살균방법이 바람직하게 되었다.

가열살균은 가장 보편화된 물리적인 살균 방법이다. 그러나 고추가루 중에는 상당수의 포자형성균이 포함되어 있어 이들을 死滅시키기 위해서는 매우 높은 온도가 필요하며 고온처리에 의한 영양가와 香味의 손실을 초래하지 않을 수 없기 때문에 식품공업에서는 심각한 문제가 되고 있다.

방사선 특히 감마선은 그의 투과성과 처사작용 때문에 食品照射연구에 널리 이용되었다. 지금까지 알려진 식품보존에 관련된 방사선처리 목적으로서는 감자, 양파등의 萌芽억제, 곡류의 殺蟲, 육류식품의 살균 등을 들 수 있다.⁽⁶⁾ Farkas 등⁽¹⁴⁾ 은 방사선에 의한 paprika 향신료의 저장에 관하여 연구하고 그 가능성을 보고한 바 있다.

본 실험에 사용된 고추가루는 저장초기에 1g당 1.05 × 10⁸개나 되는 엄청난 수의 호기성 세균(Fig. 4)과

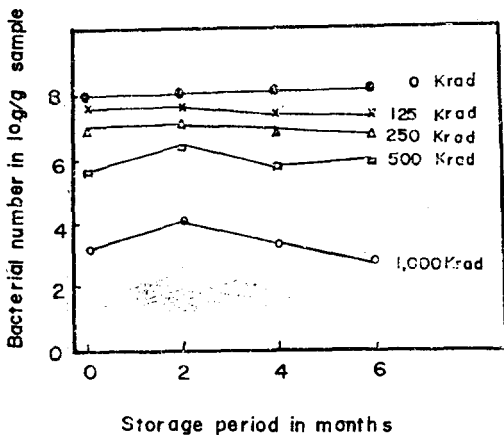


Fig. 4. Viable cell count of total aerobic bacteria on glucose nutrient agar plates in storage of red pepper powder after irradiation

1.86 × 10⁸개의 곰팡이가 서식하고 있었다. 이들 미생물은 방사선에 의하여 사멸되어, 즉 방사선 照射區에서는 照射線量이 높아짐에 따라서 감소되어 250 krad 조사구에서는 저장초기에 8.0 × 10⁸개, 1,000 krad 조사구에서는 대조구의 1/10⁶인 1.1 × 10³개로 격감되었으며 저장중에도 거의 같은 수로 持續되었다(Fig. 4). 곰팡이는 전 방사선조사구에서 거의 나타나지 않았다. 이는 시료를 광구시약병에 보존하였기 때문에 저장중 二次汚染이 거의 없었고 수분함량이 10% 내외에 불과한 데다가 온도가 낮아서 세균의 증식이 제한된 때문이라 생각된다. 또한 광구시약병내 大氣組成에도 약간의 변화가 있었으리라 추측된다.

미생물의 방사선 저항성은 흔히 D₁₀ 값으로 표시하는데 D₁₀ 값이란 미생물을 90% 사멸시키는데 요하는 照射線量으로서 生存曲線, 혹은 주어진 공식(log₁₀ N/N₀ = D/D₁₀, N₀: 照射直前の 미생물 수, N: 照射後의 생존 미생물 수, D: 照射線量)으로 부터 쉽게 구할 수 있다. 각종 미생물이 혼합된 고추가루를 방사선 照射하였을 때의 D₁₀ 값은 210 krad로 나타났다(Fig. 5).

가열살균에서와 같이 일반적으로 세균의 영양제 또는 방사선에 대한 저항성이 매우 낮은 반면에 포자는 매우 높다. D₁₀ 값이 210 krad나 될 만큼 방사선 저항성이 크다는 것은 고추가루 중의 세균이 대부분 孢子形成菌임을 의미한다.

3. 성분변화

방사선살균은 조사선량에 거의 비례하여 그 효과가

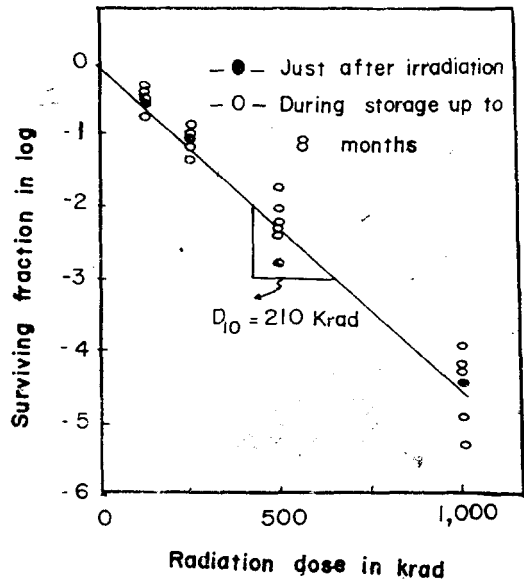


Fig. 5. Surviving fraction of total aerobic bacteria of red pepper powder in differing storage periods up to 8 months

Table 1. Proximate composition of red pepper powder

Constituent	Percent
Moisture	9.70
Crude protein	8.33
Crude fat	12.59
Crude ash	6.30
Crude fiber	13.24
Nitrogen-free extract	49.84

나타내기 때문에 고추가루 중의 세균 수를 고려하여 조사선량을 결정하면 살균목적을 이룰 수 있다. 그러나 高線量의 照射는 대상식품의 화학성분에 어떤 변화를 일으킬 수 있으며 따라서 방사선 조사에는 반드시 성분변화조사와 안전성 실험이 뒤따르게 마련이다. 본 실험에서 시료의 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과 같이 비교적 수분함량이 적고 가용성 무질소물이 많았다.

고추에서 매운 맛의 주성분인 capsaicin의 정량방법에는 ethyl ether⁽¹⁵⁾, acetone⁽¹⁶⁾, isopropanol⁽¹²⁾에 의하여 추출하고 paper chromatography⁽¹⁷⁾ 혹은 TLC⁽¹⁵⁻¹⁹⁾에 의하여 분리정량하는 방법과 직접 흡광도를 측정하는 방법^(12,19)이 있는데 본 실험에서는 isopropanol의 추출을 거쳐 최근에 소개된 spectrophotometry⁽¹²⁾에 의하여 정량하였다.

본 시료는 일반고추에 비하여 capsaicin 함량이 매우 적었는데 이것은 품종의 차이⁽²⁰⁻²²⁾와 제분에 의한 파괴, 그리고 capsaicin을 많이 함유하고 있는 胎座를 제거하였기 때문으로 본다.^(8,23,24) Capsaicin은 고선량의

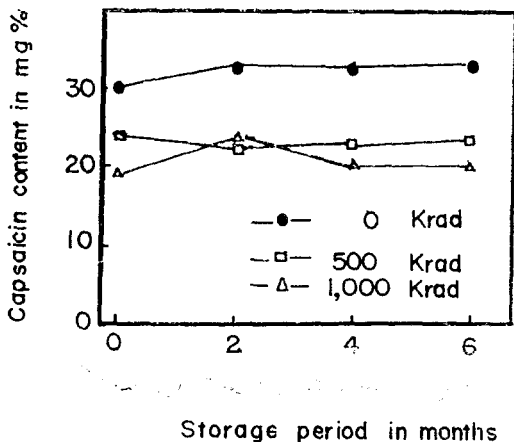


Fig. 6. Changes in capsaicin content of red pepper powder in storage after irradiation

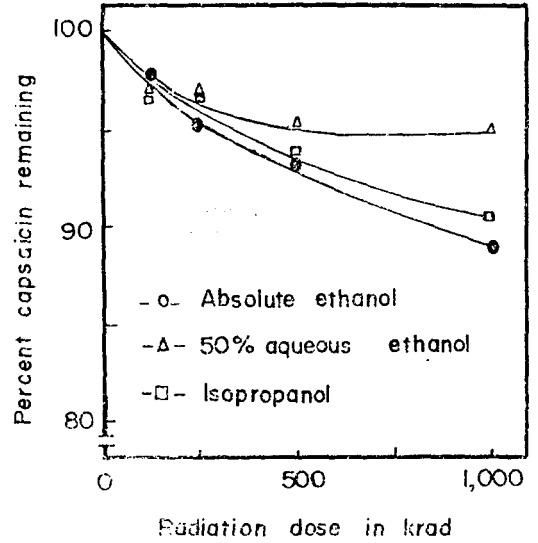


Fig. 7. Degradation of authentic capsaicin in different solvents by gamma-irradiation

방사선조사에 의해서 약간 파괴되었다(Fig. 6). Capsaicin 자체가 방사선에 의하여 변화되는가를 보기 위하여 capsaicin 표준품을 isopropanol, absolute ethanol, 50% ethanol 수용액에 녹여서 감마선을 조사하였던 바, Fig. 7에서 보는 바와 같이 조사선량이 높아짐에 따라서 capsaicin 분해율이 높아졌으나 1,000 krad 조사구에서 capsaicin의 분해정도는 5-12%에 불과하였다. Paprika의 경우 1.6 Mrad에서도 capsaicin이 안정하다⁽¹⁴⁾는 것으로 보아 이에 대해서는 더 많은 연구가 필요하다고 생각된다.

Capsanthin의 함량은 파장 462 nm에서의 흡광도로서만 표시하였기 때문에 절대량은 알 수 없으나 Fig. 8에

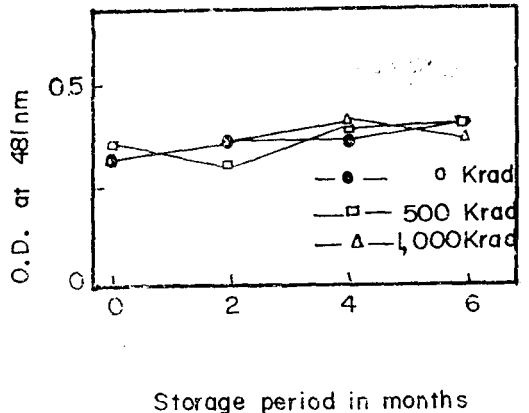


Fig. 8. Changes in capsanthin content of red pepper powder in storage after irradiation

서 보는 바와 같이 방사선조사에 의해서 영향을 받지 않았으며 저장중 변화가 없었는데 이는 benzene soluble pigment는 高線量에서도 安定하다는 보고⁽¹⁴⁾와 일치하고 있다.

Capsaicin과 capsanthin은 고추의 특성을 결정하는 중요성분이기 때문에 방사선조사에 의한 이들의 변화는 安全性 검토와 함께 앞으로 더 많은 연구가 계속되어야 한다고 생각된다.

요 약

경기도 利川에서 수확한 고추(새마을 금장고추 2호)를 건조제분하여 平衡水分을 측정하였으며 125, 250, 500, 1,000 krad의 Co-60 감마선을 照射 후 저장중 capsaicin, capsanthin 및 미생물 수의 변화를 조사하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1) 25°C에서 고추의 平均수분함량은 상대습도 43.7, 53.3, 64.4, 75.4, 84.3%에서 각각 13, 18, 25, 28, 37%이었다.

2) 製粉度가 낮을수록, 즉 고추가루의 粒徑이 클수록 平均수분함량이 낮아 장기저장에 유리하였다.

3) 고추가루중의 生存미생물 수는 g당 약 10⁸개나 되었으며 혼합미생물의 D₁₀ 값은 210 krad이었다.

4) 수분, capsanthin은 500, 1,000 krad 照射線量에서 저장중 변화가 거의 없었으나 capsaicin은 방사선照射에 의하여 부분적으로 파괴되었다.

참 고 문 헌

- 1) 중앙관상대 : 한국 기후표, p. 45 (1968).
- 2) McCulloch, L.P.: *Marketing Research Report* No. 536, U.S.D.A. (1962).
- 3) Kim, K. H. and Chun, J. K.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 7, 69 (1975).
- 4) 韓國食品工業協會 : 食品 및 添加物規格基準, p. 25 (1974).
- 5) Hickman, J. R.: *International Atomic Energy Agency Bulletin*, 16(5), 30 (1974).
- 6) Houston, E. F.: *Cereal Chem.*, 29, 71 (1952).
- 7) Stokes, R.H. and Robinson, R.A.: *Ind. Eng. Chem.*, 41, 2013 (1943).
- 8) Wink, W. A. and Sears, G. R.: *TAPPI*, 33, 96A (1950).
- 9) Lee, S. R., Kim, S. K., and Lee, K. Y.: *Korean J. Food Sci. Technol.*, 5, 96 (1973).
- 10) Curl, A. L.: *J. Agr. Food Chem.*, 10, 504 (1962).
- 11) Davis, B. H.: *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigment*, Academic Press, New York, p. 489 (1965).
- 12) Trejo-Gonzalez, A. and Wild-Altamirano, C.: *J. Food Sci.*, 38, 342 (1973).
- 13) Wesley, F. and Rourke, B.: *J. Food Sci.*, 30, 1037 (1965).
- 14) Farkas, J., Beczner, J. and Incze, K.: *Radiation Preservation of Food* (Proc. Symp., Bombay, Nov. 1972), IAEA, Vienna, p. 389 (1973).
- 15) Spanyol, P. and Blarovich, M.: *Analyst*, 94, 1084 (1969).
- 16) Tirimanna, A. S. L.: *Analyst*, 97, 372 (1972).
- 17) Leete, E. and Loudon, M. C. L.: *J. Am. Chem. Soc.*, 90, 6837 (1968).
- 18) Ting, S. V.: *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.*, 40, 504 (1942).
- 19) Kosuge, S. and Furuta, M.: *Agr. Biol. Chem. (Tokyo)*, 34, 248 (1970).
- 20) Masada, Y., Hashimoto, K., Inoue, I., and Suzuki, M.: *J. Food Sci.*, 36, 858 (1971).
- 21) 藤田路一, 吉谷力, 川名明 : 日本藥學會誌, 74, 766 (1964).
- 22) Karaway, M. S., Balbaa S. I., Girgils A. N., and Youssef, N. Z.: *Analyst*, 92, 581 (1967).
- 23) Sadayoshi, K.: *J. Agr. Chem. Soc. Japan.*, 33, 918 (1959).
- 24) Lee, S. W.: *J. Korean Agr. Chem. Soc.*, 14, 157 (1971).