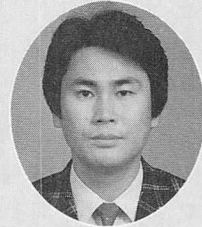


돼지고기 섭취가 체내 중금속 대사에 미치는 영향



한 찬 규 박사
(한국식품 개발연구원 축산물이용연구부)

1. 서론

1) 머리말

돼지고기는 예로부터 오늘날 까지 축산식품 중 소비량이 가장 많았던 식품으로서 한국인의 식생활에서 매우 중요한 비중을 차지해 왔다. 그러나 최근 동물성 식품의 섭취가 심장맥관계 질병 및 여러가지 성인병의 발병에 좋지 못한 영향을 준다는 건강 지식이 보편화 되면서 소비증가가 둔화되고 있는 식품의 하나가 되고 있다. 아울러 과거로부터 우리의 생활에 깊숙히 뿌리를 내리고 있는 한방 요법에서는 보약이나 여러가지 약을 조제할 때 돼지고기의 섭취를 제한하거나 금기시하는 것이 통례로 되어 있어 이 또한 돼지고기의 소비 및 섭취를 제한하는 요인이 되는 것으로 생각된다.

그러나 예로부터 돼지고기가 여러가지 질병치료를 위한 민간요법으로 다양하게 활용되어 왔고 그 효능에 관련된 자료는 동양의학 서적이거나 여러 문헌에 나타나 있다. 비록 돼지고기가 민간요법에서 다양하게 이용되었다고는 하나 이에 대한 과학적인 조사연구는 전무한 실정이며 그 효능에 대한 과학적 규명노력 또한 전혀 이루어지지 않

고 있다.

따라서 돼지고기를 이용한 민간요법의 중금속 제거와 관련하여 이제까지 규명되지 않은 체내 대사 및 배출기전과 돼지고기의 효능성분의 발굴은 소비촉진은 물론 다양한 식품소재로서의 활용성 증대 및 정책 홍보자료의 도출에 기여할 것으로 판단된다.

2) 돼지고기 섭취와 중금속에 기인한 직업병

최근 급속한 경제성장과 소득수준의 증대로 국민들의 일반 생활수준 뿐만 아니라 식문화 생활의 향상으로 건강에 대한 관심이 고조되고 있기 때문에 단조로운 식생활 문화에서 서구식 음식문화의 수용이 점차 일반화 되어가는 경향이 다. 따라서 식생활양상은 지속적이며 급속도로 고급화, 다양화, 건강지향화되어 돼지고기와 같이 가격이 저렴하면서도 영양가가 우수한 식품을 기피하는 현상이 점차로 확산되고 있기 때문에 돼지고기의 수요는 다른 축산식품에 비해 소비 증가폭이 높지 않다.

그러나 돼지고기는 예로부터 여러가지 질병치료를 위해 민간요법에서 다양하게 활용된 식품

으로서 돼지고기 정육은 물론 폐기되는 부산물까지 이용되어 왔다. 그 활용예를 살펴보면 • 수은, 유헤독의 중독 • 폐병, 기관지염, 오래된 기침 • 오색단독(五色丹毒), 독창(毒瘡), 난창(爛瘡), 습진소양(濕疹搔庠) • 산후허약할 때 • 변비 • 당뇨병 • 임질이나 매독의 후유증이 있을 경우 돼지고기를 이용한 것으로 나타나고 있다(현대양돈, 1992).

이밖에도 돼지고기는 식중독증이나 종양등의 치료에도 활용이 되어 왔다. 그러나 동양의학사 등의 문헌에서는 돼지고기의 한방적 효능성을 인정하기 보다는 대개 한약처방시 금기 또는 제한 식품으로 기술하고 있기 때문에 민간요법으로 전래되는 돼지고기의 질병치유효과와 관련된 자료를 찾기가 용이하지 않다. 그럼에도 불구하고 현대사회에서도 일부 직업 종사자들은 직업병을 예방하려는 목적으로 돼지고기를 상용하고 있다.

우리나라에서 직업병에 대한 관심은 '83년 이후 특수검진이 본격화 된 이래 직업병 유소견율(有所見率)은 점차 감소되고 있으나 그간 지속적인 경제개발 과정에서 잠재, 은폐되어 왔던 유해요인에 의한 직업병 표출이 가속화되면서 직업병 유소견자수도 증가추세에 있으며 최근에는 그 양상이 집단화 되고 있다. 또한 60~70년대의 석탄생산량 증가에 따른 진폐(塵肺) 발생시기가 도래함에 따라 진폐근로자가 급속하게 증가하고 있으며 중화학공업의 발달로 중금속 및 화학물질 중독자도 증가하고 있는 것으로 분석된다(보건년감, 1993).

진폐증이나 호흡기계통 질환 등에 대한 관심은 일부 특정 직업종사자들의 경우로만 치부해서는 안되고 보다 근원적인 환경보전 노력이 진행되어야 한다. 또한 계속적인 산업화에 따라 필연적으로 동반되고 있는 폐수와 대기오염은 물론 연쇄적으로 이들 폐수와 오염된 대기 및 토지에서 생산된 농수축산물의 오염과 이의 식용으로 인해 일반 국민의 건강에 미치는 영향을 감안한다면

〈표 1〉 직업병 유소견자 현황

직업병	유소견자율(%)
진폐(광업)종사자 (일 반 산 업)	34.9
난 청	7.5
크롬중독	55.5
鉛중독	0.9
진통신경염	0.2
직업성 피부질환	0.1
기 타	0.1
중금속 피부질환	7.0
	(2~3명)

자료 : 보건년감(보건신문사, 1993)

돼지고기의 식용이 일부 특정 중금속의 해독 또는 배설에 미치는 영향에 대해 좀 더 심도있는 연구가 수행되어야 할 것으로 사료된다.

2. 카드뮴(Cd)의 이용과 생체대사

1) 카드뮴의 산업적 이용과 급원

카드뮴은 주기율표에서 48번째 원소로서 원자량은 112.4이며 푸르거나 은백색의 금속으로서 비교적 부드럽고 신장성이 좋으며 단련이 잘 된다. 지각표면에서는 거의 찾아볼 수 없지만 자연계에 널리 분포되어 있어 철암, 화성암, 석회암, 호수나 바다의 침강물 등에 존재한다.

카드뮴이 산업적으로 이용된것은 불과 50년 정도에 지나지 않으나 최근 여러가지 산업분야에서 다양하게 활용이 되고 있는 중요한 중금속이다. 카드뮴은 부식이 되지 않는 특징때문에 전기제품의 도금에 이용되며 합금, 땀납, 페인트나 플라스틱의 색소 및 니켈, 카드뮴 전지의 제조 등에 이용되고 있다(최 등, 1994).

카드뮴이 인체에 들어오는 경로는 주로 식품, 식수, 오염된 공기, 흡연 등이다. 탄광촌에서 먼지나 연기, 금속을 제련할 때와 잡다한 산업물(비료, 석유, 기름, 유기폐기물 등의 불순물) 혹은 카드뮴을 함유한 플라스틱의 색소등으로 부터 유래될 수 있어 카드뮴과 관련된 산업에 종사하

는 사람들은 장기간의 카드뮴 흡입으로 중독이 일어날 수 있다. 카드뮴을 함유하는 5가지의 색소를 입힌 플라스틱으로 부터 카드뮴과 접촉한 식품을 쥐에게 실험한 결과 급성 중독증이 보고되어 있다(Preda 등, 1978). 대기 중에도 카드뮴이 존재하나 그 양은 산업체가 많은 대도시나 농촌이나 여부에 따라 지역별로 편차가 있다. 밀집한 대도시의 경우 10~50ng/m³ 정도인데 반해 농촌은 1ng/m³ 수준으로 존재한다. 대기중 카드뮴은 산화물, 염화물, 황화물의 상태이거나 여러가지 화합물 상태로 존재한다. 한편 일반 식품중의 카드뮴 농도는 매우 낮은 편으로 오스트리아에서 이루어진 식품 중의 카드뮴 농도 분석 결과에 의하면 동물성 식품과 곡물에서 카드뮴 함량이 높았으며(0.02~0.07μg/g), 우유나 유제품의 카드뮴 함량(0.002μg/g)은 매우 낮았다(Spickett, 1979).

2) 카드뮴의 인체 대사

다른 환경유해성 중금속과 마찬가지로 카드뮴도 인체에 매우 유해하여 지난 50여년간 이를 인체로 부터 제거하려는 노력이 있어왔다. 그러나 카드뮴은 생체내에서의 반감기가 매우 길어서 인체내에 계속적으로 축적이 되며 쉽게 배설이 되지 않는다. 즉 사람은 출생시에 인체내에 카드뮴이 존재하지 않지만 연령이 증가함에 따라 점차로 체내에 축적되어 60년 정도를 사는 동안에 20~30mg의 카드뮴이 인체에 축적되고 이 중 50~80%가 간장과 신장에 존재하게 된다(Kostial, 1986).

(1) 흡수

일반적으로 위장에서의 카드뮴 흡수율은 2~8% 정도로서 체내 항상성 기전에 의해서 균형이 유지되지 않는다. 오히려 식이 중의 아연(Zn), 칼슘(Ca), 인(P) 또는 셀레늄(Se) 등이 흡수

에 더 심각한 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 위장에 의한 흡수보다 호흡기를 통한 흡수율이 훨씬 더 크다. 즉, 흡입된 공기 중 약 20~30%의 카드뮴이 폐에 축적된다.

(2) 분포도

혈액 중 카드뮴의 약 90%가 적혈구에 위치하고 있으며 나머지 카드뮴은 조직으로 운반되어 대부분의 메탈로티오닌(Metallothionein) 합성을 유도하게 된다. 혈중 카드뮴의 농도는 10ug/g 이하이며 보통 비흡연자보다 흡연자에서 농도가 더 높은 경향을 보인다. 조직 중 카드뮴 농도가 높은 부위는 간과 신장, 뼈 등으로서 만성적으로 카드뮴에 노출이 되게 되면 점진적으로 카드뮴이 이들 조직에 축적된다. 대동물의 경우도 예외는 아니어서 카드뮴이 간과 신장에 가장 높은 수준으로 축적되며 남은 대부분이 뼈에 축적된다(Neathery 와 Miller, 1975). 정상인의 간장 카드뮴 농도는 0.5~5ug/g 정도이며 다른기관에는 약 0.4 ug/g 정도 함유한다.

(3) 배설

카드뮴은 주로 변으로 배설되는데 이는 카드뮴의 생체 이용률이 매우 낮기 때문이다. 뇨에 의해 배설되는 카드뮴량은 0.005~0.001%(< 2 ug/일) 정도이며 생물학적 반감기는 10~15년 정도이다.

3) 카드뮴이 인체에 미치는 영향

카드뮴은 1817년 스트로미어(Strohmeyer)에 의해 처음으로 분리되었으며 인체에 미치는 영향은 1932년 Prodan이 처음으로 기술하였다(Prodan, 1932). 카드뮴 독성에 대한 관심은 1960년대 일본에서 이타이 이타이병(Itai-Itai Disease)이 유행하여 크게 대두되었으며(Friberg 와 Piscater, 1974) 이타이 이타이병은 카드뮴 만

성 중독으로 40세 이상의 농촌여성으로서 특히 다산부에 많이 나타나는 질환으로 골격의 무기질 감소와 신장의 기능 장애였다. 이타이 이타이병의 대표적 무기질 감소 현상은 카드뮴의 섭취가 비타민 D 대사에 심각한 영향을 주므로써 발생하는 것으로 쥐를 이용한 이타이 이타이병에 관한 일본의 한 연구(Adachi 등, 1994)에서 비타민 D를 뺀 식이를 6주간, 칼슘을 뺀 식이를 1주일 동안 급여한 후에 4주동안 구강으로 비타민 D(10 IU/일/쥐)를 급여하면서 카드뮴을 0, 5, 20, 50 ppm 농도로 섭취시킨 결과 카드뮴 농도가 50 ppm일 때 뼈 무기질 밀도와 강도가 대조구에 비해 유의하게 낮았으며 이러한 뼈의 이상은 비타민 D의 대사 이상에 의한 것으로 특별히 신장에서 활성형의 비타민 D₃(α , 25-dihydroxy-vitamin D₃)의 생성이 저해되는 것으로 추측된다. 일반적인 카드뮴에 의한 영향으로는 성장지연, 빈혈, 특정효소의 활성 저하 등을 들 수 있으며 대표적인 손상은 신장, 간 및 골격조직에서 일어난다.

3. 연구개요

1) 연구내용

돼지고기 섭취가 생체로부터 중금속 배출에 미치는 영향을 규명하고자 흰쥐를 이용하여 카드뮴(Cd)의 임상적인 만성 중독 현상을 유발시키고, 셀레늄(Se)과 돼지고기를 첨가한 식이를 급여하여서 해독에 미치는 영향을 조사하였다.

2) 연구방법

도시 환경 공해에서 가장 문제가 되고 있는 카드뮴(Cd)을 0, 25, 50ppm 수준으로 흰쥐에게 급여하고, 중금속 해독작용이 있는 것으로 알려진 셀레늄(Se)은 0, 10ppm 수준, 기본사료 중에

함유된 20%의 카제인(우유단백질)은 삶은 돼지고기로 100% 대체시켜서 50일간 급여했다.

3) 연구결과

(1) 카드뮴의 임상중독증 유발시험

본 시험은 흰쥐에게 카드뮴의 임상중독현상을 유발시키기 위하여 음용수에 황산카드뮴(cadmium sulfate)을 희석하여 급여하였다. 시험개시 시 평균 체중이 24g인 S.D.male rat를 체중에 따라 무작위로 돼지고기 3처리×카드뮴 3수준으로서 6마리씩 9처리군으로 나누어 7주간 사육하였다.

가. 성장률은 우유단백질을 첨가한 대조구에 비해 우유단백질을 삶은 돼지고기로 대체시킨 시험처리구가 높았다. 카드뮴 50ppm 처리구의 성장률은 대조구에 비해 다소 낮았다.

나. 헤모글로빈(Hemoglobin)과 헤마토크리트(hematocrit)치는 카드뮴 투여에 따라 모두 감소 경향을 보였으나 식이요인으로서 단백질에 의한 차이는 나타나지 않았다.

다. 신장조직에 대한 병리조직학적 검사결과 Cd 처리구에서 돼지고기 급여시 병변이 거의 없는 것으로 관찰되었다.

(2) 해독기작 규명시험

본 시험은 1차 시험인 임상 중독증 유발시험 결과를 보완한 것으로서 돼지고기와 셀레늄(Se)의 병용 투여가 생체내에서 카드뮴의 배출에 미치는 영향을 조사하고자 평균 체중 227g인 S.D male rat를 체중에 따라 무작위로 돼지고기 2처리×Se 2수준×카드뮴 3수준으로서 6마리씩 12처리군으로 나누어 7주간 사육하였다.

가. 메탈로티오닌(MT)함량은 간과 신장에서 모두 카드뮴 투여 수준이 높을 수록 유의적으로 높게 측정되었다. 돼지고기를 첨가한 처리구에서 신장의 MT함량은 대조구인 카제인 급여구보다 20% 정도 증가하였으나, Se 투여는 MT합성에

영향을 미치지 못했다.

나. 다산화적 현상으로부터 생체보호 역할을 하는 간조직의 GPX와 SOD효소의 활성은 처리구 간의 통계적인 유의차가 없었다.

다. 카드뮴(Cadmium)의 배설에 미치는 식이요인의 영향은 뇨보다 변에서 더욱 현저하였으며, Cd 체내 축적률은 Cd가 높은 구에서, 돼지고기 첨가구에서, Se 첨가구에서 유의적으로 낮은 경향을 보였다.

라. 전자현미경 관찰결과 카드뮴 투여구로서 돼지고기를 첨가하지 않은 처리구의 근위곡세뇨관에서는 가장 심한 병변이 관찰된 반면 돼지고기를 첨가한 처리구에서는 심한 병변이 관찰되지 않았다. 특히 흥미로운 사실은 돼지고기와 셀레니움을 병용 투여한 처리구에서 근위곡세뇨관의 손상이 거의 발견되지 않았다는 것이다.

4) 결과 요약

시험 결과 카드뮴(Cd) 50ppm 수준에서 헤모글로빈(Hb) 함량이 크게 저하되었으며, 중금속 해독 기작에 관여하는 성분인 메탈로티오닌 함량은 돼지고기 급여시 증가되었고, 체내 카드뮴 균형시험에서 분뇨로 배설량은 증가(분 22%, 뇨 19%)된 반면에 체내 축적률은 크게 낮았다. 신장조직의 전자 현미경(EM)검사 결과는 돼지고기와 셀레니움 동시 투여시 조직손상이 거의 나타나지 않았다.

4. 맺는말

체내에 흡수된 카드뮴은 혈류를 타고 간으로 운반된 후 소량씩 지속적으로 신장에 운반된다.

카드뮴의 해독작용 기능을 가진 MT는 신장의 원위곡세뇨관에서 재흡수되며 그곳에서 펩타이드와 아미노산으로 분해된다. 일단 분해된 MT 단백질과 아미노산은 또다른 MT 합성을 유도하게 되며 이로 인하여 이온형의 카드뮴은 MT와 결합된 상태로 체내에 존재하게 된다. 따라서 MT는 카드뮴과 같이 인체에 유해한 중금속의 일시적 저장창고로써 역할을 하고 체내에서 참아낼 수 있는 수준 이상의 유해 중금속이 체내에 들어올 경우 유해한 독성 반응을 방지해 준다.

메탈로티오닌 이외에 중금속에 따른 중독현상의 완화 및 해독기구로는 중금속에 의해 발생하는 과산화적 손상을 방지하므로써 이루어질 수 있음이 밝혀졌다. 흰쥐에 카드뮴을 투여했을 때 간조직에 과산화적 손상이 나타남이 관찰되었는데 이는 카드뮴 투여로 인해 생체내에서의 oxygen free radical의 생성에 기인된 것으로 보고되었다. 이러한 과산화적 손상으로부터 생체를 보호하는 황산화적 해독기구인 superoxide dismutase(SOD), glutathione peroxidase(GPX), glutathione S-transferase 등을 들 수 있다.

따라서 카드뮴의 독성효과를 관찰하기 위해서는 이와 같은 해독기구의 변화를 살펴보고 메탈로티오닌(MT) 생성량을 측정하는 것은 매우 의미있는 일일 것으로 보이며 또한 이러한 해독기구를 강화시켜줄 수 있는 성분의 탐색이나 발굴은 매우 중요한 의의가 있다고 하겠다.

또한 돼지고기 첨가시 우유단백질보다 MT합성이 좋은 것은 MT내의 카드뮴과 결합하는 아미노산(Cysteine)이 높기 때문으로 해석되지만 중금속을 해독시키는 기작이 MT 이외의 요인도 관여된 것으로 추측되기 때문에 이에대한 추가 연구가 필요하다고 사료된다.