

# 放射性元素에 의한 식품의 汚染

—獸醫公衆衛生에 있어서의 그의 義意—

서울大學校 獸醫科大學

趙炳律

## 1. 緒論

人類의 公衆衛生의 向上進化를 이룩하는 길을 獸醫學의 으로 考究하는 獸醫公衆衛生學(Veterinary Public Health)에 있어 食肉衛生(Meat Hygiene) 및 牛乳衛生(Milk Hygiene)이 그의 重要分野임은 周知의 事實이며 나라에 따라서는 이밖에 野菜 果物 등까지 包含한 食品全般에 걸친 食品衛生을 獸醫公衆衛生에서 取扱하고 있다.

이처럼 獸醫公衆衛生의 重要分野인 牛乳衛生·食肉衛生 또는 보다 더 廣範圍의 食品衛生에 있어 오늘날 우리가 生覺하지 않으면 안될 새로운 問題의 하나는 放射性元素에 依한 食品의 汚染이다.

核戰爭·原水爆實驗·放射性同位元素의 利用 등으로 말미암아 食肉·牛乳·野菜·果物 및 여러 食品, 各種食品의 製造材料, 또는 食品의 製造·加工의 器具·施設 등이 放射性元素에 依하여 汚染될 可能性이 濃厚해지고 있다. 그러므로 汚染된 牛乳·食肉, 其他食品들이 사람의 食用에 適當하거나 그렇지 못하나 하는 것을 決定해야 할 경우가 생기게 될 것이고 放射性落塵으로 汚染된 屠畜場이 繼續 食肉動物의 屠殺에 利用될 수 있겠는가 그의 安全如否를 決定지워야 할 경우 또한 있을 수 있는 일이다.

實際로 近來 英國에서 있었던 原子爐 故障으로 인한 不意의 事故는 獸醫公衆衛生에 從事하는 獸醫師들로 하여금 放射性元素에 對한 知識과 技術이 緊急性을 充分히 느끼게 하는과 있다. 卽 그것은 한 原子爐로부터 放射性沃素  $I^{131}$ 가 大氣中으로 排吐되어 近處一帶牧場의 牧草가 汚染되고 따라서 그곳에서 飼育된 乳牛의 牛乳中에  $I^{131}$ 이 섞겨나오게 되어 이 地方에서 生産되는 相當한 量의 牛乳가 廢棄處分되었다는 것이다.

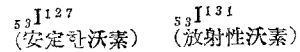
## 2. 放射性同位元素에 對하여

本問題의 考察에 앞서 먼저 放射性同位元素에 關한 基礎的인 知識을 簡單히 알아보는 것이 좋으리라 고 生

覺된다.

(1) 定義: 安定性을 갖인 原子는 그의 原子核內에 一定한 比率의 中性子(neutron)과 陽子(Proton)을 갖고 있다. 그러나 萬一 이러한 中性子와 陽子와의 數의 比率이 一定한 範圍을 벗어날 경우에는 그 原子는 不安定하게 되며 不安定한 原子核은 安定性있는 狀態에 이르기 爲해 自然的變化 卽 放射線을 내게 된다. 이러한 不安定한 原子를 放射性同位元素(Radioisotope 또는 Radioactive isotope)라 하며 그의 自然的인 變化를 Radioactive decay(崩壞)라 한다.

放射性同位元素는 化學的으로 是 다른바 없으며 陽子의 數는 同一하되 中性子の 數를 달리한다. 卽 放射性元素는 Z數(Z number 陽子의 數)는 같으며 質量數(mass Number-陽子의 數와 中性子の 數의 合計)를 달리한다. Z數와 質量數의 表示는  $ZA^m$ 와 같이 元素記號의 左下位의 Z數 그리고 右上位에 質量數를 表示하며 지금 放射性沃素를 例를 들면 다음과 같다.



### (2) 放射線의 種類와 性質.

自然的 또는 人工的放射性元素은  $\alpha$ -線  $\beta$ -線  $\gamma$ -線을 낸다.

$\alpha$ -線은 Helium 原子核에 類似한  $\alpha$ -粒子의 흐름이며 Energy가 큰 放電粒子이다.  $\alpha$ -線은 Ionization을 이끄는 힘은 크되 透過力이 弱함으로(5-10cm의 空氣 0.1mm의 組織)  $\alpha$ -線을 내는 放射性元素은 生體外에서의 害毒은 적으며 體內에 攝取될 경우에 그의 害毒이 크다.

$\beta$ -線은 Energy를 갖인 高速의 粒子이며 이 粒子는 電子(Electron)과 同一한 質量과 電荷를 가지고 있다 그의 透過力은  $\alpha$ -線보다 크되(1cm-15m의 空氣 1-3cm의 組織) 그의 Ionization의 程度는  $\alpha$ -線에 비해 훨씬 弱하다.

$\gamma$ -線은 Energy가 큰 Protons으로서 光線 電波에 類似하며 電荷를 갖이고 있지 않다.  $\alpha$ -線에 비해 Ionization의 힘은 弱하되 몹시 強力한 透過力이 있어 生

物體의 體內外 어느 位置에서나 毒毒이 크다.

$\alpha$ -線과  $\beta$ -線은 粒子로 되어있는고로 이들은 Particulate Radiation(粒子性放射線)이라 하며  $x$ -線  $\gamma$ -線은 Electromagnetic Radiation 이라 한다.

(3) 放射性同位元素와 그의 放射線의 種類.

放射性同位元素에 따라 그것이 發生하는 放射線은 다르다. (第一表)

大體로 自然的인 放射性元素는  $\alpha$ -線을 그리고 人工的 放射性元素는  $\beta$ -線을 내는것이 通例이다. 한 放射性元素는  $\alpha$ -線 그렇지 않으면  $\beta$ -線을 내지 兩者를 同時에 發生하지는 않는다. 그러나 한 元素가 同時에  $\alpha$ -線과  $\gamma$ -線 或은  $\beta$ -線과  $\gamma$ -線을 함께 發生할수는 있다.

$\alpha$ -線은 大體로 Z數가 83보다 큰 同位元素에서 放射된다. (例外  $_{62}\text{S}^{148}$ )

放射性元素의 Z數와 中性子數의 數의關係에 依해서 그의 放射線의 種類를 알아볼수도 있다.

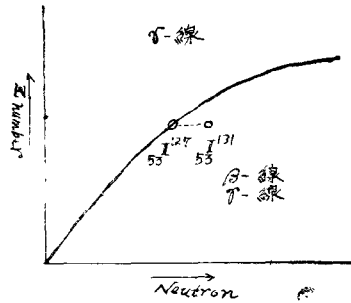
第1表 放射性元素의 放射線과 半減期(物理的)

核 種	放射線	半減期
C <sup>14</sup>	$\beta$	5.570年
P <sup>32</sup>	$\beta$	14.3日
S <sup>35</sup>	$\beta$	87.1日
Ca <sup>45</sup>	$\beta$	152日
Sr <sup>90</sup>	$\beta$	25年
Y <sup>90</sup>	$\beta$	64時
Na <sup>24</sup>	$\beta + \gamma$	14.9時
K <sup>42</sup>	$\beta + \gamma$	12.5時
Co <sup>60</sup>	$\beta + \gamma$	5.2年
I <sup>131</sup>	$\beta + \gamma$	8.06日
Au <sup>198</sup>	$\beta + \gamma$	2.69日
Cr <sup>51</sup>	$\gamma$	27.8日
Ra <sup>226</sup>	$\alpha + \gamma$	1622年

即 다음의 圖表에서 (第1圖)와 같은 安定한 元素의 Z數와 中性子數의 關係曲線에 있어 萬一 어느 한 放射性元素(例- $_{53}\text{I}^{131}$ )의 Z數와 그의 中性子數의 關係位置가 이 曲線의 下位에 올경우에는  $\beta$ -線· $\gamma$ -線 또는 兩者가 合하여 發生케되며 이 曲線의 上位에 位置할경우에는 大體로  $\gamma$ -線을 發生하게되는 법이다.

(4) 半減期(Half-Life)

a) 物理的半減期(Physical Half-Life)



第1圖 元素의 Z number와 Neutron 數의 關係

放射性元素는 各各 一定한 速度로 崩壞(Decay)를 하게되며 여기에 그 速度를 半減期라는 術語로서 表示한다.

放射性同位元素의 半減期에는 三種이 있으며 그중 하나인 物理的半減期는 一定時刻에 存在했던 放射性元素原子의  $\frac{1}{2}$ 이 崩壞할때까지의 所要時間을 말하며  $t_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{\lambda}$  ( $t_{\frac{1}{2}}$  = 半減期  $\lambda$  = Decay Constant)로 表示된다. 勿論 이것은 放射性元素에 따라 서로 다르다.

放射性元素의 物理的半減期에는 一秒의 몇分の 일에서부터 數千年에 이르기까지 여러가지가 있으며 半減期는 保健衛生的見地에서 極히 重大한 意義를 가지는 것이다. 半減期가 짧은 元素는 急速히 崩壞하여 短時日內에 安全한 元素로 될것이나 Sr<sup>90</sup>·Cs<sup>137</sup>같은 半減期가 긴 放射性元素는 오랜 時日에 걸쳐 放射能을 持續하게됨으로 그만큼 더 人畜에 害毒을 미칠 可能性이 增大됨은 明白한 事實이다.

b) 生物學的半減期(Biological Half-Life) 및 有效半減期(Effective Half-Life)

生體組織器管 其他 生體內의 어느 部位에 沈着된 元素가 生理的으로 半量으로 減少되기까지에 要하는 時間을 말하며 이것을 Tb, 物理的半減期를 Tr로 表示하면 다음과 같은 關係가 있다.

$$I = I_0 \left( e^{-\frac{0.693t}{T_b}} \right) \left( e^{-\frac{0.693t}{T_r}} \right)$$

$I_0$  = 攝取된 放射性元素量

$I$  = t時間後의 殘存量

여기의  $I = \frac{I_0}{2}$ 로 되는데 要하는 時間을 有效半減期라고 하며 다시 말하면 이것은 體內의 沈着元素의 放

射能 이 體內에서 半分되는데에 要하는 時間을 말하며 物理的 및 生物的 半減期 兩者의 影響의 結果에 따라 決定된다.

그러므로 사람이나 여러 生物體內에 있어서의 放射性元素의 障害를 生覺할때 가장 問題가 되는것은 有效 半減期다. (第2表)

第2表 主要放射性元素의 半減期 및 沈着部位

核種	沈着部位	半 減 期		
		物理的	生物學的	有效
Sr <sup>89</sup>	骨	53日	3.9×10 <sup>3</sup> 日	52日
Sr <sup>90</sup> + y <sup>90</sup>	〃	9.1×10 <sup>3</sup> 日	3.9×10 <sup>3</sup> 日	2.7×10 <sup>3</sup> 日
y <sup>91</sup>	〃	61日	1,500日	58日
Zr <sup>95</sup>	肺 肝	65日		
Ru <sup>103</sup>	腎	39.8日		
I <sup>131</sup>	甲狀腺	8日	180日	7.7日
Ba <sup>140</sup>	骨	12.8日	200日	12日
Ce <sup>144</sup>	骨	282日	500日	180日

### 3. 食品의 汚染

放射性元素에 依한 食品의 汚染은 이것을 세 가지로 나누워 生覺할수 있다.

#### (1) Induced Radioactivity (誘導放射能) :

美國 Nevada에서의 原子彈實驗時 여러 新鮮한 또는 加工된 食品을 原子彈爆發에 暴露시켰던바 爆心으로부터 相當한 遠距離에 노였었던 食品에있어 그自體에는 이렇다할 形體의 變化를 찾아볼수 없었으나 誘導放射能을 檢出할수 있었다하며 그의 程度는 新鮮한 食肉에서 보라도 加工製品에 있어 한층더 強했으며 이것을 加工品에 들은 食鹽(NaCl)에서 放射性 Na<sup>24</sup>이 생기게 될에 因한것으로 生覺되고 있다. 그리고 통조림 또는 硝子製의 加工食品容器가 흔히 誘導放射能을 띠우게되나 이런경우 內容食品도 또한 만드시 放射能을 갖이게 되는것은 많이라고 하며 相當히 強한 誘導放射能을 띤 硝子容器內의 食品自體에는 全然 放射能이 없었다하며 따라서 이것은 放射性汚染을 檢出할경우 加工食品에 있어서의 그의 容器와 內容物을 따르따로 檢査할 必要性을 示唆하는것으로 生覺된다.

#### (2) 食品의 外的汚染 :

放射能雨水에 젖은 野菜·果物 또는 Bikini島에서의 原水爆實驗時 그의 核分裂生成物(Fission Products)

에 依한 海水의 汚染으로 因해 그의 體表面에 放射性元素을 付着하고 있었던 魚類등은 이러한 外的汚染의 例라고 할수있다.

이러한 外的汚染은 充分한 洗滌로써 除去될수 있으며 汚染된 野菜같은것도 물로써 充分히 씻으면 相當히 效果的으로 그의 放射性汚染이 除去될수있음이 알려지고있다. (第3表)

第3表 充分히 水洗한 野菜의 放射能試驗(日本育生省)

品 名	水洗前의 cpm	水洗後의 cpm
甘 藍	152	32
시금치	73	34
감자의葉	141	52

註. Cpm=Counts per minute

自然係數(Bak ground)=20-30 Cpm

여러 物體의 表面의 放射性汚染 除去에 있어서의 洗滌의 效果를 알아보기 爲한 筆者의 簡單한 實驗(미네소타 大學校 保健大學院에서)을 紹介하면 다음과 같다.

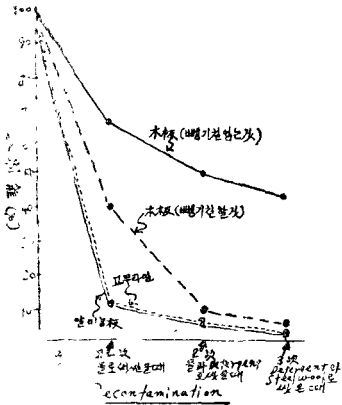
고무타일(Rubber tile)·땡기칠한 木板·땡기칠 않은 木板·알미늄板등에 β-線을 放射하는 p<sup>32</sup>을 微量塗布한다을 여러方法으로 그表面을 씻어버리고 放射性汚染의 除去效果를 β-線檢出用(Side window型)Geiger-müller Counter로 檢査하였던바 다음 第4表와 第2圖에서와같은 結果를 보았다. 이 結果를 보면 맨처음 물만으로써 씻었을때 몹시 顯著히 放射能이 除去되었음을 認할수 있다. 같은 表面을 다시금 二次로 물과 Detergent로 그리고 三次에는 Detergent을 쓰며 Stel Wool(鋼絨屑)로써 문질러 씻었을때는 점차 더 放射

第4表 洗滌에 依한 各種物體表面의 放射性汚染의 除去效果

汚 染 된 物 體 表 面	洗滌前 (mr/hr)	第一次	第二次	第三次
		水洗滌	물과Detergent로洗滌	Detergent와 Steel로洗滌
		mr/除去 %	mr/除去 %	mr/除去 %
고 무 타 일	9	1.187.8	0.693.4	0.594.5
木 板 (땡기칠 않은것)	12	833.4	650.0	558.3
木 板 (땡기칠 한것)	10	460.0	190.0	0.694.0
알 미늄 板	9	1.187.8	0.792.2	0.396.6

mr/hr=milliroentgen per hour

圖 2 各種物體表面之放射性污染  
除去에 있어서의 洗滌의 効果



能이 除去 되었으나 그의 効果는 初回의 물로써만  
씻었을때의 그것에 비하여 훨씬 적었으며 卽 이것은  
洗滌될만한 汚染은 물만으로써도 거이 充分히 除去될  
수있음을 示唆하는것으로 生覺된다. 그리고 除去効果  
는 物體表面의 物理的構造와 物質의 密度에 關係가  
있는듯 하였으며 다시 말하자면 땀기칠 하지않은 木板  
과같이 液體가 浸透할수있는 物體表面에 있어서는 洗  
滌에 依한 放射能除去는 그다지 効果的이 못된다는것  
이다. 그러므로 結論的으로 外的汚染은 다음에 言及될  
內的 汚染에 比하여

그의 障害기 보다 덜 重大하다고 볼수도 있다.

(3) 食品의 內的汚染

放射性元素가 食用動物體內에 들어가 그의 體組織器  
管에 機械的 또는 生理的으로 沈着하거나 또는 植物이  
그의 잎(葉)이나 뿌리로부터 吸收하여 放射性元素가  
그의 組織의 構成 成分으로 되었을 경우를 말한다.

예를 들면 β-線을 내는 Sr<sup>90</sup>은 그의 化學的 및 物理  
的性質이 Calcium와 類似하여 動物의 腸管에서 쉽  
리 吸收되어 主로 骨骼에 沈着되며 γ-線을 내는 Cs<sup>137</sup>  
은 Potassium(K)와 類似하여 體內에 널리 分布되어

筋肉·血液·其他 여러 軟組織에 含有된다.

Sr<sup>90</sup>은 또한 칩사리 植物의 잎에 依하여 吸收同化하  
며 뿐만 아니라 뿌리로부터 吸收된다.

魚類의 內的汚染에 있어서는 放射性元素로된 海  
수로 말미암아 그에 棲息하는 Plankton이 汚染되고  
Plankton을 모이로하는 小魚類가 따라서 汚染되며 이  
러한 小魚類를 잡아먹는 大魚族이 結局 內的汚染을 입  
게된다.

4. 公衆衛生上 重要한 放射性元素

原子彈爆發時 生成되는 核分裂生成物(Fission Pro-  
ducts)이 含有된 放射性 能落塵에는 여러種類의 放射  
性 同位元素가 들어있으며 Bikini島에서 行한 原子爆試驗  
時에는 27~28種의 放射性元素를 檢出할수 있었다 한  
다. 그러나 一般公衆衛生的見地에서 그리고 보다 좁은  
테두리의 食品衛生的見地에서 그中 특히 重要한 放射  
性元素는 Sr<sup>90</sup>와 Cs<sup>137</sup>라고 할수있다. 그것은 이들이  
모다 다같이 物理的半減期가 길어 各各 25年, 33年의  
오랜것이며 따라서 食肉動物·野菜·其他食品이 汚染  
될 可能性이 그만큼 더욱 크다고 볼수있기 때문이다.

Cs<sup>137</sup>는 動物體 여러組織에 널리 分布되며 그의 排  
泄이 빠르나 한편 Sr<sup>90</sup>은 그의 沈着部位가 主로 骨骼  
이며 生體로부터의 排泄이 極히 除去한고로 따라서 그  
의 生物學的 및 有效半減期가 相當히 長時間이라는 것  
도 또한 그의 重要性에 關連있는 點이다.

5. 結 論

食品衛生 特히 食肉衛生 및 牛乳衛生은 獸醫公衆衛  
生의 重要分野이다.

放射性元素에 依한 食品汚染의 可能性과 그의 公衆  
衛生上的 意義을 生覺한때 오늘날 獸醫公衆衛生에 從  
事하는 獸醫師들에 이方面의 知識과 技術이 要請되는  
바 切實하며 大學의 獸醫學 敎科課程의 獸醫公衆衛生  
講座에서도 適當 物議되어야할 問題라고生覺된다.