

카드뮴의 腸內吸收에 미치는 알진酸的 抑制효과

韓國原子力研究所 環境化學研究室

梁 在 昇·韓 聖 喜·李 瑞 來

=Abstract=

A Suppressive Effect of Alginate on the Intestinal Absorption of Cadmium *in vitro*

Jae-Seung Yang, Sung-Hee Hahn and Su-Rae Lee

Environmental Chemistry Laboratory, Korea Atomic Energy Research Institute, Seoul

An effect of alginate and seaweeds on the intestinal absorption of cadmium was tested *in vitro*. The absorption of cadmium was remarkably suppressed by alginate though the effect was not selective toward cadmium or calcium. The suppressive effect was also observed with tangle and laver, differing in some aspects from alginate only.

를 억제함이 확인되었으므로 이에 그 결과를 보고한다.

서 론

최근 카드뮴(Cd)은 중금속 오염의 한가지 要因으로서 人體內에 흡수되면 細尿管에 축적되어 장해를 일으키는 "이타이이타이"病的 原因이 되는 것으로 알려져짐에 따라 큰 관심사가 되고 있다. Omdahl¹⁾, Sugahara^{2,3)} 및 Ingersoll⁴⁾에 의하면 카드뮴과 放射性 스트론치움(Sr)은 체내에서 칼슘 結合 蛋白質에 대하여 강력한 결합 阻害를 보이며 蠕動운동을 감소시켜 小腸에서의 소화흡수력에 영향을 줌으로써 칼슘 輸送이 어렵다는 것이 알려져 있다.

한편 Waldron-Edward⁵⁾은 海藻多糖類 특히 알진산이 알카리금속이온과 작용하여 가용성 gel을 형성함으로써 중금속의 腸內吸收을 억제시킨다는 것을 방사성 Sr의 실험으로 밝혔으며 Tanaka⁶⁾는 이를 확인하였다. 해조다당류의 결합력을 이용한 방사성 Sr, Pu, Ra의 연구⁷⁻¹¹⁾는 방사선 피해자의 치료와 방사성 폐기물의 처리를 목적으로 동부유럽에서 널리 이루어졌으나 카드뮴에 의한 公害억제효과는 Tanaka¹²⁾과 金¹³⁾에 의하여 실험되었을 뿐이다.

본 연구는 최근 관심을 끌고 있는 金屬公害物質의 하나인 카드뮴의 腸內흡수가 해조 다당류에 의하여 억제된다는 동물실험의 결과¹⁴⁾를 補完하고자 착수되었으며 *in vitro*법에 의하여 알진산은 카드뮴의 腸內吸收

재료 및 방법

1. 재 료

미역은 全南 莞島産 市販品으로 충분히 水洗후 건조시킨 것을, 김은 완도산 市販品을 24 mesh로 분쇄하여 사용하였으며 알진산은 韓國海藻加工주식회사 제품을 사용하였다.

카드뮴源으로는 cadmium nitrate(특급, 林純회사)를 사용하였고 定量은 cadmium 분말(Ventron, Beverly)을 표준품으로 dithizone에 의한 비색법¹⁵⁾으로 하였다.

반투막으로는 透析膜(seamless cellulose dialyzer tubing, Fisher Cat. No. 8-667E)과 腸膜을 사용하였다. 腸膜은 체중 150 g정도 되는 male albino rat (Sprague-Dawley)를 약 30시간 斷食시킨 뒤 ether로 마취시켜 小腸의 중간부위를 5 cm정도 되게 절단하였으며 뒤집은 것을 Ringer용액에서 잘 씻은 후 즉시 실험에 사용하였다.

2. 吸收실험

透析膜에 의한 吸收실험에서는 50 ml의 증류수를 넣은 dialyzer tubing을 0.07%의 cadmium nitrate와

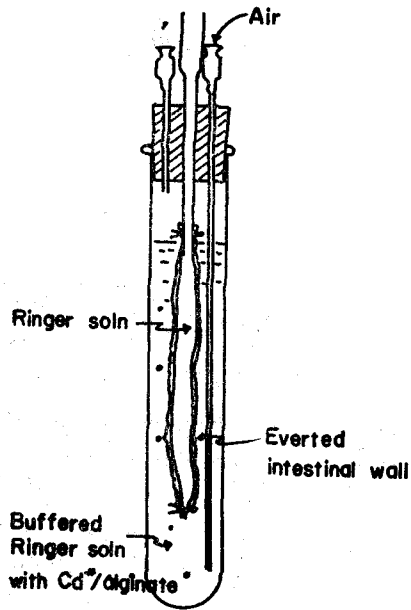


Fig. 1. Wilson's apparatus for *in vitro* absorption test.

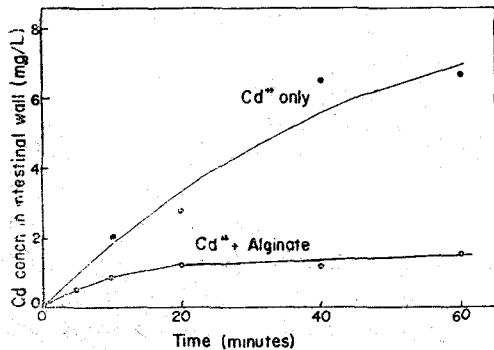


Fig. 3. Effect of alginate on the absorption of cadmium through the intestinal wall from a solution containing 0.5% cadmium nitrate and 0.07% alginate.

0.07%의 알긴산을 함유하는 700 ml 수용액에懸垂시켜 magnetic stirrer로 外液을 저어주면서 經時的으로 tube안의 용액 2 ml씩을 취하여 카드뮴 농도를 정량하였다.

腸膜에 의한 *in vitro* 吸收실험에서는 Wilson의 장치를 이용하였다(Fig. 1)^{14,15} 즉 15ml 시험관에 pH 7.4로 조절한 Ringer phosphate buffer에 Cd 또는 첨가물을 용해시킨 용액 10 ml를 넣고 주사바늘의 한쪽 끝으로부터 20 ml/min의 공기를 넣어줌으로써 攪拌을 시켜주었다. 실험동물에서 얻은 小腸膜은 한쪽 끝을

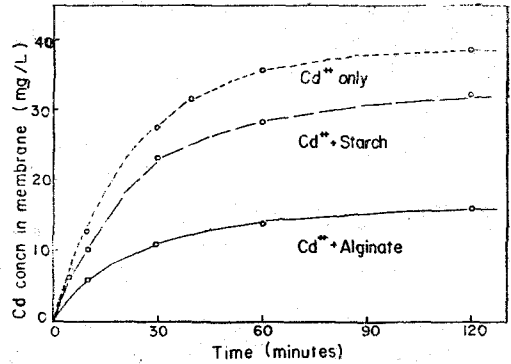


Fig. 2. Absorption of cadmium through a cellophane dialyzer tubing from a solution containing 0.07% each of cadmium nitrate and alginate or starch.

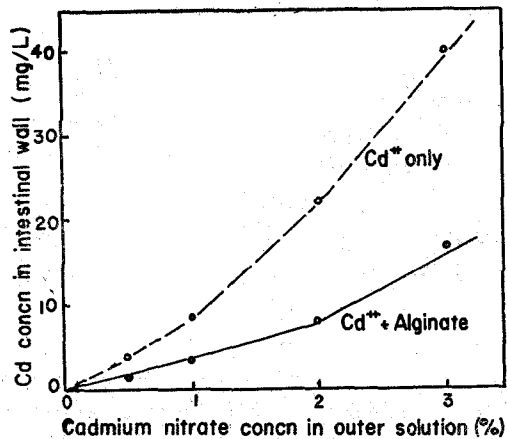


Fig. 4. Effect of cadmium concentration on the absorption of cadmium through the intestinal wall from a solution containing cadmium nitrate with or without 0.07% alginate within 20 minutes.

막과 다른쪽 끝은 가는 유리관에 묶어 시료를 취하는데 용이하게 하였으며 小腸膜내부에는 Ringer 용액 1 ml를 넣어 시험관안에 고정시켰다. 이 장치를 38°C의 항온수조에 보존하면서 腸膜안의 시료를 0.1 ml씩 경시적으로 취하여 Cd 농도를 정량하였다.

결과 및 고찰

1. 透析膜에 의한 카드뮴의 吸收

카드뮴의 透析膜에 의한 흡수도를 알아본 결과는

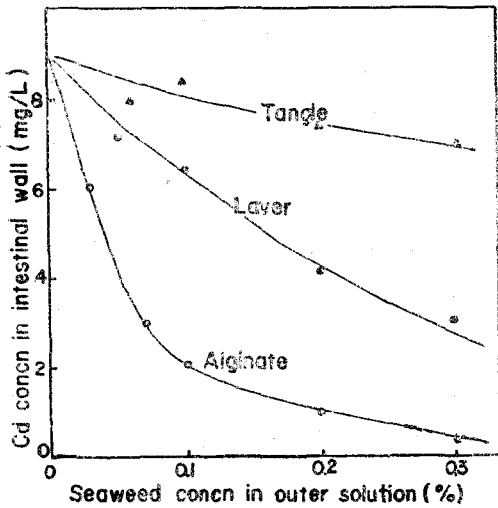


Fig. 5. Effect of seaweed concentration on the absorption of cadmium through the intestinal wall from a solution containing 0.5% cadmium nitrate and seaweed within 20 minutes.

Fig. 2와 같다. Cd만이 존재할 때는 시간경과에 따라 Cd의 투과량이 증가하였으며 透析膜내부에서의 Cd 농도가 증가함에 따라 농도 勾配의 감소에 따른 透過속도의 감소현상이 나타났다. 다른 한편 Cd와 알긴산이 共存할 때는 Cd의 透過량이 약 1/3로 크게 감소되었으며 Cd과 비이온성 다당류인 전분의 공존에서는 단순한 고분자화합물의 투과경합으로 거의 감소되지 않았다. 透析膜에 의한 Cd의 투과는 擴散理論에 의해서 설명이 되며 알긴산 共存時 Cd투과속도의 감소는 알긴산의 이온 交換能力과 아울러 작지만은 非透過性고분자 화합물과의 透過 競合 때문인 것으로 생각된다.

2. 腸膜에 의한 카드뮴의 吸收

위의 小腸膜을 이용하여 膜外液에 0.5% cadmium nitrate와 0.07% 알긴산을 함유하는 10 ml 용액을 넣고 Cd의 흡수정도를 알아본 결과는 Fig. 3과 같다. Cd만이 존재할 때는 透析膜에서와 같이 Cd흡수량은 시간경과에 따라 증가하였으나 吸收率은 透析膜에서 보다 떨어졌으며 active transport는 인정할 수 없었다. 알긴산 共存時는 처음 10분 안에 1 ppm에 달하여 거의 평형을 유지하였으며 Cd의 흡수량은 알긴산이 없을 때 보다 훨씬 떨어졌다. 이와 같이 알긴산에 의한 카드뮴의 흡수억제효과는 40분에 약 1/5까지 되어 透析膜에서 지적한 바와 같이 알긴산의 Cd結合能과 아울러 Cd농도의 감소 때문인 것으로 생각되었다.

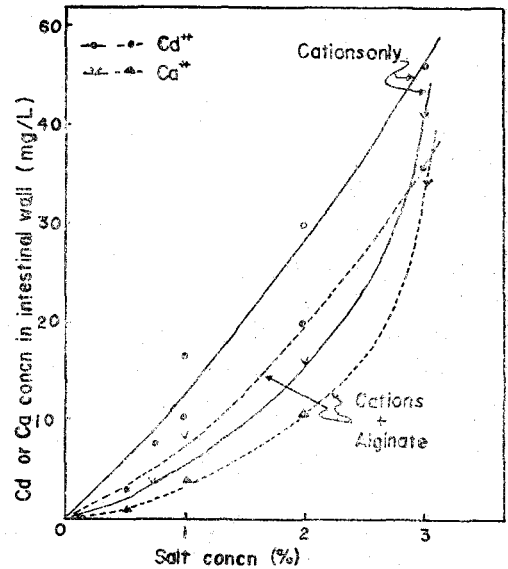


Fig. 6. Effect of alginate on the absorption of cadmium through intestinal wall from a solution containing equal amounts of cadmium nitrate and calcium chloride within 20 minutes.

카드뮴의 농도에 따른 흡수도의 相異에 대하여 알아본 결과는 Fig. 4와 같다. Cd의 吸收度는 Cd의 농도가 높을 수록 커졌으며 알긴산이 共存할 때는 Cd 흡수율이 약 1/2로 억제되었다.

알긴산과 아울러 食用 海조류에 의한 카드뮴의 吸收 억제효과를 알아보기 위하여 0.05% cadmium nitrate 용액에 각 海조류의 농도를 달리하여 첨가한 후 카드뮴의 흡수도를 조사한 결과는 Fig. 5와 같다. 김(laver)은 알긴산에 비하여 완전한 억제작용이 있었으며 미역(tangle)은 거의 억제효과가 없었던 바 이는 供試한 海조류의 알긴산 함량과 세포벽의 장벽에 起因하는 것이 아닌가 생각된다. 또 海조류 중에서 알긴산의 함량이 많은 미역(12.4%)이 함량이 적은 김(2.3%)보다 흡수억제효과 면에서 의외로 떨어지는 결과를 보였는데 이는 미역과 김의 기타 화학성분과 아울러 세포벽 구조가 다르기 때문이 아닌가 생각되며 앞으로 追試되어야 할 문제라 생각된다.

동물체내에서 카드뮴의 毒性은 Ca의 흡수억제에 起因하는 것으로 알려져 있으므로 같은 양의 cadmium nitrate와 calcium chloride 共存하에 이들 금속이온의 흡수도를 알아본 결과는 Fig. 6과 같다. 이에 의하면 Cd는 Ca보다 흡수속도가 빨랐으며 알긴산 共存時에는 어느 경우나 흡수 억제효과가 나타났다. 그러나 금속이온의 농도가 높아질 수록 알긴산의 흡수억제효과는 감소하는 경향을 나타내었으며 알긴산의 존재는

금속이온에 따라 정도의 차이는 있으나 흡수억제 類階에 差를 나타내지 않는 것으로 보였다.

결국 해조류의 중금속 흡수억제 효과는 방사성 Sr의 경우와 같이 카드뮴에서도 유사하였으며 주로 알긴산의 효과임이 동물실험¹³⁾에서와 같이 증명되었다고 할 수 있다. 海藻食品이 중금속 公害로 부터의 방제에 어느 정도의 효과가 있을 것인지는 더 많은 검토를 필요로 하며 海藻食品은 粗灰分の 吸收率을 크게 억제하였다는 既報¹⁴⁾와 관련하여 앞으로의 연구과제라 하겠다.

결 론

海藻 다당류가 중금속인 카드뮴의 腸內吸收에 미치는 영향을 *in vitro*법으로 실험한 결과 알긴산은 카드뮴의 장내흡수를 약 1/5로 抑制시킬 수 있었으며 카드뮴과 칼슘에 대한 선택적 억제효과는 거의 없었다. 김과 미역도 吸收抑制효과는 있었으나 알긴산 만의 효과와는 달리 나타났다.

참 고 문 헌

- 1) Omdahl, J. L. and Deluca, H. F.: *Strontium induced rickets metabolic basis, Nature, 174 : 949, 1971.*
- 2) 菅原直毅: 카드뮴중독실험의十二指腸粘膜腎臟皮質에서得られた 蛋白質의 칼슘 결합能力について. 日本衛生學雜誌, 29 : 399, 1974.
- 3) 菅原千枝子, 菅原直毅: 消化管における 카드뮴의 毒性, 特に 칼슘과 리논의 吸收障害について. 日本衛生學雜誌, 28 : 511, 1973.
- 4) Ingersoll, R. J. and Wasserman, R. H.: *Vitamin D₂-induced cadmium binding protein, J. Biol. Chem., 246 : 2808, 1971.*
- 5) Waldron-Edward, D., Paul, T. M. and Skoryna S. C.: *Suppression of intestinal absorption of radioactive strontium by naturally occurring non-absorbable polyelectrolytes, Nature, 205 : 1117, 1967.*
- 6) Ludwig, B. J., Holfeld, W. T. and Berger, F. M.: *Cation exchange properties of alginic acid, Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 79 : 176,*

- 1952.
- 7) 田中治夫: アルギン酸の金屬公害への 藥理的効果. *New Food Ind. (Japan), 14(11) : 30, 1972.*
- 8) Sutton, A.: *Reduction of strontium absorption in man by the addition of alginate to the diet, Nature, 216 : 1006, 1967.*
- 9) Hesp, R. and Ramsbottom, B.: *Effect of sodium alginate in inhibiting uptake of radiostrontium by the human body, Nature, 208 : 1342, 1965.*
- 10) Tanaka, Y.: *Application of metal binding properties of marine algae in medicine, Food-Drugs Sea, Proc. Conf. Drugs Sea, 2nd, p. 351, 1970.*
- 11) Tanaka, Y., Hurburt, A. J., Angeloff, L. and Skoryna, S. C.: *Application of algal polysaccharides as in vivo binders of metal pollutants, Proc. Intern. Seaweed Symp., 7th (1971) p. 602. 1972.*
- 12) 金永培, 姜明喜, 李瑞來: 카드뮴의 腸內吸收에 미치는 海藻多糖類의 영향. 韓國營養學會誌, 10 : 18, 1977.
- 13) 日本分析化學會 關東支部(編): 公害分析指針 8, 食品編2-b. 共立出版株式會社, p. 22, 1972.
- 14) Suda, M. and Ueda, K.: *Intestinal absorption, in Newer Methods of Nutritional Biochemistry edited by A.A. Albanese, Academic Press Vol. 1, p. 146, 1973.*
- 15) Crane, R. K. and Wilson, T. H.: *In vitro methods for the study of the rate of intestinal absorption of sugars, J. Appl. Physiol., 12 : 145, 1958.*
- 16) Akedo, H. Sugawa, T. Yoshikawa, S. and Suda, M.: *Intestinal absorption of amino acids, J. Biochem., 47 : 124, 1960.*
- 17) 姜明喜: 동물실험에 의한 한국산 海藻食品의 消化率에 관한 연구. 梨花女子大學校 碩士學位論文, 34년, 1976.
- 18) 姜明喜, 金永培, 李瑞來: 동물실험에 의한 몇가지 海藻食品의 消化吸收率. 韓國營養學會誌, 9 : 69 1976.