

# 紫外線の相異なる線量を照射한 브로일러 병아리의 다리皮膚中 비타민 C<sub>3</sub> 含量的 經時的 變化

蔣潤煥 · 金剛秀\* · 呂永壽\*\* · 姜焘錫\*\*\* · 曹仁鎬 · 襄恩慶

慶北大學校 農科大學

(Received May 15, 1993)

## Time Course Variation of Vitamin C<sub>3</sub> Content in Leg Skin of Broiler Chicks Exposed to Different Dose of UVB Light

Y.H. Chiang, K.S. Kim\*, Y.S. Yeoh\*\*, H.S. Kang\*\*\*, I.H. Cho and E.K. Bae

College of Agriculture, Kyungpook National University

(Received 15 May, 1992)

### SUMMARY

This study was carried out to determine the concentrations of previtamin D<sub>3</sub>(PreD<sub>3</sub>), lumisterol<sub>3</sub>(L<sub>3</sub>), tachysterol<sub>3</sub>(T<sub>3</sub>), vitamin D<sub>3</sub>(VD<sub>3</sub>) and provitamin D<sub>3</sub>(ProD<sub>3</sub>) in leg skins of broiler chicks exposed to UVB lights(maximum intensity at 297 nm) with dose of 0.204 or 0.409 mJ /cm<sup>2</sup> (30 or 60 min irradiation). The broiler Hubbard line day old chicks(2 dose×9 elapsed time×4 replica+10 control=82) were fed VD-deficient diet for 31 days in a windowless subdued light room. The skin was collected at 0, 6, 12, 18, 30, 42, 66, 90 or 138 hr after UVB irradiation. The skin lipid was extracted by 9% ethyl acetate /n-hexane, and the fraction of VD<sub>3</sub> and its analogues was purified by Sep-Pak silica cartridge. The straight phase HPLC was utilized to analyze ProD<sub>3</sub> and its products. The mole % (absolute level expressed in ng /cm<sup>2</sup>) of PreD<sub>3</sub> in leg skin (epidermis+dermis) was 4.67%(44 ng /cm<sup>2</sup>) or 3.97%(37 ng /cm<sup>2</sup>) right after UVB irradiation by 0.204 or 0.409 mJ /cm<sup>2</sup>(30 or 60 min) at 15cm distance, respectively. L<sub>3</sub> content in leg skin at 0 hr after exposure was 7.24%(12 ng /cm<sup>2</sup>) or 0.92%(9 ng /cm<sup>2</sup>), respectively. The increase in irradiation dose did not affect proportionally the L<sub>3</sub> synthesis. T<sub>3</sub> concentration in leg skin was 0.58%(5 ng /cm<sup>2</sup>) or 0.57%(6 ng /cm<sup>2</sup>), respectively 0 hr after irradiation. The VD<sub>3</sub> in leg skin of birds exposed to UVB light with dose of 0.204 or 0.409 mJ /cm<sup>2</sup> was 2.13%(21 ng /cm<sup>2</sup>) or 0.97%(16 ng /cm<sup>2</sup>), respectively at 0 hr after exposure, 2.72%(26 ng /cm<sup>2</sup>) or 3.84%(37 ng /cm<sup>2</sup>), respectively at 6 hr, and 4.30%((33 ng /cm<sup>2</sup>) or 6.40%(76 ng /cm<sup>2</sup>), respectively at 12 hr. The peak concentration of VD<sub>3</sub> was presented at 18 or 30 hr when 0.204 or 0.409mJ /cm<sup>2</sup>) was treated, re-

이 논문은 1991年度 교육부 지원 한국학술진흥재단의 자유공모 (지방대학 육성) 과제 학술연구 조성비에 의하여 연구되었음.

\* 해태乳業株式會社(Haitai Dairy Co.)

\*\* 畜協中央會 飼料研究所(Feed Research Institute, Livestock Cooperatives Federation)

\*\*\* (株)보락 技術研究所(Technical Research Institute, Bolak Co.)

spectively. It was shown that 18~30 hr were necessary for the thermal conversion of PreD<sub>3</sub> into VD<sub>3</sub> in the leg skin of broiler chicks. The ProD<sub>3</sub> contents in leg skins of negative control, 0.204 mJ/cm<sup>2</sup> and 0.409 mJ/cm<sup>2</sup> treated birds were 966, 948 and 815 ng/cm<sup>2</sup>, respectively at right before and after UVB exposure. It was estimated that 18 or 151 ng/cm<sup>2</sup> of ProD<sub>3</sub> was isomerized to PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> and VD<sub>3</sub> when exposed to 0.204 or 0.409 mJ/cm<sup>2</sup>, respectively. Consequently it was shown that when double dose of UVB light was applied to irradiate the chick body, more but not double synthesis of VD<sub>3</sub> and its analogues was occurred in leg skin of broiler chicks.

Key words : UVB dose, provitamin D<sub>3</sub>, previtamin D<sub>3</sub>, lumisterol<sub>3</sub>, tachysterol<sub>3</sub>, vitamin D<sub>3</sub>, leg skin, broiler chick, time course

## I. 緒 論

7-Dehydrocholesterol(7-DHC)에 紫外線을 照射하면 previtamin D<sub>3</sub>(PreD<sub>3</sub>)로 變化되고 이에 紫外線을 더 照射하면 lumisterol<sub>3</sub>(L<sub>3</sub>)과 tachysterol<sub>3</sub>(T<sub>3</sub>)이 生成되며, PreD<sub>3</sub>는 體溫에 依하여 vitamin D<sub>3</sub>(VD<sub>3</sub>)로 轉換되고, VD<sub>3</sub>는 血液으로 移行되는 것으로 알려져 있다(Holick 等, 1981b).

Holick 等(1980)은 模擬太陽光線을 人 皮膚에 照射한 結果, 基底層과 有棘層에서 가장 많은 PreD<sub>3</sub>가 生成되었으며 그 前驅體인 7-DHC도 이 두 層에 가장 많이 存在하였다고 報告하였다. Takada 等(1979)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 照射한 後 VD<sub>3</sub>가 增加되는 것을 實驗하였으며, Holick 等(1981b)은 人 皮膚를 5層으로 分離하고 紫外線을 照射하여 PreD<sub>3</sub> 濃度를 測定하였다. Yasumura 等(1977)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 照射하고 7-DHC의 含量 減少를 證明하였으며 Esvelt 等(1978)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 照射하고 VD<sub>3</sub> 濃度가 增加됨을 發表하였다.

Maclaughlin 等(1982)은 tetrahydrofuran에 7-DHC를 녹이고 紫外線을 處理한 結果, PreD<sub>3</sub>가 가장 많이 生成되었다고 한다. 蔣 等(1980)은 병아리 등(背) 皮膚에 紫外線을 照射하고 7-DHC가 PreD<sub>3</sub>, VD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>로 轉換되는 것을 實驗하였으며 Yeoh(1991a)는 브로일러의 皮膚에 紫外線을 處理하고 7-DHC, PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>의 含量을 調査하였다. 그러나 上記의 大部分 研究들은 여러 時間에 걸쳐서 經時的으로 調査하지 않았다. 따라서 本 研究에서는 브로일러 병아리에 紫外線의 相異한 線量을 照射하고 아직

까지 試圖된 바 없는, 經시적인 다리 皮膚中の VD<sub>3</sub> 및 그 類似物質 含量 調査를 目的으로 하였다.

## II. 材料 및 方法

### 1. 公시동물 및 사료

82首의 肉用 Hubbard系 1日齡 병아리를 5 lux의 遮光 肉鷄舍에 넣고 옥수수 58%, 밀가루 25%, 酸-處理 카제인 2%, 인산3칼슘 2%, 식염 1% 및 MnSO<sub>4</sub> · 5H<sub>2</sub>O 0.22%로 배합된 VD-缺乏飼料를 31日間 給與하였다. 이 飼料는 水分 10.07%, 粗蛋白質 18.84%, 粗脂肪 2.34%, 可溶無窒素物 64.31%, 粗纖維 0.30%, 粗灰分 4.14%, Ca 0.94%, P 0.71% 含有하고 있다.

### 2. 紫外線 照射

特殊 製作한 cage에 병아리를 4層으로 配置하고 297 nm의 UVB light box(National Biological Corp., N.Y., Model Panosol II)를 15 cm 거리에서 30分 또는 60分間 照射하였으며 이때의 照射線量을 International Light Co.의 Research Radiometer (Model IL-1700)로 測定한 結果 各各 0.204 또는 0.408 mJ/cm<sup>2</sup>이었다. 그 後 0, 6, 12, 18, 30, 42, 66, 90 또는 138時間을 經過시키고 다리 皮膚를 採取하였다(4 反覆). 한편 紫外線을 照射하지 않은 10首로부터 다리 皮膚를 採取하여 對照區 및 回收試驗에 使用하였다(2照射時間×9經過時間×4反覆+10對照區=82首).

### 3. 試料處理

먼저 다리의 근육組織으로부터 皮膚를 分離하고 petri 접시내에 0.9% NaCl로 촉촉하게 전신 화장지 위에 놓은 後 面積을 測定하였다. 이를 60℃의 물에 30秒間 담근 後, 表皮와 眞皮를 分離하였고(Holick, 1981), 眞皮를 cover glass위에 놓고 면도칼로 皮下脂肪을 긁어내었다(Yeoh, 1991). 9% ethyl acetate (EA) /hexane 6ml를 넣고 -70℃에서 24時間 脂質을 抽出하였다. 遠心分離하여 上層液을 取하고 N<sub>2</sub> 下에서 乾燥, hexane을 加하여 녹이고 이 中 5ml를 Sep-Pak silica cartridge에 注入하였다. Hexane 20 ml로 不純物을 溶出해 버리고, 2ml의 15% EA/hexane으로 溶出해 버렸으며, 6ml의 20% EA/hexane으로 溶出해 받고, N<sub>2</sub> 下에서 乾燥, 0.25% isopropanol(IPA) /hexane으로 溶解시켰다.

#### 4. HPLC 分析

檢出器는 Waters Associates(Milford, MA)의 Model 440을, pump는 Waters의 Model 6000을, 注入器는 Waters의 Model U6K, column은 Alltech의 Econosphere silica 5μ(250×0.6mm), 기록계는 Water의 Data module을 使用하였고, 使用條件으로서 溶媒는 0.25 IPA /hexane, 流速은 2.0ml /min, chart 速度는 0.5cm /min, A.U.F.S.는 0.01, 檢出器 波長은 254nm로 하였다.

#### 5. VD<sub>3</sub> 및 그 類似物質의 mole % 計算

Norman(1979)은 最大吸收를 나타내는 264~265 nm에서 VD<sub>3</sub>가 mole 吸光係數 18,300을 나타내었다고 하며 Holick(1981b)은 254 nm에서 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, VD<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> 및 ProD<sub>3</sub>(7-DHC)의 吸光係數가 各各 10,000, 12,000, 18,400, 24,400 및 11,400이라고 하였다. 本 研究에서는 檢出器의 波長에 따라 後者를 利用하여 試料中の 各 成分의 mole %를 아래의 要領으로 計算하였다.

피부중 VD<sub>3</sub>의 Mole(%)=

$$\frac{\text{VD}_3\text{면적} \times 11,400}{18400} \times 100$$

$$\frac{\text{PreD}_3\text{면적} \times 11,400}{10,000} + \frac{\text{L}_3\text{면적} \times 11,400}{12,000} + \frac{\text{VD}_3\text{면적} \times 11,400}{18,400} + \frac{\text{T}_3\text{면적} \times 11,400}{24,400} + \text{ProD}_3\text{면적}$$

#### 6. VD<sub>3</sub> 및 그 類似物質의 絕對含量 計算

皮膚에 對한 어떤 處理가 다른 處理에 比하여 相對的으로 PreD<sub>3</sub> 合成率수준이 어떻게 다르냐를 調査코자 할 때에는 mole %로 發表하는 것이 바람직하겠으나, 어떤 成分이 皮膚에서 얼마만한 量 生成되었으며 어느 정도의 量이 血液으로 移行되었느냐 등을 엄밀히 究明하기 위해서는 絕對量(ng /cm<sup>2</sup>)으로 표시하는 것이 옳으리라 사료된다. 1 ppm의 VD<sub>3</sub>(Sigma Chemical Co.) 標準試料 10, 20, 30, 50, 70 또는 100 μl를 3反覆으로 HPLC에 注入하여 chromatogram을 얻고 그 peak의 面積을 利用하여 標準曲線을 얻었다. 이 標準曲線으로부터 試料溶液中 VD<sub>3</sub>의 含量을 測定한 다음, 各 回收率과 皮膚面積에 따른 補正을 하였다. 回收率을 求하기 爲하여 2 μg의 VD<sub>3</sub>를 對照區 試料의 抽出 溶液에 넣은 後 分析試料와 同一하게 精製·分離 과정을 거친 後 HPLC에 注入하여 그 回收率을 求하였다.

$$\text{皮膚中 VD}_3\text{含量(ng /cm}^2\text{)} = \text{A(ng)} * \frac{100}{\text{回收率}^{**}} * \frac{\text{全量}}{\text{注入量}^{***}} * \text{皮膚面積(cm}^2\text{)}$$

\* HPLC의 chromatogram peak 面積에 따르는 VD<sub>3</sub>의 含量(ng)

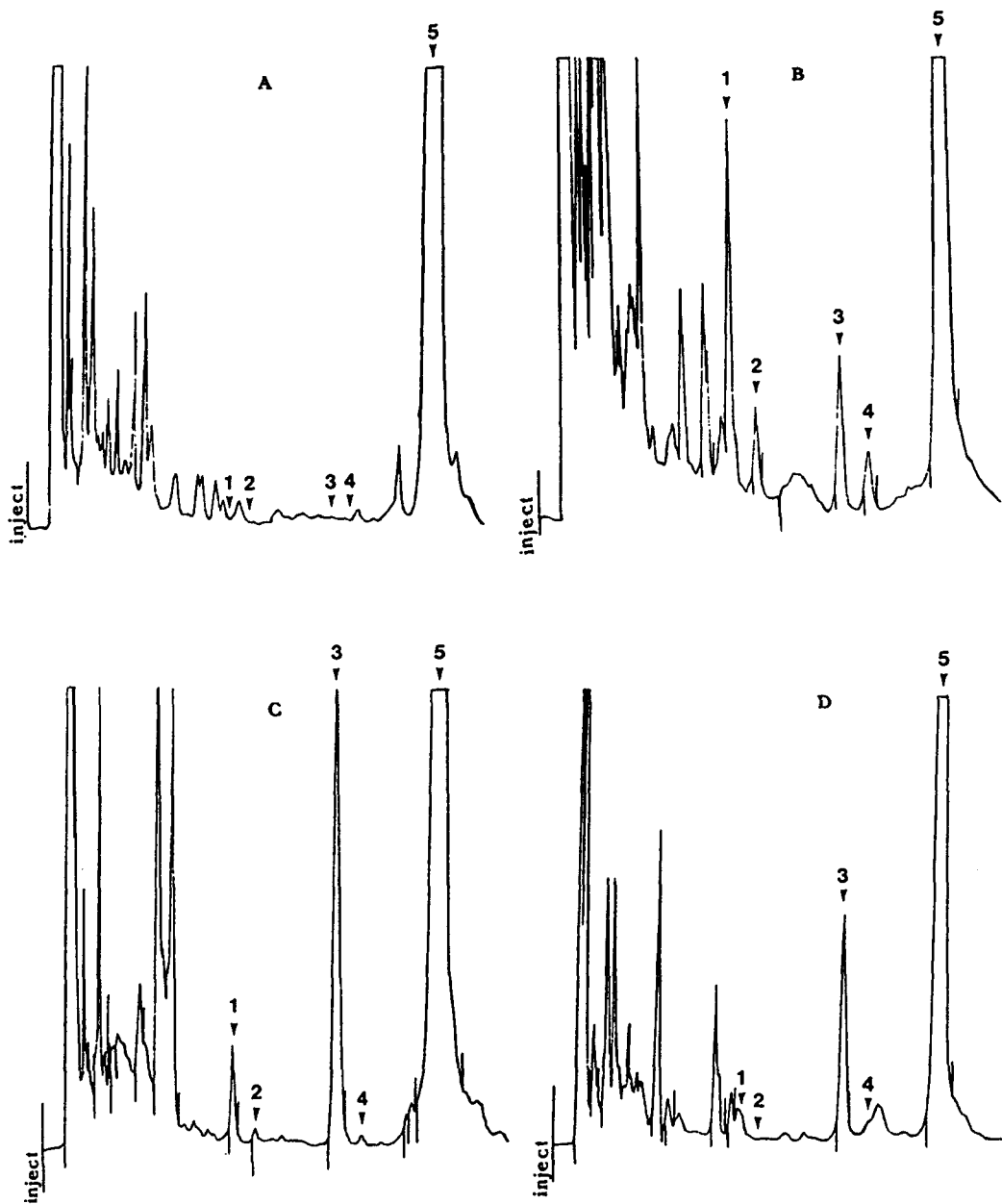
\*\*回收率 : 88.30%

\*\*\*HPLC 注入時 表皮는 1/5을, 眞皮는 全量을 取하였음.

### III. 結果 및 考察

#### 1. 紫外線 照射後 다리 表皮의 脂質 抽出物中 vitamin D<sub>3</sub> 및 그 誘導體의 HPLC chromatogram

紫外線 照射前과 照射(0.204 mJ /cm<sup>2</sup>)後 0, 6, 138 時間에 다리의 皮膚를 採取하고 表皮와 眞皮를 分離하여 表皮의 脂質을 抽出하고 Sep-Pak silica cartridge로 精製한 後 HPLC에 注入한 結果 Fig. 1과



**Fig. 1.** HPLC chromatograms of lipid extracts from the leg epidermis of 31 days old broiler chicks raised on vitamin D-deficient diet in the house cut off sunlight. A: Control (No UVB irradiation), B~D: UVB irradiation with dose of  $0.204 \text{ mJ/cm}^2$  (Elapsed time after irradiation-B: 0 hr, C: 6 hr, D: 138 hr). 1: Previtamin  $\text{D}_3$ , 2: Lumisterol $_3$ , 3: Vitamin  $\text{D}_3$ , 4: Tachysterol $_3$ , 5: Provitamin  $\text{D}_3$

같은 chromatogram을 얻었다.

이에 앞서 VD<sub>3</sub>와 ProD<sub>3</sub>의 標準液을 같은 條件의 HPLC에 注入하고 그들의 流出時間을 調査하였으며 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>의 peak는 Holick 等(1979b)의 chromatogram과 紫外線 照射後 peak 높이가 增加되는 모습을 보고 同定할 수 있었다.

Fig. 1의 peak 5는 ProD<sub>3</sub>를 나타내는데, 紫外線 照射前에는 매우 큰 peak였으나 照射直後 및 6時間뒤에는 相當히 작아졌다. 대신 PreD<sub>3</sub>(peak 1), L<sub>3</sub>(peak 2) 및 T<sub>3</sub>(peak 4)의 peak가 높아졌다. 138時間이 지난 後에는 1, 2 및 4의 peak가 거의 없어졌고 3(VD<sub>3</sub>)의 peak만 相當히 높게 남아 있었다. 卽 紫外線 照射로 ProD<sub>3</sub>가 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>로 轉變되고 이들은 다시 VD<sub>3</sub>로 熱轉變되며 VD<sub>3</sub>는 血液으로 移送되고 ProD<sub>3</sub>는 다시 많은 量 表皮에 남아 있어서 다음 過程을 準備한다는 것을 알 수 있다.

## 2. 0.204 mJ/cm<sup>2</sup>의 紫外線 照射時 병아리 다리 皮膚에서의 ProD<sub>3</sub> 및 光生成物의 mole % 變化

紫外線 照射後 다리 皮膚를 採取하고 表皮와 眞皮를 分離하여 各各 脂質을 抽出하고 Sep-Pak silica cartridge로 精製한 後 HPLC로 ProD<sub>3</sub> 및 그의 光生成物을 分析하였던 바, Table 1과 같이 나타났다.

먼저 ProD<sub>3</sub>의 mole %를 보면 UVB 照射直後 表皮에서 91.63%, 眞皮에서 90.28%, 表皮와 眞皮에서 91.37%를 보였고, 6時間帶에 各各 93.70%, 92.36%, 93.31%를 보였으며 12時間後 94.13%, 95.95%, 94.64%를 나타내어 계속 增加되는 모습을 보였다. 0時間帶에 가장 낮은 數値를 보였다.

다음 PreD<sub>3</sub>의 含量을 보면 對照區 0%, 0時間帶 4.54%, 4.69%, 4.67%를 보였고 6時間帶에 各各 2.60%, 3.64%, 2.97%를 보였으며 그 後 계속 減少하는 傾向을 나타내었다. 卽, PreD<sub>3</sub>의 mole %는 UVB 照射直後에 가장 높게 나타났다. 세번째로 L<sub>3</sub>의 含量을 보면 對照區에서 0%, 0時間帶에 各各 1.14%, 2.32%, 1.24%를, 6時間帶에 0.51%, 0.89%, 0.54%를 보였으며 역시 0時間帶에 제일 많은 %를 보였다. 네번째로 T<sub>3</sub>의 mole %를 보면 對照區에서 0%, 0時間帶에 各各 0.59%, 0.50%, 0.58%를 나타낸 後 계속 減少하는 추세를 보였다.

다섯번째의 VD<sub>3</sub>를 보면 對照區 0%, 0時間帶에 各各 2.10%, 2.21%, 2.13%를 나타내었고 6時間帶에 2.69%, 2.84%, 2.72%를, 18時間帶에 6.92%, 6.64%, 6.87%를 나타낸 後 계속 減少하는 傾向을 보였으며 18時間帶에 가장 높은 水準을 나타내었다. 緒論에서 記述한 바와 같이 ProD<sub>3</sub>가 紫外線을 받아 PreD<sub>3</sub>로 되고 PreD<sub>3</sub>는 더욱 紫外線을 받았을 때 L<sub>3</sub> 또는 T<sub>3</sub>로 되나 이는 可逆反應이 可能하여 PreD<sub>3</sub>로 돌아오고, PreD<sub>3</sub>는 熱에 依하여 VD<sub>3</sub>로 되므로 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> 및 VD<sub>3</sub>全體가 ProD<sub>3</sub>의 光生成物이라고 할 수 있다. 그 合計量을 表에서 보면 對照區에서 0% 0時間帶에 各各 8.37%, 9.72%, 8.63%를, 6時間帶에 조금 낮은 6.30%, 7.64%, 6.69%를 보였고, 12時間帶에 조금 더 낮은 5.83%, 4.05%, 5.36%를, 18時間帶에 다시 높은 8.39%, 8.69%, 8.44%를, 그 後 減少하는 모양을 나타내었다. 다시 말해서 0時間帶와 18時間帶에 2개의 peak를 보였는데 첫번째 peak는 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>의 生成에 依하여, 두번째 peak는 VD<sub>3</sub>의 生成에 依하여 나타난 結果라고 생각된다.

다음 PreD<sub>3</sub>+VD<sub>3</sub>中 PreD<sub>3</sub> 또는 VD<sub>3</sub>가 占하는 比率를 보면 0時間帶에 表皮에서 前者가 68.37%, 後者가 31.63%이던 것이 6時間帶에는 49.15%와 50.85%로 역전되고 12時間帶에는 12.10%와 87.90%로 VD<sub>3</sub>가 PreD<sub>3</sub>의 7배 이상 占하였으며 18時間帶에 10.59%와 89.41%, 30時間帶에 6.88%와 93.12%, 그 後 계속 PreD<sub>3</sub>는 減少되고 VD<sub>3</sub>는 增加되었다. 卽 PreD<sub>3</sub>가 병아리의 體熱에 依하여 계속 VD<sub>3</sub>로 轉換된다는 것을 示唆한다.

Holick 等(1981a)은 人 皮膚를 鷓시에 놓고 模擬 太陽光線을 30分 照射하였던 바, 30分 照射時 PreD<sub>3</sub>는 約 15% 增加, L<sub>3</sub>은 約 10% 增加, T<sub>3</sub>는 約 5% 增加되었다고 報告하였다. 本 研究의 結果보다 월등히 높은 增加를 보였는데, 그것은 Holick 等(1981a)의 研究는 *in vitro* 實驗이었기 때문이라 믿는다. *In vivo* 試驗 때보다 *in vitro* 試驗에서, *in vitro* 試驗 때보다 methanol 기타 溶媒에 ProD<sub>3</sub>를 넣고 試驗했을 때 더 많은 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>가 生成된다고 알려져 있다 (Havinga, 1973; Holick 等, 1981b). 또 Holick 等(1981a)이 模擬太陽光線을 人 皮膚에 60分間 照射하였을 때 PreD<sub>3</sub>가 16% 增加, L<sub>3</sub>가 30% 增加, T<sub>3</sub>가

**Table 1.** Mole % of provitamin D<sub>3</sub> and its products in the leg skin of broiler chicks exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm with integrated dose of 0.204 mJ / cm<sup>2</sup>

Time after irradiation	Skin strata	ProD <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (7-DHC)	Products <sup>1)</sup>							
			PreD <sub>3</sub>	L <sub>6</sub>	T <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>	Sum	PreD <sub>3</sub> +VD <sub>3</sub>	PreD <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>
			%						% for 100% of PreD <sub>3</sub> +VD <sub>3</sub>	
0	E <sup>1)</sup>	91.63±3.33	4.54±1.30	1.14±0.17	0.59±0.17	2.10±0.48	8.37±2.30	6.64±1.77	68.37±1.21	31.63±1.21
	D	90.28±2.24	4.69±1.34	2.32±0.39	0.50±0.22	2.21±0.60	9.72±2.55	6.90±1.85	69.97±4.14	32.03±4.14
	E+D	91.37±3.28	4.67±1.29	1.24±0.34	0.58±0.19	2.13±0.50	8.63±2.32	6.80±1.79	68.68±0.85	31.32±0.85
6	E	93.70±1.75	2.60±1.08	0.51±0.11	0.50±0.19	2.69±0.56	6.30±1.94	5.29±1.48	49.15±9.90	50.85±9.00
	D	92.36±1.89	3.64±1.01	0.89±0.32	0.27±0.06	2.84±0.56	7.64±1.95	6.48±1.54	56.17±2.96	43.83±2.96
	E+D	93.31±1.80	2.97±1.07	0.54±0.17	0.46±0.13	2.72±0.57	6.69±1.94	5.69±1.50	52.20±8.10	47.74±8.10
12	E	94.13±1.01	0.61±0.11	0.33±0.05	0.21±0.03	4.72±0.95	5.83±1.14	5.33±1.04	12.10±1.97	88.56±1.97
	D	95.95±0.90	0.59±0.16	0.21±0.08	0.08±0.03	3.17±0.69	4.05±0.96	3.77±0.83	15.51±1.26	84.31±1.26
	E+D	94.64±0.91	0.60±0.12	0.29±0.06	0.17±0.02	4.30±0.83	5.36±1.03	4.89±0.92	12.73±1.80	87.76±1.80
18	E	91.61±1.59	0.82±0.37	0.41±0.06	0.25±0.06	6.92±1.21	8.39±1.70	7.74±1.55	10.59±2.50	89.41±2.50
	D	91.31±1.19	1.33±0.24	0.53±0.11	0.19±0.04	6.64±0.90	8.69±1.29	7.97±1.10	16.69±1.74	83.31±1.74
	E+D	91.56±1.52	0.91±0.34	0.43±0.03	0.24±0.05	6.87±1.15	8.44±1.57	7.78±1.47	11.70±2.07	88.30±2.07
30	E	95.42±1.06	0.30±0.05	0.12±0.03	0.10±0.03	4.06±0.94	4.58±1.05	4.36±0.97	6.88±1.74	93.12±1.74
	D	95.34±0.64	0.60±0.10	0.14±0.05	0.06±0.02	3.86±0.52	4.66±0.69	4.46±0.59	13.45±2.34	86.55±2.34
	E+D	95.40±0.56	0.45±0.06	0.12±0.03	0.09±0.03	3.94±0.70	4.60±0.82	4.27±0.84	7.73±1.32	92.27±1.32
42	E	94.27±0.86	0.37±0.08	0.14±0.03	0.10±0.05	5.12±0.88	5.73±1.04	5.49±0.83	6.74±1.39	93.26±1.39
	D	94.28±1.46	0.94±0.47	0.32±0.05	0.07±0.00	4.39±1.59	5.72±2.11	5.33±1.48	17.64±8.35	82.36±8.35
	E+D	94.28±0.90	0.43±0.07	0.15±0.03	0.10±0.04	5.04±0.94	5.72±1.10	5.47±0.88	7.86±2.46	92.14±2.46
66	E	96.01±6.40	0.17±0.02	0.22±0.14	0.44±0.02	3.56±0.31	3.99±0.49	3.73±0.34	4.56±0.59	95.44±0.59
	D	97.40±0.27	0.13±0.03	0.06±0.03	0.01±0.00	2.40±0.25	2.60±0.31	2.53±0.27	5.14±0.40	94.86±0.40
	E+D	96.37±0.36	0.16±0.02	0.18±0.09	0.03±0.01	3.26±0.25	3.63±0.37	3.21±0.26	4.68±0.37	95.32±0.37
90	E	95.94±1.30	0.20±0.03	0.33±0.12	0.17±0.04	3.37±1.17	4.06±1.36	3.57±1.16	7.83±2.50	92.17±2.50
	D	96.31±1.25	0.23±0.08	0.12±0.00	0.05±0.00	3.29±1.28	3.69±1.36	3.52±1.14	6.53±5.25	93.47±5.25
	E+D	96.12±1.23	0.20±0.02	0.26±0.07	0.13±0.03	3.29±1.20	3.88±1.32	3.49±1.18	5.73±3.01	94.27±3.01
138	E	95.97±1.08	0.28±0.09	0.10±0.02	0.02±0.01	3.63±1.05	4.03±1.17	3.91±1.08	7.16±6.14	92.84±6.14
	D	97.67±0.72	0.28±0.07	0.14±0.02	0.03±0.00	1.88±0.64	2.33±0.73	2.16±0.71	12.96±2.38	87.04±2.38
	E+D	96.43±0.96	0.30±0.07	0.11±0.03	0.02±0.03	3.14±0.91	3.57±1.04	3.44±0.95	8.72±1.45	91.28±1.45

\* Control : ProD<sub>3</sub> 100%, PreD<sub>3</sub>, L<sub>6</sub>, T<sub>3</sub> and VD<sub>3</sub> : 0%

<sup>1)</sup> E : epidermis, D : dermis, E+D : sum of epidermis and dermis

<sup>2)</sup> PreD<sub>3</sub> : previtamin D<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> : lumisterol<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> : tachysterol<sub>3</sub>, VD<sub>3</sub> : vitamin D<sub>3</sub>, ProD<sub>3</sub> : provitamin D<sub>3</sub>.

5% 增加되었다고 하였는데 본 연구의 L<sub>3</sub>보다 매우 높은 수준을 보였다. 이것도 *in vitro* 試驗이었기 때문에 나타난 결과인 것으로 생각된다. Yeoh(1991)도 비슷한 成績을 發表하였다. *In vitro* 試驗으로 사람 皮膚를 다섯 層으로 分離하여 紫外線을 照射하고 PreD<sub>3</sub>의 生成量을 調査한 Holick 等(1981b)은 表皮의 네 層에서 眞皮의 한 層보다 월등히 많은 量이 生成되었다고 하였는 바, 본 연구의 결과보다 훨씬 더 많은 PreD<sub>3</sub>가 表皮에서 生成되었다. 본 연구에서는 表皮와 眞皮에서 比等하게 生成되었다.

MacLaughlin 等(1982)은 295 nm의 紫外線을 ProD<sub>3</sub>의 tetrahydrofuran 溶液에 照射하였을 때 PreD<sub>3</sub>가 가장 많이 生成되고, 다음이 T<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>이 가장 적게 生成되었다고 하였는데, 본 연구에서는 오히려 L<sub>3</sub>가 T<sub>3</sub>보다 더 많이 生成되었다. Yasumura 等(1977)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 照射한 結果, 對照區에 比하여 試驗區가 3.7% 낮은 ProD<sub>3</sub> 含量을 보였다. 그러므로 본 연구결과보다 매우 낮게 減少되었다. 본 연구에서는 Table 1에서 보이는 바와 같이 0分帶에 21.73% 減少되었다. 約 6배에 該當하며 본 연구의 병아리는 VD-缺乏狀態에 있었기 때문에 더 많은 ProD<sub>3</sub>가 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>로 변하고 VD<sub>3</sub>로 熱轉換된 것 같다.

Holick 等(1979a)은 흰쥐 皮膚中에 *in vivo* 試驗과 methanol 中의 *in vitro* 試驗에서 다 같이 PreD<sub>3</sub>를 37℃에서 恒溫시켰을 때 3日後 *in vivo*에서는 VD<sub>3</sub> 生成率이 95.5%이었으며 *in vitro*에서는 80%이었다고 하므로 皮膚中에 PreD<sub>3</sub>를 VD<sub>3</sub>로 熱轉換시키는 어떤 促進因子가 存在함을 알 수 있다. 본 연구에서는 Table 1에서 보는 바와 같이 0時間帶에 表皮에서 PreD<sub>3</sub> 68%, VD<sub>3</sub> 32%이던 것이 66時間帶에 各各 5%와 95%로 18時間 동안에 VD<sub>3</sub>가 63% 포인트 增加하였으므로 매우 빠른 熱轉換 速度를 나타내었다. 아마 병아리의 體溫이 41℃로서 上記 37℃보다 높았기 때문이 아닌가 생각된다. Hanewald 等(1961)은 40℃에서 PreD<sub>3</sub>와 VD<sub>3</sub>의 比는 11:89이었고 이 熱平衡에 到達하기까지 8~12時間 所要되었다고 報告하였다. 본 연구의 18時間帶 11:89와 同一하다. Yeoh(1991)는 닭 皮膚에서 PreD<sub>3</sub>가 VD<sub>3</sub>로 熱轉換되는 平衡은 24時間內에 일어난다고 하였는데, 본 연구에서는

5.95의 平衡을 이루는 데에 66時間이 所要되었다.

### 3. 0.409 mJ/cm<sup>2</sup>의 紫外線 照射時 병아리 다리 皮膚에서의 ProD<sub>3</sub> 및 光合成物의 mole % 變化

Table 2에서 보는 바와 같이 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub> 모두가 0時間帶에 가장 높은 數値를 보였다. 한편 VD<sub>3</sub>의 最高値는 6時間帶에 나타나서 0.204 mJ/cm<sup>2</sup> 照射하였을 때와 같은 傾向을 나타내었다. 그러나 表皮의 PreD<sub>3</sub> mole %를 보면 6時間帶가 아닌 30時間帶에 最高値를 보인 점이 特異한데, 이는 UVB照射後 相當히 오랫동안까지 PreD<sub>3</sub>가 生成된다는 것을 意味하며 그리고 이 30時間 근처에서 相當히 높은 水準을 長時間 維持하여 0.204 mJ/cm<sup>2</sup> 處理時보다 훨씬 더 많은 量의 VD<sub>3</sub>가 生成된 것을 알 수 있다.

Table 1과 2를 比較해 보면 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>의 變化되는 傾向은 양 處理에서 비슷하나 VD<sub>3</sub>의 mole %는 0.204 mJ/cm<sup>2</sup> 處理時의 最高値(18時間帶) 6.92%에 比하여 0.409 mJ/cm<sup>2</sup> 處理時에는 最高値가 30時間帶에 나타나 前者보다 훨씬 높은 8.17%를 보였다. 그러나 완전히 2배의 生成率을 보이지 않았기 때문에 위 2處理를 포함하여 더 넓은 범위에 걸치는 適正 線量試驗이 있어야 할 것으로 보인다.

### 4. 0.204 mJ/cm<sup>2</sup> 紫外線 照射時 병아리 다리 皮膚에서의 ProD<sub>3</sub> 및 光生成物 絕對含量 變化

Table 3에서 보는 바와 같이 ProD<sub>3</sub>의 表皮中 絕對含量이 0時間帶에 839 ng/cm<sup>2</sup>, 6時間帶에 792 ng/cm<sup>2</sup>, 12時間帶에 537 ng/cm<sup>2</sup>, 18時間帶에 660 ng/cm<sup>2</sup>으로서 12時間帶에 가장 낮은 값을 보였고 그後 계속 上昇하는 추세를 보였다. 이 數値들에 다리의 面積을 곱한 結果 병아리 喙 17,509 ng, 19,314 ng, 14,030 ng, 18,133 ng을 보였다. 병아리의 平均 다리 面積은 25.81±0.50 cm<sup>2</sup>이었다. 이에 比해 PreD<sub>3</sub>의 含量은 매우 적어서 0時間帶에 39 ng/cm<sup>2</sup>(831 ng/chick), 6時間帶에 23 ng/cm<sup>2</sup>(477 ng/chick), 12時間帶에 3 ng/cm<sup>2</sup>(88 ng/chick)를 보였다. PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> 및 T<sub>3</sub>의 含量은 모두 0時間帶에 最高値를 나타내었다.

VD<sub>3</sub>의 含量을 보면 表皮에서 0時間帶에 18 ng/cm<sup>2</sup>(387 ng/chick), 6時間帶에 23 ng/cm<sup>2</sup>

**Table 2.** Mole % of provitamin D<sub>3</sub> and its products in the leg skin of broiler chicks exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm with integrated dose of 0.409mJ / cm<sup>2</sup>

Time after irradi.	Skin strata	ProD <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (7-DHC)	Products <sup>2)</sup>								
			PreD <sub>3</sub>	L <sub>6</sub>	T <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>	Sum	PreD <sub>3</sub> +VD <sub>3</sub>	PreD <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>	
Hr.			----- % -----							% for 100% of PreD <sub>3</sub> +VD <sub>3</sub>	
0	E <sup>1)</sup>	94.10±0.77	3.69±1.16	0.89±0.33	0.61±0.24	0.71±0.55	5.90±2.28	4.40±1.71	83.86±1.13	16.14±1.13	
	D	91.52±3.63	5.44±2.30	1.11±0.59	0.24±0.24	1.69±0.48	8.48±3.61	7.13±2.71	76.30±3.23	23.70±3.23	
	E+D	93.57±1.91	3.97±0.98	0.92±0.30	0.57±0.20	0.97±0.46	6.43±2.34	4.94±1.42	80.36±1.65	19.64±1.65	
6	E	91.86±1.76	2.72±0.69	0.84±0.32	0.86±0.26	3.72±0.53	8.14±1.80	6.44±1.19	42.24±2.62	57.76±2.62	
	D	88.07±1.84	5.18±0.79	1.45±0.35	0.64±0.18	4.66±0.68	11.93±2.00	9.84±1.45	52.64±1.00	47.36±1.00	
	E+D	91.38±1.98	3.03±0.82	0.94±0.36	0.81±0.24	3.84±0.58	8.62±2.00	6.87±1.39	44.10±2.98	55.90±2.98	
12	E	92.48±0.44	0.71±0.17	0.28±0.05	0.22±0.03	6.31±0.47	8.52±0.72	7.02±0.57	10.11±2.12	89.89±2.12	
	D	91.19±1.01	1.31±0.10	0.49±0.14	0.16±0.00	6.85±2.60	8.81±2.84	8.16±1.17	16.05±0.57	83.95±0.57	
	E+D	92.31±0.62	0.78±0.17	0.30±0.04	0.22±0.03	6.40±1.42	7.69±1.66	7.18±0.54	10.86±1.75	89.14±1.75	
18	E	92.20±1.17	0.66±0.10	0.26±0.14	0.25±0.05	6.63±0.99	7.80±1.28	7.29±1.10	9.05±0.22	9.95±0.22	
	D	88.56±2.30	1.06±0.14	0.97±0.40	0.25±0.08	9.16±1.68	11.44±2.30	10.22±1.82	10.37±0.59	89.63±0.59	
	E+D	92.00±1.10	0.69±0.10	0.31±0.05	0.24±0.05	6.76±0.93	8.00±1.13	7.45±1.03	9.26±0.20	90.74±0.20	
30	E	90.77±1.47	0.58±0.04	0.22±0.08	0.26±0.05	8.17±1.44	9.23±1.61	8.75±1.47	6.63±0.65	93.37±0.65	
	D	90.31±1.25	0.98±0.30	0.38±0.10	0.29±0.09	8.04±1.22	9.69±1.71	9.02±1.25	10.86±3.37	89.14±3.37	
	E+D	90.76±1.51	0.63±0.04	0.24±0.08	0.26±0.05	8.11±1.41	9.24±1.58	8.74±1.44	7.21±0.97	92.79±0.97	
42	E	92.07±0.99	0.40±0.02	0.12±0.04	0.20±0.08	7.21±0.92	7.93±1.02	7.61±0.92	5.26±0.79	94.74±0.79	
	D	92.63±0.75	0.43±0.09	0.25±0.07	0.14±0.05	6.55±0.68	7.33±0.89	6.98±0.68	6.16±1.48	93.84±1.48	
	E+D	92.19±1.93	0.41±0.03	0.15±0.04	0.18±0.05	7.07±0.89	7.81±1.01	7.48±0.90	5.48±1.02	94.52±1.02	
66	E	93.28±1.03	0.42±0.08	0.40±0.08	0.26±0.08	5.64±0.94	6.72±1.18	6.06±0.88	6.93±2.28	93.07±2.28	
	D	94.00±1.62	0.48±0.02	0.31±0.06	0.11±0.05	5.10±1.48	6.00±1.61	5.58±1.55	8.60±3.98	91.40±3.98	
	E+D	93.39±1.11	0.42±0.06	0.39±0.08	0.23±0.08	5.57±1.01	6.61±1.23	5.99±0.96	7.01±2.15	92.99±2.15	
90	E	93.56±1.32	0.37±0.08	0.09±0.03	0.18±0.05	5.80±1.17	6.44±1.33	6.17±1.23	6.00±0.56	94.00±0.56	
	D	94.84±0.86	0.66±0.44	0.15±0.05	0.01±0.00	4.34±0.26	5.16±0.75	5.00±0.63	13.20±7.98	86.80±7.98	
	E+D	93.89±1.13	0.41±0.10	0.10±0.03	0.15±0.05	5.45±0.99	6.11±1.17	5.86±1.05	7.00±3.26	93.00±3.26	
138	E	93.96±1.41	0.29±0.14	0.05±0.03	0.11±0.04	5.59±1.29	6.04±1.50	5.88±1.39	4.93±1.59	95.07±5.19	
	D	97.00±0.26	0.19±0.03	0.10±0.00	0.05±0.00	2.66±0.24	3.00±0.27	2.85±0.32	6.67±0.93	93.33±0.93	
	E+D	94.94±0.83	0.25±0.09	0.07±0.01	0.03±0.03	4.65±0.75	5.06±0.88	4.90±0.82	5.10±1.41	94.90±1.41	

\* Control : ProD<sub>3</sub> 100%, PreD<sub>3</sub>, L<sub>6</sub>, T<sub>3</sub> and VD<sub>3</sub> : 0%

<sup>1)</sup> E : epidermis, D : dermis, E+D : sum of epidermis and dermis

<sup>2)</sup> PreD<sub>3</sub> : previtamin D<sub>3</sub>, L<sub>6</sub> : lumisterol<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> : tachysterol<sub>3</sub>, VD<sub>3</sub> : vitamin D<sub>3</sub>, ProD<sub>3</sub> : provitamin D<sub>3</sub>.



**Table 3.** Content of provitamin D<sub>3</sub> and its products in the leg skin of broiler chicks exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm with integrated dose of 0.204 mJ/cm<sup>2</sup>

Time after irradiation	Skin strata	ProD <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (7-DHC)	PreD <sub>3</sub>	L <sub>3</sub>	ng/cm <sup>2</sup> (ng/chick)	Products <sup>2)</sup>			Sum
						T <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>	Sum	
0	E <sup>1)</sup>	839 ± 102 (17509 ± 1789)	39 ± 7 (831 ± 172)	10 ± 3 (211 ± 51)	5 ± 1 (108 ± 23)	18 ± 3 (387 ± 60)	18 ± 3 (387 ± 60)	72 ± 14 (1537 ± 306)	
	D	108 ± 24 (2280 ± 794)	5 ± 2 (130 ± 23)	2 ± 0 (40 ± 7)	0 ± 0 (9 ± 4)	2 ± 1 (55 ± 16)	2 ± 1 (55 ± 16)	9 ± 3 (234 ± 50)	
	E+D	948 ± 121 (19789 ± 2161)	44 ± 6 (961 ± 175)	12 ± 3 (241 ± 56)	5 ± 1 (117 ± 24)	21 ± 3 (442 ± 63)	21 ± 3 (442 ± 63)	81 ± 13 (1771 ± 318)	
6	E	792 ± 46 (19314 ± 2190)	23 ± 10 (477 ± 172)	4 ± 1 (96 ± 11)	4 ± 2 (93 ± 26)	23 ± 4 (528 ± 98)	23 ± 4 (528 ± 98)	54 ± 17 (1194 ± 307)	
	D	113 ± 19 (2812 ± 549)	4 ± 1 (101 ± 24)	1 ± 0 (22 ± 4)	0 ± 0 (8 ± 2)	4 ± 1 (83 ± 21)	4 ± 1 (83 ± 21)	9 ± 2 (214 ± 51)	
	E+D	905 ± 55 (22125 ± 2582)	27 ± 11 (578 ± 187)	5 ± 1 (118 ± 12)	4 ± 2 (101 ± 25)	26 ± 5 (611 ± 118)	26 ± 5 (611 ± 118)	63 ± 18 (1408 ± 342)	
12	E	537 ± 61 (14030 ± 2458)	3 ± 0 (88 ± 17)	2 ± 0 (46 ± 1)	1 ± 0 (30 ± 5)	27 ± 6 (726 ± 204)	27 ± 6 (726 ± 204)	33 ± 6 (890 ± 227)	
	D	181 ± 19 (4781 ± 814)	1 ± 0 (29 ± 9)	0 ± 0 (9 ± 2)	0 ± 0 (4 ± 1)	6 ± 1 (156 ± 43)	6 ± 1 (156 ± 43)	7 ± 1 (198 ± 55)	
	E+D	718 ± 61 (18811 ± 2925)	4 ± 1 (117 ± 26)	2 ± 0 (57 ± 2)	1 ± 0 (34 ± 4)	33 ± 7 (882 ± 239)	33 ± 7 (882 ± 239)	40 ± 7 (1088 ± 271)	
18	E	660 ± 60 (18133 ± 2232)	6 ± 3 (176 ± 137)	3 ± 1 (86 ± 21)	2 ± 1 (50 ± 18)	51 ± 11 (1381 ± 338)	51 ± 11 (1381 ± 338)	62 ± 16 (1693 ± 514)	
	D	122 ± 11 (3382 ± 505)	2 ± 0 (50 ± 12)	1 ± 0 (18 ± 3)	0 ± 0 (7 ± 1)	8 ± 2 (214 ± 44)	8 ± 2 (214 ± 44)	11 ± 2 (289 ± 60)	
	E+D	782 ± 61 (21514 ± 2594)	8 ± 3 (223 ± 100)	4 ± 1 (104 ± 22)	2 ± 1 (57 ± 17)	59 ± 13 (1595 ± 381)	59 ± 13 (1595 ± 381)	73 ± 18 (1979 ± 511)	
30	E	759 ± 156 (22227 ± 3606)	2 ± 0 (63 ± 11)	1 ± 0 (25 ± 4)	1 ± 0 (19 ± 10)	29 ± 4 (875 ± 135)	29 ± 4 (875 ± 135)	33 ± 4 (982 ± 160)	
	D	134 ± 22 (4117 ± 791)	1 ± 0 (25 ± 5)	0 ± 0 (5 ± 2)	0 ± 0 (3 ± 1)	5 ± 1 (164 ± 41)	5 ± 1 (164 ± 41)	6 ± 1 (197 ± 49)	
	E+D	891 ± 135 (27629 ± 3018)	3 ± 0 (88 ± 7)	1 ± 0 (30 ± 5)	1 ± 0 (22 ± 10)	35 ± 5 (1039 ± 145)	35 ± 5 (1039 ± 145)	40 ± 5 (1179 ± 167)	
42	E	649 ± 64 (16390 ± 1235)	2 ± 0 (62 ± 11)	1 ± 0 (23 ± 5)	1 ± 0 (20 ± 9)	37 ± 10 (928 ± 225)	37 ± 10 (928 ± 225)	41 ± 10 (1033 ± 250)	
	D	61 ± 7 (1695 ± 197)	1 ± 0 (19 ± 12)	0 ± 0 (5 ± 1)	0 ± 0 (2 ± 1)	3 ± 1 (80 ± 28)	3 ± 1 (80 ± 28)	4 ± 1 (106 ± 42)	
	E+D	715 ± 68 (18085 ± 1351)	3 ± 0 (81 ± 11)	1 ± 0 (28 ± 4)	1 ± 0 (22 ± 8)	40 ± 12 (1008 ± 253)	40 ± 12 (1008 ± 253)	45 ± 12 (1139 ± 276)	
66	E	685 ± 112 (20177 ± 3086)	1 ± 0 (34 ± 5)	2 ± 1 (38 ± 27)	1 ± 0 (10 ± 5)	25 ± 4 (738 ± 97)	25 ± 4 (738 ± 97)	29 ± 5 (820 ± 134)	
	D	236 ± 35 (7095 ± 926)	0 ± 0 (10 ± 4)	0 ± 0 (5 ± 2)	0 ± 0 (1 ± 0)	6 ± 2 (181 ± 46)	6 ± 2 (181 ± 46)	6 ± 2 (197 ± 52)	
	E+D	921 ± 144 (27272 ± 4128)	2 ± 0 (44 ± 6)	2 ± 1 (43 ± 26)	1 ± 0 (11 ± 5)	31 ± 5 (918 ± 140)	31 ± 5 (918 ± 140)	36 ± 6 (1017 ± 177)	
90	E	459 ± 72 (12258 ± 1307)	1 ± 0 (25 ± 2)	2 ± 1 (43 ± 13)	1 ± 0 (23 ± 5)	17 ± 7 (425 ± 155)	17 ± 7 (425 ± 155)	21 ± 8 (516 ± 175)	
	D	171 ± 37 (4716 ± 1186)	0 ± 0 (9 ± 1)	0 ± 0 (6 ± 3)	0 ± 0 (3 ± 1)	7 ± 3 (171 ± 72)	7 ± 3 (171 ± 72)	7 ± 3 (189 ± 77)	
	E+D	630 ± 75 (16934 ± 2271)	1 ± 0 (34 ± 2)	2 ± 1 (49 ± 11)	1 ± 0 (26 ± 4)	23 ± 10 (596 ± 225)	23 ± 10 (596 ± 225)	28 ± 11 (705 ± 242)	
138	E	356 ± 47 (10278 ± 1509)	1 ± 0 (28 ± 7)	0 ± 0 (9 ± 1)	0 ± 0 (3 ± 1)	13 ± 4 (365 ± 105)	13 ± 4 (365 ± 105)	14 ± 4 (405 ± 114)	
	D	136 ± 23 (4113 ± 898)	0 ± 0 (12 ± 4)	0 ± 0 (6 ± 1)	0 ± 0 (1 ± 0)	3 ± 1 (75 ± 32)	3 ± 1 (75 ± 32)	3 ± 1 (94 ± 37)	
	E+D	482 ± 61 (14391 ± 2239)	1 ± 0 (40 ± 7)	0 ± 0 (15 ± 1)	0 ± 0 (4 ± 1)	16 ± 5 (440 ± 135)	16 ± 5 (440 ± 135)	17 ± 5 (499 ± 144)	

\* Control : ProD<sub>3</sub> in E : 866 ± 82 ng/cm<sup>2</sup>, in D : 80 ± 13 ng/cm<sup>2</sup>, in E+D : 966 ± 89 ng/cm<sup>2</sup> PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> and VD<sub>3</sub> : 0.0 ng/cm<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> E : epidermis, D : dermis, E+D : sum of epidermis and dermis

<sup>2)</sup> PreD<sub>3</sub> : previtamin D<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> : lumisterol, T<sub>3</sub> : tachysterol, VD<sub>3</sub> : vitamin D<sub>3</sub>, ProD<sub>3</sub> : provitamin D<sub>3</sub>.

(528 ng/chick), 12時間帶에 27 ng/cm<sup>2</sup>(736 ng/chick), 18時間帶에 最高値인 51 ng/cm<sup>2</sup>(1,381 ng/chick)을 나타내었다. ProD<sub>3</sub>가 PreD<sub>3</sub>로 먼저 轉換되고 PreD<sub>3</sub>가 L<sub>3</sub> 또는 T<sub>3</sub>로 異性化되며(可逆反應)生成된 PreD<sub>3</sub>가 體溫에 依하여 VD<sub>3</sub>로 變換되는데 18時間이 걸린다는 뜻이다. PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> 및 VD<sub>3</sub>의 合計量에 있어서도 表皮에서 18時間帶에 最高値 62 ng/cm<sup>2</sup>(1,693 ng/chick)를 나타내었다.

Takada 等(1979)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 60分間照射하였던 바, VD<sub>3</sub>含量이 0 ng/cm<sup>2</sup>에서 100 ng/cm<sup>2</sup>로 增加하였다고 한다. 本 研究에서는 Table 3에서 보는 바와 같이 0.204 mJ/cm<sup>2</sup>(30分 處理)照射時 對照區의 0 ng/cm<sup>2</sup>로부터 18時間帶의 表皮+眞皮 59 ng/cm<sup>2</sup>를 나타내어 約 40% 적은 水準이었다. 아마 병아리의 다리는 角質로 덮여 있기 때문에 흰쥐의 보통 皮膚보다 적게 生成되는 것 같다. *In vitro* 試驗에서 사람 皮膚를 다섯 層으로 分離하여 紫外線을照射한 Holick 等(1981b)의 研究에서 表皮의 네 層에서는 合計 39.5 ng/cm<sup>2</sup>가 生成되는데 比하여 眞皮의 한 層에서는 겨우 0.48 ng/cm<sup>2</sup>가 生成되었다고 하므로 本 研究의 0時間帶 表皮 39 ng/cm<sup>2</sup>, 眞皮 5 ng/cm<sup>2</sup>에 比하여 表皮에서는 비슷하게 生成되었으나 眞皮에서는 10%정도만 生成되었다.

Yeoh(1991)는 닭의 벗 表皮+眞皮에 7,688 ng/cm<sup>2</sup>의 ProD<sub>3</sub>를 含有하고 있었다고 報告하였는데 本 研究에서는 Table 3에서 보는 바와 같이 對照區에서 966 ng/cm<sup>2</sup> 含有하고 있었으므로 前者가 約 7배되는 水準이다. Yeoh(1991)는 2.3kg의 一般肉鷄를, 本 研究에서는 250g의 VD-缺乏 肉用 병아리를 使用하였다. ProD<sub>3</sub>의 含量 差異는 벗과 다리의 差異, 體重의 差異, VD-缺乏 與否 等に 따라 나타난 結果로 생각된다.

Esvelt 等(1978)은 흰쥐 皮膚에 紫外線을 照射한 結果 VD<sub>3</sub>含量이 對照區의 90 ng/cm<sup>2</sup>에 比하여 320 ng/cm<sup>2</sup>의 매우 높은 水準을 보였다고 하므로 本 研究의 表皮+眞皮의 18時間帶 59 ng/cm<sup>2</sup>보다 5배 이상 높다. 흰쥐 皮膚와 병아리 다리 皮膚(角質 많음)의 差異에서 온 結果가 아닌가 생각된다. MacLaughlin 等(1985)은 사람 皮膚의 ProD<sub>3</sub> 含量은 21歲가 1,747 ng/cm<sup>2</sup>, 88歲가 838 ng/cm<sup>2</sup>이었다고 하므로 本 研

究의 表皮+眞皮의 18時間帶 59 ng/cm<sup>2</sup>보다 대단히 높다. 種의 差異, 皮膚 特性의 差異, VD-缺乏 與否 等に 依하여 나타난 結果라고 생각된다.

### 5. 0.409 mJ/cm<sup>2</sup>紫外線照射時 병아리 다리 皮膚에서의 ProD<sub>3</sub> 및 光生成物의 絕對含量 變化

Table 4에서 ProD<sub>3</sub>의 表皮中 含量은 0時間帶에 712 ng/cm<sup>2</sup>(15,069 ng/chick), 6時間帶에 787 ng/cm<sup>2</sup>(17,730 ng/chick), 12時間帶에 953 ng/cm<sup>2</sup>(21,795 ng/chick), 18時間帶에 956 ng/cm<sup>2</sup>(21,614 ng/chick), 30時間帶에 789 ng/cm<sup>2</sup>(22,524 ng/chick), 90時間帶에 495 ng/cm<sup>2</sup>(11,333 ng/chick)의 가장 낮은 값을 보였으며 對照區의 886 ng/cm<sup>2</sup>의 約 半이 되었다. 그 減少된 量 만큼 PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub>를 거쳐 VD<sub>3</sub>로 變換되고 이것이 D<sub>3</sub> 結合 蛋白質에 結合되어 血液으로 移行되었을 것이다.

PreD<sub>3</sub>의 絕對量은 表皮에서 0, 6, 12, 18, 30時間帶에 30, 21, 7, 7, 5 ng/cm<sup>2</sup>로 各各 나타났으므로 매우 낮은 量이다. L<sub>3</sub>도 그 時間帶에 8, 6, 3, 3, 2 ng/cm<sup>2</sup>의 낮은 水準을 보였으며 T<sub>3</sub>도 그 時間帶에 5, 7, 3, 3, 2 ng/cm<sup>2</sup>의 저 水準을 나타내었다.

VD<sub>3</sub>含量에 있어서는 그 時間帶에 14, 30, 66, 68, 66 ng/cm<sup>2</sup>으로 보여 18時間帶에 가장 높은 含量을 보였다. 光合成物(ProD<sub>3</sub>+L<sub>3</sub>+T<sub>3</sub>+VD<sub>3</sub>)은 그 時間帶에 57, 64, 79, 81, 75 ng/cm<sup>2</sup>로서 역시 18時間帶에 제일 많게 나타났다. 그러나 병아리當 광생성물의 合計量에 있어서는 그 時間帶에 1,147, 1,410, 1,755, 2,136 ng/chick으로서 30時間帶에 最高値를 보였다.

Holick 等(1981a)은 사람 皮膚에 模擬赤道太陽光線을 여러가지 線量別로 照射하였던 바, 30分照射時 PreD<sub>3</sub>는 約 15% 增加하였다고 發表하였다. 本 研究에서는 UVB를 照射하지 않은 對照區의 表皮+眞皮에서는 0 ng/cm<sup>2</sup>이었으나 0.409 mJ/cm<sup>2</sup>(60分照射)處理時 37 ng/cm<sup>2</sup>로 增加되었다. Holick 等(1979b)은 사람의 體溫(37℃)에 依하여 PreD<sub>3</sub>로부터 VD<sub>3</sub> 50% 熱轉換되는데 28時間이 所要되고 80% 轉換되는데 4日이 必要하다고 하였다. Yeoh(1991)는 닭에게 紫外線을 1, 2, 4 또는 24時間 處理했을 때 PreD<sub>3</sub>의 46%, 63%, 76% 또는 98%가 VD<sub>3</sub>로 熱轉換되었다고 發表하였는 바, 本 研究에서는 60分(1時

**Table 4.** Content of provitamin D<sub>3</sub> and its products in the leg skin of broiler chicks exposed to UVB light having maximum intensity at 297 nm with integrated dose of 0.409 mJ/cm<sup>2</sup>

Time after irradi.	Skin strata	ProD <sub>3</sub> <sup>2)</sup> (7-DHC)	Products <sup>2)</sup>				Sum
			PreD <sub>3</sub>	L <sub>3</sub>	T <sub>3</sub>	VD <sub>3</sub>	
Hr.			ng/cm <sup>2</sup> (ng/chick)				
0	E <sup>1)</sup>	712 ± 57 (15069 ± 1627)	30 ± 13 (610 ± 237)	8 ± 3 (140 ± 64)	5 ± 3 (102 ± 50)	14 ± 6 (286 ± 113)	57 ± 25 (1147 ± 464)
	D	103 ± 12 (2225 ± 401)	7 ± 3 (128 ± 50)	1 ± 0 (25 ± 13)	1 ± 0 (14 ± 5)	2 ± 1 (40 ± 11)	11 ± 4 (207 ± 79)
	E+D	815 ± 56 (17294 ± 1710)	37 ± 12 (738 ± 212)	9 ± 3 (174 ± 70)	6 ± 3 (116 ± 50)	16 ± 6 (326 ± 106)	68 ± 24 (1354 ± 438)
6	E	787 ± 161 (17730 ± 3623)	21 ± 2 (459 ± 44)	6 ± 2 (136 ± 42)	7 ± 1 (143 ± 37)	30 ± 4 (672 ± 98)	64 ± 9 (1410 ± 221)
	D	121 ± 32 (2693 ± 708)	8 ± 3 (174 ± 62)	3 ± 1 (53 ± 22)	1 ± 0 (24 ± 11)	7 ± 2 (152 ± 52)	19 ± 6 (403 ± 147)
	E+D	908 ± 141 (20422 ± 3212)	29 ± 5 (633 ± 93)	9 ± 3 (189 ± 41)	8 ± 1 (167 ± 33)	37 ± 5 (824 ± 110)	83 ± 14 (1813 ± 277)
12	E	963 ± 51 (21795 ± 2250)	7 ± 2 (155 ± 29)	3 ± 0 (66 ± 11)	3 ± 0 (51 ± 8)	66 ± 3 (1483 ± 136)	79 ± 5 (1755 ± 184)
	D	129 ± 21 (2946 ± 621)	2 ± 0 (42 ± 6)	1 ± 0 (14 ± 4)	0 ± 0 (5 ± 1)	10 ± 1 (215 ± 36)	13 ± 1 (276 ± 47)
	E+D	1092 ± 57 (24731 ± 2561)	9 ± 2 (197 ± 34)	4 ± 1 (80 ± 11)	3 ± 0 (56 ± 7)	76 ± 4 (1698 ± 169)	92 ± 7 (2031 ± 221)
18	E	966 ± 162 (21614 ± 3794)	7 ± 2 (152 ± 33)	3 ± 1 (65 ± 21)	3 ± 1 (64 ± 26)	68 ± 14 (1513 ± 301)	81 ± 18 (1794 ± 381)
	D	103 ± 39 (2231 ± 790)	1 ± 0 (26 ± 9)	1 ± 0 (20 ± 7)	0 ± 0 (5 ± 2)	10 ± 3 (207 ± 65)	12 ± 3 (258 ± 83)
	E+D	1069 ± 170 (23845 ± 3823)	8 ± 2 (178 ± 38)	4 ± 1 (85 ± 20)	3 ± 1 (69 ± 25)	77 ± 16 (1720 ± 334)	93 ± 20 (2052 ± 417)
30	E	789 ± 107 (22524 ± 3324)	5 ± 1 (142 ± 18)	2 ± 1 (49 ± 24)	2 ± 1 (61 ± 14)	66 ± 4 (1884 ± 131)	75 ± 7 (2136 ± 187)
	D	113 ± 31 (3272 ± 304)	1 ± 0 (37 ± 16)	0 ± 0 (8 ± 4)	0 ± 0 (10 ± 5)	9 ± 2 (261 ± 57)	10 ± 2 (316 ± 82)
	E+D	903 ± 129 (25796 ± 4058)	6 ± 1 (178 ± 31)	2 ± 1 (57 ± 22)	2 ± 1 (71 ± 13)	75 ± 6 (2145 ± 190)	85 ± 9 (2452 ± 256)
42	E	635 ± 68 (15812 ± 1244)	3 ± 0 (67 ± 5)	1 ± 0 (19 ± 8)	2 ± 0 (33 ± 7)	49 ± 5 (1211 ± 102)	55 ± 5 (1330 ± 122)
	D	118 ± 30 (2905 ± 639)	1 ± 0 (15 ± 6)	0 ± 0 (9 ± 3)	0 ± 0 (4 ± 1)	9 ± 3 (209 ± 61)	10 ± 3 (237 ± 71)
	E+D	753 ± 79 (18718 ± 1350)	3 ± 1 (82 ± 9)	1 ± 0 (28 ± 9)	2 ± 0 (37 ± 7)	58 ± 8 (1419 ± 149)	65 ± 9 (1567 ± 174)
66	E	644 ± 113 (17464 ± 3181)	3 ± 1 (78 ± 21)	3 ± 1 (80 ± 29)	2 ± 1 (46 ± 21)	41 ± 15 (1102 ± 356)	49 ± 18 (1306 ± 427)
	D	120 ± 22 (3192 ± 528)	1 ± 0 (17 ± 7)	1 ± 0 (11 ± 3)	0 ± 0 (4 ± 1)	7 ± 3 (184 ± 70)	9 ± 3 (216 ± 81)
	E+D	764 ± 123 (20656 ± 3367)	3 ± 1 (95 ± 24)	4 ± 1 (91 ± 28)	2 ± 1 (50 ± 20)	48 ± 17 (1286 ± 419)	57 ± 20 (1522 ± 491)
90	E	445 ± 23 (11333 ± 819)	2 ± 0 (44 ± 8)	1 ± 0 (10 ± 5)	1 ± 0 (20 ± 7)	27 ± 6 (700 ± 155)	31 ± 6 (774 ± 175)
	D	122 ± 18 (3204 ± 641)	1 ± 0 (16 ± 8)	0 ± 0 (5 ± 1)	0 ± 0 (3 ± 1)	6 ± 1 (147 ± 38)	7 ± 3 (171 ± 48)
	E+D	567 ± 26 (14537 ± 1300)	2 ± 1 (59 ± 13)	1 ± 0 (15 ± 5)	1 ± 0 (23 ± 7)	33 ± 7 (868 ± 189)	37 ± 8 (945 ± 214)
138	E	509 ± 137 (13715 ± 3871)	1 ± 0 (34 ± 12)	0 ± 0 (8 ± 3)	0 ± 0 (15 ± 4)	25 ± 1 (67 ± 38)	26 ± 1 (731 ± 57)
	D	149 ± 11 (4035 ± 329)	0 ± 0 (8 ± 2)	0 ± 0 (2 ± 1)	0 ± 0 (2 ± 1)	4 ± 1 (113 ± 18)	4 ± 1 (128 ± 22)
	E+D	658 ± 135 (17750 ± 3819)	2 ± 1 (42 ± 13)	0 ± 0 (13 ± 3)	0 ± 0 (17 ± 4)	29 ± 1 (787 ± 33)	30 ± 2 (859 ± 53)

\* Control : ProD<sub>3</sub> in E : 866 ± 82 ng/cm<sup>2</sup>, in D : 80 ± 13 ng/cm<sup>2</sup>, in E+D : 966 ± 89 ng/cm<sup>2</sup> PreD<sub>3</sub>, L<sub>3</sub>, T<sub>3</sub> and VD<sub>3</sub> : 0.0 ng/cm<sup>2</sup>

<sup>1)</sup> E : epidermis, D : dermis, E+D : sum of epidermis and dermis

<sup>2)</sup> PreD<sub>3</sub> : previtamin D<sub>3</sub>, L<sub>3</sub> : lumisterol, T<sub>3</sub> : tachysterol, VD<sub>3</sub> : vitamin D<sub>3</sub>, ProD<sub>3</sub> : provitamin D<sub>3</sub>.

間)處理時 138時間後에 約 90%의  $\text{PreD}_3$ 가  $\text{VD}_3$ 로 熱轉換되었다.

Table 4에서 보는 바와 같이  $\text{VD}_3$ 의 絕對生成量은 0時間帶에 表皮+眞皮에서  $16 \text{ ng/cm}^2$ 로, 生成速度는  $0.26 \text{ ng/cm}^2/\text{min}$ 로 나타났다. 以後 6時間이 經過되었을 때  $\text{PreD}_3$ 가  $\text{VD}_3$ 로 轉換됨으로서 增加된  $\text{VD}_3$ 量은  $21 \text{ ng/cm}^2$ 이었으며, 그의 增加速度는  $0.06 \text{ ng/cm}^2/\text{min}$ 이었다.

한편  $\text{VD}_3$ 의 最高值가 18時間帶에 發生되었는데,  $0.204 \text{ mJ/cm}^2$ 處理時에도 18時間帶에 나타났다. 그러나  $0.204 \text{ mJ/cm}^2$  照射時 18時間帶의 表皮, 眞皮 및 表皮+眞皮 中の  $\text{VD}_3$ 含量은 51, 8 및  $59 \text{ ng/cm}^2$ 인데 反하여  $0.409 \text{ mJ/cm}^2$  處理時에는 各各 68, 10 및  $78 \text{ ng/cm}^2$ 를 보여 約 30% 더 많이 生成되었다. 따라서 線量이 2배이더라도  $\text{VD}_3$ 의 生成量은 2배가 되지 않음을 알 수 있다.

$\text{VD}$ -缺乏飼料로 3週間 飼育된 병아리의 體重은 蔣等(1990a)에 依하면 平均  $212.35 \text{ g}$ 이라고 하며 Scott等(1982)에 依하면  $250 \text{ g}$ 이라고 하였다. Scott等(1982)에 依하면 3週齡 병아리가 매일 要求하는 飼料量은  $25 \text{ g}$ 이며, 이 中  $\text{VD}_3$ 要求量을 計算하면  $5 \text{ IU}$  ( $125 \text{ ng}$ , NRC, 1984)가 된다. 18時間帶에 나타난 表皮+眞皮의 最高值  $1,595 \text{ ng/chick}$ 을 適用한다면 合成速度는  $53.2 \text{ ng/chick/min}$  ( $1595/30$ )이며 따라서  $125 \text{ ng}$ 을 合成하기 爲하여 2.4分の 照射가 必要하다는 結論에 이르게 된다.

#### IV. 摘要

本 研究는 31日齡 broiler 병아리에  $297 \text{ nm}$ 의 紫外線을 照射하여 經過時間에 따라 다리의 皮膚를 採取하고 previtamin  $\text{D}_3$  ( $\text{PreD}_3$ ), lumisterol $_3$  ( $\text{L}_3$ ), tachysterol $_3$  ( $\text{T}_3$ ), vitamin  $\text{D}_3$  ( $\text{VD}_3$ ) 및 provitamin  $\text{D}_3$  ( $\text{ProD}_3$ ) 含量을 測定코져 實施되었다. Broiler Hubbard系統 1日齡 병아리 82首(2照射時間×9 經過時間×4反覆+10對照區)를 無窓弱燈 肉鷄舍에 넣고  $\text{VD}$ -缺乏飼料로 31日間 飼育한 後 照射線量  $0.204 \text{ mJ/cm}^2$  (30分 照射) 또는  $0.409 \text{ mJ/cm}^2$  (60分 照射)로 UVB 燈를 照射하였으며 0, 6, 12, 18, 30, 42, 66, 90 또는 138時間後에 다리의 皮膚를 採取하였다.

9% ethyl acetate / n-hexane으로 處理하여 脂質을 抽出하였으며 Sep-Pak silica cartridge로 精製한 後, 順相 HPLC로  $\text{PreD}_3$ ,  $\text{L}_3$ ,  $\text{T}_3$ ,  $\text{VD}_3$  및  $\text{ProD}_3$ 의 含量을 分析하였다. UVB를 照射하지 않은 對照區 병아리의 다리 皮膚中에는  $\text{PreD}_3$ ,  $\text{L}_3$ ,  $\text{T}_3$ ,  $\text{VD}_3$ 가 檢出되지 않았으며  $\text{ProD}_3$  含量은  $966 \pm 89 \text{ ng/cm}^2$ 이었다.  $0.204$  또는  $0.409 \text{ mJ/cm}^2$  (30分 또는 60分) 照射時 다리 皮膚中  $\text{PreD}_3$ 의 mole % (절대합량,  $\text{ng/cm}^2$ )는 照射直後 各各  $4.67\%$  ( $44 \text{ ng/cm}^2$ ) 또는  $3.97\%$  ( $37 \text{ ng/cm}^2$ )이었으며 時間이 經過됨에 따라 점차 減少되었다. 병아리의 다리 皮膚 面積은  $25.81 \pm 0.50 \text{ cm}^2$ 이었으며 다리 皮膚全體에서 合成된  $\text{PreD}_3$ 는 各各 0시간대에  $961 \text{ ng/chick}$ ,  $738 \text{ ng/chick}$ 이었다.

다리 皮膚中의  $\text{L}_3$ 은 0時間 經過時 各各  $1.24\%$  ( $12 \text{ ng/cm}^2$ ) 또는  $0.92\%$  ( $9 \text{ ng/cm}^2$ )이었으며 時間이 지난에 따라 점차 減少되었다.  $\text{T}_3$  含量은 各各  $0.58\%$  ( $5 \text{ ng/cm}^2$ ) 또는  $0.57\%$  ( $6 \text{ ng/cm}^2$ )이었으며 역시 時間의 經過와 더불어 減少되었다.  $\text{VD}_3$ 含量은 0時間帶에 各各  $2.13$  ( $21 \text{ ng/cm}^2$ ) 또는  $0.97\%$  ( $16 \text{ ng/cm}^2$ ), 12時間帶에  $4.30\%$  ( $33 \text{ ng/cm}^2$ ) 또는  $6.40\%$  ( $76 \text{ ng/cm}^2$ )을 나타내었고  $0.204 \text{ mJ/cm}^2$  照射時에는 18時間帶에,  $0.409 \text{ mJ/cm}^2$  處理時에는 30時間後에 最高值를 보였다.  $\text{PreD}_3$ 가  $\text{VD}_3$ 로 熱轉換되는데 各各 18 또는 30時間이 所要된다는 것을 示唆한다. 다리 皮膚中의  $\text{ProD}_3$  含量은 0時間帶에 各各  $948$  또는  $815 \text{ ng/cm}^2$ 이었으며 對照區의  $\text{ProD}_3$  含量  $966 \text{ ng/cm}^2$ 에 比하면 18 또는  $151 \text{ ng/cm}^2$ 의  $\text{ProD}_3$ 가  $\text{PreD}_3$ ,  $\text{L}_3$ ,  $\text{T}_3$  및  $\text{VD}_3$ 로 異性화된 것이다. mole %로 보았을 때는 各各  $8.63\%$ ,  $6.43\%$ 가 光合成物로 轉變된 것이다. 結論的으로 紫外線을 2배 照射하였을 때  $\text{VD}_3$ 等 광생성물이 2배는 아니지만 더 많이 生成된다는 것이 증명되었다.

#### V. 引用文獻

1. A.O.A.C. 1984. Vitamin D in poultry feed supplements: chick bioassay. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington., D.C. p.

- 876.
2. Esvelt, R.P., H.K. Schnoes and H.F. DeLuca. 1978. Vitamin D<sub>3</sub> from rat skins irradiated *in vitro* with ultraviolet light. Arch. Biochem. Biophys. 188 : 282-286.
  3. Hanewald, K.H., M.P. Rappoldt and J.R. Roborgh. 1961. Recl. Trav. Chim. Rays-Bas. 80 : 1003. In Norman, A.W. 1979. Vitamin D : The calcium homeostatic steroid hormone. Academic Press. p.52.
  4. Holick, M. F., N. M. Richtant, S. C. McNeill, S. A. Holick, J.E. Frommer, J.W. Henley and J.T. Potts. 1979a. Isolation and identification of previtamin D<sub>3</sub> from the skin of rats exposed to ultraviolet irradiation. Biochemistry. 18 : 1003-1008.
  5. Holick, M.F., S.C. McNeill, M.B. Clark, S. A. Holick and J.T. Potts. 1979b. The epidermis : A unique organ responsible for the photobiosynthesis of vitamin D<sub>3</sub>. North-Holland Biomedical Press. 301-308.
  6. Holick, M.F., J.A. MacLaughlin, M.B. Clark, S.A. Holick, J.T. Potts, R.R. Anderson, I.H. Blank and J.A. Parrish. 1980. Photosynthesis of previtamin D<sub>3</sub> in human skin and the physiologic consequences. Science. 120 : 203-205.
  7. Holick, M.F., J.A. MacLaughlin and S.H. Doppelt. 1981a. Regulation of cutaneous previtamin D<sub>3</sub> photosynthesis in man : Skin pigment is not an essential regulator. Science. 211 : 590-593.
  8. Holick, M.F., J.A. MacLaughlin and S.H. Doppelt. 1981b. Factors that influence the cutaneous photosynthesis of previtamin D<sub>3</sub>. Science. 211 : 590-593.
  9. MacLaughlin, J.A., R.R. Anderson and M.F. Holick. 1982. Spectral character of sunlight modulates photosynthesis of previtamin D<sub>3</sub> and its photoisomers in human skin. Science. 216 : 1001-1003.
  10. MacLaughlin, J.A. and M.F. Holick. 1985. Aging decrease the capacity of human skin to produce vitamin D<sub>3</sub>. J. Clin. Invest. 76 : 1536-1538.
  11. Norman, A.W. 1979. Vitamin D : The Calcium Homeostatic Hormone. Academic Press, N.Y. p.40.
  12. Scott, M.L., M.C. Nesheim and R.J. Young. 1982. Nutrition of the chicken. M.L. Scott and Associates, Ithaca, N.Y. pp.86-87.
  13. Takada, K., T. Okano, Y. Tamura, S. Matsui and T. Kobayashi. 1979. A rapid and precise method for the determination of vitamin D<sub>3</sub> in rat skin by high performance liquid chromatography. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 25 : 385-398.
  14. Yasumura, M., T. Okano, K. Mizuno and T. Kobayashi. 1977. Identification and determination of 7-dehydrocholesterol in rat skin. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 23 : 513-523.
  15. Yeoh, Y.S. 1991. Vitamin D : Photometabolism in chicken. Proceedings Korean Federation of the Societies in Animal Science. pp. 66-79.
  16. 莊潤煥, 李殷澤, 李善行. 1990. 紫外線 照射에 依한 브로일러 병아리 皮膚에서의 Vitamin D 類似物質 合成. 韓畜誌. 32(4) : 218-224.