

液体クロマトグラフィーによる化粧品中の9種の紫外線吸収剤の一斉分析

五十嵐良明[#], 山田真生, 内野 正, 徳永裕司

Simultaneous Determination of 9 Ultraviolet Absorbers in Cosmetics by High-Performance Liquid Chromatography

Yoshiaki Ikarashi[#], Mai Yamada, Tadashi Uchino and Hiroshi Tokunaga

Simultaneous determination for 9 ultraviolet absorbers those set a limit to the amount in cosmetics was performed. Ultraviolet absorbers were extracted from cosmetics with tetrahydrofuran (THF) by ultrasonication. After centrifugation, the supernatant was collected, and the sample solution was injected into the HPLC. Separation was archived using an ODS column with the mixture of THF and water as the mobile phase. Detection wavelength was set at 310 nm. The linearity was obtained between the peak areas and the concentrations of each ultraviolet absorber in the range of 5 – 100 µg/ml. In 70 commercial cosmetic products, such as sunscreen, face powder, foundation, massage cream, moisture lotion, lip balm and essence, 2-ethylhexyl-*p*-methoxycinnamate (EMC), 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone (HMB), 4-*tert*-butyl-4'-methoxydibenzoylmethane (BMB) and 2-ethylhexyl salicylate (ES) were detected.

Keywords: ultraviolet absorber, 2-ethylhexyl-*p*-methoxycinnamate, sunscreen, cosmetics, HPLC

緒言

近年, 化粧品には紫外線による紅斑等の皮膚障害を予防する目的で紫外線吸収剤や紫外線散乱剤が配合されることが多くなっている.¹⁾ 紫外線吸収剤は薬事法に基づく化粧品基準によりポジティブリストに上げられ, 化粧品中への配合量が制限されている.²⁾ 我々は, 毎年ポジティブリストに記載される成分について化粧品基準が遵守されているかどうか一斉収去による検査を行っており, 平成18年度は紫外線吸収剤パラメトキシケイ皮酸2-エチルヘキシル (2-ethylhexyl-*p*-methoxycinnamate, EMC, CAS No.5466-77-3) を選定した. EMCはわずかにうすい黄色透明でやや粘稠な液体で,³⁾ 日焼け止めやファンデーション等に現在国内では最もよく用いられている紫外線吸収剤であり,¹⁾ 粘膜に使用されることがない化粧品のうち洗い流さないものについては100 g中の最大配合量が20 g, 粘膜に使用されることがある化粧品については8.0 gとなっている.⁴⁾

化粧品中の紫外線吸収剤の分析は一般的に液体クロマトグラフィーを用いて行われ, 多成分の同時分析法も報告されている.⁵⁻⁸⁾ 今回は, ポジティブリストに記載されている成分のうち現在よく用いられ, かつ標準品として

市販試薬として入手が可能な9種類の紫外線吸収剤について, これまでの報告⁵⁻⁸⁾ に改良を加えた同時分析法を開発した. 次に, この方法を用いて市販化粧品中のEMCをはじめとする紫外線吸収剤を定量した. 更に, 化粧品の紫外線吸収剤の含量と紫外線防御指標との関係についても考察した.

実験方法

1. 試薬

パラメトキシケイ皮酸2-エチルヘキシル (2-ethylhexyl-*p*-methoxycinnamate, EMC), 2,4-dihydroxybenzophenone (DHB), 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone (DH-DMB) 及び2-ethylhexyl salicylate (ES) は東京化成工業から購入した. Ethyl *p*-aminobenzoate (EAB), 2,2',4,4'-tetrahydroxybenzophenone (THB), 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone (HMB), 2-ethylhexyl *p*-dimethylaminobenzoate (EDB) 及び4-*tert*-butyl-4'-methoxydibenzoylmethane (BMB) は和光純薬工業から購入した. テトラヒドロフラン (THF) は和光純薬工業製のHPLC用を用いた. 各試薬は約0.1 gを量りとり, THFに溶解して50 mlとしたものを標準原液 (約2.0 mg/ml) とし, 希釈して用いた.

2. 試料

保湿化粧水及び乳液, 及び日焼け止め化粧品6種を東京都及び神奈川県で購入し, 保管しておいたものを試料

[#] To whom correspondence should be addressed:

Yoshiaki Ikarashi; Kamiyoga 1-18-1, Setagaya, Tokyo 158-8501, Japan; Tel: 03-3700-1141 ext.255, Fax: 03-3707-6950; E-mail: ikarashi@nihs.go.jp

とした。19都府県からEMC含有化粧品計70品目を収去した。収去した品目は、日焼け止め31品、おしろい3品、ファンデーション16品、乳液7品、リップクリーム3品、モイスチャークリーム2品、マッサージ・コールドクリーム4品、美容液2品、ヘアクリーム1品、口紅1品である。

3. 器具及び装置

高速液体クロマトグラフ (HPLC) :島津製作所製LC-10AD型ポンプ2台にSPD-M20A型フォトダイオードアレイ検出器,CTO-10AC型カラムオープン,SIL-10AD型オートサンプラーを連結して用いた。島津製作所製LCワークステーション (LC solution) によりHPLCのシステム制御, データ収集及び解析を行った。

超音波洗浄機:シャープマニファクチャリングシステム製UT205型

メンブランフィルター:Millipore製Millex-FG (孔径0. 20 μm , 直径13 mm, PTFE膜)

4. 試験操作

4.1 試験溶液の調製

試料約0.5 gを量り, THF 16 ml程度を加えて10分間超音波処理し, さらにTHFを加えて正確に20 mlとした。この溶液を約1.5 mlとり, 10,000 rpmで10分間遠心した後, 上清を分取した。遠心した後も上清が澄明化しない場合はメンブランフィルターでろ過した。上清0.5 mlをとり, THFを加えて正確に25 mlとしたものを試験溶液とした。

4.2 定量

試験溶液10 μl をHPLCに注入し, 得られたクロマトグラム上の各紫外線吸収剤の保持時間に相当する位置のピーク面積を求めた。紫外線吸収剤の混合標準溶液 (5 ~ 50 $\mu\text{g/ml}$) を用いてあらかじめ作成しておいた検量線から, 試験溶液中の濃度 ($\mu\text{g/ml}$) を求め, 試料中の含有量 ($\mu\text{g/g}$) を算出した。

HPLC条件

カラム: CAPCELL PAK C18 UG120 (4.6 mm i.d. \times 250 mm, 粒径5 μm , 資生堂)

カラム温度: 40 $^{\circ}\text{C}$

移動相: A液:水, B液: THF

流速: 1.0 ml/min

検出器: フォトダイオードアレイ検出器 (310 nm)

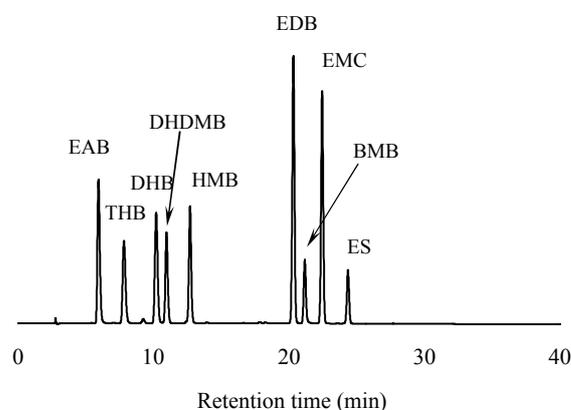
リニアグラジエントの条件		
min	A (%)	B (%)
0	60	40
30	30	70
40	30	70

結果と考察

1. HPLC条件の検討

Yokoyamaらの報告⁷⁾を参考に, 9種の紫外線吸収剤が分離するHPLC条件を検討した。ODSカラムのうち, 東ソー TSK-gel ODS-80Ts, 和光純薬工業Wakosil-II 5C18 RS及び資生堂CAPCELL PAK C18 UG120について9種の紫外線吸収剤のピーク分離度や形状を比較した。その結果, 各物質の保持時間が短く, EMCの前に出現するBMBのピークのテーリングが少なく最も分離がよかったCAPCELL PAK C18 UG120を用いることにした。

(a) 310 nm



(b) 254 nm

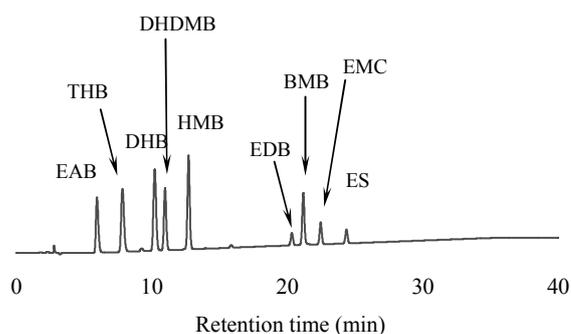


Fig. 1. HPLC chromatogram of 9 ultraviolet absorbers detected at 310 nm (a) and 254 nm (b)

The concentration of each chemical in the injection solution was about 100 $\mu\text{g/ml}$.

HPLC conditions: column; CAPCELL PAK C18 UG120 (4.6 mm i.d. \times 250 mm), column temperature; 40 $^{\circ}\text{C}$, mobile phase; solvent A = water, solvent B = THF (gradient time table as mentioned in the text), flow rate; 1.0 ml/min, detection wavelength; 310 nm, injection volume; 10 μl .

移動相としてYokoyamaら⁷⁾はA液, B液をそれぞれ濃度の異なるTHF溶液を用いた2段階のグラジエント条件を報告している. 今回, A液を水, B液をTHFとして, 初期のTHF濃度は40%, 30分かけて70%までリニアグラジエントした. その結果, 移動相を2段階のグラジエントをしなくとも9種の紫外線吸収剤を30分以内に良好に分離することが可能であった.

検出波長としては310 nmが多くの紫外線吸収剤をバランスよく検出できるとしている.^{7,8)} 254 nmは一般的にベンゼン骨格を有する化学物質に使われることが多いが, グラジエント条件ではクロマトグラムのベースラインの上昇が認められ, 定量性にも欠ける. ここでは同時分析のため, 報告⁷⁾の通り310 nmを検出波長として選択した. 本HPLC条件での9種の紫外線吸収剤のクロマトグラムをFig.1に示した.

他の化粧品配合成分が対象とする紫外線吸収剤のピークと重なり定量に妨害を及ぼすかどうか検討した. 検討した中では, プロピルパラベンがTHBの直前に出現した. 4,4'-DihydroxybenzophenoneがEABとほぼ重なり, デヒドロ酢酸, サリチル酸は近い位置にあるが分離は可能であった. 比較的頻度高く配合される安息香酸, デヒドロ酢酸, ソルビン酸, フェノキシエタノール, ジブチルヒドロキシトルエン, ブチルヒドロキシアニソールは妨害がないとされている.⁷⁾したがって, 今回検出された紫外線吸収剤の定量に妨害はなかったと考えられる.

2. 検量線と定量限界

紫外線吸収剤は5 ~ 100 µg/mlの濃度範囲でピーク面積との間に良好な直線関係が得られた (Fig.2). 310 nmを検出波長としたとき, 同じ濃度での各紫外線吸収剤のピーク面積はEDBが最も高くEMCが次であった. 例えば, EMCについてクロマトグラム上のピークとベースラインのシグナル-ノイズ (S/N) 比をもとに検出限界値及び定

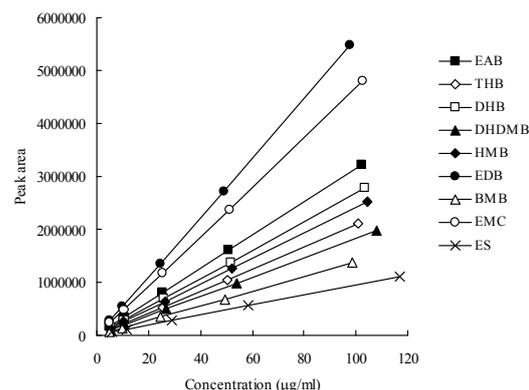


Fig.2. Calibration curves of 9 ultraviolet absorbers

EAB = ethyl *p*-aminobenzoate,

THB = 2,2',4,4'-tetrahydroxybenzophenone,

DHB = 2,4-dihydroxybenzophenone,

DHDMB = 2,2'-dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone,

HMB = 2-hydroxy-4-methoxybenzophenone,

EDB = 2-ethylhexyl *p*-dimethylaminobenzoate,

BMB = 4-*tert*-butyl-4'-methoxydibenzoylmethane,

EMC = 2-ethylhexyl-*p*-methoxycinnamate,

ES = 2-ethylhexyl salicylate.

量限界値を求めた. S/N = 3を検出限界とした場合, 試験溶液中のEMC濃度は0.013 µg/ml, S/N = 10を定量限界とした場合は0.044 µg/mlであった. この値は規制値を超えているかどうかの判断には十分な検出感度であることを示している.

本法によるクロマトグラムの再現性を確認するため, 混合標準液を4回繰り返し注入し, ピーク面積を測定した. Table 1に示すように, いずれの濃度においても各物質は再現性良く検出された.

Table 1. Reproducibility of peak area for 9 ultraviolet absorbers

Chemical	Abbreviation	Retention time (min)	Peak area RSD (% , n=4)				
			5 µg/ml	10 µg/ml	25 µg/ml	50 µg/ml	100 µg/ml
Ethyl <i>p</i> -aminobenzoate	EAB	5.9	0.30	0.16	0.69	0.75	1.68
2,2',4,4'-Tetrahydroxybenzophenone	THB	7.9	0.19	0.26	0.81	0.79	1.86
2,4-Dihydroxybenzophenone	DHB	10.2	0.15	0.11	0.64	0.83	1.70
2,2'-Dihydroxy-4,4'-dimethoxybenzophenone	DHDMB	10.9	0.20	0.18	0.74	0.73	1.72
2-Hydroxy-4-methoxybenzophenone	HMB	12.6	0.27	0.20	0.69	0.76	1.68
2-Ethylhexyl <i>p</i> -dimethylaminobenzoate	EDB	20.2	0.21	0.22	0.65	0.77	1.71
4- <i>tert</i> -Butyl-4'-methoxydibenzoylmethane	BMB	21.1	0.38	0.18	0.96	1.03	1.70
2-Ethylhexyl- <i>p</i> -methoxycinnamate	EMC	22.4	0.21	0.18	0.69	0.78	1.66
2-Ethylhexyl salicylate	ES	24.3	0.27	0.28	0.67	0.76	1.63

3. 添加回収試験と定量再現性

化粧品中の成分の定量では、THFを抽出溶媒として加え超音波処理して抽出し、そのまま試験溶液とすることが多い。^{5,7)} ここでも同様の抽出法を用いることにした。クリーム、乳液および化粧水に紫外線吸収剤9種を1%量

添加して回収試験を行ったところ、Table 2に示すように全ての物質が良好に回収できた。

対象物質を配合した日焼け止め乳液を試料として繰り返し試験を行った結果、いずれの回も同様な定量値を示し、本試験法の良好な再現性が確認された (Table 3)。

Table 2. Recovery of ultraviolet absorbers added in cosmetics

Chemical	Recovery (%)*		
	Cream	Milky loation	Lotion
EAB	99.3 ± 0.9	99.1 ± 0.5	98.3 ± 0.6
THB	99.4 ± 0.9	99.6 ± 0.8	98.7 ± 0.6
DHB	99.0 ± 1.0	99.7 ± 0.6	98.5 ± 0.6
DHDMB	99.5 ± 1.0	99.7 ± 0.6	98.3 ± 0.7
HMB	99.2 ± 0.9	99.6 ± 0.6	98.5 ± 0.7
EDB	98.9 ± 1.0	99.5 ± 0.6	98.5 ± 0.7
BMB	100.3 ± 0.9	100.9 ± 0.5	99.8 ± 0.8
EMC	99.0 ± 0.9	104.1 ± 0.7	98.4 ± 0.6
ES	99.1 ± 0.9	99.5 ± 0.6	98.4 ± 0.6

Spiked concentration was 1% for each chemical.

* Values are mean ± standard deviation (SD) (n=4).

Table 3. Reproducibility study for the determination of ultraviolet absorbers by a repeat test

Chemical	Concentration found (%)				RSD (%)		
	Experiment				Mean	SD	
	1	2	3	4			
HMB	4.54	4.54	4.53	4.40	4.50	0.07	1.49
EMC	7.07	7.07	7.05	6.85	7.01	0.10	1.49
ES	9.34	9.36	9.34	9.08	9.28	0.13	1.45

Table 4. Concentration of ultraviolet absorbers in the sun care products

No.	Item	Manufacturer	SPF	Concentration (%)			
				HMB	BMB	EMC	ES
1	Moisture lotion	A	0	nd	nd	0.007	nd
2	Moisture milky lotion	A	0	nd	nd	0.007	nd
3	Sunscreen lotion	B	30	3.91	nd	7.52	8.27
4	Sunscreen milky lotion	B	16	2.24	nd	7.08	nd
5	Sunscreen milky lotion	B	30	3.82	1.87	7.15	9.46
6	Sunscreen milky lotion	B	50	4.65	nd	7.22	9.57
7	Sunscreen milky lotion	C	18	2.78	0.07	7.22	nd
8	Sunscreen cream	D	20	nd	nd	5.69	nd

nd = not detected (<0.0002%, limit of detection).

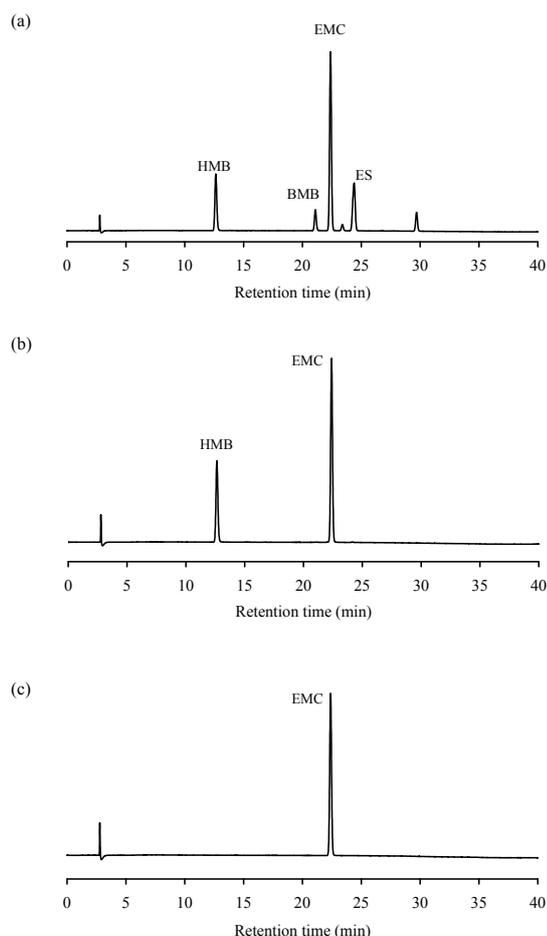


Fig.3. Typical chromatograms for cosmetics containing ultraviolet absorbers

Sample (a) No.27, (b) No.29, (c) No.30.

HPLC conditions and peak identification were as described in Fig.1 and 2.

4. 各種試料への適用

東京都及び神奈川県で購入した化粧品計8種について分析した。これらは化粧品全成分表示が義務付けられる以前に購入し保管されていたものであり、製品内容についての表示が失われているものもある。EMCはメトキシケイ皮酸オクチル、ESはサリチル酸オクチル、HMBはオキシベンゾンという成分名で記載されている製品もあった。日焼け止め用とうたう製品にはEMCが5～8%の量で配合されていた。一方、そうでない製品ではEMCの量は少なかった。また、5種の製品については、今回分析対象とした物質が複数配合されていることを確認した。ESが配合された場合は9%前後、HMBも比較的多く併用されていることがわかった (Table 4)。

平成18年度一斉試験として19都府県からEMCを含有

する70検体を収去した。それらの品目(使用目的)、性状、表示されているSPF及びPA、並びに日本国以外で製造されたものについてはその製造国名をTable 5にまとめて示した。試料の典型的なHPLCクロマトグラムをFig.3に示した。各検体とも2～4回繰り返し試験を行い、得られた定量値(%)の平均±標準偏差値を示した (Table 5)。今回の収去品の中でEMCの最高値は12%弱、一方、幼児用の口紅には0.2%と少なかった。

5. 紫外線吸収剤定量値と紫外線防御指標との関係

SPF (sun protection factor) は中波長紫外線UVB (290～320 nm) の防御能を表す指標として国際的に用いられている。^{1,9)} SPFの測定は人工太陽光を用いた光源を被験者の背部に照射して行い、わずかな日焼けを起こす最小の紫外線量を製品塗布部と無塗布部で測定し、これらの比で求める。⁹⁾ EMCは代表的な強いUVB吸収剤であり、2%配合するとSPFは4、7.5%では10～12となる。¹⁰⁾ EMCの配合量を増加するにつれてSPFは上がるものの、一定濃度以上ではSPFはそれ以上高くないとされている。¹⁰⁾ そのため、第二の紫外線吸収剤を添加して相乗効果を利用することが行われている。

長波長紫外線UVA (320～400 nm) の防御能を表す指標としてPA (Protection grade of UVA) が日本で用いられている。PAは+～+++まで3段階あり、+の多い方が防止効果は強い。しかしPAは国や地域によって表現方法に違いがあり国際的に統一されていない。⁹⁾

分析結果をもとに、製品中のEMC量または紫外線吸収剤の総量と紫外線防御指標SPF及びPAとの間に関係があるかどうか調べた。SPF及びPA値が高いほど紫外線吸収剤が多量に含まれるものが多いが、EMCあるいは紫外線吸収剤総量とSPA及びPAの間には明らかな相関は認められなかった (Fig.4, 5)。紫外線吸収剤によって吸収効率異なること、今回分析していない無機系微粒子も紫外線散乱剤として紫外線防御に働くこと、さらにそれぞれの成分の配合比が紫外線防御効果に影響することが知られており、こうした複雑な要因が関与しているものと考えられる。^{1,10)}

Table 5. Concentration of ultraviolet absorbers in various cosmetics

No.	Item	Form	SPF*	PA*	Country	Concentration (%)**		BMB	HMB	ES
						EMC				
1	Sunscreen	Milky lotion	40	++	Japan	2.01	± 0.02	nd***		
2	Sunscreen	Cream			Japan	0.07	± 0.05			
3	Face powder	Powder			Germany	0.44	± 0.03			
4	Foundation	Milky lotion	27	++	Japan	2.97	± 0.00			
5	Foundation	Milky lotion			Japan	0.99	± 0.04			
6	Sunscreen	Milky lotion	30	++	Japan	4.88	± 0.02	0.15	± 0.03	
7	Moisture lotion	Milky lotion			Japan	0.13	± 0.03			
8	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	10.11	± 0.29			
9	Moisture lotion	Milky lotion			Japan	1.90	± 0.13			
10	Foundation	Powder	25	++	Japan	2.72	± 0.09			
11	Face powder	Powder	20	++	Japan	2.85	± 0.17			
12	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	9.33	± 0.46			
13	Lip balm	Stick			Japan	1.88	± 0.10			
14	Lip balm	Stick			Japan	1.81	± 0.15			
15	Sunscreen	Cream	17	++	Japan	5.32	± 0.05	1.83	± 0.03	
16	Sunscreen	Liquid	10		Japan	5.68	± 0.23	0.96	± 0.69	
17	Sunscreen	Milky lotion	50+	++	Japan	7.44	± 0.10	0.05	± 0.01	
18	Foundation	Powder			Japan	0.32	± 0.05	0.07	± 0.03	
19	Sunscreen	Milky lotion	47	+++	Japan	6.92	± 0.08	1.18	± 0.63	
20	Foundation	Milky lotion	30	++	Japan	5.88	± 0.14			0.04 ± 0.04
21	Foundation	Cream	25	++	Japan	4.65	± 0.01			
22	Massage cream	Cream			Switzerland	1.93	± 0.00			0.31 ± 0.06
23	Massage cream	Cream			Switzerland	0.57	± 0.02	0.09	± 0.04	
24	Massage cream	Cream			Switzerland	0.61	± 0.02	0.09	± 0.04	
25	Sunscreen	Milky lotion	15		USA	8.65	± 0.44			
26	Moisture lotion	Milky lotion			Canada	7.57	± 0.15			
27	Sunscreen	Liquid	30		UK	7.62	± 0.02	2.40	± 1.23	
28	Moisture cream	Cream	4	+++	South Africa	3.62	± 0.44	0.72	± 0.36	10.35 ± 0.35
29	Lip balm	Stick	15		USA	4.65	± 0.31			4.00 ± 0.10
30	Foundation	Milky lotion	10	+	Japan	3.49	± 0.29			
31	Sunscreen	Cream			France	6.35	± 0.42			2.03 ± 0.08
32	Moisture lotion	Milky lotion	15		USA	9.51	± 0.57			
33	Sunscreen	Cream	18		Japan	8.22	± 0.54			
34	Foundation	Milky lotion	15	+	Japan	6.49	± 0.17			
35	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	8.71	± 0.07			
36	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	6.78	± 0.45			
37	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	9.00	± 0.25			
38	Foundation	Cream	20	++	Japan	5.21	± 0.31	4.80	± 2.61	
39	Hair cream	Cream			Japan	0.11	± 0.01			
40	Moisture lotion	Milky lotion			Japan	0.54	± 0.07	0.10	± 0.03	
41	Sunscreen	Milky lotion	30	++	Japan	5.70	± 0.20			
42	Foundation	Powder	35	++	Japan	7.64	± 0.06			
43	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	7.36	± 0.15			1.97 ± 0.07
44	Moisture lotion	Milky lotion	4		Japan	1.53	± 0.02			
45	Foundation	Powder	20	++	Japan	3.01	± 0.03			
46	Face powder	Powder	10	++	Japan	4.07	± 0.16	0.03	± 0.02	
47	Foundation	Milky lotion			Japan	2.87	± 0.05			
48	Foundation	Milky lotion	15	++	Japan	2.85	± 0.20			
49	Foundation	Milky lotion			Japan	6.58	± 0.35	0.79	± 0.05	
50	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	7.31	± 0.19			
51	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	10.05	± 0.32			
52	Essence	Milky lotion	28	++	Japan	6.65	± 0.11			
53	Sunscreen	Milky lotion	25	++	Japan	6.04	± 0.08			
54	Sunscreen	Milky lotion	25	++	Japan	8.86	± 0.38			
55	Sunscreen	Milky lotion	50+	+++	Japan	4.99	± 0.02			
56	Sunscreen	Milky lotion	20	++	Japan	4.98	± 0.11	1.01	± 0.05	
57	Sunscreen	Gel	25	++	Japan	4.91	± 0.03			
58	Sunscreen	Milky lotion	25	++	Japan	8.79	± 0.35			
59	Sunscreen	Cream	50	+++	Japan	11.93	± 0.23	2.48	± 2.15	
60	Sunscreen	Milky lotion	40	+++	Japan	3.34	± 0.09	1.32	± 2.02	
61	Sunscreen	Milky lotion	50	+++	France	7.72	± 0.30			1.92 ± 0.08
62	Foundation	Milky lotion	22	++	Japan	5.05	± 0.18	1.82	± 0.07	
63	Massage cream	Gel			Japan	0.03	± 0.00	0.12	± 0.01	
64a	Lipstick	Gel			Japan	0.22	± 0.00	0.12	± 0.00	
64b	Lipstick	Gel			Japan	0.20	± 0.01			
65	Moisture cream	Gel			Japan	0.004	± 0.000			
66	Essence	Gel			Japan	0.003	± 0.000	0.0002	± 0.0000	
67	Foundation	Powder			Japan	5.13	± 0.03			
68	Sunscreen	Gel	20	+	Japan	7.09	± 0.12	1.05	± 0.06	
69	Sunscreen	Cream	20	+	Japan	7.43	± 0.00	1.10	± 0.04	
70	Foundation	Milky lotion	20	++	Japan	4.17	± 0.02	0.25	± 0.00	

* Blank well means no indication on the sample.

** Values are mean ± standard deviation (n=2-4). Blank well means no indication and no determination of the chemical.

*** not detected (<0.0002%, limit of detection).

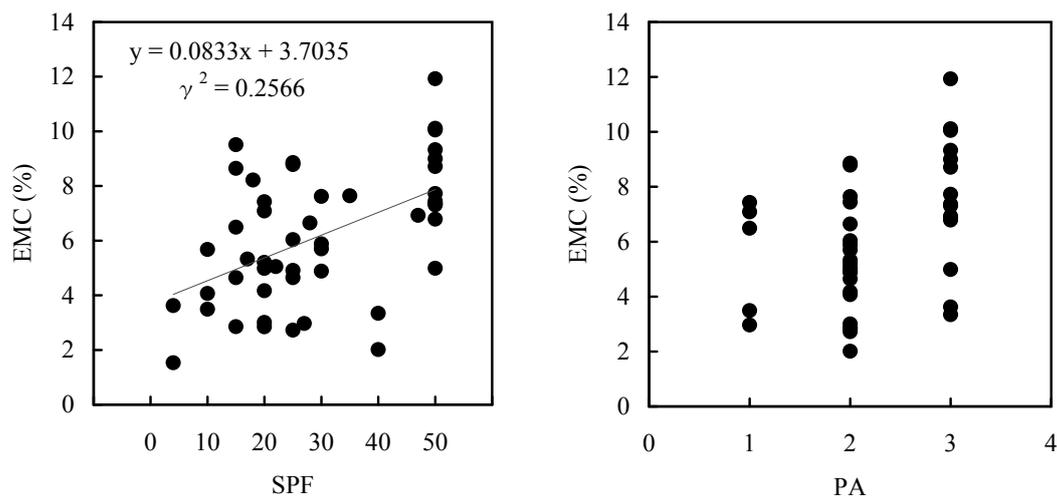


Fig.4. Correlation between ultraviolet protection index and EMC concentration in commercial samples
SPF = sun protection factor. PA = protection grade of UVA.

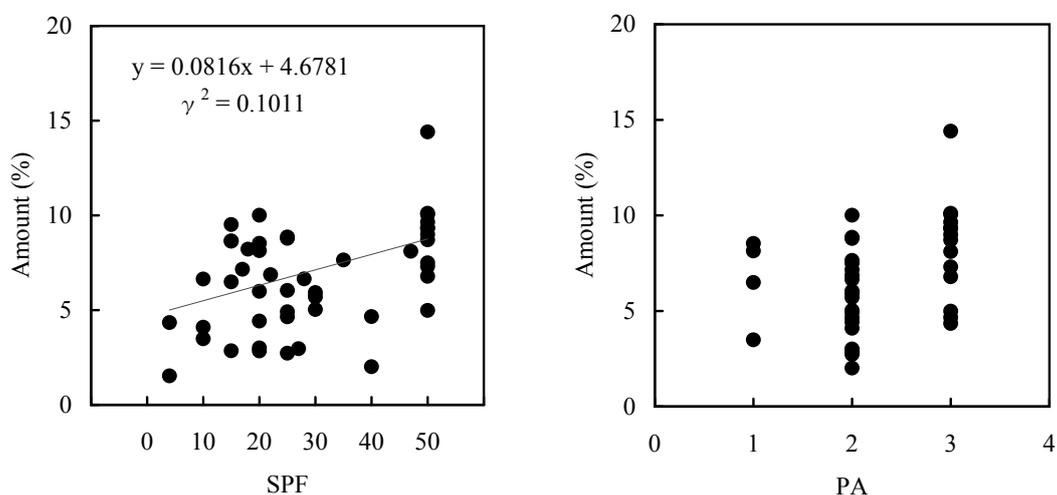


Fig.5. Correlation between ultraviolet protection index and the total amount of ultraviolet absorbers
in commercial samples
SPF = sun protection factor. PA = protection grade of UVA.

文献

- Miura, Y. and Takata, S.: "Technology of Evidence Based Cosmetics", eds. by Suzuki, M., CMC Publishing CO., LTD., Tokyo, pp. 105-117 (2004)
- Notification No.331 of Ministry of Health and Welfare (2000)
- MSDS, 2-Ethylhexyl 4-Methoxycinnamate. Tokyo Kasei Industry Co., Ltd. (2007)
- Notification of No.158 of Ministry of Health, Labour and Welfare (2001)
- "Method of Analysis in Health Science 2005," eds. By the Pharmaceutical Society of Japan, Kanehara & Co., Ltd., Tokyo, Japan (2005)
- Ohba, M., Nakamura, K. and Matsuoka, M.: Yakugaku Zasshi, 111, 542-545 (1991)
- Yokoyama, T., Mori, K., Nakamura, Y., Terajima, K., Ohnuki, N. and Ogino, S.: Ann. Rep. Tokyo Metr. Inst. P.H., 56, 105-110 (2005)
- Schakel, D.J., Kalsbeek, D. and Boer, K.: J. Chromatogr. A., 1049, 127-130 (2004)
- Ando, H. and Ichihashi, M.: "Technology of Evidence Based Cosmetics", eds. by Suzuki, M., CMC Publishing CO., LTD., Tokyo, pp. 199-204 (2004)
- Kano, J. and Andre, V.: "Advanced Cosmetics IV", eds. by Masaki, H., CMC Publishing CO., LTD., Tokyo, pp. 151-160 (2006)