

計畫編號：DOH 88-TD-1071

行政院衛生署八十八年度科技研究發展計畫

防曬係數之測定方法

研究報告

執行機構：嘉南藥理學院 化粧品應用與管理系

計畫主持人：林清宮

研究人員：林清宮、陳榮秀

執行期間：87年7月1日至88年6月30日

本研究報告僅供參考，不代表本署意見

目 錄

	頁 碼
目次	(I)
圖次	(II)
表次	(III)
一、摘要	(1)
二、前言	(3)
三、現況	(4)
四、計畫目的	(10)
五、材料與方法	(10)
六、結果	(14)
七、結論與建議	(26)
八、參考文獻	(28)
附錄	

共 (87) 頁

圖 次

	頁 碼
圖一、紫外線吸收波長	(4)
圖二、in vivo SPF 值測定方法	(5)
圖三、UVA/UVB 星號計算標準	(7)
圖四、 λ_c 計算公式	(7)
圖五、UVA 保護寬度星號計算標準	(7)
圖六、美國 FDA SPF4 乳液紫外線穿透圖譜	(15)
圖七、體外 SPF 測定(3M)	(24)
圖八、體外 SPF 測定(vitro skin)	(25)

表 次

頁 碼

表一、美國 FDA SPF4 乳液配方	(14)
表二、美國 FDA SPF4 乳液人體測定值	(15)
表三、防曬乳液配方(0~10 % MCX)	(18)
表四、防曬乳液配方(0~10 % MCX +1% pasol 1789)	(19)
表五、防曬乳液配方(0~10 % MCX +2 % pasol 1789)	(20)
表六、防曬乳液配方(0~10 % MCX +3 % pasol 1789)	(21)
表七、體外 SPF 值測定(3 M)	(22)
表八、體外 SPF 值測定(3 M)	(22)
表九、體外 SPF 值測定(3 M)	(22)
表十、體外 SPF 值測定(3 M)	(23)
表十一、體外 SPF 值測定(vitro skin)	(23)
表十二、市售防曬化粧品 SPF 值測定	(25)

一、摘要

防曬化粧品以防曬係數(Sun protection factor, SPF)表示其阻擋紫外線的有效性，不過目前防曬係數的測定仍有爭議。本計畫主要採用體外 (*In vitro*) SPF 測定法，作為防曬化粧品 SPF 值測定參考。

本計畫以美國 FDA SPF4 標準品、自行調製防曬乳液及市售防曬化粧品進行防曬係數測定。測定結果顯示，SPF4 標準品之檢測數值為 4.59 ± 0.1 。自行調製防曬乳液之 SPF 測定值與防曬成份添加量呈現 dose-dependent 關係。檢測市售化粧品分為防曬乳液、護唇膏、防曬粉底霜及粉餅等四類，結果顯示，產品劑型會影響檢測數值，其中以乳液及唇膏之誤差較小，粉底霜及粉餅之誤差值較大。

結論：SPF 值以人體試驗進行測定，相當耗時且費事，若以動物作為試驗對象，在保護動物的聲浪中，仍有限制，利用活體外測定 SPF 值不但較易操作且準確性高，此方法將是未來的發展趨勢。

關鍵詞：防曬係數、化粧品、測定方法、體外

Abstract

Sun protection factor (SPF) represents the ultraviolet protection efficacy of cosmetics. There are some arguments on methodology for SPF measurement. In this project, *in vitro* SPF measurement was carried out.

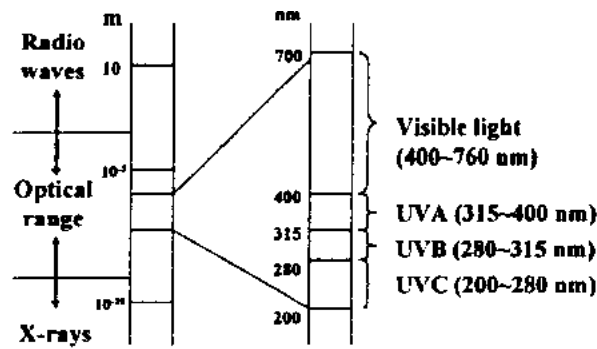
The FDA SPF 4 standard, commercial sunscreens and ingredient defined sunscreen creams were employed in this study. Results show that the SPF value of the FDA SPF 4 standard is 4.59 ± 0.1 . Dose-dependent curves were observed on the ingredient defined sunscreen creams. The commercial sunscreen products were divided into four formulation types. Results indicate that the SPF values could be affected by sunscreen formulation styles.

In conclusion, *in vivo* SPF measurement is time consuming, and *in vitro* method can be easily performed with high accuracy.

Key words: SPF; cosmetic; method; *in vitro*

二、前言：

隨著地球臭氧層的減少，紫外線穿越大氣層進入地球表面的量會逐漸增加，人體照射過量紫外線會引起皮膚曬傷紅腫、皮膚癌(Michielutte 等人, 1996)、皮膚變黑 (Pathak, 1996)、老化(Goihman-Yahr, 1996)、皺紋及免疫系統受損 (Walker and Young, 1997)等問題。紫外線依波長長短分為 UVA (400~320 nm), UVB (320~280 nm), UVC (280 或 290~230 nm)，其中 UVB 會引起皮膚曬傷紅腫，所謂的防曬係數即是指防曬用品延長皮膚曬傷的能力，因此一般的防曬係數只考量對 UVB 的隔離效果；最近有關 UVA 的防護也愈來愈受到重視，理由是 UVA 可穿透皮膚真皮層而造成皮膚變黑、老化、失去彈性以及容易產生皺紋等問題。相對地 UVC 可被大氣層濾掉，所以較不受重視。為了減少紫外線的傷害，防曬化粧品就變得比較熱門，許多化學性及物理性標榜高防曬係數或強調可同時隔離 UVA 及 UVB 的產品相繼開發出來，但是目前世界各國仍無統一的測定方法，而且根據我們初步測試的結果發現許多產品的有效性與所標示的功能有很大的出入，如果消費者使用不正確的防曬化粧品，則得不到應有的保護，而造成皮膚的嚴重傷害(Stender 等人, 1996.)，所以當務之急是建立可靠的 SPF 值及 UVA 防曬係數的測定方法，以作為防曬化粧品有效性評估的依據。



圖一、紫外線吸收波長

三、現況：

所謂 SPF 值的意義是皮膚因為塗抹防曬製品，而使皮膚產生紅斑或曬傷的時間延長，其所延長的時間倍數即為防曬係數(Sun Protection Factor, SPF), 換言之，有塗抹防曬製品的皮膚其最少能引起紅斑的紫外線量(Minimal Erythematol Dose, MED)會提高，而提高的倍數即為 SPF 值，其公式為：

$$\text{SPF} = \text{皮膚塗抹防曬劑部位之 MED} \div \text{未塗抹防曬劑部位之 MED}$$

依照 1978 年美國食品藥物管理局 (FDA) 的 *in vivo* SPF 值測定方法是將定量(2 mg/cm^2) 防曬製品均勻塗抹在皮膚上(通常使用背部，如圖二)，然後以自然光線或人工紫外線光源照射，經過 22 至 26 小時觀察照射部位之紅斑，計算其 MED，再利用上述公式算出 SPF 值。此方法雖然所得到的 SPF 值較有意義，但是由於施行

較困難且耗時，所以一般先使用 *in vitro* 方式防曬係數測定，最後再以此方法確認。



圖二、 *in vivo* SPF 值測定方法

In vitro 方式防曬係數測定最常用的方法是使用紫外線光譜儀 (Spectrophotometer) 在活體外進行紫外線吸收及穿透率測定，測定時有人 (Agrapidis-Paloympics 等人 1987) 先將防曬樣品溶於有機溶劑，經過適當稀釋後再進行測定；亦有人將防曬樣品塗抹在人工皮

膚複製樹脂上(Diffey 1988)，或直接將防曬樣品塗抹在特製材質(TransporeTM tape)上進行防曬係數測定(Diffey and Robson, 1989; Kelley 等人 1993)，其防曬係數計算是將不含防曬樣品之紫外線穿透率除以含防曬樣品時之紫外線穿透率，此方法在防曬係數較低時所測得之 SPF 值比較接近 *in vivo* 值，如果待測樣品為高防曬係數之產品則其誤差較大。

此外，由於紫外線照射會使 DNA 形成 pyrimidine dimers，而且照射劑量愈大則 pyrimidine dimers 形成數目愈多，如能有效隔離紫外線將可減少 pyrimidine dimers 數目，因此測定 pyrimidine dimers 數目也可作為防曬效果的指標。有人先利用 T4 DNA endonuclease V 切斷具 pyrimidine dimers 的 DNA，再使用同位素磷 32 標識方法測定 DNA 損害程度(Chatterjee 等人 1996)，亦有人直接使用 pyrimidine dimers 抗體測定之(Potten 等人 1993)，這些方法雖然可測定防曬係數，但是目前仍未被普遍使用。

由於 UVA 可穿透皮膚真皮層而造成皮膚變黑、老化、失去彈性以及容易產生皺紋等問題，所以 UVA 隔離的重要性近年來逐漸受到重視(Roelandts 等人 1989; Farr, 1985)，但是有關防曬化粧品隔離 UVA 的有效性測定方法，目前仍未統一。1986 年澳洲政府

(Australian standard)曾公佈一套 UVA 的有效性測定標準，方法是將防曬化粧品塗抹 0.008 mm 厚度，經過紫外線照射後，在 320~360nm 範圍內任何波長的穿透率均不得超過 10 %。然而目前所開發的 UVA 防曬成份有限，所以不易達到這個標準。1991 年 Boots the Chemist Ltd 採用 Diffey 博士的建議將產品 UVA 吸收光譜平均值除以 UVB 吸收光譜平均值，然後給予 0~4 個星號以代表 UVA 的有效性(圖三)。1994 年 Diffey 博士又提出修正方法：進行 UVA 吸收光譜測定後，利用下列公式(圖四)求得波長 λ_c ，波長 λ_c 代表 290~400nm 間吸收光譜積分值 90 %的關鍵波長，再依 λ_c 的位置給予 0~4 個星號(圖五)。

**UVA/UVB <0.2 (0), 0.2 < UVA/UVB <0.4 (★), 0.4 < UVA/UVB <0.6(★★),
0.6 < UVA/UVB <0.8 (★★★), 0.8 <UVA/UVB (★★★★)**

圖三、UVA/UVB 星號計算標準

$$\int_{290}^{\lambda_c} A(\lambda) d\lambda = 0.9 \int_{290}^{400} A(\lambda) d\lambda$$

圖四、 λ_c 計算公式， $A(\lambda)$ 為波長 λ 之吸光值

**$\lambda_c < 325 \text{ nm}$ (0), $325 \text{ nm} < \lambda_c < 335 \text{ nm}$ (★), $335 \text{ nm} < \lambda_c < 350 \text{ nm}$ (★★),
 $350 \text{ nm} < \lambda_c < 370 \text{ nm}$ (★★★), $370 \text{ nm} < \lambda_c$ (★★★★)**

圖五、UVA 保護寬度星號計算標準

日本自 1996 年 1 月 1 日起採用新的 UVA 防曬標準，稱為 PFA (protection factor of UVA)，其方法是在受測者約 20 cm²之區域塗抹 2 mg/cm² 的量，經過 UVA 照射 2~4 小時後，決定塗抹部位及未塗抹部位之最小持續曬黑的劑量(Minimal persistent darking dose, MPPD)，以塗抹部位之 MPPD 除以未塗抹部位之 MPPD 即得產品之 PFA 值，其標示法為 PA+(2<PFA<4), PA++(4<PFA<8), PA+++ (PFA>8)。

由於人種或皮膚膚色對防曬係數測定值有很大的影響，國外所測得的防曬係數不一定適合我國，國人的膚色等級與日本人相近，雖然可參照日本的標準，不過國內也必須進行適合國人的防曬係數測定。紫外線對東方人的傷害雖然不及西方人，但是據日本自 1970 年代至 1990 年代的研究指出，生活在天氣晴朗地區的人，得到皮膚癌的比率有明顯增加的趨勢，另外如陽光所引起的皮膚過度角質化病例也是快速地增加當中(Motoyoshi 等人，1998)。這些結果顯示紫外線對人類的傷害，已無人種的差別，國內雖然缺乏這方面的報告，但是隨著大氣層中臭氧層破洞的持續擴大，如果沒有做好紫外線的防護，國內類似的皮膚傷害將陸續發生。國人有美白的習慣，事實上防曬比美白更重要，如能做好防曬則皮膚乾燥、斑點、色素沉積、皺紋及老化等問題可避免惡化。

在防曬過程中，防曬化粧品是最基本的用品，而防曬化粧品的效果取決於防曬係數，世界各國因為膚色的不同，於是分別訂立自己的防曬係數測定標準，作為防曬商品的規範，例如美國(FDA)、德國(DIN)、澳洲(SAA)、南非(SABS)及日本(JCIA)等均有 UVB 之 SPF 值測定標準，有關 UVA 防護標準的訂立目前只有日本及澳洲兩國國家，我國至今未有適合國人的防曬係數測定標準，所以市面上的防曬係數標示五花八門，令人無法適從，本計畫的目的即是要建立適合國人的防曬係數測定標準。由於國人屬於東方人的膚質，而東方國家又以日本的防曬係數規範最完整(包括 UVB 及 UVA)，因此我國的防曬係數測定標準可以日本為重要參考。

我國訂立防曬係數測定標準時，有幾個重要因素需加以考慮：(1)測定時使用的紫外線光源--我國可使用日本標準所使用的 Solar-light 光源，因為此種光源較接近自然光 (2)防曬化粧品塗抹量--我國可使用 $2\text{mg}/\text{cm}^2$ 的濃度，世界各國除了德國 DIN 標準為 $1.5\text{ mg}/\text{cm}^2$ 外，其餘如日本、美國、澳洲、南非等均使用 $2\text{ mg}/\text{cm}^2$ (3)試驗對象-- 以人體試驗為主，為了得到適合國人的 SPF 值，所以人體試驗是必要的 (4)*in vitro* 或 *in vivo*--雖然人體試驗是必要的，但是仍然要有活體外測定法，以減少人體試驗的成本，並且可增加測定的準確度。

最近的統計顯示(Michielutte 等人, 1996)在美國每 5 個人當中就有 1

位被診斷為皮膚癌，而且比率有上升的趨勢，如果有正確且適當的防紫外線措施，將可有效降低皮膚癌的發生率(Naylor 等人, 1995; Michielutte 等人, 1996; Fourtanier, 1996)，因此站在預防保健的立場，政府相關單位有義務宣導正確的防紫外線措施，除了遮陽帽、陽傘外，防曬用品更是不可或缺。但是市面上的防曬用品琳瑯滿目，其防曬效能究竟是用何種方法測得？可靠性如何？是否真的具有隔離 UVA 的效果？這些疑問如果沒有客觀而且統一的方法加以解答，則消費者無所適從，甚至可能因為使用品質不佳的防曬化妝品而增加皮膚疾病的發生。

四、計畫目的：

1. 開發或評估現有方法找出準確、快速及再現性高的 SPF 值測定方法。
2. 檢驗市售防曬化粧品防曬標示的正確性。

五、材料與方法：

(1) 設備：In vitro SPF 測試儀 UV1000s (Labsphere, USA)

(2) 材料：SPF 標準樣品 (FDA SPF-4 Sunscreen standard，購自 Cosmetech Laboratories, USA)、有機溶劑 (Chloroform, Methanol

等)、市售防曬化粧品、B16 細胞株

(3) 實施方法及進行步驟：

In vitro SPF 儀器測定法：

先暖機 20 分鐘，經過背景校正後，將 SPF4 標準樣品 (2 mg/cm²) 均勻塗抹在 *In vitro* SPF 測試儀(型式 UV1000S)之測試石英板上，任選五個區域測量 280~400 nm 之紫外線的穿透率，由電腦計算各種波長之紫外線的穿透率及 SPF 值，重複測定三次求取平均值，所得的 SPF 值如果等於 4 ± 1.4 則表示此方法的準確度可接受。

紫外線光譜儀測定法(稀釋法)：

原理與 *In vitro* SPF 儀器測定法類似，不同處是此法測定時標準測試樣品必須先經過有機溶劑如酒精(含 1% 醋酸)溶解，再以 0.8 mg/ml 稀釋濃度進行紫外線穿透率測定，找出最低穿透率，以未溶解防曬樣品時之紫外線的穿透率(通常為 100 %) 除以有溶解防曬樣品時之最低穿透率，重複測定三次求取平均值，再計算其誤差。此方法測定值與所使用的溶劑有關，所以必須使用適合的溶劑，才能得到較正確的 SPF 值，另外由於防曬劑中的成份例如柔軟劑也會影響 SPF 值，導致此方法會有不可避免的誤差存在，但是在國內 *In vitro* SPF 測試儀的數目

遠不如紫外線光譜儀普遍，因此紫外線光譜儀測定法仍具有實用性。

其操作步驟如下：

1. 以電動天平秤取 0.02 公克樣品。
2. 以 25 ml 有機溶劑溶解，如不易溶解則利用超音波震盪處理，使最後濃度為 0.8 mg/ml。
3. 取 2 ml 之最終稀釋液置於紫外線光譜儀測試石英管中。
4. 紫外線光譜儀先暖機，然後以有機溶劑做背景校正。
5. 使用 280~400 nm 光源進行樣品透光率測定。
6. 找出透光率最低值並記錄之。
7. 以 100 % 除以透光率最低值即為 SPF 值。

細胞存活率測定法：

紫外線除了會造成人體皮膚的傷害外，也會有殺細胞功能，因此利用防曬產品隔離紫外線，使細菌接受的紫外線量減少，所造成細胞存活率升高的倍數，也可作為防曬效率的指標。

此防曬係數測定方法，雖然與人體試驗或動物試驗一樣耗時費事，但是在反對動物試驗的聲浪下，以及人體試驗不易掌控及進行的情形

下，如果一定要進行活體試驗，以細胞或其他微生物代替將是一個值得開發的方法。

In vitro UVA 測定法：

利用 *In vitro* SPF 測試儀(型式 UV1000S)或是紫外線光譜儀測定防曬化妝品的紫外線吸收光譜，將 280~320 nm 與 320~400 nm 之間的吸收值分別積分，再利用 UVA/UVB 星號計算標準或是 UVA 保護寬度星號計算標準進行 UVA 保護效率評估。其操作步驟如下：

1. 將樣品塗抹在 *In vitro* SPF 測試儀之測試板上或是如紫外線光譜儀測定法先經過稀釋(方法如前述)。
2. 使用 280~400 nm 光源進行樣品紫外線吸收光譜測定。
3. 計算 280~320 nm 與 320~400 nm 之間的吸收總積分值並記錄之。
4. 以 UVA/UVB 星號計算標準或是 UVA 保護寬度星號計算之。

日本標準法中並無 *in vitro* UVA 防曬的測定，目前僅有澳洲標準可供參考，其標準是防曬化妝品必須抑制 90%的 UVA(320~350nm)才能在產品上標示具有 UVA 保護能力，此標準過於嚴苛，即使將日本 PFA 標準品用此法測試，也不能達到此標準，因此以 UVA/UVB 星號計算標準或是 UVA 保護寬度星號表示應該較能接受。

六、結果：

1. SPF4 標準品測試：

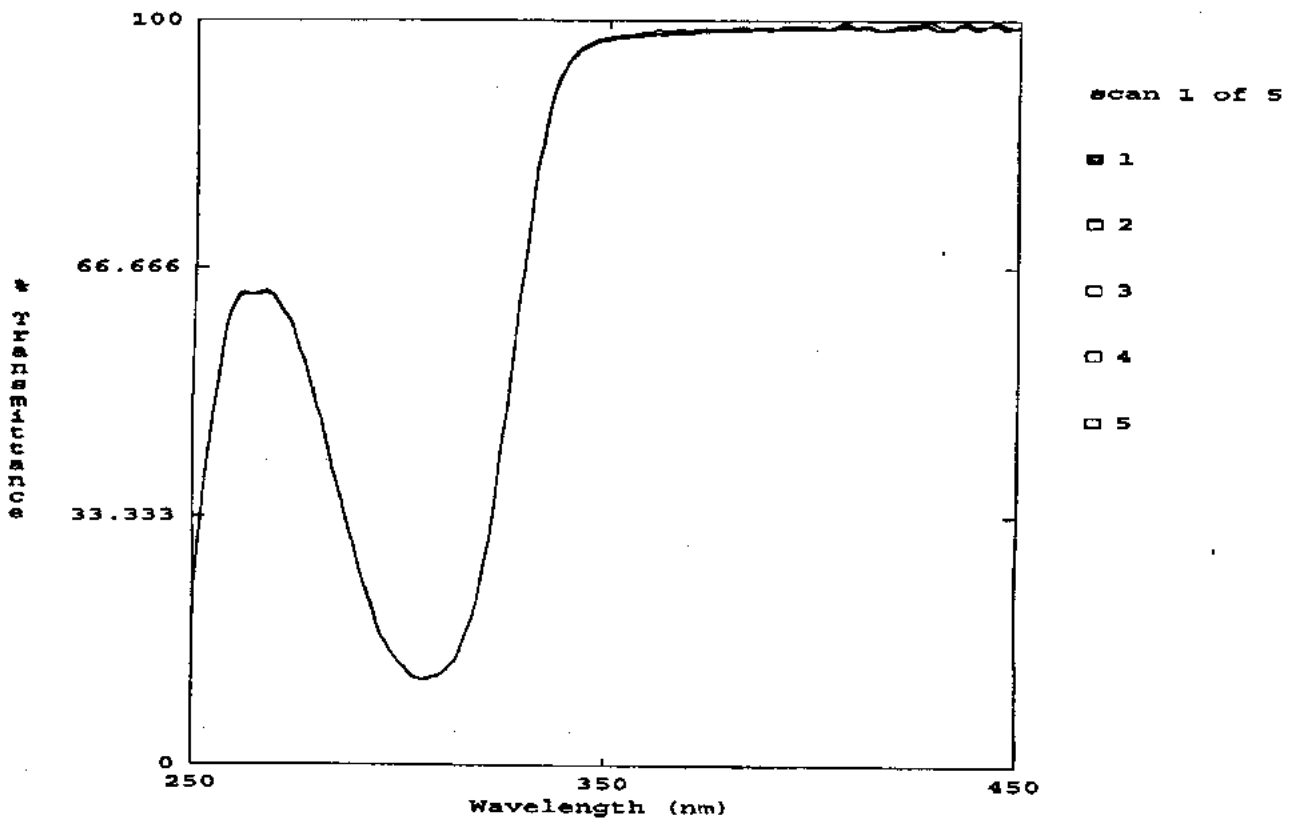
為了建立正確之防曬係數測定方法，我們以 SPF4 標準品(成份如表一)作為評估根據，如果測定結果之標準差小於 1.4 (即 $SPF=4 \pm 1.4$) 則表示該測試方法之準確度可接受。利用 *In vitro* SPF 測試儀 UV1000s 測試其 SPF 值為 4.59 標準差為 0.1 與人體試驗所得到的 SPF 值 (4.35) 相當接近。圖六為 SPF 4 標準品之紫外線穿透圖譜，此圖譜顯示其主要阻擋的紫外線波長為 280 nm，至於 UVA 波段則無任何的保護能力，此結果與預期相符。

表一、美國 FDA SPF4 乳液配方

成份	含量
Methylparaben	0.10
Disodium EDTA	0.05
Propylene Glycol	5.00
Triethanolamine	1.00
Lanolin	5.00
Homosalate	8.00
White Petrolatum	2.50
Stearic Acid	4.00
Propylparaben	0.05
Water	74.3

表二、美國 FDA SPF4 乳液人體測定值

編號	性別	SPF 值	編號	性別	SPF 值
1	F	5.0	11	F	4.0
2	F	4.0	12	M	4.0
3	F	4.0	13	F	4.0
4	F	4.0	14	F	5.0
5	M	5.0	15	F	4.0
6	F	4.0	16	F	5.0
7	F	5.0	17	F	4.0
8	F	4.0	18	F	4.0
9	F	5.0	19	F	5.0
10	F	4.0	20	F	4.0



圖六、美國 FDA SPF4 乳液紫外線穿透圖譜

1. 自行配製樣品之 SPF 測定：

為了得到不同 SPF 值之樣品，我們自行配製防曬樣品，主成份為 MCX(以 UVB 吸收為主)及 Pasol 1789(以 UVA 吸收為主)，其中 MCX 添加量為 0~10 %，Pasol 1789 添加量為 0~3 %，詳細之配方如表三~六所示。作法是先將 phase A 及 phase B 分別加熱至 80 °C，待完全溶解後將 phase A 慢慢加入 phase B 並且不斷攪拌，直到溫度降到室溫備用。體外 SPF 測定利用 3M 膠帶由 3 位人員分別操作，所得到的結果，計算平均值及標準差，結果如表七~十所示，SPF 值與所含之防曬成份劑量有正相關(圖七)。

另外，為了探討塗抹材質對 SPF 值之影響，我們比較 3M 與 vitro skin 兩種材質之 SPF 值，結果如表十一所示，在低 SPF 值兩者之差異較小，而高 SPF 值樣品則差異增大，人造皮所得之 SPF 值明顯低於 3M 之結果(圖七、八)。

3. 市售防曬化粧品之 SPF 測定：

目前市面上的防曬化粧品種類繁多，許多產品均標榜高 SPF 值，有些產品甚至標示 SPF 50 以上，依照防曬化粧品的特性如果 SPF 大於 30 事實上效果並無多大差別，適時補充防曬劑反而更重要。

利用相同的方法，我們檢測市售防曬化粧品，由紫外線穿透光譜得知有些產品只具有 UVB 防曬能力，有些產品具有 UVB 及 UVA

防曬能力；這些產品所標示的 SPF 值大部分為 SPF 15，但是測試結果有許多與標示不符(表十二)。其原因可能是目前世界各國尚未有統一的測定標準，導致由各國輸入的產品無法測得一定的 SPF 值。

表三、 防曬乳液配方(0~10% MCX)

成分 \ 種類		MCX 0%	MCX 2%	MCX 4%	MCX 6%	MCX 8%	MCX 10%
		A	Kowax K-32	8.5	8.5	8.5	8.5
Liponate SS (stearyl stearate)	2.5		2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Lipovol MOS 70	8.0		8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Finsolv TN (cetyl lactate)	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Uniphon P-23 (propyl paraben)	0.5		0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Pasol 1789	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MCX	0.0		2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
Unimer U-151 (PVP/Hexadecene copolymer)	2.0		2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
B	Unieide U-13 (methyl paraben)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Liponic EQ-7 (Glycereth-7)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Liponic 70 NC (sorbitol)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Pentavitin (saccharide isomerate)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Lipowax P-31 (cetearyl alcohol and polysorbate)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	WATER	68.7	66.7	64.7	62.7	60.7	58.7
總體積		100ml	100ml	100ml	100ml	100ml	100ml

表四、 防曬乳液配方(0~10 % MCX +1% pasol 1789)

成分 \ 種類		MCX 0% +1%1789	MCX 2 % +1%1789	MCX 4% +1%1789	MCX 6% +1%1789	MCX 8% +1%1789	MCX 10% +1%1789
A	Kowax K-32	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	Liponate SS (stearyl stearate)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	Lipovol MOS 70	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Finsolv TN (cetyl lactate)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Uniphon P-23 (propyl paraben)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Pasol 1789	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	MCX	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
	Unimer U-151 (PVP/Hexadecene copolymer)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
B	Unieide U-13 (methyl paraben)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Liponic EQ-7 (Glycereth-7)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Liponic 70 NC (sorbitol)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Pentavitin (saccharide isomerate)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Lipowax P-31 (cetearyl alcohol and polysorbate)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	WATER	68.7	66.7	64.7	62.7	60.7	58.7
總體積		100ml	100ml	100ml	100ml	100ml	100ml

表六、 防曬乳液配方(0~10 % MCX +3 % pasol 1789)

成分 \ 種類		MCX 0% +3%1789	MCX 2% +3%1789	MCX 4% +3%1789	MCX 6% +3%1789	MCX 8% +3%1789	MCX 10% +3%1789
A	Kowax K-32	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5
	Liponate SS (stearyl stearate)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
	Lipovol MOS 70	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	Finsolv TN (cetyl lactate)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
	Uniphon P-23 (propyl paraben)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	Pasol 1789	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	MCX	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
	Unimer U-151 (PVP/Hexadecene copolymer)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
B	Unicide U-13 (methyl paraben)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	Liponic EQ-7 (Glycereth-7)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
	Liponic 70 NC (sorbitol)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Pentavitin (saccharide isomerate)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Lipowax P-31 (cetearyl alcohol and polysorbate)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	WATER	68.7	66.7	64.7	62.7	60.7	58.7
總體積		100ml	100ml	100ml	100ml	100ml	100ml

表七、體外SPF值測定(3 M)

3M	0%1789	0%1789	0%1789	AVERAGE	SD
0%MCX	1.1	1.1	1.2	1.1	0.1
2%MCX	4.9	3.6	4.1	4.2	0.7
4%MCX	7.6	5.2	5.3	6.0	1.4
6%MCX	8.9	8.4	8	8.4	0.5
8%MCX	8.9	9	8.9	8.9	0.1
10%MCX	11.7	11	11	11.2	0.4

表八、體外SPF值測定(3 M)

3M	1%1789	1%1789	1%1789	AVERAGE	SD
0%MCX	2.3	2.2	2.4	2.3	0.1
2%MCX	12.2	9.3	10.1	10.5	1.5
4%MCX	23.7	21.4	20	21.7	1.9
6%MCX	25	29.5	26.3	26.9	2.3
8%MCX	31.1	31.4	30.4	31.0	0.5
10%MCX	39.9	51.8	45.6	45.8	6.0

表九、體外SPF值測定(3 M)

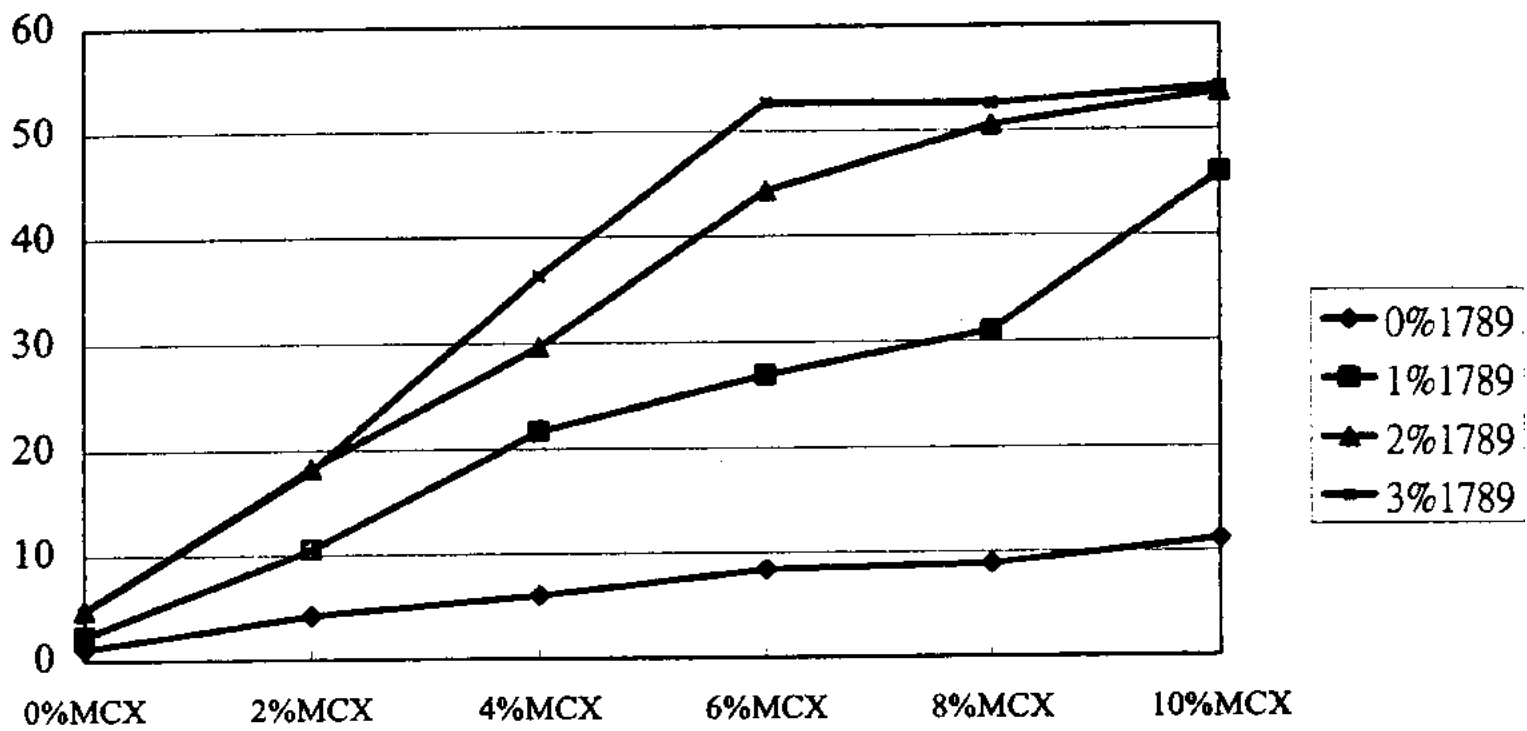
3M	2%1789	2%1789	2%1789	AVERAGE	SD
0%MCX	5.3	4.2	5	4.8	0.6
2%MCX	14.8	16.8	23.2	18.3	4.4
4%MCX	26.3	30.7	31.7	29.6	2.9
6%MCX	33.2	52.3	47.6	44.4	10.0
8%MCX	43.5	56.6	51.5	50.5	6.6
10%MCX	51.9	48.7	60.1	53.6	5.9

表十、體外SPF值測定(3 M)

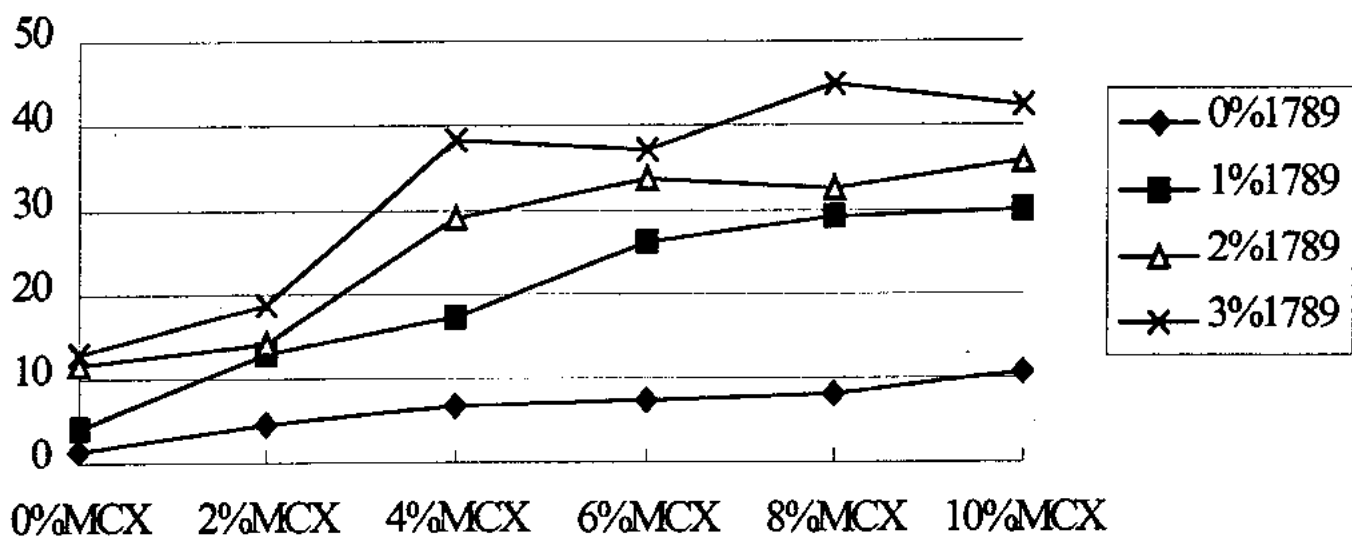
3M	3%1789	3%1789	3%1789	AVERAGE	SD
0%MCX	5	4.2	5	4.7	0.5
2%MCX	13.6	19.3	21.2	18.0	4.0
4%MCX	32.5	40	38.3	36.9	3.9
6%MCX	56	52	50.1	52.7	3.01
8%MCX	55.7	49.4	52	52.4	3.17
10%MCX	48.8	59.4	53.8	54.0	5.3

表十一、體外 SPF 值測定(vitro-skin)

vitro-skin	0%1789	1%1789	2%1789	3%1789
0%MCX	1.4	4.1	11.8	13
2%MCX	4.6	13	14.1	18.8
4%MCX	6.8	17.3	29.1	38.3
6%MCX	7.4	26.3	33.7	37.1
8%MCX	8.1	23.5	32.6	44.9
10%MCX	10.8	19.4	35.8	42.4



圖七、體外SPF值測定(3M)



圖八、體外SPF值測定(vitro skin)

表十二、市售防曬化粧品 SPF 值測定

產品編號	商品標示 SPF	測定值	UVA/UVB
1	15	13.8	★
2	15	17.5	★
3	15	52.2	★★★
4	15	22.2	★
5	15	30.0	★
6	15	48.0	★★★
7	15	22.9	★
8	15	17.5	★★★★
9	15	39.6	★★★
10	12	19.6	★★★

七、結論與建議：

目前世界各國均努力制定防曬係數之測定方法，本計畫已針對體外測定方法進行探討，在執行過程中發現，此測定方法之準確性有下列 6 個重要因素有關：

1. 稱重之準確性
2. 塗抹之均勻度
3. 風乾時間
4. 儀器校正
5. 場所之溫度與濕度
6. 操作人員的訓練

建議事項：

1. 稱重天平，靈敏度應達到小數點以下四位數，並且應記錄塗抹後之重量，作為參考。
2. 塗抹時手指應戴上無粉塑膠手套，並且注意塗抹方向及時間。
3. 風乾時間 3M 材質為 20 分鐘，人造皮為 15 分鐘，若超過時間宜丟棄重測。
4. 儀器每兩個月應定期校正。
5. 場所溫度宜保持 25 度左右，濕度宜保持 60~70 % 左右。

6. 新手操作前應了解整個操作流程及注意事項，指導人員必須從旁指導，直到熟練。新手應先以 FDA SPF4 標準品作為練習材料。
7. 如果能注意上述之事項，此方法相當值得相關檢測單位採用。

八、參考文獻：

- Agrapidis-Paloympics L, Nash R S. The effect of solvents on the ultraviolet absorbence of sunscreens. *J. Soc. Cosm. Chem.* 1987, **38**: 209-221.
- Australian Standard 2604-1986. 1986. *Sunscreen Products: evaluation and classification*. Standard Association of Australia.
- Boots the chemist Ltd. The guide to practical measurement of UVA/UVB ratios. The Boots Chemist, PLC, Nottingham, England.
- Carter, N. J. and Philp, J. 1990. An investigation of ultraviolet induced erythema using diffuse reflection spectroscopy. *International Journal of Cosmetic Science*. **12**, 33-42.
- Chatterjee, M. L. Agarwal R. Mukhtar H. 1996. Ultraviolet B radiation-induced DNA lesions in mouse epidermis: an assessment using a novel ³²P-postlabelling technique. *Biochemical & Biophysical Research Communications*. **229**(2):590-595.
- Department of Health, Education and Welfare, USFDA. Sunscreen drug products for over-the-counter human drugs, proposed safety, effective and labelling conditions. *Federal Register* **43**, 166.
- Diffey, B. L. 1989. Pitfalls in the *in vitro* determination of sunscreen protection factors using broad band ultraviolet radiation detectors and solar simulating radiation. *International Journal of Cosmetic Science*. **11**, 245-249.
- Diffey, B. L. 1994. A method for broad spectrum classification of sunscreens. *International Journal of Cosmetic Science* **16**, 47-52.
- Diffey, B. L. and Robson, J. A. 1989. A new substrate to measure sunscreen protection factor throughout the ultraviolet spectrum. *J. Soc. Cosmet.*

- Chem.* **40**, 127-133.
- Farr, P. M. 1985. How reliable are sunscreen protection factors? *Br. J. Dermatol.* **112**, 113-118.
- Ferguson, I., Brown, M. W., Hubbard, A. W., Shaw, M. I. 1988. Determination of sun protection factors. Correlation between in vivo human studies and an in vitro skin cast method. *International Journal of Cosmetic Science.* **10**, 117-129.
- Fourtanier, A. 1996. Mexoryl SX protects against solar-stimulated UVR-induced photocarcinogenesis in mice. *Photochemistry & Photobiology.* **64**, 688-693.
- Fukuda, M. 1996. UVA protection effect. *Frangrance Journal.* 21-30.
- Goihman-Yahr, M. 1996. Skin aging and photoaging: an outlook. *Clinics in Dermatology.* **14**, 153-160.
- Kelley, K. A., Laskar, P. A., Ewing, G. D., Dromgoole, S. H., Lichtin, J. L. and Sakr, A. A. 1993. *In vitro* sun protection factor evaluation of sunscreen products. *J. Soc. Cosmet. Chem.* **44**, 139-151.
- Lazar, G. M., Fructus, A. E., Baillet, A., Bocquet, J. L., Thomas, P. and Marty, J. P. 1997. Sunscreens' photochemical behaviour: *in vivo* evaluation by the stripping method. *International Journal of Cosmetic Science* **19**, 87-101.
- Merot, F., Seniuta, R., Benita, G. and Masson, Ph. 1992. Method for quantifying cutaneous pigmentation in animals and preliminary study in humans. *International Journal of Cosmetic Science.* **14**, 173-182.
- Meybeck, A. Objective methods for the evaluation of sunscreens. *Cosmet. Toil.* **98**, 51-60.
- Michielutte, R., Dignan, M. B., Sharp, P. C., Boxley, J., Wells, H. B. 1996.

- Skin cancer prevention and early detection practices in a sample of rural women. *Prevention Medicine*. **25**, 673-683.
- Motoyoshi, K., Ota, Y., Takuma, Y. and Takenouchi, M. 1998. Wrinkles from UVA exposure. **113**, 51-56.
- Naylor, M. F., Boyd, A., Smith, D. W., Cameron, G. S., Hubbard, D. and Neldner, K. H. 1995. High sun protection factor sunscreens in the suppression of actinic neoplasia. *Archives of Dermatology*. **131**, 170-175.
- Pathak, M. A. 1996. Sunscreens: progress and perspectives on photoprotection of human skin against UVB and UVA radiation. *Journal of Dermatology*. **23**, 783-800.
- Potten, C. S., Chadwick, C. A., Cohen, A. J., Nikaido, O., Matsunaga, T., Schipper, N. W., Young, A. R. 1993. DNA damage in UV-irradiated human skin in vivo: automated direct measurement by image analysis (thymine dimers) compared with indirect measurement (unscheduled DNA synthesis) and protection by 5-methoxypsoralen. *International Journal of Radiation Biology*. **63**, 313-324.
- Rhodes, L. E. Diffey, B. L. 1997. Fluorescence spectroscopy: a rapid, noninvasive method for measurement of skin surface thickness of topical agents. *British Journal of Dermatology* **136**(1):12-17.
- Roelandts, R., Sohrabvand, N., Garmyn, M. 1989. Evaluating the UVA protection of sunscreens. *Journal of the American Academy of Dermatology*. **21**, 56-62.
- Sayre, R. M. and Agin, P. P. 1990. A method for the determination of UVA protection for normal skin. *J. Am. Acad. Dermatol.* **23**, 429-440.
- Sayre, R. M. and Agin, P. P. 1984. Comparison of human protection factors

- to predicted factors using different lamp spectra. *J. Soc. Cosmet. Chem.* **35**, 439-445.
- Sayre, R. M., Poh Agin, P., LeVee, G. J. and Marlowe, E. 1979. A comparison of *in vivo* and *in vitro* testing of suncreening formulae. *Photochem. Photobiol.* **29**, 559-566.
- Stender, I. M., Lock-Anderson, J., Wulf, H. C. 1996. Sun-protection behaviour and self-assessed burning tendency among sunbathers. *Photodermatology, Photoimmunology & Photomedicine.* **12**, 162-165.
- Stockdale, M. 1987. A novel proposal for the assessment of sunscreen product efficacy against UVA. *International Journal of Cosmetic Science.* **9**, 85-98.
- Stockdale, M. 1987. UVA Sunscreens-methods for assessing their efficacy. *Cosmet. Toil.* **102**, 111-115.
- Summers, R. and Summers, B. 1993. South African sunscreen regulation: An exercise in cooperation. *Cosmetics & Toiletries.* **108**, 49-56.
- Sunscreen drug products for over-the-counter human use. 1978. *Federal Register.* **43**, 38206-38269.
- Taylor, J. T. 1990. DNA, sunlight and skin cancer. *J. Chem. Educ.* **67**, 835-841.
- Treffel, P. Gabard, B. 1996. Skin penetration and sun protection factor of ultra-violet filters from two vehicles. *Pharmaceutical Research.* **13(5)**:770-774.
- Walker, S. L. and Young, A. R. 1997. Sunscreens offer the same UVB protection factors for inflammation and immunosuppression in the mouse. *Journal of Investigative Dermatology.* **108**, 133-138.

Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

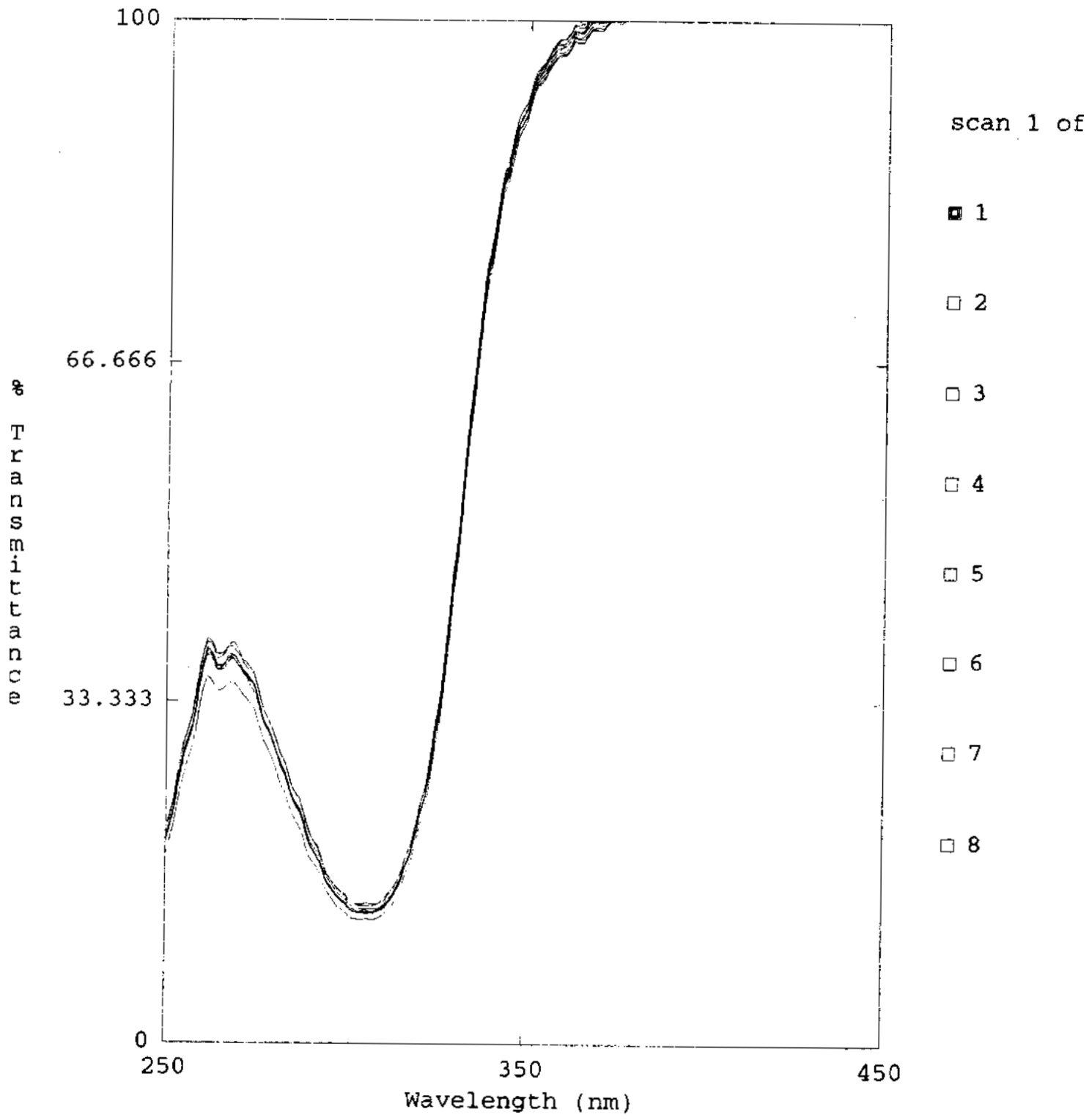
SPF Report

Sample: FDA SPF4
Operator:
Client: 3m 25.5度 64%
Comment: 0.0249-0.0120
Date: 26 Feb 1999
Time: 12:19 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	8	8	8
Mean:	4.59%	80.85%	17.63%
STD:	0.10%	0.55%	0.62%
COV:	2.23%	0.68%	3.50%
UVA Ratio:	0.12		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	4.56	330 nm	7	4.49	329 nm
2	4.61	329 nm	8	4.61	329 nm
3	4.63	329 nm	9		
4	4.61	329 nm	10		
5	4.79	330 nm	11		
6	4.45	329 nm	12		

FDA SPF4



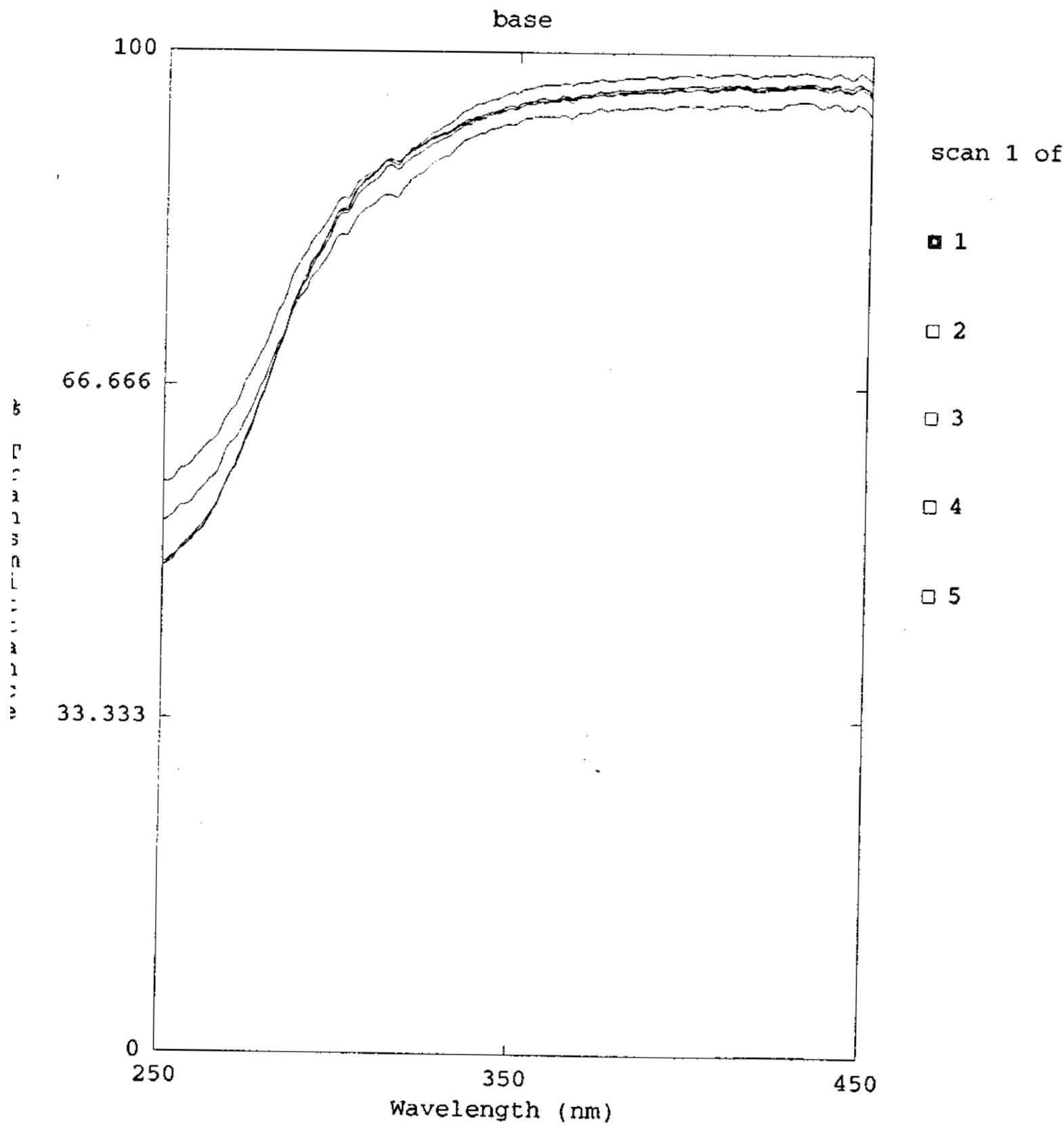
Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: bas e
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0252-0.0153
Date: 27 Jan 1999
Time: 5:17 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	1.14%	94.15%	81.32%
STD:	0.02%	1.11%	1.23%
COV:	1.51%	1.18%	1.51%
UVA Ratio:	0.35		
Star Category:	*	MODERATE	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	1.14	376 nm	7		
2	1.14	377 nm	8		
3	1.14	376 nm	9		
4	1.17	380 nm	10		
5	1.13	369 nm	11		
6			12		



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

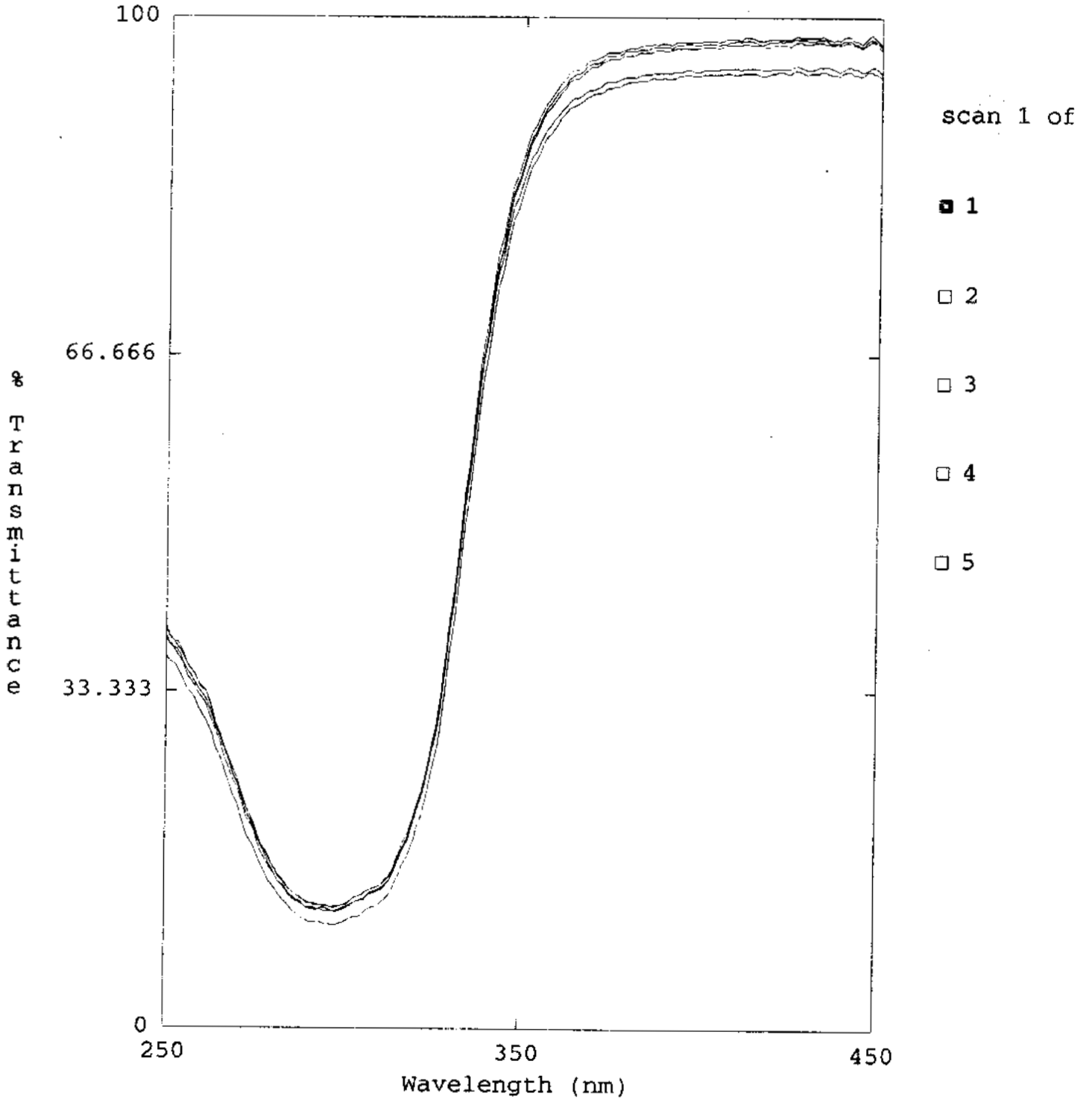
SPF Report

Sample: 2% MCX
 Operator: Tammy
 Client: 3M
 Comment: 0.0252-0.0160
 Date: 27 Jan 1999
 Time: 5:12 pm
 Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	4.90%	74.97%	12.90%
STD:	0.20%	1.29%	0.76%
COV:	4.15%	1.72%	5.89%
UVA Ratio:	0.15		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	4.86	334 nm	7		
2	4.81	333 nm	8		
3	5.25	336 nm	9		
4	4.78	336 nm	10		
5	4.78	334 nm	11		
6			12		

2%MCX



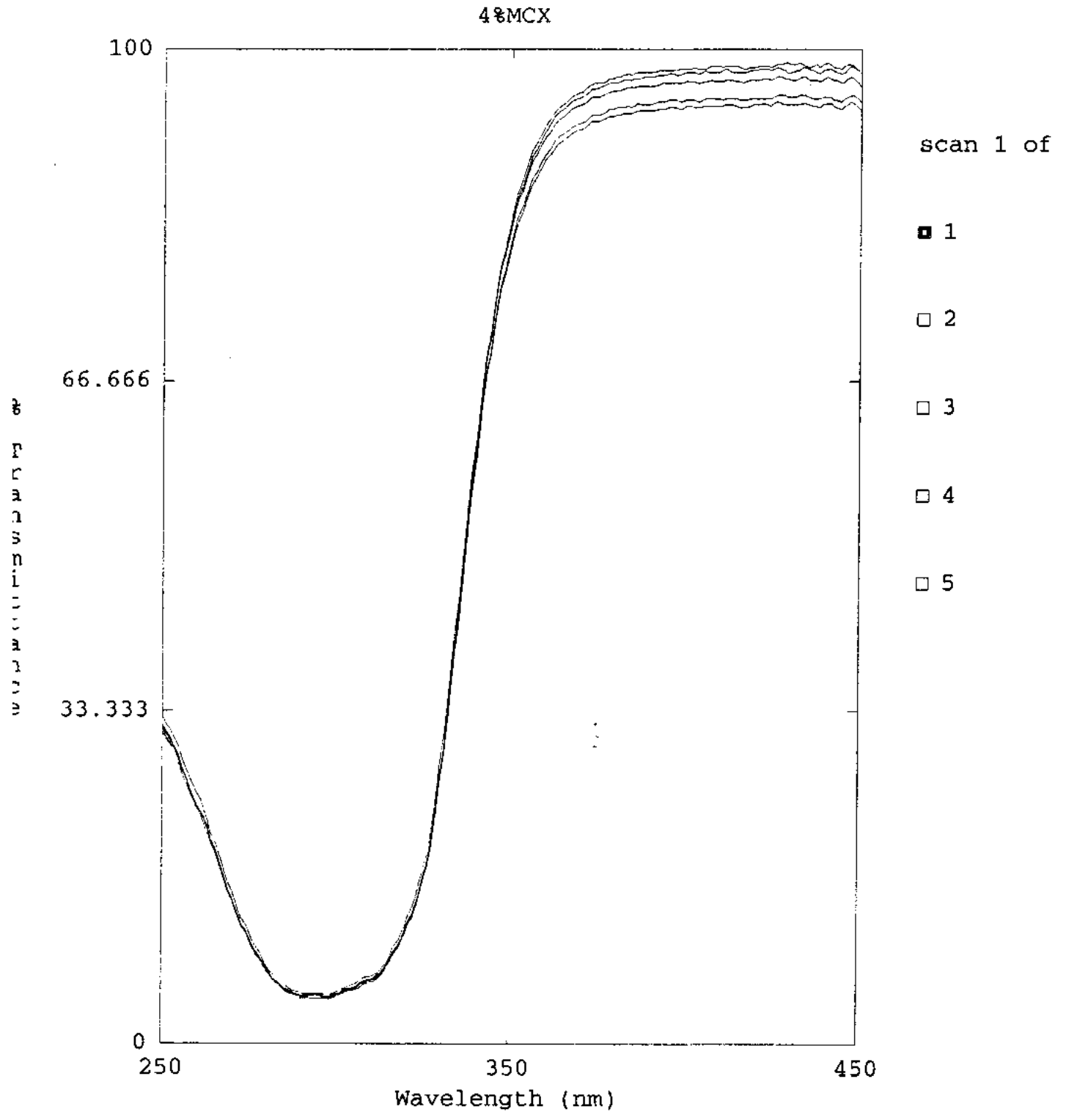
Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 4% MCX
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0142
Date: 27 Jan 1999
Time: 4:43 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	7.56%	70.86%	5.64%
STD:	0.15%	1.13%	0.19%
COV:	2.04%	1.59%	3.30%
UVA Ratio:	0.15		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	7.52	333 nm	7		
2	7.56	333 nm	8		
3	7.35	333 nm	9		
4	7.62	335 nm	10		
5	7.77	335 nm	11		
6			12		



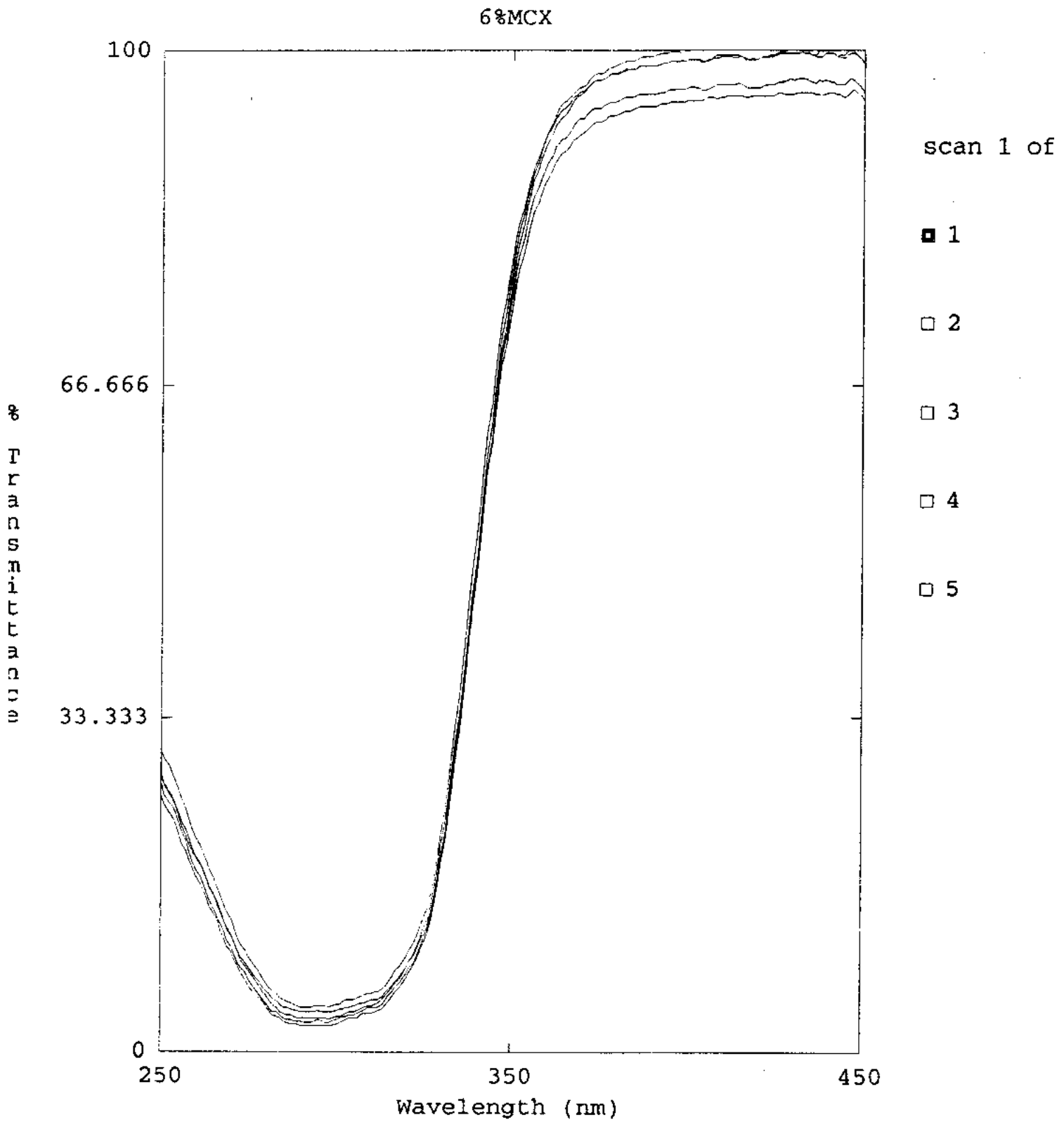
Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 6% MCX
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -.0.0120
Date: 27 Jan 1999
Time: 5:07 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	8.90%	68.36%	4.24%
STD:	0.57%	1.42%	0.80%
COV:	6.41%	2.07%	18.77%
UVA Ratio:	0.16		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	8.72	336 nm	7		
2	9.55	334 nm	8		
3	9.07	336 nm	9		
4	9.13	334 nm	10		
5	8.02	334 nm	11		
6			12		



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

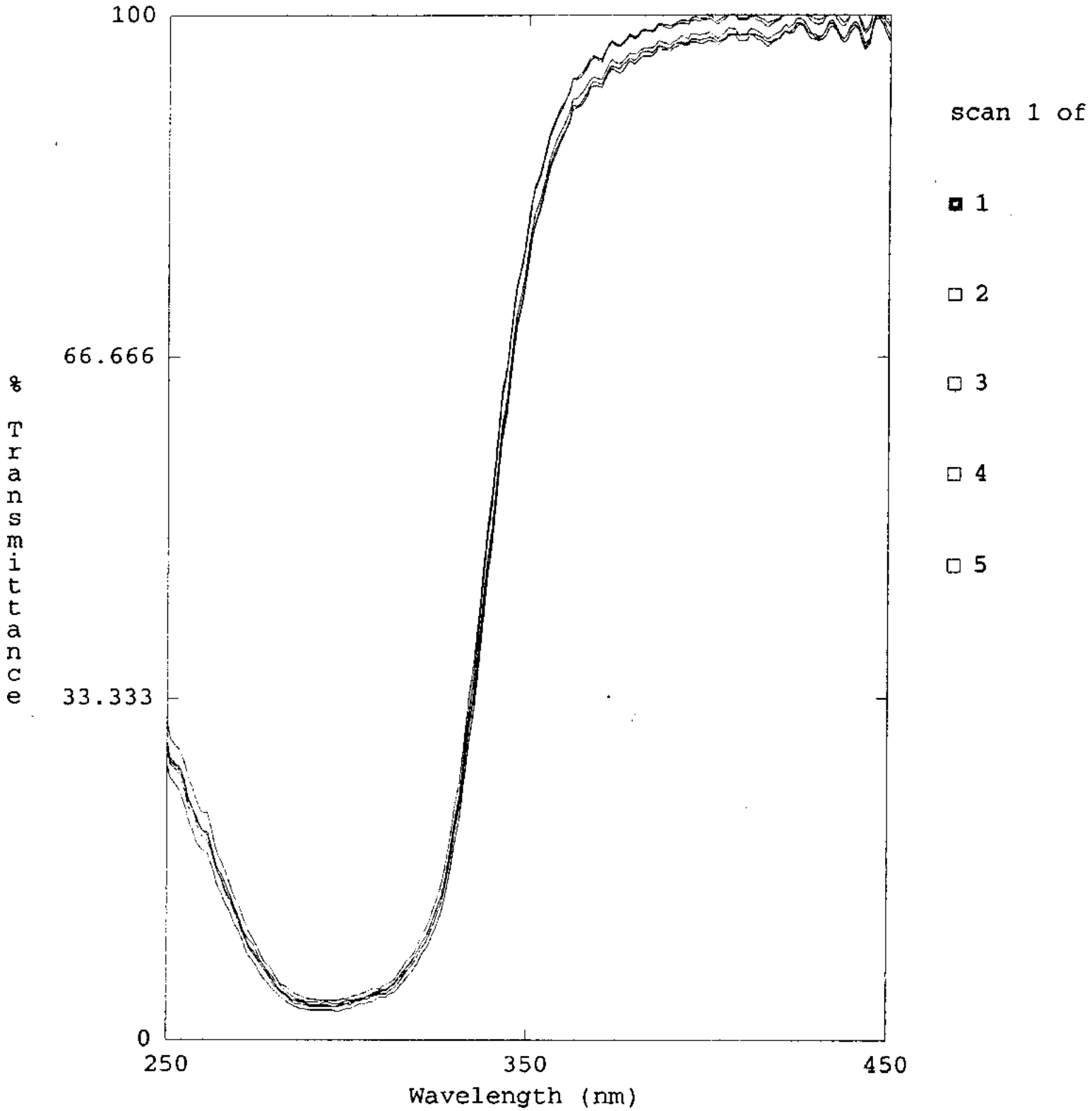
SPF Report

Sample: 8% MCX
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0253-0.0150
Date: 29 Jan 1999
Time: 11:48 am
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	8.87%	68.85%	4.15%
STD:	0.41%	1.28%	0.42%
COV:	4.66%	1.86%	10.21%
UVA Ratio:	0.16		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	8.82	335 nm	7		
2	8.33	333 nm	8		
3	8.72	333 nm	9		
4	9.03	334 nm	10		
5	9.46	335 nm	11		
6			12		

8%MCX



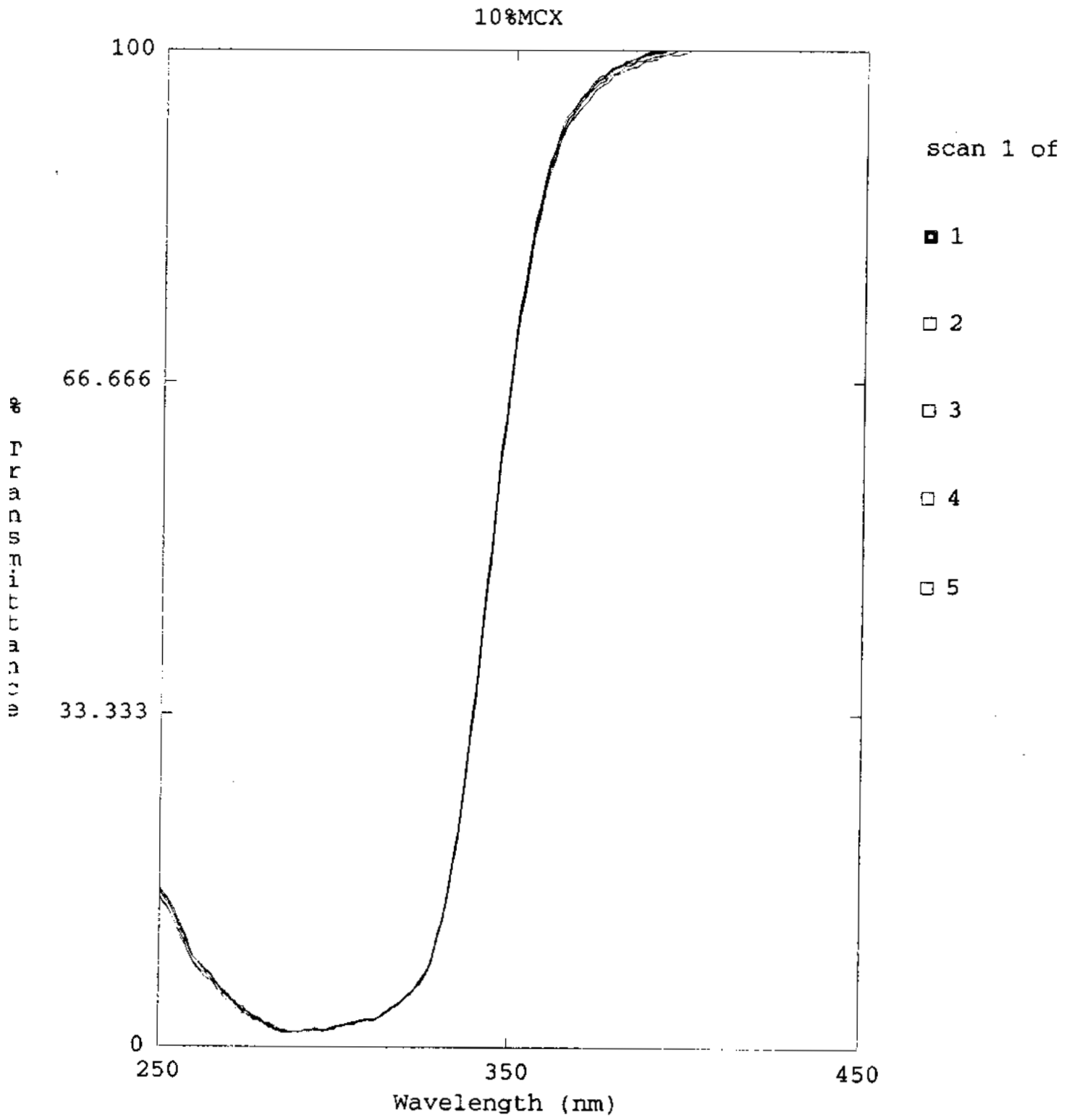
Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 10% MCX
Operator: LIN
Client: 3m
Comment: 0.0253-0.0154
Date: 27 Jan 1999
Time: 12:09 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	11.71%	64.76%	2.07%
STD:	0.11%	0.32%	0.06%
COV:	0.90%	0.49%	2.67%
UVA Ratio:	0.18		
Star Category:	-	Too low for a UVA claim	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	11.74	336 nm	7		
2	11.66	335 nm	8		
3	11.88	336 nm	9		
4	11.60	335 nm	10		
5	11.67	336 nm	11		
6			12		



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

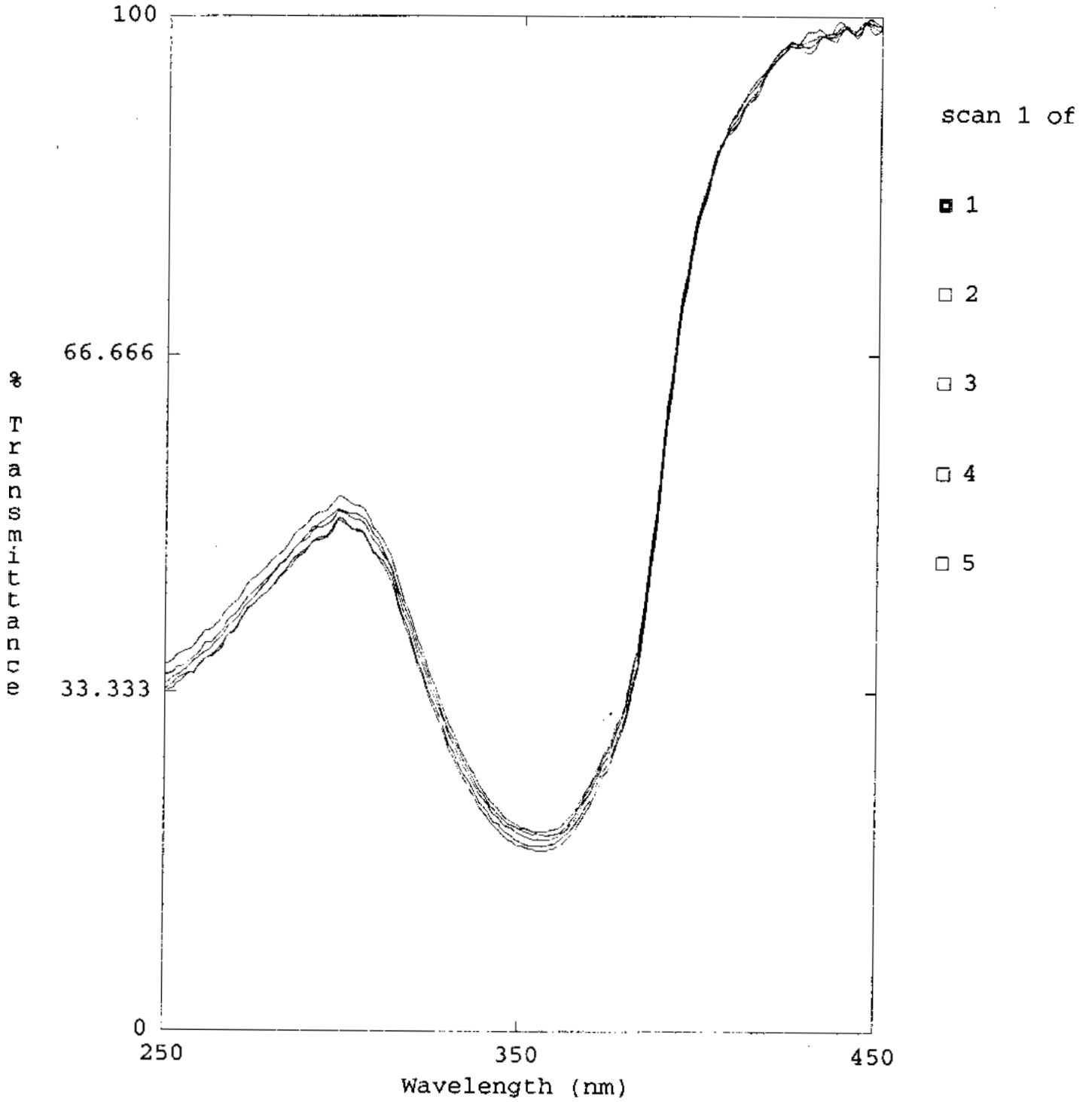
SPF Report

Sample: 1789 1%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: .0.0250 -0.0162
Date: 22 Feb 1999
Time: 12:07 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	2.22%	33.34%	48.27%
STD:	0.05%	0.83%	1.01%
COV:	2.20%	2.50%	2.10%
UVA Ratio:	1.64		
Star Category:	****	MAXIMUM	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	2.27	381 nm	7		
2	2.16	381 nm	8		
3	2.22	381 nm	9		
4	2.19	381 nm	10		
5	2.26	381 nm	11		
6			12		

1789 1%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

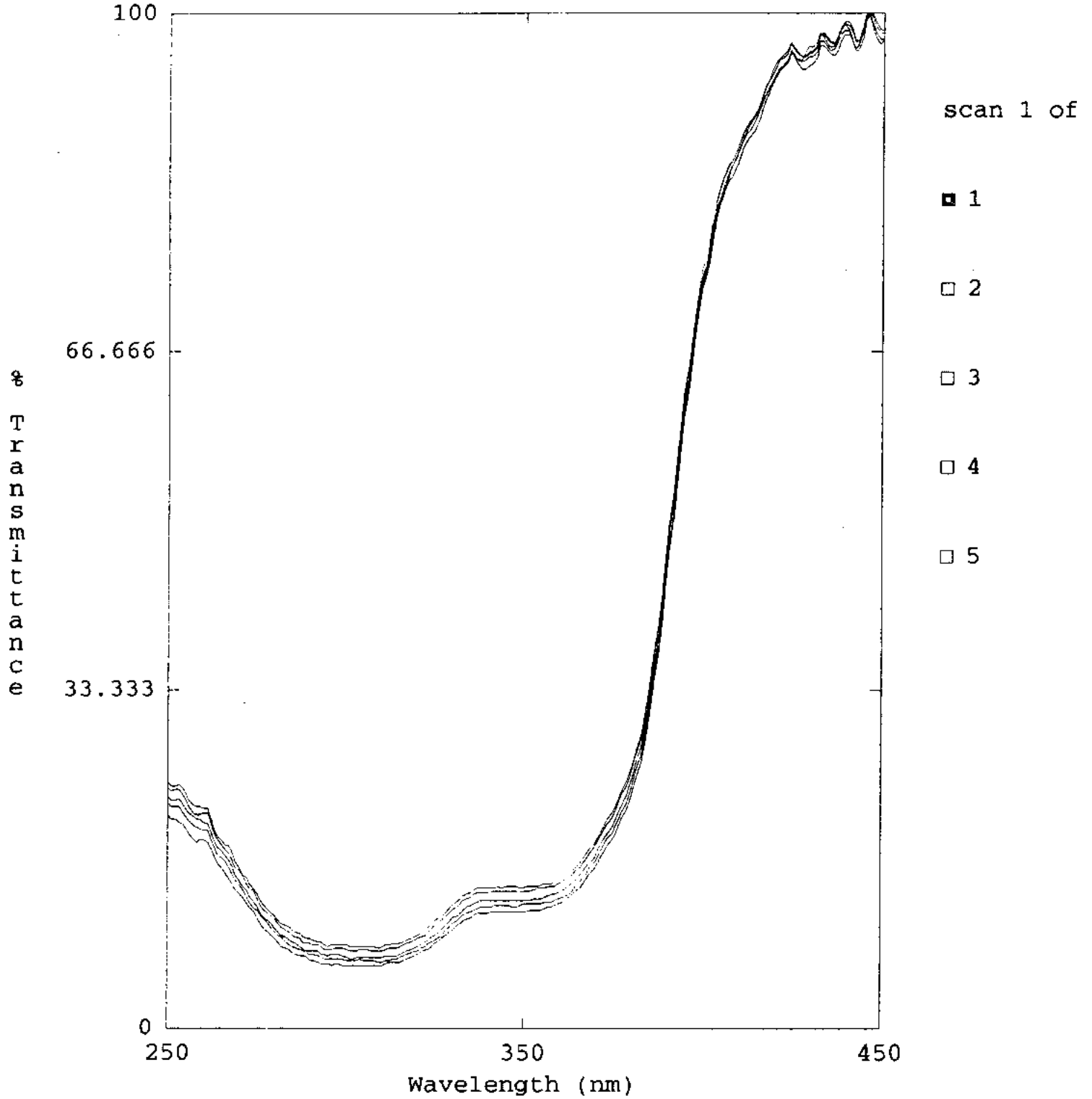
SPF Report

Sample: MCX2% 1789 1%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0252-0.0180
Date: 22 Feb 1999
Time: 12:33 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	12.18%	21.25%	7.64%
STD:	1.15%	0.99%	0.78%
COV:	9.46%	4.66%	10.19%
UVA Ratio:	0.66		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	10.80	377 nm	7		
2	13.65	377 nm	8		
3	11.30	377 nm	9		
4	12.29	377 nm	10		
5	12.86	377 nm	11		
6			12		

MCX2% 1789 1%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

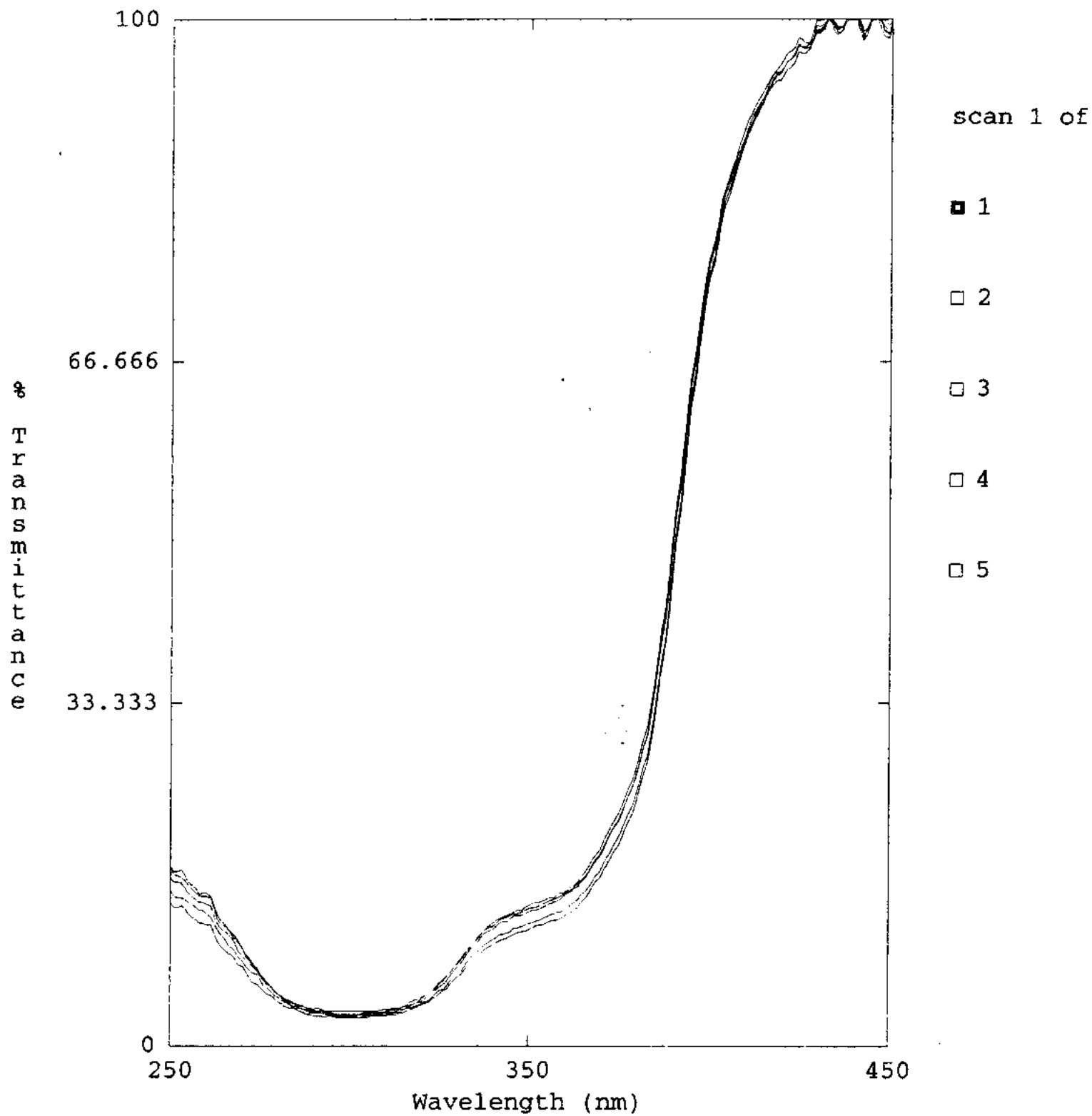
SPF Report

Sample: MCX 4% 1789 1%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0252-0.0181
Date: 23 Feb 1999
Time: 11:58 am
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	21.43%	21.01%	3.40%
STD:	1.37%	0.98%	0.23%
COV:	6.40%	4.64%	6.64%
UVA Ratio:	0.53		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	23.27	375 nm	7		
2	19.92	374 nm	8		
3	20.39	374 nm	9		
4	22.32	375 nm	10		
5	21.27	374 nm	11		
6			12		

MCX 4% 1789 1%



LabSphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

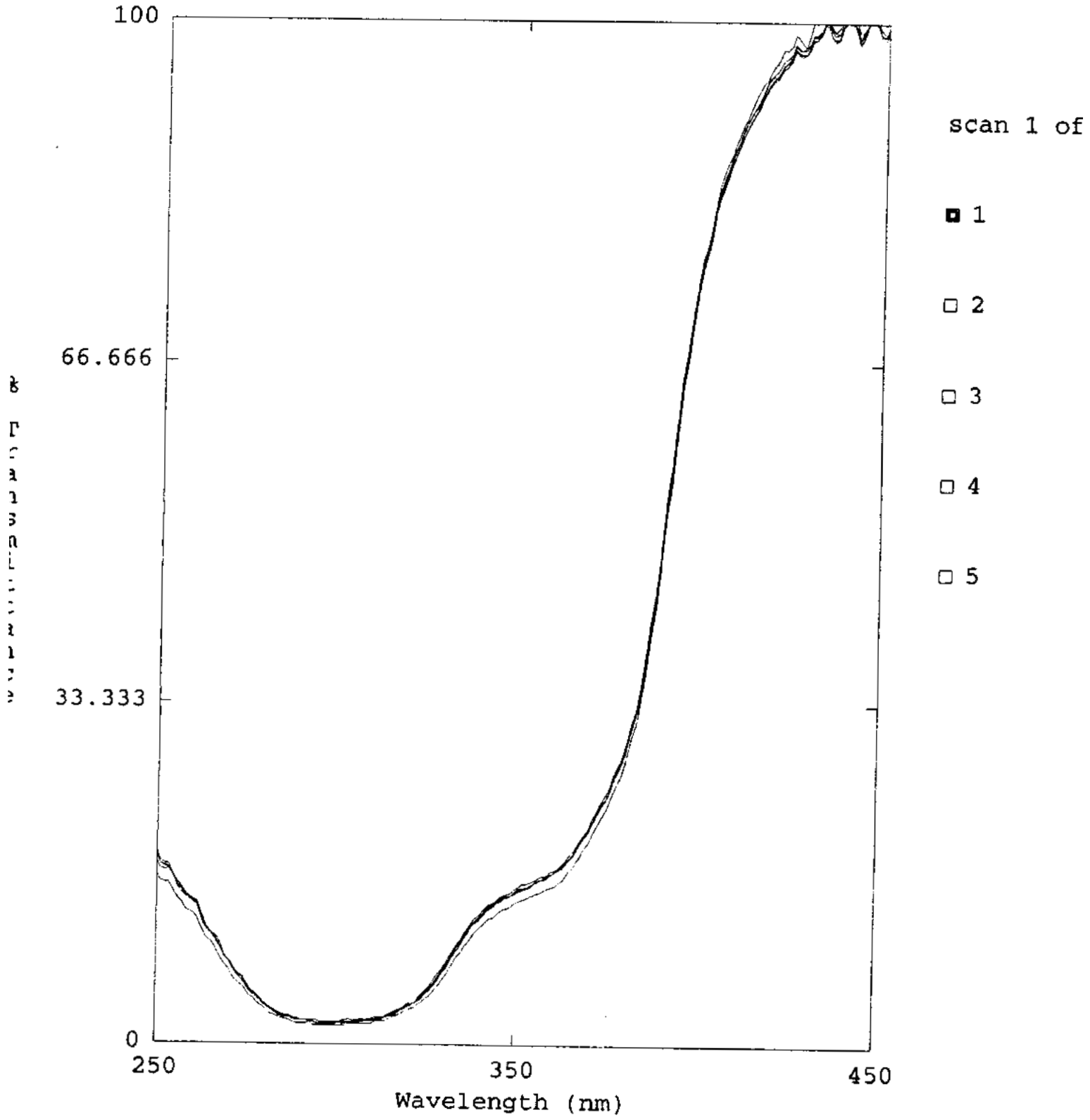
SPF Report

Sample: MCX 6% 1789 1%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0251-0.0156
Date: 23 Feb 1999
Time: 12:12 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	25.05%	22.41%	2.42%
STD:	1.26%	0.47%	0.15%
COV:	5.04%	2.08%	6.19%
UVA Ratio:	0.46		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	27.13	373 nm	7		
2	23.73	373 nm	8		
3	24.53	373 nm	9		
4	24.92	373 nm	10		
5	24.94	373 nm	11		
6			12		

MCX 6% 1789 1%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

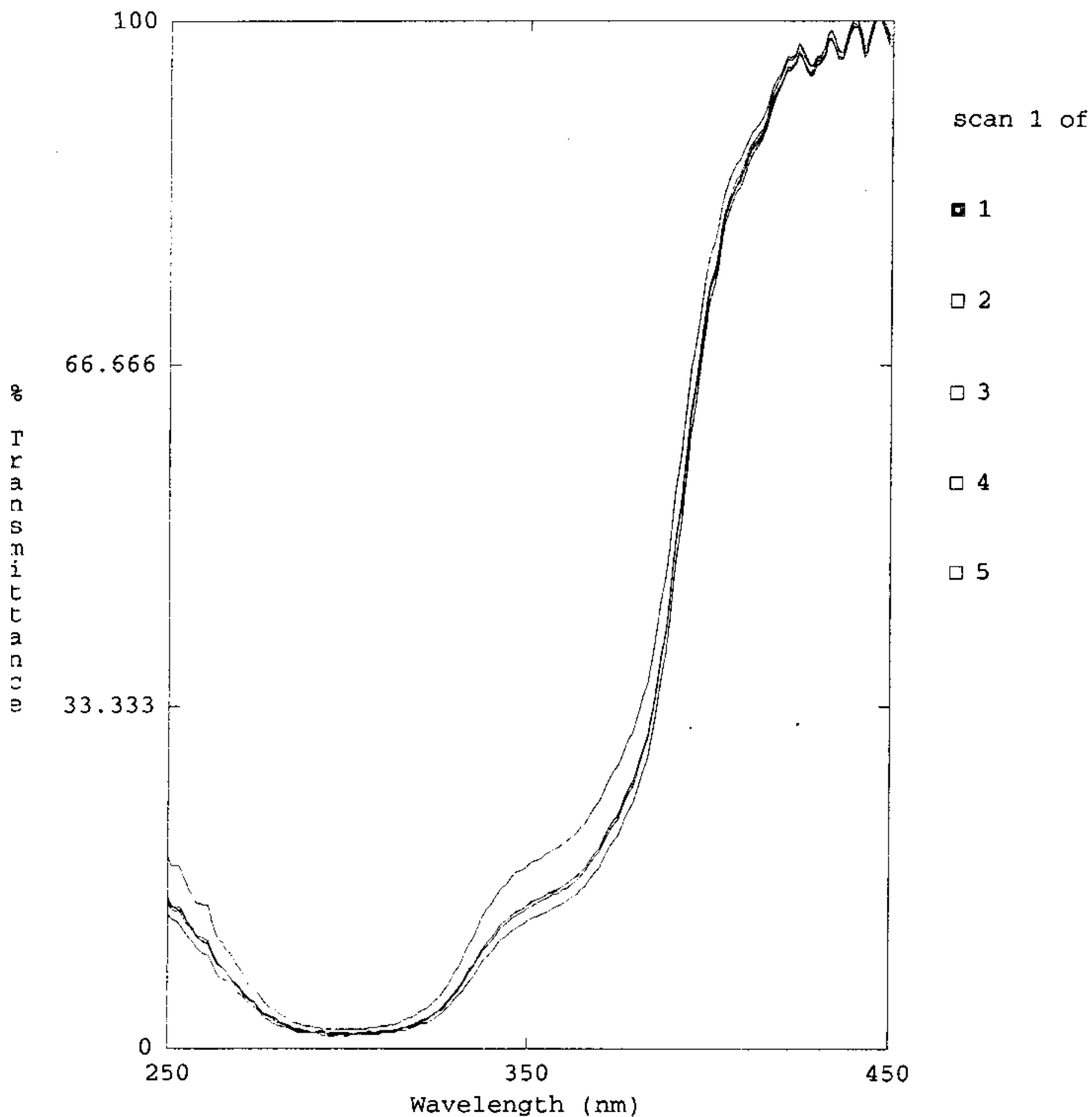
SPF Report

Sample: MCX 8% 1789 1%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0143
Date: 23 Feb 1999
Time: 12:58 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	30.40%	21.45%	1.76%
STD:	3.60%	1.90%	0.27%
COV:	11.83%	8.84%	15.12%
UVA Ratio:	0.44		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	34.25	373 nm	7		
2	31.34	373 nm	8		
3	30.62	373 nm	9		
4	31.34	373 nm	10		
5	24.47	372 nm	11		
6			12		

MCX 8% 1789 1%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

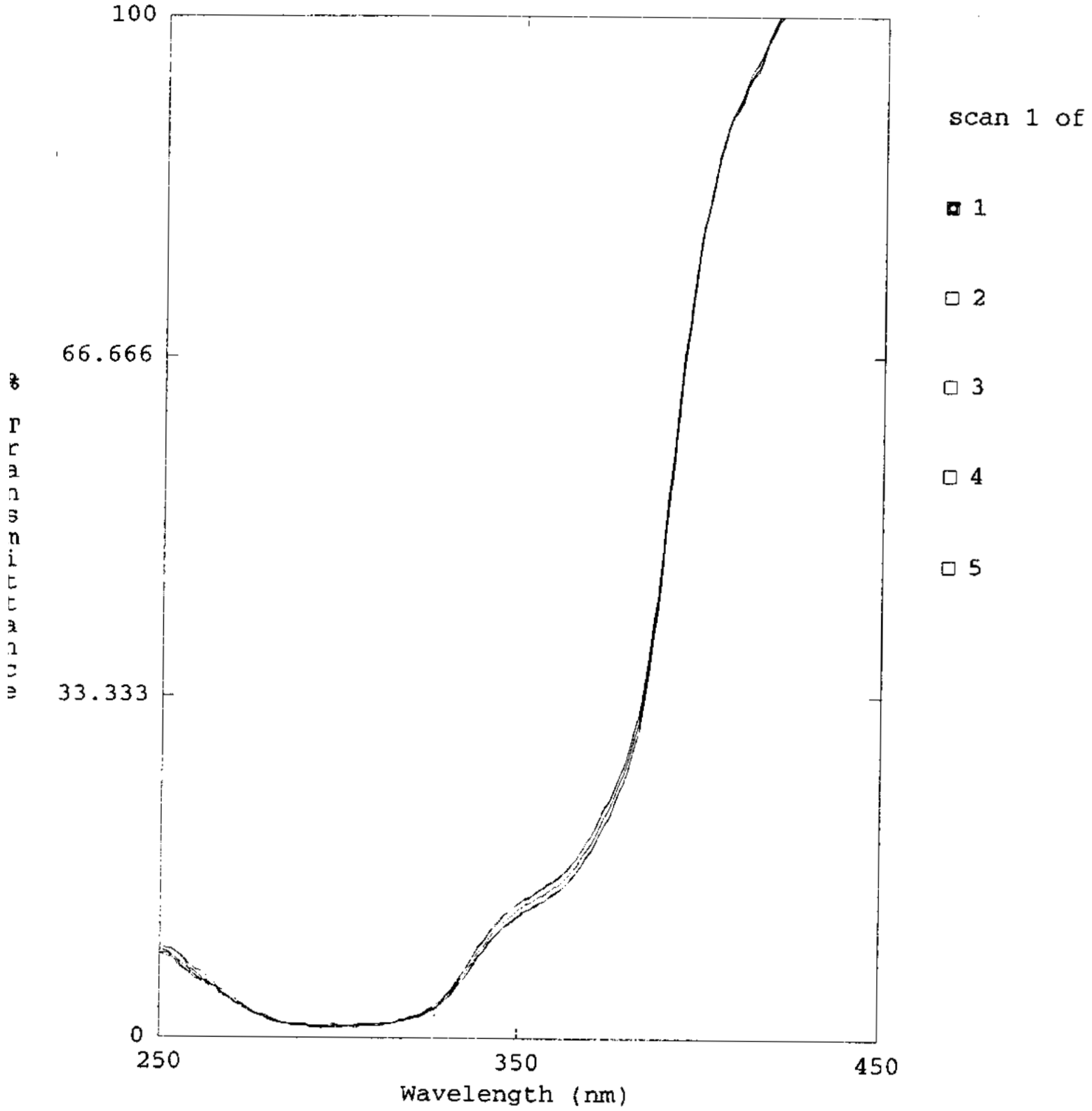
SPF Report

Sample: 1789 1% MCX 10%
Operator:
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0156
Date: 11 Mar 1999
Time: 1:10 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	35.37%	20.84%	1.32%
STD:	0.90%	0.50%	0.05%
COV:	2.54%	2.39%	3.91%
UVA Ratio:	0.44		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	35.86	371 nm	7		
2	35.81	372 nm	8		
3	36.26	371 nm	9		
4	34.05	371 nm	10		
5	34.88	371 nm	11		
6			12		

1789 1% MCX 10%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 1789 2%
Operator:
Client: 3m 21.8度52 %
Comment: 0.0251-0.0128
Date: 9 Feb 1999
Time: 12:49 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	8	8	8
Mean:	3.63%	20.12%	30.78%
STD:	0.24%	1.11%	1.82%
COV:	6.67%	5.53%	5.92%
UVA Ratio:	1.51		
Star Category:	****	MAXIMUM	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	3.73	381 nm	7	3.48	381 nm
2	3.50	381 nm	8	3.65	381 nm
3	3.51	381 nm	9		
4	4.18	381 nm	10		
5	3.44	381 nm	11		
6	3.57	381 nm	12		

Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

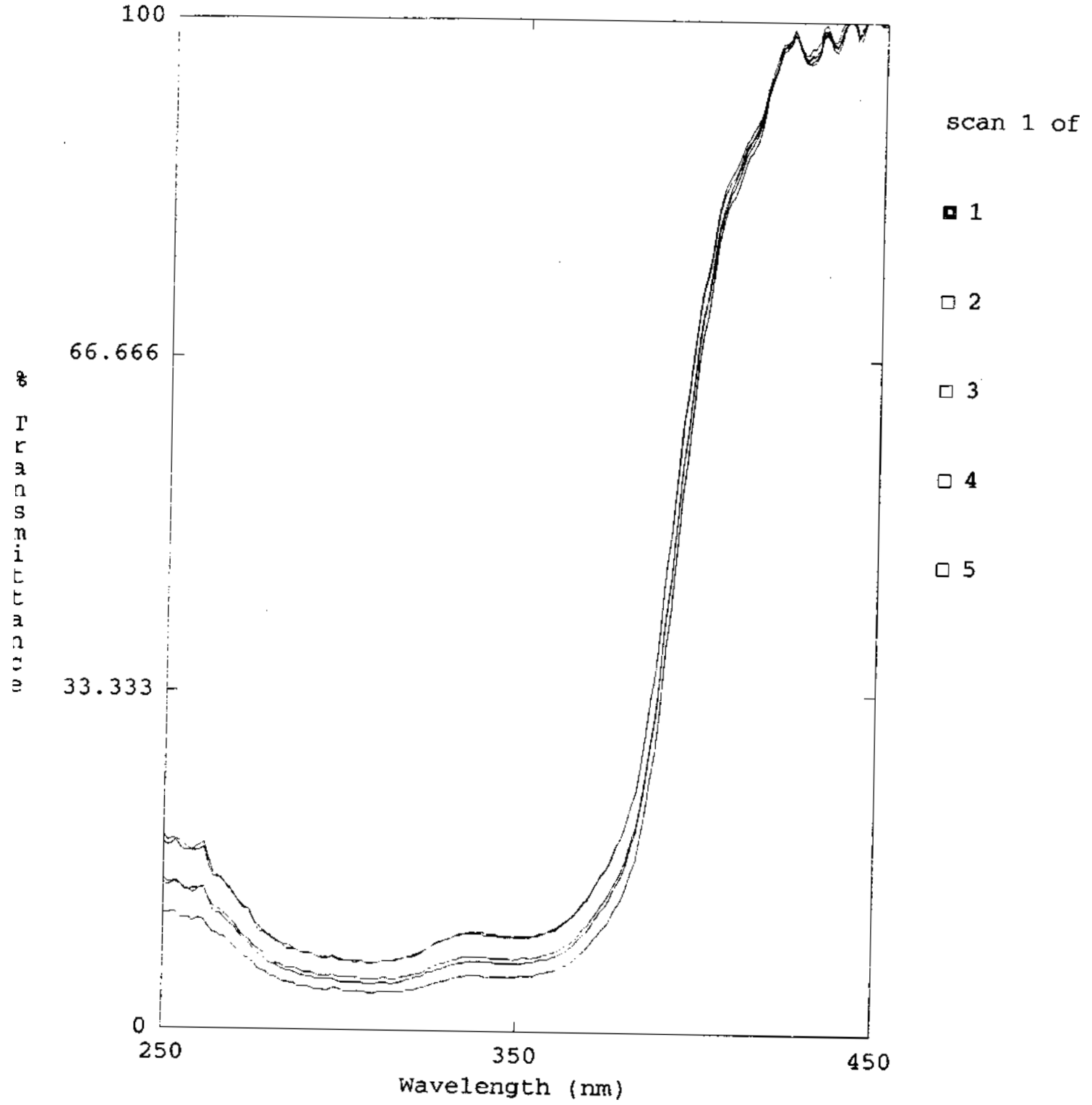
SPF Report

Sample: MCX 2% 1789 2%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0251-0.0185
Date: 23 Feb 1999
Time: 5:47 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	16.80%	16.55%	5.97%
STD:	4.02%	2.14%	1.44%
COV:	23.92%	12.94%	24.14%
UVA Ratio:	0.72		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	22.54	377 nm	7		
2	17.08	377 nm	8		
3	18.38	377 nm	9		
4	12.95	377 nm	10		
5	13.03	377 nm	11		
6			12		

MCX 2% 1789 2%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

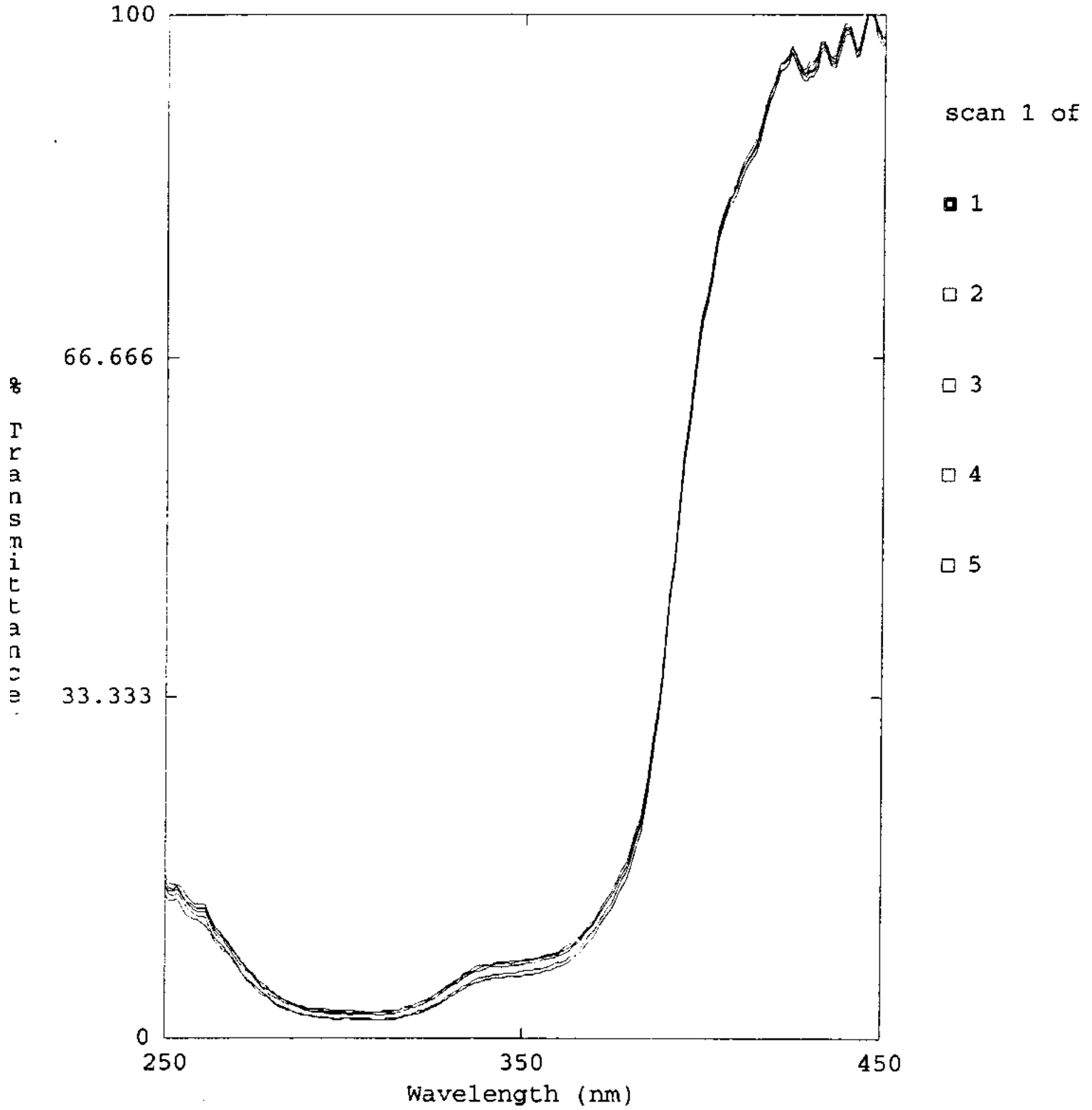
SPF Report

Sample: MCX 4% 1789 2%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250-0.0125
Date: 23 Feb 1999
Time: 5:53 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	30.72%	15.64%	2.62%
STD:	4.07%	0.52%	0.40%
COV:	13.25%	3.33%	15.18%
UVA Ratio:	0.59		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	27.41	376 nm	7		
2	34.18	375 nm	8		
3	35.91	375 nm	9		
4	29.14	376 nm	10		
5	26.98	376 nm	11		
6			12		

MCX 4% 1789 2%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

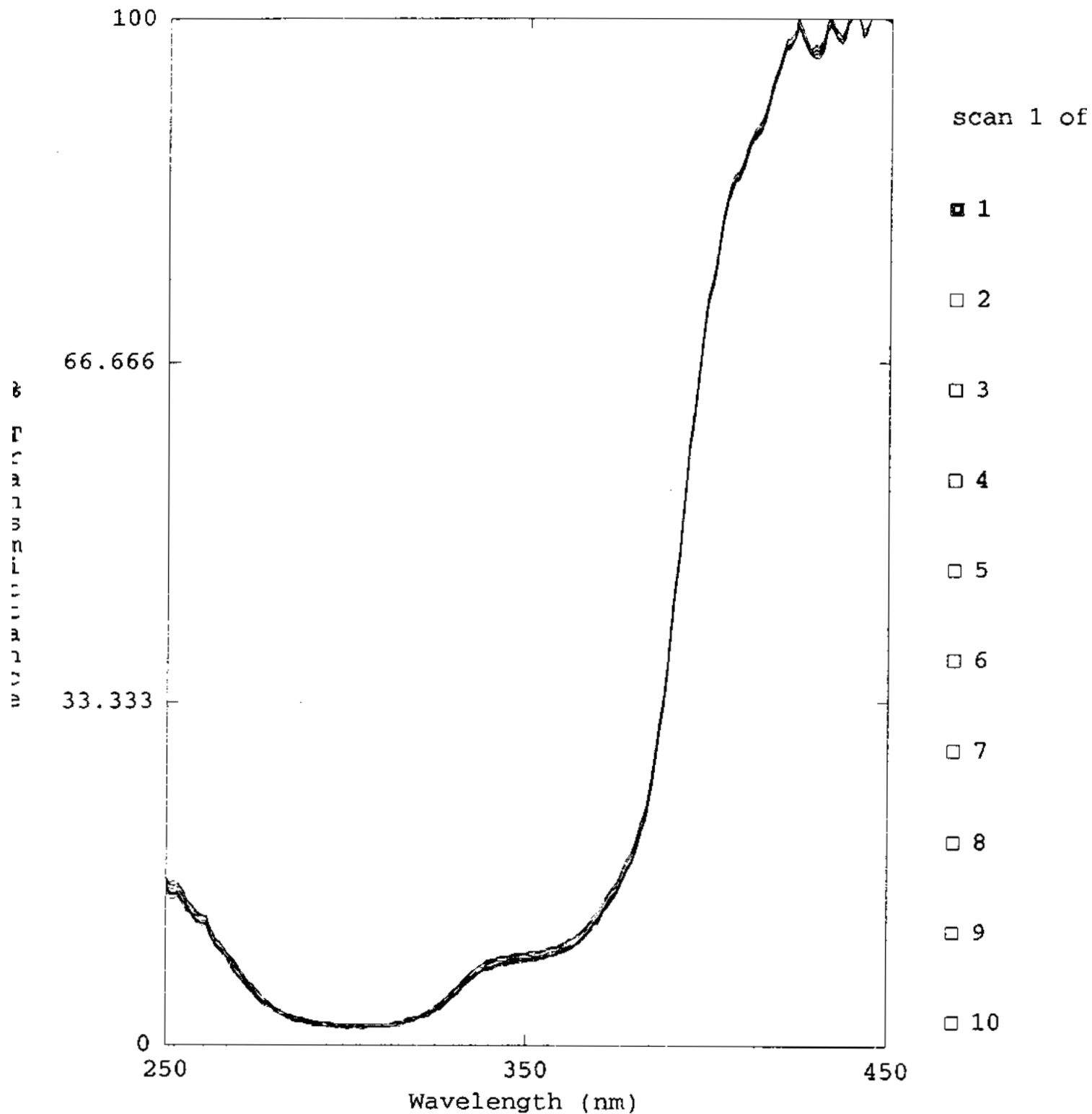
SPF Report

Sample: MCX 6% 1789 2%
Operator:
Client: 3M 22.2度 61 %
Comment: 0.0250 -0.0154
Date: 9 Feb 1999
Time: 1:28 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	10	10	10
Mean:	33.19%	16.62%	2.13%
STD:	1.63%	0.32%	0.14%
COV:	4.90%	1.91%	6.48%
UVA Ratio:	0.54		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	31.90	375 nm	7	35.68	375 nm
2	34.42	375 nm	8	31.13	375 nm
3	34.39	375 nm	9	31.40	375 nm
4	31.25	375 nm	10	34.28	375 nm
5	33.57	375 nm	11		
6	33.87	375 nm	12		

MCX 6% 1789 2%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

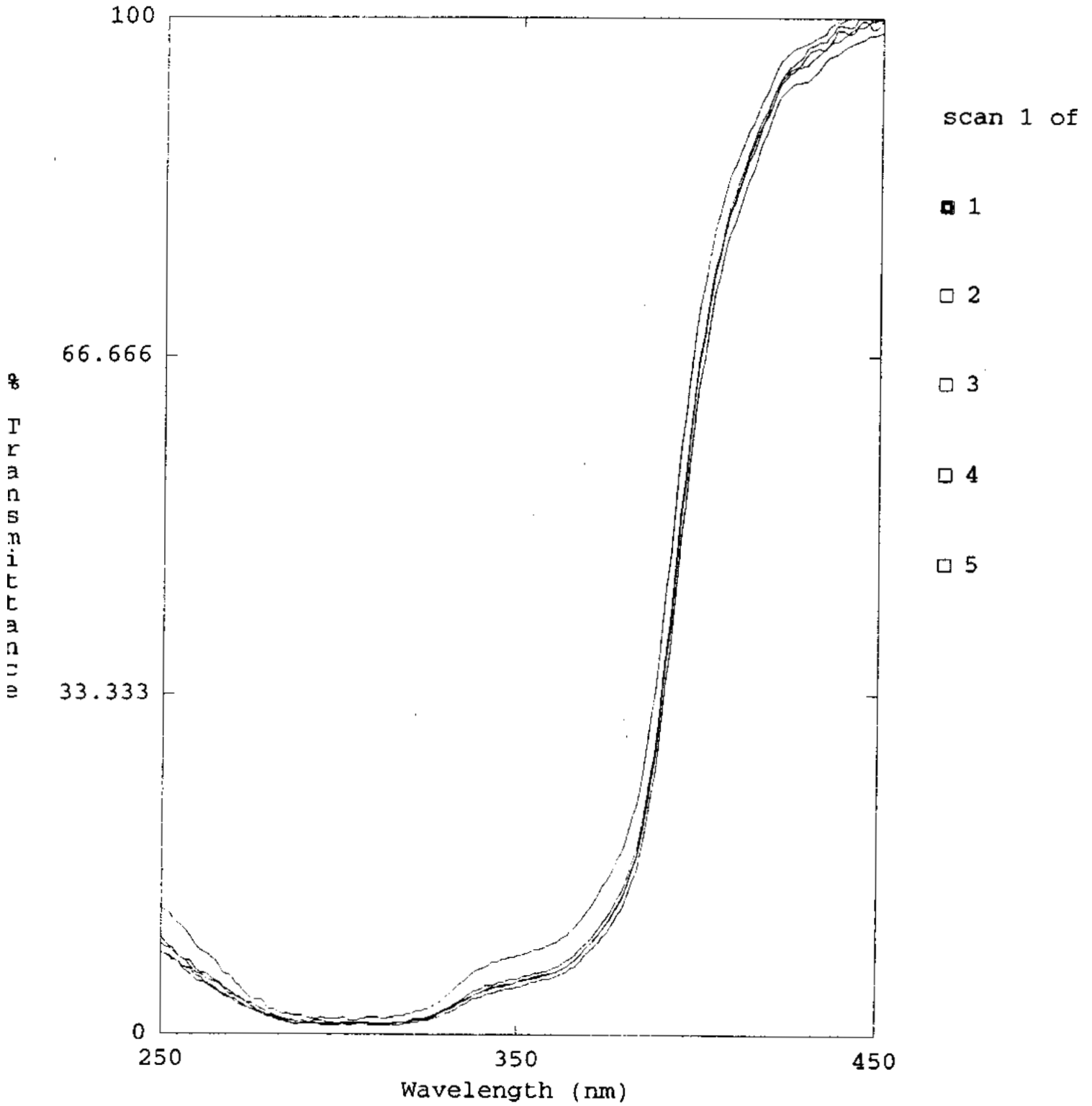
SPF Report

Sample: MCX 8% 1789 2%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0169
Date: 24 Feb 1999
Time: 5:30 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	51.47%	13.32%	1.28%
STD:	7.90%	1.57%	0.26%
COV:	15.35%	11.78%	20.15%
UVA Ratio:	0.56		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	58.46	375 nm	7		
2	52.37	375 nm	8		
3	52.16	375 nm	9		
4	56.19	375 nm	10		
5	38.16	374 nm	11		
6			12		

MCX 8% 1789 2%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

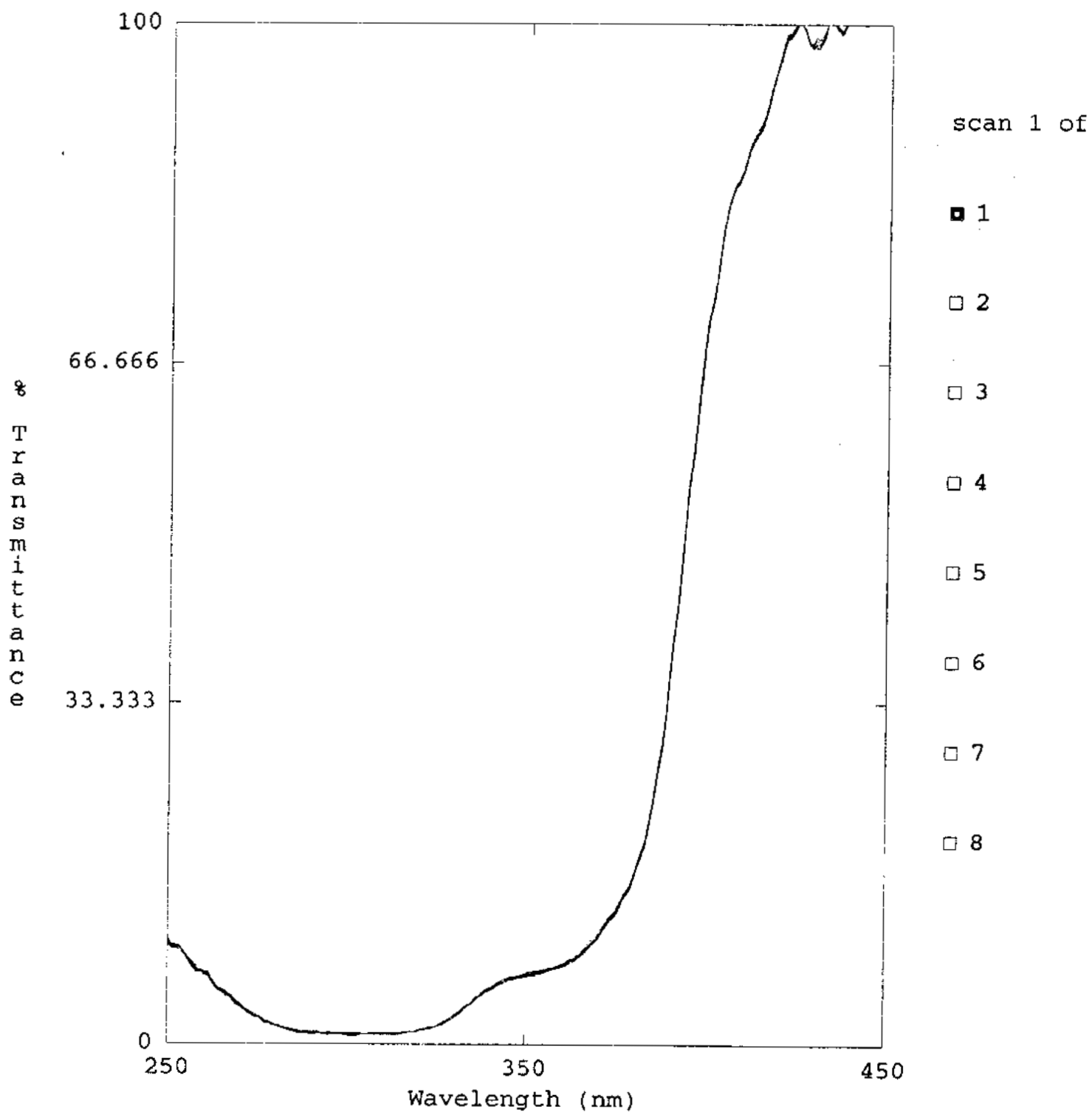
SPF Report

Sample: MCX 10 % 1789 2%
Operator:
Client: 3M 22.4度 61%
Comment: 0.0253-0.0158
Date: 9 Feb 1999
Time: 1:42 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	8	8	8
Mean:	51.86%	14.31%	1.10%
STD:	1.30%	0.13%	0.04%
COV:	2.51%	0.88%	3.76%
UVA Ratio:	0.52		
Star Category:	**	GOOD	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	53.56	374 nm	7	51.32	374 nm
2	51.80	374 nm	8	51.98	374 nm
3	49.31	374 nm	9		
4	53.17	374 nm	10		
5	52.31	374 nm	11		
6	51.41	374 nm	12		

MCX 10 % 1789 2%



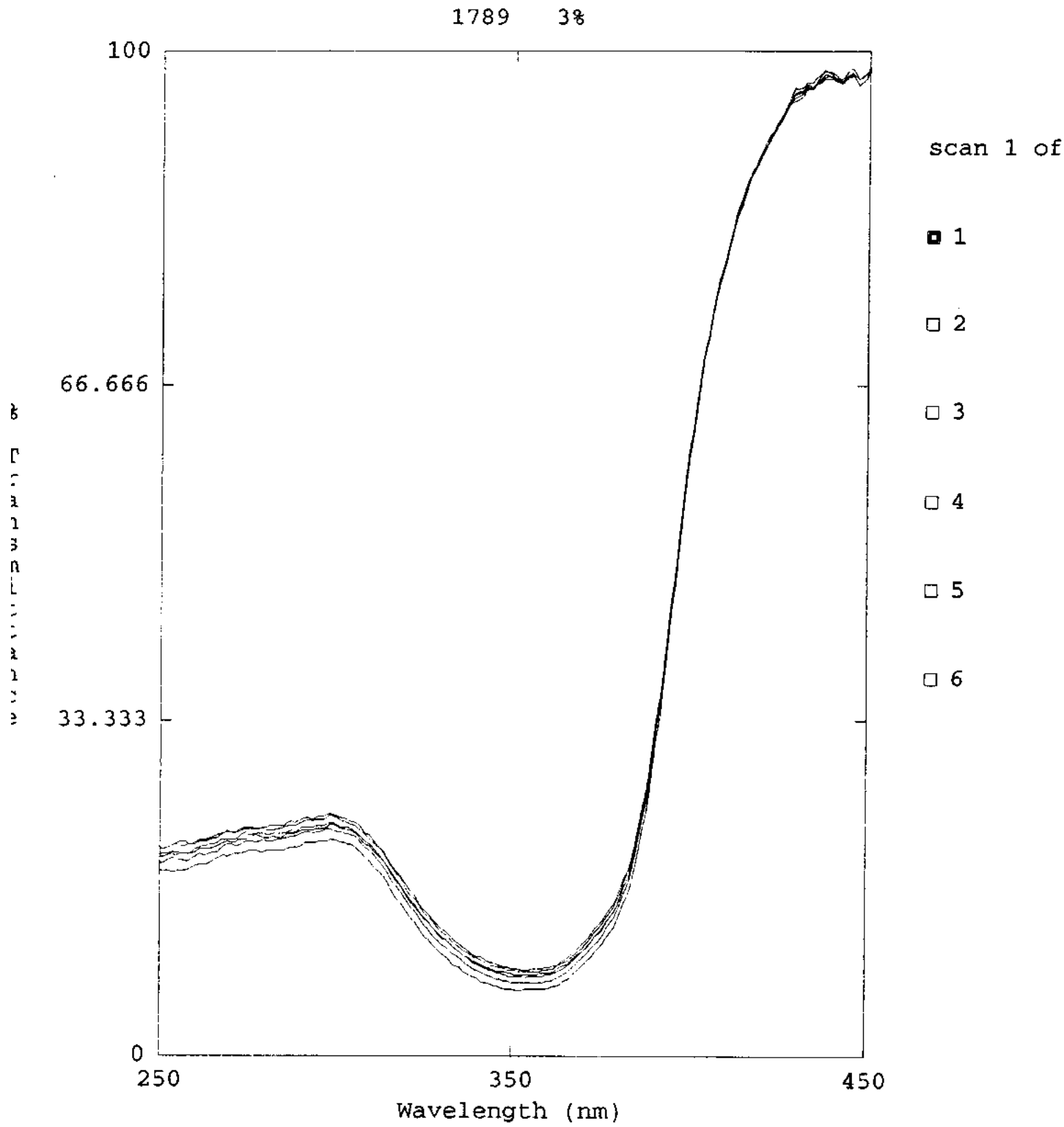
Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 1789 3%
Operator:
Client: 3m 20.4度 66%
Comment: 0.0250-0.0158
Date: 9 Feb 1999
Time: 11:14 am
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	6	6	6
Mean:	5.09%	16.17%	21.76%
STD:	0.24%	0.78%	0.89%
COV:	4.62%	4.82%	4.07%
UVA Ratio:	1.30		
Star Category:	****	MAXIMUM	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	4.90	382 nm	7		
2	4.84	382 nm	8		
3	5.08	382 nm	9		
4	5.49	382 nm	10		
5	5.20	382 nm	11		
6	5.04	382 nm	12		



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

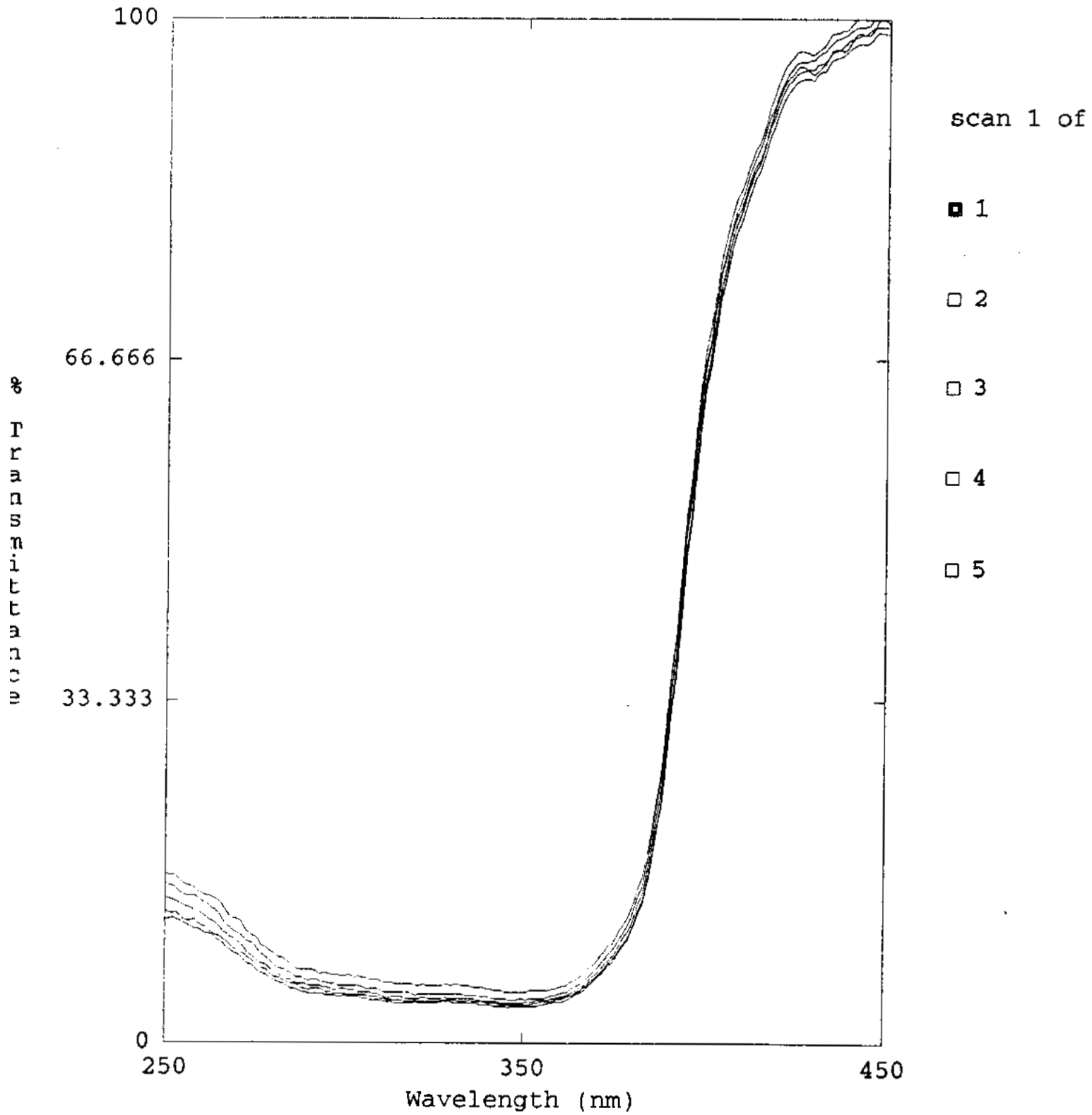
SPF Report

Sample: MCX2% 1789 3%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0136
Date: 25 Feb 1999
Time: 3:27 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	19.33%	12.24%	5.53%
STD:	2.59%	0.81%	0.82%
COV:	13.41%	6.62%	14.80%
UVA Ratio:	0.85		
Star Category:	****	MAXIMUM	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	21.11	378 nm	7		
2	19.76	378 nm	8		
3	18.07	378 nm	9		
4	22.15	378 nm	10		
5	15.59	379 nm	11		
6			12		

MCX2% 1789 3%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

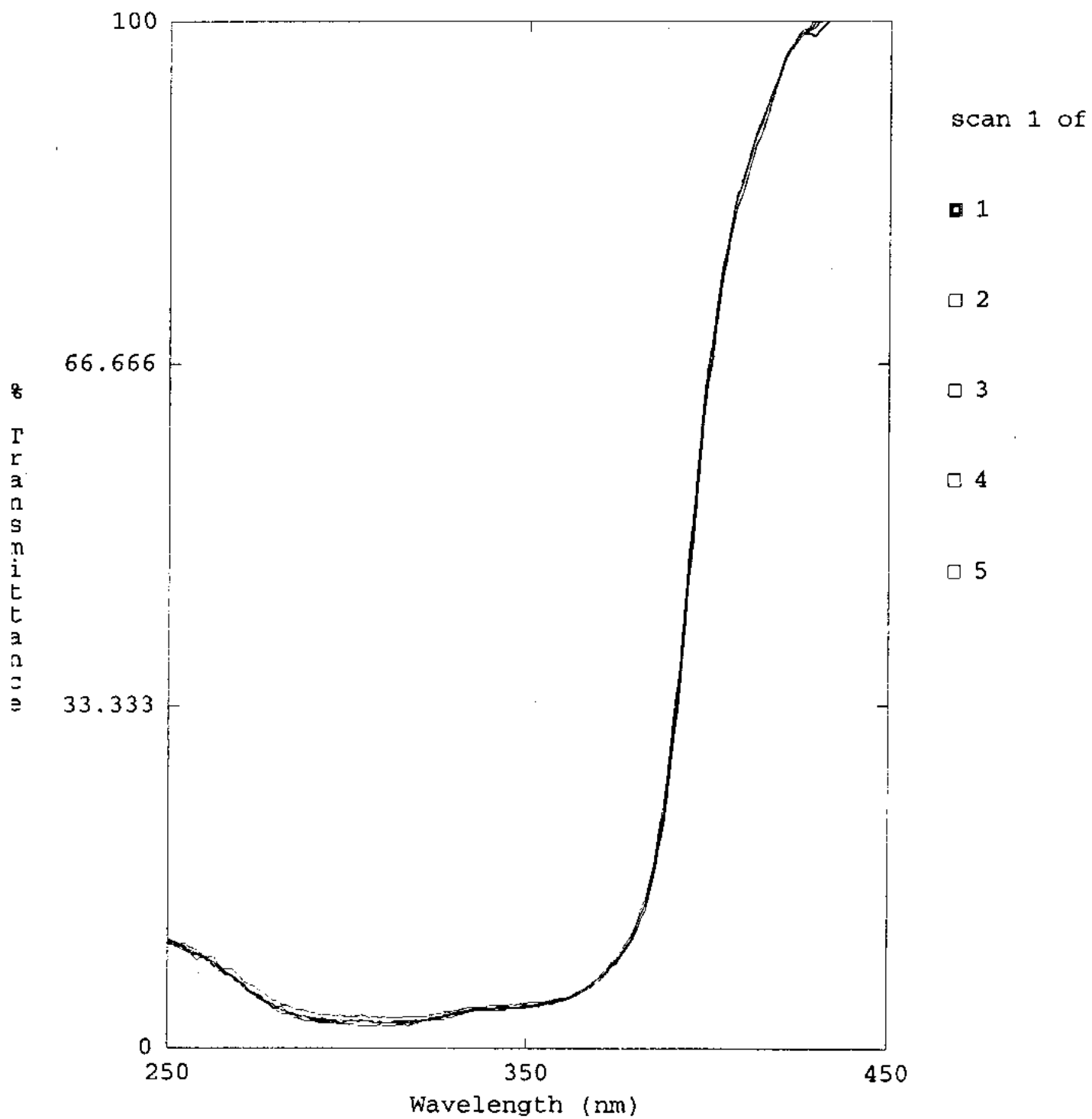
SPF Report

Sample: 1789 3% MCX4%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0251-0.0140
Date: 11 Mar 1999
Time: 2:59 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	32.46%	11.41%	2.87%
STD:	2.63%	0.16%	0.30%
COV:	8.09%	1.41%	10.42%
UVA Ratio:	0.73		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	28.51	378 nm	7		
2	32.21	378 nm	8		
3	33.11	377 nm	9		
4	32.60	378 nm	10		
5	35.85	377 nm	11		
6			12		

1789 3% MCX4%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

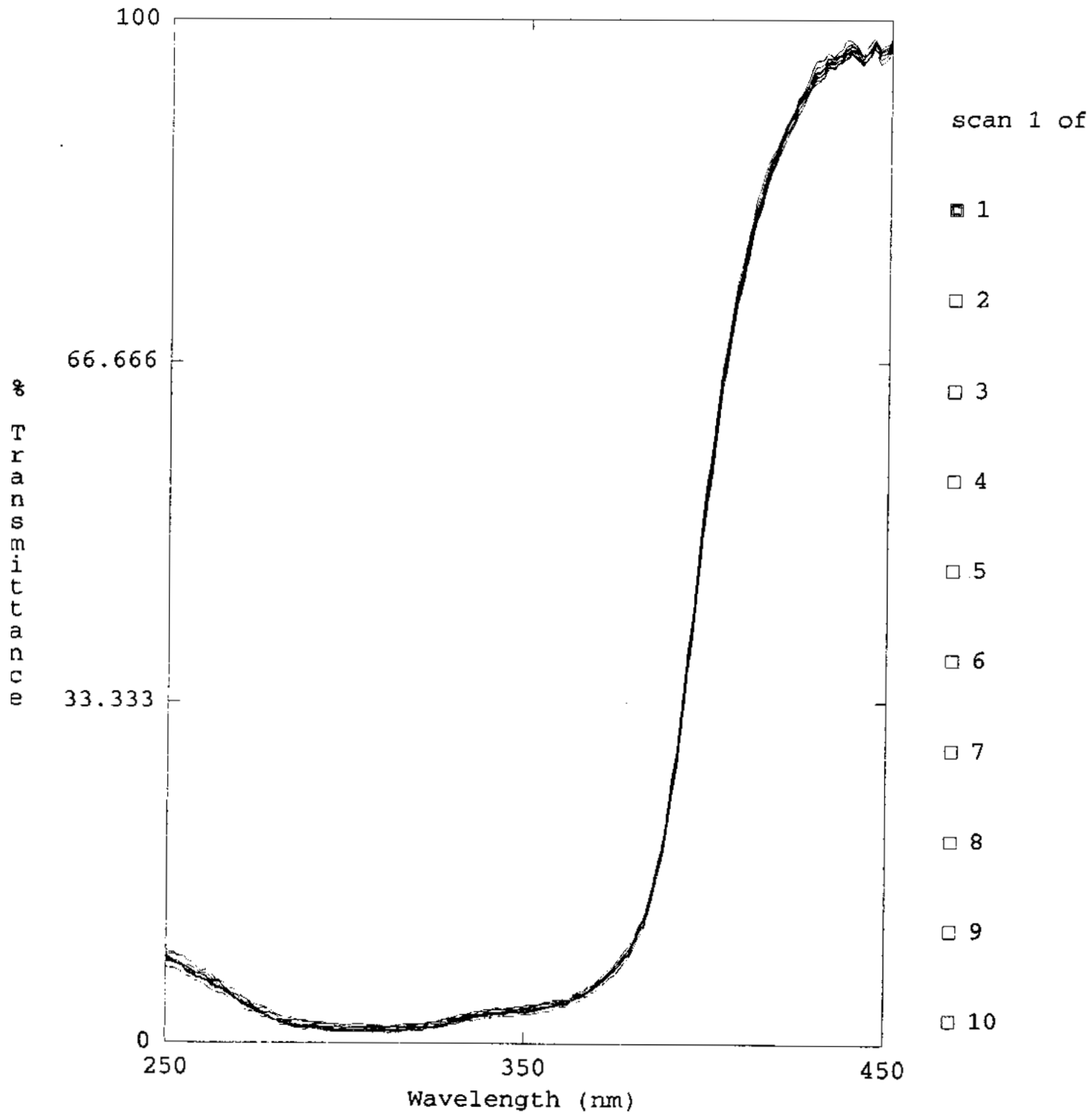
SPF Report

Sample: MCX 6% 1789 3%
Operator:
Client: 3M 20.8度 66%
Comment: 0.0251-0.0145
Date: 9 Feb 1999
Time: 11:34 am
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	10	10	10
Mean:	56.14%	9.09%	1.51%
STD:	5.99%	0.27%	0.22%
COV:	10.68%	3.02%	14.59%
UVA Ratio:	0.68		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	54.47	378 nm	7	58.69	378 nm
2	48.86	378 nm	8	52.34	378 nm
3	45.26	378 nm	9	59.82	377 nm
4	56.85	378 nm	10	65.46	378 nm
5	59.33	378 nm	11		
6	60.27	378 nm	12		

MCX 6% 1789 3%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

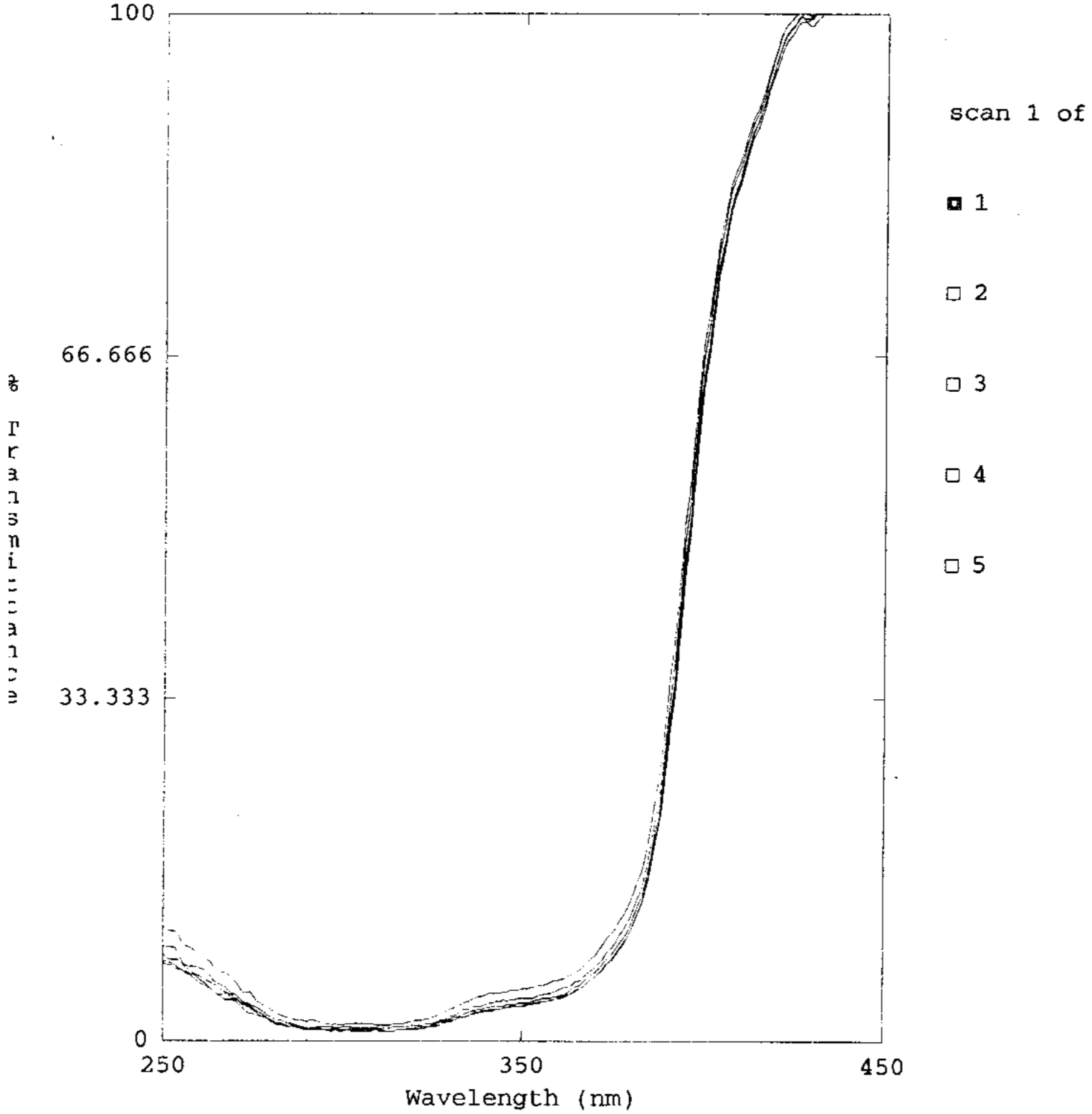
SPF Report

Sample: 1789 3% MCX 8%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0253-0.0151
Date: 11 Mar 1999
Time: 3:02 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	55.67%	11.25%	1.36%
STD:	8.87%	0.94%	0.30%
COV:	15.94%	8.33%	22.28%
UVA Ratio:	0.62		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	61.73	376 nm	7		
2	51.82	376 nm	8		
3	41.95	376 nm	9		
4	63.51	376 nm	10		
5	59.34	376 nm	11		
6			12		

1789 3% MCX 8%



Labsphere Ultraviolet Transmittance Analyzer

SPF Report

Sample: 1789 3% MCX 10%
Operator: Tammy
Client: 3M
Comment: 0.0250 -0.0154
Date: 11 Mar 1999
Time: 3:08 pm
Wavelength Range: 290 - 400 nm

Units:	SPF	T(UVA)	T(UVB)
# of Scans:	5	5	5
Mean:	57.23%	11.29%	1.23%
STD:	3.60%	0.10%	0.12%
COV:	6.28%	0.88%	9.92%
UVA Ratio:	0.61		
Star Category:	***	SUPERIOR	

Scan #	SPF	Critical Wavelength	Scan #	SPF	Critical Wavelength
1	60.86	376 nm	7		
2	57.07	376 nm	8		
3	53.67	376 nm	9		
4	53.67	376 nm	10		
5	60.86	376 nm	11		
6			12		

1789 3% MCX 10%

