

LED光源設計對芭樂意象影響之研究

施恆慧* 吳志富** 王士賓***

*** 大同大學設計科學研究所

*** 黎明技術學院創意產品設計系

* blue4990@gmail.com

** wcf@ttu.edu.tw

*** wsb@mail.lit.edu.tw

摘要

本研究利用 LED 光源色溫 (°K)、演色性 (CRI)、照度 (lux) 等屬性進行光源組合來探討其對芭樂意象之影響，以了解如何應用光源設計使芭樂呈現悅人的感受。本研究水果採用芭樂為例作為研究。首先，利用問卷調查分析，集群分析得到六種水果意象詞彙。其次，進行光源情境規劃，選擇色溫 (2700, 4000) (°K)，顯色性 (70, 80) (CRI) 和照度 (750, 1500) (Lux)，設計了 8 種 LED 光源組合。在此 8 種光源組合情境下，針對六種芭樂意象與整體滿意度，進行受測者偏好實驗。所獲得評價數據則進行變異數分析，關聯法分析。

結果顯示光源組合對受測者芭樂評價影響非常顯著。受測者在色溫 2700 (°K)、演色性 80 (CRI)、照度 750 (Lux) 時有最差的芭樂整體滿意度。本研究則建議採用色溫 4000 (°K)、演色性 70 (CRI)、照度 1500 (Lux) 之光源組合以提高受測者芭樂整體滿意度。另外，芭樂之各項意象詞彙與整體滿意度關聯性均顯著，新鮮、口感細緻、晶瑩剔透和香脆與整體滿意度關聯性均高，酸甜可口與濃郁香氣則較低。本結果顯示利用光源之設計可營造水果特殊意象，帶給人們正面之心理認知與感受。本研究結果可供光源照明設計師參考，作為改善照明條件之依據。

關鍵詞：LED 燈、色溫、照度、演色性、意象

論文引用：施恆慧、吳志富、王士賓 (2019)。LED 光源設計對芭樂意象影響之研究。《設計學報》，25 (1)，47-62。

一、前言

1-1 研究背景

蔬果超市已廣泛地應用照明光源，改善並營造悅人的展售環境。觀察各夜市或超級市場蔬果展示，很多時候亦會將蔬菜與水果放在同一區域或鄰近販售，在照明部分並且發現在賣場的蔬果攤商一般會運用偏白色的高壓鈉燈或日光指燈照在芭樂上再噴些水滴，讓芭樂顯得顆顆清脆鮮豔欲滴；對紅蘿蔔、蘋果、木瓜鳳梨等蔬果而言，攤商則偏好運用暖色系光源使物品色澤偏黃而更具賣相。蔬果受到適當的照明光線的穿透或反射產生悅人的色澤，如圖 1 所示。



圖 1. 蔬果與光源：(a) 夜市蔬果汁攤販；(b) 夜市芭樂攤販。

相較於傳統使用之高壓鈉燈或日光燈照明，近年來，LED 已成為新興的光源。相較於白熾燈，LED 燈是更為環保節能之光源，可節省超過 80% 以上的能源。因此，在各國節能減碳政策陸續實施後，白熾燈已被更符合環保要求的 LED 逐步汰換 (Vienot, Coron, & Lavedrine, 2011; Zhan, Zhang, Wang, & Cheng, 2012)，而商業照明也紛紛改採以 LED 照明，並有逐漸取代其它光源的趨勢。

LED 光源具有效率高之優點，發光效率可達到 80%~90%，而日光燈發光效率則僅為 10%~20%。另外，由於 LED 光譜中沒有紫外線和紅外線，故沒有熱量、沒有輻射，屬於綠色照明光源，故具有高效能質量高之優點。LED 耗能也小，2 呎/4 呎 LED 耗能為 6-9W/15W，僅為傳統燈管的 1/3。它又具有壽命長之優點，標準壽命是 5~8 萬小時，為傳統燈管的 5~10 倍。在一般正常使用狀態下，LED 報廢率很小，維護費用極為低廉，極具耐用性 (Singh, 2015)。新型綠色環保 LED 光源，運用冷光源，故眩光小、無輻射，使用中不發出有害物質，環保效益更佳。它產生之廢棄物可回收、無污染，符合綠色環保產品之要求 (Jo & Tayade, 2014)。2014 年工研院產業經濟與趨勢研究中心指出，目前全球 LED 元件市場規模為 175 億美元，預估 2018 年將達 274 億美元，主要產品型態仍是高亮度之 LED，市場規模為 127.4 億美元，成長率 12.9%，照明應用市場為其主要成長動源。預估照明市場比重將從 2013 年的 29% 持續提昇至 2018 年的 54% (黃孟嬌, 2014)。

由於蔬果為色物體本身並不會發光，因此需適當環境照明的光源，以營造出適宜的色澤。因 LED 光源除了上述優點外，其屬性，如色溫、演色性及照度等，又具有容易控制之優點，非常適合運用於水果照明中。其中，光源的色溫屬性部份，最早是由凱爾文提出的，故色溫的單位也是以絕對溫度 (Kelvin) 表示。凱爾文發現當對一標準黑體金屬連續加熱時，隨著加熱溫度逐漸提高，光的顏色也不斷改變。因此，金屬發出光的顏色與加熱溫度相關，即為色溫定義的來源 (Berns, 2000)。因此，如大自然中的太陽光，色溫即是輻射光的顏色溫度 (Judd et al., 1964)。

市面上所使用的燈具光源，一般分為暖色系 (偏黃色)、中間色系 (自然色) 及冷色系 (偏白色)，這些色系其實代表的就是光源的色溫。國際照明委員會 (CIE) 則將室內照明色溫分成三種，暖色系為 3300°K 以下，中間色系為 3300-5000°K，5300°K 以上為冷色系 (Duval, 2001)。文獻結果顯示，運用燈光於空間照明時，色溫呈現方式會影響人們對空間、物品色彩以及心理的感受。色溫 3000°K 以下的環境令人覺得較為暖和 (Knez, 1995; Sinoo, van Hoof, & Kort, 2011)；在不同色溫光源下味覺及色彩的辨視程度亦會不同 (Cheng, Ju, Sun, & Lin, 2016; Katsuura, Jin, Baba, Shimomura, & Iwanaga, 2005)；人們的認知情緒受亦受所處環境之色溫 (Chien & Lin, 2015) 所影響。色溫可謂是影響被照空間環境舒適感最重要之光源因子之一 (Shamsul, Sia, Ng, & Karmegan, 2013; 莊金迅, 2007)。

另外，光源的另一屬性為質量與分佈之特性，即是光源照射在物體或被照物表面上所呈現的光亮程度，又稱為照度 lux。單位為每平方米上的流明數 (lumen/m²)，簡稱為米燭光。因照度會影響人們對空間的使用情形與活動的進行，故許多的國家都明訂了各種國家標準場所照度規範，如台灣國家標準檢

索系統標準 CNS12112 (<http://www.tmc.com/ninshow.asp?RecordNo=37>)、歐洲標準 EN 12464 (<https://www.sis.se/api/document/preview/100823/>) 等等。一般而言，照度越高，則越容易辨識環境與幫助閱讀。由於人對於外界環境的辨識能力，係由光源的照度所決定，它能刺激使用者的視覺感官而產生不同的心理感知。當光源照度不足時，視覺感官對空間的辨識能力將降至最低，並大大地影響了人們對空間外在的表象判斷與內在心理的感知 (Barber & Legge, 2017)。雖然光源照度的提升，對於空間的辨識能力、視覺心理感知會有一定程度的效果，但照度並非愈高愈好，還必須考慮視覺生理的適應程度與光源經濟效益等因素 (Ahn, Jang, Leigh, Yoo, & Jeong, 2014)。因此，光照度運用特性與大小規範之設計，是值得進一步探討的課題。

另外，演色性亦為物品視覺感受重要影響因素之一。演色性指數 (color rendering index, CRI) 為物件在某光源照射下顯示之顏色與其在參照光源照射下之顏色兩者之相對差異。CIE 以演色評價指數 R_a ，平均偏差值 R_a 以 100 為最高，作為光源顯色性能的評量指標規範 (詹慶旋，1991)，如表 1 所示，差異性越小，指數愈高則表示光線照射在被照物表面的顏色愈接近原來的顏色，即待測光源之演色性越好。CIE 規定用完全輻射體或標準照明體作為參照光源， R_a 平均偏差值最高定為 100 (Ohno, 2000)。在演色性較高之光源照射下，被照物所顯示色彩會較接近物體本身；在演色性較低的光源照射下，被照物體則會產生顏色偏差之狀況，通常低於 R_a 20 的光源即不再適用於一般之用途 (De Beer, van der Burgt, & van Kemenade, 2016)。因此，演色性的優劣影響物體表面顏色之判斷，亦是光源設計之重要屬性之一。

表 1. 演色指數適用之空間範圍

演色等級	指數 (R_a)	適用場所
1A	90以上	博物館、配色、臨床實驗
1B	80-90	住宅、旅館、餐廳、商店、辦公室、學校、醫院、印刷、工業操作
2	60-80	工業建築
3	40-60	顯色性要求低的場所
4	20-40	明顯色差可接受的場所

引自：詹慶旋，1991

以往光源的研究多注重於實際光源單一屬性之機能，例如：各種空間場所照度 lux 標準 (CNS 國家標準)、各種空間場所演色性 R_a 規範 (Commission Internationale de L'éclairage, 1995a)、光源照明眩光探討 (Commission Internationale de L'éclairage, 1995b)。另有整體光源多重屬性運用研究，如客廳氣氛 (李厚強，2002)、餐廳用餐情緒 (陳韋志，2011)、辦公室的色溫和照度對視覺反應和情緒的綜合影響 (顏兆詩，2009) 或高單價商品如珠寶、服飾的光源效果 (蔡宜珊，2007)，與 LED 光源投射在布料上所產生的色偏影響 (Wu, C. C., Wu, C. F., Hung, Huang, & Cheng, 2016) 等等研究。綜合以上，相對於賣場超市蔬果光源的研究，在文獻上卻是少見。

由上所述，應用於物品的光源照明設計，除了單純的本身光源照明應用之考慮外，亦應思考光源各種屬性及其被照物色彩屬性相互之間的關係，並探討人們心理的感受等相關面向。不同光源排列會影響人們的感知 (Manav & Yener, 1999)，不同的光源組合亦會影響零售商場中的品牌形象及感知氛圍，並吸引顧客增加消費機會 (Custers, Kort, IJsselsteijn, & De Kruiff, 2010; Schielke & Leudesdorff, 2015; Tantanatewin & Inkarojrit, 2016)。Taylor 與 Chau (1996) 曾說明人們之行動心理，人們以感覺 (feeling) 和記憶為基礎，接受外來的刺激並進行事物的選擇。Armitage (2007) 與 Knäuper、McCollam、Rosen-Brown、Lacaille、Kelso 和 Roseman (2011) 亦指出，增進目標完美之心理意象 (mental imagery) 將可提高水果之滿意度。Zeithaml (1988) 則指出人們對物品的心理認知影響購買意願，當其意願越高

時，消費的機率越高。因此，事物若能符合目標導向給予人們完美的心理刺激，將可有效地提昇其行動效能（Brenner, Rottenstreich, Sood & Bilgin, 2007; Taylor & Pham, 1999）。

因此，水果照明之設計，最重要的考量應為如何應用光源之各種屬性，使水果呈現悅人的光澤，帶給人們正面之心理認知與感受。但到目前為止，整合這幾個面向的探討仍很缺乏。有鑒於此，本研究將以 LED 光源應用在芭樂照明的設計與運用為例，探討不同 LED 光源組合對芭樂視覺外觀之展現是否有影響，並研究藉由光源的設計以改善人們對芭樂之觀感並增加其滿意度之可能性。

二、研究方法與步驟

台灣為水果王國，一年四季均生產芭樂，因為品質及價格相對穩定合理，成為國人最常購買的水果種類之一。而且芭樂顏色為綠色，也與大部份綠色蔬菜接近，因此本研究採用了芭樂為例作為研究，探討運用 LED 照明以營造水果芭樂獨特意象之光源設計。調查問卷分析水果形容詞彙，利用集群分析以找出水果重要意象。其次，建構一個可控制 LED 光源並量測光源物理量之實驗室，進行 LED 光源設計，並進行受測者在不同 LED 光源照射下水果芭樂之整體滿意度與意象偏好實驗。最後再利用變異數分析，探討光源組合是否對整體滿意度與水果意象有影響，並進行水果之各項意象詞彙與整體滿意度之關聯性分析，整個研究方法說明如下。

2-1 水果意象篩選

日常生活中人們常會利用各種形容「語意」形容詞，表達對事物的意象，故形容詞經常可以用來傳達事物所蘊含的特質或予人之心理反應（陳俊宏、楊東民，2014）。例如，「香醇可口」的蘋果、「新鮮」的葡萄、「清脆甜美」的芭樂....等等。此特定語意是由人們的直覺、過去的意象或共同的經驗所形成，所以這些語意的使用，特別能引起共鳴（管倅生等編著，2006）。故本研究採用形容詞彙語意之描述來調查一般人對好吃的水果的意象，以協助後續實驗於不同光源組合時，了解人們對水果意象是否有改變。

人們對語意感受隨種族、文化之不同有相當大的差異，對同一事物因表達程度、情境方式，若有太多的形容詞彙描述，進行問卷時，將增加受測者心智負荷，影響問卷結果。是故，在此利用「集群分析法」以篩選適當的水果形容詞彙，以利後續實驗進行。為了取得水果之意象詞彙，如以下步驟：

步驟 1：收集芭樂相關形容詞彙：採用文獻調查法，收集水果相關形容詞彙 86 組。

步驟 2：由研究者刪除類似或同質性高的形容詞彙後剩餘 42 組。

步驟 3：由 33 名兩週之內曾有購買水果經驗之消費者消費者（男 15 人，女 18 人），運用圈選與自由聯想的方式票選，請他們針對步驟 2 中的 42 個形容詞彙，選取最適切之形容詞彙 20 組。所選取出的詞彙總和次數的多寡結果顯示，從第 28 組之後詞彙總和的次數明顯有斷層式的落差，故再篩選出前 28 組形容詞彙。

步驟 4：運用集群分析法產生適當的形容詞語彙 6 組。受測者設定為兩週內曾購買水果經驗之消費者總計 30 名（男女各 15 人），請他們針對 28 個形容詞彙做意象尺度量表，最後選出 6 群並為其命名。

整個水果之意象詞彙篩選流程如圖 2 所示，利用集群分析法，最後找出 6 集群，挑選出 6 適當的意象詞彙為（1）口感細緻、（2）香脆、（3）晶瑩剔透、（4）新鮮的、（5）甘甜可口、（6）濃郁香氣，如圖 3 所示。



圖 2. 水果之意象詞彙篩選流程圖

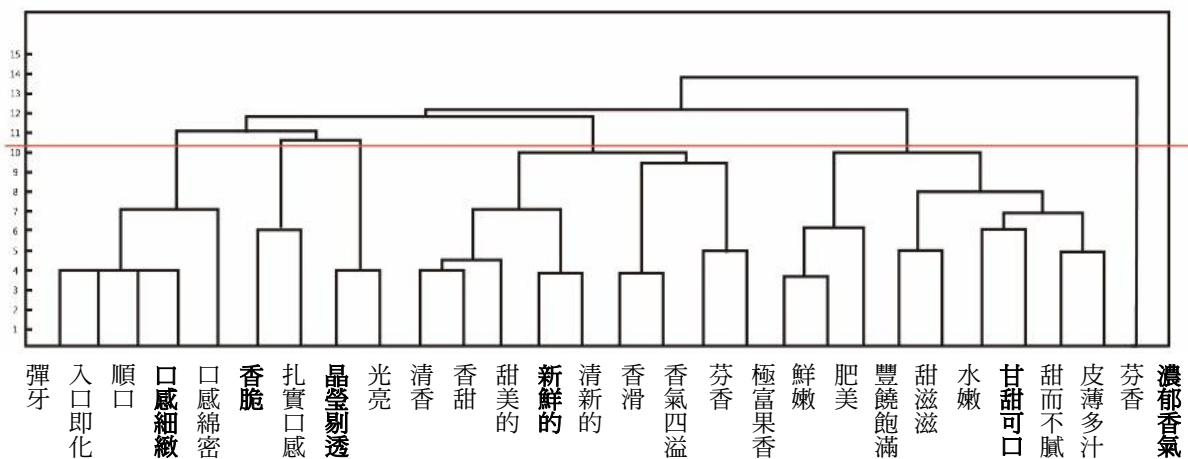


圖 3. 水果形容詞意象詞彙集群分析

2-2 受測者選定

本研究利用問卷調查受測者在不同光源照射下芭樂之視覺滿意度。實驗前先對受測者說明整個實驗過程，先完成人口基本資料問卷，含實際性別、年齡、教育程度（高中大學間）、職業、收入、居住區域時常購買蔬果的場所、購買蔬果的頻率等等題目等，並檢測確認無眼疾或色盲。最後受測有效人數總計 33 人，性別儘量取平均（男 15 人，女 18 人），年齡 28~52 歲（平均年齡 36 歲），教育程度高中大學間，職業為工程、商業及服務類居多，平均收入在 4~5 萬元，居住區域為台北及新北市，時常購買蔬果場所為住家附近傳統市場及超級市場，平均購買蔬果頻率為 5 至 8 天居多，因為此一族群受測者為家中主要收入來源及購買者，爾後受測者篩選亦盡量採用相同族群。

2-3 水果整體滿意度與意象偏好實驗

2-3.1 待測物設定

臺灣位於亞熱帶，是個盛產各種水果的寶島，由於水果種類繁多，顏色亦多樣化，即使同一種水果，亦會因生長條件環境差異，產生大小、形狀與色澤變化。為了找出具代表性之芭樂，本研究利用測色儀器 NCS 色度計（NCS Colour Scan 2.0）輔助芭樂測色，如下頁圖 4 所示。此測色儀器具有體積小，單手可操作，方便攜帶的特性，可以在屏幕上立即輕鬆地識別、即時讀取顏色，對任何選擇物體表面顏色均可適用。芭樂顏色之選擇如圖 5、所選擇的 6 顆芭樂經測色，均符合在 S 2060-G40Y 為中心之鄰近色澤範圍，如此確保色澤接近，不致因差異太大影響觀測。芭樂篩選過程為了避免水果因色澤的變化過大，產生觀測之誤差，首先在蔬果賣場的同一批芭樂中先挑選出直徑約 10cm 大小芭樂 60 顆，並標上號碼以利辨視（a），之後針對每顆芭樂利用 NCS 色度計初步記錄芭樂之色澤並記錄以備用（b），利用所紀錄之數據，實際挑選出 6 顆最適切芭樂（c），並以此 6 顆芭樂作為實驗測試所用（d），如圖 6 所示。



圖4. NCS色度計 (NCS Colour Scan 2.0)

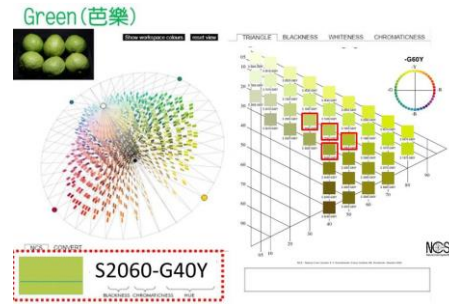


圖5. 代表水果芭樂顏色之選擇-NCS色度計測色

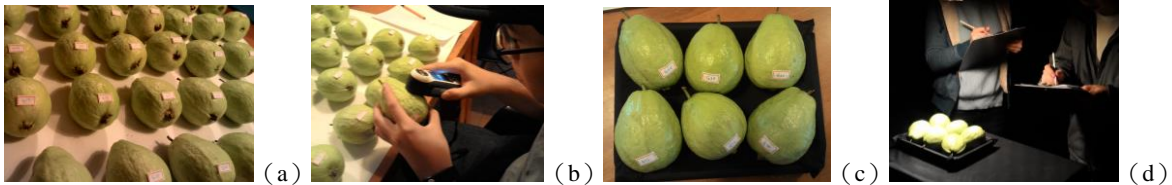


圖 6. 代表水果芭樂顏色之選擇: (a-d) 芭樂篩選過程。

2-3.2 受測場景設計

實驗場合的考量，因需排除許多如環境噪音、環境光源、流動人員、繁雜商品等等干擾因素，故建構於可控制 LED 光源與可量測光物理量之實驗室環境，以利實驗的進行。另為使受測者能專注於感受光源與水果芭樂本身上，實驗區域擬設置於一暗房中，暗房環境色控制在 Munsell 明度值全黑的狀態，如圖 7 所示。

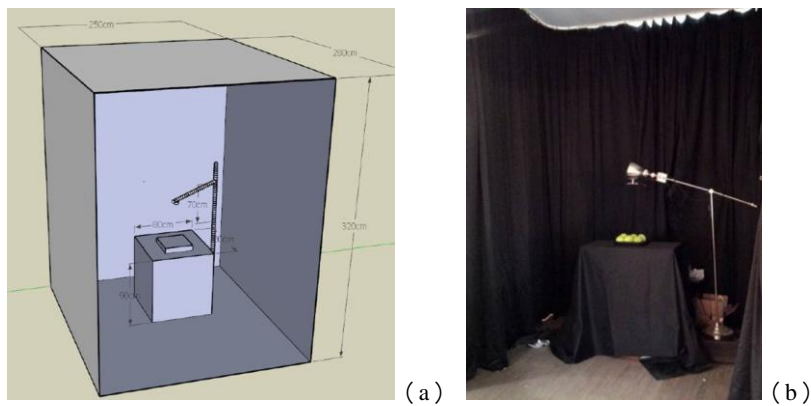


圖 7. 受測場景與展示桌擺設組合：(a) 示意圖；(b) 實際圖。

- (1) 實驗空間大小：250cm (長) × 280cm (寬) × 320cm (高)。
- (2) 實驗環境與展示桌擺設位置：展示桌高度 80cm (長) × 80cm (寬) × 90cm (高)。
- (3) LED 光源位置：光源高度 160cm，採直接照明，芭樂置於光源正下方，距光源高度 70cm。

2-3.3 受測光源組合設定

本實驗之研究目的主要在於瞭解光源不同組合時受測者的主觀視覺滿意度偏好與芭樂意象之感受偏好。後續探討因子的顯著性，並分析各個因子與其水準的反應。另為了確認光源條件，已購買了色溫照度計 (CL-70F) 之量測設備如圖 8 顯示，可量測光源之色溫、照度、演色性。配合實驗製作先在工廠訂製不同 LED 照度、色溫、演色性組合之光源共計 8 盞，將其光源固定在燈架上後，檢查燈源設定位置，

並實際用色溫照度計 (CL-70F) 測試所需光源無誤，訂製受測燈具製作流程如圖 9 所示。本研究光源之因子與其水準之選擇說明如下：

(1) LED 光源色溫：考慮目前市面上大賣場及燈具公司最常使用的光源，挑選 LED 光源色溫選定中色系 4000°K、暖色系 2700°K 二種色系之色溫。

(2) LED 光源照度：照度為物體或被照面上被光源照射所呈現的光亮程度。被照面的照度越高，則越容易辨識環境。本實驗選定照度在 CNS 國家設定標準的 750lux 至 1500lux 之間，故挑選 750lux 及 1500lux 二種演色性。

(3) LED 光源演色性：光源對被照物的演色性能，即為當光源照射在被照物時，其表面顏色與原本顏色所產生偏差現象的程度。偏差現象低時，光源的演色性高，被照物表面所呈現的顏色較接近原來顏色。一般來說，平均演色評價指數 (CRI) 在 $Ra80$ 以上，基本上即可滿足人們色彩上的需求 (Commission Internationale de L'éclairage, 1995a)。一般室內用照明光源，通常以 CRI 大於 80 作為標準。不過由於近年來生活品質的提升，人類更注重照明光源的品質，故愈來愈多的學者以及廠商，將 CRI 訂為大於 90，趨近於自然日光光源為目標。所以，本實驗 CRI 演色性選定市面上較普遍 $Ra 70$ 至 $Ra 80$ 的 LED 燈光源。



圖 8. 色溫照度計 (CL-70F)

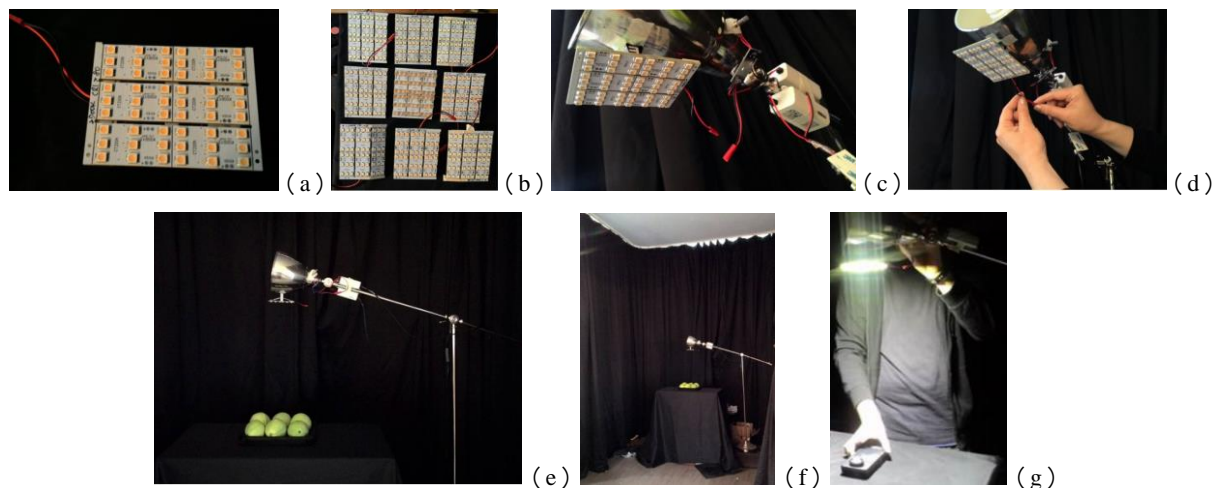


圖 9. 受測燈具製作流程圖：(a) 燈具選定；(b) 變數確定；(c) 燈具架設；(d) 燈具組裝；(e) 燈架定位；(f) 測試；(g) 光測測定

針對 LED 光源組合之因子與水準設定色溫：(1) 2700 (°K)、(2) 4000 (°K)；演色性：(1) 70 (CRI)、(2) 80 (CRI)；照度：(1) 750 (lux)、(2) 1500 (lux)，本實驗光源組合之因子與水準設計如表 2 所示。針對 LED 光源因子：色溫、照度、演色性因子，各 2 水準，考慮所有因子水準的變動組合，利用全因子法規劃出 8 組光源組合實驗情境，光源組合設計規劃如表 3 所示。

表 2. 水果芭樂整體滿意度與意象偏好實驗光源組合之因子與水準值

因子	Level 1	Level 2
LED光源色溫 (°K)	2700	4000
LED光源演色性 (CRI)	70	80
LED光源照度 (lux)	750	1500

表 3. LED 8 組光源組合設計

光源組合	色溫 (°K)	演色性 (CRI)	照度 (lux)
1	2700	70	750
2	2700	70	1500
3	2700	80	750
4	2700	80	1500
5	4000	70	750
6	4000	70	1500
7	4000	80	750
8	4000	80	1500

2-3.4 受測者偏好實驗

依據上述集群分析所得 6 個水果意象與整體滿意度，進行主觀評量觀察問卷。為避免一般受測者在進行評價時，不容易辨別感受程度之差異性，故本研究以 5 階李克特量表 (Likert scale) 進行偏好评價 (非常不同意、不同意、普通、同意、非常同意)，紀錄受測者在不同項目之評價。首先讓受測者於實驗場所旁所設置的休息處準備受測，休息處配置柔和燈光並全程撥放輕音樂使受測者能夠心情放鬆。先在休息區對受測者說明實驗內容、色盲篩選並填寫個人基本資料。接著依照受測水果燈光場景，進入受測場所內進行水果滿意度實測並同時填寫問卷。填寫好問卷後走出受測場所進到休憩區，待工作人員布置其他組合光源後繼續進行測試，每位受測者將 8 種光源組合受測完畢後，即可交付問卷。

受測者年齡 20 歲至 60 歲至少 40 人，性別取樣盡量平均。受測前先完成人口基本資料問卷，含實際性別、年齡、教育程度、職業、收入、時常購買蔬果的場所、購買蔬果的頻率等等題目等，確定無眼疾或色盲，並對受測者說明整個實驗過程。為減輕受測者心理壓力，全程將播放輕音樂，並有飲品服務。

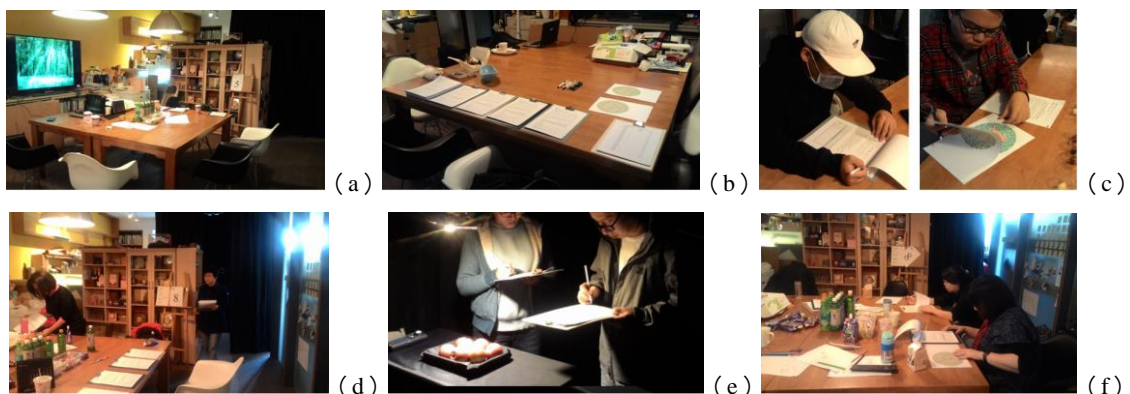


圖 10. 實驗過程圖：(a) 環境燈光柔和並播放大自然圖片與清鬆音樂；(b) 桌面實驗問卷；(c) 受測者實驗說明、基本資料填寫與色盲測試；(d) 依照水果燈光組合進行實驗；(e) 水果光源滿意度實測；(f) 問卷檢查與交付

三、結果與討論

總計有效受測問卷 30 份中，男生 13 位，女生 17 位（平均年齡 39），所獲得評價數據則進行變異數分析，以探討光源組合是否對水果意象與整體滿意度具有顯著影響。最後利用關聯法分析探討水果芭樂整體滿意度與意象之關係，以了解意象之營造是否對水果芭樂整體滿意度之影響有相關。結果如下：

3-1 光源組合變異數分析

本研究整理了受測者如表 3 中 8 種光源組合情境下水果-芭樂整體滿意度與意象偏好之平均數，如表 4 所示。光源組合對整體滿意度之變異數分析，摘要表如表 5 所示。

表 4. 水果-芭樂整體滿意度與意象偏好平均數結果

光源組合	色溫 (°K)	演色性 (CRI)	照度 (lux)	整體滿意度	口感細緻	香脆	晶瑩剔透	新鮮的	酸甜可口	濃郁香氣
1	1	1	1	3.433	3.567	3.300	3.200	3.333	3.300	3.233
2	1	1	2	3.933	4.067	3.933	4.000	4.100	3.700	3.733
3	1	2	1	2.267	2.667	2.467	2.300	2.267	2.267	2.300
4	1	2	2	3.033	3.200	2.933	2.900	2.933	2.867	3.033
5	2	1	1	4.033	3.767	4.233	4.200	4.233	3.800	3.500
6	2	1	2	3.967	4.000	4.067	4.000	4.267	3.367	3.433
7	2	2	1	3.500	3.367	3.567	3.567	3.733	3.033	3.067
8	2	2	2	3.700	3.767	3.933	4.100	4.033	3.367	3.033

表 5. 芭樂整體滿意度 ANOVA 摘要表

變異來源 (source)	平方和 (SS)	自由度 (df)	均方和 (MS)	F值	事後比較 (Bouferroni法)
S (受試者內)	59.433	29	2.049		組2>組4、組3 組1>組3
A (光源組合)	74.133	7	10.590	18.163	組5>組4、組3 組4>組3
S×A (殘餘誤差)	118.367	203	.583		組6>組4、組3 組7>組3
總和	251.933	239	** $p=.000<0.05$		組8>組4、組3

如表 5 所示，芭樂整體滿意度變異數分析摘要表中，顯示受試者在 8 種不同光源組合的水果-芭樂對整體滿意度的偏好分數有顯著的影響 ($F=18.163$, $**p=.000<0.05$)。而進一步事後比較 (Bouferroni 法) 結果，不同光源組合間存在差異，且組 2>組 4、組 3；組 1>組 3；組 5>組 4、組 3；組 4>組 3；組 6>組 4、組 3；組 7>組 3；組 8>組 4、組 3。相依樣本單因子 ANOVA 考驗的關聯效果大小為 $SS_A / (SS_A + SS_{S \times A}) = 0.3851$ ，依照 Cohen (1988) 準則，效果大小超過 0.14 即具有大的效果量，亦即光源組合可解釋整體滿意度效果之 38.51% 的變異。

同樣地，可找出 8 種不同光源組合的水果-芭樂對各種意象的偏好分數影響，結果顯示口感細緻 ($F=10.276$, $**p=.000<0.05$)、香脆 ($F=16.398$, $**p=.000<0.05$)、晶瑩剔透 ($F=19.729$, $**p=.000<0.05$)、新鮮的 ($F=21.925$, $**p=.000<0.05$)、酸甜可口 ($F=23.000$, $**p=.000<0.05$)、濃郁香氣 ($F=7.110$, $**p=.000<0.05$) 均顯著。

變異數分析的結果僅能確認第 3 組光源組合（色溫 2700 (°K)、演色性 80 (CRI)、照度 750 (lux) 時) 所產生的整體滿意度最差。另外，從事後比較的結果來看，組 1、組 2、組 5、組 6、組 7、組 8 沒有顯著差異，代表這個研究有 6 種光源組合，照在芭樂的滿意度是沒有差別的，而難以找出最佳光源組合，故本研究試著找出較佳的建議光源組合。

如表 4 光源屬性考慮色溫、照度、演色性各 2 水準，利用全因子法規劃出 8 組光源組合，因已考慮到所有的光源變動組合，故由表 4 即可找到整體滿意度與 6 種意象之最佳光源組合，如表 4 中黑體字加底線表示之結果。但此利用平均數分析的結果，也有可能因機率的問題，當重做一次實驗時，平均數最高的組別，很有可能會落在其他組。因此，此光源組合因子水準效用之分析可進一步利用其它統計方法分析。

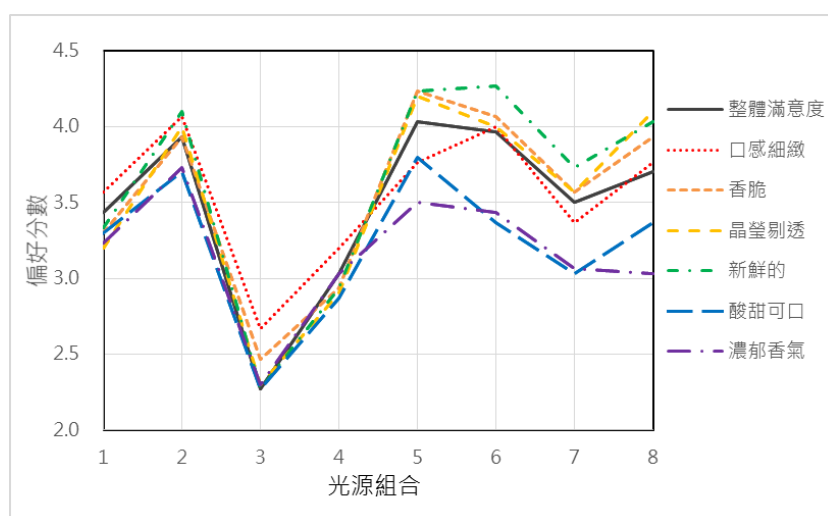


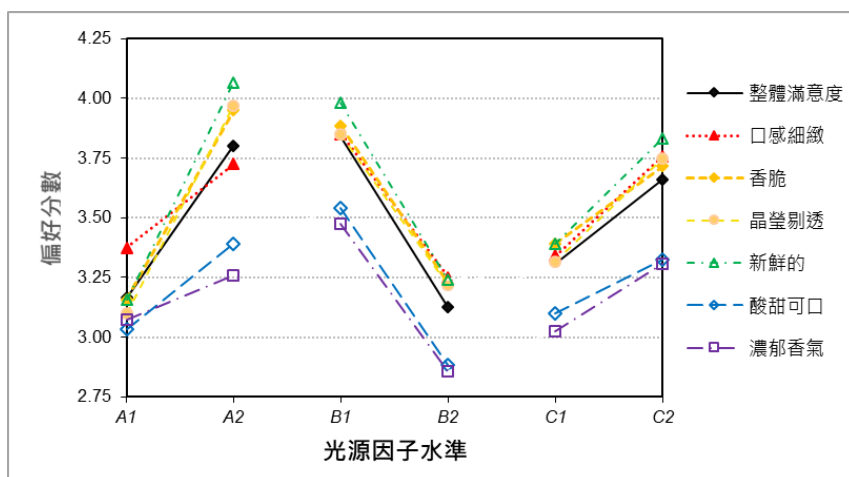
圖 11. 光源組合水果-芭樂整體滿意度與意象偏好之表現

此外，為了瞭解芭樂 8 種光源組合整體滿意度與意象偏好之趨勢，進一步整理水果-芭樂整體滿意度與意象偏好在 8 種光源組合之表現，如圖 11 所示。由圖 11 可知整體滿意度與 6 種意象之趨勢呈現高度的相關，因此，他們之間的關係亦可利用相關性分析來探究。

3-2 整體因子水準效應

有許多的統計方法可用於因子水準效用之分析，其中田口法 (Taguchi method) 考慮不同因子在某一水準下之實驗量測數據之平均值代表此因子在此水準下的反應 (response)，所有因子在不同水準下的反應則可進一步繪製成因子反應圖，以了解不同因子在不同水準下的效應與趨勢 (李輝煌, 2013)。

本研究整理了受測者如表 4 中 8 種光源情境下水果整體滿意度與意象偏好之平均數，如表 4 所示。光源因子對水果整體滿意度與意象偏好之因子反應圖如圖 12 所示。結果顯示，在不同光源組合下之水果芭樂，六組形容詞語彙與整體滿意度，皆在色溫 4000 (°K)、演色性 70 (CRI)、照度 1500 (lux) 時，為較佳。由於偏好值分數愈高，代表受測者對評估同意程度愈高，故由圖 12 可知色溫水準在 2 時 (A2) 時表現較佳；演色性水準在 1 時 (B1) 時表現較佳；照度則在水準 2 時 (C2) 時表現較佳。此為第 6 組的光源組合 (A2B1C2)，其水準剛好與最差的第 3 組光源組合 (A1B2C1) 的水準呈現相反，故為本研究建議的較佳光源組合。



A1: 2700 (°K) A2:4000 (°K) / B1:70 (CRI) B2:80 (CRI) / C1:750 (lux) C2:1500 (lux)

圖 12. 光源因子對水果整體滿意度反應圖

3-3 芭樂意象與整體滿意度相關性分析

本研究以 Spearman (1904) 提出的相關性分析來探討受測者水果-芭樂意象與整體滿意度的相關性。Spearman 相關性分析，主要用來度量兩個變數之間聯繫的強弱 (Lehmann & D'Abnera, 1998)。如表 4 中受測者在 8 種光源組合情況下芭樂意象與整體滿意度實驗值，依序行整體滿意度與 6 個水果意象的相關性分析。所有 6 個意象與整體滿意度之相關性分析整理如表 6 所示。

結果顯示 6 芭樂意象詞彙與整體滿意度為等級相關由大至小分別為：新鮮的 $r=0.981$ 、口感細緻 $r=0.936$ 、晶瑩剔透 $r=0.934$ 、香脆 $r=0.930$ 、酸甜可口 $r=0.896$ 、濃郁香氣 $r=0.66$ ，其數值皆為正值 0.5~1.0，達到顯著水準，亦即上述 6 芭樂意象詞彙均與整體滿意度的結果均相關。其中，新鮮的、口感細緻、晶瑩剔透、香脆等 4 種意象與整體滿意度相關性超過 0.9 以上，意即這 4 種意象偏好與整體滿意度幾乎一致，當光源設計營造出此 4 種意象之效果愈佳時，將愈能提高整體滿意度。其次，酸甜可口與整體滿意度相關性則較低 ($r=0.896$)、濃郁香氣相關程度則更低 ($r=0.66$)。明顯的，光源設計營造芭樂給人的意象不在於嗅覺是否濃郁香氣，更重要的是呈現新鮮的、晶瑩剔透的視覺感受與口感細緻、香脆的口感。此結果說明，光源設計可營造悅人的水果意象並提高對水果的滿意度。

表 9. 芭樂意象與整體滿意度相關性分析彙整

		口感細緻	香脆	晶瑩剔透	新鮮的	酸甜可口	濃郁香氣
整體滿意度	Pearson 相關	.936	.930**	.934**	0.981**	.896**	0.66
(總體評價)	顯著性 (雙尾)	0.001**	0.001**	0.001**	0.000**	0.003**	0.075
個數		8	8	8	8	8	8

* $p < .05$ ** $p < .01$

四、結論與建議

水果具有其相應的意象，利用不同光源組合對水果意象會產生不同的影響，亦會影響其整體滿意度。本研究顯示，利用 LED 色溫、演色性及照度進行光源設計，其光源組合對於水果芭樂的整體滿意度，均有顯著影響。

結果顯示，在色溫 2700 (°K)、演色性 80 (CRI)、照度 750 (lux) 時，芭樂有最差的整體滿意度。為提高受測者芭樂整體滿意度，本研究則建議光源組合採用色溫 4000 (°K)、演色性 70 (CRI)、照度

1500 (lux)。此外，在六個水果意象形容詞彙中，除酸甜可口與濃郁香氣與整體滿意度相關性較低外，新鮮的、口感細緻、晶瑩剔透、香脆等 4 種意象與整體滿意度均呈現高度相關 ($r > 0.9$)。當光源設計營造出此 4 種意象之效果愈佳時，亦即愈能符合水果相應的意象時，愈能提高兼水果整體的滿意度。此結果說明，光源設計可營造悅人的水果意象並提高對水果的滿意度。以往的光源照明等研究，大多著重於較大空間使用面，例如商業空間餐廳、畫廊或者是整體的零售商店其行銷及品牌，亦或者是高價珠寶等，對於蔬果照明的研究相對較少。本研究結果可提供給設計師作為空間光源設計的參考，並可為照明條件之依據。

因合適之照明方式，有助於提高物品的整體滿意度。後續研究建議，除了針對不同光源條件下消費者對於選用水果之影響外，應可擬定具體規劃方案，以裨益改良商業空間蔬果照明工作的推動。以下幾點建議，分別敘述如下：

(一) 設計部分：水果種類色澤繁多，應將各水果依色澤種類區分，將各光源依照適合條件配置運用，而非單一光源形式就適合於各種水果。

(二) 人因部份：LED 光源對於個人來說，已是相當普及及生活化的產品，而良好的光源設計規劃，能夠使人在輕鬆愉快的光源環境下進行水果選購。

參考文獻

1. Ahn, B. L., Jang, C. Y., Leigh, S. B., Yoo, S., & Jeong, H. (2014). Effect of LED lighting on the cooling and heating loads in office buildings. *Applied Energy*, 113, 1484-1489.
2. Armitage, C. J. (2007). Effects of an implementation intention-based intervention on fruit consumption. *Psychology and Health*, 22(8), 917-928.
3. Barber, P. J., & Legge, D. (2017). *Perception and information* (Vol. 1). London: Routledge.
4. Berns, R. S. (2000). *Billmeyer and Saltzman's principles of color technology* (pp. 71-74). New York, NY: Wiley.
5. Brenner, L., Rottenstreich, Y., Sood, S., & Bilgin, B. (2007). On the psychology of loss aversion: Possession, valence, and reversals of the endowment effect. *Journal of Consumer Research*, 34(3), 369-376.
6. Cheng, W., Ju, J., Sun, Y., & Lin, Y. (2016). The effect of LED lighting on color discrimination and preference of elderly people. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 26(4), 483-490.
7. Chien, S. Y., & Lin, Y. T. (2015). The effects of the service environment on perceived waiting time and emotions. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 25(3), 319-328.
8. Commission Internationale de L'éclairage. (1995a). *Method of measuring and specifying colour Rendering of light sources* (Technical Report: CIE 13.3-1995). Vienna: Commission Internationale de l'Éclairage.
9. Commission Internationale de L'éclairage. (1995b). *Discomfort glare in interior lighting*. Sources: (Technical Report: CIE 117-1995). Vienna: Commission Internationale de l'Éclairage.
10. Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
11. Custers, P. J., De Kort, Y. A. W., IJsselstein, W. A., & De Kruiff, M. E. (2010). Lighting in retail

- environments: Atmosphere perception in the real world. *Lighting Research & Technology*, 42(3), 331-343.
12. De Beer, E., van der Burgt, P., & van Kemenade, J. (2016). Another color rendering metric: Do we really need it, can we live without it? *Leukos*, 12(1-2), 51-59.
 13. Duval, B. (2001). Commission Internationale de L'éclairage (CIE). *Techniques de l'ingénieur. Mesures et contrôle*, (R86), R86-1.
 14. Jo, W. K., & Tayade, R. J. (2014). New generation energy-efficient light source for photocatalysis: LEDs for environmental applications. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 53(6), 2073-2084.
 15. Judd, D. B., MacAdam, D. L., Wyszecki, G., Budde, H. W., Condit, H. R., Henderson, S. T., & Simonds, J. L. (1964). Spectral distribution of typical daylight as a function of correlated color temperature. *Journal of the Optical Society of America*, 54(8), 1031-1040.
 16. Katsuura, T., Jin, X., Baba, Y., Shimomura, Y., & Iwanaga, K. (2005). Effects of color temperature of illumination on physiological functions. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, 24(4), 321-325.
 17. Knäuper, B., McCollam, A., Rosen-Brown, A., Lacaille, J., Kelso, E., & Roseman, M. (2011). Fruitful plans: Adding targeted mental imagery to implementation intentions increases fruit consumption. *Psychology and Health*, 26(5), 601-617.
 18. Knez, I. (1995). Effects of indoor lighting on mood and cognition. *Journal of Environmental Psychology*, 15(1), 39-51.
 19. Lehmann, E. L., & D'Abrera, H. J. M. (1998). *Nonparametrics: Statistical methods based on ranks* (rev. ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-hall.
 20. Manav, B., & Yener, C. (1999). Effects of different lighting arrangements on space perception. *Architectural Science Review*, 42(1), 43-47.
 21. Ohno, Y. (2000, January). CIE fundamentals for color measurements. *IS&T NIP16 Conference*, Vancouver, Canada.
 22. Schielke, T., & Leudesdorff, M. (2015). Impact of lighting design on brand image for fashion retail stores. *Lighting Research & Technology*, 47(6), 672-692.
 23. Shamsul, B. M. T., Sia, C. C., Ng, Y. G., & Karmegan, K. (2013). Effects of light's colour temperatures on visual comfort level, task performances, and alertness among students. *American Journal of Public Health Research*, 1(7), 159-165.
 24. Singh, B. D. (2015). *Plant breeding: Principles and methods*. New Delhi: Kalyani Publishers.
 25. Sinoo, M. M., van Hoof, J., & Kort, H. S. (2011). Light conditions for older adults in the nursing home: Assessment of environmental illuminances and colour temperature. *Building and Environment*, 46(10), 1917-1927.
 26. Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two things. *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72-101.
 27. Tantanatewin, W., & Inkarojrit, V. (2016). Effects of color and lighting on retail impression and identity. *Journal of Environmental Psychology*, 46, 197-205.
 28. Taylor, D. E., & Chau, A. (1996). Tetracycline resistance mediated by ribosomal protection. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 40(1), 1-5.
 29. Taylor, S. E., & Pham, L. B. (1999). The effect of mental simulation on goal-directed performance.

- Imagination, Cognition and Personality*, 18(4), 253-268.
30. Vienot, F., Coron, G., & Lavedrine, B. (2011). LEDs as a tool to enhance faded colours of museums artefacts. *Journal of Cultural Heritage*, 12(4), 431-440.
 31. Wu, C. C., Wu, C. F., Hung, C. C., Huang, W. S., & Cheng, P. J. (2016). Effects of color temperature and luminance of LEDs on color judgments involving various printing materials. *Journal of the Society for Information Display*, 24(3), 137-143.
 32. Zeithaml, V. A. (1988). Consumer perceptions of price, quality, and value: A means-end model and synthesis of evidence. *The Journal of Marketing*, 52(3), 2-22.
 33. Zhan, X., Zhang, J., Wang, X., & Cheng, J. (2012). Progress on silicone packaging materials for power LED. *Procedia Engineering*, 27, 687-692.
 34. 莊金迅 (2007)。光源的色溫及其在照明設計中的應用。《燈與照明》，31 (3)，36-38。
Zhuang, J. X. (2007). The application of the color temperature of luminaries in the lighting design. *Lighy & Lighting*, 31(3), 36-38. [in Chinese, semantic translation]
 35. 李厚強 (2002)。人工光源之照度及色溫對視覺感知影響與照明方式調查研究-以住宅客廳為例(未出版碩士論文)。中原大學，桃園市。
Li, H. Q. (2002). *A study on the influence of illuminance & color temperature of artificial lighting on visual perception and survey of lighting models-using living room as an example* (Unpublished master's thesis). Chung Yuan Christian University, Taoyuan, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
 36. 李輝煌 (2013)。田口方法：品質設計的原理與實務 (第四版)。台北市：高立。
Lee, H. H. (2013). *Taguchi methods: Principles and practices of quality design* (4th ed.). Taipei: Gau Lih. [in Chinese, semantic translation]
 37. 陳韋志 (2011)。色溫度與照度對用餐情緒影響之研究-以素食餐廳照明為例(未出版碩士論文)。朝陽科技大學，台中市。
Chen, W. C. (2011). *The effects of color temperatures and illuminance on dining emotion – Using vegetarian restaurant's lighting as an example* (Unpublished master's thesis). Chaoyang University of Technology, Taichung, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
 38. 管倖生、阮綠茵、王明堂、王藍亭、李佩玲、高新發、盧麗淑 (2006)。《設計研究方法》。台北：全華。
Guan, X. S., Juan, L. G., Wang, M. T., Wang, L. T., Lee, P. L., Gau, S. F., & Lu, L. S. (2006). *Design research methods*. Taipei: Chuan Hwa.[in Chinese, semantic translation].
 39. 顏兆詩 (2009)。LED 照明環境光源色溫度對辦公空間閱讀心理影響之研究(未出版碩士論文)。國立清華大學，新竹市。
Yan, J. S. (2009). *Effects of LED color temperature on office readers' emotion* (Unpublished master's thesis). National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]
 40. 陳俊宏、楊東民 (2014)。《視覺傳達設計概論 (第三版)》。台北市：全華。
Chen, C. H., & Yang, D. M. (2014). *Introduction to visual communication design* (3rd ed.). Taipei: Chuan Hwa. [in Chinese, semantic translation]
 41. 黃孟嬌 (2014)。《全球 LED 照明技術發展趨勢(2014)》。台北市：工研院產業科技國際策略發展所。
取自：<http://ieknet-eng.iek.org.tw>。
Huang, M. C. (2014). *Global LED lighting technology development trend (2014)*. Taipei: Industry,

Science and Technology International Strategy Center (ISTI), Industrial Technology Research Institute (ITRI). Retrieved from <http://ieknet-eng.iek.org.tw>.

42. 詹慶旋 (1991)。《建築光環境》。台北市：淑馨。

Zhan, Q. X. (1991). *Architectural light environment*. Taipei: Shu Shin. [in Chinese, semantic translation]

43. 蔡宜珊 (2009)。《LED 杯燈在櫥窗展示照明之應用研究(未出版碩士論文)》。中原大學，桃園市。

Tasi, Y. S. (2008). *An experimental lighting application of show cases for LED MR lamps* (Unpublished master's thesis). Chung Yuan Christian University, Taoyuan, Taiwan. [in Chinese, semantic translation]

LED Lighting Design in Enhancing Object Satisfaction

Heng-Hui Shih* Chih-Fu Wu** Shih-Bin Wang***

*** The Graduate Institute of Design Science, Tatung University

*** Department of Innovative Product Design, Lee-Ming Institute of Technology

* blue4990@gmail.com

** wcf@ttu.edu.tw

*** wsb@mail.lit.edu.tw

Abstract

This study explores the effects of light source on the imagery of guava to understand how light source design can be used to make fruits feel pleasing. First, using questionnaire analysis and cluster analysis, six fruit image vocabulary were obtained. Based on combinations of color temperature (2700°K, 4000°K), color rendering (70 CRI, 80 CRI), and illuminance (750 Lux, 1500 Lux), 8 LED light sources were designed. Then, under these light sources, experiments of guava preference for six images and overall satisfaction were conducted. The obtained evaluation data was further analyzed by the analysis of variance and the correlation analysis.

The results show that combinations of the light source have significant effects on the evaluation of the overall satisfaction. The participants reported the worst overall satisfaction when the light source is at color temperature of 2700 (°K), color rendering (80CRI), and illuminance of 750 (Lux). Thus, a combination of color temperature (4000°k), color rendering 70 (CRI), and illumination 1500 (Lux) was proposed to improve the overall satisfaction of the testers. In addition, all the six images are significantly correlated with the overall satisfaction, the correlation of the four images of fresh, fine taste, crystal clear and crisp is high, but those of sweet and sour and rich aroma is low. The results show that the use of light source design can create a special image of fruit, giving people positive psychological awareness and feelings. The results of this study can be used as a reference for light design as a basis for improving lighting conditions.

Keywords: LED light, Color Temperature, Illuminance, Color Rendering, Image.