

漫談影響色素形成的因子

Factors which influence pigmentation

資料來源:

By Maria Seemann(Cuxhaven, Germany)

Lohmann Information No. 24 / 2000

介紹

你知道超過90%的人，都是先透過眼睛來感官嗎？

在其他動物也一樣，視覺的刺激是非常重要的。特別是鳥類，也可能是因為這樣使得其它感官並不發達。鳥類的嗅覺與味覺的刺激較不重要，這點與哺乳類相反。

這也解釋了為何只有公鳥擁有獨特的羽毛，並且雞冠和肉垂具有華麗的顏色。公雞的彩色羽毛和亮紅色的雞冠，可用來作為求偶時威嚇其他對手的工具，並吸引雌性的注意。廣義來說，色彩在這時被用來繁殖。

從上文得知，色彩對於人類是次要的。但當挑選食物時，顏色和外觀又扮演了重要的角色。這兩個指標都用來評斷食物的品質。只有少數加工過的食物沒有使用著色劑，這證明了色彩對人類是多麼的重要。

在家禽產品的市場，外觀與顏色是評斷品質的主要依據。如果含氧類胡蘿蔔色素的添加量不當，消費者光看蛋黃就把這顆蛋判定出局了。在玉蜀黍生產地區，黃色的雞爪和雞喙，是購買雞肉的品質標準，市場上很少看到蒼白皮膚的雞隻。

因此，接下來將討論會影響蛋黃和皮膚色素形成的因子有哪些。

含氧類胡蘿蔔色素負責蛋黃和皮膚的色素形成，例如雞爪、雞喙、雞冠和羽毛。家禽無法自己產生這些物質，必須由飼料中獲得。

含氧類胡蘿蔔色素(Oxycarotenoid)的來源

自然狀況下，含氧類胡蘿蔔色素存在於家禽飼料中的許多原料。因此，家禽飼料的原料選擇，是最主要影響色素形成的因子。

玉蜀黍、小麥和大麥是影響蛋黃色素形成最主要的飼料原料(如表1)。可使用Hoffmann La Roche羅氏色扇來做視覺顏色判定。飼料含玉蜀黍，會看到色扇10號的顏色，反之，含小麥和大麥的飼料，蛋黃的顏色會明顯蒼白，色扇是4號。當然，造成這些差異的原因，是因為所使用的原料具有不同濃度或比例的含氧類胡蘿蔔色素。

表1:穀物的種類對雞蛋品質指數的影響

常見穀物	蛋重g	蛋殼重g	HU鮮度	HLR色扇值
玉蜀黍	62.3	5.57	72.7	10.2
小麥	61.5	5.46	75.3	4.0
大麥	62.2	5.68	76.1	3.8

出處:Leeson and Summers(1997)

原料中“含氧類胡蘿蔔色素(Oxycarotenoid)”的含量

表2提供了會影響色素形成的主要飼料原料之總覽。蛋雞和肉雞飼料中最主要的含氧類胡蘿蔔色素來源，是玉蜀黍和其副產物。含有高比例玉蜀黍梗外部的高蛋白質玉蜀黍副產物，會有特別高的色扇值。另外，紫花苜蓿和牧草粉也一樣。從文獻及臨床經驗得知，某些碗豆和油菜是供應著色劑的來源。因為會有雞蛋腐壞的問題，油菜不用於紅殼蛋雞。

表2: 不同原料中的“類胡蘿蔔色素(carotenoid)”含量

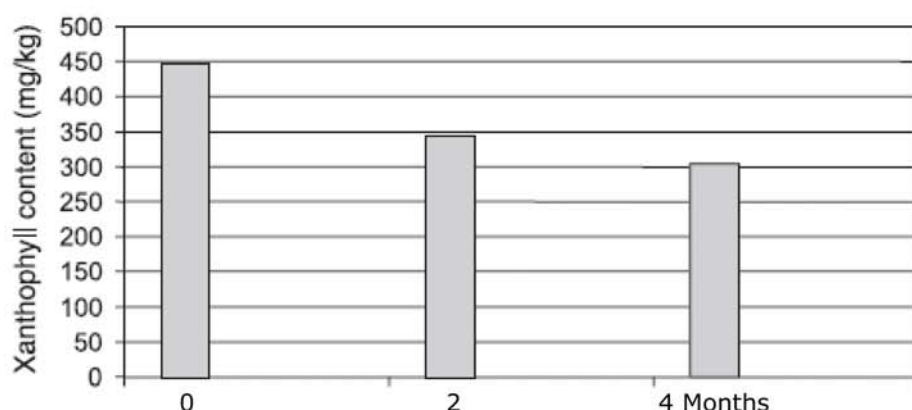
類胡蘿蔔色素的來源	含氧類胡蘿蔔色素的平均含量 (mg/kg)
玉蜀黍 (US,F)	18
玉蜀黍 (D)	15
Platamaize	32
玉蜀黍麵筋粉(20% XP)	20
“Maisarin”(23% XP)	40
玉蜀黍麵筋粉(50% XP)	185
“Concentra”(60% XP)	250
玉蜀黍麵筋粉	8
玉米碎粒飼料	10
紫花苜蓿(17% XP)	180
牧草粉(14% XP)	140

現場常見，當配置飼料時，習慣做成“標準餐桌值”，而這也是色素的使用點。實際狀況下，可能因為種類不同、生長狀況不同、採收方式、採收時間、貯存狀況、貯存時間…等，產生變動。因此當飼料配方具高量原料時，應檢測含氧類胡蘿蔔色素的實際成分，必要時須改變配方。

哪些因素會影響“著色劑(Colourant)”的貯存量

含氧類胡蘿蔔色素是脂溶性物質，因此對於氧化作用非常敏感。這代表貯存過程中，無可避免地會流失部分活性。圖1顯示了紫花苜蓿的例子。乾燥後直接測量，葉黃素的含量約440 mg/kg。貯存2個月之後，就降低23%(340 mg/kg)。貯存4個月之後，色素流失約30%。與新鮮原料的分析值來做比較，玉蜀黍、玉蜀黍副產物、紫花苜蓿和牧草粉、貯存12個月之後，色素的含量可預期減少超過50%。當計算飼料配方時，要考慮這些流失，避免引起客戶的抱怨，尤其是在可明顯看出皮膚顏色差異的白肉雞飼養戶。

圖1: 紫花苜蓿在貯存過程中，葉黃素(Xanthophyll)的含量變化(mg/kg)



加熱處理

許多飼料添加劑在飼料製造過程中受到熱的影響(例如:熱製粒、膨化)，效力都會下降。含氧類胡蘿蔔色素也不例外。因此，無法確定時，應該分析其含量。

著色劑 (Colourants)的額外補充

直到目前為止，只有少數幾種原料被提到是色素的來源。但是，這些常用的原料無法達到消費者對蛋黃顏色的要求，因為這取決於原料中含氧類胡蘿蔔色素的著色效應。目前所有被提到的原料，主要都含純的黃色葉黃素。玉蜀黍另外含橘色的玉米黃素(zeaxanthin)。即使飼料中的含量高，羅氏色扇值也無法提升超過10。因此，為了得到更深的蛋黃顏色，必須添加著色劑。

相同的狀況也發生在皮膚的色素形成。飼料需高量的含氧類胡蘿蔔色素，用以產生一般飼料成分無法達到的表皮適度黃色。在某些地區，黃色素和紅色素都必須添加。

下表(表3)顯示，常用的色素添加劑。如果蛋黃或皮膚的黃色度需要加深，合成黃色素或標準化萬壽菊產品則需擇一使用。想加深紅色，就需兩種合成產品-合成紅色素 canthaxanthin 和 桔黃素 citranaxanthin。標準化的紅辣椒產品可作為天然的替代品。

表3: 合成和天然的標準色素來源

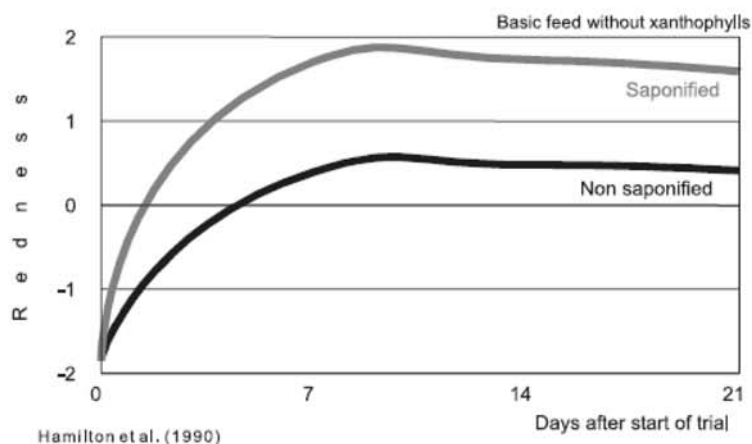
來源	含氧類胡蘿蔔素的含量 (g/kg)
Carophyll黃 (合成黃色素apo-ester)	100
Lucantin黃 (合成黃色素apo-ester)	100
不同萬壽菊產品	12-25
Carophyll紅 (合成紅色素canthaxanthin)	100
Lucantin紅 (合成紅色素canthaxanthin)	100
Lucantin CX Forte(桔黃素citranaxanthin)	100
不同紅辣椒產品	5-10

關於色素的含量，所有的著色劑應有標準化的固定值。因為有抗氧化劑的添加，正常來講色素活性有一年的保證。飼料中色素的含量低，均質混合於所有其他飼料成分是非常重要的，如此才能獲得好的顏色反應。萬壽菊和紅辣椒產品的另一項重點還包括需要選擇正確的載體，以確保飼料中的穩定及均勻混合。

皂化作用(Saponification)

植物來源的色素生物效應，取決於他們是否為脂化或自由態。天然時，許多植物的色素幾乎完全與脂質的脂肪酸結合。色素分子和脂肪酸分子必須分開，它們才能通過家禽的腸道壁。這要靠家禽腸道中或多或少的皂化作用來發生。已有許多試驗顯示，色素的添加對於色素形成是有益的。圖2舉出紅辣椒的例子來說明。

圖2: 皂化的紅辣椒對蛋黃色素形成的影響



Hamilton(1990)利用測量蛋黃的紅色光度，研究脂化和皂化紅辣椒色素的沉澱。皂化作用似乎可促進色素的沉澱。這可由皂化紅辣椒產品帶出的紅色陡坡曲線指出。皂化作用完成了紅色色度強化。這是由於透過皂化作用釋放出紅辣椒產品，改善吸收，並且由蛋黃的色素含量分析得到證實。皂化紅辣椒產品的存量就比脂化產品高兩倍(16%與8%)。相似的結果對萬壽菊色素也有效。在相同的添加含量比較色素活性，萬壽菊著色劑結合脂肪酸後，比起皂化過的產品，在白肉雞的皮膚色素形成確實較低。

錯誤添加對色素形成的影響

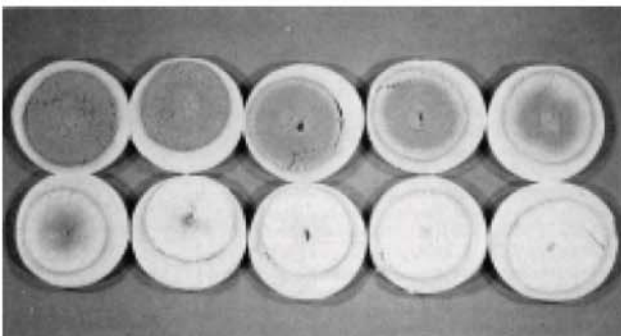
關於色素的補充，可不能完全排除添加錯誤的可能性。錯誤添加的影響，可用蛋黃顏色的例子來證實。雖然，母雞幾乎每天產出一個蛋，但是特別的是，蛋黃要花15-21天形成。蛋黃的生長是環繞基質發展。這些蛋在水煮蛋形式，可清楚看到所謂的同心圓。由於這道程序，飼料色素成分若有任何改變，可確定很快就會出現添加上的錯誤。Hatzipanagiotou and Hartfiel(1984)在一個蛋雞試驗中證實此規則(圖3)。

圖3: 同一羽母雞的蛋黃顏色變化過程

每公斤體重給予20mg的紅色素(飼料添加)



飼料停用“胡蘿蔔色素(carotenoid)”之後的變化



出處:Hatzipanagiotou and Hartfiel(1984)

先注意上圖。飼料添加20ppm的合成紅色素，經一段時間的消耗後，連續蒐集色素添加後10天的蛋。然後煮熟所有的蛋，用目視判定蛋黃的顏色。色素添加第2天後，可清楚看到蛋黃從外層逐漸變紅。到第9天，蛋黃看起來已經是均勻的顏色。

色素成分的停用，會相對影響到蛋黃基質中含氧類胡蘿蔔色素的蓄積。當飼料中排除紅色素，幾天後蛋黃從外圍層開始褪色。

如上述，就可在短短幾天內證實錯誤添加對蛋黃色素形成的影響。如果馬上改變飼料，每羽蛋雞的損失可侷限於6-8顆蛋。錯誤的添加無法快速呈現於皮膚的色素形成，雖然腳可能有些微的顏色差異。關於白肉雞的皮膚顏色，錯誤添加造成的錯誤，在肥育期過程中通常無法完全改正。

採食量

採食狀況及這些含氧類胡蘿蔔色素的攝取量，對於色素形成有重要的影響。

飼料中的熱能含量也扮演特殊的角色，特別是對於蛋雞。飼料中的熱能增加時，通常會導致採食量降低，相關的養份和活性成分(包括著色劑)就必須調整。

環境溫度高時(例如夏天)，也會發生採食量降低。接下來的處理步驟如上述，必須緩和此情形。

理想採食量的先決條件是良好的飼料型態。細顆粒料高量時，會降低蛋雞的採食。小於0.5mm的顆粒比例應低於19%。如果色素添加劑是使用在這類蛋雞較不採食的細顆粒飼料中，那一定會發生色素形成的問題。

肥育的家禽一定要關注粒料品質，以確保採食足夠的飼料。

介紹中提到的嗅覺和味覺，在家禽扮演比較不重要的角色。但在某些狀況下，也是會對家禽有影響，例如：使用了會苦的藥物或酸的使用。酸度越高，飼料和飲水的負面效應越高。使用0.5-1.0%的酸，採食量會降低。特別適用於反丁烯二酸以及他們的素酸鹽類(降酸的反應：反丁烯二酸>甲酸>乙酸>丙酸)。酸敗的脂肪也會降低採食量。

眾所皆知，飼料和飲水攝取量是緊密相關的。限水也會限制採食量。如果有採食量降低的情況，應檢查飲水系統(例如：水壓)。另外，黴菌毒素(主要是嘔吐毒素)、胺基酸(色胺酸)和胺基酸不平衡都會影響採食量。

在飼糧中額外添加的小麥

最近幾年，許多白肉雞飼養者在肥育後期使用全麥粒添加於飼料中(一種精料)。“小麥餵飼”成功的先決條件是均勻地與精料混合。另一個重點是，農場的餵飼系統不能發生分離的現象。

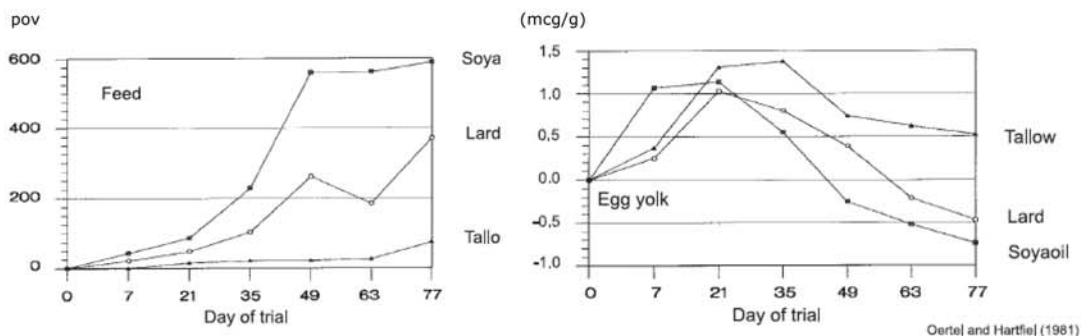
為達到適當的皮膚色素形成，必須確保飼料中色素的量和完全餵飼時相同。因此，小麥應該只和補充飼料一起使用。著色劑、其他養份和活性成分(例如球蟲藥)，要根據補充的小麥量，添加正確的含量。但也可能會發生以下情形，成分適當的補充飼料卻產生不一致的皮膚色素、體重和屠體脂肪沉積。原因是：雞隻會挑食，而他們偏好小麥穀物。如果雞隻挑選他們要吃的全麥粒，不吃粒狀的補充飼料。就可能導致問題發生，尤其是在空間不足時，第一隻雞會越吃越多小麥，其他的雞就只能吃剩下的成分。

油脂和油脂的品質

脂溶性含氧類胡蘿蔔色素的吸收，會受到飼料中油脂的影響。大豆油和豬油的用量拉高5%時，會增加雞蛋中含氧類胡蘿蔔色素的蓄積量。舉飼料中用6%大豆油的例子來看，桔黃素citranaxanthin的劑量可從6ppm降到4ppm，而蛋黃顏色與對照組相比不會有任何不同。長鏈多元不飽和脂肪酸的使用，對含氧類胡蘿蔔色素的蓄積有正面效應，但長鏈飽和脂肪酸就會抑制它。文獻中發現的矛盾結果指出，使用長鏈多元不飽和脂肪酸會有個問題，就是這些脂肪酸很容易氧化。腸道中氧化的脂肪酸會與含氧類胡蘿蔔色素產生化學反應並破壞他們，造成較少的色素蓄積於蛋黃和皮膚。

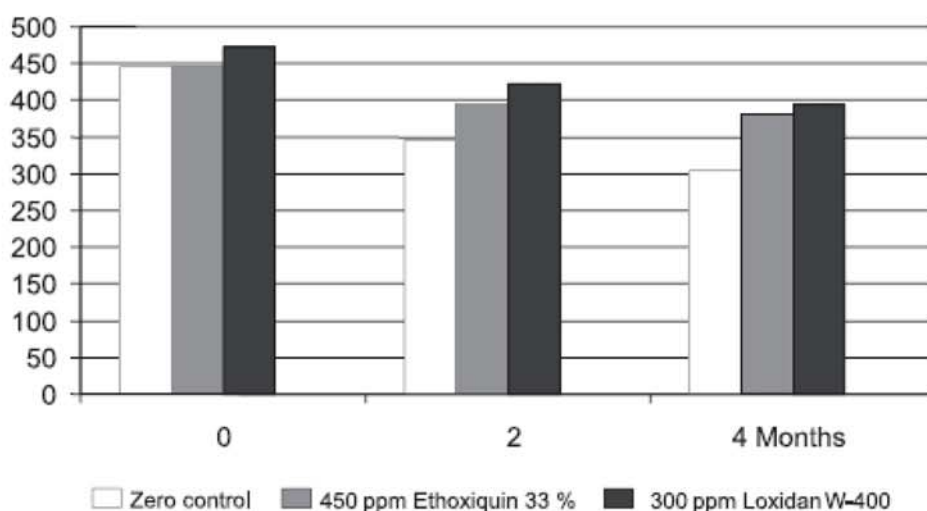
Oertel和Hartfiel(1981、圖4)證實了油脂品質和著色劑蓄積之間的關係。飼料中的過氧化物在貯存77天後會升高，尤其是使用大豆油和豬油，但牛油會比較低。蛋黃中合成紅色素(canthaxanthin)的含量則是相反的過程，這裡顯示的是與初期數值比較後的改變。在初期的兩週，大豆油可使蛋黃中的色素快速顯見的增加。之後蛋黃中的色素量就持續減少。因此，家禽飼料中的油脂品質應被視為是非常重要的。氧化的油脂會降低色素的蓄積，夏季月份要多加留意油脂氧化和溫度的不良影響。

圖4: 油脂來源之於飼料中油脂的氧化，對於蛋黃中合成紅色素(canthaxanthin)含量的影響



抗氧化劑

因為油脂會氧化，所以抗氧化劑必須列入考慮。抗氧化劑可減緩或停止氧化過程，因此油脂品質可長期維持。圖5顯示前提的紫光苜蓿濃度穩定試驗的結果。對照組和兩組經過處理(直接添加衣索金和Loxidan-抗氧化劑混和物)的試驗組進行評估。與對照組4個月內的貯存中流失了30%的色素相比，衣索金的穩定作用下流失14%，Loxidan只流失10%。



Harms進行的試驗，於蛋雞飲水中給予衣索金，結果顯示衣索金的保護效果主要是在腸道(表4)。處理組的採食不變，蛋黃色譜利用波長來判定。飲水給予衣索金，蛋黃的顏色比對照組深。抗氧化劑和腸道中油脂氧化的分解產物協同反應，並因此保護了其他飼料添加劑不受油脂氧化破壞。

飲水中的衣索金 ethoxyquin(mg/ml)	激發純度 (Excitation purity)	波長 (nm)	採食量 (g/hen/day)
0	84.38 ^a	578.3 ^a	98.4 ^a
2.2	86.17 ^b	578.4 ^a	99.5 ^a

另外，含氧類胡蘿蔔色素抗氧化劑也保護維他命E不被氧化。因為，醋酸脂型的維他命E飼料添加劑，可保護它在飼料貯存時不受到氧化。但是進入腸道後，維他命E會分解變成游離的維他命E(tocopherol)和醋酸。如果腸道中存在氧化的油脂，游離的維他命E(tocopherol)會去進行抗氧化劑的工作。結果，腸壁吸收的維他命E(tocopherol)變少，維他命E原本重要的生物體抗氧化功能就降低了。在嚴重情況下，可能會發生維他命E缺乏症。另外，家禽和家禽產品的貯存期間穩定度及負面效應也必須被考慮。

維他命E是天然的抗氧化劑

如同在油脂品質中提到的，維他命E (tocopherol)也是一種抗氧化劑，因此其添加於飼料中對於色素形成具正面效應。維他命E (tocopherol)保護腸道中的含氧類胡蘿蔔色素不被氧化，但是會造成較少的維他命E (tocopherol)被吸收為生物體的抗氧化劑。

鈣

飼料中的鈣含量，在文獻資料中多次被提及對蛋黃的色素形成有關。鈣含量太高時，對於蛋黃顏色會有負面影響。如果蛋雞飼料中的鈣含量從2.5%升高到3.5%，桔黃素citranaxanthin的量就必須從1.0改為1.7ppm，以達到同樣的蛋黃顏色。在一個更近一步的試驗中，鈣的含量從3%升高到4%，造成蛋黃顏色在羅氏色扇上降了一級。也有文獻說，飼料中鈣的比例增高，會降低採食量，因此降低含氧類胡蘿蔔色素的攝取。所以飼料中鈣的含量不應高於需求。

維他命A

我們回來看維他命。高量的維他命A會妨礙含氧類胡蘿蔔色素的吸收，因為會競爭同一個體內運輸機制。幾年前，飼料業參考此訊息，在飼料中添加高量的維他命A(高達100,000 IU/kg)。即使使用高量的玉蜀黍(當時玉蜀黍非常便宜)，還是出現蒼白的屠體。後來立法限制肥育期間的維他命A添加量，因為可能會有動物來源食品之維他命A過量的風險(例如肝臟和肝臟製品)。

高量維他命A的錯誤添加，或是經由飲水給予大量的維他命，會是皮膚及蛋黃無法適當形成色素的原因。每公斤飼料中以三倍量-36,000 IU的維他命A取代12,000 IU，會造成腳蹼組織與血清中色素的濃度降低約50%。肝臟中的含量會降低約30%，而維他命A的濃度異樣增高。

表5: 白肉雞飼料中的維他命A對皮膚色素形成的影響

指數	每公斤飼料中含 12,000 IU維他命A	每公斤飼料中含 36,000 IU維他命A
合成黃色素(Apo-ester)的含量:		
腳蹼(µg/cm ²)	1.20	0.68
血漿(µg/ml)	9.8	5.4
肝、鮮重(µg/g)	16.7	12.1
維他命A含量:		
肝、鮮重(IU/g)*	552	1.490

*出處: Hoppe(1998)

蒐集試驗組的18個肝臟(每組10羽公白肉雞、進行9重複，試驗期35天)

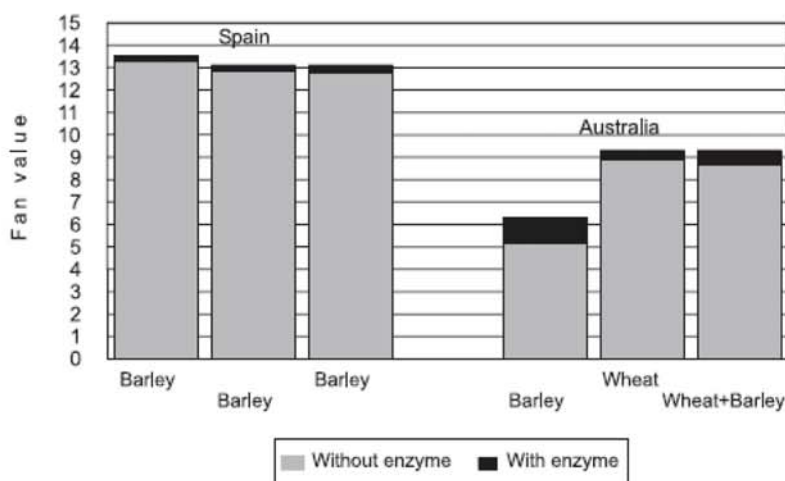
生長促進劑

關於生長促進劑對於色素形成的影響，有些不同的發現。某些試驗中有看到正面效應，但其他試驗都未顯示差異。研究者認為，生長性能促進劑可能藉由發揮出腸道健康的正面效應，改善了色素的吸收，尤其是在腸道有次臨床疾病的狀況下。

不佳的飼料原料對色素形成的影響

已知大麥，這個家禽飼料中的成分，對於色素形成有不良影響。因為大麥含有非澱粉類多醣類(NSP; non-starch polysaccharides)= β -葡聚糖，會使腸內容物的黏度增加，造成消化不良及色素吸收不良。同樣的，含高量戊聚糖(pentosan)的小麥，也會引起相同效應。

酵素的補充(β -葡聚糖酶、木聚糖酶...等)，對於蛋黃的色素形成有正面效應(如圖6)。西班牙一個使用68%大麥進行的試驗中，根據羅氏色扇，原本的高數值為13，經證實可獲得0.2的改善。而一個低色扇值(6-9)、飼料使用小麥的澳洲試驗中，酵素添加的效果更受到證實。澳洲小麥的特性是含高量的可溶性戊聚糖。



黴菌毒素也對蛋黃和屠體的色素形成有不良影響。尤其是赭麴毒素、黃麴毒素和Fusarium。含氧類胡蘿蔔色素的代謝，會因黴菌毒素的存在，產生以下改變：

- 腸道中含氧類胡蘿蔔色素的稀釋
- 腸壁吸收降低
- 血中的運輸降低
- 肝臟貯存量改變
- 組織中的沉積量改變

上述黴菌毒素會阻礙油脂運輸，並可預期間接影響脂溶性含氧類胡蘿蔔色素。赭麴毒素和黃麴毒素可能是雞蛋肉斑及血斑、增加的原因。黃麴毒素、T2毒素(來源是玉蜀黍)會影響腸道的吸收力。油脂代謝會受到脂肪酶和膽鹼的減少而影響。油脂都從糞便中排出來。

其他對蛋黃色素形成有不良影響的飼料原料是棉子酚(gossypol)。棉子酚會與鐵結合，會使蛋黃出現難看的綠色~暗色斑點。

健康度

某些家禽疾病對於蛋黃和屠體的色素形成有不良影響。球蟲常爆發在雞舍中，影響白肉雞和蛋雞。即使輕微無明顯症狀的球蟲症，也會影響皮膚的色素形成。球蟲種類、疾病嚴重度以及各段受感染的腸道，是影響著色的決定性因素。影響前段腸道的球蟲，對於色素形成會有很大的影響，例如：盲腸型球蟲(caecal coccidia)。

*Eimeria acervulina*感染小腸的影響證實於表6。血清及肝臟中，葉黃素(Lutein)和合成紅色素(canthaxanthin)的含量，在感染3天後已有明顯下降。感染5天後，就難在血清及肝臟中測得合成紅色素(canthaxanthin)，腳蹼組織中只剩最初的30%。這些清楚說明了球蟲對色素形成的影響。

表6:球蟲感染(*Eimeria acervulina*)對於白肉雞 類胡蘿蔔色素 代謝的影響

試驗處理	對照組	感染後第3天	感染後第4天	感染後第5天
血清含量(µg/ml)				
葉黃素Lutein	4.12 ^a	2.57 ^b	2.73 ^b	1.73 ^c
合成紅色素canthaxanthin	2.38 ^a	2.20 ^a	0.21 ^b	0.02 ^b
肝臟含量(µg/g 鮮重)				
葉黃素Lutein	6.03 ^a	3.85 ^b	3.70 ^b	2.33
合成紅色素canthaxanthin	14.81 ^a	6.51 ^b	0.20 ^c	0.31 ^c
腳蹼含量(ng/ cm ²)				
葉黃素Lutein	118 ^a	106 ^a	112 ^a	102 ^a
合成紅色素canthaxanthin	31 ^a	19 ^b	6 ^c	10 ^c

出處:Tyczkowski et al.(1991)

動物:雄性白肉雞

15日齡時以*Eimeria acervulina*進行感染(1,500,000孢子)，在不同時間犧牲試驗組4羽雞隻，取得血清、肝臟及腳蹼組織來檢測葉黃素(Xanthophyll)的含量。

許多其他疾病也顯示對於色素的形成有直接影響。腸道疾病、IC、ND、腸內寄生蟲都在名單內。蛋雞的脂肪肝也會影響色素形成。因此，可以說蛋黃和屠體的顏色，也等於動物健康和環境衛生的指標。

球蟲和腸內寄生蟲(helminthica)

已知nicarbazin或piperacin的使用會造成蛋黃的斑點。

畜舍系統的影響

文獻資料中常提到不同畜舍系統造成的影響，這主要是因為餵飼系統和衛生狀況的差異。一篇美國(Allen, 1993)的試驗資料顯示，衛生狀況會如何影響色素的形成。在相同的色素添加量下，以福馬林燻蒸消毒過的白肉雞舍，三週齡白肉雞的腳蹼組織與血清之葉黃素含量，會比水洗雞舍的雞隻較高。體重也比較高(見表7)。

表7: 畜舍衛生程度對於白肉雞屠體色素形成的影響

試驗處理	飼料中 葉黃素(xanthophylls)的總量(mg/kg)	3 strain的平均
血中 葉黃素Lutein含量(µg/ml)		
標準	8.94	3.14
福馬林	8.94	4.29
標準	41.4	8.31
福馬林	41.4	11.04
腳蹼組織中 葉黃素Lutein含量		
標準	8.94	38.88
福馬林	8.94	47.87
標準	41.4	63.78
福馬林	41.4	98.10

總試驗期:3週
出處:Allen(1993)

有許多關於光線對於色素形成的影響之研究。光線會使蛋黃及皮膚的顏色較深，而皮膚主要是會顯示由黃色變成橘色的轉變。並不是因為光線刺激採食量增加，造成這個現象。可能原因有飼料中的色素經光線影響而改變("β-胡蘿蔔素"異構化反應變成"玉米黃素")，或是動物對色素的代謝改變("玉米黃素"轉化成"蝦紅素")。回想起公雞的紅雞冠，這個顏色就是因"蝦紅素(astaxanthin)"而來，黑暗雞舍中的動物是不會有的。隨著飼養系統的選擇性增加以及動物福利的意識抬頭，這個課題會越來越重要。

研究結果1: 有哪些因素會影響色素的形成?

<ul style="list-style-type: none">● 含氧類胡蘿蔔色素(Oxycarotenoid)的來源● 含氧類胡蘿蔔色素(Oxycarotenoid)的含量● 原料和飼料的貯存期和貯存狀況● 飼料的熱處理● 色素添加劑● 天然色素添加劑的皂化作用● 色素混合比例錯誤的影響● 採食 <p>飼料熱能 環境溫度 飼料性狀(尤其是粉料) 粒料的品質 味覺和氣味 飲水量 照明(點燈計畫)</p>	<ul style="list-style-type: none">● 額外的餵飼小麥● 油脂和油脂的品質● 抗氧化劑● 維他命E(=抗氧化劑)● 鈣● 維他命A● 生長促進劑● 不佳的飼料原料 <p>NSP 黴菌毒素</p> <ul style="list-style-type: none">● 健康狀態● 畜舍● 遺傳基因
---	---

遺傳因子的影響

今日大多使用混種的蛋雞和白肉雞，並未見到色素的基因效應。已知某些品種的肥育家禽，表皮不會出現顏色，但是現代經濟飼養只使用混種的家禽，由於混有亞洲品種所以會有顏色。因此，遺傳不會影響色素形成的變化。

研究工作未顯示，在同樣的餵飼下，有色品種之間的皮膚色度是否具差異性。但是，不同飼料轉換率有可能帶來影響，因為這會影響含氧類胡蘿蔔色素的攝取量。

結論

未來的研究包含了上述所有會影響蛋黃和屠體色素形成的因子。這裡面較含特殊意義的是飼料、飼料補充劑和健康度。另外，畜舍以及屠宰過程，在肥育的家禽亦扮演了不應低估的角色。