

Μέτρηση χρώματος-Χρωματομετρία

Όπως έχει αναφερθεί, το χρώμα είναι μια φυσική ιδιότητα των σωμάτων, η οποία γίνεται μεν κατανοητή με απόλυτη ακρίβεια από το ανθρώπινο μάτι, πλην όμως δεν είναι δυνατό να μετρηθεί.

Η ακρίβεια μεγέθους αντίληψης της ιδιότητας αυτής εξαρτάται όχι μόνο από την ακρίβεια διέγερσης των φωτοευαίσθητων κυττάρων του παρατηρητή, αλλά και από τον τρόπο φωτισμού και τις συνθήκες παρατήρησης. Έτσι ένας παρατηρητής με σωστή και ακριβή όραση θα αντιλαμβάνεται κατά το ίδιο ποσοστό τυχόν αύξηση ή μείωση της έντασης του φωτός και για τα R (Red), G (Green) και B (Blue) πράγμα το οποίο όμως είναι σχεδόν αδύνατο.

Το αποτέλεσμα συνεπώς εντοπίζεται εκτός των άλλων και στην ικανότητα του φωτός να διεγείρει τα φωτοευαίσθητα κύτταρα, ώστε να γεννηθούν οι σωστές διεγέρσεις R, G και B.

Χρωματομετρία (colorimetry) είναι η επιστήμη που ασχολείται με τον ποσοτικό προσδιορισμό και την φυσική περιγραφή της ανθρώπινης αντίληψης του χρώματος.

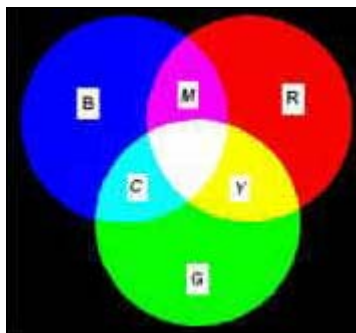
Η χρωματομετρία ως επιστήμη εμφανίστηκε το 1930 από την Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού CIE (*COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE*) με την διεξαγωγή πειραμάτων οπτικής. Τα χρωματομετρικά συστήματα της CIE είναι τα μόνα παγκοσμίως αποδεκτά για την μέτρηση του χρώματος με συνέπεια όλα τα διεθνή πρότυπα να είναι βασισμένα σε αυτά που ορίζονται από αυτή.

Το χρώμα εκφράζεται από την CIE με μαθηματικές τιμές οι οποίες προκύπτουν από μαθηματικές εξισώσεις. Η προσπάθεια να προσδιοριστεί επακριβώς το χρώμα ξεκίνησε στις αρχές του 19^{ου} αιώνα με την δημιουργία *χρωματικών μοντέλων*, χώρων δηλαδή που σε κάθε χρώμα αντιστοιχούν αριθμητικές συντεταγμένες. Τελικά, περίπου το 1930, η CIE εισαγάγει το χρωματικό μοντέλο RGB με βάση την αρχή των τριών διεγέρσεων του ανθρώπινου οφθαλμού στο κόκκινο (Red) στο πράσινο (Green) και στο μπλε (Blue).

Χρωματικά μοντέλα

Το χρωματικό μοντέλο RGB

Το χρωματικό μοντέλο RGB βασίζεται στα τρία βασικά χρώματα: Κόκκινο (R), Πράσινο (G) και Μπλε (B) και στο γεγονός πως προσθέτοντας στις κατάλληλες αναλογίες τα τρία αυτά χρώματα μπορούμε να πάρουμε οποιοδήποτε άλλο. Ειδικά συνδυάζοντάς τα ανά δύο παίρνουμε τα τρία δευτερεύοντα χρώματα, Κίτρινο (Y) (Κόκκινο και Πράσινο), Κυανούν (C) (Πράσινο και Μπλε) και Ιώδες (M) (Μπλε και Κόκκινο) όπως φαίνεται και στο σχήμα 1.4.2:



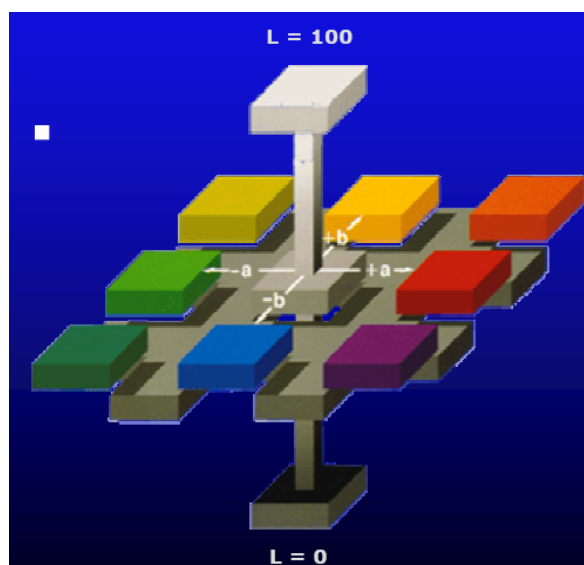
Σχήμα 1.4.2 Μετατροπές των βασικών χρωμάτων κόκκινο, πράσινο και μπλε

Η απόχρωση, η φωτεινότητα και ο κορεσμός ενός χρώματος στο χρωματικό μοντέλο RGB εξαρτώνται και στα τρία από τις τρεις συντεταγμένες. Αλλάζοντας οποιαδήποτε από αυτές αλλάζουν και τα τρία χαρακτηριστικά του χρώματος. Αυτό αποτελεί ένα σχετικό μειονέκτημα του μοντέλου ως προς την επεξεργασία απέναντι σε άλλα. Το RGB είναι όμως πιο κοντά από κάθε άλλο μοντέλο στο επίπεδο της φυσικής λειτουργίας των μέσων απεικόνισης όπως οι τηλεοράσεις και οι οθόνες των υπολογιστών. Ένα άλλο μειονέκτημα του μοντέλου είναι ότι είναι "device dependent", εξαρτάται δηλαδή από τη συσκευή απεικόνισης με αποτέλεσμα ίδιες συντεταγμένες να δίνουν διαφορετικά χρώματα σε διαφορετικές συσκευές, ή με διαφορετικές ρυθμίσεις της ίδιας συσκευής.

Εκτός του RGB υπάρχουν και άλλα χρωματικά μοντέλα όπως το CIE Lab, το CMY(K), το HSB κ.α τα οποία χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία ψηφιακής εικόνας. Από όλα αυτά τα χρωματικά μοντέλα τα οποία έχουν δημιουργηθεί θα γίνει αναλυτικότερη αναφορά μόνο στο CIE Lab, λόγω της ευρείας χρήσης του στην αντικειμενική ποιοτική αξιολόγηση του χρώματος των τροφίμων.

Το χρωματικό μοντέλο CIE Lab

Το χρωματικό μοντέλο CIE Lab ή L^* , a^* , b^* παρουσιάστηκε από την CIE το 1976. Πρόκειται για ένα ομοιόμορφο οπτικά χρωματικό χώρο (*uniform color space*) ο οποίος προσομοιάζει καλύτερα από όλα τα χρωματικά συστήματα ή μοντέλα στην ανθρώπινη αντίληψη των χρωματικών διαφορών. Το κάθε χρώμα περιγράφεται από 3 κανάλια ή συντεταγμένες ή παράγοντες όπως και στον χρωματικό χώρο RGB. Στο CIE Lab χρωματικό μοντέλο ή σύστημα οι χρωματικές συντεταγμένες ή χρωματικοί παράγοντες ονομάζονται L^* , a^* και b^* , (γι' αυτό και η ονομασία) και απεικονίζονται σε τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Ο παράγοντας L^* (Lightness) αποθηκεύει όλη την πληροφορία φωτεινότητας της εικόνας παίρνοντας τιμές από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό) ενώ οι παράγοντες a^* και b^* την πληροφορία χρώματος χωρίς να υπάρχουν για αυτά κάποια αριθμητικά όρια. Θετικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κόκκινου (Σχ. 1.4.3). Αρνητικές τιμές του a^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του πράσινου. Θετικές τιμές του b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του κίτρινου. Αρνητικές τιμές b^* αντιπροσωπεύουν αποχρώσεις του μπλε.



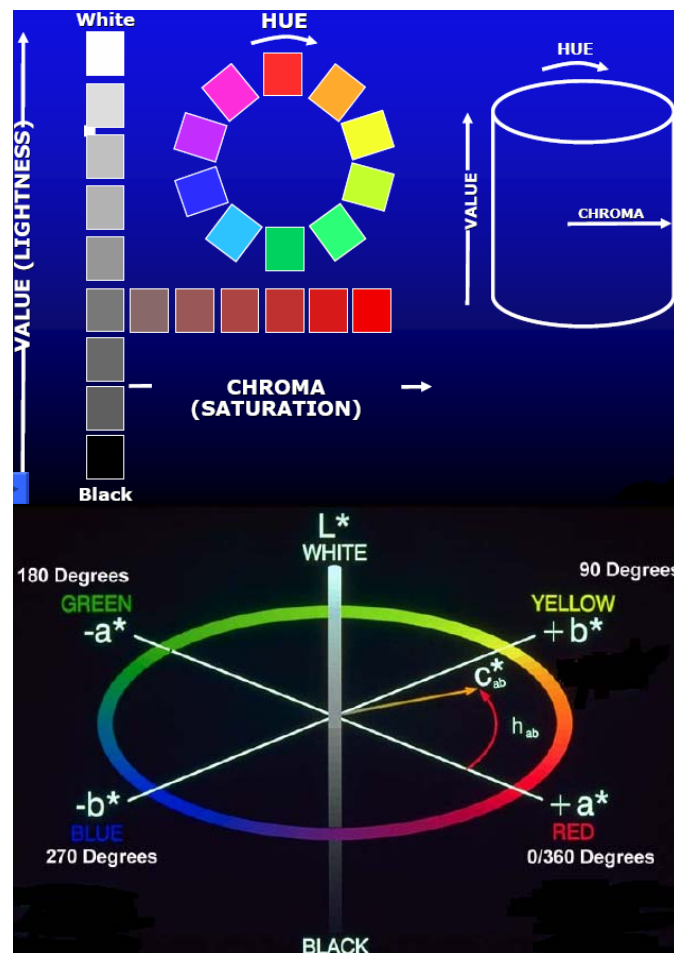
Σχήμα 1.4.3 Α. $L^* = 100$ (λευκό)- $L^* = 0$ (μαύρο) Β. a^* πράσινο / κόκκινο C. b^* μπλε / Κίτρινο

Το σημαντικότερο χαρακτηριστικό αυτού του χρωματικού μοντέλου είναι η ανεξαρτησία των πληροφοριών φωτεινότητας και χρώματος, που μας δίνει πάρα πολλές δυνατότητες. Ο παράγοντας L^* δηλαδή περιγράφει την άσπρη μαύρη εκδοχή του προς εξέταση αντικειμένου με διευρυμένο συνήθως φάσμα.

Το μοντέλο CIE Lab είναι ένας τεράστιος χρωματικός χώρος. Είναι υπερσύνολο και του RGB και του CMYK καθώς και όλων των άλλων χρωματικών μοντέλων. Αν φτάσουμε στα όριά του, προκύπτουν χρώματα πρωτόγνωρα ή εξωπραγματικά, έξω από τις δυνατότητες πολλών συσκευών απεικόνισης. Τέλος πολύ σημαντικό είναι ότι το χρωματικό μοντέλο CIE Lab είναι 'device independent' ανεξάρτητο δηλαδή από ιδιότητες συσκευών καταγραφής ή απεικόνισης κάτι που δεν συμβαίνει με τα υπόλοιπα χρωματικά μοντέλα.

Το χρωματικό μοντέλο που περιγράφεται CIE Lab, μπορεί να αναπαρασταθεί και σε κυλινδρικό σύστημα πολικών συντεταγμένων με το μοντέλο CIE L^* , C^* , h (Σχ. 1.4.4).

- Όπου L^* είναι η φωτεινότητα (*Lightness*)
- C^* (*Chroma*): *Χρωματική πυκνότητα*: Προσδιορίζει την συγκέντρωση δηλαδή την ένταση ή την καθαρότητα του χρώματος ή διαφορετικά τη σχέση μεταξύ της εντονότητας και της φωτεινότητας της μελετώμενης απόχρωσης
- Χροιά h (*hue angle*): Μετράται σε μοίρες και προσδιορίζει την απόχρωση (Σχ. 1.4.4) παίρνοντας τιμές 0° για το κόκκινο-πορφυρό, 90° για το κίτρινο, 180° για το γαλαζοπράσινο και 270° για το μπλέ.



Σχήμα 1.4.4 Απεικόνιση του χρωματικού μοντέλου CIE Lab σε κυλινδρικό σύστημα συντεταγμένων L^* , C^* και h

Ο παράγοντας C^* υπολογίζεται από την εξίσωση:

- $C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2}$

Για τον υπολογισμό του παράγοντα h διακρίνονται οι εξής περιπτώσεις:

- $h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ όταν $a^* > 0$ και $b^* \geq 0$

- $h = 0^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* = 0$

- $h = 90^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* > 0$

- $h = 180^\circ + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$ όταν $a^* < 0$

- $h = 270^\circ$ όταν $a^* = 0$ και $b^* < 0$

$$h = 360^\circ + \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \text{ όταν } a^* > 0 \text{ και } b^* < 0$$

Βιβλιογραφία

- Abbot A. J. 1999, Quality measurement of fruit and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, (15): 207-225
- Anonymous 1996, CIE L*a*b* Color Scale, *HunterLab*, Applications Note, Vol. 8, No. 7
- Anonymous 2000, What is color and How is Measured?, HunterLab The Color Management Company, Applications Note, Vol. 12, No. 5
- Anonymous 2001b, The Basics Of Color Perception and Measurements, HunterLab Presents, Version 1.4, www.hunterLab.com
- Broadbent D. A. 2003, A Critical Review of the Development of the CIE1931 RGB Color-Matching Functions, *Wiley Periodicals, Inc.*, Vol. 29, Number 4, pp.267-272
- Cornelius L. 2001, A Matter of Perspective: Understanding Color Theory for Remanufacturing, *RECHARGER Magazine*, pp. 36-42
- Giese J. 2003. Color Measurements in Foods. *FoodTechnology*. Vol. 57. No.12
- Hutchings B.J. 1994, *Food Colour and Appearance*, Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK
- Martens M. and Baardseth P. 1987, Sensory Quality, *Postharvest Physiology of Vegetables*, Ed. by Weichmann J, Marcel Dekker INC. pp. 427-454
- McGuire, R.G. 1992, Reporting of objective color measurements, *HortScience*, (27):1254-1255. Referred in: Holcroft D.M. & Kader A.A. 1999, Controlled atmosphere-induced changes in PH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit, *Postharvest Biology and Technology*, (17): 19-32
- Μητρόπουλος Δ. και Λαμπρινός Γρ. 2000, Μεταβολή του χρώματος μήλων Delicious Pilafa και Granny Smith που συντηρούνται σε αποθήκη, *Πρακτικά 2^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας*, Βόλος, σσ. 441-448
- Nieto-Sandoval J.M., Fernandez-Lopez J.A., Almela L. and Munoz A.J. 1998, Dependence between Apparent Color and Extractable Color in Paprika, *Color Research & Application*, Vol. 24, Issue 2, pp. 93-97
- Ορφανάκος Κ. Β. 2004, *Χρωματομετρία*, Εκδ. Σταμούλη, Αθήνα, σσ. 200
- Papadakis E.S. and Yam L.K. 2000, A Versatile Inexpensive Technique for Measuring Color of Foods, *Food Technology*, Vol. 54, No. 12
- Rose C. 2002, *Οδηγός του Adobe Photoshop 7*, Εκδ. Μ. Γκιούρδας, Αθήνα, σσ.443

- Schanda J. 2000, CIE Colorimetry and Colour Displays, University Veszpren, Hungary and CIE Central Bureau, Vienna
- Susstrunk S. Buckley R. and Swen S. 1999, Standard RGB Color Spaces, *Proc. 7th Color Imaging Conference: Color Science, Systems and Applications*, pp.127-134
- Yam L. K. and Papadakis E. S. 2004. A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*. (61): 137-142
- Χατζής Ε., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ. 2005, Ποιοτική Αξιολόγηση Μαρουλιού με χρήση Χρωματομέτρου και Επεξεργασία Ψηφιακής Εικόνας, *Πρακτικά 4^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας*, Αθήνα, σσ. 580-587