

Μέτρηση Χρώματος-Χρωματομετρία (συνέχεια)

Σε συνέχεια προηγούμενου άρθρου αναφορικά με την χρωματομετρία, στο άρθρο αυτό αναφέρονται οι συνηθέστερες τεχνικές οι οποίες χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό του χρώματος στα αγροτικά προϊόντα:

Χρωματόμετρο (Chroma Meter)

Με βάση την αρχή της ισοδύναμης διέγερσης των R, G και B δημιουργήθηκαν τα διάφορα όργανα μέτρησης των χρωμάτων, τα οποία φυσικά βελτιώνονται με το χρόνο ή οδηγούν στη δημιουργία διαφορετικών και περισσότερο εξελιγμένων οργάνων μέτρησης, με αρχή τα τριχρωματικά χρωματόμετρα ή χρωματόμετρα τριπλής διέγερσης (Tristimulus Colormeter).

Τα νεότερα και βελτιωμένα όργανα παίρνουν τις απορροφήσεις σε συγκεκριμένα μήκη κύματος δίνοντας αποτελέσματα των χρωματικών παραγόντων ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο χρωματικό μοντέλο π.χ CIE Lab. Με τα όργανα αυτά είναι δυνατή η μέτρηση μιας απόχρωσης άρα και των διαφορών αποχρώσεων. (Εικ. 1.).



Εικόνα 1. Το χρωματόμετρο σε εργαστήριο ποιοτικής αξιολόγησης νωπών αγροτικών προϊόντων του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών

Παρόλο ότι οι αισθητήρες των χρωματομέτρων με την βοήθεια ειδικών φίλτρων προσομοιάζουν την λειτουργία του ανθρώπινου οφθαλμού οι μετρήσεις γίνονται με προκαθορισμένη φωτεινή πηγή. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι συνθήκες αξιολόγησης του χρώματος να είναι πάντα οι ίδιες ανεξάρτητα με τις εξωτερικές συνθήκες (νύχτα ή μέρα, εσωτερικός ή εξωτερικός χώρος). Η χρωματομετρική αυτή μέθοδος αξιολογεί πολύ μικρές μόνο επιφάνειες, των προϊόντων (διαμέτρου 8mm) κάθε φορά, με αποτέλεσμα η αξιοπιστία της να είναι συνάρτηση της πυκνότητας των λαμβανομένων χρωματομετρικών μετρήσεων, που τελικά οδηγούν σε αδιέξοδο χρονοεργασιακό.

Φασματοφωτόμετρο (Spectrophotometer)

Τα όργανα αυτά δεν απομονώνουν τις απορροφήσεις σε συγκεκριμένα μόνο μήκη κύματος του φάσματος του ορατού φωτός, αλλά δίνουν πληροφορίες για όλα τα μήκη κύματος του. Επιτρέπουν δε παράλληλα με μια μέτρηση μιας απόχρωσης να πάρουμε όλες τις χρωματικές παραμέτρους για περισσότερες της μιας πρότυπες πηγές

φωτισμού. Τα φασματοφωτόμετρα είναι περισσότερο ακριβά και δαπανηρά όργανα από τα χρωματόμετρα.

Η επιλογή για το πιο όργανο θα χρησιμοποιηθεί κάθε φορά εξαρτάται από το προϊόν και τον τύπο της εφαρμογής.

Σύστημα Munsell

Το σύστημα Munsell θεωρείται ως το πλέον ενδιαφέρον σύστημα διάταξης αποχρώσεων, τόσο στα αυθαίρετα όσο και στα μετρούμενα συστήματα, με αποτέλεσμα τόσο η μεθοδολογία όσο και η φιλοσοφία του να χρησιμοποιούνται από πολλά άλλα συστήματα, στην ανάπτυξη των οποίων μάλιστα γίνεται και αναφορά της αντιστοιχίας τους με αυτό.

Αρχικά το σύστημα περιελάμβανε μια μεγάλη σειρά δοκιμίων τα οποία είχαν καταταγεί ανά απόχρωση σε ακτινωτή διάσταση πυκνότητας της απόχρωσης. Στη συνέχεια και σε συνδυασμό με τη θεωρία CIE Lab (1931) έγινε η μετατροπή του σε χρωματομετρικό σύστημα, κάτω από την ίδια αρχική φιλοσοφία διάταξης όλων των αποχρώσεων και την συμπλήρωση των κενών που υπήρχαν.

Ποιοτική αξιολόγηση με χρήση της όρασης μικροϋπολογιστών-Computer Vision

Η προσπάθεια αναζήτησης νέων αντικειμενικότερων τεχνικών ποιοτικής αξιολόγησης εμφανίστηκε από τις αρχές της δεκαετίας του 1970. Παράλληλα με την εξέλιξη της τεχνολογίας, μεγάλη έρευνα έχει πραγματοποιηθεί για τον τρόπο αξιοποίησης εικόνων σε ηλεκτρονική μορφή με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, σε εφαρμογές νέων μη καταστροφικών (non destructive) μεθόδων ποιοτικής αξιολόγησης των αγροτικών προϊόντων (Computer vision). Με τις τεχνικές αυτές, έχοντας αναπτύξει μαθηματικές βάσεις δεδομένων, από τις οποίες με την εφαρμογή ειδικών αλγόριθμων πραγματοποιούνται μετασχηματισμοί, ώστε οι ερευνητές να μπορούν με αυτοματοποιημένες διαδικασίες να αναλύουν και να επεξεργάζονται εικόνες έτσι ώστε μέσα από αυτές να αξιολογούνται ποιοτικά τα προϊόντα.

Στις μέρες μας η έρευνα έχει προχωρήσει σε τεχνικές οι οποίες μέσω της ψηφιακής πλέον εικόνας βρίσκουν πολλές εφαρμογές σε τομείς της επιστήμης όπως είναι η διαγνωστική ιατρική, διάφοροι αυτοματισμοί στην βιομηχανία, σε συστήματα ελέγχου, σε μη επανδρωμένα οχήματα και στην ρομποτική.

Οι τεχνικές ποιοτικής αξιολόγησης αγροτικών προϊόντων, μέσω ανάλυσης ψηφιακών εικόνων με χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών στις μέρες μας, πραγματοποιείται με δύο τρόπους:

- Με επεξεργασία ψηφιακής εικόνας (*Image processing*)
- Με ανάλυση ψηφιακής εικόνας (*Image analysis*)

Ένα βιομηχανικό σύστημα ποιοτικής αξιολόγησης ή αλλιώς σύστημα επιθεώρησης υπολογίζει τις πληροφορίες από τις ακατέργαστες εικόνες που λαμβάνονται από ψηφιακές κάμερες σύμφωνα με την ακόλουθη σειρά των βημάτων:

1. Απόκτηση της εικόνας
2. Επεξεργασία - ανάλυση εικόνας
3. Εξαγωγή χαρακτηριστικών γνωρισμάτων-αποτελεσμάτων
4. Λήψη αποφάσεων

Αν και οι άνθρωποι μπορούν να κάνουν την εργασία καλύτερα από τις μηχανές σε πολλές περιπτώσεις, είναι πιο αργοί και κουράζονται γρήγορα. Επιπλέον είναι δύσκολο να βρεθεί το ειδικευμένο προσωπικό και να μείνει σε μια βιομηχανία ή ένα εργαστήριο απαιτώντας ταυτόχρονα συνεχή εκπαίδευση. Υπάρχουν επίσης

περιπτώσεις που η επιθεώρηση τείνει να είναι κουραστική ή δύσκολη, ακόμη και για τους καλύτερους εμπειρογνώμονες.

Λήψη ψηφιακών εικόνων

Οι αυξημένες απαιτήσεις για αντικειμενικότητα, αποτελεσματικότητα και ταχύτητα στην ποιοτική αξιολόγηση, δημιούργησε την αναγκαιότητα της χρήσης κάμερας και ηλεκτρονικών υπολογιστών καθιστώντας πολύ σημαντικό μέσο την ανάλυση της ψηφιακής εικόνας με την οποία εξάγονται πολύτιμες πληροφορίες για το ποιοτικό επίπεδο των προϊόντων αφού δίνεται η δυνατότητα αξιολόγησης των βασικών εξωτερικών χαρακτηριστικών των προϊόντων τα οποία είναι το χρώμα, το μέγεθος, το σχήμα, η επιφανειακή υφή καθώς και τυχόν αλλοιώσεις.

Η ψηφιακή κάμερα δεν χρησιμοποιείται μόνον στην διαλογή για ποιοτική αξιολόγηση αλλά και εργαστηριακά για προσδιορισμό φυσικών και άλλων χαρακτηριστικών:

Μήλα

Η μελέτη των μήλων που χρησιμοποιεί μεθόδους διαλογής (*shorting*) με ανάλυση ψηφιακών εικόνων έχει προσελκύσει πολύ ενδιαφέρον και μπορεί να θεωρηθεί ότι απεικονίζει την πρόοδο της τεχνολογίας στην διαλογή φρούτων.

Κεράσια

Κυρίως για τον προσδιορισμό του σχήματος

Σιτάρι

Διαλογή

Σπαράγγια

Αξιολόγηση αλλοιώσεων

Μαρούλι

Ποιοτική αξιολόγηση με κριτήριο το χρώμα

Τομάτα

Ποιοτική αξιολόγηση της μεταβολής του χρώματος κατά τη συντήρηση με ψύξη

Σιτηρά εκτός σιτάρι

Αξιολόγηση χρώματος και μεγέθους

Μανιτάρια

Προσδιορισμός βλαβών καθώς και μελέτη της ποιοτικής υποβάθμισης του χρώματος κατά την συντήρηση

Πατάτα

Ποιοτική αξιολόγηση

Πιπεριές

Αξιολόγηση χρώματος και ταξινόμηση ατελειών

Συλλογή φρούτων

Αυτόματος προσδιορισμός της θέσης φρούτων κατά την συγκομιδή σε συνδυασμό με τις ικανότητες των ρομπότ βελτιώνει τις ικανότητες μηχανικής συγκομιδής.

Συνοψίζοντας, συστήματα αξιολόγησης με χρήση ανάλυσης ή επεξεργασίας ψηφιακών εικόνων έχουν χρησιμοποιηθεί για τα εξής:

- Ακριβής μέτρησης διαστάσεων
- Μελέτη του χρώματος ως ποιοτικό χαρακτηριστικό
- Εξακρίβωση παρουσίας επιθυμητών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων
- Ανίχνευση ελαττωμάτων
- Αναγνώριση: καθορισμός της ταυτότητας ενός αντικειμένου

- Εντοπισμός: καθορισμός της θέσης ενός προϊόντος

Τα πλεονεκτήματα των μεθόδων ποιοτικής αξιολόγησης και ελέγχου φρούτων και λαχανικών με ανάλυση ψηφιακής εικόνας και με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι τα εξής:

- Η εξασφάλιση δεδομένων περιγραφής με ακρίβεια
- Η ταχύτητα
- Η αντικειμενικότητα
- Η πιστότητα των αποτελεσμάτων
- Χαμηλό λειτουργικό κόστος
- Η αυτοματοποίηση πολλών διαδικασιών και η δυνατότητα άμεσης καταγραφής επιτρέποντας την περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων.

Σε μια εποχή όπου το κόστος εργασίας είναι υψηλό η οικονομική αιτιολόγηση για την εγκατάσταση συστημάτων Αυτόματης Οπτικής Επιθεώρησης (*Automatic Visual Inspection-AVI*), όπως αναφέρονται, η οικονομική αιτιολόγηση προκύπτει από την αντικατάσταση των ανθρώπινων επιθεωρητών.

Εκτός των παραπάνω οι νέες αυτές διατάξεις σε σχέση με τις παλαιότερες μεθόδους χρωματομέτρησης με χρωματομέτρα παρουσιάζουν τα εξής πλεονεκτήματα:

- Δίνουν την δυνατότητα αξιολόγησης του συνόλου της επιφάνειας των προϊόντων με αποτέλεσμα το μικρό χρονοεργασιακό κόστος
- Οι μετρήσεις σε προϊόντα που παρουσιάζουν χρωματική και επιφανειακή ανομοιομορφία είναι περισσότερο αξιόπιστες
- Λόγω του ότι δεν υπάρχει επαφή με τα υπό εξέταση προϊόντα, η προκαλούμενη σε αυτά φθορά είναι μηδενική.

Τα μειονεκτήματα των μεθόδων αυτών είναι κυρίως η απαίτηση κατάλληλου τεχνητού φωτισμού και η δυσκολία ταυτοποίησης αντικειμένων που δεν παρουσιάζουν ομοιογένεια

Με δεδομένα τα πλεονεκτήματα τα οποία αναφέρθηκαν οι νέες μέθοδοι ποιοτικής αξιολόγησης, τείνουν να αντικαταστήσουν τις παλαιότερες οι οποίες βασίζονταν στην ανθρώπινη κρίση.

Απαιτήσεις φωτισμού

Για την παραγωγή αξιόπιστων αποτελεσμάτων από την ανάλυση ψηφιακών εικόνων για οποιοδήποτε σκοπό μεγάλη σημασία έχουν η απόδοση της ψηφιακής κάμερας καθώς και το σύστημα φωτισμού. Ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα φωτισμού μπορεί να βοηθήσει και να βελτιώσει την ακρίβεια και την επιτυχία της ανάλυσης της εικόνας με την ενίσχυση της αντίθεσης της εικόνας

Ποιοτική αξιολόγηση της εσωτερικής δομής

Στην περίπτωση ποιοτικής αξιολόγησης του εσωτερικού μέρους των προϊόντων δεν είναι δυνατή η χρήση ψηφιακών εικόνων οι οποίες λαμβάνονται με ψηφιακή κάμερα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιούνται άλλοι τρόποι λήψης των ψηφιακών εικόνων οι οποίες αναφέρονται πιο κάτω:

1. Με χρήση του σωματιδιακού μαγνητικού συντονισμού (*Nuclear Magnetic Resonance Imaging*): Με την μέθοδο αυτή δίνεται η δυνατότητα λήψης εικόνων μέσω των οποίων πραγματοποιείται η αξιολόγηση του εσωτερικού τμήματος των προϊόντων. Η μέθοδος βασίζεται στο φαινόμενο της απορρόφησης και εκπομπής ενέργειας κατά την επίδραση ραδιοκυμάτων στα προϊόντα. Η φωτογραφίες λαμβάνονται με χρήση μιας ειδικής πλάκας στην

οποία προσπίπτει η ακτινοβολία που δεν απορροφήθηκε. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για τον προσδιορισμό της υγρασίας και το πως αυτή διαφοροποιείται στο εσωτερικό των προϊόντων

2. *Χρήση ακτινοβολίας:* Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την αξιολόγηση των εσωτερικών ιδιοτήτων των προϊόντων κάνοντας χρήση του διαφορετικού ρυθμού με τον οποίο μεταβάλλεται η ακτινοβολία X κατά την επίδραση της στους διάφορους ιστούς των προϊόντων.

Βιβλιογραφία

Abbot A. J. 1999, Quality measurement of fruit and vegetables, *Postharvest Biology and Technology*, (15): 207-225

Chroma Meter CR – 300. Instruction Manual Minolta. Japan. p. 81

Beyer M., Hahn R., Peschel S., Harz M. and Knoche M. 2002, Analysing fruit shape in sweet cherry (*Prunus avium* L.), *Scientia Horticulturae*, 96(1-4), pp. 139-150

Brosnan T. and Sun D. 2002, Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a Review, *Computers and Electronics in Agriculture*, (36): 193-213

Chatzis E., Xanthopoulos G. and Lamprinos Gr. 2007, Evaluation of Storage Temperature Effects on Cultivated Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) Colour Aspects by Chroma Meter and Digital Image Analysis, *Proceedings of CIGR Section VI 3rd International Symposium*, 24-26 September Naples, Italy

Deshpande S. S. and Salunkhe K. D. 2000, Nondestructive Optical Methods of Food Quality Evaluation, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Volume 2 1, Issue 4, pp. 323-381

Du Cheng-Jin and Sun Da-Wen, Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation, *Trends in Food Science & Technology*, (15): 230-249

Giese J. 2003. Color Measurements in Foods. *FoodTechnology*. Vol. 57. No.12

Glasbey C. A. and Horgan W. G., 1995, *Image Analysis for the Biological Sciences*, John Wiley & Sons, New York, p.218

Gunasekaran S. 1999, Computer vision technology for food quality assurance, *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 7, Issue 8, pp. 245-256

Hutchings B.J. 1994, *Food Colour and Appearance*, Blackie Academic & Professional, Glasgow, UK

Laykin S., Alchanatis V., Fallik E. and Edam Y. 2002, *Transaction of the ASAE*, Vol. 45(3): 851-858 www.asabe.org

Leemans V., Magein H. and Destain M.-F. 1998, Defects segmentation on ‘Golden Delicious’ apples by using colour machine vision, *Computers and Electronics in Agriculture*, (14): 117-130

Li Q., Wang M. and Gu W. 2002, Computer vision based system for apple surface defect detection, *Computers and Electronics in Agriculture*, (36): 215-223

Lu W. and Da-Wen S. 2000, Computer Vision Systems for Rapid Quality Inspection of Agricultural and Food Products, *Proc. of ICETS2000-Session 6: Technology Innovation and Sustainable Agriculture*, pp. 201-206

Maxwell A. B. 1998, Comparative review of image processing and computer vision textbooks, University of North Dakota, Department of Computer Science, Grand Forks, ND 58202-9015
<http://palantir.swarthmore.edu/maxwell/papers/pdfs/Maxwell-SPIE-1998.pdf>

Rigney M.P., Brusewitz G.H., & Kranzler G. A. 1992, Asparagus defect inspection with machine vision, *Transaction of the ASAE*, (35): 1873-1878

Sarcar N., Wolfe R.R. 1985, Features extraction techniques for shorting tomatoes by computer vision, *Trans. ASAE* 28 (3): 970-974

Shahin A.M. and Symons J.S. 2002, *Instrumental Colour and Size Grading of Pulse Grains*, *Proc. of the World Congress of Computers in Agriculture and Natural Resources*, Brasil, pp.107-113

Unay, Devrim and Gosselin, A quality sorting method for 'Jonagold' apples, *AgEng Leuven 2004-Engineering the Future*, International Conference of Agricultural Engineering, Leuven, Belgium

Urosevic¹ M., Zivkovic¹ M., Dimitrijevic¹ A., Nikolic M. Z., Pavlovic¹ B. V 2005, New Digital Method for Surface Quality Analysis, *AgEng Leuven 2004-Engineering the Future*, International Conference of Agricultural Engineering, Leuven, Belgium

Utku H. and Koksel H. 1998, Use of statistical filters in the classification of wheats by image analysis, *Journal of Food Engineering*, (36): 385-394

Wan N.Y., Lin M.C. and Chiou F.G. 2002, Rice Quality Classification Using an Automatic Grain Quality Inspection System, *Transaction of the ASAE*, Vol. 45(2): 379-387

Ορφανάκος Κ. Β. 2004, *Χρωματομετρία*, Εκδ. Σταμούλη, Αθήνα, σσ. 200

Χατζής Ε., Ψυχογιού Σ., Ξανθόπουλος Γ. και Λαμπρινός Γρ. 2007, Μεταβολή του Χρώματος Συντηρούμενης Βιολογικής Τομάτας με Ανάλυση Ψηφιακής Εικόνας, 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Εταιρίας Γεωργικών Μηχανικών Ελλάδας, 19-20 Οκτωβρίου, Βόλος (υπό εκτύπωση)

Χατζής Ε. 2006, 'Συντήρηση μαρουλιού. Ποιοτική αξιολόγηση με κριτήριο το χρώμα', Μεταπτυχιακή Διατριβή, Γ.Π.Α, Αθήνα, σσ. 154

Χατζής Λ., 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