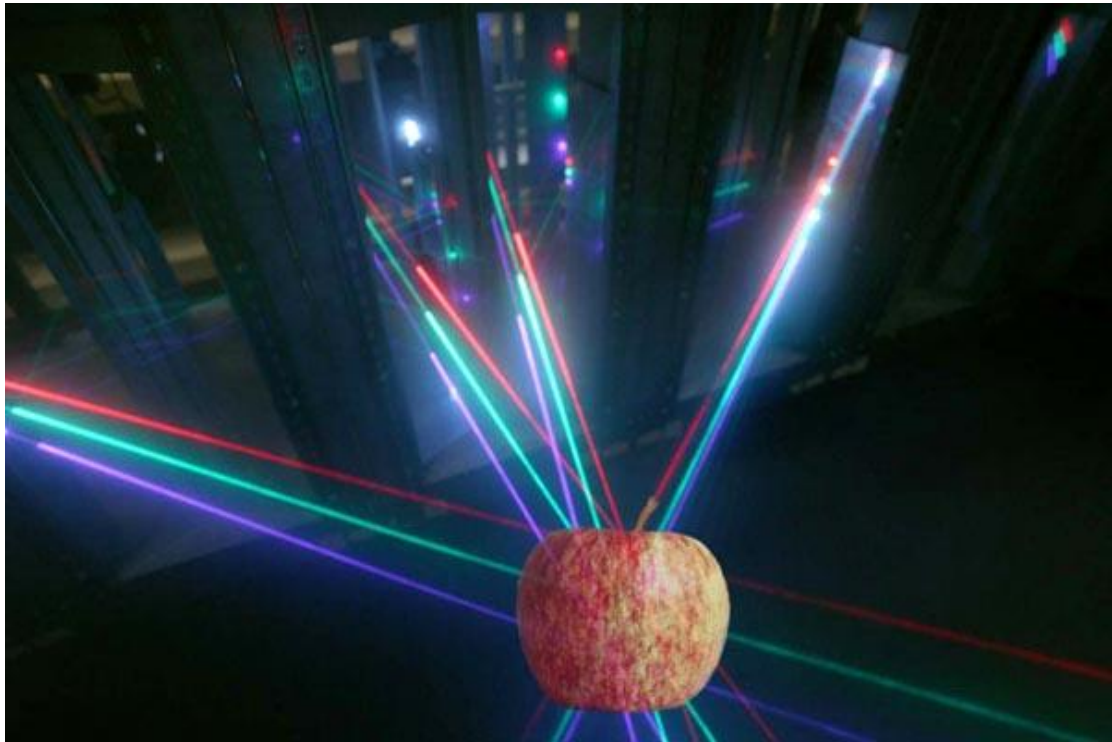


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΚΑΙ ΑΝΘΟΚΟΜΙΑΣ

**ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ
ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΚΑΡΑΜΕΡΗ ΔΗΜΗΤΡΗ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ : Καθηγητής Λυδάκης Δημήτριος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2007

Ευχαριστίες

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον καθηγητή και εισηγητή μου , αξιότιμο Λυδάκη Δημήτρη για το χρόνο που αφιέρωσε, για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις που έκανε και κυρίως για την προθυμοποίησή του, να αναλάβει την πτυχιακή μου παρόλο τον φόρτο εργασίας του.

Ευχαριστώ επίσης την καθηγήτρια Μεραμβελιωτάκη Χρύσα, για την κατανόησή της και γενικότερα για την βοήθειά της, όπως και τον καθηγητή Jan Snel του Plant Research International για την πολύτιμη βοήθεια και επίβλεψη των πειραμάτων μου ,κατά την διάρκεια της πρακτικής μου άσκησης στην Ολλανδία.

Ευχαριστώ επίσης τους εισηγητές μου Πομποδάκη Νεκτάριο και Στρατιαδάκη Αργυρώ, για τον χρόνο τους

Ευχαριστώ ιδιαίτερα τους γονείς μου , για την υποστήριξη και την υπομονή τους καθ' όλη την διάρκεια της φοιτητικής μου πορείας.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους μου και ιδιαίτερα τον φίλο μου Αρβανίτη Στέφανο για την πολύτιμη βοήθειά του και την κατανόησή του στην εκπόνηση της πτυχιακής μου μελέτης.

Καραμέρης Δημήτριος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	σελίδα 1
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	σελίδα 2

A. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Περίληψη.....	σελίδα 5
---------------	-----------------

1. Εισαγωγή

Γενικά.....	σελίδα 6
-------------	-----------------

Ποιότητα.....	σελίδα 7
---------------	-----------------

2. Μέθοδοι και εφαρμογές.....**σελίδα 9**

Φασματοσκοπική Ανάλυση.....	σελίδα 11
-----------------------------	------------------

Πεδίο Ορατού Φάσματος και Ανάλυση Εικόνων.....	σελίδα 12
--	------------------

Φθορισμός και Καθυστερημένη Εκπομπή Φωτός	σελίδα 15
---	------------------

Κοντινή Υπέρυθρη Φασματομέτρηση.....	σελίδα 17
--------------------------------------	------------------

Ακτινοβολία Terahertz.....	σελίδα 22
----------------------------	------------------

Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός και Εικονοληψία

Μαγνητικού Συντονισμού.....	σελίδα 24
-----------------------------	------------------

Ανάλυση Ακτινών Χ.....	σελίδα 27
------------------------	------------------

Αναλύσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών.....	σελίδα 29
--	------------------

Διάφορες εφαρμογές.....	σελίδα 35
-------------------------	------------------

3. Διερευνητικές ανάγκες.....**σελίδα 36**

4. Συμπεράσματα.....**σελίδα 40**

B. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Περίληψη.....	σελίδα 43
---------------	------------------

1. Γενικά.....**σελίδα 44**

1.1 Φθορισμός Χλωροφύλλης.....**σελίδα 44**

1.2 Μπλε-πράσινος και ερυθρός - υπέρυθρος φθορισμός.....**σελίδα 45**

2. Υλικά και μέθοδοι.....**σελίδα 46**

2.1 Υλικό προϊόντων.....**σελίδα 46**

2.2 Υλικό Οργάνων μετρήσεων.....**σελίδα 47**

Multiple Imaging Plant Stress (M.I.P.S)

σελίδα 48

Φασματογράφος φθορισμού Shimadzu RF-5000.....

σελίδα 49

3. Αποτελέσματα.....σελίδα 50
3.1 Αποτελέσματα MIPS.....σελίδα 50
3.2 Αποτελέσματα φασματογράφου φθορισμού.....σελίδα 58
4. Συζήτηση.....σελίδα 65
5. Συμπεράσματα.....σελίδα 68

Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Γενικά.....σελίδα 70
1. AGRI-TECH, Inc (FMC Corp).....σελίδα 71
2. AWETA B.V.....σελίδα 73
2.1 Φρούτα.....σελίδα 74
2.2 Λαχανικά.....σελίδα 81
2.3 Δρεπτά άνθη.....σελίδα 85
2.4 Τεχνολογία.....σελίδα 86
3. GREEFA.....σελίδα 88
3.1 GeoSort - Sorting machine.....σελίδα 88
3.2 SmartSort - Sorting machine.....σελίδα 90
3.3 MSE - Shorting machine.....σελίδα 91
3.4 MSE-MXL - Sorting machine.....σελίδα 92
3.5 QSort – Sorting machine και Αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος.....σελίδα 93
3.6 Αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος (Πατέντα εν αναμονή).....σελίδα 93
3.7 Υπομονάδες.....σελίδα 95
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....σελίδα 100

Α. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι πιο γνωστές μέθοδοι και οι εξελίξεις τους για ανάλυση ποιότητας σε φρέσκα φρούτα και λαχανικά κυρίως, την τελευταία δεκαετία μέχρι το έτος 2006. Στο γενικό μέρος γίνεται μια αναφορά στην έννοια της ποιότητας και ακολουθεί μια αναφορά στις διάφορες μεθόδους και εφαρμογές που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση ποιότητας χωρίς να καταστρέφεται το προϊόν. Οι μέθοδοι στηρίζονται σε οπτικές, φασματοσκοπικές και μηχανικές τεχνικές αλλά ακόμη και σε εφαρμογές ακτινών X σε ορισμένες μη καταστρεπτικές μεθόδους λιγότερο διαδεδομένες.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται τεράστια πρόοδος και εξέλιξη στις μη καταστροφικές τεχνικές για την εκτίμηση ή τον έλεγχο ποιοτικών χαρακτηριστικών των φρούτων. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορεί να είναι εσωτερικές ζημιές ή ατέλειες αλλά και η γεύση, η περιεκτικότητα σακχάρων ή χρωστικών, η σύσταση, η υφή και άλλα. Οι περισσότεροι αισθητήρες σήμερα, συνήθως μετράνε ένα μόνο ποιοτικό χαρακτηριστικό και θα πρέπει να συνδυαστούν διάφορες τεχνικές, ώστε να βελτιστοποιηθεί, όσο το δυνατόν περισσότερο, η μέτρηση της συνολικής ποιότητας του προϊόντος. Η εμπορική χρήση αυτών των τεχνικών θα είναι το ίδιο χρήσιμη και επωφελής τόσο για τον καταναλωτή όσο και για τον παραγωγό αλλά και τον έμπορο, ο οποίος θα μπορεί να συμμορφώνεται στις απαιτήσεις του καταναλωτή για σταθερά, υψηλής ποιότητας προϊόντα.

Στο πειραματικό μέρος περιγράφονται δύο μέθοδοι (φθορισμός χλωροφύλλης και υπεριώδης φασματοσκοπία) και τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν σε ορισμένα προϊόντα όπως μάνγκο, τομάτες, έτοιμα πακεταρισμένα κομμένα λαχανικά και άλλα. Το πείραμα έλαβε μέρος στο Plant Research International στο Wageningen, στην Ολλανδία. Τα αποτελέσματα των πειραμάτων έδειξαν ότι το **MIPS** μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της ποιότητας ορισμένων προϊόντων ικανοποιητικά, παρόλο που δεν είναι για όλα τα προϊόντα λειτουργικό. Ο φασματογράφος φθορισμού χρειάζεται βελτίωση και τροποποιήσεις για καλύτερα αποτελέσματα. Ένας συνδυασμός των δύο μεθόδων θα ήταν αρκετά ικανοποιητικός και αξιόπιστος και σίγουρα το μέλλον των μη καταστροφικών μεθόδων θα είναι συνδυασμός διαφορετικών λειτουργιών για μέτρηση όσο το δυνατόν περισσότερων παραμέτρων ποιότητας.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

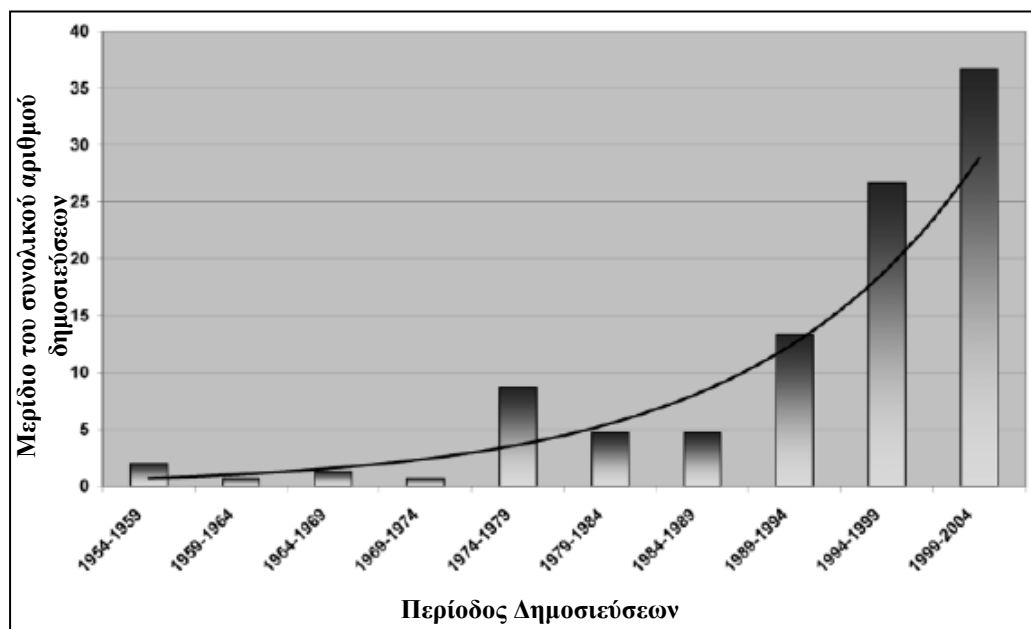
1.1 Γενικά

Το ενδιαφέρον για την ποιότητα συνεχώς αυξάνεται, ιδιαίτερα γύρω από τα τρόφιμα και τον τομέα υγείας. Αυτό απαιτεί ενέργειες έρευνας όσον αφορά:

- την ορισμένη ποιότητα παραγωγής
- την διατήρηση της ποιότητας κατά την διάρκεια του μάρκετινγκ
- τις δυνατότητες αξιολόγησης ποιοτικών παραμέτρων
- την ενσωμάτωσή τους σε παραγωγικές διαδικασίες.

Λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης της τεχνολογίας και των μαθηματικών - στατιστικών μεθόδων, όπως και τον μεγάλο αριθμό ερευνών και πειραμάτων σε όλο τον κόσμο, χρειάζονται ενημερωμένες αναφορές για την προσαρμογή των τεχνολογικών εφαρμογών σε επιστήμες που σχετίζονται με την διατροφή και κατ' επέκταση με τα αγροτικά προϊόντα.

Οι επιστημονικές εργασίες που αναφέρονται σε μη καταστρεπτικές μεθόδους, αυξάνονται συνεχώς με εκθετικούς ρυθμούς τα τελευταία πενήντα χρόνια όπως φαίνεται και στην **Εικόνα 1**, υποδεικνύοντας το μεγάλο ενδιαφέρον για το θέμα αυτό σήμερα.



Εικόνα 1 : Πορεία των ποσοστών επί των συνολικών επιστημονικών δημοσιεύσεων καταχωρημένων στο «ISI Web of Science», στον τομέα Food science and Technology, που περιέχουν τις λέξεις «non invasive» και «nondestructive» στον τίτλο από το 1953 έως το 2004.

Τα ερωτήματα για την ταχύτητα με την οποία μια διαδικασία μπορεί να εκτελεστεί, πρέπει να εξετάζονται ξεχωριστά:

- Χρειάζεται μια νέα μη καταστρεπτική μέθοδος λιγότερο χρόνο για την αξιολόγηση ενός προϊόντος από τις κλασσικές μεθόδους;
- Είναι επαρκής μια πιο γρήγορη μέθοδος, αλλά λιγότερο ακριβής και ευαίσθητη;
- Μπορούν τα διαδοχικά στάδια επεξεργασίας να οργανωθούν καλύτερα με άλλα συστήματα ανάλυσης, όπως για παράδειγμα αυτοματισμούς;

Ορισμένες μέθοδοι έχουν την δυνατότητα να παίρνουν μετρήσεις από διάφορους παραμέτρους ποιότητας, σε πολύ σύντομο χρόνο. Έτσι φαίνεται να είναι εφικτό να γίνετε η διαλογή – ταξινόμηση τους, ακόμη και η τυποποίηση-πακετάρισμα τους σχεδόν ταυτόχρονα με τις μετρήσεις. Στην Ιαπωνία, υπάρχουν μηχανήματα τα οποία εκτιμούν την ποιότητα μήλων, με την ταχύτητα των 4 με 6 μήλων ανά δευτερόλεπτο και για ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως περιεκτικότητα σακχάρων και εσωτερικών ζημιών. Ευρωπαίοι και Αμερικάνοι κατασκευαστές έχουν στην διάθεσή τους παρόμοιους εξοπλισμούς όπως η Ολλανδικές εταιρίες «Aweta» και η «Greefa».

1.2 Ποιότητα

Ο όρος «ποιότητα» καθορίζει τον βαθμό υπεροχής ενός προϊόντος ή την καταλληλότητα του για μια συγκεκριμένη χρήση. Η ποιότητα είναι μια ανθρώπινη επινόηση και έννοια, που περιλαμβάνει πολλές ιδιότητες ή χαρακτηριστικά. Τα κριτήρια ποιότητας αγροτικών προϊόντων παρουσιάζονται αναλυτικά στον **Πίνακα 1**.

Για την βαθμολόγηση και για τον προσδιορισμό των ποιοτικών κριτηρίων ενός προϊόντος, ο ορισμός της ποιότητας τροποποιείται έτσι ώστε να έχει το ίδιο νόημα για όλους όσους τον χρησιμοποιούν. Ο *Shewfelt (1999)* προτείνει ότι ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος, από μόνο του ορίζεται σαν ποιότητα κι ότι η αντίληψη και η ανταπόκριση ενός καταναλωτή σε αυτά τα χαρακτηριστικά, αναφέρεται σαν αποδεκτικότητα.

Πίνακας 1: Κριτήρια ποιότητας νωπών φρούτων και λαχανικών

Κριτήριο	Χαρακτηριστικά
1. Γενική εμφάνιση	Μέγεθος: διαστάσεις, βάρος, όγκος Σχήμα και μορφή: σχέση διαμέτρου/μήκους Χρώμα: ομοιομορφία, ένταση
2. Κατάσταση επιφάνειας και ελαττώματα	Εξωτερική – εσωτερική εμφάνιση Μορφολογικά χαρακτηριστικά Φυσική – μηχανική κατάσταση Φυσιολογική κατάσταση Παθολογική κατάσταση
3. Φυσικά / ανατομικά χαρακτηριστικά Υφή	Σκληρότητα Τραγανότητα Μαλακότητα
4. Γεύση – Άρωμα Γεύση Άρωμα	Γλυκύτητα Αλμυρότητα Πικρότητα Οξύτητα Στυφότητα Οσμή – ευχάριστη / δυσάρεστη
5. Θρεπτική αξία	Υδατάνθρακες Πρωτεΐνες Λιπίδια Βιταμίνες Ανόργανα μέταλλα
6. Ασφάλεια	Φυσικές τοξικές ουσίες Μυκοτοξίνες Βακτηριακή μόλυνση Υπολείμματα γεωργικών φαρμάκων, βαριά μέταλλα

Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί όλες τις αισθήσεις του για να αξιολογήσει την ποιότητα : όραση, όσφρηση, γεύση, αφή ακόμη και ακοή. Ο καταναλωτής λαμβάνει υπ' όψη του όλες αυτές τις «πληροφορίες» με τις αισθήσεις του – εμφάνιση, άρωμα, γεύση, υφή, αίσθηση στο στόμα και ήχους όταν το μασάει – καθορίζοντας τελικά την αποδεκτικότητα αυτού του φρούτου ή λαχανικού και επίσης καθορίζει την επιθυμία του καταναλωτή να το ξανά αγοράσει ή όχι (*Shewfelt, 1990*). Χαρακτηριστικά όμως, όπως η θρεπτική αξία και η «ασφάλεια» ενός προϊόντος, δεν μπορούν να αξιολογηθούν από τον καταναλωτή, γιατί χρειάζονται μετρήσεις. Παρόλα αυτά, αν η πληροφορία αυτή δινόταν στον καταναλωτή, θα επηρέαζε σαφώς την κρίση του και την αποδοχή του προϊόντος αυτού (*Shewfelt, 1987*).

Οι μετρήσεις από μηχανήματα προτιμώνται από την αξιολόγηση με βάση τα αισθητήρια όργανα μας, για πολλές ερευνητικές και εμπορικές εφαρμογές. Τα μηχανήματα σαφώς μειώνουν τις διαφοροποιήσεις μεταξύ ατόμων, είναι πιο ακριβής

και μπορούν να παρέχουν μια κοινή «γλώσσα» μεταξύ των ερευνητών, βιομηχανιών και καταναλωτών.

Οι μέθοδοι για μέτρηση της ποιότητας και των χαρακτηριστικών σχετικών με την ποιότητα, έχουν εξελιχθεί τις τελευταίες δεκαετίες, με την χρήση οργάνων να εμφανίζεται πριν από 80 χρόνια περίπου. Πιο πρόσφατα, δίνεται περισσότερη έμφαση σε αισθητήρες για αξιολόγηση της ποιότητας σε πραγματικό χρόνο και για μη καταστρεπτική ταξινόμηση. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός αναφορών σε τεχνολογίες για μη καταστρεπτική μέτρηση ποιότητας ορισμένες οι οποίες περιγράφονται από *Gunasekaran et al. (1985)*, *Chen and Sun (1991)*, *Tollner et al. (1993)*, *Brown and Sarig (1994)*, *Chen (1996)*, *NRAES (1997)*, *Dull et al. (1996)* and *Abbott et al. (1997)*.

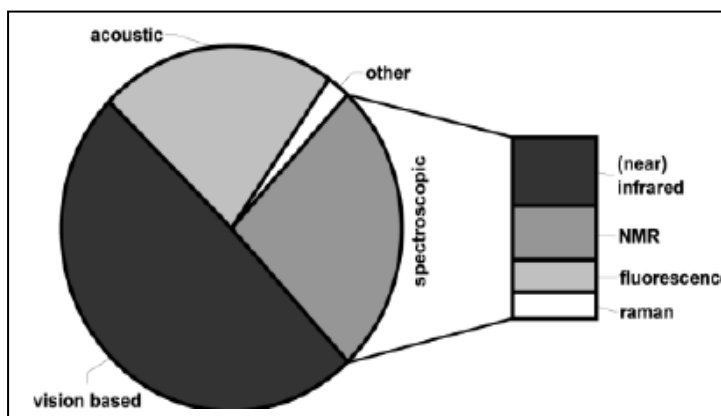
2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Διάφοροι μέθοδοι για την εκτίμηση των ποιοτικών παραμέτρων έχουν εξελιχθεί τους τελευταίους αιώνες. Η ανάλυση με όργανα και μηχανήματα μπόρεσε και εξελίχθηκε πολύ γρήγορα λόγω της τεχνολογικής προόδου του εικοστού αιώνα. Περισσότερη έμφαση δίνεται σήμερα στην έρευνα και στην εξέλιξη αισθητήρων για μη καταστροφικές μετρήσεις και ταξινομήσεις σε πραγματικό χρόνο.

Η συνεχής εξέταση της σχέσης και της σύνδεσης, μεταξύ των μετρίσιμων μεταβλητών και των ποιοτικών κριτηρίων είναι βασικής σημασίας για τις εφαρμογές των νέων αυτών μεθόδων (*Akimoto, 1996*). Αυξάνοντας τις γνώσεις φυσιολογίας, οι δυνατότητες αυξάνονται και για την έμμεση μέτρηση και για την επίδραση τέτοιων σχέσεων. Έχει αποδειχθεί ότι οι διαδικασίες της ωρίμανσης θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σαν τρόπος πρόβλεψης της ποιότητας. Παρόλα αυτά, διάφορα προβλήματα μπορεί να προκύψουν από τη επίδραση των καλλιεργητικών διεργασιών και των μετασυλλεκτικών χειρισμών. Οι άνθρωποι χρησιμοποιούν όλες τις αισθήσεις τους για την αξιολόγηση των κηπευτικών προϊόντων. Ως εκ τούτου μια στρατηγική που περιλαμβάνει την χρησιμοποίηση άλλων συσκευών για την μέτρηση των διαφορετικών ποιοτικών παραμέτρων, αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση.

Σήμερα, σε μια απλή αναζήτηση στο ίντερνετ στις αγγλικές λέξεις-κλειδιά “nondestructive” ή “noninvasive” (μη καταστροφικός) και στα πλαίσια της λέξης

“food” (τροφή) θα δώσει σίγουρα πάνω από 66000 αποτελέσματα και αναφορές σε αυτές τις έννοιες. Οι αναφορές στα ελληνικά είναι ελάχιστες. Στην **Εικόνα 2** περιγράφεται η κατανομή αυτών των μεθόδων και τεχνικών, για μη καταστρεπτική ανάλυση των τροφίμων γενικότερα.



Εικόνα 2:

Κατανομή των αποτελεσμάτων μιας αναζήτησης στο ίντερνετ στις λέξεις – κλειδιά «nondestructive» ή «noninvasive» στο πεδίο «food», στις διαφορετικές τεχνικές της μη καταστρεφικής ανάλυσης τροφίμων (Ιανουάριος 2005)

Μέθοδοι με βάση τις οπτικές ιδιότητες φαίνεται να είναι οι πιο διαδεδομένες και σε μεγαλύτερο ποσοστό (50%) και είναι λογικό, γιατί η εμφάνιση ενός προϊόντος είναι η πρώτη και σημαντικότερη επαφή-αξιολόγηση του καταναλωτή με το προϊόν. Στο ποσοστό αυτό περιλαμβάνονται πολλές διαφορετικές εφαρμογές από παραδοσιακές υποκειμενικές αξιολογήσεις από εκπαιδευμένους ελεγκτές, μέχρι συστήματα υπολογιστών με τεχνητή «όραση». Τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούν εξελιγμένους μηχανισμούς για την λήψη εικόνων, όπως για παράδειγμα πολυφασματικές κάμερες (multispectral cameras). Ακόμη χρησιμοποιούν υψηλής τεχνολογίας προγράμματα (software), για την επεξεργασία των εικόνων και των μετρήσεων των αντικειμένων και την κατάταξη αυτών με διάφορες μεθόδους.

Το άλλο 50 % μοιράζεται αναλογικά σε τεχνικές με βάση την ακουστική και με βάση την φασματογραφία, οι περισσότερες από τις οποίες δεν είναι λιγότερο πολύπλοκες από τις μεθόδους με βάση την οπτική. Παρακάτω περιγράφονται σύντομα οι κυριότερες από αυτές τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται σήμερα, κυρίως για τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά.

2.1 Φασματοσκοπική Ανάλυση (Spectroscopy Analysis)

Οι φασματοσκοπικές μέθοδοι ανάλυσης, χρησιμοποιούν τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ατόμων-μορίων και της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας για να παρέχουν ποιοτικές και ποσοτικές, χημικές και φυσικές πληροφορίες. Για να είναι πιο ακριβής ο ορισμός, όταν αναφερόμαστε στην φασματοσκοπία εδώ, εννοούμε την οπτική φασματοσκοπία. Φωτόνια από συγκεκριμένα μήκη κύματος ή πεδία συχνότητας του φάσματος, απορροφούνται ή εκπέμπονται ανάλογα με την ενεργειακή τους κατάσταση. Τα συνηθισμένα φασματοφωτόμετρα συνήθως καλύπτουν μόνο το φάσμα απορρόφησης (absorption spectra). Σε αντίθεση με τις κλασσικές χημικές μεθόδους ανάλυσης, οι φασματοσκοπικές μέθοδοι είναι μη καταστρεπτικές με πολύ μεγάλο εύρος εφαρμογών.

Την περασμένη δεκαετία, η τεχνολογική πρόοδος και επίσης η διαθεσιμότητα χρήσιμων στατιστικών διαδικασιών, αυξήθηκε ταχύτατα (Scotter, 1997). Οι Dardane et al. (2000), αξιολόγησαν τις τέσσερις πιο σημαντικές στατιστικές μεθόδους (regression methods) σε μια μεγάλη σειρά δεδομένων. Συγκεκριμένα οι είναι :

- Multiple Linear Regression (MLR)
- Partial Least Squares (PLS)
- Artificial Neural Network (ANN)
- μια καινούρια ιδέα ονομαζόμενη «LOCAL» (είναι η μέθοδος PLS πιο εξελιγμένη).

Τα επίπεδα λάθους πρόβλεψης ή Standard Errors of Prediction (SEP) ελέγχθηκαν στατιστικά και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μέθοδοι αυτοί (regression methods) είναι σχεδόν ισοδύναμες και ότι οι πίνακες δεδομένων είναι πιο σημαντικοί από τις ίδιες αρμόζων μεθόδους.

Η Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι ελεύθερα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που προέρχονται από περιοδικές μεταβολές (ταλαντώσεις) ηλεκτρικών φορτίων. Όλο το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα διακυμαίνεται από τις ακτίνες γ μικρού κύματος (ultra-short gamma rays) μέχρι τα ραδιοκύματα μεγάλου κύματος. Τα πεδία των διαφορετικών φασματοσκοπικών τεχνικών, τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας τα οποία έχουν ερευνηθεί συστηματικά και οι πληροφορίες που αποκτήθηκαν από αυτές τις μεθόδους έχουν καθοριστεί. Εάν τα αντικείμενα φωτιστούν με ένα κατάλληλο εύρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, τότε σταθερά μήκη κύματος

απορροφούνται και μπορεί να καταγραφεί ένα συγκεκριμένο φάσμα απορρόφησης του αντικειμένου. Αυτά τα φάσματα είναι χαρακτηριστικά για τα άτομα, τις λειτουργικές ομάδες και ακόμη για μεγάλα μόρια και δίνουν πληροφορίες για την χημική σύνθεση του δείγματος, σε σύγκριση με φάσματα από βάσεις δεδομένων. Για παράδειγμα η on line βιβλιοθήκη NIST Chemistry WebBook περιέχει IR (Infra red) φάσματα (δηλ. υπέρυθρα) για περισσότερα από 16000 παρασκευάσματα, φάσματα μάζας (mass spectra) για περισσότερο από 15000 ενώσεις και UV/VIS (Ultraviolet/Visible) φάσματα (δηλ. υπεριώδη και ορατά) για περισσότερο από 16000 ενώσεις (<http://www.nist.gov/srd/analy.htm> accessed Sept. 2005).

2.2 Πεδίο Ορατού Φάσματος και Ανάλυση Εικόνων (Visible Spectral Range (VIS) and Image Analysis)

Το ορατό φως (VIS) καλύπτει τα μήκη κύματος από περίπου 380 έως 770 nm. Πολλά προϊόντα προσδιορίζονται με εμπορικούς βαθμούς, ανάλογα με το χρώμα τους. Τα κυριότερα μόρια που απορροφούν φως στο ορατό πεδίο, είναι χρωστικές ουσίες σαν την χλωροφύλλη, τα καροτενοειδή και τις ανθοκυανίνες. Αυτές περιέχουν λειτουργικές ομάδες, στις οποίες τα ηλεκτρόνια μπορούν να διεγερθούν με την απορρόφηση φωτεινής ενέργειας.

Για την περιγραφή του χρώματος, υπάρχουν διάφορα συστήματα χρωματικών συντεταγμένων. Στο πολύ γνωστό τρισδιάστατο RGB σύστημα, τα τρία βασικά χρώματα κόκκινο, μπλε και πράσινο, παρουσιάζονται σαν τρεις άξονες ενός κύβου. Ακόμη χρησιμοποιούνται και άλλες γεωμετρίες, όπως για παράδειγμα το σφαιρικό L*C*h σύστημα, το CIE σύστημα (Commission Intl. de l' Eclairage) ή το Hunter L, a, b σύστημα, το οποίο περιγράφει επιπλέον και την φωτεινότητα (brightness) και την χρωματική καθαρότητα (saturation) και χρησιμοποιείται πολύ συχνά. Τα συστήματα αυτά είναι ρυθμισμένα να προσαρμόζουν τις χρωματικές διαφορές στην ανθρώπινη όραση. Επειδή το χρώμα γίνεται αντιληπτό από αισθητήριο όργανο (μάτια), ήταν λογικό να προσαρμοστεί και η λειτουργικότητα των μετρήσεων από τα μηχανήματα, με βάση την φυσιολογία του ανθρώπινου ματιού. Αισθητήρες (sensors) σε διάφορα χρωματόμετρα με την βοήθεια φίλτρων, μπορούν και εξομοιώνουν τους τρεις χρωματικούς δέκτες του ματιού.

Τα φασματικά δεδομένα που προκύπτουν, διορθώνονται μαθηματικά χρησιμοποιώντας σταθερά φάσματα (standard spectra), τα οποία αντανakλούν τις

μέσες αντιδράσεις των τριών διαφορετικών τύπων κυττάρων, χρωματικών δεκτών του ανθρώπινου ματιού. Η αρχή αυτής της χρωματικής αξιολόγησης χρησιμοποιείται εμπορικά για να ταξινομεί και να κάνει διαλογή σε μήλα, ροδάκινα και άλλα προϊόντα, σε γραμμές πακεταρίσματος (Abbott, 1999).

Ο χρωματικός προσδιορισμός φράουλας και καρότου τελειοποιήθηκε από τον Quilitzsch (1999), ο οποίος χρησιμοποίησε μόνο τα χαρακτηριστικά: χρώμα και καθαρότητα χρώματος (saturation). Οι Scheer et al. (1999), μπόρεσαν να προσδιορίσουν μεγάλη σχέση μεταξύ του χρώματος του φλοιού του καρπού και των συστατικών που δίνουν γεύση στα φραγκοστάφυλα, (*Physalis peruviana* L.) Η ωρίμανση της μπανάνας συνήθως κρίνεται με σύγκριση τους με χρωματικούς πίνακες-πρότυπα (color templates).

Ακόμη, οι Li et al. (1997) αναζήτησαν μια γρήγορη και μη καταστρεπτική μέθοδος που να είναι πιο οικονομική. Αναφέρουν ένα χρωματόμετρο που θα μπορεί να μετράει την κατάλληλη σχέση μεταξύ της οπτικής «αντίληψης χλωροφύλλης» και της χημικά μετρίσιμης περιεκτικότητας χλωροφύλλης στην φλούδα της μπανάνας. Το όργανο μετρήσεων εξελίχθηκε βασιζόμενο σε αποτελέσματα μιας προηγούμενης μελέτης, με επιλεγμένα μήκη κύματος για οικονομικές, εκπέμπων διόδους φωτός (LED, Light Emitting Diodes), το οποίο έδινε τις καλύτερες προβλέψεις και αποτελέσματα για την περιεκτικότητα της χλωροφύλλης. Τα μήκη κύματος ήταν 610 και 660 nm, σαν διάταξη μετατροπών (transducers) φωτοτρανζίστορ που χρησιμοποιήθηκαν. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι με ένα τέτοιο εξοπλισμό, ένα αρκετά ικανοποιητικός προσδιορισμός της περιεκτικότητας της χλωροφύλλης μπορεί να επιτευχθεί. Σε πρακτική εφαρμογή όμως, οι διαφορές μεταξύ διαφόρων κατηγοριών μπανανών, απαιτεί να ρυθμίζεται κατάλληλα το όργανο για κάθε τύπο μπανάνας ξεχωριστά. Επιπλέον, ορισμένες ζημιές όπως μώλωπες ή ορισμένες ατέλειες στην επιφάνεια του καρπού, προκαλούν αλλαγές στην διαχεόμενη αντανάκλαση.

Σύμφωνα με τους Aneshansley et al. (1997) και τους Throop και Aneshansley (1997), τέσσερα μήκη κύματος (540, 750, 970, 1030 nm) είναι χρήσιμα για τον διαχωρισμό «θορύβου» και χτυπημένων ιστών σε πολλές ποικιλίες μήλων. Ο περιορισμός των μετρήσεων σε μερικά μόνο μήκη κύματος συντομεύει τον χρόνο μέτρησης και ανάλυσης, αλλά σαφώς χάνει σε πληροφορίες. Η χλωροφύλλη και τα καροτενοειδή είναι πολύ συνηθισμένες χρωστικές οι οποίες δίνουν χρώμα στα φρούτα και στα λαχανικά. Λόγω του χρώματος τους και των φυσικοχημικών

ιδιοτήτων, χρησιμοποιούνται και σαν προσθετικά σε τρόφιμα. Και οι δύο τύποι χρωστικών είναι πολύ εύθραυστες και μπορούν εύκολα να αλλάξουν ή να καταστραφούν, τροποποιώντας την αντίληψη και την ποιότητα των προϊόντων.

Ο *Schoefs (2002)*, έκανε μια αναφορά σε αναλυτικές διαδικασίες, περιλαμβανομένων και μη καταστρεπτικών μεθόδων, για τον έλεγχο της περιεκτικότητας των χρωστικών σε τρόφιμα. Μια Ολλανδική εταιρία η Aweta παρέχει ένα εξοπλισμό διαλογής μήλων (FALCON TM) ο οποίος είναι ικανός να αναγνωρίζει και να ταξινομεί σύμφωνα με τις ατέλειες και τα ελαττώματα. Δεδομένα που λαμβάνονται από ειδικές κάμερες (για παράδειγμα multispectral ή hyperspectral κάμερες) μπορούν να μετατραπούν σε εικόνες, οι οποίες αναπαριστούν για παράδειγμα κατανομή του χώρου στο εσωτερικό τους, κάτω από την επιφάνεια του φρούτου.

Μια γρήγορη και απλή μέθοδος επινοήθηκε από τους *Haffner et al (2000)*, για την αξιολόγηση των βατόμουρων: Χρησιμοποίησαν ένα απλό σαρωτή ειδώλου (scanner) και ένα κοινό λογισμικό, για να παίρνουν χρωματικές πληροφορίες όπως και δεδομένα για το μέγεθος και σχήμα του φρούτου. Συχνά χρησιμοποιούνται ακόμη και έγχρωμες φωτογραφικές κάμερες (CCD) συνδεδεμένες με υπολογιστές και κατάλληλα προγράμματα (*Edan et al., 1997*). Σήμερα η «τεχνητή όραση» από υπολογιστές (computer vision), προσελκύει πολύ το ενδιαφέρον για έρευνα και εξέλιξη από τις βιομηχανίες αγροτικών τροφίμων και συνεχώς αυξάνεται γρήγορα η εξέλιξη για τον έλεγχο ποιότητας, ταξινόμησης και αξιολόγησης σε ένα μεγάλο εύρος αγροτικών τροφίμων.

Σε μια ειδική έκδοση ενός επιστημονικού περιοδικού “ Applications of Computer Vision in the Food Industry” γίνεται εκτεταμένη αναφορά για τα πλεονεκτήματα και τις μεθόδους αυτές. Στα 14 άρθρα του, που είναι γραμμένα από διεθνείς ειδικούς, αναφέρει μεθόδους όπως για παράδειγμα:

- Κατάτμηση (segmentation) της εικονικής ανάλυσης/επεξεργασίας.
- Υψηλή χωρική ανάλυση υπερφασματικών συστημάτων εικόνων (hyperspectral imaging systems), σαν εργαλείο για την επιλογή καλύτερων πολυφασματικών μεθόδων για τον εντοπισμό ατελειών και προσβολών της επιφάνειας των μήλων (*Mehl t al., 2004*).
- «NMR- imaging» σε πέντε ποικιλίες πατάτας σε συνδυασμό με διαφορετικές αναλύσεις εικόνας, για την πρόβλεψη της αίσθησης της σύστασης τους (σαν ποιοτική ιδιότητα) των μαγειρεμένων πατατών (*Thybo et al., 2004*)

- Εφαρμογές της τεχνολογίας ανάλυσης εικόνας (imaging), για τον έλεγχο ποιότητας αγροτικών προϊόντων στο ορατό και στο μη ορατό φάσμα και χρησιμοποιώντας την τεχνολογία “computer vision” (ένα αυτοματοποιημένο σύστημα ελέγχου για χρωματική ταξινόμηση των φοινικιών).
- Εφαρμογές υπολογιστικών «φραντάρ» τομογραφίας για την χαρτογράφηση της υγρασίας των σιτηρών (*Abdullah et al., 2004*).
- Εικόνες μικροκυμάτων (microwave imaging) εφαρμόζεται στην βιοϊατρική, για εντοπισμό υλικού κάτω από την επιφάνεια (*Pastorino, 2004*).

Μια πρόσφατη αναφορά του (*Du και Sun, 2004*) πάνω σε πρόσφατες εξελίξεις σε εφαρμογές τεχνικών, εικονικής επεξεργασίας για αξιολόγηση τροφίμων, οι οποίες περιλαμβάνουν:

- CCD κάμερες
- εικόνες υπερήχων (ultrasound imaging)
- εικόνες μαγνητικού συντονισμού (Magnetic Resonance Imaging, MRI)
- τομογραφία υπολογιστών (Computer Tomography, CT)
- ηλεκτρικής τομογραφίας (βασισμένη σε υπολογιστική ανάλυση της ηλεκτρικής ειδικής αντίστασης, χωρητικότητας και των επαγωγικών αλλαγών).

2.3 Φθορισμός και Καθυστερημένη Εκπομπή Φωτός (Fluorescence and Delayed Light Emission, DLE)

Ο όρος “photoluminescence” περιλαμβάνει τα δύο φαινόμενα του φθορισμού (fluorescence) και φωσφορισμού (phosphorescence) των αντικειμένων. Βασίζονται στην ακτινοβολία ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας εντός του ορατού πεδίου του φάσματος, μετά από διέγερση (excitation) με φως μικρότερου κύματος, συνήθως υπεριώδες (UV). Οι δύο παρόμοιες διαδικασίες διαφέρουν στην αρχική θέση από την οποία το μόριο διεγείρεται. Πολλά βιολογικά υλικά και χημικές ενώσεις φθορίζουν, αλλά η κυριότερη και πιο διαδεδομένη εφαρμογή γύρω από τα αγροτικά προϊόντα και τον φθορισμό, είναι ο φθορισμός χλωροφύλλης. Μετρήσεις φθορισμού σε βιολογικό υλικό, το οποίο περιέχει χλωροφύλλη, δίνουν πληροφορίες για την φωτοσυνθετική δραστηριότητα (για παράδειγμα, *Georgiava και Lichtenhaler, 1999*).

Η επιστροφή των διεγερμένων ηλεκτρονίων στο αρχικό τους ενεργειακό επίπεδο υπό την εκπομπή φθορίζοντος φωτός, είναι πολύ γρήγορη. Μια σκοτεινή

περίοδος για τουλάχιστον δέκα λεπτά, πρέπει να προηγηθεί της μέτρησης DLE ή φθορισμού, για την αποφυγή μη επιθυμητών επιδράσεων από τον μηχανισμό φωτοσύνθεσης. Ο DLE είναι φθορισμός ο οποίος αναπτύσσεται εφόσον η χλωροφύλλη έχει διεγερθεί από ενδιάμεσα προϊόντα της φωτοσύνθεσης ή από δευτερεύοντες αντιδράσεις. Η απώλεια της χλωροφύλλης και η μείωση της φωτοσυνθετικής ικανότητας, είναι συνήθως συνδεδεμένα με την προοδευτική ωρίμανση των λαχανικών. Επιπλέον, οι ιστοί οι οποίοι περιέχουν χλωροφύλλη φθείρονται από στρες και από τραυματισμούς.

Σε μια πρόωμη μελέτη των *Abbott και Massie (1985)*, αναφέρεται η μέθοδος DLE για τον εντοπισμό τραυματισμών από ψύχος (*chilling injuries*) των αγγουριών και των κόκκινων πιπεριών. Ο *Toivonen (1992)* δημοσίευσε μετρήσεις φθορισμού για την φρεσκάδα του μπρόκολου και ο *Dell et al. (1995)* με παρόμοιες μετρήσεις, μπόρεσαν να εντοπίσουν μετασυλλεκτικά ελαττώματα των μήλων. Μια ακόμη εφαρμογή, χωρίς να περιέχει την χλωροφύλλη, από τους *Uozumi et al. (1987)*: έλαια από τα τραυματισμένα λιπαρά κύτταρα των φλοιών μανταρινιών μπορούσαν να αποκαλυφτούν με την μέθοδο του φθορισμού.

Τα επιθυμητά αποτελέσματα αυτών των τεχνικών είναι η πρόωμη αναγνώριση προβλημάτων που προκύπτουν από παράγοντες στρες (για παράδειγμα, ψυχρός καιρός, ζέστη, ξηρασία), πριν γίνουν αντιληπτά με γυμνό μάτι και η προσβολή ή η ζημιά έχει επεκταθεί. Σε μια πιο πρόσφατη εργασία, οι *Nedbal et al. (2000)*, έδειξαν την δυνατότητες της χρήσης ταχείας φωτογράφησης (*imaging*) φθορισμού χλωροφύλλης σε μετασυλλεκτικά φρούτα, για να αναπτύξουν ένα αυτοματοποιημένο μηχανήμα διαλογής. Αυτό θα είναι ικανό να διαχωρίζει τα χαμηλής ποιότητας φρούτα, πολύ πριν η ζημιά γίνει ορατή.

Οι μετρήσεις του φθορισμού χλωροφύλλης σε αγγούρια θερμοκηπίου (*Cucumis sativus L. Cv. Mustang*), μπορούν να είναι χρήσιμο εργαλείο για την φωτογράφιση (*monitoring*) της γήρανσης του καρπού, του στρες λόγω θερμοκρασίας και της ξήρανσης κατά την αποθήκευση. Κάτω από ορισμένες συνθήκες, ορισμένοι παράμετροι φθορισμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν «μετρητές» ποιότητας πάνω στις διαδικασίες μετασυλλεκτικών χειρισμών των αγγουριών θερμοκηπίου υποβαλλόμενα σε διάφορους μεταχειρισμούς αποθήκευσης (*Lin και Jolliffe, 2000*).

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης επίσης μελετήθηκε σαν ένα πιθανό μέσο, μη καταστροφικού προσδιορισμού της χαμηλότερης αποδεκτής συγκέντρωσης οξυγόνου για αποθηκευμένα-CA χλωροφύλλη που περιέχεται στα φυτικά προϊόντα. Οι *Kim et*

al. (2004) χρησιμοποίησαν ένα υπερφασματικό εικονοληπτικό σύστημα (hyperspectral imaging system), ικανό και για αντανάκλαση και για φθορισμό. Επίσης ένα πολυφασματικό λέιζερ (multispectral laser), που περιέχει ένα εικονοληπτικό σύστημα φθορισμού για να καθορίζει τις φασματικές πληροφορίες από κατάλληλες συχνότητες. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να εφαρμοστούν σε ένα πολυφασματικό εικονοληπτικό σύστημα για γρήγορο, αυτόματο, ασφαλή έλεγχο του φαγητού, όπως για παράδειγμα ανίχνευση μη ορατών υπολειμμάτων σε φρούτα. Οι *Siroska et al.* (2005) εξέτασαν την φωτεινότητα και την ταυτόχρονη σάρωση (scanning) φασματοσκοπικού φθορισμού και την ικανότητά τους να χαρακτηρίζουν και να διαφοροποιούν διάφορα προϊόντα όπως: επιτραπέζιες ελιές, σόγια, ηλιοτρόπιο, αράπικο φιστίκι, λάδι, ρώγες σταφυλιών, λινόσπορο και καλαμποκέλαια. Και οι δύο μέθοδοι προσέφεραν πάρα πολύ καλό διαχωρισμό ανάμεσα στις κατηγορίες ελαίων, με χαμηλή κατάταξη σφάλματος.

2.4 Κοντινή Υπέρυθρη Φασματομέτρηση (Near- InfraRed Spectrophotometry, NIRS)

Από τη δεκαετία του 1980, η μέθοδος NIRS έχει εξεταστεί σαν μια μη καταστρεπτική μέθοδος για τον ορισμό ποιοτικών παραμέτρων πολλών φρούτων και με επιτυχή αποτελέσματα όπως:

- της υφής
- της φρεσκάδας
- των βαθμών Brix
- της οξύτητας
- του χρώματος και άλλων χαρακτηριστικών

Η μέθοδος NIRS μπορεί να κριθεί σαν μια κατάλληλη μέθοδος για αυτές τις εφαρμογές (*Cho 1996, Kawano 1999*). Ενώ πρώιμες εφαρμογές άρχισαν να γίνονται αποδεκτές στην ανάλυση των αγροτικών προϊόντων όπως με την δουλειά του *Karl Norris* (τη δεκαετία του 1960), σήμερα η μέθοδος NIRS εξετάζεται και χρησιμοποιείται όλο και πιο πολύ, σε όλα τα πεδία της επιστήμης και της τεχνολογίας τροφίμων. Οι εφαρμογές σε προϊόντα ποικίλουν από σιτηρά έως πατάτες και τηγανητές πατάτες μέχρι κρέας και προπαρασκευασμένα γεύματα. Επιπλέον σε χυμό φρούτων αλλά και στη παραγωγή του κρασιού όπου τα συστατικά των υλικών, όπως

το λίπος, το νερό, η πρωτεΐνες, τα συνολικά θρεπτικά, η ζάχαρη και το αλκοόλ, αναλύονται χρησιμοποιώντας αυτή την τεχνική. Εκτός από αυτά, η διαδικασία έχει επίσης χρησιμοποιηθεί στη Χημική Βιομηχανία (για παράδειγμα χημικά πετρελαίου, μέσα προστασίας φυτών) και στην Φαρμακευτική Βιομηχανία για διαδικασίες ελέγχου και ποιότητα ελέγχου όπως και επίσης σε ανάλυση πολυμερών.

Το εύρος φάσματος κοντά στις υπέρυθρες καλύπτει τα μήκη κύματος από 750 έως 2500 nm, ίσο με το εύρος αριθμού κύματος των 4000/ cm έως 12500/ cm. Επίσης η NIRS είναι μια μέθοδος κατάλληλη για τον ορισμό χημικών ενώσεων που περιέχουν ομάδες OH-, CH-, και NH-. Αυτό οφείλεται ειδικά λόγω των ισχυρών δεσμών αυτών των λειτουργικών ομάδων, οι οποίες παρατηρούνται μέσα στα βραχέα μήκη κύματος της περιοχής κοντά στις υπέρυθρες, όπου εκεί είναι πιο φτωχή από δεσμούς. Σε σχέση με το μεσαίο εύρος υπέρυθρων, όπου το διάχυτο νερό απορροφά ισχυρά την απορρόφησή του, στο εύρος NIR εκφράζεται πολύ λιγότερο, αλλά είναι εμφανής με μια φαρδιά κορυφή στα 980 nm περίπου.

Η απορρόφηση είναι μικρότερη, έτσι ώστε σύμφωνα με την σχέση ανάμεσα στο πάχος του στρώματος και τον βαθμό απορρόφησης, οι διάμετροι των δειγμάτων μπορεί να είναι μεγαλύτερες. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι χρησιμοποιώντας οπτικές ίνες, οι μετρήσεις μπορούν να γίνουν σχεδόν από κάθε θέση. Οι ισχυροί δεσμοί μπορούν να αλληλεπιδράσουν ποικιλόμορφα ο ένας με τον άλλον, να γίνουν πιο ισχυροί ή να εξαφανιστούν. Συγκεκριμένα συγκρούονται και αυτό οδηγεί σε ένα, λεγόμενο συνδυασμό ταλαντώσεων, που προσδίδει μια επιπρόσθετη ενδεικτική ισχύ. Η ερμηνεία του φάσματος μπορεί να γίνει μέσω άμεσης αναγνώρισης του φάσματος χρησιμοποιώντας βάσεις δεδομένων ή αναζητώντας διαδικασίες υψηλής ταχύτητας χημειομετρήσεων. Τα σύνθετα φασματικά δεδομένα είναι συχνά προεπεξεργασμένα από στατιστικές διαδικασίες, για να διευκολύνουν στον χειρισμό τους.

Βασικές έννοιες της μεθόδου NIR και η χρήση οργάνων δίνονται, για παράδειγμα, σε έρευνα των *Osborne et al. (1993)* ή σε μια πιο πρόσφατη μικρότερη έρευνα από τον *Barton (2002)*. Διαδεδομένη δουλειά στο πεδίο της μεθόδου NIRS έχει γίνει και από τους *Kawano et al. (1992)* για παράδειγμα, οι οποίοι όρισαν την περιεκτικότητα σε ζάχαρη των ροδάκινων με την λειτουργία-μέθοδο της «αλληλεπίδρασης», που σημαίνει από την καταγραφή του αντανακλώμενου φωτός, που αλλάζει με την απορρόφησή του στο φρούτου. Έτσι μια πιο εξελιγμένη οπτική ίνα (με δύο τρόπους για φωτισμό και ανίχνευση) έρχεται σε επαφή με το δείγμα. Το μήκος κύματος περίπου στα 906nm μπορεί να προσδιορίσει την σουκρόζη για

υψηλούς, μεσαίους και χαμηλούς βαθμούς Brix, με καθαρά φασματικές διαφορές (στο δεύτερο παραγωγικό φάσμα) που καθορίστηκαν.

Η υψηλότερη αποτελεσματικά σχέση του 0,97 λήφθηκε από μέσα «linear regression», όπου φασματικές πληροφορίες λαμβάνονται σε τέσσερα διαφορετικά μήκη κύματος που επεξεργάστηκαν. Ο βαθμός λάθους βαθμονόμησης (standard error of calibration, SEC) υπολογίστηκε στους 0,48° Brix, το διορθωμένο λάθος πρόβλεψης (standard error of prediction, SEP) υπολογίστηκε σε 0,50° Brix με στατιστική απόκλιση 0,01° Brix. Αυτά τα αποτελέσματα δείχνουν την υψηλή ακρίβεια της μεθόδου. Παρομοίως, καλά αποτελέσματα δημοσιεύτηκαν από τους *Kawano et al.* ένα χρόνο αργότερα (1993) για τον ορισμό της περιεκτικότητας ζάχαρης στα Satsumas, ένα είδος μανταρινιού. Σ' αυτές τις μετρήσεις, οι βαθμοί Brix εξετάστηκαν από ένα καταχωρημένο πομπό μετά από την διόρθωση του μεγέθους των φρούτων.

Μια επιπλέον χρήση των οπτικών ινών προτάθηκε από τον *Slaughter*, (1995) που θα μπορούσε να προβλέψει με μεγάλη επιτυχία την περιεκτικότητα των διαλυτών στερεών, διαφόρων σακχάρων και χλωροφύλλης σε ροδάκινα και νεκταρίνια, χρησιμοποιώντας μήκη κύματος από το φάσμα του ορατού φωτός και των NIR. Οι *Kawano et al.* (1995) βρήκαν μια δυνατότητα εξισορρόπησης της φανεράς επίδρασης της θερμοκρασίας, σε φασματικές πληροφορίες των ροδάκινων με εφαρμογή μιας ειδικής βαθμονομικής εξίσωσης. Μια έρευνα που συγκεντρώνεται στη NIR ανάλυση των μήλων με έμφαση στις εξελίξεις στην Ιαπωνία, έχει δοθεί από τον *Kupferman* (1997), και είναι διαθέσιμη στο Διαδίκτυο. Οι *Quilitzsch και Hobert* (2003) ερεύνησαν μια άμεση μέθοδο προσδιορισμού ποιότητας του μήλου με φασματοσκόπηση σε περιοχές κοντά στις υπέρυθρες.

Η Ιταλική εταιρία «Sacmi» προωθεί ένα σύστημα ελέγχου ποιότητας με μεγάλα «μπολ» μεταφοράς για πεπόνια, καρπούζια και ανανά όπως μια ακόμη έκδοση για μέτριου μεγέθους φρούτα όπως τα λεμόνια, τα μήλα, τα αχλάδια, τα ροδάκινα, οι ντομάτες, τα μάνγκο και άλλα. Τα μηχανήματα μετράνε τα φρούτα κατά την μεταφορά τους και καθορίζουν τα σάκχαρα και την οξύτητα ενώ μετά τα κατατάσσουν σύμφωνα με την ωριμότητα, την γυαλάδα και την εσωτερική αποδόμηση του καρπού με μια ταχύτητα μεταφοράς 18 φρούτων το λεπτό. Ο ανανάς και το μάνγκο ήταν τα αντικείμενα των ερευνών από τους *Guthrie και Walsh* (1997). Παρά τα αναμενόμενα προβλήματα λόγω της δομής του επικάρπιου του ανανά και τον μεγάλο πυρήνα του μάνγκο, μπορούν να επιτευχθούν ικανοποιητικά

αποτελέσματα με μέσα μέτρησης αντανάκλασης και οπτικών ινών, σύμφωνα με τα οποία περισσότερη εργασία θεωρήθηκε απαραίτητη για την βελτίωση της βαθμονόμησης.

Σε μια έρευνα των *Schaare και Fraser (2000)*, τρεις φασματοσκοπικές διαδικασίες πραγματοποιήθηκαν στο εύρος φάσματος VIS/NIR: «αντανάκλασης», «μεταφοράς», και «αλληλεπίδρασης» του ακτινιδίου (*Actinidia chinensis*) και χρησιμοποιήθηκαν για τον καθορισμό της περιεκτικότητας των διαλυτών στερεών, της πυκνότητας και του χρώματος της σάρκας. Οι φασματικές πληροφορίες μετατράπηκαν και η αποτελεσματικότητα της βαθμονόμησης εξετάστηκε. Κάθε μέθοδος έδωσε καλά αποτελέσματα βαθμονόμησης, έτσι η εφαρμογή της μεθόδου NIRS σαν μια γρήγορη και μη καταστρεπτική μέθοδος για τον καθορισμό της εσωτερικής ποιότητας των φρούτων επιβεβαιώθηκε. Σε κάθε περίπτωση, η μέθοδος της «αλληλεπίδρασης» λειτούργησε σαν πιο αποτελεσματική και οι προβλέψεις των προτύπων ήταν καλές. Οι προσδοκίες ότι η μέθοδος «μεταφοράς» θα έδινε τα καλύτερα αποτελέσματα, λόγω μικρότερων επιρροών στην επιφάνεια του φρούτου δεν επιβεβαιώθηκε, διότι για αυτήν την λειτουργία, μόνο μια σχετικά χαμηλή ένταση φωτός εντοπίστηκε και έτσι ένα ανεπιθύμητο σήμα θορύβου (noise-signal) εμφανιζόταν. Χρησιμοποιώντας μια πιο ισχυρή πηγή φωτός ή έναν πιο ευαίσθητο ανιχνευτή για την μέτρηση με την «μεταφορά», θα μπορούσε να οδηγήσει σε καλύτερα αποτελέσματα.

Οι *Butz et al. (2002)* αναζήτησαν μια διάταξη διόδων λέιζερ NIR πολλαπλών μηκών κύματος, σαν δυνατότερη πηγή φωτός για την λειτουργία της «μεταφοράς», σε μήλα, ροδάκινα και ντομάτες. Πηγές βολφάρμιου αλογόνου φωτός, όπως και η NIR ακτινοβολία αναπτύσσουν μια ευρεία θερμική ακτινοβολία, που οδηγεί σε ένα δυνατό ζέσταμα των φρούτων, σύμφωνα με το οποίο η σταθερότητα του υλικού είναι αμφίβολη. Επίσης, η περισσότερη από την ακτινοβολία δεν διαπερνά πολύ βαθιά στο δείγμα. Για να διορθωθεί η κατάσταση, δίοδοι λέιζερ χρησιμοποιήθηκαν, που είναι πιο αποτελεσματικές. Αυτές οι πηγές ακτινοβολίας, εκθέτουν κάποια ευρύτερη και πιο φαρδιά γραμμή από τα συνηθισμένα λέιζερ. Έτσι, αρκετή φασματική πληροφόρηση μπορεί να ληφθεί χρησιμοποιώντας μόνο έξι με δέκα διόδους λέιζερ στο εύρος φάσματος ανάμεσα στα 750 με 1100 nm όπου εκεί τα γραφήματα φάσματος συνήθως παρουσιάζουν μεγάλο αριθμό συνεχών κορυφών. Οι ιδιαίτερες ακτίνες της διάταξης των λέιζερ εστιάζουν στα φρούτα που είναι για μέτρηση και μια γρήγορη δίοδος της διάταξης του φασματόμετρου χρησιμοποιείται σαν ανιχνευτής.

Οι φασματικές πληροφορίες από μετρήσεις «μεταφοράς» του μήλου, ροδάκινου και ντομάτας τοποθετήθηκαν χημειομετρικά σε σχέση με τα αποτελέσματα της ανάλυσης από την αναφερόμενη μέθοδο για τα ενδιαφερόμενα συστατικά, τα οποία είναι ο βαθμός Brix ή η σταθερότητα του καρπού και σε κάθε περίπτωση, καλή ή αποδεκτή συσχέτιση επιτεύχθηκε. Χρησιμοποιώντας μια διάταξη λέιζερ σε 45° και επίσης με ανίχνευση μπορεί να εντοπιστούν εσωτερικές καταστροφές-ατέλειες των μήλων ποιοτικά και ποσοτικά χωρίς να καταστραφεί το προσόν (Butz, 2004).

Η μέθοδος παρατηρείται αρκετά υποσχόμενη. Μια άλλη σύνθετη τεχνική ερευνήθηκε από τον Lu (2004). Έδειξε ότι με μετρήσεις πολυφασματικών διάσπαρτων NIR καθιστούν δυνατή την πρόβλεψη της σταθερότητας του μήλου: με τρεις λόγους των φασματικών «προφίλ» που περιέχουν μόνο τέσσερα μήκη κύματος. Το Neutral network έδωσε αυστηρές προβλέψεις για την συσχέτιση του 0,76 και του “standard error” του 6,2N για την εγκυρότητα των δειγμάτων. Θέματα γενικού ενδιαφέροντος είναι η τυποποίηση, η εμφάνιση του δείγματος και ανάπτυξη και βελτίωση σε συσκευές χειρός NIRS. Οι Dardenne et al. (2002) μελέτησαν την επίδραση της ικανότητας των μεθόδων βαθμονόμησης και το μέγεθος της σταθεροποίησής τους, σε δέκα διαφορετικά όργανα NIRS. Κατέληξαν ότι μόνο οι μέθοδοι βαθμονόμησης οι οποίοι μεταφέρουν σε σταθεροποιημένα «προσθετικά» όργανα είναι ικανά να λάβουν αποδεκτά αποτελέσματα και ότι οι πληροφορίες-δεδομένα οφείλουν να είναι μεγάλα και ακμαία. Η προτυποποίηση (standardization) προετοιμάστηκε χρησιμοποιώντας ένα ειδικό απλό δείγμα και ένα πολλαπλό δείγμα λογισμικού (software) προτυποποιητικής διαδικασίας.

Ο Kawano (2000) αναφέρει την βελτιστοποίηση της εμφάνισης του δείγματος για NIR ανάλυση σε άθικτα φρούτα, απλά σιτηρά, τον χυμό λαχανικών, του γάλατος και άλλων αγροτικών προϊόντων. Τελικά καταλήγει στο ότι ενώ η καταγραφή χρήσιμων φασμάτων απαιτεί πολλές παραμέτρους σε εικόνα (monitoring), η επιλογή του πιο κατάλληλου δείγματος είναι οπωσδήποτε απαραίτητη. Ο McClure (2002) ερευνά το μέλλον των μετρητών χειρός NIR (Hand-Held NIR meters ή HHNIR).

Ενώ τα «κοινά» φασματόμετρα γίνονται όλο και περισσότερο σύνθετα, υπάρχει μια έλλειψη εμπορικών HHNIR μετρητών. Αυτό γίνεται λόγω της δυσκολίας να γίνουν μικρότερα σε μέγεθος, λόγω ενεργειακών προβλημάτων και των μικρών περιθωρίων κέρδους. Παρατηρείται ότι τα προβλήματα μπορούν να ξεπεραστούν σύντομα και ότι οι HHNIR μετρητές θα εμφανιστούν πάλι μέσα σε λίγα χρόνια.

Μια ενδιαφέρουσα αρκετά άγνωστη εφαρμογή μιας NIR αντανακλαστικής φασματοσκόπησης ερευνήθηκε πρόσφατα από τους *Ko et al. (2004)*. Επειδή, η εφαρμογή των σχετικά υψηλών επιπέδων βαρέων μετάλλων σε κόμποστ, θέτει σε έναν πιθανό κίνδυνό τα φυτά και τα ζώα, το περιεχόμενο των βαρέων μετάλλων στο κόμποστ με ζωική κοπριά είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το αν είναι σαν ένα λίπασμα. Η μελέτη έδειξε ότι η NIRS είναι μια εφικτή αναλυτική μέθοδος για την πρόβλεψη βαρέων μετάλλων που περιέχεται σε κόμποστ: Ο συντελεστής μιας απλής σχέσης (r) και βασικού λάθους πρόβλεψης (SEP) ήταν Cr (0.82, 3.13 ppm), As (0.71, 3.74 ppm) Cd (0.76, 0.26 ppm), Cu (0.88, 26.47 ppm) Zn (0.84, 52.84 ppm). Και Pb (0.60, 2.85 ppm), αντίστοιχα.

2.5 Ακτινοβολία Terahertz

(Terahertz Radiation)

Η ακτινοβολία σε Terahertz ή αλλιώς λεγόμενες ακτίνες-T (T-Rays), τοποθετείται στη μακρά υπέρυθρη περιοχή (far-infrared), (χιλιομετρικό και πολυχλιομετρικό κύμα), στο τελικό «κενό» του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος ανάμεσα στα μικροκύματα και τις υπέρυθρες. Συγκρινόμενη με τα μικροκύματα, οι συχνότητες terahertz φέρουν ευρύτερα φάσματα (bandwidths), μικρότερες κεραίες και κατάλληλα μήκη κύματος για ανάλυση καθημερινών αντικειμένων. Τα μόρια εκπέμπουν χαρακτηριστικές περιστροφικές μεταβατικές γραμμές στις συχνότητες terahertz, ενώ οι ουσίες δείχνουν διάφορες αξιοπρόσεκτες «θαμπάδες» σε σχέση με εκείνες σε άλλα μήκη κύματος.

Έρευνα γίνεται από μερικές ομάδες, όπως για παράδειγμα από ηλεκτρονικούς μηχανικούς στο Πανεπιστήμιο Leeds και σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Cambridge, να εκμεταλλευτούν τις δυνατότητες χρήσης της νέας τεχνολογίας. Επιπλέον στο Εργαστήριο Terahertz, ένα μέρος του Instrumentation & Signal Processing Group (ISP), στο τμήμα Dept. Of Cybernetics, Univ. of Reading, είναι ενεργό στην εξέλιξη της χρήσης οργάνων και τεχνικών για την δημιουργία, ανίχνευση και ανάλυση της ακτινοβολίας Terahertz (<http://www.Cyber.rdg.ac.uk/terahertz/>).

Οι εφαρμογές περιλαμβάνουν απομακρυσμένους αισθητήρες της γης (μετεωρολογία, ωκεανογραφία, φαινόμενο του θερμοκηπίου, χάρτης του όζοντος) και παθητική εικονοληψία που χρησιμοποιείται κυρίως σε ιατρικές διαγνώσεις («non invasive» ανίχνευση του καρκίνου του μαστού ή καρκίνου του δέρματος). Αντίθετα

με τις ακτίνες X, τα κύματα terahertz δεν είναι επιβλαβή, έτσι δεν υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες για τους θεραπευτές ή τους ασθενείς. Αλλά, επίσης «non-invasive» εφαρμογές σε τρόφιμα είναι εφικτές όπως: ο προσδιορισμός του λίπους στο κρέας, η ωριμότητα των ντοματών και πολλά άλλα.

Μια σημαντική ανακάλυψη αναφέρθηκε πρόσφατα (*Carr et al., 2002*): Ένας νέος τρόπος προσέγγισης βασιζόμενος στην εκπομπή σωματιδίων υψηλής ενέργειας (synchrotron radiation) από επιταχυνόμενα ηλεκτρόνια, έχει χρησιμοποιηθεί για να παράγει ευρεία ακτινοβολία terahertz με μια δύναμη περίπου των 20 Watts, 100000 φορές πιο έντονη από τις καλύτερες υπάρχουσες πηγές. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ποικίλες νέες εφαρμογές, ειδικότερα, σε πολλά υλικά που έχουν σαφείς απορροφητικές και σκεδαστικές ιδιότητες σε αυτό το εύρος φάσματος. Με τον τρόπο αυτό οι εικόνες THz μπορούν να αποκαλύψουν ενδιαφέρον λειτουργίες όπως για παράδειγμα, ο διαχωρισμός συγκεκριμένων πρωτεϊνών ή του νερού σε διάφορους ιστούς στο φαγητό.

Το Kawase Initiative Research Unit στο Riken (*2004*) στην Ιαπωνία, έχει αναπτύξει ένα ευρέως ρυθμιζόμενο (0,7 έως 2,4 THz, 125 έως 430μm, 23/cm έως 80/cm) «εμφύτευμα» κύματος THz παραμετρικής γεννήτριας (ή Injection Seeded THz Parametric Generator, IS – TPG) που λειτουργεί σε θερμοκρασία δωματίου. Η φασματική ανάλυση (<100 MHz , 0,003/ cm) είναι το «Fourier» μεταμορφωτικό όριο των κυματικών παλμών THz σε nanosecond. Η συνεχόμενη ανίχνευση (scanning) και το στενό φασματικό εύρος του IS-TPG εξακριβώνονται στα φάσματα απορρόφησης (absorption spectra) που προέρχονται από χαμηλής πίεσης ατμών νερού. Η ισχύς παραγωγής έχει μια κορύφωση της δύναμης (>200 mW) και μια μικρή απόκλιση της ακτίνας, που είναι κατάλληλα για εφαρμογές παρόμοιες με εικονοληπτικό φασματοσκόπιο (spectroscopy imaging) (βλ. <http://www.riken.go.jp/lab-www/Thz/21pj.t.Pdf>).

Το Kawase (*2004*) έδειξε εφαρμογές «THz imaging» για ανίχνευση ναρκωτικών και «Large Scale Integrated Circuits, LSI» έλεγχο: Το THz imaging μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ανιχνεύσει μη καταστροφικά, ναρκωτικά κρυμμένα σε φακέλους και άλλα πακέτα, μια εφαρμογή που ίσως μια μέρα βοηθήσει στην ανατροπή των εμπορών ναρκωτικών. Σε μια άλλη εφαρμογή, η μέθοδος LSI εξετάζεται μη καταστροφικά για δυσλειτουργίες, με μέσα λέιζερ μικροσκοπίων εκπομπής THz. Μια επαναστατική πρόοδος αυτής της τεχνικής στο πεδίο της «non-invasive» ανάλυσης τροφίμων αναμένεται σύντομα.

2.6 Πυρηνικός Μαγνητικός Συντονισμός και Εικονοληψία Μαγνητικού Συντονισμού

(Nuclear Magnetic Resonance, NMR and Magnetic Resonance Imaging, MRI)

Ορισμένοι πυρήνες ατόμων, όπως για παράδειγμα, ^1H , ^{13}C , ^{31}P έχουν μια μαγνητική ροπή και είναι ικανά να απορροφήσουν ενέργεια μαγνητικού συντονισμού όταν τοποθετούνται σ' ένα δυνατό μαγνητικό πεδίο και ακτινοβοληθούν με την κατάλληλη ραδιοσυχνότητα. Για εφαρμογές σε τρόφιμα, η MRI του ^1H είναι η περισσότερο ενδιαφέρουσα. Η κατάλληλη ραδιοσυχνότητα θα περιστρέψει την μαγνητική του ροπή κατά 90° . Με την απομάκρυνση της ενέργειας της ραδιοσυχνότητας, η εκτόνωση αυτή προκαλεί ένα σήμα στον δέκτη. Η απώλεια ενέργειας εξαρτάται από το περιβάλλον που περιβάλλει τον πυρήνα, οδηγώντας σε διαφορετικές αλλά χαρακτηριστικές φορές εκτόνωσης. Εφαρμόζοντας την κλίση του μαγνητικού πεδίου σε τρεις κατευθύνσεις, δισδιάστατες και τρισδιάστατες εικόνες μπορούν να δημιουργηθούν (MRI).

Μια από τις πιο σημαντικές εφαρμογές του NMR είναι η μέτρηση της περιεκτικότητας σε νερό και η κατανομή του νερού, διότι ιδιαίτερα ο πυρήνας υδρογόνου δείχνει υψηλή απόκριση σε μαγνητικά πεδία. Τα όργανα NMR απαιτούν υψηλά μαγνητικά πεδία και εξελιγμένη ηλεκτρονική, έτσι ώστε γενικά να τα καθιστούν μεγάλα σε μέγεθος και ίσως πολύ ακριβά. Παρόλα αυτά πρόσφατα, MRI αισθητήρες χαμηλού κόστους και χαμηλού πεδίου πρωτονίων έχουν ανακαλυφθεί, επιτρέποντας τον γρήγορο εντοπισμό εσωτερικών μολώπων και χτυπημάτων σε ολόκληρα μήλα. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι είναι πιθανό να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας MR και ταινίες μεταφορών, για ένα σύστημα γραμμικής ταξινόμησης των μήλων με εσωτερικούς μώλωπες με ταχύτητες μεταφοράς κάτω από 100 mm/s, εάν ο ακριβής έλεγχος της ταχύτητας μεταφοράς και η θέση του μήλου την στιγμή της εξέτασης μπορεί να διατηρηθεί.

Καλύτερη απόδοση και σε γρηγορότερες ταχύτητες μεταφοράς ίσως είναι πιθανά εάν βελτιώσεις όπως οι καλύτερες «προ-μαγνητίσεις» εφαρμοστούν (Chayaprasert και Stroshine, 2005). Το μοναδικό πλεονέκτημα της NMR είναι η ανίχνευση των αυξομειώσεων σε συγκέντρωση και της κατάστασης του νερού και των λιπών στα φρούτα και τα λαχανικά, που είναι πολύ χρήσιμη για τον

προσδιορισμό της ωριμότητας, ελαττωμάτων, ή σαπίσματος. Υψηλής ανάλυσης εικόνες αυτών των εσωτερικών χαρακτηριστικών μπορούν να συμβάλλουν στην εκτίμηση της ωριμότητας και διάφορων παραμέτρων ποιότητας αλλά μπορούν επίσης να βοηθήσουν την κατανόηση φυσιολογικών διαδικασιών, για παράδειγμα, μεταφορά νερού (*Faust και άλλοι 1997*).

Η σαπίλα ή «mealiness» των μήλων εκτιμήθηκε από τον *Barreiro et al., (1999)* χρησιμοποιώντας τεχνικές MRI. Μικρά δείγματα των κόκκινων μήλων Top Red αποθηκεμένα για 6 μήνες υπό ελεγχόμενη ατμόσφαιρα (περιμένοντας να μην έχουν σήψη) και στους 2 °C (περιμένοντας να έχουν σήψη), χρησιμοποιήθηκαν για την μέθοδο MRI. Πολλαπλά κομμένες και με πολλαπλές ηχητικές εικόνες MRIs (64*64 pixels) καταγράφηκαν με ένα ηχητικό χρόνο 8 –ms. Τρία από τα τέσσερα μήλα που περιλαμβάνονται στα δείγματα που διατηρούνταν σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα δεν ανέπτυξαν σήψη, ενώ τρία στα τέσσερα φρούτα που υπάρχουν στα δείγματα αποθηκεμένα στους 2 °C σάπισαν μετά από 6 μήνες αποθήκευσης. Τις ελάχιστες T-2 τιμές που απέκτησαν τα σάπια μήλα, έδειξαν να είναι σημαντικά χαμηλότερες (F=13.21) συγκρινόμενες με μη σάπια μήλα, προτείνοντας ότι μια πιο διαχωριστική δομή (desegregated structure) και μια πιο χαμηλή χυμώδη περιεκτικότητα οδηγεί σε χαμηλότερα T-2 σήματα.

Επίσης, υπήρχε μια σημαντική ευθύς συσχέτιση ($r = - 0,76$) ανάμεσα στον αριθμό των pixels, με μια T-2 τιμή κάτω από 35 ms, μέσα σε μια εικόνα φρούτου και στους παραμέτρους παραμόρφωσης, καταχωρημένοι κατά τη διάρκεια του «Magness–Taylor firmness test». Τελικά, όλοι οι χάρτες T-2 των σαθρών μήλων έδειξαν μια τοπική διαφοροποίηση στην αντίθεση της εικόνας (contrast), που δεν εμφανίστηκε για τα «καλά» μήλα. Σημαντικές διαφορές (F=19.43) μεταξύ των σάπιων και μη σάπιων μήλων εμφανίζονται στα ιστογράμματα των T-2 χαρτών, με τα σάπια μήλα να παρουσιάζουν ένα επικλινή ιστόγραμμα συνδυαζόμενο με μια «ουρά» στα υψηλά άκρα T-2, τα οποία δεν εμφανίζονται στα ιστογράμματα των μη σαπισμένων μήλων. Αυτές τα χαρακτηριστικά των ιστογραμμάτων παρουσιάζονται ακόμη και για μήλα που εμφανίζουν εσωτερική αποσύνθεση, δείχνοντας ότι στα σάπια μήλα υπάρχει μια διαφορετική κίνηση του νερού που ίσως προκαλεί την εσωτερική αποσύνθεση.

Μια περίληψη των πολυπληθών δημοσιεύσεων που αναφέρονται στην μέθοδο NMRI, δίνεται στο ανασκοπικό άρθρο των *Clark et al., (1997)*. Η μέθοδος MRI συγκρίνεται επίσης με την μέθοδο «X-ray CT imaging» όταν και οι δυο τεχνικές

εφαρμόστηκαν από τον *Lammertyn et al.*, (2003) για να μελετήσουν την εξέλιξη της ανώμαλης διάσπασης του πυρήνα στα αχλάδια «Conference». Αυτή η δυσλειτουργία, η οποία χαρακτηρίζεται από καφετί μεταχρωματισμό του ιστού και δημιουργία κοιλοτήτων, προέρχεται από αυξημένο CO₂ και 548 μειωμένα επίπεδα O₂ κατά την διάρκεια της αποθήκευσης σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα. Και οι δυο μέθοδοι, ακτίνες X και MRI, ήταν ικανές να διαχωρίσουν ανάμεσα στον ανεπηρέαστο ιστό, τον καφέ ιστό και τις κοιλότητες. Το συμπέρασμα ήταν ότι το MRI ήταν η πιο κατάλληλη τεχνική για την μελέτη της εξέλιξη του καταστροφικής διάσπασης του πυρήνα 551 κατά την διάρκεια αποθήκευσης μετασυλλεκτικά.

Οι *Cho και Chung (1997)* σχεδίασαν τον δικό τους εξοπλισμό, στον οποίο μέτρησαν επιτυχώς τα διαλυτά στερεά των μήλων, των ροδάκινων και των ακτινιδίων. Ο «βρεγμένος καρπός» («mealiness») στα μήλα (αλευρώδη υφή ή «wooliness» στα ροδάκινα) είναι ένα αρνητικό χαρακτηριστικό της αίσθησης της υφής, που συνδυάζει την αίσθηση του υποβαθμισμένου ιστού με την αίσθηση της έλλειψης χυμού του καρπού. Σε μια μελέτη από τον *Barreiro et al.*, (2000), είκοσι τέσσερα μήλα cv. Top Red και οκτώ ροδάκινα cv. Maycrest, υπεβλήθησαν σε τρεις και δυο διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης αντίστοιχα, δοκιμάστηκαν με μηχανικές και MRI τεχνικές για να προσδιορίσουν την «mealiness». Στα ροδάκινα οι τεχνικές MRI βρέθηκαν πολύ χρήσιμες για να ανιχνευτούν τα «woolly» φρούτα. Οι μεταβολές που παρουσιάστηκαν στα ιστογράμματα των ροδάκινων με αλευρώδη υφή δεν ήταν τελείως όμοιες με εκείνες που παρατηρούνται στα ιστογράμματα των «mealiness» μήλων, υποδεικνύοντας ότι υπάρχουν διαφορετικές σημαντικές φυσιολογικές αλλαγές και στις δύο ανωμαλίες του καρπού.

Η μέθοδος MRI μελετήθηκε επίσης από τον *Hernandez et al.*, (2005 και 2004) για την αναγνώριση πορτοκαλιών που περιέχουν κουκούτσια και τις ζημιές που προκύπτουν από το ψύχος, σε μια «on line» εφαρμογή. Οι αξονικές εικόνες (Axial Images) FLASH (780 –ms χρόνου λήψης) αναλύονται για τον εντοπισμό πορτοκαλιών που περιέχουν κουκούτσια, τα οποία μεταφέρονται με 50 και 100 mm/s μέσα από ένα φασματόμετρο 4,7 Tesla. Αναπτυγμένοι αλγόριθμοι επιτρέπουν μια αυτοματοποιημένη αναγνώριση πορτοκαλιών με περισσότερα από ένα κουκούτσια, παρόλο που οι αξονικές εικόνες, υπό συνθήκες κίνησης, παρουσίαζαν σημαντικά θολά «λάθη» (artifacts). Για να ξεπεραστεί αυτό το εμπόδιο, τραβήχτηκαν «coronal» FLASH εικόνες (279 –ms χρόνου λήψης) βελτιώνοντας τους αλγόριθμους για

διόρθωση της κίνησης με ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την αναβάθμιση της ποιότητας των εικόνων.

Το αντικείμενο ενός άρθρου από τον *Mariette, (2004)* ήταν να δείξει πώς οι πολύπλοκες μελέτες που περιλαμβάνουν και τις δύο μεθόδους, NMR και MRI, έχουν επεκτείνει τον αριθμό των εφαρμογών MRI σε έρευνα τροφίμων. Ένα σημαντικό βήμα για χαμηλότερο κόστος και πιο βολικό «χειρισμό» του δείγματος παρουσιάστηκε από τους *Hills et al., (2005)*. Αναφέρεται σε ένα λειτουργικό πρωτότυπο ενός νέου συστήματος NMR, βασισμένο στη διάταξη «Halbach» και αρκετά χαμηλού κόστους. Ο νέος σχεδιασμός του, εξασφαλίζει ανοιχτή πρόσβαση στο δείγμα, συγκριτικά με τον συνηθισμένο σχεδιασμό NMR-μαγνητών. Αυτό διευκολύνει την ταυτόχρονη χρήση τεχνικών με πολύ-αισθητήρες στο ίδιο δείγμα, στο οποίο οι μέθοδοι NMR/MRI μπορούν ενδεχομένως να συνδυαστούν και με άλλες φασματοσκοπικές τεχνικές, όπως:

- η φασματοσκόπηση σύνθετης αντίστασης (impedance spectroscopy)
- με σκέδαση ακτίνων λέιζερ (laser scattering)
- με μετρήσεις αναφερόμενες σε ροή ύλης (rheological measurements).

2.7 Ανάλυση Ακτινών X

(X-ray Analysis)

Οι ακτίνες-X (X-rays) και οι ακτίνες-γ (gamma rays) εξετάστηκαν για την καταλληλότητά τους, στην ποιοτική εκτίμηση κηπουρικών προϊόντων κυρίως. Και τα δυο είδη ακτινοβολίας διαπερνούν το σώμα των υλικών και όσο μικρότερο είναι το μήκος κύματος, τόσο μεγαλύτερη η δύναμη της διείσδυσης στο σώμα. Ακολουθώντας τον νόμο της απορρόφησης, η ένταση του μετρημένου φωτός αφού περάσει το δείγμα, εξαρτάται:

- από την αρχική ένταση του φωτός
- από την πυκνότητα και το πάχος του δείγματος, της ουσίας απορρόφησης
- του συντελεστή απορρόφησης της ουσίας ή υλικού (εξαρτώμενος από το μήκος κύματος και το υλικό).

Η υψηλή περιεκτικότητα νερού στα λαχανικά προϊόντα, λογαριάζεται για το μεγαλύτερο τμήμα της απορρόφησης. Ορισμένες εσωτερικές ανωμαλίες με αρνητικές συνέπειες για την ποιότητα, οι οποίες μπορεί να είναι ανιχνεύσιμες με τεχνικές ακτινών Χ είναι οι εξής:

- φελλώσεις ή “cork spot”
- πικρή στιγμάτωση ή “bitter pit”
- υάλωση ή “water core”
- καστανής καρδιάς ή “brown core” για το μήλο
- άνθιση και μααρασμού
- μεμβρανώδης κηλίδες
- μαύρης σήψης
- βλαστικότητας σπόρων
- παγώματος «chilling injuries» για τα λεμόνια
- «κούφιας καρδιάς», μώλωπες και ίσως «μαύρης καρδιάς» για τις πατάτες.

Επειδή, η μέθοδος είναι κυρίως εξαρτώμενη από την πυκνότητα του ιστού και όχι από την χημική σύνθεση, η επιλεκτικότητα είναι περιορισμένη (*Tollner et al., 1994*). Τρεις τεχνικές χρησιμοποιούνται για τον ποιοτικό έλεγχο:

- οι δισδιάστατες ραδιογραφήσεις διαδεδομένες πολύ στην Ιατρική.
- η μέθοδος «γραμμικής σάρωσης» που λαμβάνει εικόνες όταν το προϊόν περνάει μέσα από ένα κάθετο επίπεδο ακτινών Χ (γνωστό από έλεγχο των αποσκευών στα αεροδρόμια).
- «Roentgen CT», που επίσης χρησιμοποιείται στην Ιατρική. (Αυτή η μέθοδος παράγει μια τρισδιάστατη εικόνα, από τις οποίες μπορούν να υπολογιστούν πληροφορίες της δισδιάστατης εικόνας).

Σήμερα, για παράδειγμα, θεωρείται ρουτίνα η ανίχνευση κούφιας καρδιάς σε κονδύλους πατάτας (*Nylund και Lutz, 1950*). Ο εντοπισμός των εναπομεινάντων κουκουτσιών σε επεξεργασμένα κεράσια ή ελιές είναι σημαντικό για την μεταποιητική βιομηχανία και έχει γίνει αντικείμενο ερευνών (*Tollner et al., 1994*). Άλλες δημοσιεύσεις αναφέρονται στην περιεκτικότητα του νερού στα μήλα (*Tollner et al., 1992*), στις αλλαγές στην πυκνότητα του καρπού, κατά την διάρκεια της ωρίμανσης των ντοματών (*Brecht et al., 1991*), και σε παρασιτισμό εντόμων σε φιστίκια (*Keagy et al., 1996*). Για τον διαχωρισμό κατεστραμμένων λεμονιών από πάγωμα ή «chilling»), μονάδες με ακτίνες Χ χρησιμοποιούνται σε εγκαταστάσεις πακεταρίσματος (*Abbott et al., 1997*).

Οι *Sonego et al.*, (1995) δημοσίευσαν μια συγκριτική μελέτη για την «αλευρώδη υφή» σε νεκταρίνια, χρησιμοποιώντας «NMR imaging» και «X-ray CT». Η συγκεκριμένη αλλοίωση (wooly breakdown) εντοπίστηκε από την μέθοδο «NMR imaging», εφόσον οι σκοτεινές περιοχές αντιστοιχούν σε πρωτόνια χαμηλής πυκνότητας. Παρόλα αυτά η ανάπτυξη της «αλευρώδης υφής» δεν επηρέασε την κινητικότητα του νερού στους ιστούς. Οι «X-rays CT» όμως έδειξαν ότι η χαμηλή πυκνότητα πρωτονίων των τραυματισμένων ιστών, που παρατηρήθηκε με την μέθοδο NMR, αντιστοιχούν στην πραγματικότητα στην παρουσία χώρων με αέρα.

Έτσι η μέθοδος είναι ιδανική για την ανάλυση μοντέρνων προϊόντων φαγητού με σύνθετες αερίζων μικροδομές, οι οποίες καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις μηχανικές και αισθητικές ιδιότητες αυτών των προϊόντων. Τέτοια νέα υλικά απαιτούν «noninvasive» τεχνικές για την οπτικοποίηση και μέτρηση της εσωτερικής μικροδομής τους. Η οπτικοποίηση και ανάλυση τρισδιάστατης (3D) κυτταρικής μικροδομής ενός μεγάλου αριθμού προϊόντων τροφίμων όπως για παράδειγμα:

- «aerated chocolate» (σοκολάτα με αέρα)
- «mousse» (μούς),
- «marshmallow», (είδος φρυγανιστού λουκουμιού)
- «muffin» (είδος τηγανίτας) και άλλα

χρησιμοποιώντας ακτίνες X- micro CT ερευνήθηκαν από τους *Lim και Barigou* (2004). Οι τελευταίοι απέσπασαν ποσοτικές πληροφορίες για έναν μεγάλο αριθμό παραμέτρων, περιλαμβανομένων:

- την χωρική κατανομή του μεγέθους του κυττάρου,
- το πάχος του κυτταρικού τοιχώματος,
- την «συνδετικότητα» των ιστών
- την «κενότητα» των ιστών.

2.8 Αναλύσεις των μηχανικών χαρακτηριστικών

(Analyses of Mechanical Characteristics)

Χαρακτηριστικά υφής, όπως η σκληρότητα ή «firmness» των φρούτων σχετίζονται με τις μηχανικές ιδιότητες. Ένας μεγάλος αριθμός συσκευών και τεχνικών έχουν αναπτυχθεί για να ορίσουν την «firmness» των φρούτων και των λαχανικών. Τα περισσότερα από τα τεστ βασίζονται:

- στην διάτρηση (puncture),
- συμπίεση (compression)
- στην απόκριση σε καταπόνηση κοπής (shear stress), παραμόρφωσης ή σύγκρουσης.

Αλλά επίσης ηχητικές (sonic) και υπερηχητικές (ultrasonic) δονήσεις όπως και η σφιγρότητα των κηπουρικών προϊόντων χρησιμοποιούνται σαν δείκτες για τα χαρακτηριστικά υφής. Ανασκοπήσεις σε αυτές τις τεχνικές είναι διαθέσιμες, για παράδειγμα, από τον *Sarig (1993)*, *Abbott et al.,(1997)* και *Abbott (1999)*.

Τεχνικές μηχανικής πίεσης/παραμόρφωσης χρησιμοποιώντας την συμπίεση ή την διείδυση συχνά δεν είναι κατάλληλα για γραμμική ταξινόμηση (online sorting) των φρούτων και των λαχανικών διότι είναι χαμηλής ταχύτητας ή καταστροφικά (για το προϊόν). Αλλά υπάρχουν επίσης γρήγορες τεχνικές βασισμένες σε αποκρίσεις υπό-καταστροφικών παραμορφώσεων, δονήσεων, δυνατών φυσημάτων αέρα (air-puffs) και συγκρούσεων. Ένας μη καταστρεπτικός λέιζερ «air-puff» ανιχνευτής σκληρότητας, αποδείχθηκε ότι είναι αποτελεσματικός στο να «νιώθει» την σκληρότητα των φρούτων και σε μια ποικιλία από προϊόντα τροφίμων (*Hung και Prussia, 1995*).

Αυτή η τεχνική βασίζεται στη αρχή ότι ένα μικρό φύσημα με μια ρυθμισμένη πίεση μπορεί να φτιαχτεί, για να «χτυπήσει» στην επιφάνεια του φρούτου, πιέζοντάς την με μετρίσιμη ποσότητα. Η παραμόρφωση που μετριέται από έναν αισθητήρα – λέιζερ εκτόπισης (laser displacement sensor), λαμβάνεται σαν μια ένδειξη της σταθερότητας του φρούτου. Επειδή η μέτρηση είναι μη καταστροφική, η τεχνική «air-puff» λέιζερ μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλο πλήθος φρούτων (ή ακόμα και «on line») χωρίς την απώλεια του προϊόντος, αντίθετα με το καταστροφικό τεστ *Magness – Taylor*, που περιορίζεται μόνο σε ένα μικρό τμήμα του συνόλου των φρούτων.

Επίσης πρόσφατη έρευνα εστιάζει στην απόκριση της ώθησης και στις υπερηχητικές τεχνικές. Μηχανικές ή ακουστικές ωθήσεις που χρησιμοποιήθηκαν σε φρούτα παρήγαγαν ακουστικές αποκρίσεις, για παράδειγμα αντήχηση που σχετίζεται:

- με την ελαστικότητα
- την εσωτερική τριβή ή «νότισμα»
- το σχήμα
- το μέγεθος
- την πυκνότητα

Έτσι, μετρήσεις ηχητικών δονήσεων αντιπροσωπεύουν τις μηχανικές ιδιότητες ολόκληρου του φρούτου (*Lu και Abbott, 1996*). Για τα υπερηχητικά κύματα: α) η ταχύτητα διάδοσης, β) η εξασθένηση και γ) η αντανάκλασή τους, είναι σημαντικοί παράμετροι που χρησιμοποιούνται για να εκτιμηθούν οι ιδιότητες των ιστών των φρούτων και των λαχανικών (*Upchurch et al., 1987, Galili et al., 1993*). Στην συνέχεια, μερικά παραδείγματα από σχετικές πρόσφατες έρευνες καταγράφονται:

Οι *Jancsok et al., (2001)* ερεύνησαν την επίδραση του σχήματος των αχλαδιών στην ακουστική τους απόκριση (= ηχητικές συχνότητες) χρησιμοποιώντας μετρήσιμο στοιχεία ή «finite element» (FE), σχηματικής ανάλυσης. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης ίσως βοηθήσουν στην εξέλιξη ενός μη καταστροφικού αισθητήρα σκληρότητας για μη σφαιρικά φρούτα.

Οι *De Ketelaere και De Baerdemaeker, (2001)* ερεύνησαν την χρήση, της ανάλυσης των δονήσεων της ντομάτας μετά από διέγερση με χτύπημα, σαν μια μη καταστροφική μέτρηση της ποιότητας της σάρκας. Βρήκαν ότι η ηχητική συχνότητα του πρώτου ελλειπτικού τρόπου της ντομάτας, σχετίζεται με την σκληρότητα του καρπού και λόγω της ανομοιογένειας του καρπού της ντομάτας, οι μετρήσεις στην βάση του καρπού ήταν πιο αξιόπιστες.

Οι *Flitsanov και άλλοι (2000)* χρησιμοποίησαν μη καταστροφικά υπερηχητικά τεστ για να διευκρινίσουν τις επιδράσεις της θερμοκρασίας και του χρόνου αποθήκευσης στην διαδικασία «μαλακώματος» του καρπού του αβοκάντο. Η εξασθένηση των υπερηχητικών κυμάτων, μεταφερόμενα μέσα από τον ιστό του φρούτου, άλλαξε καθώς τα φρούτα περνούσαν στα διάφορα στάδια ωρίμανσης-μαλακώματος του καρπού, κατά την διάρκεια και μετά από την αποθήκευση σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Ένα σύστημα και μια μέθοδος βασισμένη στην απορρόφηση υπερηχητικής ενέργειας προτάθηκε από τους *Mizzach et al., (2003)* και από τους *Bechar et al., (2005)* για γρήγορη μη καταστροφική μέτρηση του «μαλακώματος» των μήλων. Αυτή η μέθοδος βασίζεται σε μια βελτιωμένη πατέντα, που επιτρέπει να παρατηρούνται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του φρούτου, μετρώντας τις αλλαγές στα υπερηχητικά κύματα ήχου που περνάνε από τον ιστό του φρούτου σε μια μικρή απόσταση μέσα από την φλούδα (*Mizzach et al., 1994*).

Ακόμη, ένα σύστημα βασισμένο στην τεχνική απορρόφησης υπερηχητικής ενέργειας εκτιμήθηκε σαν πιθανό μέσο για την γρήγορη μη καταστροφική μέτρηση

του «μαλακώματος» σε άθικτα μήλα. Υπερηχητική ενέργεια μεταφέρθηκε μέσα από τον ιστό του φρούτου και το εφαρμοζόμενο «φορτίο» στους μετατροπείς, μετρήθηκε ταυτόχρονα. Γραμμικές εξισώσεις υπολογίστηκαν ανάμεσα στην υπερηχητική ενέργεια και στο εφαρμοζόμενο «φορτίο», για κάθε πλευρά χρώματος του κάθε μήλου. Η κλίση της γραφικής παράστασης της κάθε εξίσωσης ερμηνεύεται σαν ένα μέτρο της «μαλακότητας» του δείγματος. Η σύγκριση ανάμεσα στα αποτελέσματα των υπερηχητικών μετρήσεων και στα τεστ περιορισμένης συμπίεσης ταίριαζαν (πιθανότητα 0,05) με τις κλίσεις (γραφήματα) για τα πρώιμα και πολύ ώριμα επίπεδα «μαλακότητας» για τα μήλα Cox (για παράδειγμα, για μετρήσεις στην κόκκινη μεριά, η μέση κλίση για τα υπερώριμα φρούτα ήταν ψηλότερη κατά 88% σε σχέση με αυτή των φρέσκων φρούτων). Τα υπερηχητικά αποτελέσματα που αποκτήθηκαν για τα μήλα «Jonagold» δεν συσχετίζονται καλά με τα επίπεδα «μαλακότητας». Οι διαφορές βρέθηκαν να είναι ελάχιστες και στατιστικά ασήμαντες (Bechar *et al.*, 2005).

Επίσης η υπερηχητική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει την ωριμότητα και την περιεκτικότητα σακχάρων σε δαμάσκηνα κατά την διάρκεια της αποθήκευσης. Πειράματα διεξήχθησαν κατά διαστήματα, καθ' όλη την περίοδο της αποθήκευσης. Η μετρήσιμη εξασθένιση, η σταθερότητα καρπού και η περιεκτικότητα σε ζάχαρη βρέθηκαν να μειώνονται κατά την διάρκεια ζωής «στο ράφι». Μια σύνδεση ανάμεσα στην μείωση και την σταθερότητα μπορούσε να παρατηρηθεί μετά από 78 ώρες στο ράφι, μέχρι το τέλος της διαδικασίας «μαλακώματος» ή ωρίμανσης του καρπού (Mizzach, 2004).

Η πυκνότητα (ειδικό βάρος) των κηπουρικών προϊόντων είναι ένα χαρακτηριστικό που αλλάζει κατά την διάρκεια της διαδικασίας της ωρίμανσης και ακόμη μετά την συγκομιδή. Αυτές οι διαδικασίες περιλαμβάνουν αλλαγές στη δομή του κυττάρου, στο περιεχόμενο των διαλυτών στερεών και έτσι και στην περιεκτικότητα σε νερό. Επιπλέον, προσβολές στους ιστούς, όπως η «υάλωση» και η προσβολές των εντόμων, ανάμεσα σε άλλα πράγματα συντελούν στις αποκλίσεις της πυκνότητας. (Throop *et al.*, 1989). Συνεπώς, σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτή η ιδιότητα σαν δείκτης ποιότητας.

Παρόλα αυτά, η εκτίμηση της πυκνότητας αντιλαμβάνεται, περισσότερο σαν ένας σκληρός προσανατολισμός στην διαδικασία ταξινόμησης-διαλογής (για παράδειγμα, διαχωρίζοντας ξένα σώματα ή ανώριμα φρούτα), παρά μια ποιοτική μέτρηση (Wolfe *et al.*, 1975). Παρόμοια είναι η ταξινόμηση, βοηθούμενη από υπολογιστή, μέσω μιας κάμερας που μετρά το μέγεθος των φρούτων. Από αυτό, ο

όγκος εκτιμάται και συσχετίζεται με το αποτέλεσμα του αυτόματου ζυγίσματος. Αυτή η αρχή εξετάστηκε σαν μια «online» διαδικασία σε μήλα, μανταρίνια και πορτοκάλια (Miller et al., 1988). Εν μέρει βρέθηκε υψηλή συσχέτιση μεταξύ εκτιμώμενης αξίας και πραγματικού όγκου. Όμως, στα κατεστραμμένα εσπεριδοειδή από ψύχος (πάγωμα εσπεριδοειδών), η «ξήρανση» και οι διαφορετικοί βαθμοί ωριμότητας προκαλούν αποκλίσεις στην πυκνότητα του καρπού.

Οι *Upchurch et al.*, (1994) ερεύνησαν την λειτουργία αυτόματων μηχανημάτων που ταξινομούν τους καρπούς σύμφωνα με την πυκνότητα, σε 10 τυποποιητήρια στη Φλόριντα. Το ακανόνιστο σχήμα των φρούτων και το μεγάλο μέγεθος κατανομής, περιορίζει την επιτυχία τέτοιων εγκαταστάσεων. Η πυκνότητα σε συνδυασμό με την μέτρηση του επιπέδου του μεταδιδόμενου φωτός από μια υψηλής ευαισθησίας κάμερα, ενδείκνυται να είναι αποτελεσματική για τα πεπόνια. Υπήρξε μια συσχέτιση ανάμεσα στην πυκνότητα του φρούτου και τον βαθμό «μαλακώματος», η οποία μετριέται από ελεγκτή πίεσης του φρούτου και από την αύξηση του επιπέδου του μεταδιδόμενου φωτός, όταν το φρούτο μαλακώνει. Επομένως, το επίπεδο ωριμότητας μπορεί να εκτιμηθεί την στιγμή του «φορτώματος» και ο βαθμός αποδήμησης (μαλακώματος) μπορεί να εκτιμηθεί χρησιμοποιώντας την πυκνότητα του φρούτου, η οποία μετριέται μη καταστρεπτικά σε τυποποιητήρια και χώρους πακεταρίσματος (*Kato και Matuda, 2004*).

Ακόμη και η απώλεια μάζας και η συρρίκνωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλέψουν την σταθερότητα των μήλων υπό κανονικής ατμόσφαιρας (regular atmosphere, RA) συνθήκες αποθήκευσης. Η σχέση ανάμεσα στην σκληρότητα και την απώλεια μάζας ή την συρρίκνωση εξαρτάται από την ποικιλία του μήλου. Η σκληρότητα σχετιζόταν σημαντικά και ευθέως με την απώλεια μάζας και την συρρίκνωση των μήλων «Delicious» (*Link et al., 2004*).

Μια καινούρια προσέγγιση για την εκτέλεση διακεκριμένου τεστ στον έλεγχο της ποιότητας τροφίμων, βασίζεται στη χρήση μιας «ηλεκτρονικής μύτης», (για παράδειγμα, *Llobet et al., 1999* ή *Sarig 2000*), εξοπλισμένη με αισθητήρες «Metal Oxide Semi-conductor Field Effect Transistor» (MOSFET), αισθητήρες «Metal Oxide Semiconductor» (MOS), και αισθητήρες υγρασίας. Τα πρότυπα των αποκρίσεων των αισθητήρων, που προέρχονται από την «ηλεκτρονική μύτη», έχει χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση «αντικειμενικών» τριγωνικών τεστ σε αρκετά τρόφιμα προϊόντα. Τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με τις πληροφορίες της κανονικής μεθοδολογίας (τριγωνικό τεστ) της αισθητήριας ανάλυσης (UNI ISO 4120 Norm). Η

«ηλεκτρονική μύτη» (e-nose) είναι ικανή να κατατάξει σωστά όλα τα υπό μελέτη δείγματα, ενώ ο αισθητήριος πίνακας (sensory panel) είναι ικανός να πραγματοποιήσει σωστά το τεστ, μόνο στο 50% των περιπτώσεων. Συγκρινόμενο με το αισθητήριο τεστ, η μεθοδολογία της ηλεκτρονικής μύτης είναι απλή και γρήγορη και τα αποτελέσματα δείχνουν ότι μπορεί να είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την πραγματοποίηση τεστ διακρίσεων και διαχωρισμού (*Benedetti et al., 2004*).

Μια άλλη πρόσφατη έρευνα από τους *Deisingh et al. (2004)*, εξετάζει επίσης τις εφαρμογές «ηλεκτρονικών γλωσσών» για ανάλυση τροφής. Ενώ διατάξεις αισθητήρων για αέρια συνθέτουν τις «ηλεκτρονικές μύτες», διάφορες διατάξεις αισθητήρων για υγρά συνθέτουν τις «ηλεκτρονικές γλώσσες». Τα πρώτα χρησιμοποιούνται στην ποιότητα ελέγχου και στη διαδικασία παραγωγής στην βιομηχανία τροφίμων, ενώ τα τελευταία χρησιμοποιούνται ευρέως σε μελέτες γεύσης. Οι εφαρμογές που μόλις περιγράφηκαν, περιλαμβάνουν την αναγνώριση και την κατηγοριοποίηση της γεύσης και του αρώματος και άλλων ποιοτικών μετρήσεων χρησιμοποιώντας την «ηλεκτρονική μύτη». Επίσης γίνονται συζητήσεις για τις χρήσεις της «ηλεκτρονικής γλώσσας» σε αναλύσεις διάφορων μοντέλων (model analysis) και σε άλλες εφαρμογές εικονοποίησης (monitoring) σε τρόφιμα, ροφήματα και νερό. Η αναφορά καταλήγει ότι κάθε τεχνική, ηλεκτρονική μύτη και γλώσσα, ακόμα αναπτύσσεται και είναι στο στάδιο της βελτίωσης, αλλά τα πλεονεκτήματά τους είναι ήδη ξεκάθαρα. Η «δύναμη» της ηλεκτρονικής μύτης περιλαμβάνει υψηλή ευαισθησία και συσχετίζεται άμεσα με πληροφορίες και δεδομένα από «αισθητήριους πίνακες» από ανθρώπινες δοκιμές για πλήθος εφαρμογών. Μια ηλεκτρονική γλώσσα μπορεί να δράσει σαν ένας έξυπνος αισθητήρας για να αναπαράγει την αίσθηση της γεύσης, που είναι μια αναλυτική, σύνθετη αίσθηση. Συνεπώς είναι ικανή να μετατρέπει τις μοριακές πληροφορίες σε ιδιότητες γεύσης.

Ωστόσο, υπάρχουν πολλά προβλήματα με την τεχνολογία. Και στις δύο τεχνικές, η μετακίνηση των αισθητήρων είναι ένα βασικό πρόβλημα, που οδηγεί στην ανικανότητα να παρέχουν κατάλληλη βαθμονόμηση (calibration). Για την ηλεκτρονική μύτη, συγκεκριμένα, υπάρχει μια απώλεια ευαισθησίας στην παρουσία υδρατμών και στις υψηλές συγκεντρώσεις απλών στοιχείων. Ακόμη και με τον συνδυασμό συστημάτων ηλεκτρονικής μύτης και γλώσσας, υπάρχει ένα βασικό θέμα των συνδυασμένων πληροφοριών από διαφορετικές «πηγές». Τελικά, οι αισθητήρες τείνουν να προβλέπουν την ποιότητα ενός δείγματος χωρίς να εξασφαλίζουν ισχυρές πληροφορίες όσον αφορά την σύνθεση και τη συγκέντρωση του. Ανεξάρτητα από

αυτές τις υποθέσεις, το μέλλον και για την ηλεκτρονική μύτη και γλώσσα φαίνεται να είναι υποσχόμενο αφού μπορούν να εκπληρώσουν αναλύσεις «θέσεων» (niche analyses).

2.9 Διάφορες εφαρμογές

(Miscellaneous)

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται σύντομα ορισμένες μη καταστροφικές μέθοδοι λιγότερο διαδεδομένες. Η διηλεκτρική σταθερά, για παράδειγμα, ενός υλικού είναι ένα φυσικό μέγεθος που υποδεικνύει την αλλαγή στην χωρητικότητα ενός πυκνωτή, εάν το κενό ανάμεσα στα «ελάσματα» του συμπληρώνεται με το υλικό αυτό αντί του αέρα. Η ωρίμανση και/ή αλλοίωση, αλλάζουν τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά των κυττάρων των λαχανικών (Kato, 1993). Επιπρόσθετα, η καταστροφή λόγω θερμοκρασίας ίσως είναι υπεύθυνη για τις αλλαγές αυτές.

Οι Harker και Forbes (1997) δημοσίευσαν μια έρευνα για τις καταστροφές από χαμηλές θερμοκρασίες των διόσπυρων ή «persimmons» (φρούτα που καρποφορούν στο Τέξας). Χρησιμοποίησαν απομονωμένους ιστούς δειγμάτων αντί ολόκληρων των φρούτων. Διηλεκτρικές σταθερές εξαρτώμενες από την συχνότητα και την θερμοκρασία, φρέσκων φρούτων και λαχανικών από 0,01 έως 1,8 GHz προσδιορίστηκαν από τον Nelson (2003). Έτσι εξασφάλισε νέες χρήσιμες πληροφορίες για την κατανόηση της συμπεριφοράς της διηλεκτρικής θέρμανσης και της αξιολόγησης των διηλεκτρικών ιδιοτήτων, σε τέτοια αγροτικά προϊόντα για εφαρμογές «quality sensing».

Μια μελέτη των Nyanjage et al. (2001), για τα μάνγκο δεν μπόρεσε να δείξει ξεκάθαρα μια συσχέτιση ανάμεσα στο στάδιο της ωριμότητας και της εμφανής ηλεκτρικής αντίστασης (impedance). Χρήση ζεστού νερού (για λόγους υγιεινής) και διαφορετικές θερμοκρασίες αποθήκευσης ήταν οι μεταβλητοί παράγοντες, των οποίων οι επιδράσεις σε επιφανειακή λάμψη, χρώμα και διαλυτά στερεά εξετάστηκαν σε τακτά διαστήματα. Η μείωση της σύνθετης αντίστασης (impedance), για παράδειγμα, συσχετίζεται καλά με την μειωμένη λάμψη σε αποθήκευση 22 °C, αλλά όχι στους 13 °C. Οι ερευνητές επισήμαναν την αναγκαιότητα για περισσότερη έρευνα για την σπουδαιότητα της σχέσης μεταξύ της σύνθετης αντίστασης (impedance) και των ποιοτικών παραμέτρων.

Υπάρχει ακόμη μια άλλη μη καταστροφική μέθοδος που ανταποκρίνεται στα «βίο-φωτόνια», την ασθενή εκπομπή φωτός από βιολογικά συστήματα. Αυτό περιγράφηκε σαν μια ολοκληρωμένη διαδικασία με την έννοια της καθυστερημένης φωτοβολίας (luminescence), όπου ένα συνεχόμενο φάσμα από τουλάχιστον 220 έως 850 nm είναι μετρήσιμο (Popp, 1999). Οι Hellebrand *et al.* (2001) αναφέρθηκαν σε μετρήσεις θερμικής ακτινοβολίας κηπουρικών προϊόντων, που προσφέρουν την δυνατότητα μελέτης της επίδρασης της ωρίμανσης και άλλων κριτηρίων.

Ανάλυση αερίων έγινε από τους Willging και Weichmann, (1999) οι οποίοι πραγματοποίησαν μετρήσεις αναπνοής και διαπνοής σε ραπανάκια, φασόλια, σπανάκι και αγγούρια για να μελετήσουν την επίδραση των διακυμάνσεων της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η περιεκτικότητα του νερού στον αέρα, καθορίστηκε από την απορρόφηση υπέρυθρων ακτινών και από ένα πυρο-ηλεκτρικό ανιχνευτή. Μετά την εξάλειψη των υδρατμών, το CO₂ προσδιορίστηκε κατά κάποιο τρόπο. Το υδατικό δυναμικό των καρότων και των ραπανιών μετρήθηκε από τους Herppich *et al.* (2004), χρησιμοποιώντας ένα δοχείο πίεσης πειραμάτων για την διερεύνηση της κατάστασης του νερού ως ένδειξη φρεσκάδας.

3. ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

(Research needs)

Όλες οι μη καταστρεπτικές μέθοδοι οι οποίες περιγράφηκαν σε αυτήν την εργασία ή σε άλλες ανασκοπήσεις – αναφορές, έχουν τα δυνατά και τα αδύναμα σημεία τους και τις ειδικές ικανότητες για εξειδικευμένες εφαρμογές. Παρόλα αυτά, η ιδανική μέθοδος που θα καλύπτει όλες τις απαιτήσεις των σημερινών και μελλοντικών εφαρμογών παραγωγής, αποθήκευσης και μεταπώλησης δεν έχει ακόμη βρεθεί και πιθανόν δεν θα βρεθεί ούτε στο προσεχές μέλλον. Οι συγγραφείς πιστεύουν ότι οι μελλοντικές εξελίξεις θα έχουν να κάνουν με συνεργατικούς

συνδυασμούς των ήδη υπαρχόντων τεχνικών και μεθόδων, οι οποίες θα πρέπει να βελτιωθούν και να προσαρμοστούν η μια με την άλλη.

Ένα παράδειγμα θα μπορούσε να είναι ο συνδυασμός των εφαρμογών MRI με υπερηχητικές τεχνικές. Και οι δύο έχουν χρησιμοποιηθεί για μη καταστροφικές μετρήσεις, για παράδειγμα, στο «μαλάκωμα» των μήλων, μεταφέροντας χρήσιμες πληροφορίες. Καθεμία από αυτές έχει τα δυνατά και τα αδύναμα σημεία της, αλλά ο συνδυασμός τους ίσως να φέρουν καλύτερο αποτέλεσμα σε συνεργία. Ο συνδυασμός και των δυο τεχνολογιών πραγματοποιήθηκε πρόσφατα, μετά την εξέλιξη ορισμένων αισθητήρων MRI, χαμηλού κόστους και χαμηλού πεδίου πρωτονίων.

Η τάση για τεχνικές στις οποίες να λαμβάνονται συνεργατικά συνδυασμένες πληροφορίες, θα κατακτήσουν επίσης τις οπτικές μεθόδους. Υπερφασματικές κάμερες για παράδειγμα λαμβάνουν ήδη συνδυασμένες πληροφορίες από την υπεριώδη, την ορατή και την σχεδόν υπέρυθη φασματική περιοχή. Για να ενισχυθούν αυτές οι πληροφορίες, κατάλληλες και πανίσχυρες φωτεινές πηγές, χαμηλού κόστους, θα πρέπει να αξιοποιούνται, πιθανόν από διόδους λείζερ. Δεν θα υπάρχει κανένας κίνδυνος ότι ίσως συγκεντρωθούν πολλά δεδομένα, επειδή η αποδοτικότητα της τεχνολογίας πληροφοριών, θα συνεχίσει να μεγαλώνει με εκθετικούς ρυθμούς.

Η εξέλιξη της μελλοντικής έρευνας θα διέπεται από την ερώτηση, που να τοποθετηθούν οι πηγές για τα καλύτερα κέρδη στις επενδύσεις. Συνεπώς, οι ακριβές μέθοδοι θα είναι μόνο εφαρμόσιμες όπου το αντίστοιχο όφελος προσδοκάτε. Τα περιθώρια για εξειδικευμένο, ακριβό εξοπλισμό θα είναι σίγουρα μεγαλύτερα σε «on line» εφαρμογές διαλογής-ταξινόμησης παρά στους μηχανισμούς χειρός. Επίσης, οι θεωρήσεις ασφάλειας θα είναι πολύ σημαντικές για την μελλοντική έρευνα, ειδικά σε περιπτώσεις όπου περιέχεται υψηλής ενέργειας ακτινοβολία.

Γενικά, οι εξελίξεις μαζί με την έρευνα και την τεχνολογία, πάνω στην ποιότητα και την χρήση αγροτικών προϊόντων θα εστιάζουν σε τρία πεδία:

- i. Στις βασικές αγροτικές επιστήμες που περιλαμβάνουν και την έρευνα καταναλωτή
- ii. Στην αυτοματοποίηση όσο το δυνατόν περισσότερων πλευρών της παραγωγής
- iii. Στην πρόοδο των ικανοτήτων και των δυνατοτήτων στους τομείς αποθήκευσης, τυποποίησης και φόρτωσης των προϊόντων.

Μελλοντική έρευνα στη ποιότητα και την λειτουργικότητα των φρούτων σε σχέση:

- με την γενετική
- τις μεταβολικές διαδικασίες
- την σύνθεση του προϊόντος
- την μοριακή δομή του
- την φυσική του κατάσταση
- την αποδεκτικότητα του καταναλωτή

θα προκαλέσουν την αναγκαιότητα νέων τεχνολογιών και τεχνικών για καλύτερη μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Μελλοντικές μεταβολές στον τρόπο ζωής και συνηθειών του καταναλωτή, θα επηρεάζουν τις αγοραστικές συμπεριφορές του πάνω στις τροφές.

Για παράδειγμα, αναμένεται ότι το μάρκετινγκ τροφίμων, με ειδική λειτουργικότητα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση ασθενειών, θα είναι κάτι σύννηθες (*Sloan 1998*). Συνεπώς θα απαιτούνται νέοι μέθοδοι ανάλυσης και επίσης μελέτες για την αποδεκτικότητας του καταναλωτή σ' αυτά τα καινούρια τρόφιμα. Στον κόσμο της ποιότητας των φρούτων και των λαχανικών, οι πιο σημαντικές αλλαγές έχουν γίνει με την εισαγωγή φρεσκοκομμένων προϊόντων, με πολύ περισσότερα προ-πακεταρισμένα είδη. Τα τελευταία είναι η υπόσχεση και η έλλειψη «υιοθέτησης» της ακτινοβολίας και των «GMOs» στην αγορά, με μια αγορά που θα «οδηγείται» περισσότερο από τον καταναλωτή.

Οι *Shewfelt και Henderson (2003)*, προβλέπουν ότι τα επόμενα δέκα με είκοσι χρόνια θα υπάρξει μικρότερη συνολική κατανάλωση φρέσκων φρούτων και λαχανικών:

- Με λιγότερη έμφαση στα φρέσκα και φυσικά φρούτα και λαχανικά
- Λιγότερη έμφαση στην εκτεταμένη διάρκεια ζωής στο ράφι και στις χαμηλές τιμές
- Λιγότερα «χύμα» προϊόντα
- Μικρότερο ενδιαφέρον στην μετασυλλεκτική φυσιολογία
- Μικρότερο ενδιαφέρον στην παραγωγή χαμηλού κόστους καλλιεργειών.

Στη διάρκεια αυτής της περιόδου, θα υπάρχει μια παρόμοια έμφαση στην «ωφελιμότητα» των προϊόντων, φρούτων και λαχανικών και στην αγοραστική ποιότητα τους. Επίσης, περιμένουν να παρατηρηθεί μεγαλύτερη έμφαση στην ποιότητα των προϊόντων ειδικότερα:

- Στην καταναλωτική ποιότητα και αξία τους
- Σε περισσότερο τοπική παραγωγή και τεχνολογικές καινοτομίες για να προσδίδουν περισσότερο άρωμα και γεύση
- Ερευνά που θα εστιάζει σε προ-συλλεκτικούς παράγοντες στην μετασυλλεκτική ποιότητα όπως και στην υποφερτή παραγωγή ώστε να μειώνει τις ανεπιθύμητες επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Ολοκληρωμένες τεχνολογίες αισθητήρων, θα πρέπει να αναπτυχθούν ή να προσαρμοστούν για να παρέχουν σε πραγματικό χρόνο, ποσοτικό προσδιορισμό της ποιότητας των φρούτων κατά την διάρκεια της ανάπτυξης, αλλά και όλων των μετασυλλεκτικών χειρισμών.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με ένα μακροπρόθεσμο τεχνολογικό «χάρτη πορείας» του Washington Tree Fruit Research Commission (2004), ο στόχος τους είναι ένα έξυπνο αυτοματοποιημένο σύστημα που θα ελέγχει τις περισσότερους χειρισμούς για οπωροφόρα δέντρα. Οι χειρισμοί αυτοί θα περιλαμβάνουν και τις μακρινές και αυτοματοποιημένες μετρήσεις (sensing) για την εκτίμηση την ποσότητας και της ποιότητας της καλλιέργειας, που θα υποστηρίζεται από τεχνολογίες GPS. ([http:// www.treefruitresearch.com/ index. Html](http://www.treefruitresearch.com/index.html)). Ερευνητικές ανάγκες που ορίζει το Agricultural Research Service (ARS, USDA) στοχεύουν προς την ίδια κατεύθυνση.

Το Natl. Program 306 «Quality and Utilization of Agricultural Products» (Ποιότητα και αξιοποίηση αγροτικών προϊόντων) τονίζει την ανάγκη για γρήγορες, μη καταστροφικές μεθόδους, για ανίχνευση και μέτρηση φυσικών / χημικών χαρακτηριστικών ποιότητας και ποιοτικών ελαττωμάτων. Αυτά θα αποτελούν μια βάση για αυτοματοποιημένα, υψηλού συνολικού «έργου» γραμμικής κατάταξης, ταξινόμησης και πακεταρίσματος συστήματα, για αγροτικά προϊόντα. Τα συστήματα αυτά θα πρέπει να χρησιμοποιούν, για παράδειγμα, πολυφασματικές και υπερφασματικές τεχνικές, εικονοληψία και εικονική ανάλυση (imaging και image analysis) και μεθόδους με τεχνολογίες που να συνδυάζουν πληροφορίες και τεχνητή νοημοσύνη για περαιτέρω βελτίωση της μεταποίησης και της κατάταξης (ARS Strategic Plan: 2003 έως 2007 (http://www.ars.usda.gov/research/programs/programs.htm?NP_CODE=306)).

Ομιλητές στο 12^ο Διεθνές Συνέδριο της «Near-Infrared Spectroscopy», Απρίλιος 2005, στο Auckland της Νέας Ζηλανδίας (Stark, 2005), επισήμαναν τις σημερινές ανάγκες για τα μελλοντικά όργανα που θα περιλαμβάνουν βελτιωμένη:

- Ευαισθησία και δυναμικό εύρος
- Φασματικό εύρος και ικανότητα αναπαραγωγής
- Ταχύτητα μέτρησης
- Φορητότητα
- Αντοχή κατασκευής
- μειωμένο κόστος

Η ενσωμάτωση ρυθμιζόμενων οπτικών φίλτρων βασιζόμενα σε μικρο-ηλεκτρο-μηχανικά συστήματα ή «Micro-electro-mechanical systems, MEMS» (περιλαμβάνει την τεχνολογία για συστήματα επικοινωνίας με κύματα φωτός, πολύ/υπέρ-φασματικούς εικονολήπτες και αισθητήρες) με ευρείας ζώνης ανιχνευτές παρουσιάστηκε σαν ένα προφανές μονοπάτι εξέλιξης, επιτρέποντας να επιτευχθούν μικρό-φασματομέτρα με ποικίλα επίπεδα λειτουργικότητας. Η ταχύτητα «σάρωσης» (scanning speed) και η δυναμικότητα είναι τα θέματα-κλειδιά όπου η τεχνολογία απαιτείται για υψηλού «συνολικού έργου» εφαρμογές, όπως γραμμικής παραγωγής τροφίμων (*Keating et al., 2005*).

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα τελευταία χρόνια μεγάλη πρόοδος έχει παρατηρηθεί στην εξέλιξη μη καταστροφικών τεχνικών για την εκτίμηση ή τον έλεγχο των παραμέτρων ποιότητας των φρούτων, περιλαμβάνοντας τις εσωτερικές δυσλειτουργίες, αλλά επίσης και την γεύση, την περιεκτικότητα σακχάρων και ούτω καθεξής. Όπως, ήδη έχει τονιστεί στο κεφάλαιο των διερευνητικών αναγκών, η ιδανική μέθοδος που θα καλύπτει όλες τις σημερινές και τις μελλοντικές απαιτήσεις στην παραγωγή, αποθήκευση και μεταπώληση δεν έχει ακόμη εμφανιστεί και πιθανόν δεν θα βρεθεί στο εγγύς μέλλον.

Οι αισθητήρες σήμερα, συνήθως μετρούν μόνο ένα συστατικό ή ποιοτική ιδιότητα, αντιθέτως οι συνδυασμένες τεχνικές θα πρέπει να βελτιστοποιηθούν, για την μέτρηση της γενικής ποιότητας. Οι εμπορικές εφαρμογές αυτών των τεχνικών θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για τον καταναλωτή όπως και για τον παραγωγό και τον έμπορο.

- Το ρίσκο του να αγοράζει ο καταναλωτής, φτηνής ποιότητας προϊόντα θα μειωθεί σημαντικά
- Το εισόδημα των μεγάλων παραγωγών θα ανταποκρίνεται ανάλογα με την ποιότητα των προϊόντων τους
- Οι έμποροι θα είναι ικανοί να «συμμορφώνονται» με τις απαιτήσεις του καταναλωτή για ομοιόμορφα, υψηλής ποιότητας προϊόντα.

Παρόλα αυτά όμως, ακόμη και αν τα φρέσκα φρούτα και λαχανικά ομοιόμορφης ποιότητας ήταν διαθέσιμα εύκολα σε όλο τον κόσμο, σε κάθε στιγμή του χρόνου, (που είναι ένας θρίαμβος, μη δεόντως εκτιμημένος για τη μετασυλλεκτική φυσιολογία και τεχνολογία) πολλοί καταναλωτές ίσως να μην είναι ικανοποιημένοι ακόμη. Αυτό μπορεί να γίνει διότι αποφάσεις μάνατζμεντ, κατά την διάρκεια της μεταχείρισης και της διανομής, μπορεί να οδηγήσουν σε απώλεια αρώματος-γεύσης του προϊόντος, με σκοπό να διατηρηθεί η καλή εμφάνιση του και να παραταθεί ο χρόνος ζωής του προϊόντος «στο ράφι» .

Μελλοντικές πρόοδος στην ποιότητα των φρούτων και των λαχανικών είναι πιθανόν να έρθει, μετά από καλύτερη κατανόηση των προσδοκιών του καταναλωτή (*Shewfelt, 2000*). Νέες τεχνολογίες θα ανοίγουν πάντα εξαιρετικές ευκαιρίες για την καλύτερη μέτρηση ορισμένων παραμέτρων, αλλά επειδή ο καταναλωτής είναι αυτός που αγοράζει το προϊόν και είναι πρόθυμος να πληρώσει την τιμή, πρέπει πάντα να έχει κάποιος στο μυαλό του ότι:

«είναι καλύτερα να μετράμε κάτι που είναι πραγματικά σημαντικό για τον καταναλωτή, από το να πιστεύουμε ότι είναι σημαντικό επειδή το μετράμε καλά»
(*Shewfelt και Phillips, 1996*)

Ο *Jordan (1990)* συμπέρανε ότι αν και έχει αφιερωθεί πολύ προσπάθεια σε έρευνα για τα προβλήματα του πώς να παράγουμε και να μετρήσουμε την ποιότητα, δεν είναι αρκετό για να μετρήσουμε απλά την ποιότητα. Οι αποφάσεις και η ικανοποίηση των καταναλωτών ορίζονται από το πώς γίνεται αντιληπτή η ποιότητα του προϊόντος. Για αυτόν τον λόγο, η μέτρηση της αντίληψης του καταναλωτή και η ανάλυση των καθοριστικών παραγόντων της διαδικασίας αντίληψης αποτελεί ένα βασικό και ολοκληρωμένο μέρος όλης της έρευνας. Ο στόχος, βέβαια, είναι η βελτίωση της ποιότητας του προϊόντος και η ικανοποίηση του καταναλωτή- μια απαραίτητη προϋπόθεση για μια καλή θέση στο διεθνή ανταγωνισμό.

Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ

ΜΕΡΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο προσδιορισμός της φυσιολογικής κατάστασης των ζωντανών πράσινων ιστών, με την μέθοδο του φθορισμού της χλωροφύλλης είναι αντικείμενο έρευνας αρκετό καιρό τώρα. Ο φθορισμός της χλωροφύλλης είναι αποτέλεσμα της αναδιέγερσης (de-excitation), των διεγερμένων μορίων χλωροφύλλης. Κάτω από ιδανικές συνθήκες, η περισσότερη από την ενέργεια που προέρχεται από διεγερμένα μόρια, «παδιγεύεται» σαν χρήσιμη χημική ενέργεια (φωτοσύνθεση) η οποία ελαττώνει την απόδοση του φθορισμού.

Ορισμένες από τις εφαρμογές με βάση αυτήν την ιδιότητα (φθορισμό χλωροφύλλης), είναι πολύ εύκολες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πολλές χρήσεις όπως : Εντοπισμό ανωμαλιών και ασθενειών στα φυτά, θρεπτικής κατάστασης του φυτού, κατάταξης λουλουδιών και γλαστρικών φυτών, εκτίμηση της επίδρασης των προσβολών του εδάφους στην ανάπτυξη του φυτού και πολλές άλλες. Επίσης, αυτού του είδους οι μέθοδοι, μπορούν να προσεγγίσουν ή και να υπερβούν ακόμη την ανθρώπινη κρίση, «μιμούμενα» τον τρόπο τον οποίο οι άνθρωποι τεστάρουν το προϊόν. Ακόμη λειτουργούν, μετρώντας βασικές ιδιότητες και συνδυάζοντας αυτές μαθηματικά για να ταξινομήσουν την ποιότητα. Σίγουρα μόνο οι άνθρωποι μπορούν να εκτιμούν την ποιότητα, αλλά τα μηχανήματα τα οποία μετρούν ποιοτικά χαρακτηριστικά είναι ζωτικής σημασίας για την έρευνα και τον ποιοτικό έλεγχο.

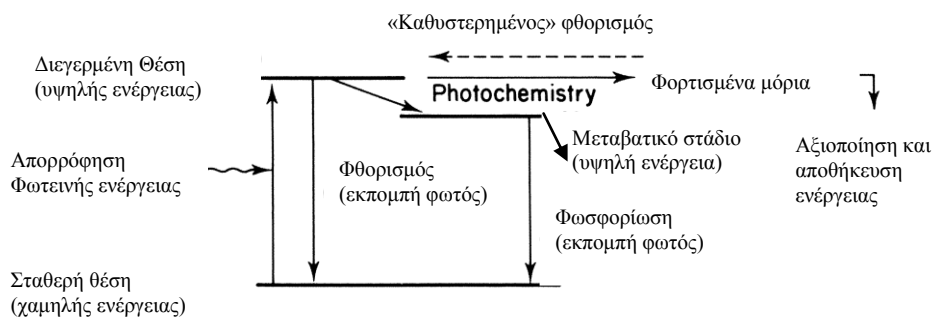
Στο πείραμα αυτό, οι μετρήσεις έγιναν σε άθικτο υλικό (φρούτα, λαχανικά, πακεταρισμένα προϊόντα από σούπερ μάρκετ) με προηγμένη φασματοσκόπηση φθορισμού και με οπτική κατάταξη της ποιότητας. Όλα τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με στατιστικές μεθόδους. Τα μηχανήματα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν το **Multiple Image Plant Stress (M.I.P.S.)** και ένα φασματοφωτόμετρο φθορισμού (**Shimadzu RF 5000**).

Τελικά, στην αναφορά αυτή αποδεικνύεται ότι το μηχάνημα MIPS είναι μια πολύ καλή μέθοδος για την εκτίμηση της ποιότητας ορισμένων φρούτων και λαχανικών αλλά όχι όλων. Η μετρήσεις που έγιναν με τον φασματογράφο φθορισμού έδειξαν ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μετρήσεις ποιότητας, αλλά περισσότερη έρευνα πρέπει να γίνει για να επιτευχθούν καλύτερα και πιο ακριβή αποτελέσματα.

1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1 Φθορισμός χλωροφύλλης

Η ικανότητα ενός σώματος να απορροφά φως εξαρτάται από την δομή των μορίων του. Όταν πάνω σε ένα άτομο ενός σώματος πέσει ένα φωτόνιο, ένα ηλεκτρόνιο του ατόμου αυτού διεγείρεται από την ενέργεια που πήρε από το φωτόνιο, με αποτέλεσμα να αρχίσει να περιστρέφεται σε μια τροχιά μεγαλύτερης ενεργειακής στάθμης, δηλαδή πιο μακριά από τον πυρήνα. Έχει όμως την τάση επιστρέψει στη κανονική του τροχιά και όταν το κάνει αυτό, απελευθερώνει την ενέργεια που πήρε από το φωτόνιο, με την μορφή της θερμότητας ή τη μορφή φθορισμού. Στην εικόνα 1 φαίνεται το διάγραμμα των ενεργειακών επιπέδων.



Εικόνα 1: Διάγραμμα ενεργειακών επιπέδων

Το μήκος κύματος του φθορισμού είναι πάντα μακρύτερο από το μήκος κύματος του απορροφημένου φωτός. Για παράδειγμα, το εκχύλισμα της χλωροφύλλης α (chl a) απορροφάει στην μπλε και κόκκινη περιοχή του φάσματος αλλά εκπέμπει φθορισμό μόνο στην κόκκινη περιοχή. Η μέγιστη ένταση του φθορισμού προκύπτει στα 668 nm, συγκρινόμενα με το μήκος κύματος της μέγιστης απορρόφησης στα 663 nm. Ο μέσος χρόνος στον οποίο ένα μόριο πρέπει να περάσει στην διεγερμένη κατάσταση μεταξύ απορρόφησης και εκπομπής, είναι γνωστός σαν η φυσική διάρκεια ζωής της διεγερμένης κατάστασης. Η διάρκειά του εξαρτάται στις ηλεκτρονικές ιδιότητες της διεγερμένης κατάστασης. Η μέση διάρκεια ζωής φθορισμού της χλωροφύλλης α, της τάξης των 10^{-9} sec.

Ο φθορισμός της χλωροφύλλης είναι μια μη καταστροφική τεχνική μέτρησης με μεγάλη ακρίβεια και ταχύτητα (DeEll et al., 1999). Ο φθορισμός είναι ευαίσθητος

σε καταστάσεις στρες, όπως επίσης σε φυσιολογική ωρίμανση ή γήρανση καρπών η οποία θα οδηγήσουν στην αποδόμηση της χλωροφύλλης και στην αύξηση της σύνθεσης των ανθοκυανών και καροτενοειδών (*Huybrechts et al., 2003b*). Αρκετές μελέτες δείχνουν ότι ο φθορισμός της χλωροφύλλης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την μέτρηση της απόδοσης του φωτοσυνθετικού συστήματος και εμμέσως της φυσιολογικής κατάστασης του φυτικού υλικού (*Song et al., 1997, Mir et al., 1998 and DeEll et al., 1999*).

1.2 Μπλε-πράσινο και ερυθρό - υπέρυθρο φθορισμός

Τα πράσινα φύλλα όταν διεγερθούν με υπεριώδη ακτινοβολία (UV-radiation), παρουσιάζουν εκπομπή φθορισμού με κορυφές στην μπλε (440 nm band), πράσινη (520 nm band), κόκκινη (690 nm band) και μακρά-κόκκινη (740 nm band) περιοχή. (*Chappelle et al., 1984, Lang et al., 1991, Lichtenthaler et al., 1992, Stober and Lichtenthaler, 1993a,b, Stober et al., 1994, Subhash et al., 1995, Lichtenthaler and Miehe', 1997*).

Η εκπομπή φθορισμού στην μπλε-πράσινη περιοχή, που κατά κύριο λόγο δημιουργείται από τα κυτταρικά τοιχώματα της επιδερμίδας (*Stober and Lichtenthaler, 1993c, Buschmann and Lichtenthaler, 1998*) πιστευόταν ότι αναπαριστά ένα ανάμεικτο σήμα από ενώσεις από πολλές πηγές (*Goulas et al., 1990, Fry, 1979, Lang et al., 1991*). Παρόλα αυτά, πρόσφατα αποδείχθηκε ότι το δεσμευμένο φερουλικό οξύ στα κυτταρικά τοιχώματα είναι ο βασικός συντελεστής για τον εκπομπή φθορισμού στην περιοχή αυτή (*Lichtenthaler and Schweiger, 1998*).

Αντιθέτως η κόκκινη και μακρά-κόκκινη εκπομπή φθορισμού προέρχεται κατά κύριο λόγο από την χλωροφύλλη α, των χλωροπλαστών που βρίσκονται στα κύτταρα του μεσόφυλλου (*Kautsky and Hirsch, 1931, Lichtenthaler, 1986, Lichtenthaler and Rinderle, 1988, Krause and Weis, 1991, Govindjee, 1995, Gitelson et al., 1998*).

Ακριβώς για αυτό τον υψηλό καθορισμό, τα σήματα φθορισμού (fluorescence signals) μπορούν να είναι περισσότερο κατάλληλα για απομακρυσμένη μέτρηση της βλάστησης, από τα σημερινά ευρέως χρησιμοποιημένα σήματα αντανάκλασης (reflectance signals), παρόλο που τα σήματα φθορισμού είναι συνήθως πολύ λιγότερης έντασης από τα σήματα αντανάκλασης. Ωστόσο, με τους εξελιγμένους, υψηλής ευαισθησίας νέους αισθητήρες και με παλμική διέγερση (pulsed excitation),

είναι δυνατόν να μετρηθούν εικόνες φθορισμού, με καλό διαχωρισμό από το φόντο του φωτός του περιβάλλοντος.

Αρκετά ερευνητικά πειράματα είναι βασισμένα σε αυτά τα συγκεκριμένα φάσματα για διάφορους λόγους. Μπορεί να είναι μια ένδειξη για την εκτίμηση της γήρανσης των φύλλων, για παράδειγμα του καπνού (*Subhash et al., 1999*) ή του σιταριού (*Meyer et al. 2002*). Ακόμη για εντοπισμό των αποτελεσμάτων από στρες για παράδειγμα, σε φύλλα κριθαριού (*Hideg, Juhász, Bornman and Asada, 2002*). Ακόμη, πειράματα πραγματοποιήθηκαν βασισμένα σε αυτή την τεχνική, για το περιεχόμενο και την ποσότητα της θρεπτικής κατάστασης σε φύλλα ζαχαρότευτλων (*G.Langsdorf, 2000*)

Τελικά, συμπεραίνουμε ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να γίνει ένα ισχυρό εργαλείο για την μέτρηση της ποιότητας διαφόρων προϊόντων, ειδικά εάν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με άλλου είδους μη καταστροφικές τεχνικές, όπως για παράδειγμα ταυτόχρονης εικονοληψίας (εικόνες φθορισμού, θερμικές ή /και αντανάκλασης).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Υλικό προϊόντων:

Το προϊόντα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, αγοράστηκαν από σούπερ μάρκετ της Ολλανδίας. Οι συνθήκες αποθήκευσης ήταν παρόμοιες με αυτές στα σούπερ μάρκετ, δηλαδή είτε σε ψυγείο είτε σε θερμοκρασία δωματίου, ανάλογα με το προϊόν και τον τρόπο αποθήκευσης «στο ράφι». Τα άθικτα φρούτα και λαχανικά που χρησιμοποιήθηκαν για τις μετρήσεις του πειράματος είναι τα εξής:

- Κολοκύθι (*Cucurbita pepo*)
- Μήλο (*Malus domestica*)
- Μάνγκο (*Mangifera Indica*)
- Μπρόκολο (*Brassica oleracea*)
- Τομάτα (*Solanum lycopersicum*)
- Τοματίνια (*Solanum lycopersicum cerasiforme*)
- Φασολάκια «χλωρά» (*Phaseolus vulgaris*)

Τα έτοιμα πακεταρισμένα ανάμικτα λαχανικά αγοράστηκαν επίσης από σούπερ μάρκετ της Ολλανδίας και αποθηκεύτηκαν σε ψυγείο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μέχρι την ημερομηνία λήξης τους αλλά όχι πιο μετά και χωρίς να ανοιχτεί το πακέτο. Καταστροφή ενός πακέτου έγινε μόνο σε μία περίπτωση, η οποία χρειάστηκε για να γίνει η μέτρηση των περιεχομένων του ξεχωριστά, με τον φωτοφασματογράφο έτσι ώστε να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων (βλ. παρακάτω).

Τα κομμένα ανάμικτα λαχανικά σε πακέτα ήταν τα εξής :

- Ένα πακέτο «Roerbak mix» (περιεχόμενα: λάχανο, φασολάκια πλατιά, πράσο, γλυκιά πιπεριά και χλωρό κρεμμύδι)
- Ένα πακέτο «Ijspersgsla» (περιεχόμενα: μαρούλι 90%, διάφορα χορταρικά 10%, πράσο, μαϊντανός και σέλινο)
- Ένα πακέτο «Ruccola» (περιεχόμενα: μόνο ρόκα)
- Ένα πακέτο «Roerbakgroenten» (περιεχόμενα: καρότο, πράσο, λάχανο, μπρόκολλο, κολοκύθι και κόκκινο κρεμμύδι)
- Ένα πακέτο με ανάμικτα λαχανικά (περιεχόμενα: καρότο, λάχανο και κόκκινο λάχανο)

2.2 Υλικό Οργάνων μετρήσεων:

Για τις μετρήσεις, τα όργανα τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ήταν το MIPS (καμπίνα) και ένας φασματογράφος φθορισμού (Shimadzu RF5000). Η μετρήσεις ήταν για την φωτοσυνθετική δραστηριότητα και τον φθορισμό των δειγμάτων. Τα δεδομένα από μετρήσεις του MIPS, αναλύθηκαν με ένα πρόγραμμα λειτουργίας (software) και με υπολογιστικά προγράμματα όπως το Excel για τα γραφήματα. Αντίστοιχα για τα δεδομένα από μετρήσεις του φασματογράφου φθορισμού, η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων έγινε με το πρόγραμμα «MathCAD 13». Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικότερα τα μηχανήματα αυτά.

2.2.1 Multiple Imaging Plant Stress (M.I.P.S)

Η βασική μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα ήταν το M.I.P.S. ρομπότ (εικόνα 2) και η M.I.P.S. καμπίνα. Η συντομογραφία **M.I.P.S.** προέρχεται από τα αρχικά των αγγλικών λέξεων «Multiple Imaging Plant Stress» και κάθε λέξη περιγράφει την λειτουργία και το πεδίο δράσης της συσκευής αυτής.

«Multiple» (=πολλαπλός) αναφέρεται στις μεθόδους και αρχές που χρησιμοποιεί το ρομπότ οι οποίες είναι : φθορισμός χλωροφύλλης, αντανάκλαση και θερμική. «Imaging» (=εικονοληψία) αναφέρεται στην ιδιότητα του να τραβάει

πολλές εικόνες. «Plant» (=φυτό) γιατί μπορεί να γίνει μέτρηση σε ολόκληρο το φυτό, σε ένα φύλλο, σπόρο, καρπό φρούτου ή λαχανικού. Τέλος «Stress» (=στρες) αναφέρεται σε όλους τους βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες που «στρεσάρουν» το φυτό ή ένα μέρος αυτού για παράδειγμα από παθογόνα, ξηρασία, υψηλή θερμοκρασία ή ψύχος και άλλα.

Το ρομπότ αποτελείται από :

- Μια υψηλής ανάλυσης κάμερα (Charged-Coupled-Device, CCD) με διάφορα φίλτρα
- Μια πηγή ακτίνας λέιζερ
- Μια θερμική κάμερα
- Ένα ρομπότ το οποίο μετακινεί τα παραπάνω σε πολλές θέσεις (φτάνει να φωτογραφίζει μέχρι και 300 αντικείμενα, ανάλογα με το μέγεθος του δείγματος και τον διαθέσιμο χώρο)



Εικόνα 2: M.I.P.S. Robot

Όλες οι φωτογραφίες και τα δεδομένα μεταφέρονται σε έναν υπολογιστή, στον οποίο ένα εγκατεστημένο εξειδικευμένο πρόγραμμα αναλύει και συγκεντρώνει τις πληροφορίες από τις κάμερες. Η καμπίνα MIPS δεν περιλαμβάνει το ρομπότ και συνεπώς είναι σταθερή σε ένα σημείο και δεν μπορεί να τραβάει φωτογραφίες σε πολλές θέσεις.

Το M.I.P.S. σαν μέθοδος έχει πολλά πλεονεκτήματα. Μπορεί να δουλεύει για εβδομάδες ασταμάτητα, δεν χρειάζεται ακριβές αναλύσεις και μπορεί να φωτογραφίζει μέχρι και 300 αντικείμενα. Μπορεί ακόμη να δώσει:

- Τρισδιάστατες φασματικές εικόνες των οργάνων των φυτών
- Ταχεία εικονοποίηση της ζωτικότητας με υψηλής ανάλυσης εικόνες φθορισμού
- Ταχεία εικονοποίηση της «υδατικής» κατάστασης με υψηλής ανάλυσης θερμικές εικόνες
- Πραγματικού χρόνου δεδομένα εάν προτιμάται

Οι εικόνες οι οποίες λαμβάνει το M.I.P.S. και οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω είναι:

- Μια RGB εικόνα αντανάκλασης
- Μια εικόνα βασικού φθορισμού χλωροφύλλης (F_0)
- Μια εικόνα μέγιστου φθορισμού χλωροφύλλης (F_{max})
- Μια εικόνα που εκφράζει την φωτοσυνθετική δραστηριότητα του δείγματος (PA). (Η εικόνα PA υπολογίζεται από τις τιμές των F_0 και F_{max} και την χρονική διάρκεια μεταξύ τους, η οποία λέγεται διάρκεια ζωής φθορισμού)

2.2.2 Φασματογράφος φθορισμού Shimadzu RF – 5000



Εικόνα 3: Shimadzu RF 5000

Το άλλο μηχάνημα που χρησιμοποιήθηκε είναι ένας φασματογράφος φθορισμού και συγκεκριμένα το μοντέλο Shimadzu RF 5000 (εικόνα 3) με την ικανότητα ανάλυσης του φάσματος από 220-900 nm. Το μηχάνημα αυτό μπορεί να

χρησιμοποιηθεί σε πολλά επιστημονικά πεδία. Είναι επίσης κατάλληλο για τον εντοπισμό συστατικών σε ένα μεγάλο εύρος φρούτων, λαχανικών και τροφίμων γενικότερα. Τυπικές εφαρμογές περιλαμβάνουν: αμίνες και αμινεϊκά οξέα, λίπη, καρβοξύλια, συνένζυμα, αντιβιοτικά, προσθετικά τροφίμων, αιθέραια έλαια και υπολείμματα φυτοφαρμάκων.

Αποτελείται από μια λάμπα «Xenon» 150 W σαν πηγή φωτός εντός της καμπίνας. Ένας υπολογιστής είναι συνδεδεμένος με όλο το μηχάνημα. Στον υπολογιστή αυτό ένα πρόγραμμα είναι αποκλειστικά για το μηχάνημα και για να αναλύει τα δεδομένα. Οι μετρήσεις που μπορεί να πραγματοποιήσει είναι: διέγερσης-εκπομπής (φθορισμού) και ταυτόχρονου φάσματος, χρονικής πορείας και ποσοτική μέτρηση αυτών. Τα δεδομένα παρουσιάζονται με γραφήματα δύο και τριών διαστάσεων και περιλαμβάνει και την δυνατότητα σύγκρισης μεταξύ δυο γραφημάτων μεταξύ τους.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

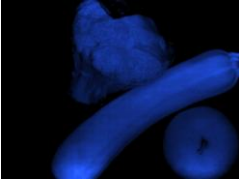
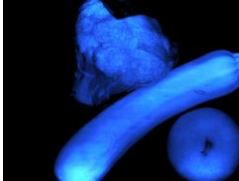

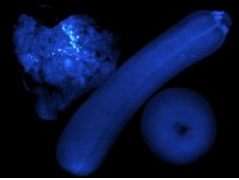
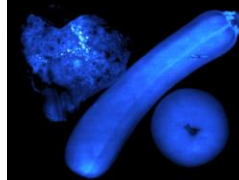
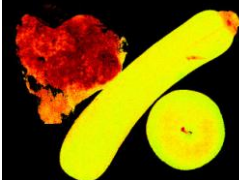
Αποτελέσματα MIPS

Οι εικόνες «τραβήχτηκαν» από διαφορετικά προϊόντα, τα οποία αγοράστηκαν από σούπερ μάρκετ της Ολλανδίας. Οι μετρήσεις με το «MIPS cabinet» πραγματοποιήθηκαν σε προϊόντα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Η βασική παράμετρος που εστιάσαμε ήταν η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (PA η οποία υπολογίζεται από τις μετρήσεις F_0 και F_{max}) και πώς συσχετίζεται με τον χρόνο. Μετρώντας αυτήν την παράμετρο, μπορούμε να δούμε την αποδοτικότητα του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και συνεπώς, έμμεσα την φυσιολογική κατάσταση του φυτικού υλικού, ώστε να αξιολογηθεί η ποιότητα του.

1. Το πρώτο πείραμα πραγματοποιήθηκε από τις 4 έως τις 11 Δεκεμβρίου 2006 και οι φωτογραφίες τραβήχτηκαν από ένα μήλο (ποικιλίας Golden Delicious), ένα κολοκύθι και ένα μπρόκολο, τοποθετημένα όλα μαζί στην καμπίνα του MIPS (εικόνα 4). Οι ρυθμίσεις της συσκευής ήταν οι εξής:

- Για το λέιζερ: 100 Hz Frequency, 3.0 amplitude, 0.6 offset, 20% duty cycle και 0.0 – 5.0 modulation (οι ρυθμίσεις είναι οι ίδιες για κάθε επόμενη μέτρηση).
- Για την κάμερα: 10 sec integrate gray, 180/115/180 hs integrate RGB, 10.0 stretch factor, 1.4 PA factor και 200-400 the mask level.

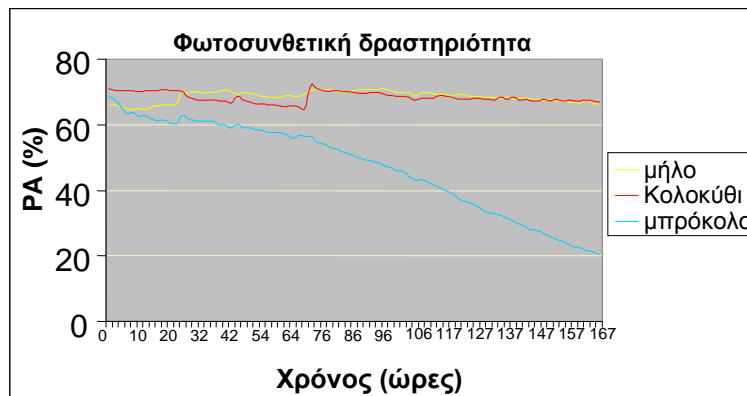
Τα παρακάτω αποτελέσματα είναι από μετρήσεις οι οποίες τραβούσε η συσκευή κάθε δύο ώρες, για συνολική διάρκεια 167 ώρες. Στο [γράφημα 1](#) απεικονίζονται τα δεδομένα από όλα τα προϊόντα μαζί για την μέση φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε σχέση με τον χρόνο. Στο [γράφημα 2](#) τα δεδομένα υπολογίστηκαν από μια συγκεκριμένη τετράγωνη περιοχή (ίδια για κάθε προϊόν) για το κάθε προϊόν ξεχωριστά, για να γίνει σύγκριση μεταξύ τους. Πιο συγκεκριμένα, στα αποτελέσματα αυτά παρατηρείται το μπρόκολο από περίπου 70% PA την πρώτη μέρα, ελλατώνεται μέχρι και το 20 % την τελευταία. Αντιθέτως το μήλο και το κολοκύθι παρέμειναν στα ίδια επίπεδα περίπου, μέχρι το τέλος του πειράματος και γενικά με καλή εξωτερική εμφάνιση των καρπών. Η διάρκεια ζωής «στο ράφι» του μπρόκολου είναι φυσικά μικρότερη από τα άλλα προϊόντα παρατηρούμε ότι τις πρώτες τρεις μέρες είχε πολύ καλή εξωτερική εμφάνιση και σύμφωνα με τα δεδομένα, ότι χάνει πιο αργά την φωτοσυνθετική του δραστηριότητα από ότι τις επόμενες μέρες ([γράφημα 2](#)).

1 ^η Μέρα		
		
7 ^η Μέρα		
		
F₀	F_{max}	PA

Εικόνα 4: Οι εικόνες F₀, F_{max} και PA την πρώτη και τελευταία μέρα των προϊόντων: κολοκύθι, μήλο και μπρόκολο



Γράφημα 1: Φωτοσυνθετική δραστηριότητα (%) τριών διαφορετικών προϊόντων (Μήλο, μπρόκολο, κολοκύθι)








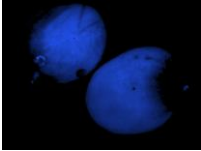
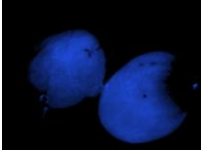
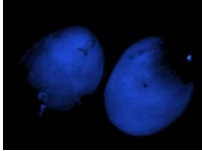
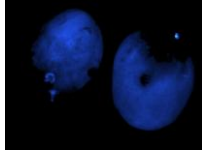
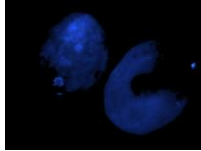

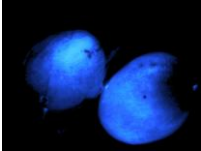
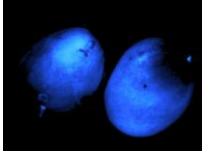
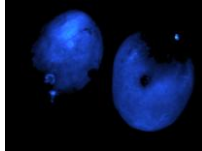
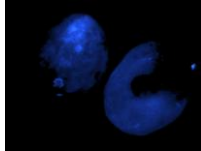
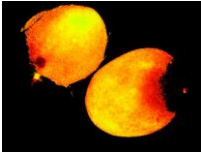
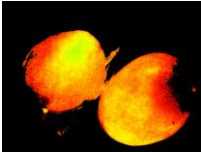
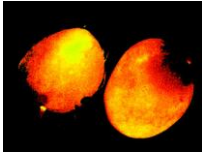
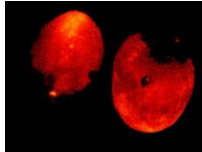
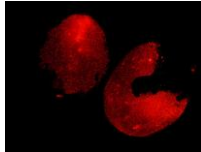
Γράφημα 2: Φωτοσυνθετική δραστηριότητα (%) κάθε προϊόντος (Μήλο, μπρόκολο, κολοκύθι)

2. Το δεύτερο πείραμα ήταν σε δύο μάνγκο, από τα οποία το ένα ήταν βιολογικό ενώ το άλλο όχι. Αγοράστηκαν και τα δύο στις 20 Δεκεμβρίου 2006 και το πείραμα διήρκησε έως τις 05 Ιανουαρίου 2007. Οι ρυθμίσεις του λέιζερ ήταν οι ίδιες ενώ της κάμερας οι εξής: Integrate gray 20 sec, integrate RGB 180/115/160, stretch factor 10.0, mask level 400 και PA factor 1.4.

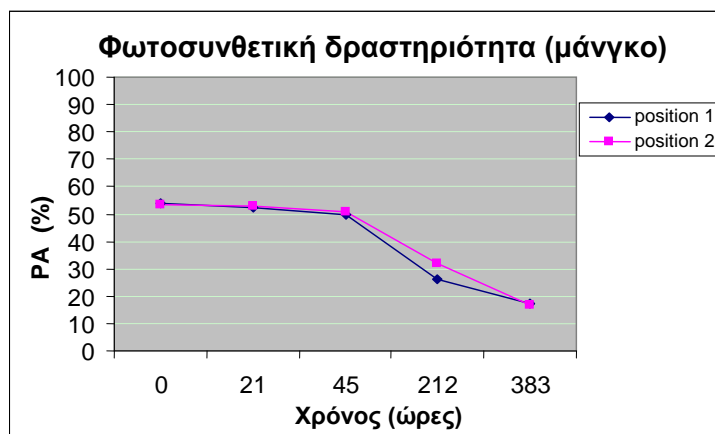
Η συνολική διάρκεια του πειράματος ήταν 383 ώρες και οι εικόνες τραβήχτηκαν στην 1^η, 2^η, 3^η, 9^η και 15^η μέρα (εικόνα 5). Στο γράφημα 3 απεικονίζεται η PA (%) για τα δύο μάνγκο μαζί σε δύο αντίθετες πλευρές τους. Στο γράφημα 4 απεικονίζονται τα δεδομένα για το κάθε μάνγκο ξεχωριστά και για την κάθε πλευρά τους συναρτήσει του χρόνου (υπολογισμένα από μια ίση τετράγωνη περιοχή, όπως προηγουμένως).

Από τις εικόνες φθορισμού, κάποιες ανωμαλίες και μώλωπες από το κανονικό μάνγκο, ήταν ορατές πολύ νωρίτερα από ότι με γυμνό μάτι. Εξετάζοντας την RGB εικόνα και την PA εικόνα μπορεί να φανεί ξεκάθαρα κάποιες πράσινες περιοχές των μάνγκο με περισσότερο ποσοστό φωτοσυνθετικής δραστηριότητας στην απέναντι μεριά από τον ποδίσκο αντίθετα με την κόκκινη περιοχή, στην οποία το ποσοστό είναι σχεδόν ίσο με το μηδέν. Είναι εμφανές με γυμνό μάτι άλλα μπορούμε να έχουμε μια πιο πλήρη εικόνα για την ωριμότητα του καρπού συναρτήσει του χρόνου και ποιες περιοχές είναι πιο «γινωμένες».

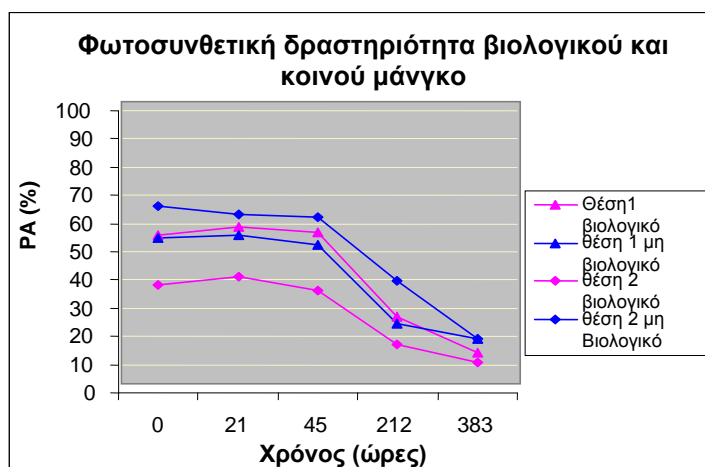
Την τελευταία μέρα ήταν εμφανές ότι το βιολογικό μάνγκο είχε αναμφίβολα καλύτερη συνολική εμφάνιση από το κοινό μάνγκο παρόλο που οι εικόνες PA ήταν σχεδόν στα ίδια επίπεδα. Τελικώς όμως δεν μπορούμε να τα συγκρίνουμε διότι τα αποτελέσματα επηρεάζονται και από άλλους παράγοντες όπως: το περιτύλιγμα στο βιολογικό μάνγκο, το στάδιο ωριμότητας το οποίο φυσικά, δεν είναι εντοπίσιμο με ακρίβεια με το μάτι και πολλά άλλα.

RGB					
F₀					
F_{max}					
PA					
	0 Ωρες	21 Ωρες	45 Ωρες	212 Ωρες	383 Ωρες

Εικόνα 5: RGB, F₀, F_{max}, PA φωτογραφίες σε διαφορετικά στάδια (θέση 1)



Γράφημα 3: Μέση Φωτοσυνθετική δραστηριότητα (%) για τις δύο διαφορετικές θέσεις των μάνγκο.

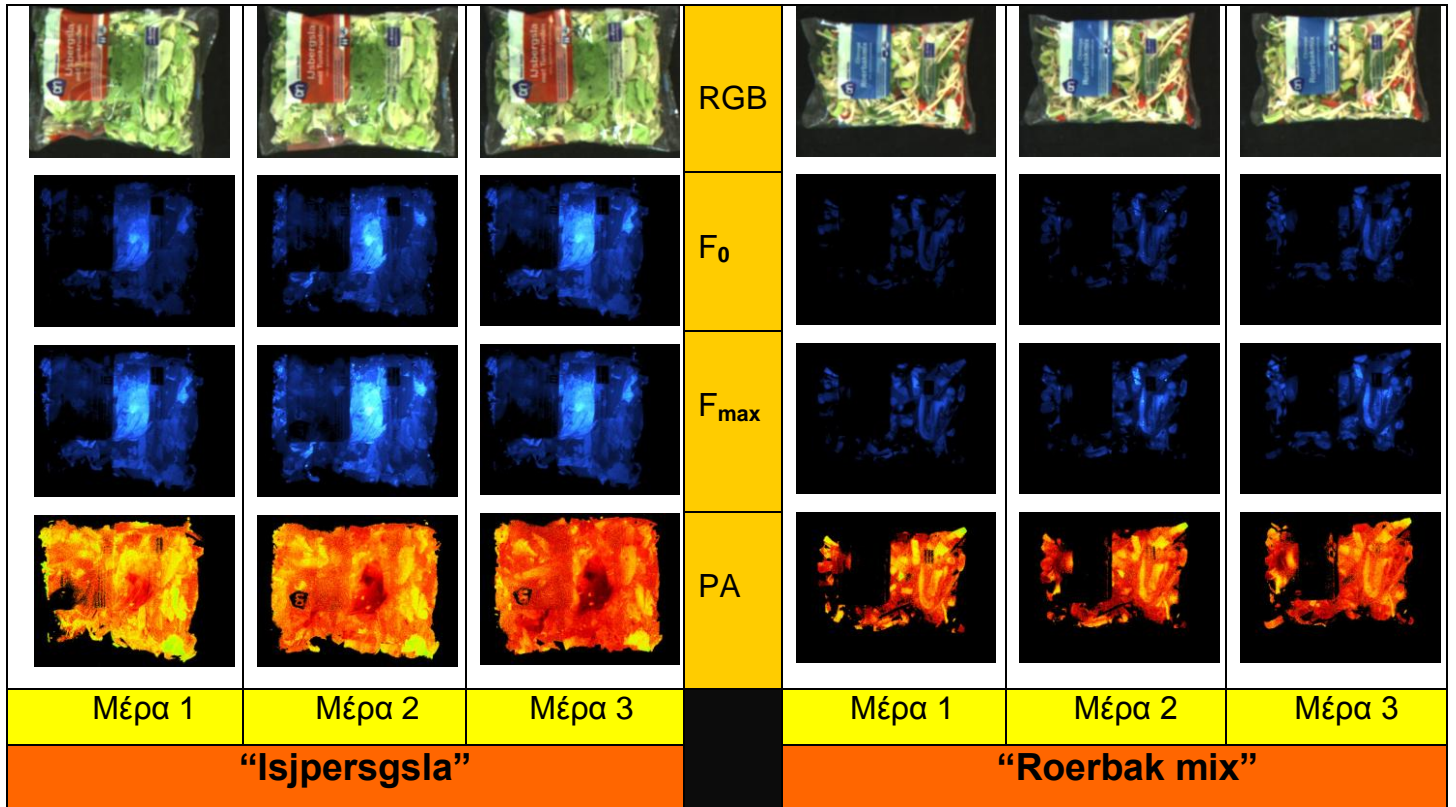


Γράφημα 4: Μέση Φωτοσυνθετική δραστηριότητα βιολογικού και μη βιολογικού μάνγκο

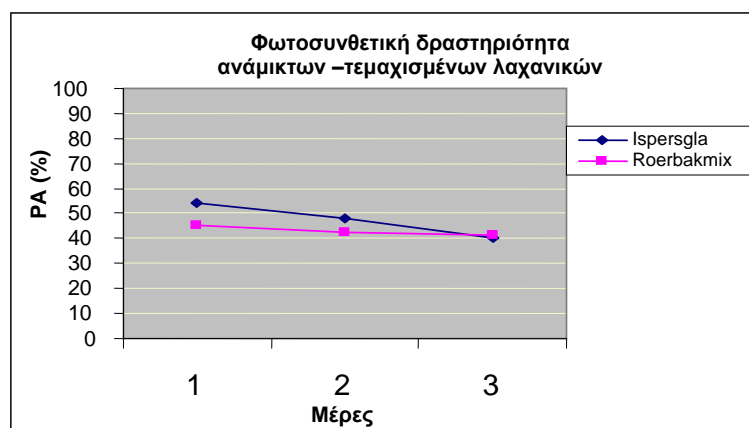
3. Σε αυτό το πείραμα τα προϊόντα ήταν δύο έτοιμα πακεταρισμένα, τεμαχισμένα λαχανικά από ένα σούπερ μάρκετ (εικόνα 6). Ένα πακέτο «Roerbak mix» και ένα πακέτο «Ijspergsla». Αγοραστήκαν και τα δύο την ίδια μέρα και είχαν την ίδια ημερομηνία λήξης (24/12/2006). Οι εικόνες τραβήχτηκαν για τρεις μέρες και τα προϊόντα αποθηκεύονταν σε ψυγείο. Στο γράφημα 5 απεικονίζεται η φωτοσυνθετική δραστηριότητα (%) για τα πακεταρισμένα προϊόντα όσο περνάει ο χρόνος και πώς μειώνεται για κάθε προϊόν. Τέλος στο γράφημα 6 φαίνονται οι τιμές για τα διαφορετικά προϊόντα για την μέση «μάσκα» των F_0 και F_{max} .

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το περιτύλιγμα δεν επηρεάζει τις εικόνες και ειδικότερα, οι εικόνες PA και οι εικόνες φθορισμού διαχωρίζονται πολύ καλά από το «φόντο». Η ετικέτα επίσης, ανάλογα το χρώμα της, μπορεί να φαίνεται διάφανη στις εικόνες PA και φθορισμού (άσπρη και κόκκινη ετικέτα στην εικόνα 6). Στα

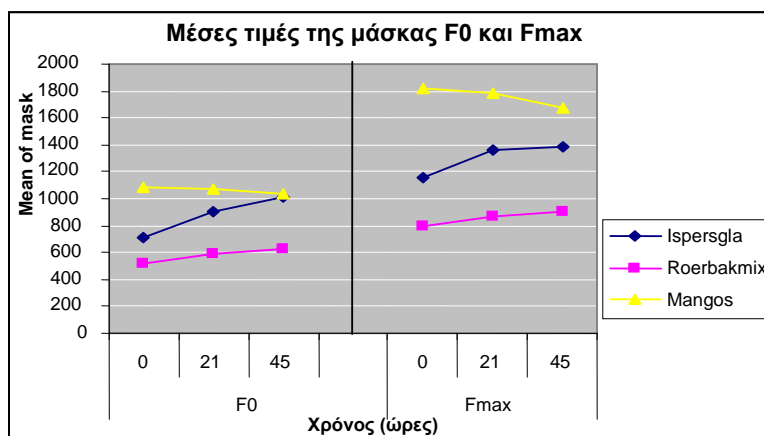
αποτελέσματα εδώ φαίνεται ότι τα περιεχόμενα του «Ijspersgsla» πακέτου να είναι πιο ευαίσθητα και να χάνουν πιο γρήγορα την ποιότητά τους κατά την αποθήκευσή τους από το πακέτο «Roerbak mix» (γράφημα 5). Οι τιμές φθορισμού αυξάνονται για τα ανάμικτα λαχανικά, ενώ αντιθέτως ο φθορισμός των μάνγκο ελαττώνονται με την αποθήκευση.



Εικόνα 6: RGB, F₀, F_{max} and PA εικόνες για ανάμικτα, τεμαχισμένα λαχανικά.



Γράφημα 5: Φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε πακεταρισμένα τεμαχισμένα και ανάμικτα λαχανικά (Ijspersgsla, roerbak mix)

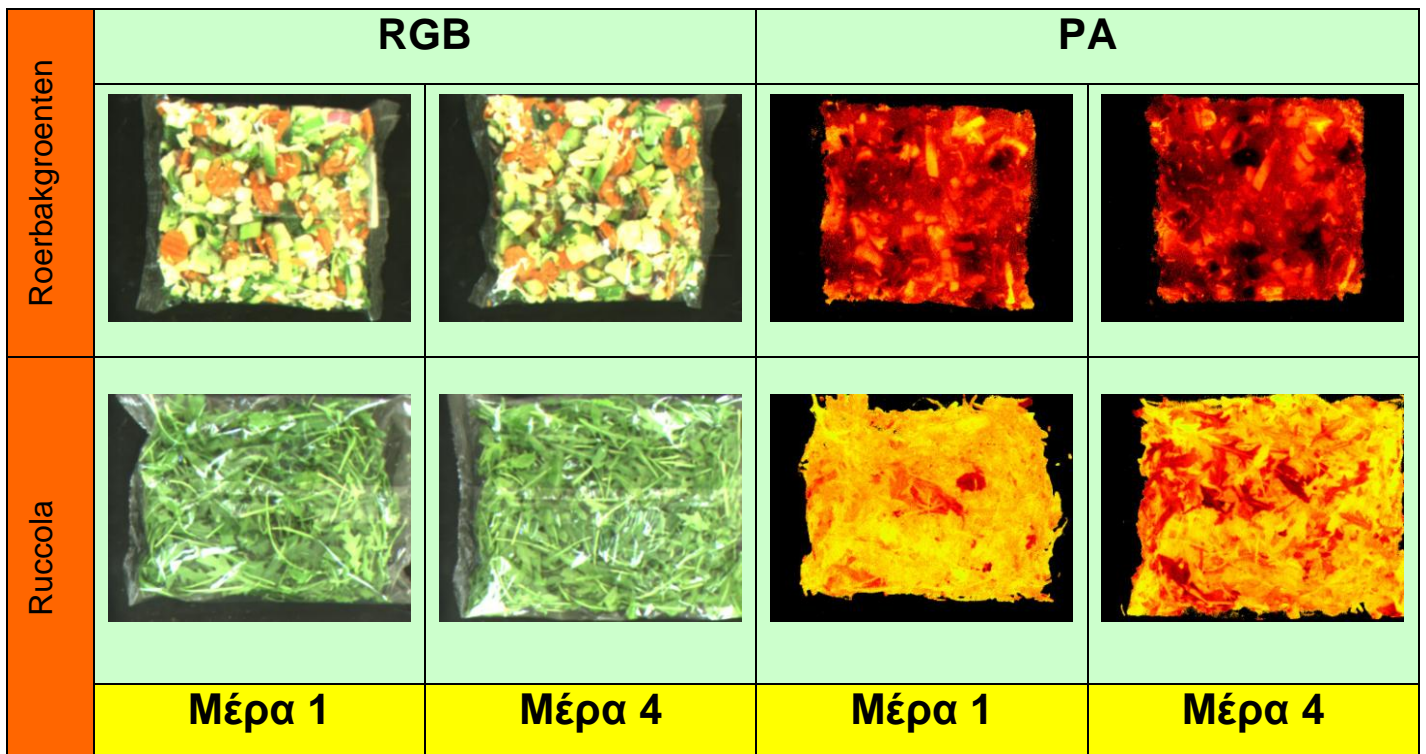


Γράφημα 6: Μέσο ποσοστό της μάσκας για F_0 and F_{max} σε διάφορα προϊόντα.

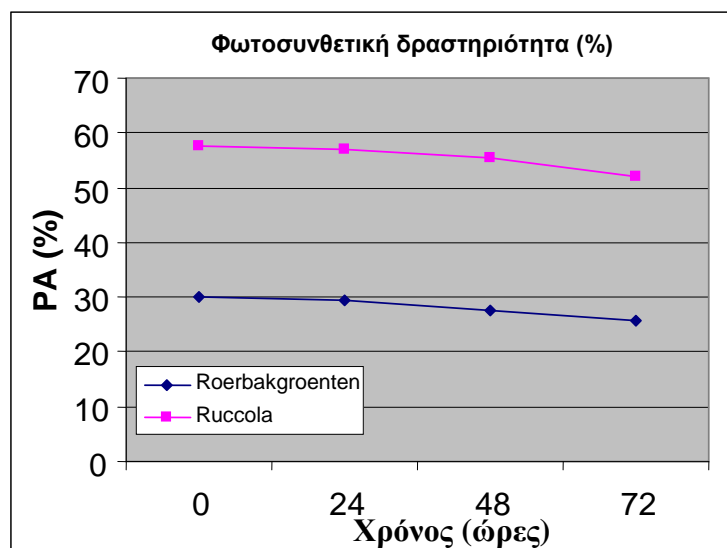
4. Οι τελευταίες μετρήσεις με το MIPS έγιναν σε ένα πακέτο «Roerbakgroenten» και σε ένα πακέτο «Rucolla» (εικόνα 7). Η ημερομηνία που αγοράστηκαν ήταν η ίδια και για τα δύο, όπως και η ημερομηνία λήξης τους (06/02/2007 και 09/02/2007 αντίστοιχα). Οι ρυθμίσεις της κάμερας ήταν:

- Για το πακέτο «Roerbakgroenten»: Integrate gray 15 sec, integrate RGB 110/75/95, stretch factor 9.0, mask level 200 και PA factor 1.4.
- Για το πακέτο “Rucolla”: Integrate gray 10 sec, integrate RGB 180/115/160, stretch factor 6.0, mask level 300 and PA factor 1.4.

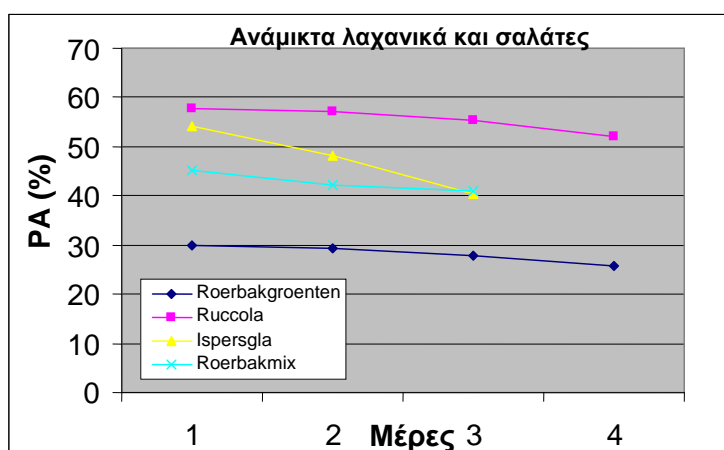
Παρομοίως με τα προηγούμενα αποτελέσματα, παρατηρήθηκε ότι το πακέτο με περισσότερο «πράσινα» συστατικά (Rucolla), παρόλα που είχε μεγαλύτερο ποσοστό PA από τα ανάμικτα λαχανικά, χάνει πιο γρήγορα την φωτοσυνθετική δραστηριότητα και συνεπώς την ποιότητά του (γράφημα 7). Συγκρίνοντας όλα τα αποτελέσματα στο γράφημα 8, μπορούμε να υποθέσουμε ότι τα ανάμικτα λαχανικά, είναι λιγότερο ευαίσθητα κατά την αποθήκευση από τα ομοειδή λαχανικά. Προηγούμενες μελέτες απέδειξαν επίσης ότι παίζει σημαντικό ρόλο και το μέγεθος στο οποίο έχουν κοπεί τα λαχανικά, άρα δεν μπορεί να είναι ακριβής υπόθεση, αλλά μια γενική παρατήρηση σε αυτά τα αποτελέσματα.



Εικόνα 7: «Ruccola» και «roerbakgroenten» RGB και PA εικόνες την πρώτη και τελευταία μέρα.



Γράφημα 7: Φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε πακεταρισμένα τεμαχισμένα και ανάμικτα λαχανικά (Ruccola, roerbakgroenten)



Γράφημα 8: Φωτοσυνθετική δραστηριότητα σε όλα τα πακεταρισμένα, τεμαχισμένα και ανάμικτα λαχανικά (Rucolla, roerbakgroenten, Ispersgla, roerbakmix)

Αποτελέσματα φασματογράφου φθορισμού

Οι ρυθμίσεις του φασματογράφου φθορισμού ήταν οι ίδιες για όλες τις ρυθμίσεις. Συγκεκριμένα ήταν οι εξής:

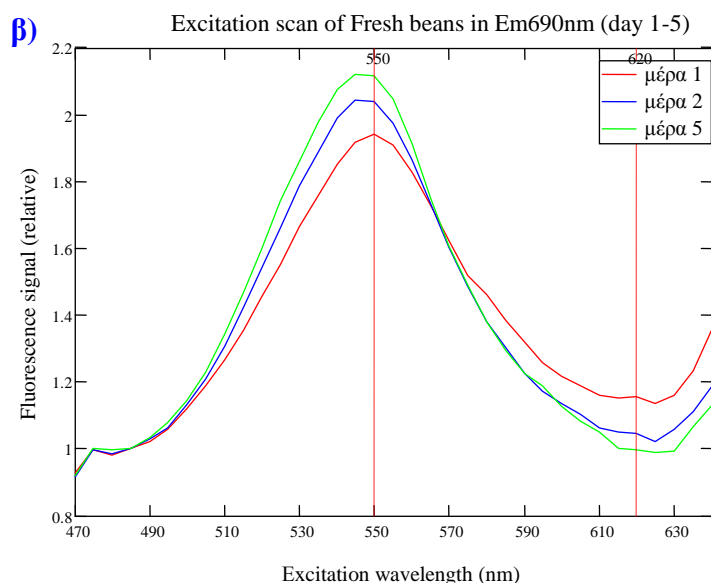
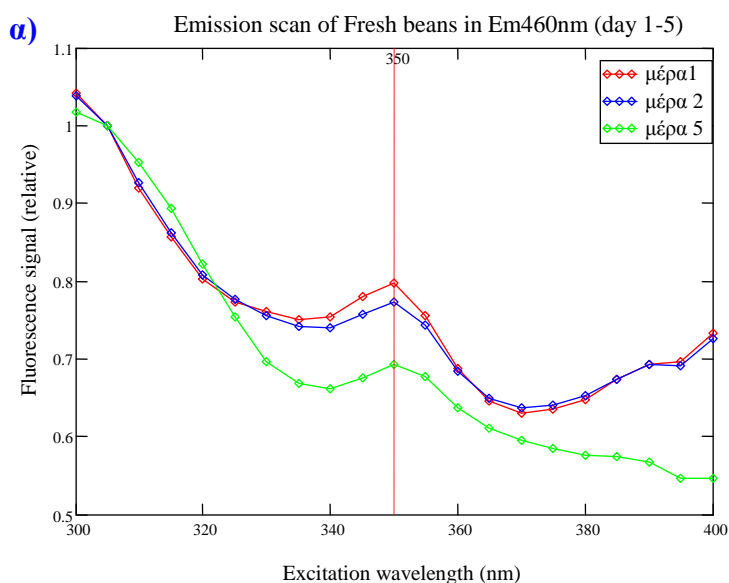
1. Band width για excitation slit 5.0 nm
2. Band width για emission slit 5.0 nm,
3. Sensitivity high
4. Scan speed 3.3 nm/sec (slow)
5. Response 0.5 sec
6. Sampling PMT mean of 10
7. Interval 500 msec
8. Delay Em / Exc change 2000 msec.

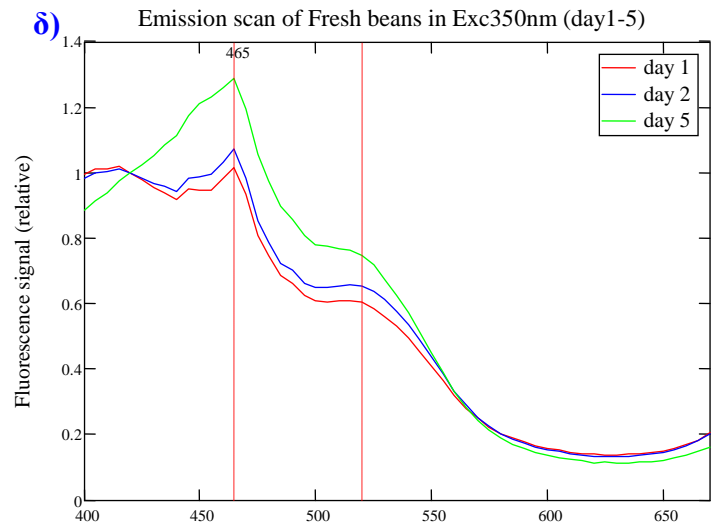
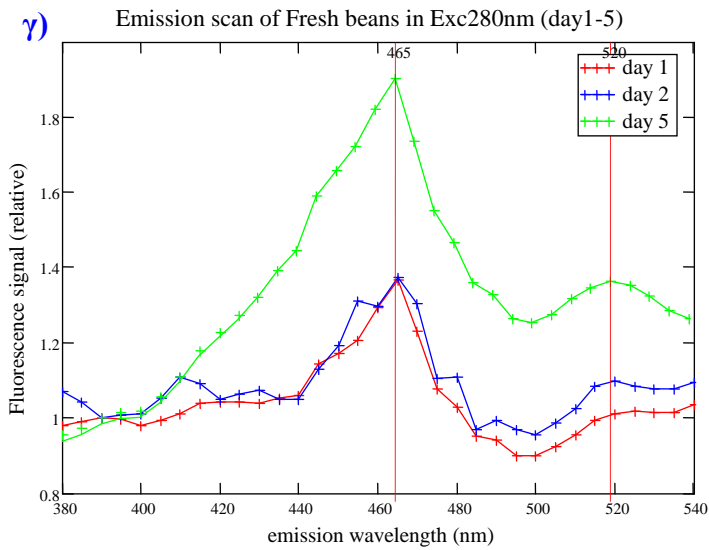
Τα προϊόντα που μετρήθηκαν ήταν τομάτες, τοματίνια, φρέσκα φασολάκια και ένα πακέτο με τεμαχισμένα λάχανο, καρότο και κόκκινο λάχανο. Όλα τα λαχανικά αποθηκεύονταν σε παρόμοιες συνθήκες αποθήκευσης, όπως στο σούπερ μάρκετ. Όλες οι μετρήσεις έγιναν σε θερμοκρασία δωματίου. Το πακέτο με το λάχανο, το καρότο και το κόκκινο λάχανο, χρειάστηκε να καταστραφεί το πακέτο για να μετρηθούν τα τεμαχισμένα κομμάτια. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στην συνέχεια πιο αναλυτικά.

i) Φασολάκια φρέσκα

Πέντε φρέσκα φασολάκια, ως δείγματα μετρήθηκαν την πρώτη, δεύτερη και πέμπτη μέρα. Η θέση των δειγμάτων ήταν η ίδια για κάθε μέρα και κάθε μέτρηση. Τα παρακάτω γραφήματα εξομαλύνθηκαν (normalized) και κάθε καμπύλη είναι ο μέσος όρος των τιμών όλων των δειγμάτων, με το πρόγραμμα MathCAD 13. Όλες οι τιμές από όλα τα δείγματα, προστέθηκαν και κατόπιν διαιρέθηκαν δια τον αριθμό των δειγμάτων. Οι μέσες τιμές που προέκυψαν, διαιρέθηκαν με μια συγκεκριμένη τιμή (εκτός κορυφών της γραφικής παράστασης) για κάθε μέρα. Οι μετρήσεις ήταν ανιχνεύσεις διέγερσης (excitation scan) και εκπομπής (emission scan) φθορισμού σε διάφορα μήκη κύματος και τα γραφήματα που παραθέτονται παρακάτω ήταν τα πιο ενδιαφέροντα.

Οι κορυφές στην μπλε και πράσινη περιοχή στο «excitation scan» αναμένονταν (γράφημα 9δ), λόγω προηγούμενων πειραμάτων, κυρίως σε φύλλα. Είναι εμφανές ωστόσο, ότι το παρόμοια αποτελέσματα έχουμε και για τα φρούτα. Το σήμα εκπομπής φθορισμού, αυξάνεται με το πέρασμα του χρόνου (γράφημα 9γ, 9δ) και το σήμα διέγερσης φθορισμού αντιθέτως ελαττώνεται (γράφημα 9α). Στο γράφημα 9β πιθανότατα, για το σήμα εκπομπής φθορισμού στα 690 nm να είναι υπεύθυνη η χλωροφύλλη. Ακόμη στην κορυφή στα 550 nm διέγερσης φθορισμού, υποδεικνύει ότι η χλωροφύλλη μπορεί να εκπέμπει φθορισμό, εάν επίσης η διέγερση βρίσκεται εντός του ορατού φάσματος. Φαινολικές ουσίες και η βερβερίνη αντίστοιχα, φθορίζουν σε αυτές τις περιοχές (M. Lang and F. Stober) για τα φρέσκα φασολάκια.



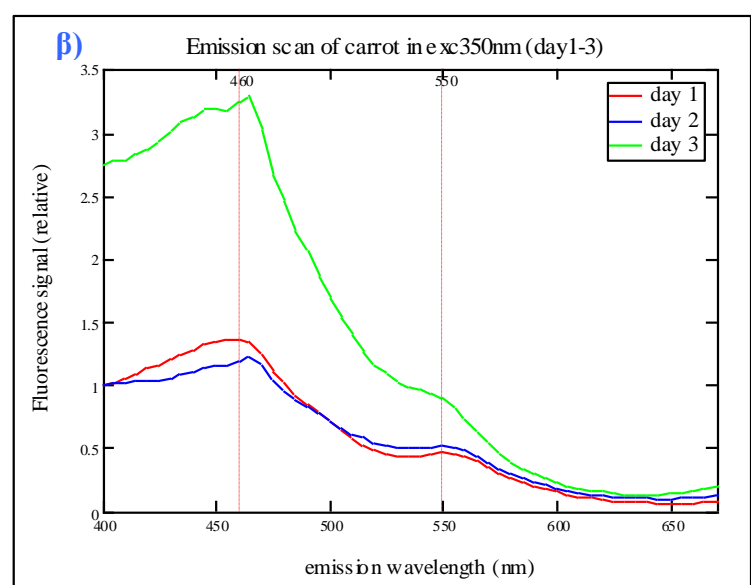
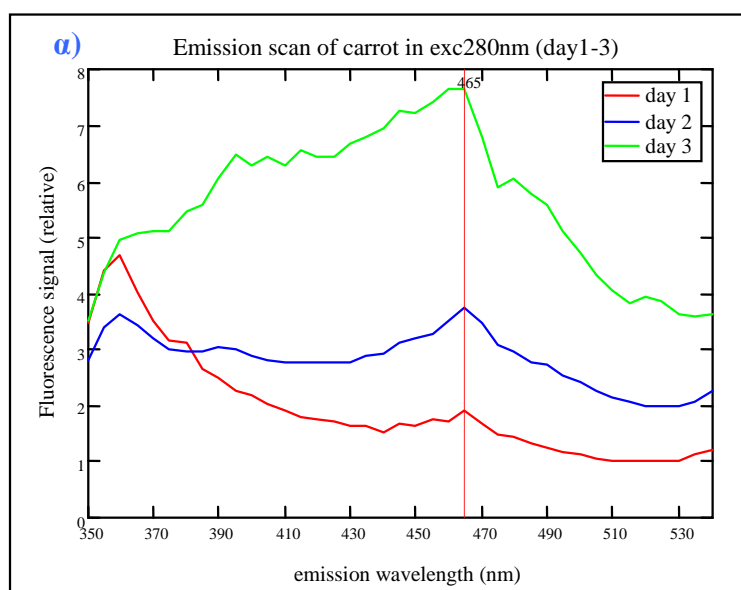


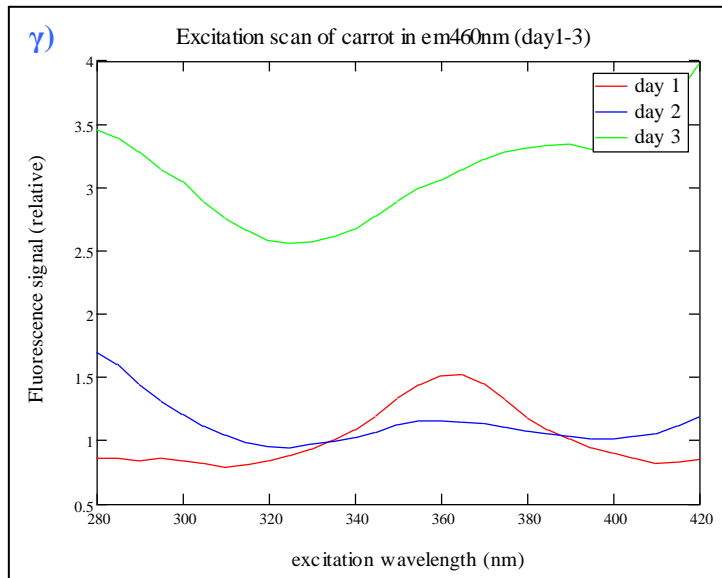
Γράφημα 9: Ανίχνευση διέγερσης φθορισμού σε φασολάκια στα μήκη κύματος εκπομπής: α) $\lambda_{em}= 460 \text{ nm}$, β) $\lambda_{em}= 690 \text{ nm}$ και ανίχνευση εκπομπής φθορισμού με μήκος κύματος διέγερσης: γ) $\lambda_{exc}= 280 \text{ nm}$, δ) $\lambda_{exc}= 350 \text{ nm}$. (Το σχετικό σήμα φθορισμού μετρείται την πρώτη, δεύτερη και πέμπτη μέρα.

ii) Ανάμικτα λαχανικά(καρότο, λάχανο, κόκκινο λάχανο)

Σε αυτές τις μετρήσεις το πακέτο ανοίχτηκε και τα δείγματα ήταν διαφορετικά κάθε φορά από το πακέτο. Το πακέτο αποθηκευόταν σε ψυγείο και οι μετρήσεις έγιναν για τρεις μέρες. Τα γραφήματα επεξεργάστηκαν και αναλυθήκαν με το ίδιο πρόγραμμα όπως και στο προηγούμενο πείραμα (MathCAD) και με την ίδια μέθοδο.

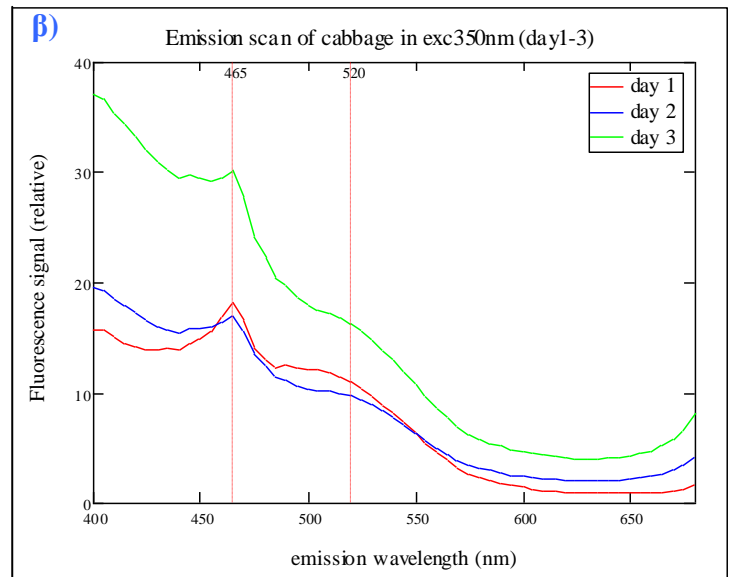
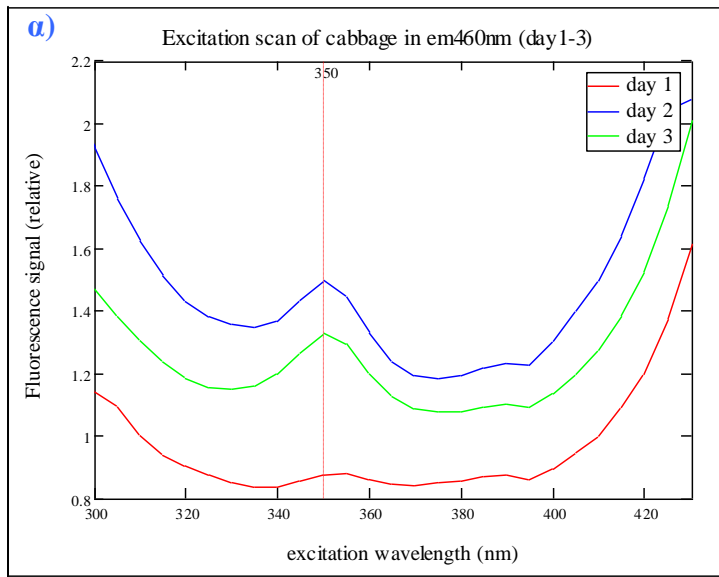
Καρότο





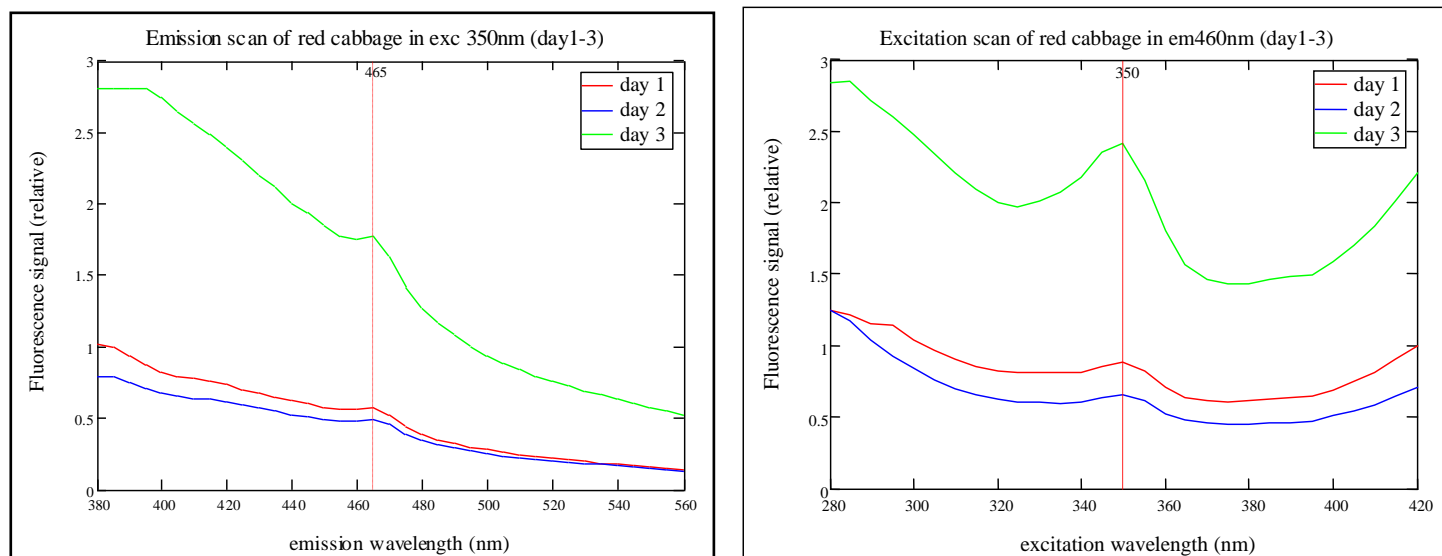
Γράφημα 10: Ανίχνευση εκπομπής φθορισμού του καρότου με μήκος κύματος: α) $\lambda_{exc} = 280 \text{ nm}$, β) $\lambda_{exc} = 280 \text{ nm}$ και ανίχνευση διέγερσης με μήκος κύματος εκπομπής γ) $\lambda_{em} = 460 \text{ nm}$.

Λάχανο



Γράφημα 11: Ανίχνευση διέγερσης φθορισμού του λάχανου με μηκό 'ς κύματος εκπομπής α) $\lambda_{em} = 460 \text{ nm}$ (αριστερά) και ανίχνευση εκπομπής φθορισμού με μήκος κύματος διέγερσης β) $exc = 350 \text{ nm}$ (δεξιά).

Κόκκινο λάχανο

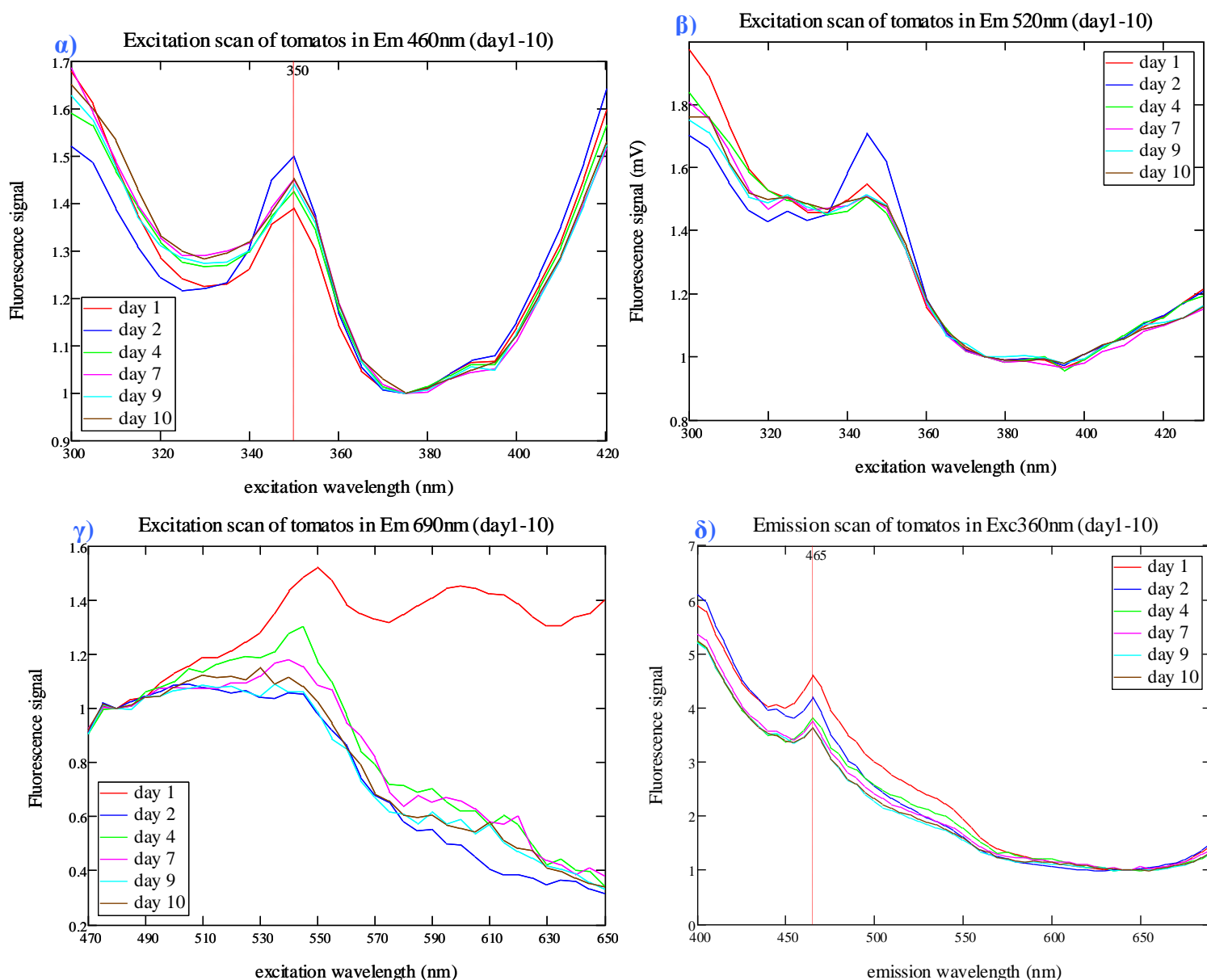


Γράφημα 12: Ανίχνευση εκπομπής φθορισμού για το κόκκινο λάχανο με μήκος κύματος διέγερσης α) $\lambda_{exc}=350\text{ nm}$ (αριστερά) και ανίχνευση διέγερσης φθορισμού με μήκος κύματος εκπομπής β) $\lambda_{em} = 460\text{ nm}$ (right).

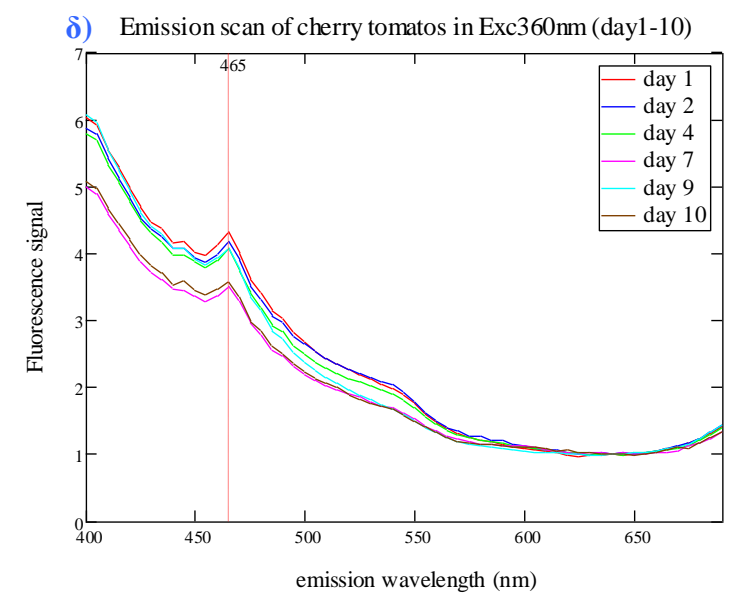
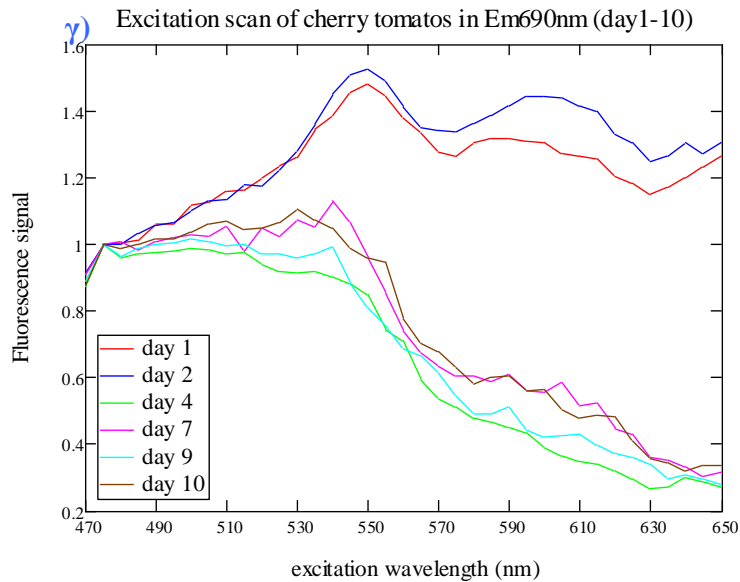
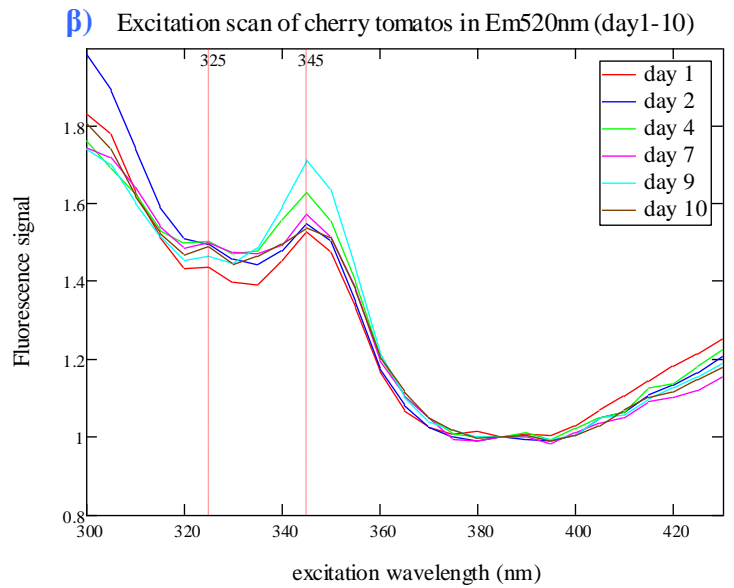
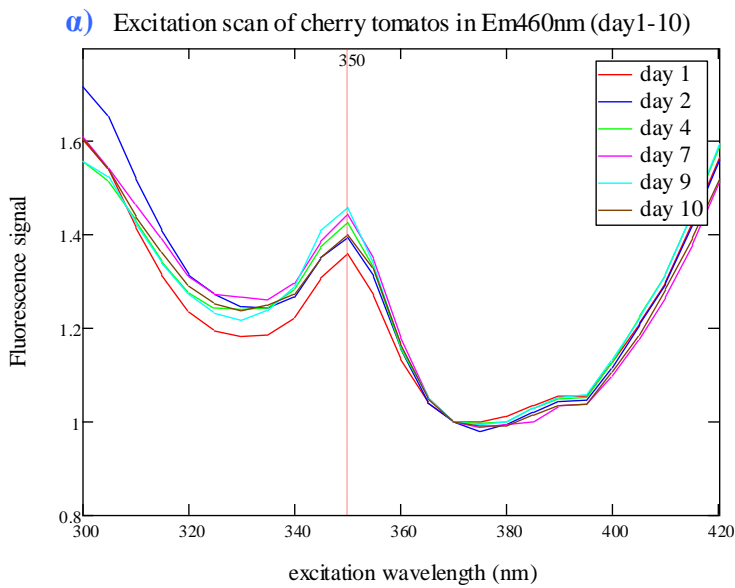
Τα αποτελέσματα σε αυτό το πείραμα είναι παρόμοια με τα προηγούμενα πειράματα. Όπως φαίνεται από τα γραφήματα, το σήμα εκπομπής φθορισμού όταν τα δείγματα διεγείρονται με υπεριώδης ακτίνες (εδώ 350 nm και 280 nm στο καρότο) αυξάνεται με το χρόνο. Υποθέτουμε ότι τα καροτενοειδή είναι υπεύθυνα για τον εκπέμπων φθορισμό, μεταξύ των άλλων ενώσεων, σε αυτές τις περιοχές για το καρότο και το λάχανο και ότι εκπέμπουν φθορισμό (*Lai et al., 2006*). Στις ανιχνεύσεις διέγερσης, οι κορυφές των γραφικών παραστάσεων, είναι σχεδόν πάντα στα 350 nm διέγερσης, το οποίο επιβεβαιώνει επίσης την ορθότητα των ανιχνεύσεων εκπομπής φθορισμού. Το κόκκινο λάχανο δεν εκπέμπει φθορισμό στην πράσινη περιοχή (στα 520 nm) (*γράφημα 12*). Επίσης οι ανθοκυανίνες εκπέμπουν φθορισμό μετά από διέγερση στα 300-460 nm σε αυτήν την περιοχή και επιπλέον είναι μια ένωση η οποία είναι άφθονη στο κόκκινο λάχανο (*Drabent et al*).

iii) Τομάτα και τοματίνια

Δύο τομάτες και ένα πακέτο με τοματίνια αγοράστηκαν από ράφι του σούπερ μάρκετ. Οι μετρήσεις έγιναν με τις ίδιες ρυθμίσεις όπως και στα προηγούμενα πειράματα. Η διάρκεια των μετρήσεων ήταν 10 μέρες και συνολικά έγιναν 7 μετρήσεις σε διαφορετικά μήκη κύματος διέγερσης και εκπομπής φθορισμού. Τα παρακάτω γραφήματα είναι από δυο τομάτες και από τέσσερα τοματίνια αποθηκευμένα σε θερμοκρασία δωματίου.



Γράφημα 13: Ανίχνευση διέγερσης φθορισμού τομάτας (επάνω) και τοματίνιων (από κάτω) με μήκος κύματος εκπομπής α) $\lambda_{em} = 460 \text{ nm}$, β) $\lambda_{em} = 520 \text{ nm}$ και γ) $\lambda_{em} = 690 \text{ nm}$. δ) ανίχνευση εκπομπής φθορισμού με μήκος κύματος διέγερσης $\lambda_{exc} = 360 \text{ nm}$.



Σε αυτά τα αποτελέσματα και στις ανιχνεύσεις εκπομπής φθορισμού, οι κορυφές των γραφικών παραστάσεων είναι στα 465 nm όπως και στα προηγούμενα αποτελέσματα, αλλά στις τομάτες, το σήμα φθορισμού μειώνεται (γράφημα 13δ). Εμφανίζεται επίσης μια μικρή κορυφή στα 540 nm. Σύμφωνα με τους *Lai et al.* οι ανθοκυανίνες με εκπομπή στην περιοχή κοντά στα 450 nm και κάτω από διέγερση με 355 nm μπορεί να είναι οι χρωστικές οι οποίες φθορίζουν.

Στο γράφημα 13β, μια μικρή κορυφή φαίνεται στο μήκος κύματος των 325 nm εκτός από την κορυφή στα 350 nm. Αυτό μπορεί να είναι τεχνικό λάθος (artifact), αλλά το γεγονός ότι εμφανίζεται σε κάθε καμπύλη και στις δύο ποικιλίες τοματών υποδεικνύει ότι μπορεί να μην είναι λάθος.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Δύο μη καταστροφικές μέθοδοι εφαρμόστηκαν για ορισμένα προϊόντα, για την εκτίμηση της ποιότητάς τους. Με την μέθοδο του MIPS και εκμεταλλευόμενοι τις ιδιότητες φθορισμού των φρούτων και λαχανικών, μπορούμε εύκολα να εντοπίσουμε την μείωση της ποιότητας, εστιάζοντας κυρίως στην μείωση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας.

Στα πειράματα με το «MIPS cabinet» μπορούμε να δούμε την απόδοση της φωτοσύνθεσης, μέσω του φθορισμού χλωροφύλλης και μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αυτήν την παράμετρο ως ένα πολύ αποτελεσματικό τρόπο για την εκτίμηση της ποιότητας του προϊόντος. Είναι εμφανές ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλά προϊόντα, ειδικότερα σε αυτά τα οποία περιέχουν χλωροφύλλη.

Στην [εικόνα 4](#) και στο [γράφημα 2](#) είναι εμφανές ότι η φωτοσυνθετική δραστηριότητα ελαττώνεται γρηγορότερα στο μπρόκολο, συγκρινόμενο με προϊόντα όπως το κολοκύθι και το μήλο, στα οποία η αποθήκευση δεν είναι τόσο ευαίσθητη. Επίσης, παρόλο που μια μερική σήψη ήταν ορατή την τελευταία μέρα στο μπρόκολο, ήταν πολύ εύκολο να εντοπιστεί νωρίτερα, με την βοήθεια των εικόνων PA και φθορισμού. Ακόμη εάν συγκρίνουμε το βιολογικό μάνγκο με το κοινό μάνγκο ([γράφημα 4](#)) παρατηρούμε ότι το βιολογικό χάνει την φωτοσυνθετική του δραστηριότητα πιο γρήγορα αλλά είναι εμφανές ότι έχει καλύτερη εξωτερική εμφάνιση από το κοινό μάνγκο. Επιπλέον το κοινό μάνγκο είχε περισσότερους μώλωπες και «ζαρωμένη» εμφάνιση από το βιολογικό, στο τέλος του πειράματος.

Στα τεμαχισμένα λαχανικά είναι άξιο προσοχής οι διαφορές μεταξύ τους, διότι παρατηρείται ότι τα ανάμικτα λαχανικά τα οποία αποτελούνται από πολλά διαφορετικά είδη για παράδειγμα (Roerbakmix) δεν είναι τόσο ευαίσθητα στην αποθήκευση όπως τα ανάμικτα, αλλά ομοειδή λαχανικά. Αυτή η υπόθεση δεν είναι τόσο έγκυρη, γιατί εξαρτάται επίσης και από το μέγεθος των τεμαχισμένων λαχανικών. Παρόλα αυτά, στο [γράφημα 8](#) φαίνεται ότι τα ανάμικτα λαχανικά είναι με λιγότερη φωτοσυνθετική δραστηριότητα αλλά με μια πιο σταθερή μείωση από την «Ijspergsla» αλλά δεν παρατηρείτε τόσο εύκολα στην «Rucolla».

Έτσι γενικά, με αυτή την μέθοδο μπορούμε γρήγορα να παρατηρήσουμε συμπτώματα και προσβολές στον καρπό, αλλά επίσης την και απώλεια της ποιότητας

από την αποδόμηση της χλωροφύλλης σε άλλες ενώσεις (για παράδειγμα σε καροτενοειδή) και σάκχαρα κυρίως. Ο εντοπισμός αυτών των ενώσεων δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί με αυτή την μέθοδο. Συνεπώς αυτή η μέθοδος δεν είναι τόσο κατάλληλη για ορισμένα προϊόντα, τα οποία περιέχουν άλλες ενώσεις εκτός της χλωροφύλλης όταν είναι έτοιμα να καταναλωθούν (για παράδειγμα τομάτες) ή για προϊόντα με καθόλου ή μικρή ποσότητα χλωροφύλλης (για παράδειγμα πατάτες, κίτρινες και κόκκινες πιπεριές).

Ο φασματογράφος φθορισμού χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό όλων των ενώσεων που φθορίζουν, περιλαμβάνοντας την χλωροφύλλη και χωρίς να καταστραφεί το προϊόν. Οι φασματικές περιοχές ήταν στην μπλε και πράσινη περιοχή και σε μερικές περιπτώσεις στην κόκκινη για την χλωροφύλλη. Οι περισσότερες έρευνες και πειράματα στην μπλε-πράσινη και κόκκινη-μακρά κόκκινη περιοχή είναι κυρίως για τα φύλλα των φυτών, αλλά μπορεί να εφαρμοστεί και για φρούτα και λαχανικά.

Φάσματα εκπομπής μπλε φθορισμού (Blue Fluorescence, BF) και πράσινου φθορισμού (Green Fluorescence, GF), φαίνεται να είναι ένα ανάμικτο σήμα που συντίθεται από εκπομπή φθορισμού πολλών ουσιών του φυτικού χυμοτοπίου και των κυτταρικών τοιχωμάτων της επιδερμίδας. Οι υποψήφιοι για την εκπομπή BF (λ_{\max} κοντά στα 450 nm) είναι οι φαινολικές ουσίες όπως το χλωρογενικό οξύ, καφεϊκό οξύ, κουμαρινών και άλλων. Η εκπομπή GF (λ_{\max} κοντά στα 530 nm) φαίνεται να προέρχεται από ουσίες όπως η αλκαλοειδή βερβερίνη και κουερκετίνη (*M. Lang και F. Stober, 1991*).

Στο [γράφημα 9γ και 9δ](#) μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι το σήμα φθορισμού αυξάνεται με τον χρόνο στις ζώνες εκπομπής στην μπλε (κορυφή στα 465 nm) και στην πράσινη (κορυφή στα 520nm) καθώς ο χρόνος περνάει. Ο *C. Buschmann* λέει ότι ο μπλέ και πράσινος φθορισμός είναι σταθερά με το πέρασμα του χρόνου, εφόσον δεν υπάρχει αλλαγή στην συγκέντρωση χρωστικών ή στα οπτικά του δείγματος. Μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η συγκέντρωση χρωστικών στα φασολάκια είναι υπεύθυνα για την αύξηση του σήματος φθορισμού συναρτήσει του χρόνου ([γράφημα 9γ και 9δ](#)).

Παρόμοια αποτελέσματα αποκτήθηκαν από τα κομμάτια των ανάμικτων λαχανικών: καρότου, λάχανου και κόκκινου λάχανου ([γραφήματα 10, 11 και 12](#)). Στο καρότο ([γράφημα 10](#)) και σύμφωνα με τους *Lai et al.*(2006), υποθέτουμε ότι τα καροτενοειδή είναι υπεύθυνα για το εκπέμπων φθορισμό ανάμεσα στις άλλες ενώσεις

σε αυτήν την περιοχή. Το ίδιο για το λάχανο και το κόκκινο λάχανο (γράφημα 11 και 2) αντίστοιχα, με την μόνη διαφορά ότι στο κόκκινο λάχανο δεν υπάρχει εκπομπή φθορισμού με κορυφή στα 520 nm. Οι Drabent et al.,(1999) λέει ότι στο κόκκινο λάχανο, εκτός των ανθοκυανών με χαρακτηριστική απορρόφηση στα περίπου 580 nm, ανθοκυανίνες υπάρχουν οι οποίες απορροφούν στα βραχέα μήκη κύματος φασματικές περιοχές (300-460 nm) και εμφανίζουν φθορισμό όταν διεγερθούν σε αυτήν την περιοχή.

Είναι γνωστό ότι η ωρίμανση της τομάτας εμπεριέχει ένα αριθμό από φυσιολογικές διαδικασίες, που περιέχουν την ορατή αποδόμηση της χλωροφύλλης και την σύνθεση καροτενοειδών με μεγάλη συσσώρευση αντιοξειδωτικών ενώσεων όπως η λυκοπίνη και β καροτίνη. Στις τομάτες και τα τοματίνια (γράφημα 13δ) φαίνεται πως το σήμα εκπομπής φθορισμού στα 465 nm, μειώνεται με τον χρόνο. Σύμφωνα με τους *Lai et al.*, οι ανθοκυανίνες με ζώνη εκπομπής κοντά στα 450 nm όπως στο γράφημα 13δ με διέγερση στα 355 nm, μπορεί να είναι οι χρωστικές που φθορίζουν.

Τελικώς τα μειονεκτήματα της τελευταίας μεθόδου είναι πολλά, ειδικότερα όταν θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε τις ζώνες φθορισμού σαν «ενδείξεις» για συγκεκριμένα είδη χρωστικών και ουσιών. Σύμφωνα με τους *Drabent et al.*,(1999) είναι:

- Η επικάλυψη του φάσματος φθορισμού (overlapping)
- Οι κοινές περιοχές διέγερσης για περισσότερα από ένα είδος
- Τα φαινόμενα επαναπορρόφησης (re-absorption) και επανεκπομπής (re-emission)
- Η μεταφορά ενέργειας αντήχησης (resonance energy transfer)
- Το σβήσιμο (quenching)
- Ο διπλός φθορισμός (dual fluorescence)

Επιπλέον η ένταση του φθορισμού εξαρτάται όχι μόνο στην συγκέντρωση των ουσιών που εκπέμπουν φθορισμό, αλλά και σε μεγάλο βαθμό στις οπτικές ιδιότητες των δειγμάτων. Μέρος αυτών των προβλημάτων μπορούν να λυθούν με διπλής ταξινόμησης μονοχρωματικών φασματογράφων (double-grating monochromator) και με εμπρόσθιο εντοπισμό του φθορισμού (front-detection of fluorescence). Άλλος ένας παράγοντας που επηρεάζει τον φθορισμό χλωροφύλλης είναι ο ανταγωνισμός μεταξύ ακτινοβολικής (φθορισμός) και μη ακτινοβολικής (θερμότητας) ανα- διεγερτικής διαδικασίας,

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Δύο μέθοδοι βασιζόμενοι στον φθορισμό και στην φασματοσκοπία, αξιολογήθηκαν με αυτά τα πειράματα. Τελικώς επιβεβαιώθηκε ότι η μέθοδος με το MIPS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ορισμένα προϊόντα, ειδικά εκείνα που περιέχουν χλωροφύλλη, για την εκτίμηση της ποιότητας με την απώλεια της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας. Η μέθοδος αυτή μπορεί να εντοπίζει ανωμαλίες και προσβολές, ακόμη και όταν δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι διότι κάνει ανάλυση εικόνων RGB, φθορισμού και φωτοσυνθετικής δραστηριότητας, αντίθετα με τον φασματογράφο όπου δεν είναι εντοπίσιμα.

Επιπρόσθετα, η διέγερση στην περιοχή των υπέρυθρων μπορεί να μας δώσει παρόμοια αποτελέσματα με τα φύλλα και να εκπέμπουν και τα φρούτα και λαχανικά φθορισμό στην μπλε και πράσινη περιοχή (κοντά στα 460 και 520 nm, αντίστοιχα). Είναι εμφανές ότι υπάρχει μια συσχέτιση μεταξύ του φθορισμού και του χρόνου αποθήκευσης αλλά τα σήματα φθορισμού έχουν μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους χρησιμοποιώντας αυτόν τον φασματογράφο φθορισμού.

Περισσότερη έρευνα για τις ακριβή αλλαγές στην συγκέντρωση χρωστικών, θα μας επιτρέψει στο μέλλον να γνωρίζουμε τον ακριβή χρόνο συγκομιδής και κατανάλωσης. Γνωρίζοντας τα παραπάνω θα μπορούμε να πετύχουμε τις υψηλότερες διατροφικές αξίες και γεύση. Εάν με περισσότερη διερεύνηση μπορεί να επιτευχθεί συνδυασμός ανάλυσης εικόνων με φασματοσκοπικές μεθόδους και με πιο δυναμικές μεθόδους για το MIPS θα μπορούμε να έχουμε πολλές πληροφορίες και για πολύ περισσότερες παραμέτρους ποιότητας σε φρούτα και λαχανικά.

Γ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΓΕΝΙΚΑ

Στο μέρος αυτό, γίνεται μια παρουσίαση ορισμένων μηχανημάτων που βρίσκονται αυτήν την στιγμή στην αγορά και είναι διαθέσιμα από συγκεκριμένες εταιρίες. Με την παρουσίαση αυτή ορισμένων μηχανημάτων, δεν επιδιώκεται να καλυφθεί όλο το πεδίο των μηχανημάτων που κάνουν μη καταστροφικές μετρήσεις, αλλά να δοθεί στον αναγνώστη μια άποψη για ορισμένα από τα μηχανήματα που υπάρχουν αυτήν την στιγμή στην αγορά. Εύκολα μπορεί κάποιος να παρατηρήσει στα παρακάτω μηχανήματα, την τάση για συνδυασμό μεθόδων και για την προσπάθεια να προωθούνται μηχανήματα τα οποία να τείνουν προς την μέτρηση της ποιότητας, σε όσο το δυνατό περισσότερους παραμέτρους.

Τα περισσότερα μηχανήματα είναι γραμμικής (on line) παραγωγής αλλά και ορισμένα που είναι φορητά η χειρός. Ακόμη παρουσιάζονται και ορισμένες πρόσφατες εφευρέσεις οι οποίες δεν έχουν εμπορική αναγνώριση ακόμη και βρίσκονται σε πειραματικά στάδια , αλλά είναι σχεδόν σίγουρο ότι στο μέλλον θα είναι από τα μηχανήματα που θα διαδοθούν αρκετά γύρω από τις μη καταστροφικές μετρήσεις. Τα μηχανήματα είναι πατέντες των Ευρωπαϊκών εταιριών Aweta, Greefa αλλά και της Αμερικάνικης εταιρίας AGRI-TECH, Inc. (FMC Corp.).

1. AGRI-TECH, Inc (FMC Corp)

Η εταιρία μπόρεσε και ανέπτυξε ένα μηχάνημα, το οποίο ονόμασε «**Merlin vision sorting system**» (βραβείο ASAE AE50) για 100% επιθεώρηση ενός μεγάλου εύρους φρούτων και λαχανικών όπως μήλα, ροδάκινα, αχλάδια, τομάτες και εσπεριδοειδή. Μπορεί και ταξινομεί φρούτα ταυτόχρονα σε 8 ποιοτικούς βαθμούς, με μια ταχύτητα έως και 44 τόνους/ώρα. Χρησιμοποιείται ευρέως από εταιρίες στον Καναδά, τις Ηνωμένες Πολιτείες και άλλες χώρες και βελτίωσε δραματικά την απόδοση του πακεταρίσματος φρούτων και την ποιότητα _ με τεράστια εξοικονόμηση εργασίας και με δημιουργία υψηλής τεχνογνωσίας, θέσεων εργασίας (ταξινομεί πάνω από το 45% των συνολικών μήλων των Η.Π.Α. κάθε χρόνο, την τελευταία δεκαετία).

Αφού το φρούτο έχει περάσει από την διαδικασία καθαρισμού, «κερώματος» και στεγνώματος καρπού, μεταφέρεται σε μια περιοχή ταξινόμησης για την εξέτασή του. Εκτός από το ταξινομητή-μεταφορέα, εργάτες εξετάζουν κάθε φρούτο, απομακρύνουν τα ελαττωματικά φρούτα ή ανεπιθύμητα αντικείμενα κτλ. Ένα μεταφορικό ράουλο χρησιμοποιείτε για να περιστρέφει το φρούτο για εξέταση της συνολικής επιφάνειας του φρούτου. Στο στάδιο αυτό οι εργάτες πραγματοποιούν λειτουργίες ταξινόμησης τις οποίες δεν μπορούν να κάνουν τα μηχανήματα.



Εικόνα 1: Σύστημα γραμμικής ταξινόμησης φρούτων με βάση την «τεχνητή όραση»

Σε μεγάλες εταιρείες τυποποίησης, μηχανήματα ταξινόμησης που χρησιμοποιούν «τεχνητή όραση» εγκαθίστανται για να ταξινομήσουν φρούτα σε διαφορετικούς βαθμούς βασιζόμενοι στο βάρος, μέγεθος, χρώμα, σχήμα, στις ατέλειες και σε άλλους παραμέτρους. Ένα τυπικό μηχάνημα ταξινόμησης φρούτων με «τεχνητή όραση» φαίνεται στην [εικόνα 1](#). Στα ράουλα μεταφοράς τα φρούτα απομονώνονται ώστε να μπορούν να χειριστούν κάθε ένα ξεχωριστά. Συνήθως το φρούτο περιστρέφεται στα ράουλα καθώς περνάει από το «θάλαμο όρασης». Μέσα στον θάλαμο, βιντεοκάμερες παίρνουν μια ή και περισσότερες φωτογραφίες από το κάθε φρούτο. Συνδεδεμένα με κάθε κάμερα είναι ένα κομπιούτερ με ένα ψηφιακό επεξεργαστή εικόνων όπου επεξεργάζεται την εικόνα αμέσως. Η πληροφορία συνδυάζεται με τις πληροφορίες από άλλους αισθητήρες, σε πολλές περιπτώσεις βάρους, και κάθε φρούτο ξεχωριστά προσδιορίζεται με ένα βαθμό βασιζόμενο στις πληροφορίες αυτές, σε σύγκριση με τους παραμέτρους ταξινόμησης που καθορίζονται από τον χειριστή. Στην [εικόνα 2](#) φαίνεται μια τέτοια τυπική κονσόλα ελέγχου. Έρευνα και βελτίωση στις μη καταστροφικές μεθόδους και αυτοματοποιημένη ταξινόμηση σύμφωνα με ποιοτικούς παραμέτρους όπως εσωτερικές και εξωτερικές ατέλειες, οξύτητα, διαλυτά στερεά, σταθερότητα καρπού και άλλοι παράμετροι είναι ακόμη συνεχή προσπάθεια στο επιστημονική και μηχανική κοινότητα.



[Εικόνα 2](#): Κονσόλα ελέγχου

Μετά την βαθμονόμηση το φρούτο μεταφέρεται με μια μηχανική ταξινομική μηχανή η οποία «αδειάζει» το φρούτο σε πολλές διαφορετικές θέσεις κατά μήκος. Το μέρος «πτώσης» για κάθε φρούτο ξεχωριστά καθορίζεται από τον χειριστή βασιζόμενος στον βαθμό του και ανάλογα με το μέρος που πρέπει να πακεταριστεί. Όταν το φρούτο φτάσει την κατάλληλη θέση απομακρύνεται από το μηχάνημα ταξινόμησης με ορισμένες μεθόδους. Γενικά το φρούτο μεταφέρεται σε θύλακες ή θήκες που μπορούν να περιστραφούν μπρος πίσω, να περιστραφούν στο πλάι ή να ακινητοποιηθούν για να αναγκάσουν το φρούτο να πέσει. Σε μερικές περιπτώσεις ένας εξολκέας χρησιμοποιείται για να αναγκάσει το φρούτο να πέσει. Στην συνέχεια πέφτει σε ένα μεταφορέα ο οποίος μεταφέρει το φρούτο στην θέση πακεταρίσματος. Ο μηχανισμός για την απελευθέρωση είναι προσεχτικά κατασκευασμένα για να ελαχιστοποιήσουν τις ζημιές στα φρούτα. Απλές μαλακές επιφάνειες, βούρτσες και/ή ράμπες χρησιμοποιούνται επίσης για να μειώσουν την επαφή των φρούτων μεταξύ τους και του μεταφορέα συλλογής. Ο ελεγχόμενος υπολογιστής του ταξινομικού μηχανήματος δίνει στα τυποποιητήρια την δυνατότητα να ταξινομεί τα φρούτα ανάλογα με τις διαφορετικές απαιτήσεις των πελατών. Μεγάλες γραμμές πακεταρίσματος μήλων ορισμένες φορές παρέχουν την ικανότητα διαχωρισμού φρούτων σε 64 η και περισσότερες κατηγορίες.







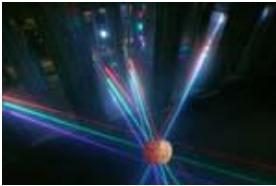
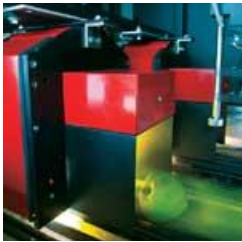

2. AWETA B.V.

Η εταιρία Aweta B.V. είναι ειδικευμένη στην εκτενή δημιουργία και παραγωγή μονάδων ταξινόμησης και τυποποίησης για πολλά φρούτα, λαχανικά ακόμη και λουλούδια. Εδρεύει στο Nootdorp της Ολλανδίας και άρχισε να κατασκευάζει μηχανήματα από το 1966 για τους ντόπιους κατόχους θερμοκηπίων. Αυτή την στιγμή είναι μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες στον τομέα αυτό,

παγκοσμίως. Παρακάτω παρατίθενται εικόνες από τα προϊόντα και τον τρόπο επεξεργασίας τους ώστε να είναι έτοιμα για πώληση. Οι πίνακες χωρίζονται σε μηχανήματα για φρούτα, λαχανικά και άνθη.

2.1 Φρούτα

2.1.1 Μήλα

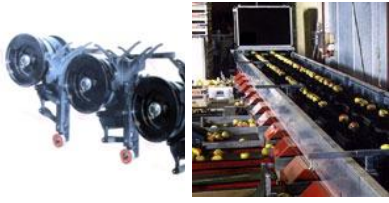



1. Γραμμική ταξινόμηση μήλων	
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός τροφοδοσίας 	
<ul style="list-style-type: none"> • Calistar 	 
<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision*¹ - IQA*² - AFS*³ 	 
<ul style="list-style-type: none"> • Κατανομή μήλων σε νερό 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε κάδο νερού 	
<ul style="list-style-type: none"> • Εντοπισμός - διαχωρισμός 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοματοποιημένο σύστημα στεγνώματος 	





2. Τυποποίηση μήλων	
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός τροφοδοσίας 	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	
<ul style="list-style-type: none"> • Calistar 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cup Sizer 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision - IQA - AFS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Μηχανήματα τυποποίησης: <ul style="list-style-type: none"> - Continuous Manual Tray Filler - Automatic Tray Fillers - Automatic Box Fillers - Rotaries 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη 	

2.1.2 Αχλάδια

Γραμμική ζύγιση και τυποποίηση αχλαδιών	
<ul style="list-style-type: none"> • Cup Sizer 	
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός τροφοδοσίας 	
<ul style="list-style-type: none"> • Μηχανήματα τυποποίησης 	

2.1.3 Εσπεριδοειδή

1. Γραμμική ταξινόμηση εσπεριδοειδών	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 4 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 6 	

<ul style="list-style-type: none"> • Model 7 	
<ul style="list-style-type: none"> • Calistar 	
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός τροφοδοσίας 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision - IQA - AFS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Automatic Bin Fillers 	

<h2 style="text-align: center;">2. Τυποποίηση εσπεριδοειδών</h2>	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 4 	

<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 6 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision - IOA - AFS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Συσκευή πακεταρίσματος 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοματοποιημένο σύστημα γεμίσματος «δίσκων». 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη 	

2.1.4 Πυρηγόκαρπα και ακτινίδια

1. Γραμμική ταξινόμηση Πυρηγόκαρπων και ακτινίδιων	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 4 	

<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 6 	
<ul style="list-style-type: none"> • Calistar 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision - IQA - AFS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Automatic Bin Filler 	
<ul style="list-style-type: none"> • Κατανομή πυρηνόκαρπων σε νερό 	
<ul style="list-style-type: none"> • Ανίχνευση/διαχωρισμός 	

2. Τυποποίηση Πυρηνόκαρπων – ακτινιδίων	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 4 	

<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 6 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sensors: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision - IQA - AFS 	
<ul style="list-style-type: none"> • Packing device 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοματοποιημένο σύστημα γεμίσματος «δίσκων». 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη 	

2.1.5 Διάφορα είδη (μάνγκο, αβοκάντο, πεπόνια)

Διάφορα	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 7 	

<ul style="list-style-type: none"> • Model 8 	 
---	--


Λαχανικά

2.2.1 Τομάτες


1. Τομάτες	
<ul style="list-style-type: none"> • HSG 	 
<ul style="list-style-type: none"> • Calistar 	 
<ul style="list-style-type: none"> • Model 4 	
<ul style="list-style-type: none"> • Model 5 	
<ul style="list-style-type: none"> • Cup Sizer 	 

<ul style="list-style-type: none"> • Αισθητήρες: <ul style="list-style-type: none"> - Color Diameter Device - Powervision 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοματοποιημένο σύστημα γεμίσματος κιβωτίων. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη 	




2. Τομάτες (μαζί με τους ποδίσκους)

<ul style="list-style-type: none"> • Sizer - E20 	
<ul style="list-style-type: none"> • Palletizing / Strapping 	





3. Τοματίνια ποικιλίας «Cherry»

<ul style="list-style-type: none"> • KG Grader 	
<ul style="list-style-type: none"> • Διανεμητής τοματών 	

2.2.2 Πιπεριές

1. Πιπεριές (Bell)	
<ul style="list-style-type: none">• Εξοπλισμός τροφοδοσίας	
<ul style="list-style-type: none">• Εξοπλισμός καθαρισμού και στεγνώματος του προϊόντος	
<ul style="list-style-type: none">• Cup Sizer	
<ul style="list-style-type: none">• Calistar	
<ul style="list-style-type: none">• Αυτοματοποιημένο σύστημα γεμίσματος κιβωτίων.	
<ul style="list-style-type: none">• Ταινίες Πακεταρίσματος.	
<ul style="list-style-type: none">• Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη	

2. Πιπεριές (Μογα)

<ul style="list-style-type: none">• Εξοπλισμός τροφοδοσίας	
<ul style="list-style-type: none">• Εξοπλισμός καθαρισμού και στεγνώματος του προϊόντος	
<ul style="list-style-type: none">• Big Cup Sizer	
<ul style="list-style-type: none">• Ταινίες Πακεταρίσματος.	
<ul style="list-style-type: none">• Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη	

2.2.3 Αγγούρια

CUCUMBERS	
<ul style="list-style-type: none"> • Εξοπλισμός τροφοδοσίας 	
<ul style="list-style-type: none"> • Sizer - GS 	 
<ul style="list-style-type: none"> • GMC 	
<ul style="list-style-type: none"> • Αυτοματοποιημένο σύστημα γεμίσματος κιβωτίων. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Rotaries 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τυποποιητής 	
<ul style="list-style-type: none"> • Τοποθέτηση σε παλέτες / Περιτύλιξη 	 

Δρεπτά άνθη

2.3.1 Τριαντάφυλλα

Τριαντάφυλλα	
<ul style="list-style-type: none">• Τροφοδοσία (με βούρτσες)	
<ul style="list-style-type: none">• Sizer - TRS	
<ul style="list-style-type: none">• Κάμερα ελέγχου ωριμότητας	
<ul style="list-style-type: none">• Μέτρηση μήκους και πάχους	
<ul style="list-style-type: none">• Αυτοματοποιημένα συστήματα δημιουργίας μπουκέτων	
<ul style="list-style-type: none">• Αυτοματοποιημένες ζώνες μεταφοράς	
<ul style="list-style-type: none">• Τυποποιητής	

Τεχνολογία

Τα συστήματα **Powervision***¹, **IQA***² **AFS***³, που αναφέρονται παραπάνω είναι μη καταστρεπτικές μέθοδοι για την αξιολόγηση διαφόρων χαρακτηριστικών των προϊόντων. Η λειτουργία τους περιγράφεται περιληπτικά παρακάτω:

Powervision - Μέτρηση εξωτερικής ποιότητας

- Καθώς το προϊόν κινείται και περιστρέφεται κάτω από την κάμερα, αυτή τραβάει φωτογραφίες από τέσσερις διαφορετικές γωνίες.
- Από τα στερεοοπτικά δεδομένα μέσω υπολογιστή δημιουργείται μια τρισδιάστατη εικόνα του προϊόντος.
- Φίλτρα αντίθεσης (Contrast filters) υπολογίζουν τη θέση όλων των ελαττωμάτων – ατελειών στο προϊόν. Αυτό επιτυγχάνεται με συνδυασμό εικόνων ορατού και υπέρυθρου φωτός.
- Το στέλεχος και ο κάλυκας εντοπίζονται.
- Το χρώμα και η διάμετρος του προϊόντος καθορίζονται.
- Ο τύπος των προσβολών αναγνωρίζεται, χρησιμοποιώντας περισσότερο από εκατό αποθηκευμένες ιδιότητες.
- Ανάλογα με τις προτιμήσεις του χρήστη, το προϊόν κατηγοριοποιείται σε συγκεκριμένη ποιοτική κλάση.

IQA – Μέτρηση εσωτερικής ποιότητας

Η μέθοδος αυτή στηρίζεται στην τεχνολογία NIR και μπορεί να μετρήσει τους βαθμούς Brix και άλλα εσωτερικά χαρακτηριστικά.. Οι αισθητήρες υπολογίζουν την περιεκτικότητα σε σάκχαρα των φρούτων και λαχανικών γρήγορα και μη καταστρεπτικά.

- Ένα μεγάλο μέρος του φρούτου περνάει μέσα από φως NIR
- Ένας άλλος αισθητήρας στην απέναντι πλευρά του φρούτου, συγκεντρώνει το φως που πέρασε από μέσα.
- Εξεζητημένα μαθηματικά μοντέλα αναλύουν την απορόφηση του φωτός σε διάφορα μήκη κύματος.

- Καθώς το φως περνάει μέσα από το φρούτο, παρέχει και πληροφορίες στο σύστημα για την εσωτερική κατάσταση του φρούτου, όπως η ωριμότητα.
- Τα σήματα αναλύονται και μεταφράζονται σε βαθμούς Brix ή σε άλλους ποιοτικούς βαθμούς με μεγαλύτερη ακρίβεια από την ανθρώπινη γεύση.

AFS – Μέτρηση της σκληρότητας του καρπού με ακουστικές μεθόδους.

Το AFS «χτυπάει» ελαφρά το προϊόν και «ακούει» την ακουστική απόκριση. Το ακουστικό σήμα αναλύεται και η καθορίζεται η ωριμότητα και διάφορες άλλες ιδιότητες του προϊόντος. Με αυτόν το τρόπο μετράει την δόνηση όλου του προϊόντος. Το «πρότυπο» δόνησης αυτό, είναι χαρακτηριστικό για την συνολική σκληρότητα, την περιεκτικότητα σε χυμούς, την φρεσκάδα και την εσωτερική δόμηση του καρπού. Παρέχεται ακόμη και σε φορητή έκδοση που μπορεί να συνδεθεί και σε φορητό υπολογιστή (βλ. Εικόνα).



3. GREEFA

Η εταιρία GREEFA περιέχει ένα μεγάλο εύρος από μηχανήματα ταξινόμησης για διάφορα είδη φρούτων και λαχανικών. Οι εξοπλισμοί αυτοί ποικίλουν από μικρά μηχανήματα (1-ταινίας) για ανεξάρτητους καλλιεργητές, μέχρι εξαιρετικά μεγάλα μηχανήματα (διπλές 10-ταινίες) για μεγάλα τυποποιητήρια και συνεταιρισμούς. Τα μηχανήματα της εταιρίας χρησιμοποιούνται ευρέως, σε όλο τον κόσμο.

Τα μηχανήματα ταξινόμησης είναι τα εξής και παρουσιάζονται εκτενέστερα παρακάτω:

- GeoSort
- SmartSort
- MSE
- MSE-MXL
- QSort
- Αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος.

3.1 GeoSort - Sorting machine

Το μηχάνημα «GeoSort» (εικόνα 1) ταξινομεί γρήγορα, αποτελεσματικά και προσεχτικά ευπαθή και φρούτα που κάνουν μάλωπες εύκολα. Ειδικές «ζώνες V» σιγουρεύουν ότι τα φρούτα είναι κατάλληλα καταναμεμένα πάνω στην μονάδα κατά την διάρκεια της



Εικόνα 1: GeoSort

τροφοδοσίας. Επίσης η μονάδα ταξινόμησης είναι χαμηλού θορύβου. Η μονάδα λειτουργεί με μια μονάδα μεταφοράς, εξοπλισμένη με «χέρια» τα οποία περισυλλέγουν το φρούτο από τον διαχωριστή για να τα κατεβάσουν μέσα στις ειδικά «κύπελλα» (θήκες σαν χούφτες). Η πατέντα «Greefa flap», διασφαλίζει ότι το προϊόν μεταφέρεται από τα «κύπελλα» στην ταινία μεταφοράς, με τρόπο φιλικό για το φρούτο. Υπάρχει και η επιλογή, η μονάδα μεταφοράς να μπορεί να επεκταθεί ώστε να εμπεριλάβει μία συσκευή ζυγίσματος χαμηλότερα, η οποία ζυγίζει τα τα φρούτα κομμάτι – κομμάτι.

Το «GeoSort» συμβαδίζει με μεγάλη ποικιλία υπομονάδων. Η μονάδα πάντα επιτρέπει μελλοντικές τροποποιήσεις για κάθε δυνατότητα χωρητικότητας και ταξινόμησης που μπορεί να απαιτηθεί. Οι ταινίες μεταφοράς του «GeoSort» μπορούν να τοποθετηθούν σχεδόν σε κάθε θέση. Το «GeoSort» επιτρέπει την πραγματοποίηση της βέλτιστης εγκατάστασης εντός του διαθέσιμου χώρου παραγωγής. Για την ακριβή διαδικασία ταξινόμησης, μπορούν να εγκατασταθούν πολλές ταξινομικές υπομονάδες πάνω στο μηχάνημα, αναλόγως με το προϊόν. Ακόμη επιτρέπει υγρή ταξινόμηση (εφοδιασμός και ανεφοδιασμός μέσω ειδικών υδρορροών) και ξηρή ταξινόμηση.

Πίνακας 1: Τεχνικές λεπτομέρειες «GeoSort»

Αριθμός γραμμών	2, 4, 6, 8 ή 10 γραμμές
Μέγιστη ταχύτητα υγρής ταξινόμησης	6 φρούτα/δευτερόλεπτο
Μέγιστη ταχύτητα ξηρής ταξινόμησης	7 φρούτα/δευτερόλεπτο
Δυνατότητα υπομονάδων	Μεγέθους, χρώματος και βάρους (και συνδυασμό αυτών)*, iQS*, iFA*, iFD*
Μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς	50 μέτρα / 50 έξοδοι
Εύρος ταξινόμησης (διάμετρος φρούτου)	Ελάχιστο 40 χιλιοστά, μέγιστο 120 χιλιοστά
Ακρίβεια μεγέθους ταξινόμησης	+/- 1 χιλιοστό, αναλόγως την περιστροφή
Βάρος φρούτων	Ελάχιστο 15 γραμμάρια, μέγιστο 1,000 γραμμάρια
Πλάτος ζώνης μεταφοράς (επιλογής)	400 χιλιοστά, ή 300 χιλιοστά εάν απαιτείται.
	* Ο τύπος του συστήματος μέτρησης που εφαρμόζεται, μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης

Περιφερειακός εξοπλισμός

Βεβαίως παρέχονται από την εταιρία όλα τα περιφερειακές και λογιστικές συσκευές για να ολοκληρωθεί η ταξινομική μονάδα, μαζί με άλλους προμηθευτές εάν είναι απαραίτητο. Για παράδειγμα:

- «Bulk bin tippers»
- Μονάδες απορροής νερού, «Water dumpers»
- (Ημι-)αυτοματοποιημένες μονάδες πακεταρίσματος, «(Semi-)automatic packing units»
- Ζώνες πακεταρίσματος, «packing belts»
- Υποβρύχια φίλτρα και φίλτρα κουτιών, «underwater fillers and box fillers»
- Ρομπότ
- Ζυγοί
- (Ανά) στοιβακτικές(De)stackers
- Συσκευές πλυσίματος, «Washers»
- Συσκευές στεγνώματος, «Dryers», και άλλα.

3.2 SmartSort - Sorting machine

Το «SmartSort» (Εικόνα 2) είναι γρήγορο και ακριβές. Μπορεί και ταξινομεί φρούτα όπως τομάτα, εσπεριδοειδή και φρούτα με σκληρό κουκούτσι, με γρήγορο και ακριβή τρόπο. Η μεγάλη χωρητικότητα και ο φιλικός χειρισμός των φρούτων, πάνε απόλυτα μαζί σε αυτό το μηχάνημα. Επίσης η μονάδα είναι χαμηλού θορύβου.



Εικόνα 2: SmartSort

Η μονάδα λειτουργεί με μια μονάδα μεταφοράς, εξοπλισμένη με «χέρια» τα οποία περισυλλέγουν το φρούτο από τον διαχωριστή για να τα κατεβάσουν μέσα στις ειδικά «κύπελλα». Υπάρχει και η επιλογή, η μονάδα μεταφοράς να μπορεί να επεκταθεί ώστε να εμπεριλάβει μία συσκευή ζυγίσματος χαμηλότερα, η οποία ζυγίζει τα φρούτα κομμάτι – κομμάτι.

Το «SmartSort» συμβαδίζει με μεγάλη ποικιλία υπομονάδων. Η μονάδα πάντα επιτρέπει για μελλοντικές τροποποιήσεις για κάθε δυνατότητα χωρητικότητας και ταξινόμησης που μπορεί να απαιτηθεί. Ένα ακόμη πλεονέκτημα είναι ότι οι ταινίες μεταφοράς του «SmartSort» μπορούν να τοποθετηθούν σχεδόν σε κάθε θέση. Το «SmartSort» επιτρέπει την πραγματοποίηση της βέλτιστης εγκατάστασης εντός του διαθέσιμου χώρου παραγωγής. Για την ακριβή διαδικασία ταξινόμησης, μπορούν να εγκατασταθούν πολλές ταξινομικές υπομονάδες πάνω στο μηχάνημα, αναλόγως με το προϊόν.

Πίνακας 2: Τεχνικές λειτουργίες «SmartSort»

Αριθμός γραμμών	2, 4, 6 ή 8 γραμμές
Μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης	12 τεμάχια φρούτων/δευτερόλεπτο/γραμμή
Δυνατότητα υπομονάδων	Μεγέθους, χρώματος και βάρους (και συνδυασμό αυτών)*, iQS*, iFA*, iFD*
Μέγιστο μήκος μονάδας μεταφοράς	40 μέτρα / 50 έξοδοι
Εύρος ταξινόμησης (διάμετρος φρούτου)	Ελάχιστο 40 χιλιοστά, μέγιστο 120 χιλιοστά
Ακρίβεια μεγέθους ταξινόμησης	+/- 1 χιλιοστό, ανάλογα την περιστροφή
Βάρος φρούτων	Ελάχιστο 15 γραμμάρια, μέγιστο. 1,000 γραμμάρια
	* Ο τύπος του συστήματος μέτρησης που εφαρμόζεται, μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης

Περιφερειακός εξοπλισμός: Είναι ίδιος με του «GeoSort» (βλ. παραπάνω)

3.3 MSE - Shorting machine

Η τεχνική MSE (Εικόνα 3) είναι μια πολύ δημοφιλής μονάδα ταξινόμησης παγκοσμίως για αρκετά χρόνια τώρα. Η μονάδα έχει γνωρίσει τέτοια επιτυχία λόγω των ειδικών «κυπέλλων» τα οποία είναι κατάλληλα για ταξινόμηση φρούτων με δύσκολα σχήματα και μεγέθη,



Εικόνα 3 : MSE

όπως πιπεριές και αχλάδια. Επιπλέον ο τύπος MSE CXL είναι διαθέσιμος. Αυτός ο τύπος μονάδας συγκεκριμένα ταξινομεί μεγάλα φρούτα όπως πεπόνια, αβοκάντο, μάνγκο ή μεγάλες πλυμένες πατάτες.

Το MSE συνοδεύεται με μεγάλη ποικιλία υπομονάδων. Σαν αποτέλεσμα, η μονάδα επιτρέπει την μελλοντική προσαρμογή σε κάθε δυνατότητα χωρητικότητας και ταξινόμησης που μπορεί να απαιτηθεί στο μέλλον. Οι διαφορές στο ύψος περιορίζονται στο ελάχιστο κατά την διάρκεια της μεταφοράς των φρούτων. Το άδειασμα των φρούτων από τα δοχεία στην ζώνη μεταφοράς ελέγχεται από την πατέντα της «Greefa flap». Επίσης η μονάδα είναι χαμηλού θορύβου.

Πίνακας 3: Τεχνικές λειτουργίες MSE

Αριθμός γραμμών	2, 4, 6, 8 or 10 γραμμές
Μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης	5 τεμάχια φρούτων/δευτερόλεπτο
Δυνατότητα υπομονάδων	Μεγέθους, χρώματος και βάρους (και συνδυασμό αυτών)*, iQS*, iFA*, iFD*
Μέγιστος αριθμός εξόδων	50 εξόδοι
Εύρος ταξινόμησης (διάμετρος φρούτου)	Ελάχιστο 40 χιλιοστά, μέγιστο 120 χιλιοστά
Ακρίβεια μεγέθους ταξινόμησης	+/- 1 χιλιοστά, αναλόγως την περιστροφή
Βάρος φρούτων	Ελάχιστο 0 γραμμάρια, μέγιστο 750 γραμμάρια
Πλάτος ζώνης μεταφοράς (επιλογής)	300 χιλιοστά ή 400 χιλιοστά
	* Ο τύπος του συστήματος μέτρησης που εφαρμόζεται, μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης

Περιφερειακός εξοπλισμός: Είναι ο ίδιος με του «GeoSort» και «SmartSort» (βλ. Παραπάνω)

3.4 MSE-MXL - Sorting machine

Το μηχάνημα «MSE-MXL» (Εικόνα 4) είναι η απάντηση σε μια σημαντική απαίτηση της αγοράς : να μπορεί να εγγυηθεί τον βαθμό Brix (βαθμός σακχάρων) των προϊόντων. Το MSE-MXL είναι ικανό να ταξινομεί πεπόνια ανά βάρος και βαθμούς Brix (με την βοήθεια της υπομονάδας iFA βλ. παρακάτω). Επίσης, μπορεί να ταξινομήσει φρούτα με εσωτερικούς μώλωπες (internal brown) αλλά και μαρούλια με το βάρος.



Εικόνα 4: MSE-MXL

Το μηχάνημα MSE-MXL συνθέτεται από πολλές υπομονάδες. Έτσι είναι πάντα εφικτό να προσαρμόζεται στην επιθυμητές δυνατότητες χωρητικότητας και ταξινόμησης. Το μηχάνημα προκαλεί ελάχιστες αλλαγές όταν μετακινεί το φρούτο. Η φόρτωση των φρούτων από τα κύπελλα στην «ζώνη εκκένωσης», ελέγχεται από την πατενταρισμένη πλάκα (πατέντα Greefa slab). Τέλος η μονάδα είναι και αυτή, χαμηλού θορύβου.

Πλεονεκτήματα MSE-MXL

- Υψηλή χωρητικότητα
- «Φιλικό» προς τα φρούτα
- Μη καταστροφικός προσδιορισμός του βαθμού Brix

Πίνακας 4: Τεχνικές λεπτομέρειες του MSE-MXL

Αριθμός γραμμών	1, 2, 4 ή 6
Μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης	2.5 «κύπελλα» ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή με μέτρηση και του βαθμού Brix (iFA) 3.5 «κύπελλα» ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή με μέτρηση βάρους
Ελάχιστη ταχύτητα ταξινόμησης	1 «κύπελλο» ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή
Δυνατότητα υπομονάδων	Βάρους και iFA
Διάμετρος προϊόντος	Ελάχιστο 65 και μέγιστο 150 χιλιοστά
Βάρος προϊόντος	Μέγιστο 2500 γραμμάρια
Μήκος προϊόντος	Μέγιστο 200 χιλιοστά

3.8 QSort – Sorting machine και Αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος

Το μηχάνημα «QSort» (Εικόνα 5) είναι η ένα μηχάνημα για εγγυημένη, γρήγορη, ακριβής και αποτελεσματική ταξινόμηση επιμηκών φρούτων και λαχανικών (όπως αγγουριών, μελιτζανών και κολοκυθιών) σε σχέση με το μήκος, το βάρος και την καμπυλότητά τους, ενώ είναι και χαμηλού θορύβου.



Το μηχάνημα ελέγχεται από έναν **Εικόνα 5: QSort**

εξελιγμένο υπολογιστή ταξινόμησης. Με τον υπολογιστή αυτό, μπορεί να επιλεγεί εύκολα ο αριθμός των εξόδων ανά ταξινομική μονάδα και η χωρητικότητα πακεταρίσματος ανά εργάτη και/ή έξοδο. Το QSort συνδέεται με πολλές υπομονάδες. Έτσι μπορεί να προσαρμοστεί σε κάθε δυνατότητα χωρητικότητας και ταξινόμησης. Με το QSort είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί η βέλτιστη εγκατάσταση στον διαθέσιμο χώρο παραγωγής. Οι μεταφορικές ταινίες είναι κατασκευασμένες από «δάχτυλα». Αυτό επιτρέπει το μήκος της ταινίας να ρυθμίζεται ανάλογα με το μήκος του προϊόντος. Επιπλέον η «ρίψη» από τους εξόδους είναι μεταβλητή.

3.6 Αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος (Πατέντα εν αναμονή)

Σήμερα, η εξοικονόμηση του κόστους σε προσωπικό είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιβίωση μιας εταιρίας. Επιπρόσθετα γίνεται όλο και πιο σημαντικό, η παραλαβή και η άμεση διάθεση προϊόντων με σταθερή ποιότητα ακόμη και 24 ώρες την μέρα. Τα προβλήματα αυτά προκύπτουν και τα δύο στην τυποποίηση των αγγουριών, μελιτζανών και κολοκυθιών. Η εταιρία Greefa, δημιούργησε μια λύση για το πρόβλημα αυτό: Την αυτόματη μονάδα πακεταρίσματος πάνω στο μηχάνημα QSort.

Με το αυτόματο πακετάρισμα, τα προϊόντα ευθυγραμμίζονται στις ταινίες μεταφοράς με ράουλα τα οποία είναι τοποθετημένα ανάμεσα από τα «δάχτυλα» των ταινιών. Τα κιβώτια και τα τελάρα διαχωρίζονται αυτόματα σε τμήματα με ένα

αριθμό χωρισμάτων. Κάθε τμήμα μπορεί έτσι να γεμιστεί ξεχωριστά. Το αποτέλεσμα είναι ένα ισομερή γεμισμένο κιβώτιο ή τελάρο. Αυτό μπορεί να είναι μια αξιοσημείωτη εξοικονόμηση στο κόστος των εργατικών.

Πλεονεκτήματα QSort

- Υψηλή χωρητικότητα
- Ακριβής ταξινόμηση βάρους μέσω τροχιών, σχετικά μακρών μετρήσεων
- Ακριβής ταξινόμηση μήκους μέσω συνδυασμό καμερών και καθρεπτών
- Υπολογιστής ταξινόμησης, εύκολος στην χρήση και με πολλές ρυθμίσεις
- Εξόδοι με ρυθμιζόμενη «ρίψη»
- Δυνατότητα επέκτασης με την μονάδα αυτόματου πακεταρίσματος
- Εύκολα μπορεί να συνδυαστεί με ένα σύστημα για τοποθέτηση των κιβωτίων σε παλέτες.

Πλεονεκτήματα Αυτόματης μονάδας πακεταρίσματος

- Εξοικονόμηση κόστους εργατικών
- Σταθερή ποιότητα εικοσιτέσσερις ώρες το εικοσιτετράωρο

Πίνακας 6: Τεχνικές λεπτομέρειες QSort

Αριθμός γραμμών	1 ή 2
Μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης	5 ταινίες ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή
Ελάχιστη ταχύτητα ταξινόμησης	1.6 ταινίες ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή
Δυνατότητα υπομονάδων	Μήκους, βάρους και καμπυλότητας
Διάμετρος προϊόντος	Μέγιστο 100 χιλιοστά
Βάρος προϊόντος	Ελάχιστο 20 και Μέγιστο 3000 γραμμάρια
Μήκος προϊόντος	Ελάχιστο 165 και Μέγιστο 500 χιλιοστά
Μέγιστο μήκος του τμήματος μεταφοράς	36 μέτρα

3.7 Υπομονάδες (modules)

Οι παραπάνω μονάδες μπορούν να συνδεθούν με πολλές υπομονάδες, οι οποίες συμβάλουν στην καλύτερη και πιο αξιόπιστη μέτρηση των προϊόντων. Οι μετρήσεις που κάνουν τα πρόσθετα αυτά μηχανήματα είναι για την εξωτερική και εσωτερική ποιότητα αλλά και για μέτρηση της υφής και σκληρότητας του καρπού.

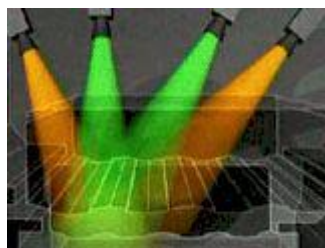
Ακόμη ταξινομούν τα προϊόντα με βάση το χρώμα, το βάρος, το μέγεθος τους και άλλες παραμέτρους. Συγκεκριμένα οι υπομονάδες είναι :

- iQS (intelligent Quality Sorter)
- iFA (intelligent Flavour Analyser)
- iFD (intelligent Firmness Detector)
- Size, colour, weight (μέγεθος, χρώμα, βάρος)

- **iQS (intelligent Quality Sorter)**

Εξωτερική ποιότητα

Η οπτική άποψη ίσως παίζει τον σημαντικότερο ρόλο για την αγορά ενός φρούτου ή λαχανικού. Αυτός είναι ο λόγος που οι καταναλωτές προτιμούν συνεχώς προϊόντα τα οποία έχουν ταξινομηθεί με βάση τα εξωτερικά τους χαρακτηριστικά. Η δεύτερη γενιά του έξυπνου ποιοτικού ταξινομητή (iQS) επιτρέπει μια τέτοια ταξινομητική διαδικασία. Ο iQS είναι μια ξεχωριστή υπομονάδα η οποία τοποθετείται στην κύρια ταξινομητική μονάδα (βλ. παραπάνω), πάνω από τον διαχωριστή. Το σύστημα iQS τραβάει μέχρι και 70 εικόνες του φρούτου, κατά την διάρκεια της διέλευσής του από τον διαχωριστή. Για αυτό τον σκοπό, χρησιμοποιούνται έγχρωμες και ασπρόμαυρες κάμερες.



Η δεύτερη γενιά του έξυπνου ποιοτικού ταξινομητή (iQS) επιτρέπει μια τέτοια ταξινομητική διαδικασία. Ο iQS είναι μια ξεχωριστή υπομονάδα η οποία τοποθετείται στην κύρια ταξινομητική μονάδα (βλ. παραπάνω), πάνω από τον διαχωριστή. Το σύστημα iQS τραβάει μέχρι και 70 εικόνες του φρούτου, κατά την διάρκεια της διέλευσής του από τον διαχωριστή. Για αυτό τον σκοπό, χρησιμοποιούνται έγχρωμες και ασπρόμαυρες κάμερες.

Έτσι το iQS παρέχει τον καλύτερο έλεγχο της εξωτερικής ποιότητας του φρούτου. Διαφορές μέχρι και σε ένα τετραγωνικό χιλιοστό (mm²) είναι εντοπίσιμες. Από την είσοδο του iQS το 1996, εκατοντάδες μονάδες έχουν εγκατασταθεί σε όλο τον κόσμο. Το αποτέλεσμα είναι, ασχέτως με τα φρούτα που παρέχονται, μια ομοιομορφία στα προϊόντα που ταξινομούνται με μια σταθερή ποιότητα καθ' όλη την διάρκεια της εργάσιμης εβδομάδας.

Τεχνικές λεπτομέρειες iQS:

Σύνολο διαθέσιμων υπομονάδων (iQS)	2, 4, 6, 8, 10 γραμμές*
Κατάλληλες κύριες μονάδες	MSE-CXL, GeoSort, SmartSort

Εύρος μέτρησης	από 1 mm ²
Αριθμός εικόνων ανά κομμάτι φρούτου	Μέγιστο 70
Ταχύτητα	12 κομμάτια φρούτου ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή*
	* Ο τύπος της κύριας μονάδας μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης και σύνθεσης τμημάτων (υπομονάδων)

- **iFA (intelligent Flavour Analyser)**

Εσωτερική ποιότητα

Παρόλο που μοιάζει εντελώς αδύνατον να μετρηθεί και να καθοριστεί μια απολύτως υποκειμενική διακρίβωση όπως η «γεύση», η υπομονάδα «έξυπνου Αναλυτή Γεύσης» (iFA), μπορεί να το κάνει. Το iFA εκτιμά την εσωτερική ποιότητα του φρούτου. Μια πηγή φωτός αλογόνου χρησιμοποιείται για την μέτρηση του iFA. Το φρούτο «ανιχνεύεται» από την ακτίνα φωτός. Με βάση την φασματική ανάλυση. Γίνεται μια πρόγνωση πάνω στους βαθμούς Brix, του εσωτερικού «καφετιάσματος» και σήψης πυρήνα. Η ανάλυση αυτή δίνει μια εκτίμηση όλου του φρούτου αντί ενός μόνο κομματιού του. Το iFA ενσωματώνεται στην κύρια ταξινομική μονάδα. Όλα τα εξαρτήματα του συστήματος αυτού, έχουν αναπτυχθεί κατ' οίκον, έτσι ώστε να μην χρειάζεται να βασίζονται στους προμηθευτές για τα σέρβις και την συντήρησή τους.



Τεχνικές λεπτομέρειες iFA:

Σύνολο διαθέσιμων υπομονάδων (iQS)	2, 4, 6, 8, 10 γραμμές*
Κατάλληλες κύριες μονάδες	MSE CXL, GeoSort
Ταχύτητα	6 κομμάτια φρούτου ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή *
	* Ο τύπος της κύριας μονάδας μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης και σύνθεσης τμημάτων (υπομονάδων)

- **iFD (intelligent Firmness Detector)**

Υφή

Παρόλο που δεν είναι πάντα ορατό εξωτερικά, κάθε κομμάτι του φρούτου είναι σε ένα συγκεκριμένο στάδιο ωρίμανσης. Το μη καταστροφικό σύστημα ανάλυσης της υφής της Greefa επιτρέπει την ταξινόμηση με βάση την υφή. Η ονομαζόμενη υπομονάδα «έξυπνος Ανιχνευτής Υφής» (iFD) δίνει στον παραγωγό και στον καταναλωτή μια ακριβής πρόγνωση και εγγύηση για την διάρκεια ζωής κατά την αποθήκευση και την ιδανικό χρόνο κατανάλωσης της παρτίδας των φρούτων.

Η υπομονάδα iFD τοποθετείται πάνω στον διαχωριστή. Κατά την διάρκεια της διαδικασίας ταξινόμησης, ένας αισθητήρας υφής, παίρνει έως και 20 μετρήσεις γύρω από το φρούτο. Αυτή η πατέντα εντοπισμού της υφής έχει εφαρμοστεί επιτυχώς και στην πράξη για μήλα, αβοκάντο, μάνγκο, ροδάκινα, ακτινίδια και άλλα.

Τεχνικές λεπτομέρειες iFD:

Αριθμός μετρήσεων ανά κομμάτι φρούτου	9 έως 20*
Ταχύτητα	5 κομμάτια φρούτου ανά δευτερόλεπτο ανά γραμμή *
Κατάλληλες κύριες μονάδες	GeoSort, MSE / Combicup, SmartSort
Σύνολο διαθέσιμων υπομονάδων (iQS)	2, 4, 6, 8, 10 γραμμές*
	* Ο τύπος της κύριας μονάδας μπορεί να επηρεάσει την μέγιστη ταχύτητα ταξινόμησης και σύνθεσης τμημάτων (υπομονάδων)

- **Size, colour, weight**

Στα φρούτα παρουσιάζεται μεγάλη ανομοιομορφία και δυσμορφίες στο σχήμα τους. Παρ' όλα αυτά οι αγοραστές προτιμούν γενικά, φρούτα και λαχανικά με ομοιόμορφο σχήμα με σταθερό μέγεθος και καλή ποιότητα. Αυτός είναι και ο λόγος, για πολλά χρόνια, που προωθούνται υπομονάδες ταξινόμησης ανά το μέγεθος, βάρος και χρώμα είτε ταυτόχρονα, είτε ανεξάρτητες η μια από την άλλη.

Μέγεθος

Υπέρυθρες κάμερες CCD χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση ανά μέγεθος. Μια ακόμη επιλογή είναι να συνδυαστούν οι μετρήσεις της κάμερας με την ηλεκτρονική ταξινόμηση ανά χρώμα ή/και βάρος. Η ταξινόμηση ανά μέγεθος είναι ρυθμιζόμενη σε προσαυξήσεις των 0,1μχιλιοστών. Το εύρος της ταξινομικής διαδικασίας ανά μέγεθος ποικίλει ανάλογα με το προϊόν. Ο αριθμός των ομάδων μέτρησης που μπορεί να ρυθμιστεί στην κύρια μονάδα εξαρτάται από το προϊόν και τον τύπο της κύριας ταξινομικής μονάδας. Η υπομονάδα ταξινόμησης μεγέθους μπορεί επίσης να επιλέξει ανάμεσα σε κοντά και μακριά κομμάτια φρούτων του ίδιου διαμετρήματος. Η ταξινόμηση αυτή ανά το μήκος γίνεται σε χιλιοστά ή σαν αναλογία σε σχέση με την διάμετρο.

Χρώμα

Ένα σύστημα έγχρωμης CCD κάμερας χρησιμοποιείτε για την ταξινόμηση ανά το χρώμα. Το χρώμα ολόκληρου του φρούτου εμφανίζεται με το σύστημα αυτό, το οποίο δεν επηρεάζεται από πιθανές αντανakλάσεις από το φρούτο. Το εύρος της διαδικασίας ταξινόμησης ανά χρώμα ισοδυναμεί με 1023 pixels από το πράσινο έως το κόκκινο. Ο αριθμός των ομάδων που μπορεί να ελέγξει ποικίλει ανάλογα το προϊόν και την κύρια ταξινομική μονάδα. Επιπλέον είναι δυνατόν να καθοριστεί το ονομαζόμενο «κοκκίνισμα» των ασύμμετρων χρωματικά φρούτων (ποσοστό κόκκινης τιμής συγκρινόμενο με το φωτεινότερο χρώμα του φόντου). Αυτό επιτρέπει την ποσοτικοποίηση της εξωτερικής προστιθέμενης αξίας του φρούτου.

Βάρος

Τα φρούτα ζυγίζονται με ακριβή τρόπο, διαδικασίας ζύγισης τριών σημείων ο οποίος είναι ρυθμιζόμενος με προσαυξήσεις του 1 γραμμαρίου. Το εύρος ζυγίσματος ποικίλει ανάλογα την κύρια ταξινομική μονάδα και ανάλογα το προϊόν. Το ίδιο ισχύει και για τον αριθμό των ομάδων ζυγίσματος που μπορούν να τοποθετηθούν.

BIBΛIOΓΡΑΦΙΑ

- Abbott J. A.: *Quality measurement of fruits and vegetables* - Postharvest Biology and Technology 15 (1999) 207–225
- Buschmann C., Langsdorf G., and Lichtenthaler H.K.: *Imaging of the blue, green, and red fluorescence emission of plants: An overview* – Photosynthetica 38 (4): 483-491. 2000
- Butz P., Hofmann C., and Tauscher B.: *Recent developments in noninvasive techniques for fresh fruit and vegetable internal quality analysis* – Journal of food science R: Concise reviews/hypotheses in food science. 2005
- Drabent R., Pliszka B., Olszewska T.: *Fluorescence properties of plant anthocyanin pigments and Fluorescence of anthocyanins in Brassica oleracea L. extracts* - J. Photochem. Photobiol. B: Biol. 50 (1999) 53-58
- Raven P.H., Evert R.F. and Eichhorn S.E.: *Biology of Plants (6th ed)*- W.H Freeman and company worth publishers.1999
- Hall D.O. and Rao K.K.: *Photosynthesis*-New studies in Biology.1986
- Lai A., Santangelo E., Soressi G.P., Fantoni R.: *Analysis of the main secondary metabolites produced in tomato (Lycopersicon esculentum, Mill.) epicarp tissue during fruit ripening using fluorescence techniques* - Postharvest Biology and Technology 43 (2007) 335–342
- Lancaster J. E., Lister C.E., Reay P.F., Triggs C.M.: *Influence of pigment composition on skin color in a wide range of fruit and vegetables* – J.Ameri. Soc. Hort. Sci. 122(4):594-598. 1997
- Lang M., Stober F., and Lichtenthaler H.K.: *Fluorescence emission spectra of plant leaves and plant constituents* - Radiat Environ Biophys (1991) 30:333-347
- Lötze E, Huybrechts C, Sadie A, Theron K, Valcke R: *Fluorescence imaging as a non-destructive method for pre-harvest detection of bitter pit in apple fruit (Malus domestica Borkh.)* - Postharvest Biology and Technology 40 (2006) 287–294
- Langsdorf G., Buschmann C., Sowinska M., Babani F., Mokry M., Timmermann F., Lichtenthaler H.K.: *Multicolor fluorescence imaging of sugar beet leaves with different nitrogen status by flash lamp UV-excitation.* – Photosynthetica 38 (4): 539-551. 2000

- Macz-Pop G. A., Rivas-Gonzalo J.C., Pe´rez-Alonso J. J, Gonza´lez-Parama´s A.M.: *Natural occurrence of free anthocyanin aglycones in beans (Phaseolus vulgaris L.)* - Food Chemistry 94 (2006) 448–456
- Meyer S., Cartelat A., Moya I. and Cerovic Z. G.: *UV-induced blue-green and far-red fluorescence along wheat leaves: a potential signature of leaf ageing* - Journal of Experimental Botany, Vol. 54, No. 383, pp. 757±769, February 2003
- Schulze E.D. and Caldwell M.M.: *Ecophysiology of Photosynthesis*-Springer 1995
- Subhash N, Wenzel O., and Lichtenthaler H. K.: *Changes in Blue-Green and Chlorophyll Fluorescence Emission and Fluorescence Ratios during Senescence of Tobacco Plants* - REMOTE SENS. ENVIRON. 69:215–223 (1999)
- Zude M., Birlouez-Aragon I., Paschold P.-J., Rutledge D. N.: *Non-invasive spectrophotometric sensing of carrot quality from harvest to consumption.*- Postharvest Biology and Technology xxx (2007)

Πηγές από το διαδίκτυο

- <http://www.aweta.nl>
- <http://www.bre.umd.edu/tao/index.html>
- <http://www.greefa.nl>
- <http://www.sacmi.com>
- <http://www.isp.reading.ac.uk/home.htm>