

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ
ΤΣΑΤΣΑΡΗ ΣΑΒΒΟΥΛΑ

Επιβλέπων καθηγητής
Αρβανιτογιάννης Ιωάννης

«Μοριακή μελέτη και ανάλυση των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών
ιδιοτήτων τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας (*Musa* spp.)»
ΒΟΛΟΣ 2007

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

α. Αρβανιτογιάννης Ιωάννης, Αναπληρωτής Καθηγητής, Ποιοτικός Έλεγχος,
Μεταποίηση και Τεχνολογία Προϊόντων Φυτικής και Ζωϊκής προέλευσης,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

β. Παπαδόπουλος Νικόλαος, Επίκουρος Καθηγητής

γ. Μαυρομάτης Αθανάσιος, Λέκτορας, Γενετικής Βελτίωσης Φυτών,
Βιοτεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

'Δε Θέλω πια να σκέφτομαι τα ίδια και τα ίδια,
σαν να 'ταν όλα ψέματα, στάχτες κι αποκαΐδια...
Θέλω ανοιχτά παράθυρα, να με χτυπάει αέρας,
να 'χω το νου μου αδειανό, να 'χω και πρίμο τον καιρό...'

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ	11
Καταγωγή και ταξινόμηση ειδών μπανάνας	12
Μορφολογία μπανάνας	14
Η διάσωση του τροπικού είδους και το στοίχημα των βελτιωτών	17
Η βελτίωση της μπανάνας	20
Κλασσική βελτίωση	21
Τεχνικές σύγχρονης βελτίωσης	25
<i>In vitro</i> τεχνικές στη μπανάνα	27
Μικροπολλαπλασιασμός	27
Συλλογή και διατήρηση γενετικού υλικού	28
Καλλιέργεια εμβρύων	28
Σωματική εμβρυογένεση	28
<i>In vitro</i> μεταλλαξογένεση	29
Σωματοκλωνική παραλλακτικότητα	29
Επιλογή μέσω μοριακών δεικτών (MAS)	32
Χαρακτηρισμός, αξιολόγηση και ταυτοποίηση του γενετικού υλικού <i>Musa</i> με εφαρμογή μοριακών δεικτών	33
<i>Παραγωγή διαγονιδιακών ποικιλιών (GMO) στην μπανάνα</i>	38
Τα χαρακτηριστικά ποιότητας στην μπανάνα	41
Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών της μπανάνας ...	47
Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών σε νέες ποικιλίες	55
Οργανοληπτική εξέταση	58
Ποικιλίες	61
Η καλλιέργεια της μπανάνας στην Ελλάδα	65
ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	66
1. Μοριακή ανάλυση ποικιλιών μπανάνας με τη χρήση δεικτών τύπου RAPD's	67
1.1 Γενετικό υλικό	67
1.2 Απομόνωση γενωμικού DNA	67
1.3 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA	68
1.4 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's	68
2. Μελέτη της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με χρήση μοριακών δεικτών τύπου RAPD's	70
2.1 Γενετικό υλικό	70
2.2 Απομόνωση γενωμικού DNA	70
2.3 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA	70
2.4 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's	70
3. Χαρακτηριστικά ποιότητας	72
3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες	72

3.2 Οργανοληπτική εξέταση.....	73
4. Στατιστική ανάλυση.....	76
4.1 Στατιστική ανάλυση μοριακών δεδομένων.....	76
4.2 Στατιστική ανάλυση φυσικοχημικών και οργανοληπτικών δεδομένων	76
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	78
1. Μοριακή ανάλυση ποικιλιών μπανάνας με τη χρήση δεικτών τύπου RAPD's.	79
1.1 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA	79
1.2 Μοριακή ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD's.	79
2. Μελέτη της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με χρήση μοριακών δεικτών τύπου RAPD's.	85
2.1 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA	86
2.2 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's.....	86
3. Αποτελέσματα μετρήσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών	92
3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών.....	92
3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.....	97
4. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών μπανάνας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.	108
4.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας <i>Grande Naine</i> σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.	109
4.2. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας <i>Williams</i> σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.	117
4.3. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας <i>Cavendish nana</i> σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.	123
4.4. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας <i>Goldfinger</i> σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.	130
5. Ανάλυση ομαδοποίησης (<i>Cluster analysis</i>).....	148
5.1. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 4 ^ο στάδιο ωρίμανσης.....	148
5.2. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 5 ^ο στάδιο ωρίμανσης.....	151
5.3. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 6 ^ο στάδιο ωρίμανσης.....	155
6. Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (<i>Principal Components Analysis- PCA</i>)	162
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	175
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	179

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, προσδιορίστηκαν τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τριών εμπορικών ποικιλιών μπανάνας (*Grande Naine*, *Williams*, *Cavendish nana*) που καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτης καθώς και μιας νέας ποικιλίας (*Goldfinger*) που βρίσκεται υπό αξιολόγηση εξαιτίας των χαρακτηριστικών ποιότητας του καρπού και της ανθεκτικότητας στις χαμηλές θερμοκρασίες. Για την εκτίμηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των καρπών των ποικιλιών κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης, εξετάστηκαν οι χρωματομετρικές παράμετροι L, a και b του φλοιού και της σάρκας των καρπών, το pH, η περιεκτικότητα της σάρκας των καρπών σε ξηρά ουσία και η συνεκτικότητα του φλοιού των καρπών. Για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των καρπών των ποικιλιών, εκτιμήθηκαν από μία μη εκπαιδευμένη επιτροπή δέκα ατόμων, τα χαρακτηριστικά που αφορούσαν την εξωτερική εμφάνιση (φωτεινότητα και χρώμα), τα χαρακτηριστικά της γεύσης (πικρή, στυφή, γλυκιά, χορτώδης, μουχλιασμένη, παραμένουσα, συνεκτικότητα, προσκόλληση στα δόντια και χυμώδης), το χαρακτηριστικό της αφής (τραγανότητα) και τα χαρακτηριστικά οσμή και συνολική εντύπωση. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε γενετική ταυτοποίηση με τη χρήση RAPD μοριακών δεικτών και έγινε μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων ποικιλιών. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν 19 δεκαμερείς εκκινητές τύπου RAPD, εκ των οποίων οι 18 έδειξαν πολυμορφισμούς ικανούς να διακρίνουν τους εξεταζόμενους γενοτύπους μπανάνας. Εκτιμήθηκαν οι δείκτες ομοιότητας κατά Jaccard και οι ποικιλίες ομαδοποιήθηκαν βάσει των γενετικών τους σχέσεων με τον αλγόριθμο UPGMA.

Η Μοριακή γενετική ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD's αποδείχθηκε ικανή να ταυτοποιήσει και να διακρίνει τις τέσσερις ποικιλίες μπανάνας που εξετάστηκαν. Το υψηλό ποσοστό πολυμορφισμών (29%) και η

επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων ανέδειξε την εγκυρότητα της μεθόδου και την εγκυρότητα των αναλύσεων που αφορούσαν στην ταυτοποίηση γενοτύπων μπανάνας. Η μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων έδειξε γενετική συγγένεια μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών *Grande Naine* (AAA), *Cavendish nana* (AAA) και *Williams* (AAA), ενώ η τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger* (AAAB) εμφανίστηκε γενετικά απομακρυσμένη από τις άλλες εξεταζόμενες τριπλοειδείς ποικιλίες.

Η χημική σύνθεση των καρπών της μπανάνας καθορίστηκε από τη γενοτυπική σύσταση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, ενώ τονίστηκε και η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην ποιότητα των καρπών. Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ διαφοροποίησε τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish nana* από τον υπό αξιολόγηση γενότυπο *Goldfinger*. Η χαρακτηριστική υπόξινη γεύση των καρπών της *Goldfinger* που διέφερε από την τυπική γεύση των καρπών των γνωστών εμπορικών ποικιλιών *Cavendish*, φαίνεται ότι διαμόρφωσε την υπεροχή των ποικιλιών τύπου *Cavendish* στις προτιμήσεις του πάνελ.

Η εφαρμογή ενός συνδυασμού πολυπαραμετρικών μεθόδων στατιστικής ανάλυσης παρουσίασε μια ποικιλία σχέσεων των μετρούμενων χαρακτηριστικών. Η Ανάλυση κατά ομάδες (*Cluster analysis*) που εφαρμόστηκε στις οργανοληπτικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των καρπών μπανάνας, ομαδοποίησε την παράμετρο pH στο ίδιο υποσύνολο με τα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή, μουχλιασμένη και χορτώδης, για όλα τα στάδια ωρίμανσης, δείχνοντας ότι η γεύση των καρπών της μπανάνας καθορίστηκε σε μεγάλο βαθμό από την ενεργό οξύτητα τους. Η Ανάλυση σε Κύριες Συνιστώσες (*Principal Component Analysis*), η οποία εφαρμόστηκε για τις οργανοληπτικές ιδιότητες των ποικιλιών στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης, διαχώρισε τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών της μπανάνας με βάση την ποικιλία στην οποία ανήκαν.

Συνολικά, αποτυπώθηκε το γενετικό, φυσικοχημικό και οργανοληπτικό προφίλ των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams*, *Cavendish* nana και *Goldfinger*, που παράγονται στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Κρήτης. Οι σχέσεις ομαδοποίησης που προέκυψαν τόσο στα πλαίσια της μοριακής γενετικής, όσο και στα πλαίσια της φυσικοχημικής και οργανοληπτικής ανάλυσης, δίνουν τη δυνατότητα διαφοροποίησης των ποικιλιών που καλλιεργούνται στη χώρα μας.

Σε ανεξάρτητο πείραμα, διερευνήθηκε η δυνατότητα παραγωγής εγγυημένου πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας της ποικιλίας *Grande Naine* δια μέσου του *in vitro* πολλαπλασιασμού και έγινε προσπάθεια ανίχνευσης ενδεχόμενης σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με τη βοήθεια μοριακών τεχνικών. Η μοριακή ανάλυση με δείκτες RAPD's επιβεβαίωσε την ύπαρξη σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας ανάμεσα στους γενοτύπους μπανάνας που εξετάστηκαν. Γενικότερα, η μοριακή ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD's μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την ανίχνευση φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας στη μπανάνα και προτείνεται η εφαρμογή της για την έγκαιρη αναγνώριση γενοτύπων μπανάνας.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μπανάνα (*Musa spp.*) αποτελεί μια καλλιέργεια με παγκόσμια σημασία εξαιτίας της υψηλής θρεπτικής αξίας και των εκτάσεων που καταλαμβάνει στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές του πλανήτη. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνας είναι τριπλοειδείς ($2n=3x$) και στείρες ενώ αναπαράγονται αγενώς και καρποφορούν παρθενοκαρπικά. Η μπανάνα, ως κλωνικά αναπαραγόμενο είδος, στερείται γενετικής παραλλακτικότητας, με συνέπεια να είναι ευάλωτη σε εχθρούς και ασθένειες. Τα στελέχη των μυκήτων *Fusarium oxysporum f. Sp. Cubense* και *Mycosphaerella fijiensis*, που προκαλούν την ασθένεια του Παναμά και την ασθένεια black Sigatoka αντίστοιχα, έχουν εξαπλωθεί δραματικά τα τελευταία 20 χρόνια. Ο σοβαρός κίνδυνος από την εξάπλωση των παθογόνων της μπανάνας, πέρα από το να στερηθούν οι κάτοικοι του δυτικού κόσμου την μπανάνα από το διαιτολόγιό τους, αφορά κυρίως τον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπου οι μπανάνες αποτελούν βασικό είδος διατροφής. Η εύρεση πηγών ανθεκτικότητας για τους κυριότερους εχθρούς και ασθένειες της μπανάνας καθώς και η δημιουργία ή/και ενίσχυση της γενετικής παραλλακτικότητας του γένους *Musa*, αποτελούν τους κυριότερους στόχους των βελτιωτών της μπανάνας, στις μέρες μας.

Ερευνητές σε όλο τον κόσμο, έχουν επιδοθεί σε μεγάλο αγώνα για τη διάσωση της Cavendish, που αποτελεί τον πιο γνωστό τύπο εδώδιμης μπανάνας που παράγεται στις μέρες μας, και απειλείται σοβαρά από την εξάπλωση του μύκητα *Fusarium oxysporum*. Αμέτρητες νέες ποικιλίες έχουν παραχθεί με τη μέθοδο των διασταυρώσεων, καμία όμως ως σήμερα δεν μπορεί να αντικαταστήσει επάξια την Cavendish. Η ποικιλία Goldfinger που αναπτύχθηκε στην Ονδούρα, από το *Fundacion Hondurena de Investigation Agricola* (FHIA) και φέρει ανθεκτικότητα στο φουζάριο, έχει διαδοθεί ευρέως στην Αφρική και φαίνεται ότι αποτελεί ένα ιδιαίτερα υποσχόμενο

εδώδιμο υβρίδιο για χρήση ως εμπορική ποικιλία. Η ανθεκτικότητα της ποικιλίας στις χαμηλές θερμοκρασίες, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χώρα μας, και γι' αυτό τα τελευταία έτη καλλιεργείται πειραματικά στην περιοχή της Κρήτης, και βρίσκεται υπό αξιολόγηση. Εκτός από την αξιολόγηση της αγρονομικής αξίας, έχει ιδιαίτερη αξία και η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών της *Goldfinger*. Η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών της μπανάνας, πραγματοποιείται με την εξέταση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους και έχει μεγάλη σημασία, αφού αποκαλύπτει τις μετασυλλεκτικές ιδιότητες των καρπών και την πιθανή αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας, προσδιορίστηκαν τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των εμπορικών τριπλοειδών ποικιλιών μπανάνας τύπου *Cavendish* (*Grande Naine*, *Williams*, *Cavendish nana*) που καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτης καθώς και του υπό αξιολόγηση τετραπλοειδούς γενοτύπου *Goldfinger*. Ακολούθως πραγματοποιήθηκε γενετική ταυτοποίηση με βάση το DNA και τη χρήση RAPD μοριακών δεικτών ενώ παράλληλα έγινε μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των εξεταζόμενων ποικιλιών.

Επιπλέον, σε ανεξάρτητο πείραμα, διερευνήθηκε η δυνατότητα παραγωγής εγγυημένου πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας της ποικιλίας *Grande Naine* δια μέσου του *in vitro* πολλαπλασιασμού και έγινε προσπάθεια ανίχνευσης ενδεχόμενης σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με τη βοήθεια μοριακών τεχνικών.

Καταγωγή και ταξινόμηση ειδών μπανάνας

Η μπανάνα και το πλαντέϊν (*Musa*) κατάγονται από τις περιοχές της νοτιοανατολικής Ασίας, απ' όπου διαδόθηκαν στην Ινδία, την Αφρική και την τροπική Αμερική. Σήμερα, καλλιεργούνται σε κάθε υγρή τροπική περιοχή και αποτελούν την τέταρτη καλλιέργεια στον κόσμο, σε μέγεθος παραγωγής, μετά το ρύζι, το σιτάρι και τον αραβόσιτο (BANANAS, INIBAP/IPGRI, 2000).

Η μπανάνα και το πλαντέϊν ανήκουν στο γένος *Musa* της οικογένειας Musaceae και τάξης Zingiberales (Gill, 1988). Το γένος *Musa* χωρίζεται σε πέντε ομάδες: *Australimusa*, *Callimusa*, *Eumusa*, *Rhodochlamys* και *Ingetimusa*, με βάση το χρωμοσωμικό αριθμό και τους μορφολογικούς χαρακτήρες. Οι ομάδες *Australimusa* και *Callimusa* περιλαμβάνουν είδη με χρωμοσωμικό αριθμό $x=10$ ($2n = 20$), ενώ οι ομάδες *Eumusa* και *Rhodochlamys*, περιλαμβάνουν είδη με βασικό χρωμοσωμικό αριθμό $x=11$ ($2n = 22$) (Wong et al., 2002). Το είδος *M. ingens* με χρωμοσωμικό αριθμό $x=14$ είναι το μοναδικό της ομάδας *Ingetimusa* (Nwakamma et al., 2003).

Η μπανάνα και το πλαντέϊν ανήκουν στην ομάδα *Eumusa*, που αποτελεί τη μεγαλύτερη και πιο διαδεδομένη γεωγραφικά ομάδα του γένους, με είδη σε όλη τη νοτιοανατολική Ασία, από την Ινδία ως τα νησιά του Ειρηνικού ωκεανού. Ανάμεσα στα είδη της *Eumusa* συγκαταλέγονται και οι διπλοειδείς, ένσπερμοι, άγριοι πρόγονοι των σημερινών καλλιεργούμενων ποικιλιών μπανάνας, *Musa acuminata* Colla (γένωμα A) και *Musa balbisiana* Colla (γένωμα B) (Osuji et al., 1997).



Το είδος *M. acuminata* είναι το πιο διαδεδομένο της ομάδας *Eumusa*. Το κέντρο της γενετικής του ποικιλομορφίας φαίνεται ότι είναι η Μαλαισία (Simmonds, 1962) ή η Ινδονησία (Horry et al., 1997), ενώ το είδος *M. balbisiana* είναι ιθαγενές των περιοχών: Ινδία, Ταϊλάνδη και Φιλιπίνες (Ge

et al., 2005). Η εδωδιμότητα των ώριμων καρπών του διπλοειδούς *M. acuminata* (AA) προέκυψε ως αποτέλεσμα της παρθενοκαρπίας, ενώ οι εδώδιμες τριπλοειδείς AAA (dessert) ποικιλίες φαίνεται ότι προέκυψαν από τα διπλοειδή AA, ως αποτέλεσμα διασταυρώσεων των εδώδιμων και άγριων υποειδών του *M. acuminata*. Η μεταφορά των διπλοειδών (AA) και τριπλοειδών (AAA) ποικιλιών του είδους *M. acuminata* στα κέντρα καταγωγής του είδους *M. balbisiana*, οδήγησε σε φυσικές διειδικές διασταυρώσεις μεταξύ των ποικιλιών, με αποτέλεσμα τη δημιουργία των αλλοπλοειδών ετεροζύγωτων υβριδίων AAB και ABB (cooking) μπανάνας. Αυτές οι ενδο- και διειδικές διασταυρώσεις μεταξύ των δύο ειδών, οδήγησαν στη δημιουργία μεγάλου εύρους εδώδιμων υβριδίων μπανάνας και πλαντέϊν, μερικά μόνο από τα οποία έχουν διασωθεί ως τις μέρες μας με την αρχέγονή τους μορφή, κατόπιν πολλών αιώνων φυσικής επιλογής και ανθρώπινης επέμβασης (Daniells et al., 2001). Η διασπορά των υβριδίων αυτών εκτός της Ασίας, επήλθε εξαιτίας των ανθρώπινων μετακινήσεων και μεταναστεύσεων (Simmonds, 1962), ενώ οι τυχαίες σωματικές μεταλλάξεις στους γενοτύπους των ποικιλιών, σε συνδυασμό με τις δημιουργικές δυνάμεις της φυσικής και ανθρώπινης επιλογής μέσα στους αιώνες, οδήγησαν στη σημερινή μορφή των καλλιεργούμενων ποικιλιών (Daniells et al., 2001).

Η πρώτη επιστημονική ταξινόμηση της μπανάνας έγινε από τον Λινναίο το 1783, ο οποίος έδωσε το όνομα *M. sapientium* στις εδώδιμες μπανάνες, που είναι γλυκές και τρώγονται ως νωποί καρποί όταν ωριμάσουν. Το όνομα *M. paradisiaca* δόθηκε στο πλαντέϊν, που τρώγεται άγουρο ή ώριμο, συνήθως βραστό, τηγανητό ή ψητό (Ποντίκης, 2001).



Η σύγχρονη μέθοδος βοτανικής ταξινόμησης της εδώδιμης μπανάνας, επινοήθηκε από τους Simmonds και Shepherd (1955) και βασίστηκε στη

συμβολή των ειδών *M. accuminata* (γένωμα Α) και *M. balbisiana* (γένωμα Β) στη δημιουργία των ποικιλιών μπανάνας καθώς και το βασικό αριθμό των χρωμοσωμάτων τους. Σύμφωνα με την προηγούμενη ταξινόμηση των Simmonds και Shepherd (1955), οι ποικιλίες μπανάνας κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες με βάση το χρωμοσωμικό τους αριθμό και συγκεκριμένα, στις διπλοειδείς ($2n=22$), τις τριπλοειδείς ($3n=33$), και τις τετραπλοειδείς ($4n=44$).

Στο σύνολό τους, οι ταξινομητές της μπανάνας συμφωνούν ότι δεν μπορεί να δοθεί ένα μοναδικό επιστημονικό όνομα σ' όλες τις εδωδιμες ποικιλίες μπανάνας. Τα *M. accuminata* και *M. balbisiana* αποτείνονται στους γνήσιους άσπερμους διπλοειδείς και τριπλοειδείς τύπους εδωδιμης και μαγειρευτής μπανάνας, αντίστοιχα. Ωστόσο, τα υβρίδια δεν μπορεί να φέρουν ένα ειδικό όνομα λόγω των ανάμικτων χαρακτήρων και των διαφορών στο επίπεδο πλοειδίας. Γι' αυτό, είναι διεθνώς αποδεκτό, όλες οι ποικιλίες της μπανάνας να αναφέρονται με το γένος *Musa*, που να ακολουθείται από έναν κωδικό, ο οποίος δείχνει την ομάδα του γενώματος και το επίπεδο πλοειδίας, ακολουθούμενα από το όνομα της υποομάδας (αν υπάρχει) και το κοινό όνομα της ποικιλίας (Ποντίκης, 2001).

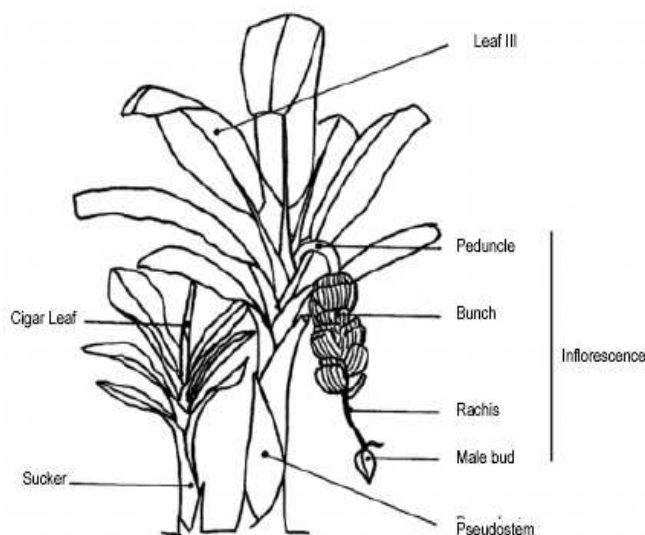
Μορφολογία μπανάνας

Η μπανάνα, είναι φυτό αειθαλές, μονοκοτυλήδοιο, ποώδες και πολυετές. Χαρακτηρίζεται ποώδες γιατί το υπέργειο τμήμα στερείται ξυλωδών τμημάτων, ενώ μετά τη συγκομιδή των καρπών, εξασθενεί και πέφτει στο έδαφος. Η μπανάνα θεωρείται αειθαλές φυτό γιατί το μητρικό φυτό έχει τη δυνατότητα να αντικαθιστά τον εαυτό του, εκπύσσοντας νέες παραφυάδες από τη βάση του, προς αντικατάσταση των υπέργειων μερών που έχουν χαθεί.

Ρίζωμα. Ο αληθινός βλαστός του φυτού είναι ένα υπόγειο όργανο γνωστό ως βολβώδης ρίζωμα. Από το όργανο αυτό αναπτύσσονται οι ρίζες, τα φύλλα, τα άνθη και οι παραφυάδες του φυτού.

Ρίζες. Το ριζικό σύστημα της μπανάνας είναι επιπολαιόριζο. Οι χονδρές, κύριες και σαρκώδεις ρίζες, διακλαδίζονται σε δευτερεύουσες και λεπτές. Οι ρίζες της μπανάνας έχουν μικρή διάρκεια ζωής. Κατά την άνθιση, η παραγωγή ριζών από το μητρικό ρίζωμα σταματά και τότε υπερισχύουν οι ρίζες των παραφυάδων, με κάποιες μόνο από τις ρίζες του μητρικού ριζώματος να παραμένουν λειτουργικές μέχρι τη συγκομιδή.

Φύλλα και ψευδοστέλεχος. Τα πρώτα φύλλα που παράγονται από το



κεντρικό μερίστωμα της αναπτυσσόμενης παραφυάδας είναι βράκτια, ενώ στη συνέχεια παράγονται τα στενά επιμήκη και τελικά τα πλατιά φύλλα με βαθμιαία διαπλάτυνση του ελάσματος μέχρι την ενηλικίωση. Τα φύλλα αποκτούν το τελικό

τους μέγεθος μετά από περίπου έξι μήνες. Οι κολεοί των φύλλων αρχικά είναι κυκλικοί και περικλείουν πλήρως το μερίστωμα, αλλά αργότερα τα άκρα των κολεών διαχωρίζονται από την ανάπτυξη νέων φύλλων στο κέντρο του ψευδοστελέχους. Οι κολεοί των φύλλων είναι σφιχτά διατεταγμένοι και αναπτυσσόμενοι κατά πάχος, σχηματίζουν τον κορμό ή το ψευδοστέλεχος του φυτού, το οποίο καθώς επιμηκύνεται βγάζει νέα φύλλα, φθάνοντας στο μέγιστο ύψος κατά την άνθιση.

Ταξιανθίες και τσαμπιά. Μετά από ορισμένη ανάπτυξη του φυτού, το ακραίο μερίστωμα του ψευδοστελέχους σταματά να παράγει νέα φύλλα και



αρχίζει να αναπτύσσει ταξιανθία. Η ταξιανθία είναι σύνθετοςστάχυς που αποτελείται από ισχυρά ανθικά στελέχη, όπου τα άνθη είναι διατεταγμένα σε κομβικούς βότρεις. Κάθε κόμβος

περιλαμβάνει δύο σειρές ανθέων. Οι ανθικοί βότρεις με τα βράκτιά τους παράγονται σπειροειδώς και δεν περικυκλώνουν πλήρως το ανθικό στέλεχος.

Οι κόμβοι της βάσης παράγουν θηλυκά άνθη ενώ οι επάκριοι παράγουν αρσενικά άνθη τα οποία περιβάλλονται από βράκτια φύλλα και παραμένουν έγκλειστα υπό μορφή κωνικής κατασκευής που ονομάζεται αρσενικός οφθαλμός (κουδούνι). Οι ενδιάμεσοι κόμβοι παράγουν ερμαφρόδιτα άνθη, που δεν εξελίσσονται σε εδώδιμο καρπό. Οι κόμβοι που φέρουν διπλές σειρές θηλυκών ανθέων ονομάζονται «χέρια», οι δε μονήρεις καρποί που παράγονται από τα θηλυκά άνθη ονομάζονται «δάκτυλα».



Καρπός. Ο καρπός της μπανάνας είναι ράγα με περικάρπιο. Το εξωκάρπιο αποτελείται από το φλοιό, το μεσοκάρπιο από τη σάρκα και το ενδοκάρπιο περιορίζεται στην ενδότερη μεμβράνη κοντά στη σπερματική κοιλότητα. Στις άγριες, ένσπερμες ποικιλίες, η επικονίαση και



γονιμοποίηση των ανθέων είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των καρπών και ο ώριμος καρπός εμπεριέχει μια μάζα από μαύρους σκληρούς σπόρους, που περικλείονται από τη γλυκίζουσα σάρκα. Οι καλλιεργούμενες ποικιλίες χαρακτηρίζονται από βλαστική παρθενοκαρπία και κατά συνέπεια τα άνθη τους δεν έχουν ανάγκη από επικονίαση. Το τελικό σχήμα και μέγεθος του καρπού της μπανάνας, είναι χαρακτηριστικά της ποικιλίας αλλά επηρεάζονται και από την αλληλεπίδραση περιβαλλοντικών και γενετικών παραγόντων. (Ποντίκης, 2001).

Η διάσωση του τροπικού είδους και το στοίχημα των βελτιωτών

Οι μπανάνες και τα πλαντέϊν (*Musa spp.*), ως αμυλούχοι καρποί, αποτελούν βασικές καλλιέργειες ιδιαίτερης σημασίας για τον αναπτυσσόμενο κόσμο. Στις πολυπληθείς χώρες Ουγκάντα, Κένυα, Τανζανία, Μπουρουντί και Ρουάντα, οι μπανάνες αποτελούν βασικό είδος διατροφής, σχεδόν τη μόνη πηγή λήψης υδατανθράκων (BANANAS, INIBAP/IPGRI, 2000). Με την παγκόσμια παραγωγή να ανέρχεται σε περίπου 85 εκατομμύρια τόνους ετησίως, η καλλιέργεια της μπανάνας, κατατάσσεται στην τέταρτη θέση ως προς μέγεθος παραγωγής, μετά το ρύζι, το σιτάρι και τον αραβόσιτο (INIBAP, 2006).

Οι αναπτυσσόμενες χώρες κατέχουν το 98% της παραγωγής σε μπανάνα και το 100% της παραγωγής σε πλάντέϊν (INIBAP, 2006). Μόνο το 13% της συνολικής παραγωγής μπανάνας (κυρίως dessert μπανάνες) παράγεται για εξαγωγές (Sharrock & Frison, 1999), με την τοπική κατανάλωση να αγγίζει το 90% της παραγωγής, κυρίως στις φτωχότερες χώρες της Αφρικής, Λατινικής Αμερικής και Ασίας (στην ανατολική Αφρική, ανέρχεται στα 250 kg/άτομο/χρόνο) (BANANAS, INIBAP/IPGRI, 2000).

Η μπανάνα, ως αγενώς αναπαραγόμενος κλώνος, στερείται γενετικής παραλλακτικότητας, με συνέπεια να είναι ευάλωτη σε εχθρούς και ασθένειες.

Οι τρεις κυριότεροι εχθροί και ασθένειες των μπανανοκαλλιιεργειών, στις μέρες μας, είναι ο μύκητας *Fusarium oxysporum f. Sp. Cubense*, ο μύκητας *Mycosphaerella fijiensis* και οι νηματώδεις. Αυτοί οι εχθροί/ασθένειες μπορούν να μειώσουν την παραγωγή μέχρι και 50% (Mourichon et al., 1997). Η χημική καταπολέμηση των *Mycosphaerella fijiensis* και νηματωδών, είναι δυνατή, αλλά απαιτεί πολύ υψηλό κόστος, που δεν μπορούν να αντέξουν οι μικροκαλλιεργητές, με αποτέλεσμα να αντιμετωπίζουν όχι μόνο το φάσμα της οικονομικής καταστροφής αλλά και άμεση πείνα, αφού στην ουσία τρέφουν τις οικογένειές τους από την καλλιέργεια της μπανάνας. Για το μύκητα *Fusarium oxysporum f. Sp. Cubense*, δεν υπάρχει χημική καταπολέμηση. Συνέπεια των προηγούμενων, είναι η ανάγκη για δημιουργία ποικιλιών μπανάνας με ανθεκτικότητα στους εχθρούς και τις ασθένειες που έχουν μειώσει κατακόρυφα την παραγωγή σε όλες τις μπανανοκαλλιεργούμενες περιοχές του κόσμου.

Η βελτίωση των εδώδιμων ποικιλιών *Musa spp.* παρουσιάζει αυξημένες δυσκολίες, καθώς οι περισσότερες είναι πολυπλοειδείς και στείρες. Η κύρια πηγή γενετικής παραλλακτικότητας στη μπανάνα, είναι οι μεταλλάξεις (φυσικές ή τεχνητές), ενώ, σχεδόν όλες οι ποικιλίες μπανάνας θεωρούνται προϊόντα μεταλλάξεων (Buddenhagen, 1987). Το αντιπροσωπευτικότερο παράδειγμα, αποτελεί η μπανάνα 'Cavendish', η οποία χαρακτηρίζεται για την ανθεκτικότητά της στο μύκητα *Fusarium oxysporum* (στέλεχος 1), και αντικατέστησε την ποικιλία 'Gros Michel' σώζοντας τη βιομηχανία μπανάνας το 1960 από βέβαιη κατάρρευση (Ploetz, 1994).

Το 1960 εμφανίστηκε γενετική ευπάθεια, στην κύρια εδώδιμη ποικιλία *Gros Michel*, η οποία είχε καρπούς μεγαλύτερους και γευστικότερους από αυτούς που καταναλώνουμε σήμερα. Από το 1940 όμως, ο μύκητας *Fusarium oxysporum* άρχισε να προσβάλλει τις μπανανοφυτείες, προκαλώντας τη νόσο που έμεινε γνωστή στην ιστορία, ως ασθένεια του Παναμά, με αποτέλεσμα τη

σταδιακή εξαφάνιση της ποικιλίας *Gros Michel*. Από το 1960 και μετά, η ποικιλία *Gros Michel* αντικαταστάθηκε από την άγνωστη ως τότε ποικιλία, *Cavendish*, που έφερε ανθεκτικότητα στην ασθένεια του Παναμά.

Η *Cavendish* είναι ο πιο γνωστός τύπος εδώδιμης μπανάνας που παράγεται στις μέρες μας, και ίσως η πληρέστερη τροφή που καταναλώνεται αυτή τη στιγμή σε όλο τον κόσμο. Από το 1922 και μετά, εμφανίστηκε ένα νέο στέλεχος του μύκητα *Fusarium oxysporum* στην Ασία, το οποίο προσβάλλει τις ποικιλίες *Cavendish*. Ο μύκητας αυτός, τα τελευταία χρόνια έχει καταστρέψει ολόκληρες φυτείες στην Ινδονησία, τη Μαλαισία και την Ταϊβάν, ενώ εξαπλώνεται πλέον και σε μεγάλο μέρος της νοτιοανατολικής Ασίας. Ερευνητές σε όλο τον κόσμο έχουν επιδοθεί σε μεγάλο αγώνα για τη διάσωση της *Cavendish*. Από τη μια μεριά, οι κλασσικοί βελτιωτές δοκιμάζουν πειραματικές καλλιέργειες με τις μεθόδους της κλασσικής μεθοδολογίας, και από την άλλη, οι βιοτεχνολόγοι με τις σύγχρονες τεχνικές της Μοριακής Γενετικής παρεμβαίνουν στα χρωμοσώματα του φυτού ή προσθέτουν γονίδια από άλλα είδη, με κοινό σκοπό τη δημιουργία μίας νέας ποικιλίας *Cavendish* με ανθεκτικότητα στην ασθένεια του Παναμά, πριν ο μύκητας προσβάλλει τις μπανανοκαλλιέργειες της Αφρικής και Αμερικής. Αμέτρητες νέες ποικιλίες έχουν παραχθεί με τη μέθοδο των διασταυρώσεων, καμία όμως ως σήμερα, δεν μπορεί να αντικαταστήσει επάξια την *Cavendish*.

Ο σοβαρός κίνδυνος από την εξάπλωση των παθογόνων της μπανάνας,



εκτός από το να στερηθούν οι κάτοικοι του δυτικού κόσμου την μπανάνα από το διαιτολόγιό τους, αφορά κυρίως τον αναπτυσσόμενο κόσμο, ειδικά τις χώρες

της ανατολικής Αφρικής. Στις πολυπληθείς χώρες Ουγκάντα, Κένυα, Τανζανία, Μπουρουντί και Ρουάντα, οι μπανάνες αποτελούν βασικό είδος διατροφής, σχεδόν τη μόνη πηγή λήψης υδατανθράκων, και χωρίς αυτές εκατομμύρια άνθρωποι θα αντιμετωπίσουν μαζικές διατροφικές ελλείψεις. Η εύρεση επομένως, πηγών ανθεκτικότητας για τους κυριότερους εχθρούς και ασθένειες της μπανάνας και η δημιουργία ή ενίσχυση της γενετικής παραλλακτικότητας του γένους *Musa*, αποτελούν τους κυριότερους στόχους των βελτιωτών της μπανάνας, στις μέρες μας.

Η βελτίωση της μπανάνας

Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνας και πλαντέϊν, είναι τριπλοειδείς ($2n=3x$). Αυτοί οι τριπλοειδείς γενότυποι είναι στείροι και αναπτύσσουν τους καρπούς τους παρθενοκαρπικά. Εκτός από τις τριπλοειδείς ποικιλίες, καλλιεργούνται διπλοειδείς ποικιλίες και τετραπλοειδείς, οι περισσότερες από τις οποίες είναι τεχνητά υβρίδια (Crouch et al., 1998).

Πολλοί εχθροί και ασθένειες προσβάλλουν την καλλιέργεια της μπανάνας. Τα στελέχη των μυκήτων *Fusarium oxysporum f. Sp. Cubense* και *Mycosphaerella fijiensis* που προκαλούν την ασθένεια του Παναμά και την ασθένεια black Sigatoka αντίστοιχα, έχουν εξαπλωθεί δραματικά τα τελευταία 20 χρόνια. Οι ασθένειες αυτές αποτελούν απειλή για την καλλιέργεια της μπανάνας και γι' αυτό υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για την ενίσχυση της γενετικής παραλλακτικότητας του γένους και την εύρεση νέων πηγών ανθεκτικότητας. Κάποια βελτιωτικά προγράμματα έχουν επικεντρωθεί στη βελτίωση των εξαγόμενων ποικιλιών, ο βασικός όμως στόχος είναι η βελτίωση των ποικιλιών που προορίζονται για τοπική κατανάλωση στον τροπικό κόσμο (Ortiz & Vuylsteke, 1996). Οι βελτιωτές της *Musa* αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα που επιβραδύνουν και καθυστερούν τη

βελτίωση της μπανάνας. Η χαμηλή γονιμότητα λόγω πολυπλοειδίας, ο μεγάλος κύκλος αναπαραγωγής, ο αργός πολλαπλασιασμός, και ο μεγάλος χώρος που απαιτείται για την καλλιέργεια των φυτών, αποτελούν τις κυριότερες δυσκολίες που παρουσιάζει η βελτίωση, στη μπανάνα (Crouch et al., 1998).

Για τους σκοπούς της βελτίωσης της μπανάνας, ακολουθείται τόσο η κλασσική μεθοδολογία των διασταυρώσεων, όσο και η εφαρμογή νέων τεχνικών της βιοτεχνολογίας.

Κλασσική βελτίωση

Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες μπανάνας είναι τριπλοειδείς και στείρες. Η στειρότητα που παρουσιάζουν οι ποικιλίες αυτές περιορίζει την εφαρμογή του υβριδισμού στη βελτίωση της μπανάνας και αποτελεί πρόκληση για την κλασσική βελτίωση. Τα τελευταία 20 χρόνια έχει πραγματοποιηθεί αξιόλογη πρόοδος στη βελτίωση της μπανάνας. Νέες βελτιωμένες ποικιλίες μπανάνας προκύπτουν συνεχώς στα πλαίσια διαφόρων προγραμμάτων βελτίωσης που πραγματοποιούνται από ερευνητικά κέντρα σε διάφορες περιοχές του κόσμου (Tomekpe et al., 2004).

Στην Ονδούρα, το *Fundacion Hondurena de Investigation Agricola* (FHIA) είναι το παλαιότερο βελτιωτικό πρόγραμμα και εργάζεται σε αρκετές *dessert* και *cooking* μπανάνες. Το FHIA έχει αναπτύξει διάφορους τύπους υβριδίων, μερικά από τα οποία είναι ευρέως διαδεδομένα σε διάφορες χώρες του κόσμου. Στη Γαλλία και τη Γουαδελούπη, το *Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement* (Cirad) έχει επικεντρωθεί τα τελευταία 20 χρόνια στη δημιουργία νέων τριπλοειδών *dessert* μπανανών για εξαγωγές, αξιοποιώντας γνώση της υπάρχουσας γενετικής ποικιλομορφίας των διπλοειδών *dessert* ποικιλιών. Στη Νιγηρία, το Καμερούν και την Ουγκάντα, το *International Institute of Tropical*

Agriculture (IITA) βελτιώνει πλαντέιν για περίπου 20 έτη και τελευταία προσανατολίστηκε στη βελτίωση των μπανανών των ορεινών περιοχών της Ανατολικής Αφρικής (East African highland bananas). Στο Καμερούν, το *Centre africain de recherches sur bananiers et plantains* (CARBAP) ειδικεύεται τα τελευταία 12 έτη στη βελτίωση των πλαντέιν και διαθέτει τη μεγαλύτερη συλλογή πλαντέιν στον κόσμο. Στη Βραζιλία, το Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA) έχει αντικείμενο έρευνας τις μπανάνες των υπο-ομάδων Rome και Silk που είναι υπερτιμημένες στη χώρα αυτή (Tomekre et al., 2004).

Τεχνική 3χ/2χ

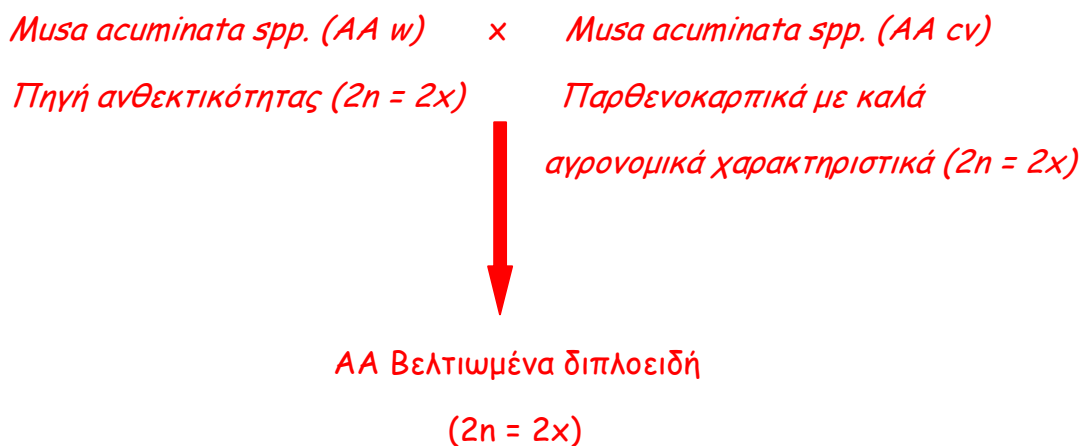
Η τεχνική 3χ/2χ εφαρμόστηκε ευρέως μέχρι τις αρχές του 1970, απ' όλα τα προγράμματα κλασσικής βελτίωσης, για τη δημιουργία τετραπλοειδών υβριδίων με καλά αγρονομικά χαρακτηριστικά και ανθεκτικότητα σε ασθένειες. Η τεχνική βασίστηκε στη διασταύρωση συγκεκριμένων τριπλοειδών ποικιλιών με υπολειπόμενη (θηλυκή) γονιμότητα, με άγρια διπλοειδή είδη που έφεραν ανθεκτικότητα σε εχθρούς και ασθένειες (**Εικόνα 1**).

Τα διπλοειδή είδη σε αντίθεση με τα τριπλοειδή, είναι γόνιμα και χαρακτηρίζονται από σημαντική γενετική παραλλακτικότητα. Άγρια, ημίάγρια ή παρθενοκαρπικά, τα διπλοειδή είδη αποτελούν πηγή ανθεκτικότητας για εχθρούς και ασθένειες και συγχρόνως πηγή ενδιαφερόντων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.



Εικόνα 1. Σχήμα παραγωγής τετραπλοειδών υβριδίων (Tomekpe et al., 2004).

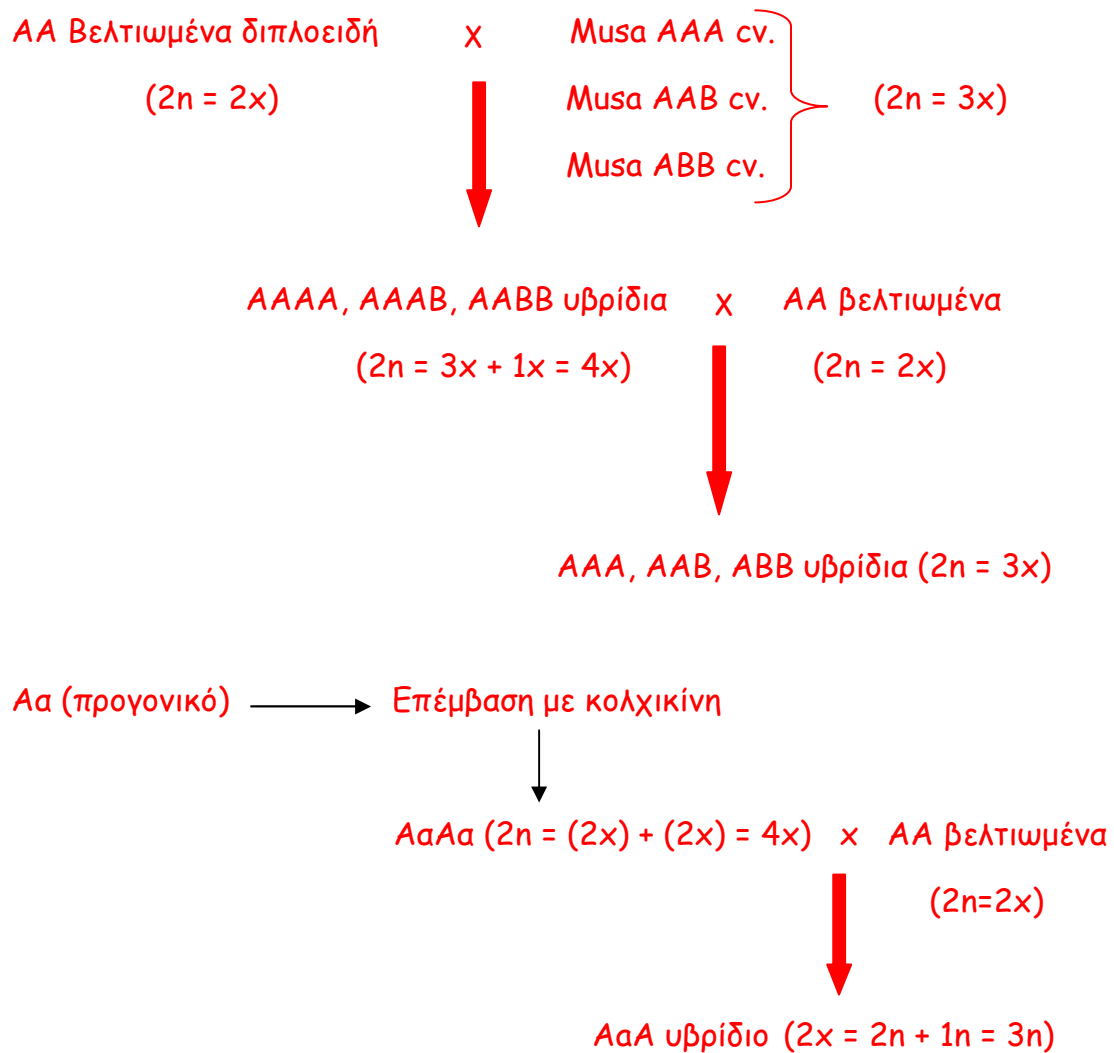
Μετά το 1970, τα βελτιωτικά προγράμματα προσανατολίστηκαν στη βελτίωση των άγριων διπλοειδών ειδών, τα οποία υστερούσαν σε αγρονομικά χαρακτηριστικά, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν ως άρρενες γονείς σε διασταυρώσεις με επιθυμητές τριπλοειδείς ποικιλίες. Για την παραγωγή βελτιωμένων διπλοειδών, διασταυρώθηκαν άγρια διπλοειδή είδη που αποτελούσαν πηγές ανθεκτικότητας, με παρθενοκαρπικά διπλοειδή που έφεραν επιθυμητά αγρονομικά χαρακτηριστικά (**Εικόνα 2**).



Εικόνα 2. Σχήμα παραγωγής βελτιωμένων διπλοειδών υβριδίων (Tomekpe et al., 2004).

Τεχνική 4x/2x

Η τεχνική 4x/2x βασίζεται στη διασταύρωση διπλοειδών με βελτιωμένα τετραπλοειδή υβρίδια, για την παραγωγή τριπλοειδών υβριδίων. Τα τετραπλοειδή υβρίδια ενδεχομένως προκύπτουν από το διπλασιασμό του χρωμοσωμικού αριθμού αρχέγονων διπλοειδών ειδών ή βελτιωμένων διπλοειδών υβριδίων που έχουν υποστεί επέμβαση με κολχικίνη. Η τεχνική αυτή μιμείται τη φυσική εξέλιξη της μπανάνας, καθώς οι φυσικές τριπλοειδείς ποικιλίες έχουν προκύψει από αρχέγονα διπλοειδή είδη, από την τυχαία παραγωγή γαμετών που δεν είχαν υποστεί μείωση κατά την υβριδοποίηση ενός από τους διπλοειδείς γονείς (Simmonds, 1962). Το σφάλμα κατά τη διάρκεια της μείωσης, που συνετέλεσε στην παραγωγή αμείωτων γαμετών, αντικαθίσταται στην τεχνική 4x/2x με το διπλασιασμό των χρωμοσωμάτων του ενός γονέα, με εφαρμογή κολχικίνης (Bacry et al., 1997). Ο υβριδισμός δεν μπορεί να συνεχιστεί εφόσον οι παραγώμενες τριπλοειδείς ποικιλίες είναι στειρές και δεν μπορούν να βελτιωθούν περαιτέρω με χρήση συμβατικών μεθόδων. Η τεχνική 4x/2x, σε αντίθεση με την τεχνική 3x/2x δεν έχει στόχο τη βελτίωση των ήδη υπάρχουσών ποικιλιών αλλά τη δημιουργία νέων βελτιωμένων ποικιλιών (Εικόνα 3)



Εικόνα 3. Σχήμα παραγωγής τριπλοειδών υβριδίων (Tomekpe et al., 2004).

Τεχνικές σύγχρονης βελτίωσης

Τα τελευταία χρόνια, εφαρμόζεται ένα ευρύ φάσμα κυτταρογενετικών και μοριακών τεχνικών, με στόχο την ενίσχυση, διαχείριση και βελτίωση του γενετικού υλικού του γένους *Musa*. Οι τεχνικές της ιστοκαλλιέργειας χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή, τη διατήρηση και το γρήγορο πολλαπλασιασμό του γενετικού υλικού *Musa*, ενώ απλές τεχνικές ιστοκαλλιέργειας, όπως η καλλιέργεια βλαστικών κορυφών και εμβρύων, έχουν ενισχύσει πολύ τη διαχείριση και βελτίωση του γενετικού υλικού του γένους. Η αναγέννηση φυτών με την τεχνική της σωματικής εμβρυογένεσης εφαρμόζεται για να ανακτήσει τροποποιημένα φυτά από κύτταρα που

μετασχηματίστηκαν με τη μέθοδο του *Agrobacterium* ή τη μέθοδο του βομβαρδισμού, για ανθεκτικότητα σε μύκητες και ιούς. Η σωματοκλωνική παραλλακτικότητα, αν και με περιορισμένη αποτελεσματικότητα, χρησιμοποιείται ως πηγή νέας και χρήσιμης παραλλακτικότητας. Σύγχρονες τεχνικές της Μοριακής Γενετικής, όπως η περιγραφή και αξιολόγηση του γενετικού υλικού, η χαρτογράφηση του γενώματος και ο προσδιορισμός γονιδίων ανθεκτικότητας, με την εφαρμογή μοριακών δεικτών τύπου RFLP, RAPD, AFLP και SSR, καθώς και η επιλογή μέσω μοριακών δεικτών (MAS), εφαρμόζονται τα τελευταία χρόνια, αυξάνοντας την αποτελεσματικότητα της βελτίωσης (Vuylsteke et al., 1998).

Η βελτίωση της *Musa* απαιτεί μια ολιστική προσέγγιση. Η ιστοκαλλιέργεια, οι μοριακοί δείκτες και τέλος η γενετική μηχανική, αποτελούν πολύτιμα εργαλεία στα χέρια των βελτιωτών για τα προγράμματα βελτίωσης που πραγματοποιούνται από τα ερευνητικά κέντρα σε διάφορες περιοχές του κόσμου (Vuylsteke et al., 1998).



***In vitro* τεχνικές στη μπανάνα**

Η πρώτη αναφορά στην *in vitro* καλλιέργεια της μπανάνας έγινε από τους Μα και Shi (1972, 1974), για να ακολουθήσουν τα επόμενα έτη ολοένα και περισσότερες δημοσιεύσεις που αφορούσαν στις εφαρμογές της ιστοκαλλιέργειας για τη βελτίωση της μπανάνας.

Μικροπολλαπλασιασμός

Ο πολλαπλασιασμός με την τεχνική της ιστοκαλλιέργειας έκανε δυνατή τη μαζική αναπαραγωγή φυτών μπανάνας, απαλλαγμένων από ιώσεις και μύκητες. Οι τεχνικές του μικροπολλαπλασιασμού αναπτύχθηκαν τις τελευταίες δύο δεκαετίες (Israeli et al., 1995, Vuylsteke, 1989). Ο μικροπολλαπλασιασμός έπαιξε ρόλο κλειδί στη βελτίωση του γενετικού υλικού του γένους *Musa* (Rowe & Rosales, 1996, Vuylsteke et al., 1997). Η καλλιέργεια μεριστωμάτων είναι απλή, εύκολη και βρίσκει εφαρμογή σε μεγάλο εύρος γενοτύπων *Musa* (Vuylsteke, 1989). Ο πολλαπλασιασμός *in vitro* της μπανάνας δίνει τη δυνατότητα παραγωγής μερικών εκατοντάδων ή και χιλιάδων φυτών το χρόνο από ένα μόνο έκφυτο. Έτσι καθίσταται δυνατή η μαζική παραγωγή πολλαπλασιαστικού φυτικού υλικού μπανάνας με συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με το συμβατικά παραγόμενο φυτικό υλικό, όπως η ζωηρή αύξηση, οι υψηλοί ρυθμοί



επιβίωσης, η ομοιομορφία, ο υψηλός ρυθμός ανθοφορίας (90%), ο μικρότερος και πιο ομοιόμορφος κύκλος αναπαραγωγής και οι υψηλότερες αποδόσεις (20% για τη μπανάνα και 70% για τα πλαντέιν) (Vuylsteke, 1998).

Συλλογή και διατήρηση γενετικού υλικού

Η καλλιέργεια μεριστωμάτων αποτελεί σπουδαίο μέσο για την ασφαλή συλλογή γενετικού υλικού και διατήρησης της άριστης φυτουγειονομικής. Επιπλέον, η καλλιέργεια μεριστωμάτων υπο χαμηλές θερμοκρασίες (15-18° C) έχει χρησιμοποιηθεί για τη διατήρηση γενετικού υλικού του είδους *Musa* (Banerjee & De Langhe, 1985).

Καλλιέργεια εμβρύων

Η καλλιέργεια εμβρύων αποτέλεσε την πρώτη εφαρμογή της τεχνικής της ιστοκαλλιέργειας στο γένος *Musa*, περίπου 40 χρόνια πριν. Δεκαπλασιάζοντας το ποσοστό της βλαστικότητας του σπόρου, η εμβρυοκαλλιέργεια αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο στη βελτίωση της μπανάνας (Vuylsteke et al., 1990b).

Σωματική εμβρυογένεση

Οι τεχνικές της σωματικής εμβρυογένεσης αναπτύχθηκαν αρχικά για να συνδυάσουν δύο βασικούς στόχους, το μαζικό αναπολλαπλασιασμό και την ανάπτυξη του υλικού εκκίνησης για γενετική βελτίωση (γενετική τροποποίηση, σύντηξη πρωτοπλαστών). Παρά το μεγάλο δυναμικό αναπαραγωγής της μεθόδου, η τεχνική της καλλιέργειας εμβρυογενετικών κυττάρων δεν ενδείκνυται για μαζικό αναπολλαπλασιασμό. Κύριο λόγο αποτελεί η αυξημένη σωματοκλωνική παραλλακτικότητα που παρατηρείται στα αναγεννημένα φυτά, συγκριτικά με την κλασική *in vitro* καλλιέργεια βλαστικών κορυφών. Στη μπανάνα χρησιμοποιείται στην περίπτωση της

γενετικής τροποποίησης και σύντηξης πρωτοπλαστών γιατί επιλύει το πρόβλημα των χειμαιρικών φυτών που προκύπτουν όταν χρησιμοποιούνται βλαστικές κορυφές ως υλικό εκκίνησης (Σακελλαρίου, 2005).

***In vitro* μεταλλαξογένεση**

Η ιδέα για εφαρμογή της *in vitro* μεταλλαξογένεσης στη μπανάνα κατά τη δεκαετία του 1980, ενίσχυσε την ελπίδα των βελτιωτών για αύξηση της γενετικής παραλλακτικότητας και βελτίωση του γένους *Musa* (Roux et al., 2001). Η βελτίωση μέσω της *in vitro* μεταλλαξογένεσης προτάθηκε ως εξαιρετική εναλλακτική κατεύθυνση στη βελτίωση της μπανάνας. Η *in vitro* καλλιέργεια βλαστικών τμημάτων για πρόκληση μεταλλαξογένεσης, έδωσε τη δυνατότητα για ευκολότερη πρόκληση μεταλλάξεων (Mak et al., 2001). Ωστόσο το πρόβλημα των χειμαιρικών φυτών που προκύπτουν κατά τη μεταλλαξογένεση μεριστωμάτων *Musa*, περιορίζει τον αριθμό των ωφέλιμων μεταλλάξεων. Το πρόβλημα των χειμαιρικών φυτών, μειώνεται ή μεγενθύνεται ανάλογα με τη μέθοδο μικροπολλαπλασιασμού που χρησιμοποιείται. Αν και κανένα σύστημα μικροπολλαπλασιασμού δεν φαίνεται να περιορίζει το χειμαιρισμό απόλυτα (Roux et al., 2001), η σωματική εμβρυογένεση έχει αποδειχθεί αποτελεσματική μέθοδος για τον περιορισμό των χειμαιρικών φυτών (Van Harten, 1998), ενώ η καλλιέργεια εμβρυογενετικών κυττάρων, θεωρείται ιδανικό υλικό εκκίνησης για πρόκληση γενετικής παραλλακτικότητας στο γένος *Musa* μέσω της *in vitro* μεταλλαξογένεσης (Roux et al., 2001).

Σωματοκλωνική παραλλακτικότητα

Ο πολλαπλασιασμός με την τεχνική της ιστοκαλλιέργειας, έκανε δυνατή τη μαζική αναπαραγωγή φυτών μπανάνας απαλλαγμένων από ιώσεις και μύκητες, ενώ επιπλέον διεύρυνε τη γενετική παραλλακτικότητα του φυτού

εξαιτίας των συχνών φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας. Το ποσοστό εμφάνισης τέτοιων φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας στη μπανάνα ποικίλλει ανάλογα με το γενότυπο και κυμαίνεται από 0-90% (Israeli et al., 1995, Reuveni et al., 1996).

Η σωματοκλωνική παραλλακτικότητα μπορεί να αποτελέσει νέα και χρήσιμη πηγή γενετικής παραλλακτικότητας (Vuylsteke, 1998) στο γένος *Musa*. Για τους σκοπούς της βελτίωσης του γένους *Musa*, θα ενδιέφερε η εύρεση μεθόδων εντοπισμού των σπάνιων αλλά χρήσιμων παραγώγων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας μεταξύ των υπολοίπων που δεν παρουσιάζουν κανένα ενδιαφέρον. Η σταθερότητα εμφάνισης off-type φυτών μετά από σειρά κύκλων αναπολλαπλασιασμού, υποδηλώνει ότι η σωματοκλωνική παραλλακτικότητα στη μπανάνα, έχει γενετική βάση (Vuylsteke et al., 1991) και επομένως μπορεί να ανιχνευθεί με τις σύγχρονες μεθόδους της Μοριακής Βιολογίας.

Η εφαρμογή των DNA μοριακών δεικτών στον εντοπισμό off-type φυτών μπανάνας με επιθυμητά χαρακτηριστικά, έχει να παρουσιάσει αξιόλογα παραδείγματα. Ο Kaemmer και οι συνεργάτες του (1992) με τη χρήση μοριακών δεικτών RAPD και μικροδορυφόρων (SSR) προσδιόρισαν με επιτυχία ένα μεταλλαγμένο κλώνο της ποικιλίας *Grande Naine* με αξιόλογα χαρακτηριστικά όπως πρώιμη ανθοφορία, χαμηλό ύψος φυτού και καλή γεύση καρπών. Ο Gimenez και οι συνεργάτες του (2001) με την εφαρμογή των RAPD μοριακών δεικτών, αποκάλυψαν το γενετικό προφίλ ενός σωματοκλωνικού προϊόντος της ποικιλίας *Williams*, το οποίο έφερε ανθεκτικότητα στην ασθένεια *Yellow Sigatoka*. Ωστόσο η δυναμική του φαινομένου της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας στα πλαίσια της βελτίωσης του γένους *Musa* έχει ελάχιστα αξιοποιηθεί ως τις μέρες μας. Η περιορισμένη ικανότητα της μεθόδου να παρέχει σε υψηλή συχνότητα

κλώνους με επιθυμητά χαρακτηριστικά, αποτελεί την κυριότερη αδυναμία της (Crouch et al., 1998).

Η σωματοκλωνική παραλλακτικότητα αποτελεί σοβαρό πρόβλημα στην περίπτωση που στοχεύουμε στη διατήρηση και αναπαραγωγή συγκεκριμένου γενετικού υλικού μέσω του *in vitro* πολλαπλασιασμού. Σε αυτή την περίπτωση, η εμφάνιση της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας είναι ανεπιθύμητη, γιατί οδηγεί στη δημιουργία φυτών με φαινοτυπικές εκτροπές από το μητρικό γενότυπο, προκαλώντας σημαντικό αντίκτυπο στους μπανανοπαραγωγούς. Οι εκτροπές αυτές γίνονται αντιληπτές μόνο σε προχωρημένο στάδιο ανάπτυξης των φυτών και στις περισσότερες περιπτώσεις τα φυτά αυτά, υπολείπονται κατά πολύ του αρχικού γενοτύπου από τον οποίο προήλθαν (Vuylsteke et al., 1996). Η συχνή λοιπόν εμφάνιση *off-type* φυτών, αποτελεί τεράστιο πρόβλημα στην *in vitro* καλλιέργεια της μπανάνας και η ανάπτυξη μεθόδων έγκαιρου εντοπισμού των παραγώγων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας, θεωρείται αναγκαία.

Οι μοριακές τεχνικές έχουν εφαρμοστεί με επιτυχία για τον έγκαιρο εντοπισμό και προσδιορισμό σωματοκλωνικών παραγώγων μπανάνας. Ο Damasco και οι συνεργάτες του (1996) χρησιμοποίησαν τους RAPD μοριακούς δείκτες για να εξετάσουν τη γενετική παραλλακτικότητα μεταξύ κανονικών (τυπικών) και νάνων (μη τυπικών) φυτών μπανάνας της ποικιλίας Cavendish. Το υψηλό ποσοστό πολυμορφισμών που προέκυψε (28,8 %) αποκάλυψε την ύπαρξη γενετικής παραλλακτικότητας μεταξύ των φυτών. Ο Damasco και οι συνεργάτες του (1997) σε συνέχεια της προηγούμενης προσπάθειας τους, ανέπτυξαν μια μοριακή τεχνική διάγνωσης των νάνων γενοτύπων μπανάνας, η οποία βασίστηκε στην εφαρμογή των SCAR μοριακών δεικτών. Ο Ramage και οι συνεργάτες του (2004) βελτίωσαν την προηγούμενη τεχνική, με στόχο τον πρόωρο εντοπισμό των νάνων φυτών μπανάνας της ποικιλίας Cavendish που προέκυπταν από μικροπολλαπλασιασμό.

Επιλογή μέσω μοριακών δεικτών (MAS)

Η εφαρμογή των τεχνικών της Μοριακής Βιολογίας έχει τη δυναμική να επιταχύνει τη γενετική βελτίωση καλλιεργειών για τις οποίες υπήρχε περιορισμένη γενετική και κυτογενετική γνώση. Η MAS προσφέρει ξεκάθαρα πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τα κλασικά σχήματα επιλογής.

Μερικά από τα σπουδαιότερα χαρακτηριστικά για τους βελτιωτές της *Musa* φαίνεται ότι έχουν oligογενετική επιστατική βάση (Ortiz, 1995). Το πιο σημαντικό από αυτά είναι η παρουσία ή απουσία παρθενοκαρπίας. Η εφαρμογή ενός SSR δείκτη που έχει ταυτοποιηθεί για σύνδεση του με την παρθενοκαρπία και χρησιμοποιείται στη διαλογή νέων υβριδίων, θα μπορούσε να έχει εντυπωσιακές επιπτώσεις στην αποτελεσματικότητα των βελτιωτικών προγραμμάτων (Crouch et al., 2000). Επίσης, μοριακοί δείκτες για πολύ ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά όπως η κυριαρχία της κορυφής και η πρώιμη ανθοφορία βρίσκονται υπό αξιολόγηση.

Οι πρώτες μελέτες στην ανάπτυξη της MAS για το γένος *Musa*, είχαν επικεντρωθεί σε χαρακτηριστικά που αποτελούν βασικά κριτήρια πρώιμης επιλογής. Στις μέρες μας, η έμφαση των βελτιωτικών προγραμμάτων στη βελτίωση τριπλοειδών υβριδίων μπανάνας, καθιστά την παρθενοκαρπία βασικό κριτήριο επιλογής. Αν και ο βασικός στόχος της μοριακής βελτίωσης, είναι η επιλογή ποσοτικών χαρακτηριστικών με χαμηλή κληρονομικότητα, η παρθενοκαρπία είναι ένας ιδανικός χαρακτήρας για τη MAS, αφού η πρώιμη επιλογή της θα είχε σπουδαία επίδραση στην αποτελεσματικότητα της βελτίωσης. Επιπλέον υπάρχει η ελπίδα ότι η εμπειρία από την εφαρμογή της MAS σε απλά κληρονομούμενα χαρακτηριστικά, θα διευκολύνει την εφαρμογή της και σε ποσοτικά χαρακτηριστικά (Crouch et al., 1998).

Πολλά αγρονομικά χαρακτηριστικά έχουν πολυγονιδιακή βάση και επηρεάζονται σε υψηλό βαθμό από το περιβάλλον. Ο πειραματισμός των χαρτογραφημένων πληθυσμών *Musa* σε διαφορετικά περιβάλλοντα των

αγροοικολογικών ζωνών, επιτρέπει τη λεπτομερή ανάλυση των QTL που συνεισφέρουν σε σπουδαία αγρονομικά χαρακτηριστικά τα οποία είναι δύσκολο να επισημανθούν στον αγρό (ριζικό σύστημα φυτών) και χαρακτηριστικά που εκφράζονται αργά κατά την καλλιεργητική περίοδο (απόδοση, ποιοτικά χαρακτηριστικά καρπών). Αυτό επιπλέον διευκολύνει την ανάλυση της σπουδαιότητας της αλληλεπίδρασης των QTL με το περιβάλλον. Η γενετική ανάλυση της ανθεκτικότητας ορισμένου γενετικού υλικού στη ασθένεια Black Sigatoka και άλλους σπουδαίους εχθρούς και ασθένειες της μπανάνας, κάνει δυνατό τον προσδιορισμό δεικτών για συγκεκριμένες πηγές γονιδίων ανθεκτικότητας, καθιστώντας τη MAS ικανή να δημιουργεί οριζόντια ανθεκτικότητα σε ειδικούς εχθρούς και ασθένειες (Jansen et al., 1995).

Χαρακτηρισμός, αξιολόγηση και ταυτοποίηση του γενετικού υλικού *Musa* με εφαρμογή μοριακών δεικτών

Η ταξινόμηση, περιγραφή και η αξιολόγηση του γενετικού υλικού είναι απαραίτητη για την αξιοποίησή του. Οι σύγχρονες τεχνικές της Μοριακής Βιολογίας, επιτρέπουν τη γρήγορη και αξιόπιστη αξιολόγηση του γενετικού υλικού. Ο χαρακτηρισμός του γενετικού υλικού του γένους *Musa* με τη μοριακή γενετική ανάλυση, έχει ιδιαίτερη αξία στην ανάπτυξη αποτελεσματικών σχημάτων βελτίωσης.

Η πρώτη μέθοδος ταξινόμησης της εδώδιμης μπανάνας, επινοήθηκε από τους Simmonds και Shepherd (1955) και βασίστηκε στη συμβολή των ειδών *M. accuminata* και *M. balbisiana* στη δημιουργία της ποικιλίας και τον αριθμό των χρωμοσωμάτων αυτής. Παραδοσιακά λοιπόν, η ταξινόμηση των ποικιλιών του γένους *Musa* πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μορφολογικών δεικτών (Stover & Simmonds, 1987, Simmonds & Shepherd, 1955). Οι Simmonds και Weatherup (1988), Simmonds και Weatherup (1990) και Swennen (1990), ολοκλήρωσαν την ποιοτική περιγραφή της μορφολογικής

ποικιλομορφίας των ποικιλιών του γένους *Musa*. Λίγο αργότερα, δημοσιεύθηκαν μελέτες με θέμα το χαρακτηρισμό και ταξινόμηση των ποικιλιών του γένους *Musa* βάσει των ποσοτικών φαινοτυπικών χαρακτηριστικών τους (Perez et al., 1993, Ortiz, 1997, Osuji et al., 1997). Οι έρευνες αυτές, παρέχουν πολύτιμη γνώση για το γενετικό υλικό της *Musa* διευκολύνοντας την αξιοποίηση των γενετικών πόρων του γένους στη βελτίωση.

Προσπάθειες για κατάταξη του γενετικού υλικού *Musa* βάσει ποσοτικών χαρακτηριστικών, πραγματοποιούνται μέχρι και σήμερα. Η συνεχής ανταλλαγή γενετικού υλικού *Musa*, η δημιουργία νέων κλώνων από παλαιότερες ποικιλίες λόγω τυχαίων μεταλλάξεων, η εξαφάνιση παλαιότερων καλλιεργούμενων ποικιλιών λόγω έλλειψης ανθεκτικότητας σε εχθρούς και ασθένειες και η εγκατάλειψη της καλλιέργειας χαμηλοαποδοτικών ποικιλιών, έχουν οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα ονοματολογίας σε όλες τις μπανανοκαλλιεργούμενες περιοχές της γης. Η ανάγκη για την επίλυση των προβλημάτων ονοματολογίας και η ανάγκη για αξιοποίηση των γενετικών πόρων της *Musa* στα διάφορα προγράμματα βελτίωσης, επιβάλλουν την αξιολόγηση και ταξινόμηση του γενετικού υλικού των πληθυσμών του είδους *Musa*. Δύο αξιόλογες προσπάθειες για την αξιολόγηση και ταξινόμηση του γενετικού υλικού *Musa* με χρήση ποιοτικών και ποσοτικών χαρακτηριστικών, στην Ουγκάντα και τη Ρουάντα, πραγματοποιήθηκαν από τους Karamura και Pickersgill (1999) και τους Nsabimana και Staden (2005) αντίστοιχα.

Αν και τα φαινοτυπικά χαρακτηριστικά είναι εξαιρετικά χρήσιμα εργαλεία στην αξιολόγηση και ταξινόμηση του γενετικού υλικού, η ηλικία και το στάδιο ανάπτυξης των φυτών, σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές επιδράσεις στα μετρούμενα χαρακτηριστικά, μειώνουν σημαντικά την αποτελεσματικότητα της αξιολόγησης (Bhat et al., 1995a). Οι στενές γενετικές σχέσεις μεταξύ των ποικιλιών μπανάνας, οι συχνές τυχαίες

σωματικές μεταλλάξεις και οι αστάθειες που προκύπτουν στην *in vitro* καλλιέργεια (σωματοκλωνική παραλλακτικότητα) κάνουν επιτακτική την ανάγκη για ακριβή ταξινόμηση και ταυτοποίηση των ποικιλιών μπανάνας ενώ οι τεχνικές της Μοριακής Γενετικής, ενισχύουν τη δυνατότητα αυτή (Kahangi, 2002).

Τα ισοένζυμα ως βιοχημικοί δείκτες έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν για τη μελέτη της παραλλακτικότητας του γένους *Musa* (Bhat et al., 1992a, Lebot et al., 1993). Ωστόσο οι βιοχημικοί δείκτες δεν είναι επαρκώς πολυμορφικοί για να σχηματίσουν τη βάση ενός συστήματος επιλογής με εφαρμογή τη βελτίωση του είδους.

Οι δείκτες RFLP έχουν χρησιμοποιηθεί για τη μελέτη της ταξινόμησης και των φυλογενετικών σχέσεων των ειδών του γένους *Musa* (Jarret et al., 1992, Gawel et al., 1992). Το υψηλό κόστος της μεθόδου και η τεχνικά απαιτητική της φύση, την καθιστούν ακατάλληλη σε βελτιωτικές εφαρμογές ρουτίνας, με αποτέλεσμα το ενδιαφέρον των ερευνητών να συγκεντρώνεται σε εφαρμογές της PCR για τη γενωμική ανάλυση του γένους *Musa*. Όλοι οι μοριακοί δείκτες που βασίζονται στην τεχνική της PCR φαίνεται να επισημαίνουν υψηλό ποσοστό πολυμορφισμών σε εύρος ποικιλιών *Musa*. Η RAPD τεχνική εφαρμόστηκε με επιτυχία στο παρελθόν με στόχο το διαχωρισμό του γενετικού υλικού της *Musa*. Η RAPD τεχνική εφαρμόστηκε επιτυχημένα από τον Kaemmer και τους συνεργάτες του (1992) για την ταυτοποίηση 15 άγριων ειδών και ποικιλιών του γένους *Musa*, επισημαίνοντας τη δυναμική αυτής της DNA τεχνολογίας στη βελτίωση του γένους *Musa*. Ο Howell και οι συνεργάτες του (1994) εφάρμοσαν την ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD στην προσπάθειά τους για ταυτοποίηση και ταξινόμηση του γενετικού υλικού της *Musa*. Η ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD εφαρμόστηκε από τον Bhat και τους συνεργάτες του (1995) για να ομαδοποιηθούν επιτυχώς 57 ποικιλίες μπανάνας και πλαντέϊν, ανάλογα με το βαθμό της

γενετικής συγγένειας τους. Ο Pillay και οι συνεργάτες του (2000) εφάρμοσαν τους RAPD δείκτες στην ανάλυση της γενετικής σύστασης 40 γενοτύπων *Musa*. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η RAPD γενετική ανάλυση αποτελεί γρήγορη και αξιόπιστη μέθοδο για το γενετικό προσδιορισμό του γένους. Η RAPD τεχνική εφαρμόζεται με επιτυχία και στην ταυτοποίηση και διαφοροποίηση γενετικού υλικού *Musa* με στενή γενετική συγγένεια. Οι Bhat και Jarret (1995) με τη χρήση των RAPD μοριακών δεικτών διαχώρισαν 57 διαλογές προσδιορίζοντας τη γενετική παραλλακτικότητα του γενετικού υλικού *Musa* στην Ινδία. Ο Onguso και οι συνεργάτες του (2004), εφάρμοσαν τους RAPDs για να εκτιμήσουν τις γενετικές σχέσεις μεταξύ 20 επιλεγμένων ποικιλιών μπανάνας από διαφορετικές περιοχές της Κένυας. Από το δενδρόγραμμα που προέκυψε, φαίνεται ότι όλες οι ποικιλίες είχαν γενετική συγγένεια. Ο Kahangi (2002) εφάρμοσε την RAPD τεχνική για να αναλύσει το γενετικό προφίλ 17 καλλιεργούμενων ποικιλιών μπανάνας που προτιμούνται από τους μικροκαλλιεργητές της Κένυας, ώστε να αποκλείσει τις ποικιλίες που τυχόν επαναλαμβάνονταν λόγω προβλημάτων ονοματολογίας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι αν και υπήρχε υψηλή γενετική συγγένεια μεταξύ ορισμένων ποικιλιών, κάθε ποικιλία ήταν γενοτυπικά διαφορετική. Επιπλέον αποδείχθηκε ότι οι πολυμορφισμοί που ανιχνεύθηκαν με τους δείκτες RAPDs ήταν ικανοί να διαφοροποιήσουν τις ποικιλίες που δεν μπορούσαν να διαχωριστούν με τους μορφολογικούς δείκτες. Οι προηγούμενες αναφορές ξεκάθαρα παρουσιάζουν τη δυναμική της RAPD τεχνικής στην ταυτοποίηση ειδών και ποικιλιών του γένους *Musa*, τον καθορισμό των εξελικτικών σχέσεων μεταξύ ποικιλιών *Musa* και την επισήμανση επαναλαμβανόμενων ποικιλιών στις τράπεζες γενετικού υλικού (*in situ* και *ex situ*).

Οι μικροδορυφόροι (SSR's) έχουν χρησιμοποιηθεί για την ταυτοποίηση, τη χαρτογράφηση και γενετική ανάλυση των φυτών ενώ

φαίνεται να αποτελούν τους καλύτερους μοριακούς δείκτες, λόγω της αφθονίας τους και της επαναληψιμότητάς τους. Η SSR ανάλυση φαίνεται να επισημαίνει υψηλό επίπεδο πολυμορφισμών ακόμη και μεταξύ γενετικού υλικού *Musa* πολύ στενής γενετικής βάσης (Crouch et al., 2000). Αν και οι SSR είναι εξαιρετικά αποτελεσματικά και κατάλληλα εργαλεία, η απομόνωσή τους αποδεικνύεται ιδιαίτερα χρονοβόρα και δαπανηρή. Ωστόσο αρκετές εκατοντάδες δεικτών SSR έχουν αναπτυχθεί στο γένος *Musa* (Jarret et al., 1994, Kaemmer et al., 1997). Η απομόνωση των SSR φαίνεται ότι πλέον αποτελεί υπόθεση ρουτίνας, με τη σημερινή διαθεσιμότητα τεχνολογιών για αυτόματη αλληλούχιση του DNA και τις βελτιωμένες τεχνικές για κατασκευή γενωμικών βιβλιοθηκών.

Η τεχνική AFLP είναι μια σχετικά νέα μεθοδολογία, που χρησιμοποιείται για αναλύσεις DNA. Οι AFLP δείκτες δημιουργούνται εύκολα και αποτελεσματικά, ωστόσο φαίνεται ότι δεν είναι κατάλληλοι για διαλογές ρουτίνας μεγάλων πληθυσμών προς βελτίωση. Ο Loh και οι συνεργάτες του (2000) εφάρμοσαν την AFLP ανάλυση, προκειμένου να ταυτοποιήσουν 16 ποικιλίες μπανάνας. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η τεχνική ήταν ικανή να διαφοροποιήσει τις ποικιλίες μεταξύ τους. Επιπλέον, η ομαδοποίηση των ποικιλιών αποκάλυψε την ανάγκη για σύνδεση μεταξύ των αποτελεσμάτων αυτών και του συστήματος κατάταξης των ποικιλιών βάσει μορφολογικών δεικτών. Ο Wong και οι συνεργάτες του (2002), εφάρμοσαν τους AFLP δείκτες προκειμένου να αξιολογήσουν τις γενετικές διαφορές μεταξύ των 4 ομάδων της οικογένειας *Musaceae*. Η μελέτη αυτή αποτέλεσε την πρώτη δημοσίευση με στόχο την αξιολόγηση του συστήματος κατάταξης.

Παραγωγή διαγονιδιακών ποικιλιών (GMO) στην μπανάνα

Την ίδια ώρα που τα βελτιωτικά προγράμματα αγωνίζονται με τη παραδοσιακή μέθοδο των διασταυρώσεων για τη διάσωση της μπανάνας, σε εξέλιξη βρίσκεται μία εντελώς διαφορετική προσπάθεια για τη δημιουργία της μπανάνας του μέλλοντος. Την τελευταία δεκαετία συντονίζεται προσπάθεια γενετικής τροποποίησης του φυτού, με την ελπίδα να δημιουργηθούν ποικιλίες ανθεκτικές στις βασικές ασθένειες που απειλούν τις εμπορικές ποικιλίες. Οι υποστηρικτές της γενετικής τροποποίησης της μπανάνας ισχυρίζονται, ότι η βιοτεχνολογία είναι κυριολεκτικά ο μόνος τρόπος για τη διάσωση των μπανανών τύπου 'Cavendish', αφού η βελτίωση με τις κλασσικές μεθόδους διασταύρωσης αποτελεί δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία.

Δύο μέθοδοι χρησιμοποιούνται σήμερα για τη γενετική τροποποίηση της μπανάνας: η μέθοδος του βομβαρδισμού (particle bombardment) εμβρυογενετικών καλλιέργειών κυττάρων (Becker et al., 2000, Cote et al., 1997, Sagi et al., 1995) και η μέθοδος του *Agrobacterium tumefaciens* η οποία φαίνεται μέχρι τώρα να πλεονεκτεί, λόγω της υψηλής αναλογίας των παραγόμενων γενετικά τροποποιημένων φυτών (Gheysen et al., 1998, Hansen & Martha, 1999, Shibata & Liu, 2000).

Οι προσπάθειες των γενετιστών τελευταία, επικεντρώνονται στη μεταφορά αντιμικροβιακών πρωτεϊνών (σταθερά πεπτίδια, πλούσια σε κυστεΐνη) φυτικής προέλευσης στο γενετικό υλικό φυτών μπανάνας, με στόχο την ανάπτυξη ανθεκτικότητας σε μυκητολογικές ασθένειες. Οι αντιμικροβιακές πρωτεΐνες, φαίνεται να αποτελούν ιδανική πηγή ανθεκτικότητας σε μύκητες, αφού έχουν ευρύ φάσμα και υψηλή *in vitro* δράση στους κύριους μυκητολογικούς εχθρούς της μπανάνας *Mycosphaerella fijiensis* και *Fusarium oxysporum* (Tripathi, 2003), ενώ είναι μη τοξικές στα κύτταρα της μπανάνας και του ανθρώπου (Remy, 2000). Αρκετές

εκατοντάδες μεταλλαγμένων φυτών μπανάνας που εκφράζουν αντιμικροβιακές πρωτεΐνες αναπτύχθηκαν με βομβαρδισμό εμβρυογενετικών καλλιεργειών κυττάρων (Remy, 2000), χωρίς όμως καμία πειραματική εφαρμογή στον αγρό, λόγω έλλειψης οδηγιών βιοασφάλειας στις περισσότερες τροπικές χώρες (Tripathi, 2003).

Η μαγκανίνη είναι μία από τις πρόσφατα αναφερόμενες αντιμικροβιακές πρωτεΐνες και έχει απομονωθεί από τις εκκρίσεις δέρματος του αφρικανικού βατράχου *Xenopus laevis*. Ο Chakrabarti και οι συνεργάτες του (2003), δημοσίευσαν την επιτυχία έκφρασης ενός συνθετικού αναλόγου της μαγκανίνης σε γενετικά τροποποιημένα φυτά μπανάνας, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των φυτών σε μυκητολογικές ασθένειες.

Η ανθεκτικότητα της μπανάνας στον ιό BBTV (*Banana bunchy top virus*) είναι αντικείμενο των εργαστηρίων γενετικής τροποποίησης της μπανάνας. Μία από τις στρατηγικές που εξετάζονται, είναι η έκφραση ετερόλογων αντίϊκών πρωτεϊνών που δρουν εμποδίζοντας την επανάληψη ή μετάφραση του ιού (Sagi et al., 1998). Παρόμοιες στρατηγικές δοκιμάζονται και για την αντιμετώπιση ενός άλλου νεοεμφανιζόμενου ιού, του BSV (*Banana streak virus*), που φαίνεται να έχει ιδιαίτερα ζημιογόνο δράση στις μπανανοκαλλιέργειες της Αφρικής (Swennen & Vuylsteke, 2001).

Διάφορες στρατηγικές έχουν αναπτυχθεί για την ανάπτυξη τροποποιημένων φυτών μπανάνας με ανθεκτικότητα στους νηματώδεις. Η εφαρμογή αναστολέων πρωτεΐνάσης, ως αναστολείς θρέψης των νηματωδών, είναι ένα σπουδαίο στοιχείο των στρατηγικών άμυνας των φυτών στη φύση (Ryan, 1990). Οι κυστατίνες είναι αναστολείς των πρωτεϊνών κυστεΐνης και έχουν απομονωθεί από σπόρους πολύ γνωστών καλλιεργειών. Ο Atkinson και οι συνεργάτες του (2004) πρώτοι επέτυχαν την ανθεκτικότητα τροποποιημένων φυτών μπανάνας στο νηματώδη *Radopholus similis*. Φυτά της ποικιλίας Cavendish τροποποιήθηκαν με τη μέθοδο του *Agrobacterium*,

προκειμένου να εκφράσουν μία κυστατίνη του ρυζιού για τον έλεγχο των παρασιτικών νηματωδών.

Αν και ως σήμερα έχουν σημειωθεί αξιόλογες επιτυχίες στη γενετική τροποποίηση των φυτών της μπανάνας, η εισαγωγή γονιδίων που θα μειώσουν τις απώλειες που προκαλεί το έντομο *Cosmopolites sordidus* (banana weevil), στην καλλιέργεια της μπανάνας, συνεχίζει να αποτελεί σπουδαία πρόκληση. Οι αναστολείς πρωτεϊνών φαίνεται ότι μπορούν να βελτιώσουν την ανθεκτικότητα των μπανανοφύτων σ' αυτό το έντομο. Πρόσφατα, *in vitro* μελέτες αποκάλυψαν ότι οι πρωτεΐνες κυστεΐνης που προσδιορίστηκαν στο μεσέντερο του *Cosmopolites sordidus* αναστέλονται δυναμικά από κυστατίνες ρυζιού και παπάγιας (Kiggundu et al., 2002).

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον για τη δημιουργία 'μοριακών καλλιεργειών' που θα δώσουν τη δυνατότητα παραγωγής ενώσεων υψηλής φαρμακευτικής και βιομηχανικής σημασίας. Τέτοιου είδους ενώσεις, αποτελούν τα εδώδιμα εμβόλια που φαίνεται να έχουν ιδιαίτερη σημασία για την ανθρώπινη υγεία (Ganarathi et al., 2002). Η παραγωγή αντιγόνων σε γενετικά τροποποιημένα φυτά αναμένεται να παρέχει μια ανέξοδη πηγή εδωδιμων εμβολίων και αντισωμάτων που θα βοηθήσουν στην αντιμετώπιση μολυσματικών ασθενειών όπως η ηπατίτιδα Β (Prakash, 1996). Η μπανάνα μπορεί να αποτελέσει ιδανική καλλιέργεια για την παραγωγή εδωδιμων εμβολίων. Ο Ganarathi και οι συνεργάτες του (2002) κλωνοποίησαν αντιγόνο για την ηπατίτιδα Β και τροποποίησαν φυτά μπανάνας με τη μέθοδο του *Agrobacterium* προκειμένου να παράγουν φυτά μπανάνας για εδωδιμα εμβόλια κατά του ιού της ηπατίτιδας Β.

Τα χαρακτηριστικά ποιότητας στην μπανάνα

Η ποιότητα είναι ένας από τους πιο ενδιαφέροντες παράγοντες στη βιομηχανία τροφίμων. Ως ποιότητα ορίζεται ο συνδυασμός των χαρακτηριστικών ενός προϊόντος και η καταλληλότητά του για συγκεκριμένη χρήση. Συγκεκριμένα περιλαμβάνει οργανοληπτικές ιδιότητες όπως εμφάνιση, υφή, γεύση, άρωμα, θρεπτική αξία, χημικά συστατικά, φυσιολογικές και μηχανικές ιδιότητες (Χρηστάκου, 2003).

Η ποιότητα χαρακτηρίζεται από την αισθητική και θρεπτική διάστασή της (Πίνακας 1) (Κανέλης και Γερασόπουλος, 2001). Χαρακτηριστικά ποιότητας θεωρούνται, η κανονικότητα του σχήματος του καρπού και η απουσία ελλειψωμάτων, η ύπαρξη ή μη ελκυστικού (κίτρινου) χρώματος, το μέγεθος του καρπού, η υφή, η συνεκτικότητα της σάρκας και το άρωμα των καρπών. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά, αφορούν την εξωτερική εμφάνιση των καρπών της μπανάνας ενώ συνήθως αποτελούν τη βάση για τις επιλογές του καταναλωτή. Επιπλέον χαρακτηριστικά ποιότητας που δεν φαίνονται, αλλά προσδιορίζονται με διάφορα όργανα και μεθόδους, είναι η αναλογία σάρκας-φλοιού, τα ολικά διαλυτά στερεά, η ενεργός και ολική οξύτητα, η περιεκτικότητα σάρκας και φλοιού σε υγρασία, η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία και η περιεκτικότητα της σάρκας σε άμυλο, αναγωγικά σάκχαρα, βιταμίνη C, πρωτεΐνη, μακρο- και μικροστοιχεία.

Πίνακας 1. Χαρακτηριστικά της ποιότητας των οπωροκηπευτικών

Αισθητική Ποιότητα	Θρεπτική Ποιότητα
Υφή	Βιταμίνες
Γεύση	Αντιοξειδωτικές ουσίες
Άρωμα	Βασικά στοιχεία
Χρώμα	(μακρο- και μικροστοιχεία)
	Φυτικές ίνες

Τα χαρακτηριστικά που συνθέτουν την ποιότητα, οφείλουν τη βιογένεσή τους στις διαδικασίες της ωρίμανσης. Με τον όρο ωρίμανση εννοούμε το σύνολο των φυσιολογικών, βιοχημικών και μοριακών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στους καρπούς και τους μετατρέπουν σε ελκυστικούς και εύγευστους (Γιοναηνοπί, 2001). Οι μεταβολές που πραγματοποιούνται κατά την ωρίμανση των καρπών της μπανάνας, είναι κυρίως βιοχημικές και φυσιολογικές ενώ συνεχίζονται και μετά την απομάκρυνση των καρπών από το φυτό. Η ωρίμανση των καρπών της μπανάνας εκδηλώνεται με την αλλαγή του χρώματος του φλοιού από πράσινο σε κίτρινο, με το μαλάκωμα της σάρκας και την ανάπτυξη χαρακτηριστικού αρώματος που σχετίζεται με την ποικιλία (Βασιλακάκης, 1996).

Το στάδιο κατά το οποίο οι καρποί της μπανάνας διαθέτουν όλες τις οργανοληπτικές ιδιότητες που τους κάνουν κατάλληλους για κατανάλωση, ονομάζεται ωρίμανση των καρπών προς κατανάλωση. Στη μπανάνα, ο χρόνος συγκομιδής και ωρίμανσης δεν συμπίπτει και οι καρποί της ωριμάζουν αρκετό χρόνο μετά τη συγκομιδή τους. Οι καρποί της μπανάνας πρέπει να συγκομίζονται σε ορισμένο στάδιο ανάπτυξης, που χαρακτηρίζεται ως στάδιο ωρίμανσης προς συγκομιδή και επιτρέπει την κανονική εξέλιξη της ωρίμανσής τους μετά τη συγκομιδή. Όταν η συγκομιδή γίνεται νωρίτερα ή αργότερα από το κατάλληλο στάδιο προκαλούνται σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα των

καρπών με συνέπεια τη μειωμένη δυνατότητα συντήρησης και μεταφοράς τους (Βασιλακάκης, 1996).

Τα κριτήρια ωριμότητας των καρπών προς συγκομιδή, διαφέρουν ανάλογα με την προβλεπόμενη διάρκεια ζωής τους σε πράσινη κατάσταση, πριν λάβει χώρα η τεχνητή ωρίμανση αυτών. Οι καρποί, μπορεί να συγκομιστούν πλήρως ώριμοι, όταν προορίζονται για άμεση κατανάλωση σε τοπικές αγορές. Όταν όμως απαιτείται μεταφορά πράσινων καρπών σε κοντινές ή μακρινές αποστάσεις, απαιτείται ωριμότητα της τάξης του 90 και 75% αντίστοιχα.

Τα κυριότερα κριτήρια συγκομιδής των καρπών της μπανάνας (Dadzie and Orchard, 1997), είναι:

1. Η μέση χρονική περίοδος από την πλήρη άνθιση μέχρι τη συγκομιδή, για δεδομένη ποικιλία και συνθήκες αγρού.
2. Τα χαρακτηριστικά του καρπού όπως : διάμετρος, μήκος, βάρος, όγκος, πυκνότητα, αναλογία σάρκας-φλοιού και επιφάνεια διατομής.
3. Τα χαρακτηριστικά ποιότητας του καρπού όπως : χρώμα (σάρκας και φλοιού), σκληρότητα σάρκας, pH και ολική οξύτητα σάρκας, περιεκτικότητα καρπού σε υγρασία και ξηρά ουσία.

Ωστόσο στις περισσότερες μπανανοφυτείες του κόσμου, τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται συνήθως για τον καθορισμό του σταδίου συγκομιδής, είναι η στρογγυλοποίηση των καρπών, το κιτρίνισμα των καρπών του πρώτου "χεριού", η διάμετρος και το μήκος των καρπών, και η ηλικία της κάθε ροζέτας καρπών (Dadzie and Orchard, 1997).

Η μπανάνα συγκομίζεται συνήθως στο ώριμο πράσινο στάδιο και ακολούθως αποθηκεύεται. Κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης και για μία χρονική περίοδο που καθορίζεται από τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία και υγρασία) και το στάδιο συγκομιδής, οι καρποί παραμένουν πράσινοι και συνεκτικοί, χωρίς σημαντικές αλλαγές στο χρώμα του φλοιού, τη

δομή και σύστασή τους. Αυτή η χρονική περίοδος ορίζεται ως "προ-κλιμακτηρική ζωή" ή "πράσινη ζωή" (Blake and Peacock, 1971). Η περίοδος από την έναρξη της ωρίμανσης (τέλος της "πράσινης ζωής") μέχρι το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών της μπανάνας στα ράφια των market, ορίζεται ως "shelf-life" των καρπών (Dadzie and Orchard, 1997).

Οι μεταβολές που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης της μπανάνας, φαίνεται ότι καθορίζουν την ποιότητα των καρπών που προορίζονται για κατανάλωση. Οι κυριότερες αλλαγές που λαμβάνουν χώρα κατά την ωρίμανση των καρπών της μπανάνας είναι:

i. Αλλαγές στο χρώμα

Οι μεταβολές στο χρώμα των καρπών είναι οι πιο εμφανείς αλλαγές με τις οποίες ο καταναλωτής είναι σε θέση να αντιληφθεί αν ένας καρπός είναι ώριμος ή μη (Βασιλακάκης, 1996). Οι καρποί της μπανάνας εμφανίζουν ταχεία απώλεια του πράσινου χρώματος κατά την ωρίμανσή τους. Το πράσινο χρώμα του φλοιού οφείλεται στην παρουσία χλωροφύλλης και η απώλειά του στη διάσπαση του μορίου της. Η περιεκτικότητα του φλοιού σε χλωροφύλλη μειώνεται από 50-100 μg/g φλοιού σχεδόν στο μηδέν (Stover and Simmonds, 1987, Medlicott et al., 1992). Η αλλαγή του χρώματος του φλοιού από πράσινο σε κίτρινο οφείλεται στην αποδόμηση της χλωροφύλλης και τη σύγχρονη αποκάλυψη προϋπάρχοντων χρωστικών (β-καροτενίου, ξανθοφυλλών) (Κανέλης και Γερασόπουλος, 2001). Οι αλλαγές στο χρώμα του φλοιού συχνά αντανακλούν αλλαγές και στο χρώμα της σάρκας (Wainwright and Hughes, 1989, 1990).

ii. Μετατροπή αμύλου σε σάκχαρα

Η πιο σπουδαία ποσοτική μεταβολή που συνδέεται με την ωρίμανση της μπανάνας είναι η μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα (σουκρόζη, γλυκόζη, φρουκτόζη) (Løsecke, 1950, Palmer, 1971). Η μεταβολή αυτή επιδρά σημαντικά, μεταβάλλοντας τη γεύση και μειώνοντας τη συνεκτικότητα της

σάρκας. Η αύξηση των σακχάρων κάνει τους καρπούς γλυκύτερους και κατά συνέπεια πιο αποδεκτούς από τους καταναλωτές. Στις μπανάνες που καταναλώνονται ως νωποί καρποί, η πλήρης μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα πραγματοποιείται συνήθως στην πλήρη ωρίμανση των καρπών, ενώ στα πλαντέϊν η πλήρης διάσπαση του αμύλου λαμβάνει χώρα όταν οι καρποί έχουν ξεπεράσει το στάδιο της πλήρους ωρίμανσης (Marriot et al., 1981).

iii. Αλλαγές στην αναλογία σάρκας-φλοιού

Η αναλογία σάρκας-φλοιού αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών της μπανάνας. Οι αλλαγές στην αναλογία σάρκας-φλοιού επισημαίνουν διαφορικές αλλαγές στην περιεκτικότητα του φλοιού και σάρκας σε υγρασία. Η αύξηση της σάρκας σε σχέση με το φλοιό σχετίζεται με τη συσσώρευση σακχάρων στους δύο ιστούς. Η γρήγορη αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων στη σάρκα δημιουργεί διαφορετική αλλαγή στην οσμωτική πίεση. Η περιεκτικότητα του φλοιού σε υγρασία μειώνεται λόγω απωλειών νερού στην ατμόσφαιρα (διαπνοή) και τη σάρκα (ώσμωση) με αποτέλεσμα την αύξηση του βάρους της σάρκας κατά την ωρίμανση του καρπού (Stover and Simmonds, 1987).

iv. Αλλαγές στη συνεκτικότητα της σάρκας (μαλάκωμα καρπών)

Η μετατροπή του αμύλου σε σάκχαρα, η διάσπαση των κυτταρικών τοιχωμάτων ή η εξασθένηση των μεσοκυττάρων συνδέσμων λόγω διάσπασης των πηκτινικών ουσιών (Palmer, 1971, Smith et al, 1989) καθώς και η κίνηση του νερού από το φλοιό στη σάρκα λόγω ώσμωσης (Stover and Simmonds, 1987), φαίνεται να σχετίζονται στενά με το μαλάκωμα της σάρκας των καρπών της μπανάνας (Dadzie and Orchard, 1997). Καρποί που έχουν μαλακώσει δεν διακινούνται εύκολα, μωλωπίζονται και προσβάλλονται από μικροοργανισμούς (Βασιλακάκης, 1996).

v. *Αλλαγές στην περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά*

Τα ολικά διαλυτά στερεά αυξάνονται κατά την ωρίμανση των καρπών της μπανάνας, και η μεταβολή αυτή είναι ένα πολύ σπουδαίο χαρακτηριστικό της ωρίμανσης των καρπών. Τα σάκχαρα αποτελούν το κύριο συστατικό των διαλυτών στερεών στους ώριμους καρπούς μπανάνας και πλαντέϊν (Dadzie and Orchard, 1997).

vi. *Αλλαγές στο pH και την ολική οξύτητα*

Οι μεταβολές των χαρακτηριστικών της ενεργού και ολικής οξύτητας στη σάρκα των καρπών της μπανάνας εξαρτώνται αποκλειστικά από το γενότυπο της ποικιλίας. Ωστόσο στις περισσότερες ποικιλίες μπανάνας, με την έναρξη της ωρίμανσης παρατηρείται σταδιακή πτώση του pH και αύξηση των οργανικών οξέων (Dadzie and Orchard, 1997).

vii. *Αλλαγές στην περιεκτικότητα των καρπών σε υγρασία και ξηρά ουσία*

Κατά την ωρίμανση των καρπών της μπανάνας η περιεκτικότητα του φλοιού σε υγρασία μειώνεται λόγω των απωλειών νερού στην ατμόσφαιρα και τη σάρκα των καρπών. Η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία τόσο του φλοιού όσο και της σάρκας φαίνεται ότι δεν αλλάζει σημαντικά κατά την ωρίμανση των καρπών στις περισσότερες από τις ποικιλίες μπανάνας (Dadzie and Orchard, 1997).

viii. *Αλλαγές στο ρυθμό αναπνοής και παραγωγής αιθυλενίου*

Στους καρπούς της μπανάνας πριν την έναρξη της ωρίμανσης παρατηρείται μία αύξηση της έντασης αναπνοής η οποία αφού φθάσει σε ένα μέγιστο (κλιμακηρικό μέγιστο) μειώνεται σταδιακά μέχρι το γηρασμό των καρπών (Βασιλακάκης, 1996). Παράλληλα με την αύξηση της αναπνοής, παρατηρείται και αύξηση της παραγωγής αιθυλενίου. Ο ρυθμός της αναπνοής και η παραγωγή αιθυλενίου συνήθως εξαρτώνται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία του χώρου αποθήκευσης, η ηλικία των καρπών και ο γενότυπος (Kader, 1987).

Το 2002 πραγματοποιήθηκε η πρώτη επιτυχημένη απόπειρα (Chen and Ramaswamy, 2002) για την ανάπτυξη κινητικών μοντέλων, ικανών να περιγράφουν τις αλλαγές στα χαρακτηριστικά χρώμα και υφή των καρπών της μπανάνας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσής τους σε διάφορες θερμοκρασίες. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκαν πράσινοι καρποί της ποικιλίας Maritu (AAA) που ωρίμασαν σε τέσσερις διαφορετικές θερμοκρασίες (10°,16°,22°,28°C). Τα κινητικά μοντέλα που προσδιορίστηκαν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη των αλλαγών στην ποιότητα των καρπών της μπανάνας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης σε διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης.

Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα των καρπών της μπανάνας

Η χημική σύνθεση και θρεπτική αξία των καρπών της μπανάνας καθορίζονται από διάφορους παράγοντες, όπως η γενοτυπική σύσταση της καλλιεργούμενης ποικιλίας, οι κλιματικές συνθήκες της περιοχής καλλιέργειας, οι εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές πρακτικές, οι συνθήκες συγκομιδής, αποθήκευσης και επεξεργασίας (Galan and Cabrera Cabrera, 1999).

Ο Cano και οι συνεργάτες του (1997), συνέκριναν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά καρπών μπανάνας των ποικιλιών Gran Eñana και Eñana, που παράγονται στις Κανάριες νήσους, με τα αντίστοιχα των καρπών της ποικιλίας Eñana που παράγεται στη Λατινική Αμερική, προκειμένου να επισημάνουν τις διαφορές μεταξύ των ισπανικών και λατινοαμερικάνικων ποικιλιών, που ενδεχομένως οφείλονται στο γενότυπο των ποικιλιών ή τη διαφορετική περιοχή προέλευσης. Όλες οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο ίδιο στάδιο ωρίμανσης των καρπών (κίτρινο-πράσινο, 70:30). Η ισπανική Eñana εμφάνισε τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα, με την ισπανική Gran Eñana να ακολουθεί χωρίς στατιστικά σημαντική διαφορά, και τη λατινοαμερικάνικη Eñana να

έρχεται τελευταία, με στατιστικά σημαντική διαφορά από την πρώτη, γεγονός που αποδίδεται στη διαφορετική προέλευση των ποικιλιών. Η μελέτη των παραμέτρων του χρώματος επισήμανε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών Gran Epana και Epana, που δεν οφείλονται όμως στη διαφορετική προέλευση τους. Οι τιμές του pH κυμάνθηκαν από 4.7-4.9, με σημαντική διαφορά μεταξύ των ισπανικών ποικιλιών και χωρίς σημαντικές διαφορές μεταξύ των καρπών Epana των διαφορετικών περιοχών. Οι τιμές των χαρακτηριστικών, περιεκτικότητα σε υγρασία, σάκχαρα και διαλυτές πρωτεΐνες φαίνεται ότι διέφεραν σημαντικά μεταξύ των εξεταζόμενων ποικιλιών. Η λατινοαμερικάνικη Epana εμφάνισε τη μικρότερη τιμή σε βιταμίνη C, η οποία διέφερε σημαντικά από την αντίστοιχη ισπανική.

Ο Forster και οι συνεργάτες του (2002), προσδιόρισαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά: περιεκτικότητα σε υγρασία, πρωτεΐνη, τέφρα, ασκορβικό οξύ, σουκρόζη, γλυκόζη και φρουκτόζη, σε καρπούς των ποικιλιών Gran Epana και Requena Epana που παράγονται στην Τενερίφη και καρπούς της ποικιλίας Gran Epana που παράγεται στο Εκουαδόρ, προκειμένου να αξιολογήσουν την επίδραση του γενοτύπου και της περιοχής παραγωγής στη χημική σύσταση και θρεπτική αξία των καρπών. Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών έγιναν στο ίδιο (κίτρινο) στάδιο ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας, επισήμαναν εμφανείς διαφορές στη χημική σύσταση των καρπών που συγκομίστηκαν στις δύο διαφορετικές περιοχές (Τενερίφη, Εκουαδόρ). Οι μπανάνες της Τενερίφης εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, τέφρα, ασκορβικό οξύ, γλυκόζη, φρουκτόζη και ολικά σάκχαρα, ενώ για τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν δεν υπήρξαν σημαντικές διαφορές. Οι διαφορές που επισημάνθηκαν, επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι οι μπανάνες της Τενερίφης αποτελούν ένα διαφορετικό προϊόν σε σύγκριση με τις μπανάνες που παράγονται στις άλλες περιοχές του κόσμου. Διαφορές στη χημική σύσταση των εξεταζόμενων

ποικιλιών δεν επισημάνθηκαν, ενισχύοντας τα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας (Galan and Cabrera, 1992), στην οποία δεν βρέθηκαν διαφορές στις οργανοληπτικές ιδιότητες των ποικιλιών Gran Eana και Eana των Κανάριων νήσων.

Στην ίδια έρευνα, ο Forster και οι συνεργάτες του (2002) προσδιόρισαν τις συγκεντρώσεις των Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn και Mn σε καρπούς των ποικιλιών Gran Eana και Requena Eana που παράγονται στην Τενερίφη και καρπούς της ποικιλίας Gran Eana που παράγεται στο Έκουαδόρ. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι γενότυποι των ποικιλιών δεν είχαν σημαντική επίδραση στις συγκεντρώσεις των καρπών σε μεταλλικά στοιχεία. Επιπλέον επισημάνθηκε η επίδραση της περιοχής παραγωγής στη συγκέντρωση των καρπών σε μεταλλικά στοιχεία, γεγονός που αποδίδεται στη διαφορετική σύσταση των εδαφών στις δύο περιοχές παραγωγής (Τενερίφη και Έκουαδόρ).

Ο Hardisson και οι συνεργάτες του (2001) μελέτησαν το περιεχόμενο σε μακρο- (Na, K, Ca, Mg, P) και μικρο-στοιχεία (Fe, Cu, Zn, Mn, B), καρπών μπανάνας (AAA) που παράγονται σε δύο διαφορετικές περιοχές (βόρας-νότος) της Τενερίφης, με στόχο να προσδιορίσουν την επίδραση της περιοχής παραγωγής στην ποιότητα των καρπών. Τα αποτελέσματα της έρευνας επισήμαναν τη σημαντική επίδραση της περιοχής παραγωγής στη συγκέντρωση των καρπών σε μακρο- και μικροστοιχεία. Οι συγκεντρώσεις των Mn, P και K ήταν σημαντικά υψηλότερες στους καρπούς που παρήχθησαν στο βόρειο μέρος του νησιού, ενώ η συγκέντρωση του Ca εμφανίστηκε υψηλότερη στους καρπούς με προέλευση το νότιο μέρος του νησιού. Σημαντικές διαφορές επισημάνθηκαν και στις συγκεντρώσεις των μικροστοιχείων, με τους καρπούς της βόρειας Τενερίφης να εμφανίζουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε Fe, Cu, Zn και B.

Η ποιότητα των καρπών της μπανάνας φαίνεται να σχετίζεται στενά και με το υψόμετρο της περιοχής καλλιέργειας. Ο Chillet και οι συνεργάτες του (2000) έδειξαν ότι οι μπανάνες που παράγονταν σε ορεινές περιοχές (highland) ήταν λιγότερο ευπαθείς στην ανθράκωση του βλαστού σε σχέση με τις αντίστοιχες που παράγονταν σε πεδινές περιοχές (lowland). Ο Brat και οι συνεργάτες του (2004), επισήμαναν διαφορές στη συγκέντρωση των πτητικών ενώσεων μεταξύ μπανανών που συγκομίστηκαν από διαφορετικά υψόμετρα (50 και 450m). Με αφορμή τη μικρή έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί ως σήμερα σχετικά με την επίδραση του υψομέτρου της περιοχής καλλιέργειας στην ποιότητα των καρπών της μπανάνας, ο Bugaud και οι συνεργάτες του (2006) μελέτησαν την επίδραση του υψομέτρου στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά καρπών μπανάνας που παρήχθησαν σε διαφορετικά υψόμετρα (50 και 300m) στην περιοχή της Μαρτινίκα. Η φυσικοχημική ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε καρπούς της ποικιλίας Grande Naine (Cavendish subgroup, AAA) διαφορετικών σταδίων ωρίμανσης (καρποί που μόλις συγκομίστηκαν και καρποί κίτρινοι με καφέ στίγματα). Η έρευνα αποκάλυψε φυσικοχημικές διαφορές μεταξύ των μπανανών που προέρχονταν από διαφορετικά υψόμετρα, με τις highland μπανάνες να εμφανίζουν ενδιαφέροντα ποιοτικά χαρακτηριστικά, γεγονός ιδιαίτερα ελπιδοφόρο για την προώθηση των "mountain" μπανανών, ενός νέου προϊόντος της French West Indian μπανανοβιομηχανίας. Στη συγκομιδή, οι highland μπανάνες εμφάνισαν μεγαλύτερη διάμετρο, πυκνότητα και συνεκτικότητα σε σχέση με τις lowland. Οι ώριμοι καρποί των highland μπανανών εμφάνισαν μεγαλύτερη συνεκτικότητα, υψηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία και διαλυτά στερεά και υψηλότερη συγκέντρωση σε κιτρικό οξύ σε σχέση με τους αντίστοιχους των lowland μπανανών. Είναι ενδιαφέρον ότι με εξαίρεση την υπεροχή των highland μπανανών σε Zn και των lowland σε P, δεν επισημάνθηκαν σημαντικές διαφορές στις συγκεντρώσεις των μελετούμενων μακρο και

μικροστοιχείων μεταξύ highland και lowland μπανανών, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην παρόμοια σύσταση του εδάφους στις δύο περιοχές καλλιέργειας.

Το στάδιο ωρίμανσης κατά τη συγκομιδή των καρπών της μπανάνας επηρεάζει σοβαρά την ποιότητα των καρπών. Στα πλαίσια της προηγούμενης έρευνας του Bugaud και των συνεργατών του (2006), μελετήθηκε και η επίδραση του σταδίου συγκομιδής στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών. Τα αποτελέσματα της μελέτης έδειξαν ότι τα τέσσερα διαφορετικά στάδια συγκομιδής επέδρασαν στα χαρακτηριστικά πάχος, πυκνότητα και "πράσινη ζωή" των καρπών στη συγκομιδή. Οι καρποί που συγκομίστηκαν τελευταίοι, εμφάνισαν τη μεγαλύτερη διάμετρο και πυκνότητα καθώς και τη μικρότερη "πράσινη ζωή". Επιπλέον, η μελέτη της επίδρασης των σταδίων συγκομιδής στα χαρακτηριστικά των ώριμων καρπών έδειξε ότι όταν αυξάνεται το χρονικό διάστημα από την άνθιση ως τη συγκομιδή, μειώνεται η περιεκτικότητα των καρπών σε ξηρά ουσία, αυξάνεται το pH της σάρκας, μειώνεται η συγκέντρωση των καρπών σε μηλικό οξύ ενώ αυξάνεται η συγκέντρωσή τους σε κιτρικό οξύ και η περιεκτικότητά τους σε Zn.

Οι Offen και Thomas (1993) μελέτησαν τις αλλαγές στη σύσταση καρπών μπανάνας και πλαντέϊν στα διάφορα στάδια της ωρίμανσής τους, όταν αυτοί αφέθηκαν να ωριμάσουν πάνω στο φυτό (με έναρξη τις 60 ημέρες από την εμφάνιση της ροζέτας) και όταν αυτοί συγκομίστηκαν 90 μέρες μετά την εμφάνιση της ροζέτας και αφέθηκαν να ωριμάσουν αποκομμένοι από το φυτό. Η περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία τόσο των καρπών μπανάνας όσο και των καρπών πλαντέϊν ήταν στατιστικά υψηλότερη στους καρπούς που ωρίμασαν αποκομμένοι από το μπανανόφυτο. Μία πιθανή εξήγηση αποτελεί η αποδοχή ότι ο ρυθμός αναπνοής των συγκομιζόμενων καρπών είναι υψηλότερος από τον αντίστοιχο των καρπών που ωριμάζουν πάνω στο φυτό (Awan and Ndubizu, 1978), με συνέπεια τη γρηγορότερη ωρίμανση των

πρώτων. Τα επίπεδα της πρωτεΐνης αυξήθηκαν βαθμιαία με την ωρίμανση των καρπών, με τα πλαντέϊν και τους καρπούς που ωρίμασαν αποκομμένοι να εμφανίζουν ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα πρωτεΐνης από τις μπανάνες και τους καρπούς που ωρίμασαν επάνω στα μητρικά φυτά. Η υδρόλυση του αμύλου σε σάκχαρα φαίνεται να πραγματοποιείται γρηγορότερα στους συγκομιζόμενους καρπούς, με αποτέλεσμα τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα κατά το ίδιο στάδιο ωρίμανσης. Είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι παρ' όλη την ομοιότητα της μορφολογίας των δύο ειδών, τα επίπεδα όλων των μελετούμενων μακρο- και μικροστοιχείων ήταν στατιστικά υψηλότερα στους πλαντέϊν καρπούς σε σχέση με τους καρπούς της μπανάνας (Offen and Thomas, 1993).

Η επίδραση των σταδίων συγκομιδής στην ποιότητα των καρπών της μπανάνας απασχόλησε και τον Wo και τους συνεργάτες του (2005), οι οποίοι μελέτησαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αναλογία σάρκας-φλοιού, περιεκτικότητα σάρκας και φλοιού σε υγρασία και συνεκτικότητα σε καρπούς της ποικιλίας Mas (AA) που συγκομίστηκαν σε διαφορετικές ημερομηνίες από την άνθιση, προκειμένου να συσχετίσουν τις αλλαγές τους στα διάφορα στάδια ωρίμανσης, με τη δυσλειτουργία 'διαχωρισμός φλοιού και σάρκας'. Η ποικιλία Mas αν και αποτελεί τη δημοφιλέστερη τοπική ποικιλία μπανάνας στη Μαλαισία, έχει βρεθεί ιδιαίτερα ευαίσθητη στο διαχωρισμό φλοιού και σάρκας, που μειώνει κατακόρυφα την ποιότητα και κατά συνέπεια, την εμπορική αξία των καρπών της μπανάνας. Όλα τα χαρακτηριστικά που αναλύθηκαν προηγουμένως, βρέθηκαν να διαφέρουν σημαντικά στους καρπούς που συγκομίστηκαν 8 εβδομάδες μετά την άνθιση σε σχέση με τους καρπούς που συγκομίστηκαν στις 4, 5, 6 και 7 εβδομάδες μετά την άνθιση. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το μεγαλύτερο 'διαχωρισμό φλοιού και σάρκας' στους καρπούς που συγκομίστηκαν 8 εβδομάδες μετά την άνθιση, επισήμαναν την υψηλή συσχέτιση των χαρακτηριστικών, περιεκτικότητα σε υγρασία και

συνεκτικότητα της σάρκας με το χαρακτηριστικό 'διαχωρισμός φλοιού και σάρκας', καθιστώντας τα χαρακτηριστικά αυτά κατάλληλους δείκτες της δυσλειτουργίας.

Η χημική σύνθεση των καρπών της μπανάνας μεταβάλλεται με την ωρίμανση. Διάφορες βιοχημικές και φυσιολογικές μεταβολές πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών, με αποτέλεσμα τη μεταβολή των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους. Οι Yomeni και συνεργάτες (2004), μελέτησαν την επίδραση του σταδίου ωρίμανσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών των ποικιλιών French Sombre, Dwarf Kalarua και Bluggoe. Για τις ανάγκες της έρευνας, μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά: περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία, τέφρα και πρωτεΐνη, σε 4 στάδια ωρίμανσης των καρπών (1, 3, 4, 5). Η περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία αυξήθηκε σημαντικά με την ωρίμανση, στις ποικιλίες French Sombre και Bluggoe, ενώ για στην ποικιλία Dwarf Kalarua δεν υπήρξε τέτοιου είδους μεταβολή, γεγονός που πιθανόν οφείλεται στη διαφορετική φύση της ποικιλίας (πλαντέϊν) ή το στάδιο συγκομιδής της ταξικαρπίας. Η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη αυξήθηκε με την ωρίμανση των καρπών των ποικιλιών, ενώ δεν υπήρξε καμία διαφορά στην περιεκτικότητα σε τέφρα στα διάφορα στάδια ωρίμανσης.

Με τη βελτίωση, πολλές ποικιλίες μπανάνας έχουν αναπτυχθεί παγκοσμίως απαιτώντας πολύ καλά αγρονομικά χαρακτηριστικά και οργανοληπτικές ιδιότητες (Adão & Glória, 2005). Οι ώριμοι καρποί των διαφορετικών ποικιλιών εμφανίζουν διαφορετική περιεκτικότητα σε άμυλο και διαφορετικό προφίλ στην περιεκτικότητα τους σε σάκχαρα (Mota et al., 1997). Λίγα είναι γνωστά για τις μεταβολικές αλλαγές συγκεκριμένων ποικιλιών μπανάνας κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και τις συνέπειες τους στο τελικό προϊόν. Η ποικιλία Prata είναι μία από τις ευρέως καταναλισκόμενες ποικιλίες στη Βραζιλία. Οι Adão και Glória (2005),

μελέτησαν τις αλλαγές στο χρώμα, την αναλογία σάρκας-φλοιού, το άμυλο, τα διαλυτά σάκχαρα και τις βιοενεργές αμίνες κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (16°C, 85% RH) σε καρπούς της ποικιλίας Prata, με στόχο να κατανοήσουν πώς οι αλλαγές αυτές επιδρούν στην ποιότητα και τη διάρκεια «ζωής στο ράφι» των καρπών της. Το χρώμα του φλοιού άλλαξε από πράσινο σε κίτρινο, με το ιδανικό χρώμα για κατανάλωση να παρατηρείται 21 ημέρες μετά τη συγκομιδή. Σημαντική αύξηση παρατηρήθηκε στην αναλογία σάρκας-φλοιού. Το άμυλο μειώθηκε από 15,7g στους πράσινους, σε 3,4g στους κίτρινους καρπούς. Στις 7 πρώτες ημέρες της αποθήκευσης, η σουκρόζη ήταν το επικρατέστερο σάκχαρο, ενώ μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης, η φρουκτόζη και γλυκόζη ήταν τα κυρίαρχα διαλυτά στερεά. Οι βιοαμίνες που ανιχνεύτηκαν ήταν οι πουτρεσκίνη, σεροτονίνη και σπερμιδίνη.

Ο τρόπος παραγωγής της μπανάνας, φαίνεται ότι επιδρά στη χημική σύνθεση των παραγόμενων καρπών. Η υπόθεση ότι οι βιολογικά παραγόμενες μπανάνες εμφανίζουν καλύτερο άρωμα από τις συμβατικά παραγόμενες, έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία χρόνια που υπάρχει αυξημένο ενδιαφέρον από τους καταναλωτές για τις βιολογικά παραγόμενες τροφές. Ο Nyamjage και οι συνεργάτες του (2001), επισήμαναν ότι οι βιολογικά παραγόμενες μπανάνες ωριμάζουν γρηγορότερα, έχουν μικρότερη αναλογία σάρκας-φλοιού, χαμηλότερη περιεκτικότητα φλοιού σε N και υψηλότερη σε P από τις συμβατικά παραγόμενες. Ωστόσο, αν και βρέθηκαν διαφορές στις φυσικοχημικές ιδιότητες των βιολογικά και συμβατικά παραγόμενων μπανανών, δεν επισημάνθηκε διαφορά στα ολικά διαλυτά στερεά των καρπών, που αποτελούν σπουδαίο συστατικό της γεύσης.

Οι Caussiol και Joyce (2004) συνέκριναν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μεταξύ βιολογικά και συμβατικά παραγόμενων καρπών μπανάνας της ποικιλίας Grande Naine, προκειμένου να επισημάνουν τυχόν διαφορές που οφείλονται στο διαφορετικό τρόπο παραγωγής των καρπών.

Μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά: μήκος και διάμετρος καρπού, χρώμα φλοιού, συνεκτικότητα σάρκας, ολική οξύτητα και περιεκτικότητα σε άμυλο και ολικά διαλυτά στερεά κατά τη διάρκεια «ζωής στο ράφι» των καρπών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι καρποί τόσο της συμβατικής, όσο και της βιολογικής καλλιέργειας, εμφάνισαν τις ίδιες φυσικοχημικές ιδιότητες στα διάφορα στάδια ωρίμανσης, με μικρές διαφορές να παρατηρούνται στη φωτεινότητα και το χρώμα του φλοιού των καρπών, το βάρος καρπού, τη συνεκτικότητα της σάρκας, την περιεκτικότητα σε άμυλο και τα ολικά διαλυτά στερεά.

Ο Forster και οι συνεργάτες του (2002), μελέτησαν την επίδραση της μεθόδου καλλιέργειας (βιολογική-συμβατική) στη χημική σύσταση και θρεπτική αξία των καρπών της ποικιλίας Requena Epana. Οι βιολογικά παραγόμενες μπανάνες είχαν μικρότερο μήκος, μικρότερη περιεκτικότητα σε υγρασία και σάκχαρα (γλυκόζη, φρουκτόζη) και υψηλότερη συγκέντρωση σε σουκρόζη και ασκορβικό οξύ, από τις συμβατικά παραγόμενες. Οι συμβατικά παραγόμενες μπανάνες αν και χωρίς σημαντικές διαφορές, εμφάνισαν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη και τέφρα από τις αντίστοιχες βιολογικές, γεγονός που αποδίδεται στην εφαρμογή της λίπανσης.

Αξιολόγηση ποιοτικών χαρακτηριστικών σε νέες ποικιλίες

Η δημιουργία ποικιλιών μπανάνας και πλάντβέιν, με ανθεκτικότητα στους βασικούς εχθρούς και ασθένειες της καλλιέργειας, όπως προαναφέρθηκε, αποτελεί τον κύριο στόχο των βελτιωτών της μπανάνας. Η συνεχής δημιουργία νέων υβριδίων μπανάνας τόσο με την κλασσική μέθοδο των διασταυρώσεων, όσο και με τις σύγχρονες τεχνικές της Μοριακής Βιολογίας, έχει οδηγήσει σε μεγάλο αριθμό υβριδίων μπανάνας και πλάντβέιν με καλά αγρονομικά χαρακτηριστικά και ενδιαφέρουσες ανθεκτικότητες. Η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των καρπών αυτών των νέων

ποικιλιών, έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τόσο για τους βελτιωτές της *Musa*, όσο και για τους καλλιεργητές των μικρών και μεγάλων μπανανοφυτειών της γης. Η εξέταση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νέων ποικιλιών, έχει ιδιαίτερη αξία, αφού αποκαλύπτει τις μετασυλλεκτικές ιδιότητες των καρπών και την πιθανή αποδοχή τους από το καταναλωτικό κοινό. Η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ποιότητας των καρπών της μπανάνας, πραγματοποιείται με την εξέταση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων τους.

Το FHIA στην Ονδούρα, προσδιόρισε κάποια πολύ υποσχόμενα τετραπλοειδή υβρίδια μπανάνας και πλαντέϊν, με πολύ καλή αγρονομική συμπεριφορά και ανθεκτικότητα σε ασθένειες. Ο Dadzie (1998), στην προσπάθειά του να αξιολογήσει τις φυσικοχημικές ιδιότητες αυτών των νέων υβριδίων, συνέκρινε βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά (χρώμα φλοιού και σάρκας, συνεκτικότητα, ολικά διαλυτά στερεά, pH, ολική οξύτητα, περιεκτικότητα σε υγρασία και ξηρά ουσία) των τετραπλοειδών υβριδίων FHIA-01 και FHIA-02 με τα αντίστοιχα των εμπορικών ποικιλιών *Grande Naine* και *Williams*, σε ώριμους πράσινους καρπούς. Επιπλέον, μετρήθηκαν τα χαρακτηριστικά: αναλογία σάρκας-φλοιού, συνεκτικότητα σάρκας, ολικά διαλυτά στερεά, pH και ολική οξύτητα, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών, προκειμένου να επισημανθούν διαφορές μεταξύ των ποικιλιών. Τα αποτελέσματα της έρευνας, επισήμαναν τη υπεροχή των τριπλοειδών ποικιλιών έναντι των τετραπλοειδών υβριδίων. Τα τετραπλοειδή υβρίδια εμφάνισαν ιδιαίτερα αξιόλογες φυσικοχημικές ιδιότητες, γεγονός που προκαλεί ενδιαφέρον για την περαιτέρω μελέτη των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους.

Τα τριπλοειδή πλαντέϊν (AAB), είναι μία από τις σημαντικότερες καλλιέργειες στη Δυτική Αφρική. Η ευαισθησία των τοπικών αυτών πληθυσμών στο μύκητα *Mycosphaerella fijiensis*, οδήγησε στην εισαγωγή εξωτικών τριπλοειδών cooking μπανανών (ABB) με ανθεκτικότητα στο Black

Sigatoka και τη δημιουργία νέων, ανθεκτικών στην ασθένεια, τετραπλοειδών υβριδίων (AAAB). Ο Ferris και οι συνεργάτες του (1999), προκειμένου να αξιολογήσουν την πιθανή δυναμική του νέου αυτού γενετικού υλικού στην αγορά, συνέκριναν βασικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των καρπών σε εξωτικές cooking μπανάνες, καθώς και σε νέα πλαντέϊν υβρίδια με τα αντίστοιχα των ντόπιων πληθυσμών πλαντέϊν. Η μελέτη απέδειξε ότι ο έλεγχος των φυσικοχημικών ιδιοτήτων με απλές δοκιμές, βρίσκει εφαρμογή στην επιλογή γενοτύπων που συνδυάζουν εξαιρετικά αγρονομικά, με καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Οι ταξικαρπίες των εξεταζόμενων ποικιλιών, συγκομίστηκαν 120 ημέρες μετά την άνθιση και μελετήθηκαν για τα χαρακτηριστικά: βάρος ταξικαρπίας, αριθμός καρπών και χεριών / ταξικαρπία, μήκος, πάχος και βάρος καρπών. Επιπλέον μελετήθηκε η διάρκεια ωρίμανσης των καρπών και τα χαρακτηριστικά: ποσοστό (%) του καρπού σε σάρκα, συνεκτικότητα σάρκας, περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, ρυθμός απώλειας βάρους και περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά, κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα πλαντέϊν υβρίδια και οι cooking μπανάνες είχαν βαρύτερες ταξικαρπίες από τις εγχώριες ποικιλίες πλαντέϊν. Επιπλέον, οι καρποί των πλαντέϊν υβριδίων και της μαγειρευτής ποικιλίας Relipita εμφάνισαν μεγαλύτερη διάρκεια ωρίμανσης από τους τοπικούς πληθυσμούς πλαντέϊν. Η ποικιλία Relipita είχε και την υψηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία, γεγονός που μπορεί να συσχετιστεί με τη μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των καρπών της. Τα πλαντέϊν υβρίδια εμφάνισαν λιγότερο συνεκτικούς καρπούς και υψηλότερα επίπεδα διαλυτών στερεών (στάδια ωρίμανσης 3-7) από τους ντόπιους πληθυσμούς, γεγονός που συνδέεται αρνητικά με την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων τους. Τέλος, για όλα τα μετρούμενα χαρακτηριστικά, τα επιλεγμένα πλαντέϊν υβρίδια εμφανίστηκαν καλύτερα σε σχέση με τις cooking μπανάνες Bluggoe και Cardaba. Δεδομένου ότι οι ποικιλίες αυτές έχουν γίνει

αποδεκτές από την αγορά (Ferris et al., 1997), τα επιλεγμένα πλαντείν υβρίδια φαίνεται να έχουν μεγάλη πιθανότητα αποδοχής από γεωργούς και καταναλωτές.

Οργανοληπτική εξέταση

Η οργανοληπτική εξέταση αποτελεί ένα τρόπο προσδιορισμού της ποιότητας των τροφίμων. Για να μπορούν να εξαχθούν αντικειμενικά αποτελέσματα από αυτή, πρέπει να ελεγχθούν ορισμένες μεταβλητές. Οι μεταβλητές αυτές χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες.

Έλεγχος της δοκιμής που αφορά το χώρο στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η οργανοληπτική εξέταση, τη χρήση θαλάμου ή τραπεζιού, την ατμόσφαιρα και προετοιμασία του χώρου, την είσοδο και έξοδο της περιοχής.

Έλεγχος του προϊόντος που αφορά τον τρόπο εξέτασης του δείγματος, τα μέσα τα οποία είναι απαραίτητα για την εξέταση και την προετοιμασία των δειγμάτων.

Έλεγχος των ατόμων που πραγματοποιούν τη δοκιμή.

Στο στάδιο αυτό της οργανοληπτικής εξέτασης, στόχος είναι να περιορισθούν οι διάφορες εξωτερικές αλληλεπιδράσεις, έτσι ώστε να περιορισθούν οι λανθασμένες εκτιμήσεις από τα άτομα που πραγματοποιούν την εξέταση.

Η οργανοληπτική εξέταση στηρίζεται στην αξιολόγηση της ποιότητας των τροφίμων μέσω των ανθρώπινων αισθήσεων και παρέχει μία συνολική εντύπωση των συστατικών: άρωμα, γεύση, ακοή και αφή. Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών ελέγχων, δίνει τη δυνατότητα να προσδιορισθεί η σχέση μεταξύ των χημικών, φυσικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τροφίμων. Η αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών των ποικιλιών μπανάνας, είναι ιδιαίτερα

σημαντική για τη διαλογή νέων υβριδίων *Musa*, αφού παρέχει μια ένδειξη της πιθανής αποδοχής τους από τους καταναλωτές (Dadzie and Orchard, 1997).

Ο Cano και οι συνεργάτες του (1997) μελέτησαν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών των ποικιλιών Ehana και Gran Ehana που παράγονται στις Κανάριες νήσους και της ποικιλίας Ehana που παράγεται στη Λατινική Αμερική, προκειμένου να επισημάνουν τυχόν διαφορές στις οργανοληπτικές ιδιότητες των καρπών των διαφορετικών ποικιλιών ή των διαφορετικών περιοχών παραγωγής. Μια εκπαιδευμένη δεκαμελής επιτροπή επιλέχτηκε για να αξιολογήσει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των καρπών. Σε κάθε σύνοδο, τυχαία διπλά δείγματα κάθε ποικιλίας αξιολογήθηκαν για τα χαρακτηριστικά χρώμα, γεύση και συνεκτικότητα, σε μια κλίμακα 1-5. Η ολική αποδοχή εκτιμήθηκε σε κλίμακα από 1-10 (Dethmers, 1981). Τα μέλη της επιτροπής ήταν ικανά να διαφοροποιήσουν το χρώμα της σάρκας και τη γεύση των τριών ποικιλιών. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων της οργανοληπτικής εξέτασης έδειξε σημαντικές διαφορές μεταξύ των ισπανικών και λατινοαμερικάνικων ποικιλιών, ενώ δεν επισήμανε διαφορές εντός των ισπανικών ποικιλιών.

Οι Caussiol και Joyce (2004) συνέκριναν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε βιολογικά και συμβατικά παραγόμενους καρπούς μπανάνας της ποικιλίας Grande Naine, προκειμένου να επισημάνουν τυχόν διαφορές που οφείλονται στο διαφορετικό τρόπο παραγωγής των καρπών. Για τη μελέτη αυτή, επιλέχτηκε ένα μη εκπαιδευμένο πάνελ 30 ατόμων ώστε να αξιολογήσει τυχόν διαφορές στις οργανοληπτικές ιδιότητες των βιολογικά και συμβατικά παραγόμενων καρπών. Η οργανοληπτική εξέταση πραγματοποιήθηκε σε ώριμους καρπούς (κίτρινος φλοιός με καφέ στίγματα) μπανάνας. Τα αποτελέσματα της έρευνας επισήμαναν την έλλειψη ικανότητας του μη εκπαιδευμένου πάνελ να προσδιορίσει διαφορές στη γεύση των

εξεταζόμενων καρπών, γεγονός που απορρίπτει την υπόθεση ότι οι βιολογικά παραγόμενες είναι πιο γευστικές από τις συμβατικά παραγόμενες μπανάνες.

Ο Dadzie (1998) συνέκρινε τις οργανοληπτικές ιδιότητες των νέων υβριδίων FHIA-01 και FHIA-02, με τις αντίστοιχες των εμπορικών ποικιλιών *Grande Naine* και *Williams*, προκειμένου να προσδιορίσει την αποδοχή των νέων αυτών υβριδίων από τους καταναλωτές και να ελέγξει την πιθανή δυναμική των υβριδίων στην αγορά. Την οργανοληπτική εξέταση πραγματοποίησε ανεκπαίδευτο πάνελ 111 ατόμων. Τα χαρακτηριστικά που εκτιμήθηκαν ήταν η συνεκτικότητα, η γεύση, η γλυκύτητα και η ολική αποδοχή, σε κλίμακα 1-5. Τα μέλη του πάνελ ξεχώρισαν το υβρίδιο FHIA-02 το οποίο διακρίθηκε για τη μαλακή υφή του. Ως προς τη γεύση, οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* αξιολογήθηκαν από καλές ως πολύ καλές, ενώ τα υβρίδια FHIA-01 και FHIA-02 αξιολογήθηκαν ως ικανοποιητικά. Οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* σύμφωνα με το πάνελ, είχαν τη χαρακτηριστική γεύση των ποικιλιών *Cavendish*, ενώ τα υβρίδια FHIA-01 και FHIA-02 είχαν γεύση ξινού μήλου. Οι *Grande Naine* και *Williams* ήταν πιο γλυκές από τις FHIA-01 και FHIA-02. Τέλος, για το χαρακτηριστικό ολική αποδοχή, η επιτροπή εκτίμησε τις ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* από καλές έως πολύ καλές, ενώ τα υβρίδια FHIA-01 και FHIA-02 από ικανοποιητικά έως καλά.

Τα κύρια κριτήρια των καταναλωτών για την αγορά πλαντέϊν, αφορούν στην εξωτερική εμφάνιση, το χρώμα, το σχήμα και το μέγεθος (Dadzie, 1993d). Ο Dadzie (1998), αξιολόγησε τις οργανοληπτικές ιδιότητες των πλαντέϊν υβριδίων FHIA-04, FHIA-16, FHIA-21, FHIA-22 και τις σύγκρινε με αυτές της γνωστής ποικιλίας πλαντέϊν *Cuerno*, με στόχο να προβλέψει την αποδοχή των νέων πλαντέϊν υβριδίων στην αγορά. Στην περίπτωση αυτή, 28 ανεκπαίδευτα μέλη συγκρότησαν το πάνελ, που πραγματοποίησε τις οργανοληπτικές δοκιμές για τα χαρακτηριστικά χρώμα, σχήμα, μέγεθος και

εμφάνιση, σε κλίμακα 1-5 (1: περισσότερο προτιμώμενη, 5: λιγότερο προτιμώμενη). Το υβρίδιο FHIA-04 ήρθε πρώτο στις προτιμήσεις των καταναλωτών, ακολουθούμενο από τα FHIA-16, FHIA-21 και FHIA-22 υβρίδια, ενώ η ποικιλία *Cuepno*, η κύρια καλλιεργούμενη ποικιλία στην Ονδούρα, κατέλαβε την τελευταία θέση στις προτιμήσεις των καταναλωτών.

Ποικιλίες

Στις μέρες μας υπάρχουν περισσότεροι από 1000 τύποι μπανάνας, που διαιρούνται σε περισσότερες από 50 υποομάδες. Οι περισσότερες καλλιεργούμενες ποικιλίες είναι τριπλοειδείς και ταξινομούνται στην ομάδα AAA.



Η ποικιλία *Gros Michel* με καρπούς επιμήκεις και λεπτούς, και φυτά ψηλά, ζυηρά και παραγωγικά, ως τη δεκαετία του 1950 αποτελούσε την κύρια ποικιλία διεθνώς, αλλά λόγω της ευαισθησίας της στο *Fusarium oxysporum f. Sp. Cubense*, οι φυτείες της καταστράφηκαν και σήμερα επιβιώνει μόνο στο βόρειο Εκουαδόρ.

Στην υποομάδα *Cavendish* ανήκουν οι πιο γνωστές ποικιλίες εδώδιμης μπανάνας που καλλιεργούνται παγκοσμίως. Στο διεθνές εμπόριο της μπανάνας, αποτελεί πολύ σημαντική υποομάδα κυρίως για τις τροπικές χώρες όσον αφορά τις εξαγωγές και τις υποτροπικές αντίστοιχα για την ντόπια κατανάλωση. Το ψευδοστέλεχος των ποικιλιών της υποομάδας *Cavendish* ποικίλλει σε ύψος που κυμαίνεται από 1,8 έως 2 μέτρα στις ποικιλίες τύπου *Dwarf Cavendish* και από 4 έως 5 μέτρα στις ποικιλίες τύπου *Lacatan*, με τις υπόλοιπες ποικιλίες της υποομάδας να έχουν ενδιάμεσο ύψος.

Οι ποικιλίες τύπου Dwarf Cavendish διαθέτουν καρπούς μεσαίου μεγέθους και καλής ποιότητας, και φυτά ανθεκτικά στον άνεμο ενώ είναι ευρέως διαδεδομένες και θεωρούνται οι πιο βραχύσωμες μπανάνες που καλλιεργούνται εμπορικά. Η ποικιλία Cavendish Nana είναι η βασική ποικιλία τύπου Dwarf Cavendish, και αποτελεί την κύρια εμπορεύσιμη ποικιλία στις υποτροπικές περιοχές, όπου έχει προσαρμοστεί κλιματολογικά και καρποφορεί πολύ ικανοποιητικά. Είναι ευαίσθητη στη φυσιολογική ανωμαλία "choke throat" (παρεμποδίζεται η έξοδος της ταξιανθίας λόγω του συμπαγές που δημιουργούν οι κολεοί των φύλλων) και γι' αυτό αντικαθίσταται από τις υψηλότερες ποικιλίες Williams και Grande Naine, τύπου Giant Cavendish, που δεν είναι ευαίσθητες σε αυτό το φαινόμενο. Επίσης είναι ευαίσθητη στο μύκητα *Fusarium oxysporum*, όπως όλες οι ποικιλίες της υποομάδας Cavendish.

Οι ποικιλίες τύπου Giant Cavendish είναι παραγωγικότερες και με υψηλότερη ποιότητα καρπών σε σχέση με τις ποικιλίες τύπου Dwarf Cavendish. Οι ποικιλίες του τύπου αυτού δεν είναι υπερβολικά ψηλόσωμες, αλλά ονομάζονται Giant Cavendish για διάκριση από το νάνο τύπο Cavendish. Οι κύριοι κλώνοι της Giant Cavendish, είναι οι ποικιλίες Williams και Grande Naine. Η ποικιλία Grande Naine είναι η κυρίως εξαγώγιμη στο διεθνές εμπόριο και αποτελεί την υψηλότερη σε παραγωγικότητα ποικιλία μπανάνας. Κύριο χαρακτηριστικό της είναι ότι παράγει καρπούς υψηλής ποιότητας, αλλά εμφανίζει ευαισθησία στους μύκητες *Fusarium oxysporum* και *Mycosphaerella fijiensis*. Η ποικιλία Williams αποτελεί γνωστή εμπορική ποικιλία, καλλιεργούμενη σε πολλές χώρες του κόσμου. Παράγει μεγάλα τσαμπιά, με καρπούς μεγάλου μεγέθους που διαθέτουν γλυκιά σάρκα. Η δημοφιλής εμπορική μπανάνα της Del Monte, ανήκει στην ποικιλία Williams.

Η υποομάδα *Cavendish* περιλαμβάνει και τις ποικιλίες τύπου *Robusta* και *Lacatan*, με κυριότερους εκπροσώπους, τους κλώνους *Valery* και *Pisang* αντίστοιχα.

Η ομάδα (AAB) περιλαμβάνει τα τριπλοειδή υβρίδια της υποομάδας *πλαντέϊν* και άλλες τριπλοειδείς ποικιλίες (AAB) που παράγουν γλυκείς καρπούς και χρησιμοποιούνται ως εδώδιμες. Οι κύριοι τύποι *πλαντέϊν* είναι οι *French* και *Horn*.

Οι ποικιλίες της ομάδας (ABB), λόγω της επικράτησης των γονιδίων του είδους *M. balbisiana*, είναι πολύ ζυηρές και ανθεκτικές στην ξηρασία. Ο καρπός τους είναι πρασινωπός και η σάρκα τους αμυλώδης. Η κύρια ποικιλία της ομάδας αυτής, είναι η ποικιλία *Bluggoe*, με καρπούς μεγάλους και αμυλώδεις, που τρώγονται μαγειρευτοί.

Η ομάδα (BBB) περιλαμβάνει καθαρούς κλώνους του είδους *M. balbisiana*, που βρέθηκαν στη νοτιοανατολική Ασία.

Οι τετραπλοειδείς ποικιλίες κατατάσσονται στις ομάδες (AAAA), (AAAB), (AABB) και (ABBB). Με τη μέθοδο των διασταυρώσεων έχουν παραχθεί αμέτρητες νέες ποικιλίες, καμία όμως έως σήμερα, δεν μπορεί να αντικαταστήσει επάξια την *Cavendish*.

Η *Goldfinger* είναι η πρώτη, από τις ως σήμερα παραγόμενες ποικιλίες μπανάνας, που θα μπορούσε να αντικαταστήσει την *Cavendish*. Η ποικιλία *Goldfinger* δόθηκε στην καλλιέργεια το 1989, και αποτελεί ένα ιδιαίτερα υποσχόμενο υβρίδιο για εμπορική καλλιέργεια. Δημιουργήθηκε στην Ονδούρα, από το FHIA, στο πλαίσιο της προσπάθειας για την ανάπτυξη του 'φυσικού' αντικαταστάτη της μπανάνας *Cavendish*. Είναι τετραπλοειδής τύπος (AAAB) και προέκυψε από τη διασταύρωση των ποικιλιών *Dwarf Prata* (AAB), που παράγει καρπούς με χαρακτηριστική υπόξινη γεύση και SH 3142 (AA), αποτέλεσμα βελτίωσης ενός άγριου είδους με καταγωγή τη νοτιοανατολική Ασία, που αρχικά επιλέχθηκε για την ανθεκτικότητά του στους νηματώδεις. Η

ποικιλία *Goldfinger* είναι πιο ανθεκτική στην ξηρασία και τις χαμηλές θερμοκρασίες, από όλες τις ποικιλίες της υποομάδας *Cavendish*. Σε πειράματα του Διεθνούς Δικτύου για τη Βελτίωση της Μπανάνας και Πλαντέϊν (International Network for the Improvement of Banana and Plantain, INIBAP), σε έξι χώρες της Λατινικής Αμερικής και Αφρικής, επισημάνθηκε η ανθεκτικότητα των φυτών της *Goldfinger* στο στέλεχος 1 του μύκητα *Fusarium oxysporum* και το μύκητα *Mycosphaerella fijiensis*. Σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν και σε άλλες χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Αυστραλίας, η ποικιλία *Goldfinger* επέδειξε ανθεκτικότητα στο στέλεχος 4 του μύκητα *Fusarium oxysporum*, και τους νηματώδεις.

Ως φυτό, η *Goldfinger*, παράγει μεγάλα τσαμπιά, με καρπούς με ευχάριστη υπόξινη σάρκα, η οποία δεν οξειδώνεται όταν εκτεθεί στον αέρα. Η ξεχωριστή γεύση των ώριμων καρπών της, την καθιστά μοναδική μεταξύ των γνωστών εμπορικών ποικιλιών τύπου *Cavendish*. Επιπλέον, η ιδιότητα των καρπών της να διατηρούν το κίτρινο χρώμα της σάρκας τους, όταν αυτοί κοπούν, την καθιστά ιδανική για φρουτοσαλάτες, χυμούς και παιδικές τροφές. Οι καρποί της μπορούν να καταναλωθούν και πράσινοι, βρασμένοι ή τηγανητοί, ως τσιπς, αντικαθιστώντας τα πλαντέϊν.

Η *Goldfinger* είναι η πρώτη, από τις σύγχρονες ποικιλίες μπανάνας, που θα μπορούσε να αντικαταστήσει την *Cavendish*. Λόγω της υψηλής προσαρμοστικότητας στις λιγότερο ιδανικές κλιματικές συνθήκες των υποτροπικών περιοχών και της ανθεκτικότητάς της στις κύριες ασθένειες της μπανάνας, μπορεί να αποτελέσει ένα πολύ υποσχόμενο υβρίδιο τόσο για εξαγωγές, όσο και για την τοπική κατανάλωση. Η καλλιέργεια της *Goldfinger* για τοπική κατανάλωση στις περιοχές που η καλλιέργεια της *Cavendish* είναι οικονομικά ασύμφορη, θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα της πείνας και οικονομικής εξαθλίωσης των κατοίκων των πολυπληθών χωρών της

Αφρικής, Λατινικής Αμερικής και Ασίας, όπου οι μπανάνες αποτελούν βασικό είδος διατροφής.

Η καλλιέργεια της μπανάνας στην Ελλάδα

Η μπανάνα καλλιεργήθηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα στην περιοχή της Κρήτης (1925-1927) από μοναχούς, πιθανόν στο μοναστήρι της Άρβης. Στη χώρα μας, η καλλιέργειά της - περίπου 650 στρέμματα με το 80% σε πλαστικά θερμοκήπια- περιορίζεται κυρίως στους νομούς Ηρακλείου και Λασιθίου της Κρήτης. Η στρεμματική απόδοση ανέρχεται περίπου στα 7500 Kg για τις θερμοκηπιακές και 5000 Kg για τις υπαίθριες καλλιέργειες, ενώ η συνολική ετήσια παραγωγή υπερβαίνει τους 4000 τόνους. Οι ελληνικές μπανάνες αποτελούν ένα ελάχιστο τμήμα της παγκόσμιας παραγωγής, καθώς η μπανάνα είναι το περισσότερο καλλιεργούμενο φρούτο στον κόσμο, γεγονός που δείχνει τα οικονομικά μεγέθη που αντιπροσωπεύει.

Η μπανάνα της Κρήτης διαφέρει από τις εισαγόμενες μπανάνες, οπτικά και γευστικά. Είναι μικρότερου μεγέθους και πιο εύγευστη. Η κύρια καλλιεργούμενη ποικιλία μπανάνας στην Κρήτη, είναι ο κλώνος *Grande Naine*, τύπου *Giant Cavendish*, της υποομάδας *Cavendish*, ο οποίος καλλιεργείται υπό κάλυψη, στις θερμότερες και υπήνεμες περιοχές όλων των νομών της Κρήτης. Άλλες καλλιεργούμενες ποικιλίες, είναι οι κλώνοι *Williams* και *Cavendish Nana*, τύπου *Giant Cavendish* και *Dwarf Cavendish*, αντίστοιχα. Τα τελευταία έτη, καλλιεργείται πειραματικά στην περιοχή της Κρήτης, η τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger*, η οποία εμφανίζει ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες, γεγονός με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την υπαίθρια καλλιέργεια της ποικιλίας στις κλιματικές συνθήκες της χώρας μας.



ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

1. Μοριακή ανάλυση ποικιλιών μπανάνας με τη χρήση δεικτών τύπου RAPD's.

1.1 Γενετικό υλικό

Το γενετικό υλικό αποτέλεσαν φυτά μπανάνας των ποικιλιών *Goldfinger*, *Williams*, *Cavendish* nana και *Grande Naine*, που καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτης.

1.2 Απομόνωση γενωμικού DNA

Η απομόνωση του DNA έγινε από τα φύλλα των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών (0,3 g φυτικού ιστού) με την τροποποιημένη CTAB μέθοδο (Doyle & Doyle, 1990). Αρχικά, η μέθοδος περιλαμβάνει ομογενοποίηση των ιστών του φύλλου με αποστειρωμένο γουδί, παρουσία υγρού αζώτου. Ακολουθεί τοποθέτηση του εκχυλίσματος σε μικροφυγοκεντρικό σωλήνα μαζί με 800μL ρυθμιστικού διαλύματος CTAB, 10μL β-μερκαπτοαιθανόλης (1%v/v) και 2μL RNA-άση. Το παραπάνω διάλυμα διατηρείται σε υδατόλουτρο στους 60°C για 15 έως 20min. Ακολουθεί προσθήκη διαλύματος χλωροφορμίου : φαινόλης : ισοαμυλικής αλκοόλης (24:24:1 v/v) έως πληρώσεως του όγκου και ανακίνηση ελαφρώς με το χέρι. Στη συνέχεια τα δείγματα φυγοκεντρούνται στις 10000rpm για 20min, σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά το τέλος της φυγοκέντρωσης, η υπερκείμενη υγρή φάση μεταφέρεται προσεκτικά σε νέο, αποστειρωμένο μικροφυγοκεντρικό σωλήνα και προστίθενται 2/3 του όγκου 2-ισοπροπανόλη και 1/10 Na-acetate. Τα δείγματα τοποθετούνται στο ψυγείο σε θερμοκρασία -20° C για 30min. Ακολουθεί φυγοκέντρωση στις 14000 rpm για 15min. Σε αυτό το σημείο, αφαιρείται η υγρή φάση με προσοχή και προστίθενται 900μL EtOH (70%) και 100μL 0.1M K-acetate. Κατόπιν, ακολουθεί φυγοκέντρωση στις 14000rpm για 10min. Στη συνέχεια, γίνεται μία ακόμη όμοια πλύση και

μία τρίτη με καθαρή αιθανόλη (100%) και κατόπιν φυγοκέντρηση στις ίδιες συνθήκες. Τέλος, τα δείγματα ξηραίνονται σε κενό αέρος και θερμοκρασία 60° C για 15min. Το τελικό προϊόν διαλύεται σε 200μL διαλύματος TE (10mM Tris-HCL, 1Mm Na₂EDTA, pH 8.0).

1.3 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA

Η εκτίμηση της ποσότητας του dsDNA σε ηg/μl των δειγμάτων έγινε σε πηκτή αγαρόζης 0,8% με πρότυπο δείγμα DNA του πλασμιδίου λ.

1.4 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's

Στα πλαίσια της μοριακής ανάλυσης χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 19 εκκινητές (primers) με τυχαία νουκλεοτιδική ακολουθία, των σειρών OPB, OPC και OPD της εταιρείας OPERON.

Πίνακας 1.4.1. Τύπος και αλληλουχία των RAPD εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν

OPB1	5'-GTTTCGCTCC-3'	OPC9	5'-CTCACCGTCC-3'
OPB2	5'-TGATCCCTGG-3'	OPC10	5'-TGTCTGGGTG-3'
OPB11	5'-GTAGACCCGT-3'	OPC11	5'-AAAGCTGCGG-3'
OPC1	5'-TTCGAGCCAG-3'	OPC13	5'-AAGCCTCGTC-3'
OPC2	5'-GTGAGGCGTC-3'	OPC16	5'-CACACTCCAG-3'
OPC3	5'-GGGGGTCTTT-3'	OPC17	5'-TTCCCCCAG-3'
OPC4	5'-CCGCATCTAC-3'	OPC19	5'-GTTGCCAGCC-3'
OPC5	5'-GATGACCGCC-3'	OPC20	5'-ACTTCGCCAC-3'
OPC6	5'-GAACGGACTC-3'	OPD20	5'-ACCCGGTCAC-3'
OPC8	5'-TGGACCGGTG-3'		

Οι αντιδράσεις στο θερμοκυκλοποιητή (PCR) ήταν τελικού όγκου 25 μL και περιείχαν:

- 2.5 μL διαλύματος PCR buffer 10x
- 2 μL διαλύματος MgCL συγκέντρωσης 25mM
- 2 μL διαλύματος dNTP' s (dATP, dGTP, dCTP, dTTP) τελικής συγκέντρωσης 2.5 mM
- 1 unit ένζυμο πολυμερισμού (*Taq polymerase*)
- 10 pmoles RAPD εκκινητή (Operon Tech.)
- 150 ng γενωμικού DNA

Η προσαρμογή στο τελικό όγκο των 25 μL έγινε με ddH₂O.

Οι συνθήκες του προγράμματος Αλυσιδωτής Αντίδρασης Πολυμεράσης που εφαρμόστηκε, αναφέρονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.4.2.

Πίνακας 1.4.2: Συνθήκες Αλυσιδωτής Αντίδρασης Πολυμεράσης (PCR)

Στάδιο	Συνθήκες	Κύκλοι
Προ-αποδιάταξη των αλυσίδων (Hot Start)	94° C, 6 min	-
Αποδιάταξη των αλυσίδων	94° C, 1 min	-
Επικόλληση των εκκινητών	37° C, 1 min	35
Σύνθεση και επιμήκυνση των νέων αλυσίδων	72° C, 1,3 min	-
Τελική επιμήκυνση των νεοσυντιθέμενων αλυσίδων	72° C, 7 min	-
Αποθήκευση των προϊόντων της αντίδρασης	4° C	-

Τα προϊόντα ενίσχυσης της PCR στη συνέχεια ηλεκτροφορούνται σε πηκτή αгарόζης, πυκνότητας 1%, η οποία περιέχει 0.004% (w/v) βρωμιούχο αιθίδιο. Τα αποτελέσματα εμφανίζονται ύστερα από έκθεση της πηκτής σε υπεριώδη ακτινοβολία και φωτογραφίζονται. Παράλληλα, γίνεται καταγραφή των πολυμορφικών ζωνών των δειγμάτων και εκτίμηση του μοριακού βάρους με τη βοήθεια πρότυπου δείγματος DNA (100 bp PCR ladder).

2. Μελέτη της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με χρήση μοριακών δεικτών τύπου RAPD's.

2.1 Γενετικό υλικό

Το γενετικό υλικό αποτέλεσαν φυτά μπανάνας της ποικιλίας *Grande Naine* που καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτη. Όλα τα φυτά προέρχονταν από *in vitro* πολλαπλασιασμό. Ειδικότερα, εξετάστηκαν δειγματοληπτικά, 17 μπανανόφυτα *Grande Naine* 1^{ου} κύκλου αναπολαπλασιασμού και 18 μπανανόφυτα *Grande Naine* 7^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού, τα οποία ταξινομούνται στην ομάδα GRNn4. Όλα τα φυτά προήλθαν από το Εργαστήριο Γεωργίας και Πολλαπλασιαστικού υλικού, Σχολή Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Κρήτης.

2.2 Απομόνωση γενωμικού DNA

Η απομόνωση του DNA έγινε από τα φύλλα των αναγεννημένων φυτών (0,3 g φυτικού ιστού) με την τροποποιημένη CTAB μέθοδο (βλέπε 1.2 Απομόνωση γενωμικού υλικού).

2.3 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA

Βλέπε 1.3 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA

2.4 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's

Στα πλαίσια της μοριακής ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν 10 εκκινητές (primers) με τυχαία νουκλεοτιδική ακολουθία, για τον προσδιορισμό της γενετικής συγγένειας των 17 μπανανοφύτων *Grande Naine* 1^{ου} κύκλου αναπολαπλασιασμού και τον προσδιορισμό της γενετικής συγγένειας των 18 μπανανοφύτων της ομάδας GRNn4 7^{ου} κύκλου αναπολαπλασιασμού.

Πίνακας 2.4.1. Τύπος και αλληλουχία των 10 RAPD εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν

OPB11	5'-GTAGACCCGT-3'
OPC2	5'-GTGAGGCGTC-3'
OPC3	5'-GGGGGTCTTT-3'
OPC4	5'-CCGCATCTAC-3'
OPC5	5'-GATGACCGCC-3'
OPC7	5'-GTCCCACGA-3'
OPC8	5'-TGGACCGGTG-3'
OPC9	5'-CTCACCGTCC-3'
OPC11	5'-AAAGCTGCGG-3'
OPC16	5'-CACACTCCAG-3'

Οι αντιδράσεις στο θερμοκυκλοποιητή (PCR) ήταν τελικού όγκου 25 μ L και περιείχαν:

- 2.5 μ L διαλύματος PCR buffer 10x
- 2 μ L διαλύματος MgCl συγκέντρωσης 25mM
- 2 μ L διαλύματος dNTP' s (dATP, dGTP, dCTP, dTTP) τελικής συγκέντρωσης 2.5 mM
- 1 unit ένζυμο πολυμερισμού (*Taq* polymerase)
- 10 pmoles RAPD εκκινητή (Operon Tech.)
- 150 ng γενωμικού DNA

Η προσαρμογή στο τελικό όγκο των 25 μ L έγινε με ddH₂O. Οι συνθήκες του προγράμματος Αλυσιδωτής Αντίδρασης Πολυμεράσης που εφαρμόστηκε, αναφέρονται αναλυτικά στον Πίνακα 1.4.2. (1.4 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's).

3. Χαρακτηριστικά ποιότητας

Η αξιολόγηση των χαρακτηριστικών ποιότητας πραγματοποιήθηκε σε καρπούς των ποικιλιών *Goldfinger*, *Williams*, *Cavendish* nana και *Grande Naine*, που καλλιεργούνται στην περιοχή της Κρήτης. Οι καρποί των τεσσάρων ποικιλιών συγκομίστηκαν από τα μητρικά φυτά στο ώριμο πράσινο στάδιο και χωρίς να υποστούν καμία προηγούμενη μεταχείριση εστάλησαν από το Εργαστήριο Γεωργίας και Πολλαπλασιαστικού Υλικού - Τμήμα Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης στο Εργαστήριο Γενετικής Βελτίωσης φυτών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η αποθήκευση των καρπών πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες δωματίου. Ως ημέρα 0, έχει οριστεί η ημέρα παραλαβής των καρπών. Οι καρποί συγκομίστηκαν από τα μητρικά φυτά στο ώριμο πράσινο στάδιο, και δεν υπέστησαν καμία προηγούμενη μεταχείριση (π.χ. τεχνητή ωρίμανση με αιθυλένιο). Η αποθήκευσή τους πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες δωματίου.

3.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες

Για την εκτίμηση των φυσικοχημικών ιδιοτήτων των καρπών των ποικιλιών κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης, εξετάστηκαν οι χρωματομετρικές παράμετροι L^* , a^* και b^* του φλοιού των καρπών, οι χρωματομετρικές παράμετροι L^* , a^* και b^* της σάρκας των καρπών, το pH, η περιεκτικότητα της σάρκας των καρπών σε ξηρά ουσία και η συνεκτικότητα του φλοιού των καρπών. Η επιλογή των καρπών που προορίζονταν για ανάλυση κάθε φορά πραγματοποιούνταν τυχαία. Για όλες τις φυσικοχημικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τρεις επαναλήψεις.

Χρώμα (φλοιού, σάρκας)

Για τη μέτρηση του χρώματος χρησιμοποιήθηκε το σύστημα CIE, με χρήση του οργάνου Hunter miniscan XE plus. Το σύστημα CIE περιλαμβάνει τρία κύρια χρώματα, το κόκκινο, το πράσινο και το μπλε. Το σύστημα CIE

εξετάζει τα χαρακτηριστικά L^* , a^* , b^* τα οποία παρέχουν πληροφορίες για το χρώμα του προϊόντος. Το L^* , αποτελεί ένδειξη της φωτεινότητας, και οι τιμές του έχουν εύρος από 0-100. Στο 0 αντιστοιχεί το σκούρο μαύρο χρώμα, ενώ στο 100 το ανοιχτό λευκό. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του L^* , τόσο πιο φωτεινό είναι το χρώμα. Οι τιμές του 'a' κυμαίνονται από αρνητικές για το πράσινο χρώμα, έως θετικές για το κόκκινο. Οι τιμές του b^* κυμαίνονται από αρνητικές για το μπλε χρώμα, έως θετικές για το κίτρινο. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του a^* , τόσο λιγότερο πράσινο είναι το χρώμα, ενώ όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του b^* τόσο περισσότερο κίτρινο είναι το χρώμα.

pH

10 g σάρκας καρπού της κάθε ποικιλίας, κονιορτοποιήθηκαν και διαλύθηκαν σε 40 ml απεσταγμένο νερό, όπου και έγινε η μέτρηση του pH με σταθερό πεχάμετρο (pH526 WTW MultiCal®).

Περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία (%)

Η περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία, προσδιορίστηκε με αποξήρανση 10 g σάρκας καρπού της κάθε ποικιλίας, στους 100° C για 24 ώρες.

Συνεκτικότητα φλοιού (kgF)

Η μέτρηση της σκληρότητας έγινε με μέτρηση της πίεσης, αντίστασης του φλοιού. Για τη μέτρηση της συνεκτικότητας χρησιμοποιήθηκε πενετόμετρο τύπου FT 327.

3.2 Οργανοληπτική εξέταση

Για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών των ποικιλιών, επιλέχθηκε μια μη εκπαιδευμένη επιτροπή δέκα ατόμων. Τα χαρακτηριστικά που εκτιμήθηκαν, αφορούσαν την εξωτερική εμφάνιση (φωτεινότητα και χρώμα), τα χαρακτηριστικά της γεύσης (πικρή,

στυφή, γλυκιά, χορτώδης, μουχλιασμένη, παραμένουσα, συνεκτικότητα, προσκόλληση στα δόντια και χυμώδης), το χαρακτηριστικό της αφής (τραγανότητα) και τα χαρακτηριστικά οσμή και συνολική εντύπωση. Οι χαρακτηρισμοί των προαναφερόμενων γνωρισμάτων, έγιναν με βάση την κλίμακα από το 1 έως το 5 και αντιστοιχούσαν στις ενδείξεις από πολύ έντονο έως καθόλου έντονο. Οι αντιπροσωπευτικοί καρποί της κάθε ποικιλίας, κόπηκαν σε μικρά ισομεγέθη κομμάτια, τοποθετήθηκαν σε κωδικοποιημένα πιάτα, και αξιολογήθηκαν από την επιτροπή με τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου της οργανοληπτικής ανάλυσης.

Η εκτίμηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων πραγματοποιήθηκε σε εδωδιμους καρπούς 4^{ου} (καρπός πιο κίτρινος απ'ότι πράσινος), 5^{ου} (καρπός κίτρινος) και 6^{ου} (καρπός κίτρινος με καφετί κηλίδες) σταδίου ωρίμανσης. Το στάδιο ωρίμανσης των καρπών των ποικιλιών καθορίστηκε βάσει του χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο για τον καθορισμό της ωρίμανσης της μπανάνας. Για όλες τις οργανοληπτικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν δύο επαναλήψεις.

Πίνακας 3.2. Το ερωτηματολόγιο που συμπληρώθηκε κατά την οργανοληπτική εξέταση.

A. ΕΞΩΤΕΡΙΚΗ ΕΜΦΑΝΙΣΗ

	Πολύ έντονο	Έντονο	Μέτριο	Λίγο έντονο	Καθόλου έντονο
Φωτεινότητα					

	Ανοιχτό κίτρινο	Χλωμό κίτρινο	Κίτρινο	Καφέ-κίτρινο	Καφέ
Χρώμα					

B. ΓΕΥΣΗ

	Πολύ έντονο	Έντονο	Μέτριο	Λίγο έντονο	Καθόλου έντονο
Πικρή					
Στυφή					
Γλυκιά					
Χορτώδης					
Μουχλιασμένη					
Παραμένουσα γεύση					
Συνεκτικότητα					
Προσκόλληση στα δόντια					
Χυμώδης					

Γ. ΟΣΜΗ

	Πολύ έντονη	Έντονη	Μέτρια	Λίγο έντονη	Καθόλου έντονη
Οσμή					

Δ. ΑΦΗ

	Πολύ έντονο	Έντονο	Μέτριο	Λίγο έντονο	Καθόλου έντονο
Τραγανότητα					

E. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΝΤΥΠΩΣΗ

Πολύ καλό	Καλό	Μέτριο	Κακό	Πολύ κακό

4. Στατιστική ανάλυση

4.1 Στατιστική ανάλυση μοριακών δεδομένων

Η ανάλυση των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση του προγράμματος NTSYS, μετά την κωδικοποίηση των μοριακών δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, η παρουσία ζώνης αντιπροσωπεύτηκε με (1) και η απουσία με (0). Στη συνέχεια ο υπολογισμός της γενετικής ομοιότητας των δειγμάτων έγινε χρησιμοποιώντας τον συντελεστή του Jaccard $S_{ij}=a/(a+b+c)$ (Sneath and Sokal, 1973) και τον συντελεστή του Dice $S_{ij}=2a/(2a+b+c)$ (Nei and Li, 1979) όπου:

S_{ij} : η γενετική ομοιότητα των δειγμάτων i και j .

1. a : το πλήθος των πολυμορφικών τμημάτων DNA που είναι παρόντα στο δείγμα i και στο δείγμα j .
2. b : το πλήθος των πολυμορφικών τμημάτων DNA που είναι παρόντα στο δείγμα i .
3. c : το πλήθος των πολυμορφικών τμημάτων DNA που είναι παρόντα στο δείγμα j .

Με βάση τις μήτρες γενετικής ομοιότητας, κατασκευάστηκαν δενδρογράμματα φυλογενετικών σχέσεων με την μέθοδο Neighbourjoining και με την μέθοδο UPGMA. Τελικά επιλέχθηκε η μέθοδος UPGMA ως η καταλληλότερη και περισσότερο αντιπροσωπευτική για τα δεδομένα.

4.2 Στατιστική ανάλυση φυσικοχημικών και οργανοληπτικών δεδομένων

Στα δεδομένα των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (Factorial ANOVA-Two Factor Randomized Complete Block Design) με τη βοήθεια του προγράμματος MSTAT (Microcomputer Statistical Program). Επιπλέον έγινε ανάλυση παραλλακτικότητας (ANOVA-2) με τη βοήθεια του ίδιου προγράμματος και παρουσίαση σε διαγράμματα με τη βοήθεια του Excel.

Τέλος, στα δεδομένα των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών έγινε Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis) και Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis- PCA) με τη βοήθεια του προγράμματος JMP 5.0.1.



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

1. Μοριακή ανάλυση ποικιλιών μπανάνας με τη χρήση δεικτών τύπου RAPD's.

1.1 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA

Μετά την εξαγωγή του γενωμικού DNA από τις 4 ποικιλίες μπανάνας που εξετάστηκαν, ακολούθησε ποσοτικός προσδιορισμός τους με στόχο να εκτιμηθεί η συγκέντρωση του DNA στα δείγματα. Ο έλεγχος των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αγαρόζης και όλα τα δείγματα βρέθηκαν σε ικανοποιητική κατάσταση.

1.2 Μοριακή ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD's.

Στα πλαίσια της μοριακής γενετικής ανάλυσης, χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 19 εκκινητές τύπου RAPD's, των σειρών OPB, OPC και OPD (Πιν.1.4.1. Υλικά & Μέθοδοι).

Από το σύνολο των 19 εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν, οι 18 βρέθηκαν πολυμορφικοί, ενώ το μοριακό πρότυπο ενός εκκινητή βρέθηκε μονομορφικό για το σύνολο των γενοτύπων που εξετάστηκαν. Όπως φανέρωσε η ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αγαρόζης 1% παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου και κατόπιν εκθέσεως της σε υπεριώδη ακτινοβολία, η μοριακή ανάλυση των 4 γενοτύπων μπανάνας (*Goldfinger*, *Williams*, *Cavendish nana* και *Grande Naine*) που εξετάστηκαν με βάση το μοριακό πρότυπο των 19 εκκινητών, αποτελείται συνολικά από 91 ζώνες που αντιστοιχούν σε ίσο αριθμό περιοχών του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν κατά το σύνολο των αντιδράσεων PCR.

Το ποσοστό των πολυμορφισμών για τη δεδομένη μοριακή ανάλυση, ανήλθε στο 29% καθώς 26 από τις 91 περιοχές του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν βρέθηκαν πολυμορφικές.

Το μοριακό πρότυπο κάθε εκκινητή καταγράφηκε και στη συνέχεια κωδικοποιήθηκε για το σύνολο των γενοτύπων. Κατά την κωδικοποίηση, η παρουσία ή απουσία των ζωνών αντιπροσωπεύτηκε από τη μονάδα «1» ή το

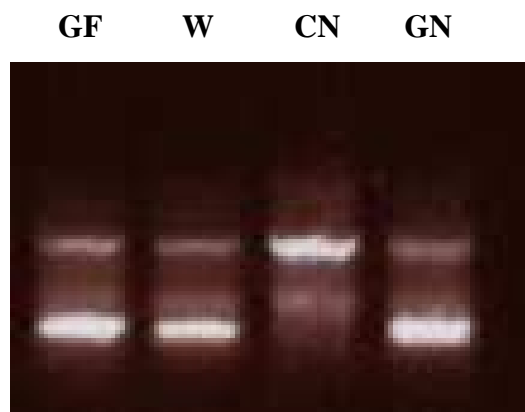
μηδέν «0» αντίστοιχα, για την ηλεκτρονική επεξεργασία των δεδομένων σύμφωνα με το δυαδικό σύστημα.

Ο υπολογισμός των φυλογενετικών σχέσεων μεταξύ των τεσσάρων ποικιλιών έγινε με τον αλγόριθμο JACCARD/UPGMA, ο οποίος παρουσίασε το μεγαλύτερο βαθμό συσχέτισης ($r=0.90$).

Πίνακας 1.2. Σύνοψη μοριακού προτύπου των 19 εκκινητών

RAPD εκκινητής	Αριθμός πολυμορφικών ζωνών	Σύνολο ενισχυόμενων ζωνών	Ποσοστό πολυμορφισμού
OPC1	0 (Μονομορφικός)	5	0%
OPC2	1	4	25%
OPC3	1	8	12.5%
OPC4	4	6	66.6%
OPC5	1	3	33.3%
OPC6	2	5	40%
OPC8	1	5	20%
OPC9	2	3	66.6%
OPC10	1	5	20%
OPC11	2	6	33.3%
OPC13	1	3	33.3%
OPC16	1	6	16.6%
OPC17	1	4	25%
OPC19	1	3	33.3%
OPC20	1	4	25%
OPB1	2	4	50%
OPB2	1	5	20%
OPB11	2	6	33.3%
OPD20	1	6	16.6%
ΣΥΝΟΛΟ	26	91	28.5%

Εικόνα 1α. OPC19 με 3 ζώνες εκ των οποίων η 1 πολυμορφική



Εικόνα 1β. OPC10 με 5 ζώνες εκ των οποίων η 1 πολυμορφική

GF W CN GN GF W CN GN



Εικόνα 1γ. OPC17 με 4 ζώνες εκ των οποίων η 1 πολυμορφική

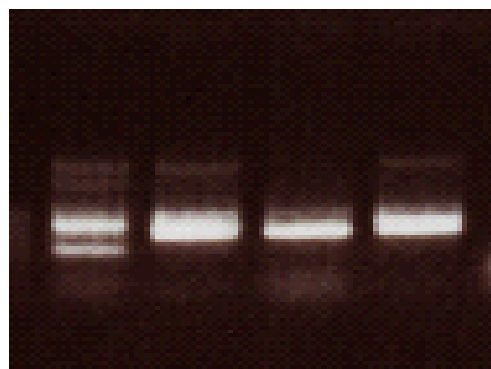
GF W CN GN



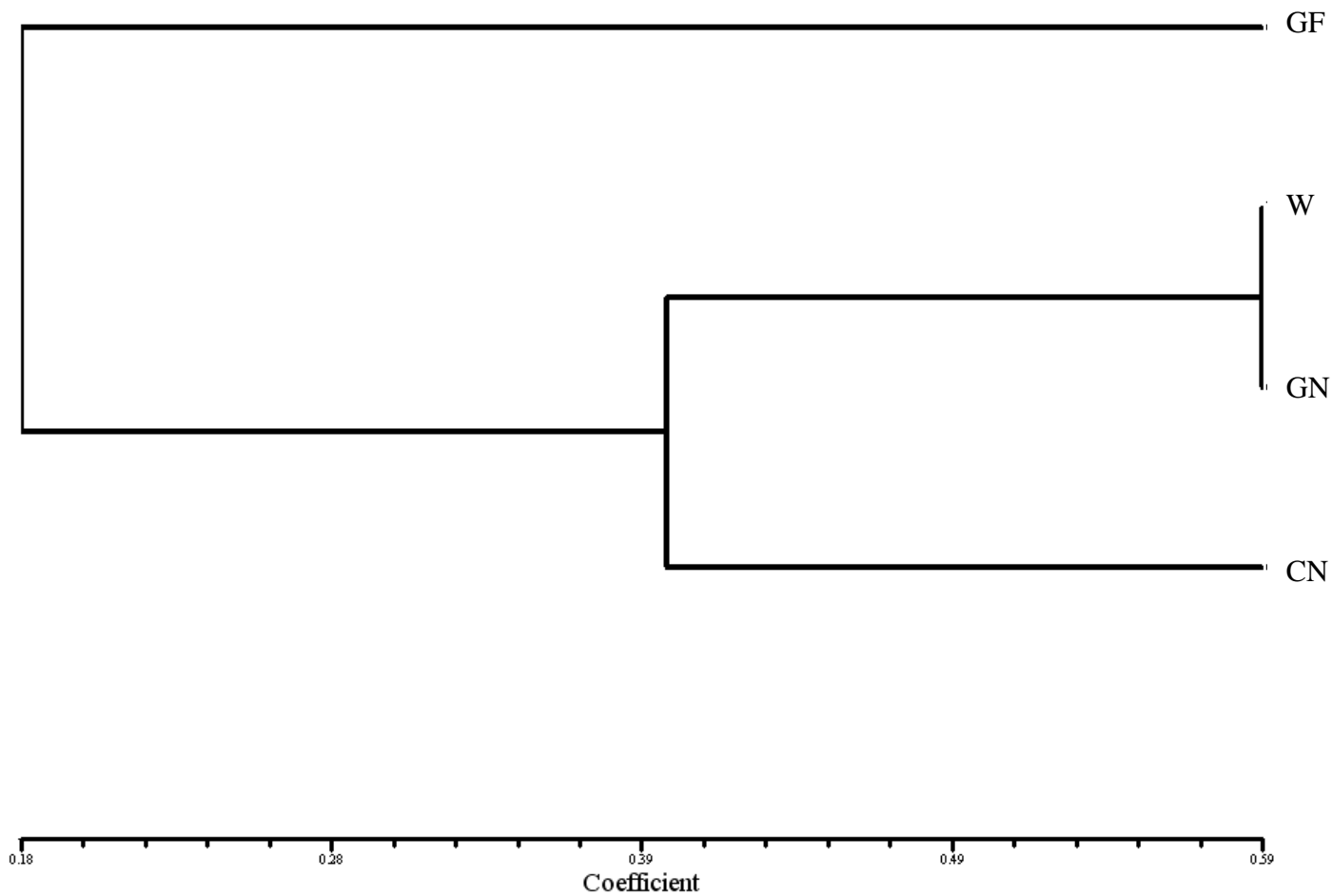
Εικόνα 1δ. OPC5 με 3 ζώνες εκ των οποίων η 1 πολυμορφική

GF W CN GN

Εικόνα 1ε. OPC4 με 6 ζώνες εκ των οποίων οι 4 πολυμορφικές



Στο δένδρογραμμα που ακολουθεί, αναπαριστώνται γραφικά οι γενετικές αποστάσεις μεταξύ των φυτών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας (Σχήμα 1.2.). Οι ποικιλίες *Williams* και *Grande Naine* ομαδοποιούνται στο ίδιο σύνολο, με γενετική συγγένεια 60%. Σε ένα ευρύτερο σύνολο, μαζί με τις ποικιλίες *Williams* και *Grande Naine*, ομαδοποιείται και η ποικιλία *Cavendish* ναπα με γενετική συγγένεια 40% σε σχέση με τις προηγούμενες, ενώ η ποικιλία *Goldfinger* διαφοροποιείται σημαντικά και ομαδοποιείται ανεξάρτητα από όλες τις άλλες.



Σχήμα 1.2. Δενδρόγραμμα Φυλογενετικής ανάλυσης των μελετούμενων ποικιλιών μπανάνας με βάση τον JACCARD-UPGMA αλγόριθμο ($r=0.90$).

2. Μελέτη της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με χρήση μοριακών δεικτών τύπου RAPD's.

Ο παραδοσιακός τρόπος πολλαπλασιασμού (ριζώματα) της μπανάνας, αρκετά συχνά δημιουργεί και διαιωνίζει σημαντικά προβλήματα, τόσο στην τεχνική όσο και στη φυτοϋγεία της καλλιέργειας. Διάφορα παθογόνα έχουν βρεθεί να ενδημούν σε εκφυλισμένα φυτά μπανάνας καλλιεργειών της Κρήτης.

Η ενδημική εμφάνιση σοβαρών ζημιών οφείλεται στον παραδοσιακό τρόπο πολλαπλασιασμού. Τα ριζώματα λαμβάνονται από μολυσμένα μητρικά φυτά, τα οποία πολύ δύσκολα γίνονται αντιληπτά χωρίς τη συνδρομή εργαστηριακού ελέγχου. Το συγκεκριμένο πρόβλημα φυτουγείας πρακτικά μπορεί να περιορισθεί μόνο με τη χρήση υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού, το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί αξιοποιώντας τις νέες τεχνολογίες της ιστοκαλλιέργειας (Novak, 1992, Vuylsteke et al., 1997, Kosky et al., 2002). Ωστόσο ο μαζικός πολλαπλασιασμός και σε αυτήν την περίπτωση συναντά αυξημένες δυσκολίες εξαιτίας της συχνής εμφάνισης φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας.

Με σκοπό τη διερεύνηση της δυνατότητας μαζικής παραγωγής υγιών μπανανοφύτων της κύριας καλλιεργούμενης στην Κρήτη ποικιλίας *Grande Naine* διαμέσου της ιστοκαλλιέργειας *in vitro*, πραγματοποιήθηκε σχετική μελέτη από το Εργαστήριο Γεωργίας και Πολλαπλασιαστικού Υλικού - Τμήμα Φυτικής Παραγωγής του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Τα αποτελέσματα της προηγούμενης έρευνας κρίνονται ενθαρρυντικά για την παραγωγή σε ευρεία κλίμακα υγιούς πολλαπλασιαστικού υλικού μπανάνας ποικιλίας *Grande Naine*. Ωστόσο, η σημαντική διαφοροποίηση ως προς την ικανότητα προσαρμογής στην ιστοκαλλιέργεια και την τελική απόδοση σε τυχαίους βλαστούς μεταξύ των "δωρητών" φυτών μπανάνας, καθιστά αυξημένη την ανάγκη για ανάπτυξη μεθόδων έγκαιρου εντοπισμού των προϊόντων της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας.

Στην παρούσα μελέτη έγινε προσπάθεια ανίχνευσης ενδεχόμενης σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με τη βοήθεια μοριακών τεχνικών.

2.1 Ποσοτικός προσδιορισμός DNA

Ο έλεγχος των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αгарόζης και όλα τα δείγματα βρέθηκαν σε ικανοποιητική κατάσταση.

2.2 Ανάλυση με μοριακούς δείκτες τύπου RAPD's

Εκ του συνόλου των 10 RAPD εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανίχνευση της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας και την γενετική ανάλυση των 17 φυτών 1^{ης} επανακαλλιέργειας, οι 6 βρέθηκαν πολυμορφικοί, καθώς το μοριακό πρότυπο των υπολοίπων εκκινητών βρέθηκε μονομορφικό για το σύνολο των γενοτύπων που εξετάστηκαν.

Όπως φανέρωσε η ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αгарόζης 1% παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου και κατόπιν εκθέσεως της σε υπεριώδη ακτινοβολία, η μοριακή ανάλυση των 17 γενοτύπων μπανάνας που εξετάστηκαν με βάση το μοριακό πρότυπο των 6 εκκινητών που επιλέχθηκαν, αποτελείται από 36 ζώνες που αντιστοιχούν σε ίσο αριθμό περιοχών του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν κατά το σύνολο αντιδράσεων PCR.

Το ποσοστό των πολυμορφισμών για τη δεδομένη μοριακή ανάλυση, ανήλθε στο 12.5% καθώς 7 από τις 56 περιοχές του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν βρέθηκαν πολυμορφικές. Ο μέγιστος αριθμός πολυμορφισμών ανα εκκινητή ήταν 2 και ο ελάχιστος 1.

Πίνακας 2.2.1. Σύνοψη μοριακού προτύπου των 10 εκκινητών

RAPD εκκινητής	Αριθμός πολυμορφικών ζωνών	Σύνολο ενισχυόμενων ζωνών	Ποσοστό πολυμορφισμού
OPC2	1	3	33.3%
OPC3	1	7	14.3%
OPC4	1	5	20%
OPC5	1	4	25%
OPC7	0	3	0%
OPC8	0	7	0%
OPC9	2	6	33.3%
OPC11	0	5	0%
OPC16	0	5	0%
OPB11	1	11	9.1%
ΣΥΝΟΛΟ	7	56	12.5%

Εκ του συνόλου των 10 RAPD εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοριακή γενετική ανάλυση των 18 φυτών της ομάδας GRNn4, οι 6 βρέθηκαν πολυμορφικοί, καθώς το μοριακό πρότυπο των υπολοίπων εκκινητών βρέθηκε μονομορφικό για το σύνολο των γενοτύπων που εξετάστηκαν.

Όπως φανέρωσε η ηλεκτροφόρηση σε πηκτή αгарόζης 1% παρουσία βρωμιούχου αιθιδίου και κατόπιν εκθέσεως της σε υπεριώδη ακτινοβολία, η μοριακή ανάλυση των 18 γενοτύπων μπανάνας 7^{ης} επανακαλλιέργειας που εξετάστηκαν με βάση το μοριακό πρότυπο των 6 εκκινητών που επιλέχθηκαν, αποτελείται από 26 ζώνες που αντιστοιχούν σε ίσο αριθμό περιοχών του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν κατά το σύνολο αντιδράσεων PCR.

Το ποσοστό των πολυμορφισμών για τη δεδομένη μοριακή ανάλυση, ανήλθε στο 17% καθώς 8 από τις 47 περιοχές του γενώματος που πολλαπλασιάστηκαν βρέθηκαν πολυμορφικές. Ο μέγιστος αριθμός πολυμορφισμών ανα εκκινητή ήταν 2 και ο ελάχιστος 1.

Πίνακας 2.2.2. Σύνοψη μοριακού προτύπου των 10 εκκινητών

RAPD εκκινητής	Αριθμός πολυμορφικών ζωνών	Σύνολο ενισχυόμενων ζωνών	Ποσοστό πολυμορφισμού
OPC2	2	4	50%
OPC3	0	6	0%
OPC4	1	4	25%
OPC5	1	3	33.3%
OPC7	1	3	33.3%
OPC8	1	7	14.3%
OPC9	0	6	0%
OPC11	2	5	40%
OPC16	0	4	0%
OPB11	0	5	0%
ΣΥΝΟΛΟ	8	47	17%

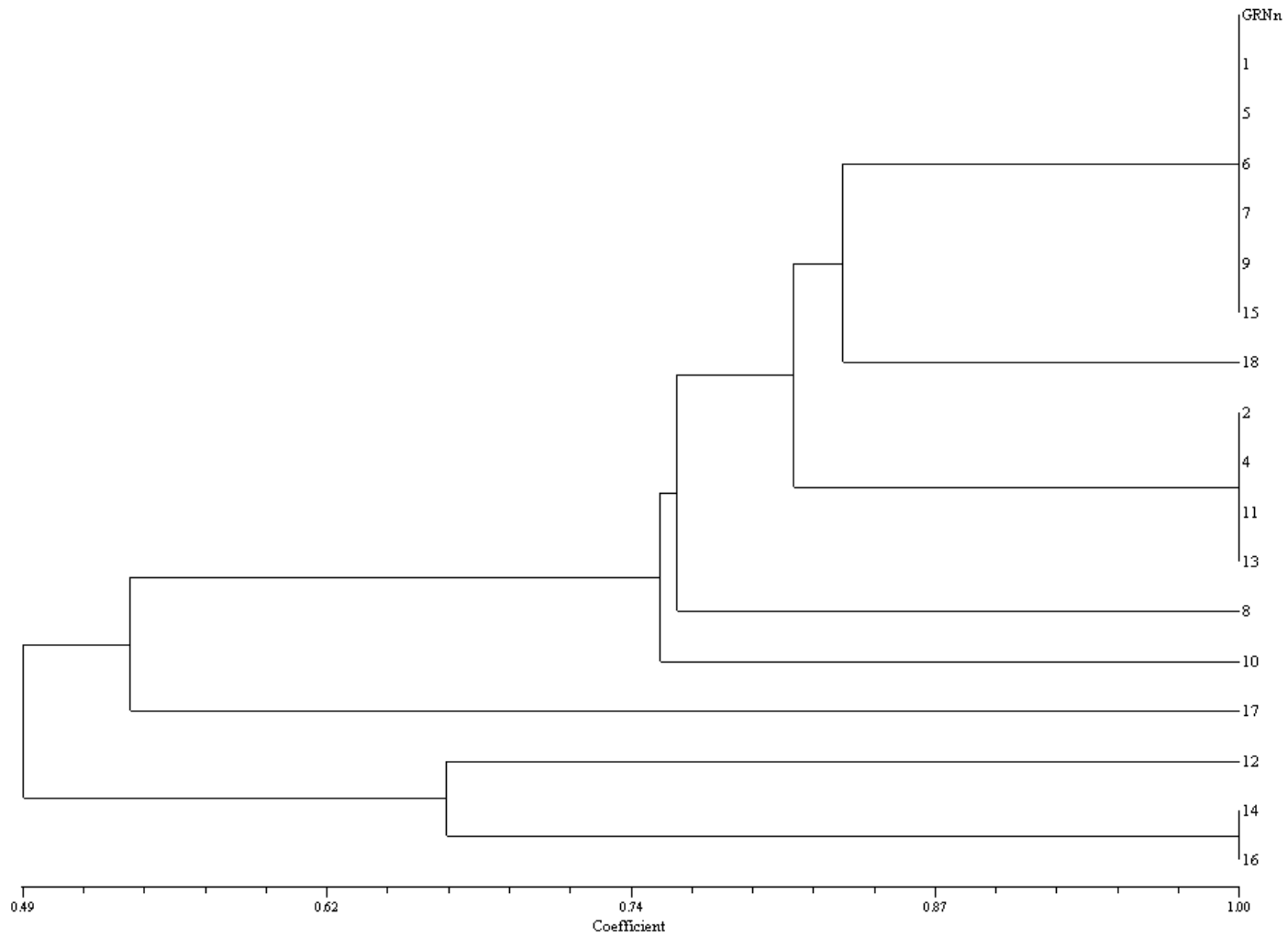
Στα δενδρογράμματα που ακολουθούν αναπαριστώνται γραφικά οι γενετικές αποστάσεις μεταξύ των φυτών του 1^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού σε σχέση με το μητρικό γενότυπο της ποικιλίας (Σχήμα 2.2.1.) καθώς και των φυτών του 7^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού σε σχέση πάντα με το μητρικό γενότυπο της ποικιλίας (Σχήμα 2.2.2.).

Όσον αφορά το 1^ο δενδρογράμμα (Σχήμα 2.2.1.) παρατηρείται ότι τα φυτά ομαδοποιούνται σε δύο υποσύνολα ομάδων. Στο 1^ο υποσύνολο οι

γενετικές αποστάσεις δεν είναι πολύ μεγάλες (έως 0.75) με εξαίρεση το γενότυπο 17 που εμφανίζει μικρή γενετική συγγένεια (0.45) με τους υπόλοιπους γενότυπους της ομάδας. Στο 2^ο υποσύνολο ομαδοποιούνται οι γενότυποι 12, 14 και 16 οι οποίοι βρίσκονται σε μεγάλη γενετική απόσταση (0.5) από τους υπόλοιπους γενότυπους. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με τη μικρή απόδοση των φυτών 12 και 14 σε τυχαίους βλαστούς και τη σημαντική διαφοροποίησή τους ως προς την ικανότητα προσαρμογής στην ιστοκαλλιέργεια (σχετική μελέτη, Εργαστήριο Γεωργίας και Πολλαπλασιαστικού Υλικού - Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας, Τ.Ε.Ι. Κρήτης), θα μπορούσε να οδηγήσει στην υπόθεση ύπαρξης σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας.

Όσον αφορά το 2^ο δένδρογραμμα (Σχήμα 2.2.2.) παρατηρείται ότι τα φυτά ομαδοποιούνται επίσης σε δύο υποσύνολα ομάδων. Στο 1^ο υποσύνολο οι γενετικές αποστάσεις δεν είναι πολύ μεγάλες (έως 0.73) με εξαίρεση τους γενότυπους 2 και 18 που εμφανίζουν μικρή γενετική συγγένεια (0.66) σε σχέση με τους υπόλοιπους γενότυπους της ομάδας. Στο 2^ο υποσύνολο ομαδοποιείται ο γενότυπος 11 ο οποίος βρίσκεται σε μεγάλη γενετική απόσταση (0.36) από τους υπόλοιπους γενότυπους.

Οι γενετικές αποστάσεις που παρατηρούνται τόσο μεταξύ των φυτών του 1^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού όσο και των φυτών του 7^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού επιβεβαιώνουν την ύπαρξη σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας.



Σχήμα 2.2.1. Δενδρόγραμμα Φυλογενετικής ανάλυσης των φυτών του 1^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού με βάση τον JACCARD-UPGMA αλγόριθμο (r=0.89).

3. Αποτελέσματα μετρήσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών

3.1 Αποτελέσματα μετρήσεων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων και αναλύσεων για τις παραμέτρους ποιότητας που μελετήθηκαν, όπως καταγράφηκαν στη συγκεκριμένη εργασία.

Για όλα τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που μελετήθηκαν τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης (Πίνακας 3.1) επισημαίνουν στατιστικώς σημαντικές διαφορές τόσο μεταξύ των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών ($P < 0.001$) όσο και μεταξύ των τριών μελετούμενων σταδίων ωρίμανσης ($P < 0.001$). Επιπλέον επισημαίνεται σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των εξεταζόμενων γενοτύπων και των μελετούμενων σταδίων ωρίμανσης ($P < 0.001$). Τα προηγούμενα επιβεβαιώνουν το γεγονός ότι η χημική σύνθεση των καρπών της μπανάνας καθορίζεται από τη γενοτυπική σύσταση των καλλιεργούμενων ποικιλιών. Επιπλέον τονίζεται η επίδραση του σταδίου ωρίμανσης στην ποιότητα των καρπών.

Για την παράμετρο του χρώματος L του φλοιού των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η ποικιλία *Grande Naine* στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (61.697) και τη χαμηλότερη η ποικιλία *Cavendish nana* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (47.720). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 57.410 για την ποικιλία *Grande Naine* ως 50.058 για την ποικιλία *Cavendish nana*. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο L του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (56.974) και τη μικρότερη στο 4^ο (50.893).

Για τη χρωματομετρική παράμετρο a του φλοιού των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η *Grande Naine* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (9.783) και τη μικρότερη η *Williams* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (-4.643). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 6.350 για την ποικιλία *Grande Naine* ως 1.912 για την ποικιλία *Williams*. Τη

μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο a του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (8.963) και τη μικρότερη στο 4^ο (-0.587).

Για την παράμετρο b του φλοιού των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η *Grande Naine* στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (48.787) και τη μικρότερη η *Cavendish nana* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (30.190). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 44.172 για την *Grande Naine* ως 33.871 για την *Cavendish nana*. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο b του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (42.345) και τη μικρότερη στο 6^ο (35.890).

Για τη χρωματομετρική παράμετρο L της σάρκας των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (78.290) και τη μικρότερη η *Williams* στο ίδιο στάδιο ωρίμανσης (63.247). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 75.986 για την *Goldfinger* ως 67.972 για την *Grande Naine*. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο L του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (74.140) και τη μικρότερη στο 6^ο (70.235).

Για την παράμετρο a της σάρκας των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η *Cavendish nana* στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (9.790) και τη μικρότερη η *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (4.473). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 8.804 για την *Cavendish nana* ως 5.786 για την *Goldfinger*. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο a του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (7.551).

Για την παράμετρο b της σάρκας των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η *Cavendish nana* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (41.687) και τη μικρότερη η *Grande Naine* στο 4^ο στάδιο (29.537). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 36.911 για την *Cavendish nana* ως 32.194 για την *Grande Naine*. Τη μεγαλύτερη τιμή για την παράμετρο b του φλοιού των καρπών εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (36.065) και τη μικρότερη στο 4^ο (31.506).

Όσον αφορά το pH της σάρκας των καρπών, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η ποικιλία *Williams* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (5.480) και τη μικρότερη η *Goldfinger* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (4.463). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 5.028 για την *Cavendish nana* ως 4.724 για την *Goldfinger*. Τη μεγαλύτερη τιμή pH εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (5.248) και τη μικρότερη στο 4^ο (4.693).

Η ποικιλία με την υψηλότερη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία ήταν η *Cavendish nana* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (27.383), ενώ τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία εμφάνισε η ποικιλία *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (19.083). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 25.6 για την *Cavendish nana* ως 21.608 για την *Goldfinger*. Τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (25.438) και τη μικρότερη στο 6^ο (22.147).

Για το χαρακτηριστικό της συνεκτικότητας, την υψηλότερη τιμή εμφάνισε η ποικιλία *Cavendish nana* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (5.52) και τη μικρότερη η *Goldfinger* η οποία παρουσίασε μηδενική αντίσταση στην πίεση στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 3.137 για την *Cavendish nana* ως 0.62 για

την *Goldfinger*. Τη μεγαλύτερη συνεκτικότητα εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (3.871) και τη μικρότερη στο 6^ο (0.948).

Πίνακας 3.1.1. Αποτελέσματα μετρήσεων φυσικοχημικών χαρακτηριστικών.

	L φλοιού	a φλοιού	b φλοιού	L σάρκας	a σάρκας	b σάρκας	pH	Ξηρά ουσία	Συνεκτικότητα
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ									
4°	50.893	-0.587	37.059	74.14	6.497	31.506	4.693	25.438	3.871
5°	56.974	4.58	42.345	71.899	7.551	36.065	4.866	24.150	2.107
6°	51.936	8.963	35.890	70.235	6.678	35.223	5.248	22.147	0.948
Γ.Μ.Ο.	53.268	4.319	38.431	72.091	6.909	34.265	4.936	23.912	2.309
Sx	0.6088	0.1857	0.4996	0.6477	0.1027	0.4188	0.0213	0.156	0.0104
F	***	***	***	***	***	***	***	***	***
ΠΟΙΚΙΛΙΑ									
Grande Naine	57.410	6.35	44.172	67.972	5.891	32.194	4.968	23.816	2.798
Goldfinger	51.804	5.563	36.31	75.986	5.786	32.968	4.724	21.608	0.62
Williams	53.798	1.912	39.372	70.966	7.153	34.986	5.023	24.623	2.68
Cavendish nana	50.058	3.449	33.871	73.442	8.804	36.911	5.028	25.6	3.13
Γ.Μ.Ο.	53.268	4.319	38.431	72.091	6.909	34.265	4.936	23.912	2.309
Sx	0.7029	0.2144	0.5769	0.7479	0.1186	0.4836	0.0246	0.1802	0.12
F	***	***	***	***	***	***	***	***	***
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ X ΠΟΙΚΙΛΙΑ									
F	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C.V. (%)	3.96	14.89	4.5	3.11	5.15	4.23	1.5	2.26	1.56

* Επίπεδο σημαντικότητας 0.05, **Επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ***Επίπεδο σημαντικότητας 0.001

3.2 Αποτελέσματα μετρήσεων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών

Τα αποτελέσματα των οργανοληπτικών εξετάσεων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.2.1. αφορούν τα συστατικά της εξωτερικής εμφάνισης (χρώμα και φωτεινότητα), της οσμής, της τραγανότητας και της ολικής εκτίμησης.

Για το χαρακτηριστικό της εξωτερικής εμφάνισης φωτεινότητα, τα αποτελέσματα της παραγοντικής ανάλυσης επισημαίνουν ότι τόσο ο γενότυπος των εξεταζόμενων ποικιλιών ($P < 0.001$) όσο και η αλληλεπίδραση μεταξύ γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης επηρεάζουν σημαντικά ($P < 0.001$) την εξωτερική εμφάνιση των καρπών της μπανάνας. Ως πιο φωτεινή, αξιολογήθηκε η ποικιλία *Grande Naine* στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης (3.75) και ως λιγότερο φωτεινή η *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (1.665). Οι τιμές των ποικιλιών είχαν εύρος από 3.25 για την ποικιλία *Grande Naine* ως 2.013 για την ποικιλία *Goldfinger*. Τα μέλη του πάνελ αξιολόγησαν ως πιο φωτεινούς τους καρπούς του 5^{ου} σταδίου ωρίμανσης, χωρίς ωστόσο να επισημαίνουν σημαντικές διαφορές με τα άλλα στάδια ωρίμανσης.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης δείχνουν ότι η αξιολόγηση των καρπών της μπανάνας, ως προς το χαρακτηριστικό του χρώματος, από τα μέλη του πάνελ, καθορίζεται από τρεις παράγοντες, το γενότυπο ($P < 0.05$), το στάδιο ωρίμανσης ($P < 0.001$) και την αλληλεπίδραση γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης ($P < 0.001$).

Για το χαρακτηριστικό οσμή, στατιστικώς σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών (0.05), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης (0.05), ενώ δεν παρατηρείται σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων. Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης, είχαν εύρος από 3.443 για την *Williams* ως 2.778 για την *Cavendish* nana. Την πιο έντονη οσμή εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (3.416) και τη λιγότερο έντονη στο 4^ο (2.885).

Για το χαρακτηριστικό της τραγανότητας, σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.001$), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P < 0.001$), ενώ υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($P < 0.001$). Τη μεγαλύτερη τραγανότητα εμφάνισε η ποικιλία *Grande Naine* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (4.0) και τη μικρότερη η *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο (1.0). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 3.487 για την *Grande Naine* ως 1.432 για την *Goldfinger*. Πιο τραγανοί εμφανίστηκαν οι καρποί των εξεταζόμενων ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (3.178).

Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ για τους καρπούς των εξεταζόμενων ποικιλιών, φαίνεται ότι καθορίζεται σημαντικά τόσο από το γενότυπο ($P < 0.001$) και το στάδιο ωρίμανσης ($P < 0.001$) όσο και από την αλληλεπίδραση γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης ($P < 0.001$). Τις καλύτερες εντυπώσεις (4.0) διαμόρφωσαν τα μέλη του πάνελ για τους καρπούς των ποικιλιών *Grande Naine* και *Williams* του 5^{ου} σταδίου ωρίμανσης και *Cavendish* η ανα του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης. Η *Goldfinger* του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης εμφάνισε τη χαμηλότερη τιμή (2.33) για το χαρακτηριστικό ολική εντύπωση. Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 3.667 για την *Grande Naine* ως 3.04 για την *Goldfinger*, ενώ το 5^ο στάδιο ωρίμανσης (3.686) επιλέγεται από τα μέλη του πάνελ ως το πλέον κατάλληλο για κατανάλωση των καρπών.

Πίνακας 3.2.1. Αποτελέσματα μετρήσεων οργανοληπτικών εξετάσεων.

	Ψωτεινότητα	Χρώμα	Οσμή	Τραγανότητα	Συνολική εντύπωση
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ					
4°	2.574	3.908	2.885	3.178	3.406
5°	2.771	2.906	3.303	2.99	3.686
6°	2.489	2.313	3.416	2.125	3.217
Γ.Μ.Ο.	2.611	3.042	3.201	2.764	3.437
Sx	0.0778	0.0564	0.1181	0.0554	0.0471
F	ns	***	*	***	***
ΠΟΙΚΙΛΙΑ					
Grande Naine	3.25	2.987	3.153	3.487	3.667
Goldfinger	2.013	2.875	3.430	1.432	3.04
Williams	2.653	3.140	3.443	2.722	3.568
Cavendish nana	2.528	3.167	2.778	3.417	3.472
Γ.Μ.Ο.	2.611	3.042	3.201	2.764	3.437
Sx	0.0899	0.0652	0.1364	0.064	0.0544
F	***	*	**	***	***
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ Χ ΠΟΙΚΙΛΙΑ					
F	***	***	ns	***	***
C.V. (%)	8.43	5.25	10.44	5.67	3.88

* Επίπεδο σημαντικότητας 0.05

**Επίπεδο σημαντικότητας 0.01

***Επίπεδο σημαντικότητας 0.001

Στον Πίνακα 3.2.2. παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των συστατικών της γεύσης που προέκυψαν από την οργανοληπτική εξέταση. Για την παράμετρο πικρή γεύση, στατιστικώς σημαντικές διαφορές επισημαίνονται μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.05$). Επιπλέον επισημαίνεται σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης ($P < 0.05$). Την υψηλότερη τιμή (5.0) (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) εμφανίζουν οι ποικιλίες *Goldfinger* του 4^{ου} σταδίου ωρίμανσης, *Williams* του 5^{ου}, και *Cavendish nana* του 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης, και τη χαμηλότερη η *Williams* του 4^{ου} σταδίου ωρίμανσης (3.83). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 4.86 για την *Cavendish nana* ως 4.318 για την *Williams*.

Για το χαρακτηριστικό στυφή γεύση, δεν επισημαίνονται σημαντικές διαφορές ούτε μεταξύ των ποικιλιών, ούτε μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης.

Για την παράμετρο γλυκιά γεύση, σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.05$), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P < 0.001$), ενώ υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($P < 0.05$). Την υψηλότερη τιμή (κλίμακα 5:πολύ έντονο-1:καθόλου έντονο) εμφάνισε η ποικιλία *Grande Naine* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (4.33) και τη μικρότερη η *Williams* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (2.75). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 3.682 για την *Goldfinger* ως 3.347 για την *Williams*. Τη μεγαλύτερη γλυκύτητα εμφάνισαν οι εξεταζόμενες ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (3.78) και τη μικρότερη στο 4^ο (3.01).

Για την παράμετρο χορτώδης γεύση, στατιστικώς σημαντικές διαφορές επισημαίνονται μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.001$). Επιπλέον επισημαίνεται σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης ($P < 0.001$). Την υψηλότερη τιμή (4.835) (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) εμφάνισαν οι ποικιλίες *Williams* και *Cavendish nana* στο 5^ο και 6^ο στάδιο

ωρίμανσης αντίστοιχα, και τη μικρότερη η *Williams* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (2.915). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 4.557 για την *Grande Naine* ως 3.778 για την *Cavendish nana*.

Για την παράμετρο μouxλιασμένη γεύση, σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών ($P<0.001$), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P<0.001$), ενώ υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($P<0.001$). Την υψηλότερη τιμή (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) εμφάνισε η ποικιλία *Williams* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (4.83), και τη μικρότερη η *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (3.165). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 4.528 για την *Cavendish nana* ως 3.597 για την *Goldfinger*. Την υψηλότερη τιμή για το χαρακτηριστικό αυτό, εμφάνισαν οι ποικιλίες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (4.531).

Για την παράμετρο παραμένουσα γεύση, επισημαίνονται σημαντικές διαφορές μόνο μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P<0.01$). Την υψηλότερη τιμή (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) για το χαρακτηριστικό παραμένουσα εμφανίζουν κατά μέσο όρο οι καρποί των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (2.960) και τη χαμηλότερη στο 6^ο (2.446).

Για την παράμετρο συνεκτικότητα σάρκας, σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών ($P<0.001$), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P<0.001$), ενώ υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($P<0.001$). Την υψηλότερη τιμή (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) εμφάνισε η ποικιλία *Goldfinger* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (5.0), και τη μικρότερη η *Grande Naine* στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (2.0). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 4.708 για την *Goldfinger* ως 2.542 για την *Grande Naine*.

Την υψηλότερη τιμή για το χαρακτηριστικό εμφάνισαν οι ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (3.771).

Για την παράμετρο προσκόλληση στα δόντια, οι διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ήταν στατιστικώς σημαντικές ($P < 0.05$). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 4.083 για την *Goldfinger* ως 3.402 για την *Grande Naine* (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο).

Τέλος, για την παράμετρο χυμώδης γεύση, σημαντικές διαφορές επισημαίνονται τόσο μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.05$), όσο και μεταξύ των σταδίων ωρίμανσης ($P < 0.001$), ενώ υπάρχει σημαντική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο παραγόντων ($P < 0.001$). Την υψηλότερη τιμή (κλίμακα 5:καθόλου έντονο-1:πολύ έντονο) εμφάνισε η ποικιλία *Williams* στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (2.875), και τη μικρότερη η ίδια ποικιλία στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (1.75). Οι τιμές των μέσων όρων των ποικιλιών για τα τρία στάδια ωρίμανσης είχαν εύρος από 2.695 για την *Goldfinger* ως 2.278 για την *Cavendish nana*. Την υψηλότερη τιμή για το χαρακτηριστικό, εμφάνισαν οι ποικιλίες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης (2.804).

Γενικά η οργανοληπτική εξέταση διαφοροποίησε τις ποικιλίες και επισήμανε τη σημασία τόσο του σταδίου ωρίμανσης όσο και της αλληλεπίδρασης γενοτύπου και σταδίου ωρίμανσης στις οργανοληπτικές ιδιότητες των καρπών της μπανάνας. Οι παράμετροι της οργανοληπτικής εξέτασης ήταν ενδιαφέρουσες αλλά πρέπει να ερμηνεύονται με την ανάλογη προσοχή δεδομένου ότι το σφάλμα εκτίμησης, όπως προκύπτει από τις τιμές CV ήταν υψηλό για κάποια από τα μελετούμενα χαρακτηριστικά.

Η ολική αποδοχή των μελών του πάνελ φαίνεται ότι διαφοροποίησε τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish nana* από την τετραπλοειδή *Goldfinger* ($P < 0.01$). Οι τριπλοειδείς ποικιλίες της ομάδας *Giant Cavendish*, *Grande Naine* και *Williams* και η τριπλοειδής ποικιλία της

ομάδας Dwarf Cavendish, Cavendish nana, ξεχώρισαν στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ και αξιολογήθηκαν από μέτριες ως καλές (μέσοι όροι των τριών σταδίων ωρίμανσης). Η τετραπλοειδής Goldfinger φαίνεται ότι κατέχει την τελευταία θέση στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ, δεδομένου ότι αξιολογήθηκε ως μέτρια.

Πίνακας 3.2.2. Αποτελέσματα μετρήσεων οργανοληπτικών εξετάσεων.

	Πικρή	Στυφή	Γλυκιά	Χορτώδης	Μουχλιασμένη	Παραμένουσα	Συνεκτικότητα	Προσκόλληση στα δόντια	Χυμώδης
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ									
4°	4.477	4.135	3.01	4.063	4.531	2.96	2.969	3.75	2.229
5°	4.688	4.366	3.709	4.126	4.303	2.791	3.26	3.676	2.511
6°	4.658	4.449	3.78	4.365	3.751	2.446	3.771	3.832	2.804
Γ.Μ.Ο.	4.607	4.317	3.5	4.185	4.195	2.732	3.333	3.753	2.515
Sx	0.1044	0.1217	0.0771	0.0986	0.0572	0.0879	0.0747	0.11	0.0691
F	ns	ns	***	ns	***	*	***	ns	***
ΠΟΙΚΙΛΙΑ									
Grande Naine	4.472	4.513	3.61	4.557	4.322	2.583	2.542	3.402	2.598
Goldfinger	4.78	4.07	3.682	3.972	3.597	2.86	4.707	4.083	2.695
Williams	4.318	4.32	3.347	4.432	4.333	2.597	3.195	3.778	2.487
Cavendish nana	4.86	4.363	3.36	3.778	4.528	2.89	2.888	3.748	2.278
Γ.Μ.Ο.	4.607	4.317	3.5	4.185	4.195	2.732	3.333	3.753	2.515
Sx	0.1206	0.1406	0.089	0.1139	0.066	0.1015	0.0862	0.1318	0.0798
F	*	ns	*	**	***	ns	***	*	*
ΣΤΑΔΙΟ ΩΡΙΜΑΝΣΗΣ Χ ΠΟΙΚΙΛΙΑ									
F	*	ns	*	***	***	ns	***	ns	***
C.V. (%)	6.41	7.98	6.23	6.66	3.85	9.1	6.34	8.6	2.215

* Επίπεδο σημαντικότητας 0.05, **Επίπεδο σημαντικότητας 0.01, ***Επίπεδο σημαντικότητας 0.001

Οι καρποί της *Goldfinger* σύμφωνα με τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης, εμφάνισαν τη μικρότερη τραγανότητα (καθόλου έντονη-λίγο έντονη) και συνεκτικότητα (καθόλου έντονη-λίγο έντονη) από τους καρπούς όλων των άλλων ποικιλιών και για όλα τα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης. Τα αποτελέσματα αυτά διαφοροποιούνται από αντίστοιχη σχετική μελέτη του Dadzie (1998) για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των ποικιλιών *Goldfinger*, *Grande Naine* και *Williams*. Στην περίπτωση εκείνη, τα μέλη του πάνελ δεν επισήμαναν σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών για το χαρακτηριστικό συνεκτικότητα των καρπών.

Στα πλαίσια της αξιολόγησης της γλυκύτητας των καρπών των εξεταζόμενων ποικιλιών, επισημαίνονται σημαντικές διαφορές μεταξύ των τεσσάρων ποικιλιών ($P < 0.05$). Ωστόσο οι καρποί της *Goldfinger* εμφανίζονται το ίδιο γλυκείς με τους καρπούς της *Grande Naine* (μέτρια-έντονη γλυκιά γεύση). Σε σχετική μελέτη (Dadzie, 1998) τα μέλη του πάνελ επισήμαναν ότι οι καρποί των *Grande Naine* και *Williams* ήταν γλυκύτεροι από τους καρπούς της *Goldfinger* ($P < 0.01$) και αξιολογήθηκαν ως γλυκείς, ενώ οι αντίστοιχοι της *Goldfinger* αξιολογήθηκαν ως ελαφρώς γλυκείς.

Ενδιαφέρον είναι το γεγονός ότι τα μέλη του πάνελ επισημαίνουν μια λίγο έντονη ως μέτρια μουχλιασμένη γεύση στους καρπούς της *Goldfinger* σε αντίθεση με τους καρπούς των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* νανα που αξιολογούνται ως καρποί με καθόλου έντονη ως λίγο έντονη μουχλιασμένη γεύση. Επιπλέον οι καρποί της *Goldfinger* μαζί με τους καρπούς της *Cavendish* νανα φαίνεται ότι εμφανίζουν από λίγο έντονη ως μέτρια χορτώδη γεύση, ενώ οι καρποί των τριπλοειδών *Grande Naine* και *Williams* εμφανίζουν από καθόλου έντονη ως λίγο έντονη χορτώδη γεύση. Σε σχετική μελέτη (Dadzie, 1998) στα πλαίσια της αξιολόγησης της γεύσης των καρπών των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams* και *Goldfinger*, βρέθηκε ότι οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* ήταν από καλές ως πολύ αποδεκτές,

ενώ η *Goldfinger* χαρακτηρίστηκε ως ικανοποιητική. Κατά τον Dadzie (1998) η προτίμηση των μελών του πάνελ στη γεύση των ποικιλιών *Grande Naine* και *Williams*, πιθανώς πηγάζει από την καταναλωτική τους συνήθεια αφού στην αγορά είναι διαθέσιμες κατά κύριο λόγο οι τριπλοειδείς εμπορικές ποικιλίες.

Η ολική αποδοχή των μελών του πάνελ φαίνεται ότι διαφοροποίησε τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* ανα από την τετραπλοειδή *Goldfinger* ($P < 0.01$). Οι τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* ανα, ξεχώρισαν στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ και αξιολογήθηκαν ως μέτριες-καλές (μέσοι όροι των τριών σταδίων ωρίμανσης). Η τετραπλοειδής *Goldfinger* φαίνεται ότι κατέχει την τελευταία θέση στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ, δεδομένου ότι αξιολογήθηκε ως μέτρια (μέσος όρος των τριών σταδίων ωρίμανσης). Συγκεκριμένα, τα μέλη του πάνελ αξιολόγησαν την *Goldfinger* από μέτρια ως καλή στο 4^ο και 5^ο στάδιο ωρίμανσης και από κακή ως μέτρια στο 6^ο. Σε σχετική μελέτη του Dadzie (1998) για την αξιολόγηση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των ποικιλιών *Goldfinger*, *Grande Naine* και *Williams*, τα μέλη του πάνελ ξεχώρισαν τις τριπλοειδείς ποικιλίες από την τετραπλοειδή *Goldfinger* ($P < 0.01$). Οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* αξιολογήθηκαν από καλές ως πολύ καλές, ενώ η ποικιλία *Goldfinger* ως ικανοποιητική. Τα γενετικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών *Cavendish* και οι παρόμοιες συνθήκες καλλιέργειας και ωρίμανσης εξηγούν τα παρόμοια αποτελέσματα στη χημική σύνθεση των ποικιλιών τύπου *Cavendish*. Σε σχετική μελέτη των Galán και Cabrera (1992) δεν εντοπίστηκαν σημαντικές διαφορές στις οργανοληπτικές ιδιότητες των ποικιλιών *Cavendish*, *Gran Eñana* και *Requeña Eñana* που συγκομίστηκαν στα Κανάρια Νησιά.

Τα ολικά διαλυτά στερεά, το pH και η ολική οξύτητα, είναι ιδιαίτερα σημαντικά κριτήρια στην οργανοληπτική αξιολόγηση των καρπών της

μπανάνας. Η αναλογία σακχάρων/οξέων καθορίζει την ευχάριστη γεύση των καρπών. Το χαμηλό pH των καρπών της τετραπλοειδούς *Goldfinger* σε σχέση με τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Cavendish*, την καθιστά πιο όξινη, γεγονός που καθορίζει τις οργανοληπτικές ιδιότητες των καρπών της ποικιλίας και τις ξεχωρίζει από αυτές των άλλων ποικιλιών (Dadzie, 1998). Στα πλαίσια της φυσικοχημικής ανάλυσης παρουσιάζει πολύ ενδιαφέρον το γεγονός ότι η *Goldfinger* εμφανίζει στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.01$) μικρότερη τιμή pH από τις άλλες εξεταζόμενες ποικιλίες. Η υψηλή ενεργός οξύτητα της *Goldfinger* εξηγεί μερικώς τα αποτελέσματα της οργανοληπτικής εξέτασης που διαφοροποιούν την προτίμηση των μελών του πάνελ για τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* να αναφέρονται σε σχέση με την τετραπλοειδή *Goldfinger*. Ο Dadzie (1998) αναφέρει τιμές pH σε καρπούς 6^{ου} σταδίου ωρίμανσης των ποικιλιών *Goldfinger*, *Grande Naine* και *Williams*, 4.3, 4.93 και 4.9 αντίστοιχα και επισημαίνει σημαντικές διαφορές μεταξύ των ποικιλιών ($P < 0.01$). Οι τιμές pH των τριπλοειδών ποικιλιών κυμαίνονται από 4.6 ως 4.9 για το 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Σε μελέτη του Cano και των συνεργατών του (1997) σε ποικιλίες τύπου *Cavendish*, στο αντίστοιχο στάδιο ωρίμανσης, επισημαίνονται τιμές pH από 4.74 ως 4.91, επιβεβαιώνοντας την ισχύ των αποτελεσμάτων.

Η ποικιλία *Goldfinger* όπως προκύπτει από τη φυσικοχημική ανάλυση εμφανίζει τη χαμηλότερη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία με στατιστικώς σημαντική διαφορά από τις υπόλοιπες ($P < 0.01$). Σε σχετική μελέτη (Dadzie, 1998), οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* εμφάνισαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία από την τετραπλοειδή *Goldfinger*, σε καρπούς που συγκομίστηκαν στο ώριμο πράσινο στάδιο ($P < 0.01$). Η περιεκτικότητα των καρπών των τριπλοειδών ποικιλιών τύπου *Cavendish* σε ξηρά ουσία στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης, κυμάνθηκε από 24 ως 27% και στο 5^ο στάδιο από 24 ως 25%. Τα αποτελέσματα της παρούσης έρευνας φαίνεται ότι

συμφωνούν και με αποτελέσματα παλαιότερων ερευνών. Ο Forster και οι συνεργάτες του (2002) σε σχετική μελέτη επισήμαναν τιμές περιεκτικότητας σε υγρασία (περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία (%) = 100 - (περιεκτικότητα σε υγρασία (%))) περίπου στο 77% σε καρπούς ποικιλιών τύπου Cavendish (5^ο στάδιο ωρίμανσης). Ο Cano και οι συνεργάτες του (1997) σε αντίστοιχη μελέτη επισήμαναν τιμές περιεκτικότητας σε υγρασία από 73.24 ως 76.05% σε ποικιλίες τύπου Cavendish (4^ο στάδιο ωρίμανσης).

4. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών μπανάνας σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Τα χαρακτηριστικά που συνθέτουν την ποιότητα (φυσικοχημικά και οργανοληπτικά) οφείλουν τη βιογένεσή τους στις διαδικασίες της ωρίμανσης (Γιονακωνί, 2001). Οι μεταβολές που πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των καρπών της μπανάνας, συνεχίζονται και μετά την απομάκρυνση των καρπών από το φυτό, και φαίνεται ότι καθορίζουν την ποιότητα των καρπών που προορίζονται για κατανάλωση (Βασιλακάκης, 1996).

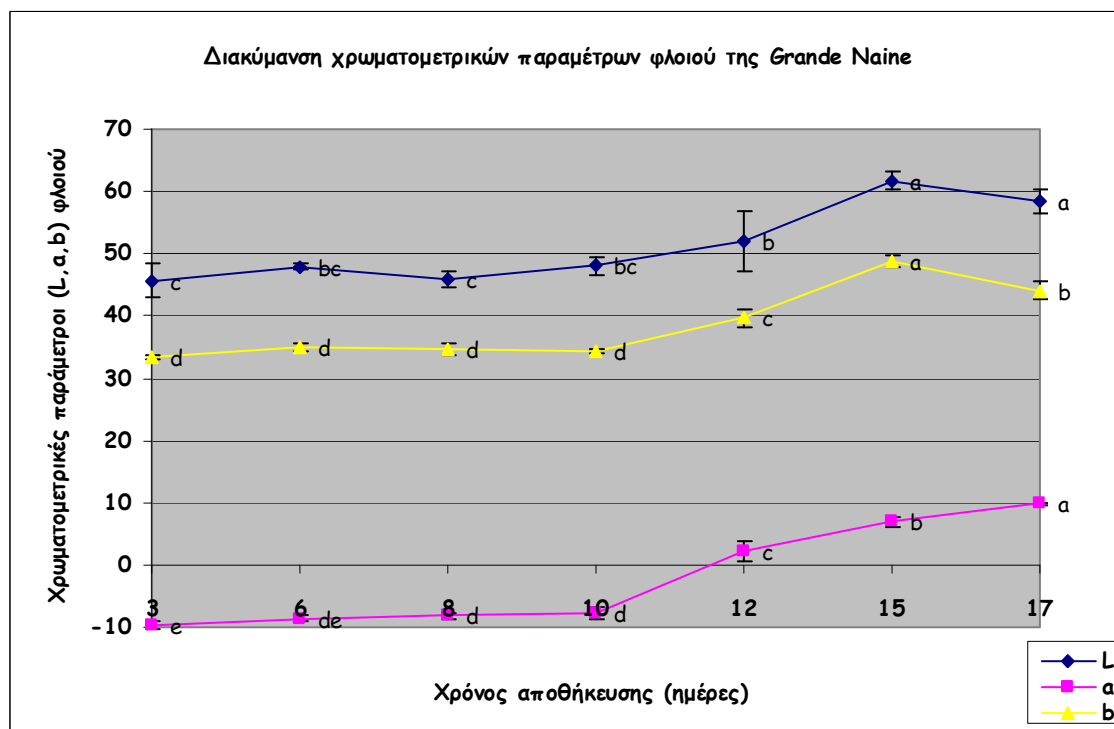
Στα διαγράμματα που ακολουθούν, παρουσιάζεται η διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών: L φλοιού, a φλοιού, b φλοιού, L σάρκας, a σάρκας, b σάρκας, περιεκτικότητα καρπού σε ξηρά ουσία, pH και συνεκτικότητα καρπού, των μελετούμενων ποικιλιών Grande Naine, Cavendish nana, Williams και Goldfinger, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Επιπλέον, παρουσιάζεται η διακύμανση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών: οσμή, αφή, ολική εντύπωση, συστατικών της εξωτερικής εμφάνισης (φωτεινότητα και χρώμα) και συστατικών της γεύσης (πικρή, στυφή, γλυκιά, χορτώδης, μouxλιασμένη, παραμένουσα, συνεκτικότητα, προσκόλληση στα δόντια, χυμώδης) των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών,

σε σχέση πάντα με το χρόνο αποθήκευσης. Ως ημέρα 0, έχει οριστεί η ημέρα παραλαβής των καρπών. Οι καρποί συγκομίστηκαν από τα μητρικά φυτά στο ώριμο πράσινο στάδιο, και δεν υπέστησαν καμία προηγούμενη μεταχείριση (π.χ. τεχνητή ωρίμανση με αιθυλένιο). Η αποθήκευση τους πραγματοποιήθηκε σε συνθήκες δωματίου.

4.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στις εικόνες 4.1.1. και 4.1.2. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) του φλοιού και της σάρκας αντίστοιχα, κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Grande Naine. Τις πρώτες 10 ημέρες αποθήκευσης, οι καρποί παραμένουν πράσινοι, χωρίς σημαντικές αλλαγές στο χρώμα του φλοιού και της σάρκας τους. Μετά την 11^η ημέρα αποθήκευσης, που πιθανώς συμπίπτει με το τέλος της ``πράσινης ζωής`` των καρπών, παρατηρείται σημαντική αύξηση στις τιμές όλων των χρωματομετρικών παραμέτρων του φλοιού. Την 12^η ημέρα αποθήκευσης, που σύμφωνα με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο για τον καθορισμό της ωρίμανσης της μπανάνας αντιστοιχεί στο στάδιο ωρίμανσης 4 (καρπός πιο κίτρινος απ' ότι πράσινος), η παράμετρος a (φλοιού) παύει να παίρνει αρνητικές τιμές, γεγονός που ταυτίζεται με την έναρξη της απώλειας του πράσινου χρώματος του φλοιού. Οι τιμές της παραμέτρου a αυξάνονται στατιστικώς σημαντικά ($P < 0.05$) και στα δύο επόμενα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης (15^η και 17^η ημέρα), που σύμφωνα με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο αντιστοιχούν στα στάδια ωρίμανσης 5 (καρπός κίτρινος) και 6 (καρπός κίτρινος με καφετί κηλίδες), γεγονός που επιβεβαιώνει την πλήρη αλλαγή του χρώματος του φλοιού από πράσινο σε κίτρινο. Την 15^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 5), οι παράμετροι L και b

παίρνουν τις μέγιστες τιμές τους, καθιστώντας την εξωτερική εμφάνιση των καρπών ιδανική, και τους καρπούς ελκυστικότερους για κατανάλωση. Την 17^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 6), οι τιμές των L και b μειώνονται, γεγονός που αποδίδεται στην έναρξη της ανάπτυξης καφετί κηλίδων στο φλοιό των καρπών και σημειοδοτεί το τέλος της διάρκειας διατήρησης των καρπών στο ράφι.

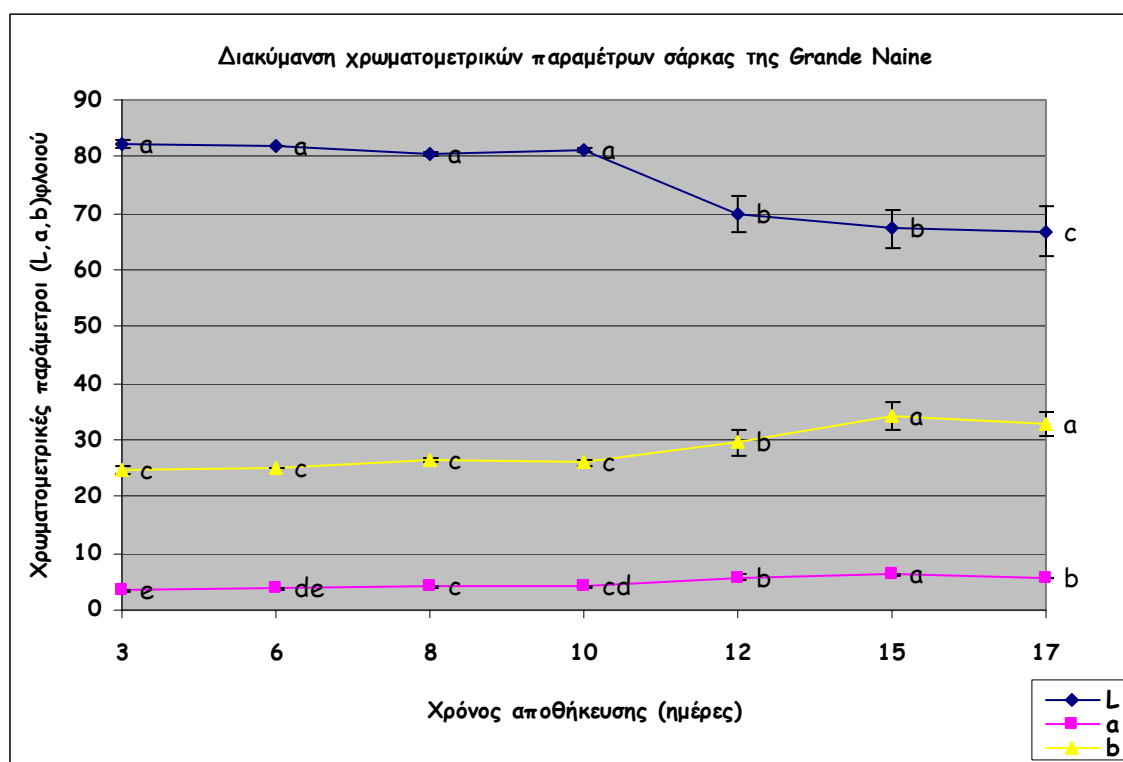


Εικόνα 4.1.1. Διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων φλοιού της ποικιλίας Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Σε σχετική μελέτη των Boudhrioua et al. (2002) σε καρπούς της Grande Naine, η χρωματομετρική παράμετρος a (φλοιού) αυξήθηκε γρήγορα από -10 (καρποί πράσινοι) σε 5 (καρποί κίτρινοι) τις πρώτες 8 ημέρες αποθήκευσης μετά την αγορά των καρπών από τοπική αγορά. Τις επόμενες ημέρες αποθήκευσης αυξήθηκε σταθερά ως την τιμή 8 (καρποί κίτρινοι με καφετί κηλίδες). Σε μελέτη των Caussiol και Joyce (2004) σε καρπούς της ποικιλίας Grande Naine, η χρωματομετρική παράμετρος L φλοιού αυξήθηκε στο διάστημα των πρώτων 6 ημερών αποθήκευσης από 55 σε 72, και

μειώθηκε στο διάστημα των επόμενων 6 ημερών από 72 σε 63 εξαιτίας μεταχρωματισμού προς την καφετί απόχρωση.

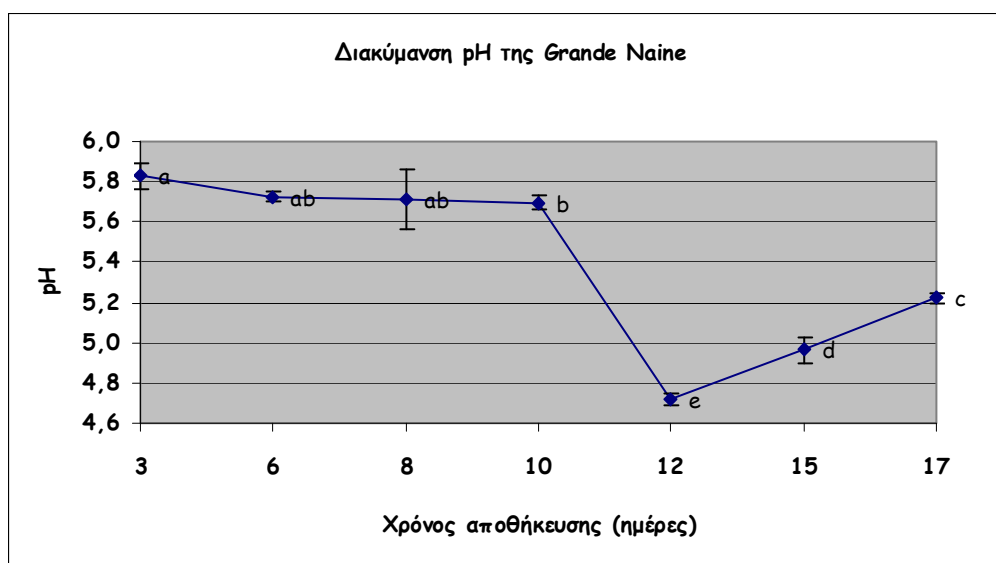
Οι αλλαγές στο χρώμα του φλοιού φαίνεται ότι αντανακλούν αλλαγές και στο χρώμα της σάρκας των καρπών της *Grande Naine*. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και ειδικότερα μετά το τέλος της 'πράσινης ζωής' των καρπών, η τιμή της παραμέτρου L μειώνεται σημαντικά ($P<0.05$) και το χρώμα αλλάζει από λευκό σε βαθύ κρεμώδες, ενώ η τιμή της παραμέτρου b αυξάνεται σημαντικά ($P<0.05$) και το χρώμα στο κέντρο της σάρκας γίνεται ελαφρώς κιτρινότερο.



Εικόνα 4.1.2. Διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων σάρκας της ποικιλίας *Grande Naine* σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

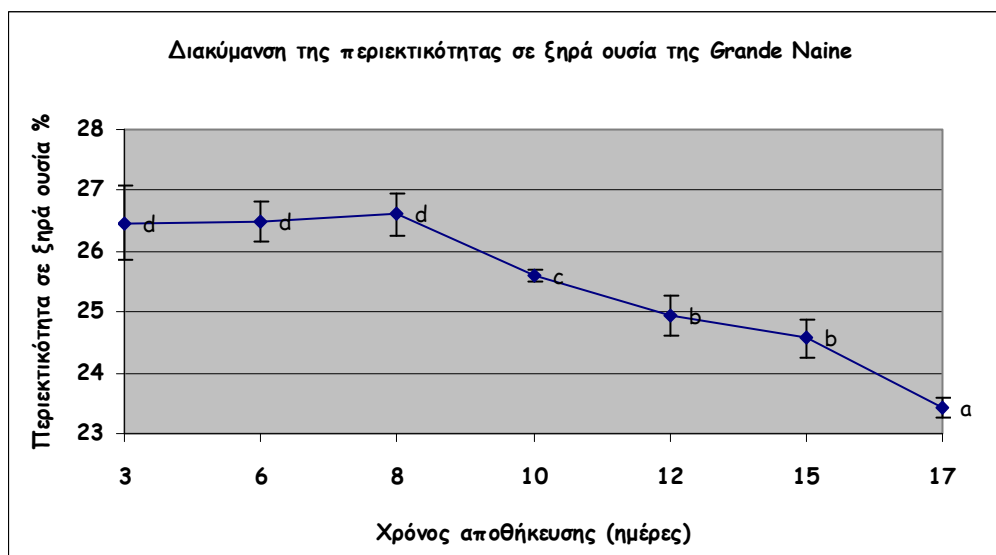
Στην εικόνα 4.1.3. παρουσιάζεται η διακύμανση του pH κατά την ωρίμανση των καρπών της *Grande Naine*. Με την έναρξη της ωρίμανσης, παρατηρείται σταδιακή πτώση του pH, χωρίς όμως σημαντικές μεταβολές ως την 12^η ημέρα αποθήκευσης. Στο στάδιο ωρίμανσης 4, πραγματοποιείται

σημαντική μείωση στην τιμή του pH ($P < 0.05$), ενώ στη συνέχεια (στάδια 5 και 6), οι τιμές του pH αυξάνονται, ως το τέλος της εδωδιμης ζωής των καρπών.



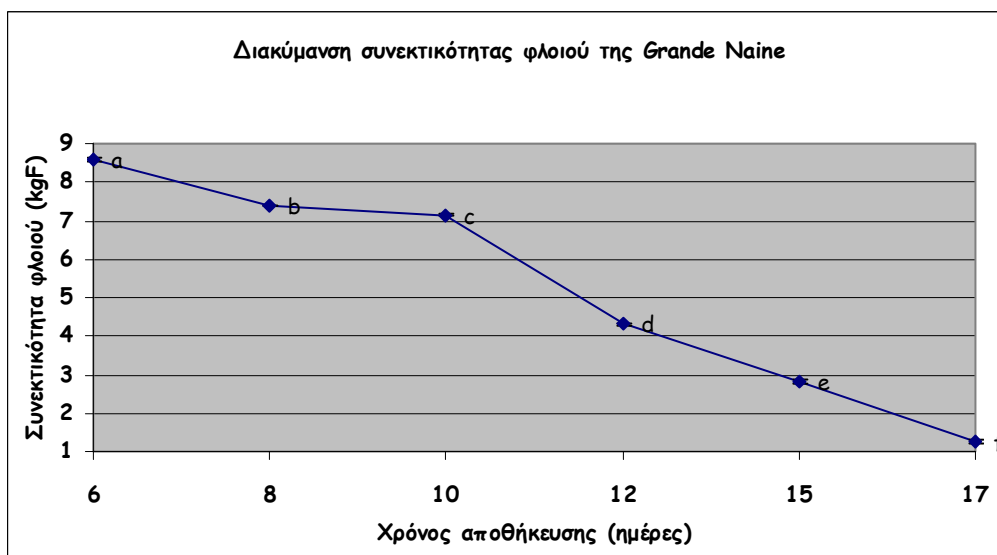
Εικόνα 4.1.3. Διακύμανση pH της ποικιλίας Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.1.4. παρουσιάζεται η διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των καρπών της Grande Naine, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Κατά την ωρίμανση των καρπών, η περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία φαίνεται ότι μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$). Η μείωση αυτή πιθανώς να οφείλεται στην αύξηση τη περιεκτικότητας της σάρκας σε υγρασία. Η αύξηση στην περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία αποδίδεται στην απώλεια νερού από το φλοιό του καρπού που επιφέρει η διαφορική αλλαγή στην οσμωτική πίεση, λόγω της γρήγορης αύξησης της συγκέντρωσης των σακχάρων στη σάρκα.



Εικόνα 4.1.4. Διακύμανση περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία της ποικιλίας Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.1.5. παρουσιάζεται η διακύμανση της συνεκτικότητας του φλοιού των καρπών της Grande Naine, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως φαίνεται, η συνεκτικότητα του φλοιού των καρπών μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) με το χρόνο αποθήκευσης. Σε σχετική μελέτη των Boudhrioua et al. (2002) σε καρπούς της Grande Naine, η παράμετρος συνεκτικότητα φλοιού μειώθηκε γρήγορα τις πρώτες 5 ημέρες για να σταθεροποιηθεί στη τιμή 10N mm από την 8^η ημέρα αποθήκευσης και αργότερα.

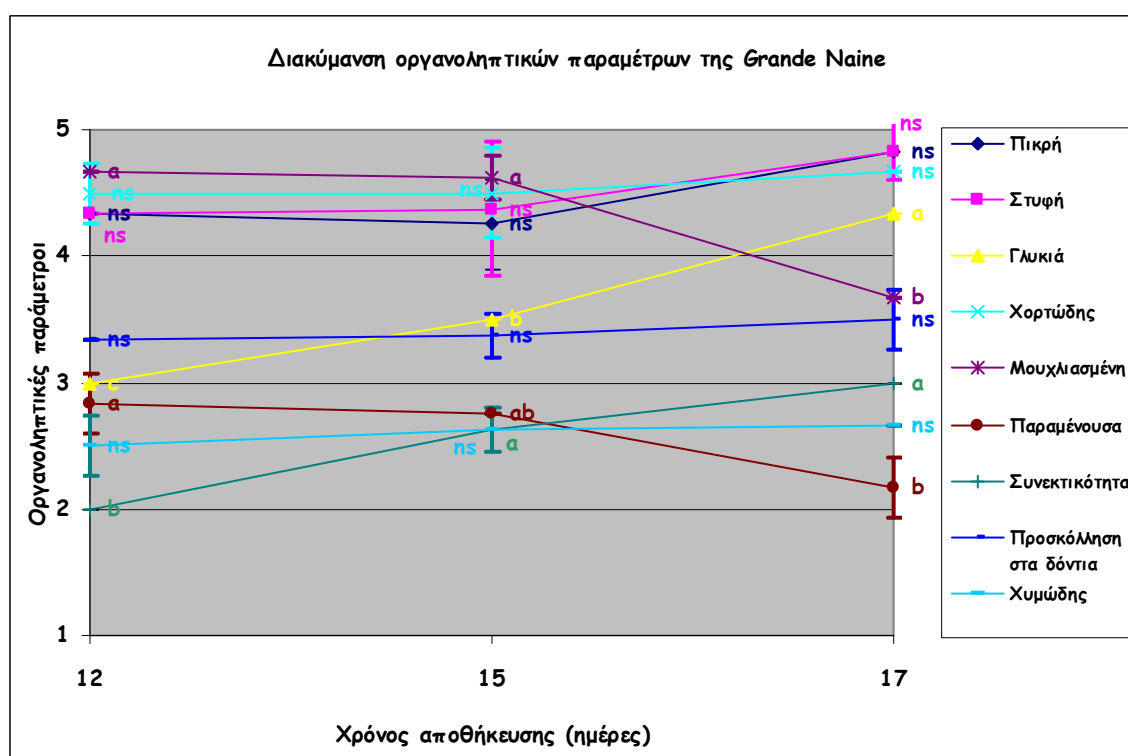


Εικόνα 4.1.5. Διακύμανση συνεκτικότητας φλοιού της ποικιλίας Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.1.6. παρουσιάζεται η διακύμανση των συστατικών της γεύσης των καρπών της Grande Naine, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης, και στην εικόνα 4.1.7. η διακύμανση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, όσον αφορά τα συστατικά της εξωτερικής εμφάνισης (φωτεινότητα και χρώμα), την οσμή, την αφή και τη συνολική εντύπωση για τους καρπούς της ποικιλίας Grande Naine, σε σχέση πάντα με το χρόνο αποθήκευσης. Όλες οι οργανοληπτικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν στο διάστημα μεταξύ της έναρξης της ωρίμανσης των καρπών και του τέλους της εδωδιμής ζωής τους.

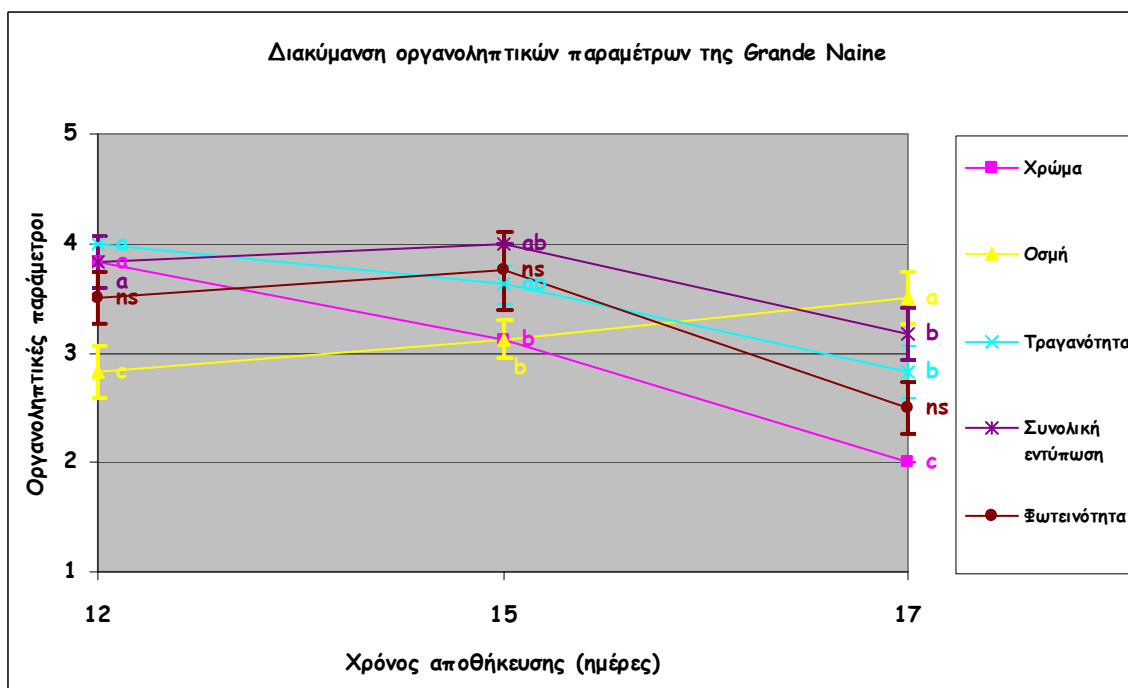
Όπως φαίνεται στην εικόνα 4.1.6., το χαρακτηριστικό της γεύσης γλυκιά μεταβάλλεται σημαντικά ($P < 0.05$) κατά την ωρίμανση, από μέτρια (στάδιο 4) σε έντονη - πολύ έντονη (στάδιο 6), γεγονός που αποδίδεται στην αύξηση της συγκέντρωσης των σακχάρων στη σάρκα των καρπών. Τα χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή και χορτώδης, αξιολογούνται από τα μέλη του πάνελ ως λίγο έντονα - καθόλου έντονα για όλα τα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης των καρπών, χωρίς να εμφανίζουν σημαντικές διαφορές κατά το χρόνο αποθήκευσης. Με την ωρίμανση των καρπών, επισημαίνεται σημαντική ($P < 0.05$) αύξηση στη μουχλιασμένη γεύση των καρπών από λίγο

έντονη - καθόλου έντονη σε μέτρια - λίγο έντονη. Επιπλέον με την ωρίμανση, φαίνεται να μεταβάλλεται σημαντικά ($P < 0.05$) και η παραμένουσα γεύση των καρπών από μέτρια - έντονη σε έντονη. Η συνεκτικότητα των καρπών, όπως αξιολογείται από τα μέλη του πάνελ, μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) από έντονη (στάδιο 4) σε μέτρια (στάδιο 6), γεγονός που αποδίδεται στο μαλάκωμα της σάρκας, λόγω της μετατροπής του αμύλου σε σάκχαρα, της εξασθένησης των μεσοκυττάρων συνδέσμων λόγω διάσπασης των πηκτινικών ουσιών καθώς και της κίνησης του νερού από το φλοιό στη σάρκα λόγω ώσμωσης. Για τα χαρακτηριστικά της γεύσης προσκόλληση στα δόντια και χυμώδης, δεν επισημαίνονται σημαντικές διαφορές κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και αξιολογούνται ως μέτρια - λίγο έντονα σε όλα τα στάδια ωρίμανσης.



Εικόνα 4.1.6. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Grande Naine που αφορούν τα συστατικά της γεύσης, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Τα μέλη του πάνελ επισημαίνουν σημαντικές μεταβολές στο χρώμα του φλοιού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης ($P < 0.05$), ενώ φαίνεται ότι δεν αντιλαμβάνονται διαφορές στη φωτεινότητα των καρπών στο χρόνο αποθήκευσης. Η εκτίμηση των μελών του πάνελ για το εξωτερικό χρώμα των καρπών αποδεικνύεται ότι συμφωνεί και με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο για τον καθορισμό της ωρίμανσης των καρπών της ποικιλίας *Grande Naine*. Η οσμή των καρπών φαίνεται να αυξάνεται σημαντικά ($P < 0.05$) κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης και γίνεται μέτρια έως έντονη την 17^η ημέρα αποθήκευσης. Το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) με το χρόνο αποθήκευσης, παρουσιάζοντας την ίδια τάση μεταβολής με το χαρακτηριστικό της γεύσης συνεκτικότητα. Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ για τους καρπούς της ποικιλίας *Grande Naine* αυξάνεται από μέτρια ως καλή (στάδιο 4) σε καλή (στάδιο 5), όπου και παίρνει την υψηλότερη τιμή της, για να μειωθεί την 17^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 6) σε μέτρια.

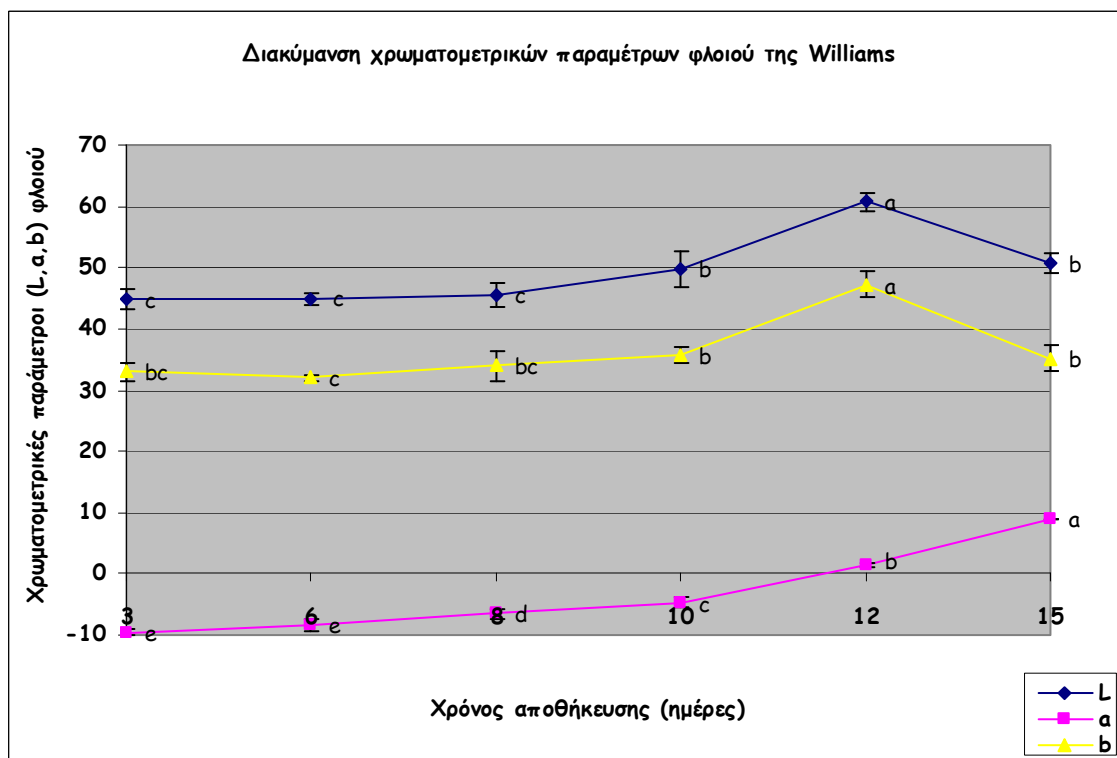


Εικόνα 4.1.7. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Grande Naine που αφορούν την εξωτερική εμφάνιση, οσμή, αφή και συνολική εντύπωση, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

4.2. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

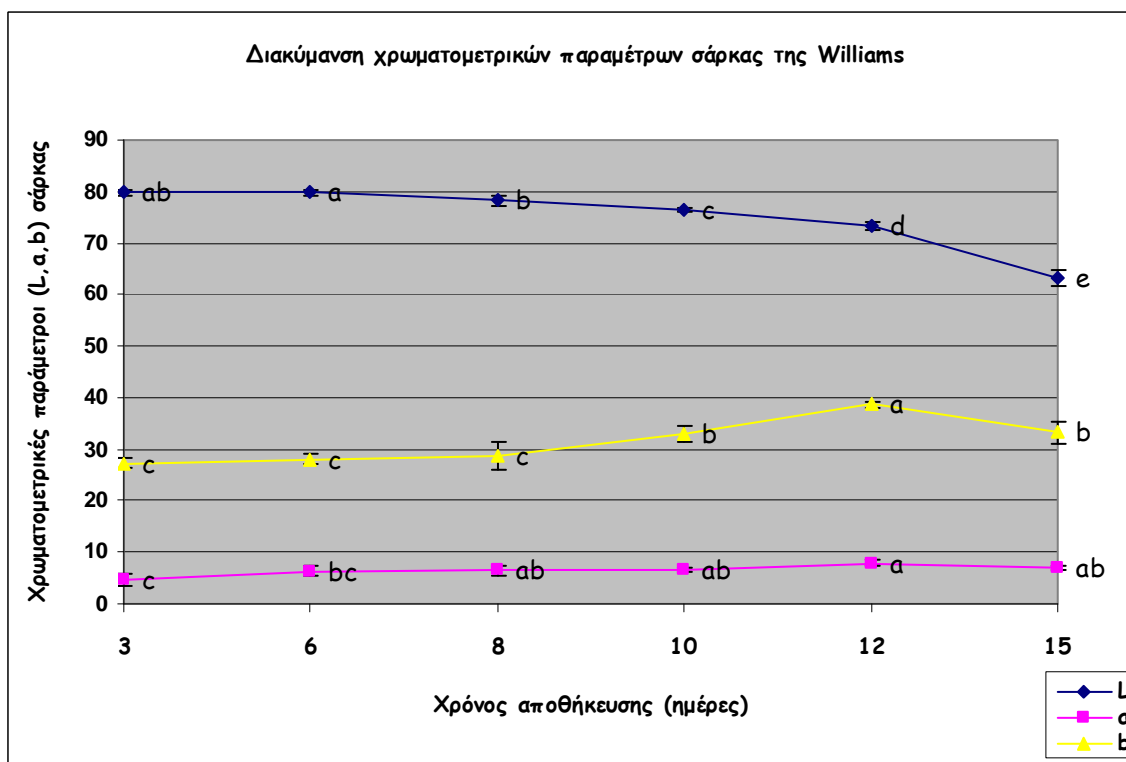
Στην εικόνα 4.2.1. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) του φλοιού των καρπών της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Τις πρώτες 8 ημέρες αποθήκευσης, οι καρποί παραμένουν πράσινοι, χωρίς σημαντικές αλλαγές στο χρώμα του φλοιού. Την 10^η ημέρα αποθήκευσης, που σύμφωνα με το χρωματοδείκτη ο οποίος χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο, αντιστοιχεί στο στάδιο ωρίμανσης 4, η παράμετρος a παρουσιάζει την τελευταία αρνητική τιμή της, για να αυξηθεί σημαντικά ($P < 0.05$) τις επόμενες ημέρες αποθήκευσης φτάνοντας τη μέγιστη τιμή της την 15^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 6). Οι τιμές των παραμέτρων L και b αυξάνονται ως την 12^η ημέρα αποθήκευσης,

όπου και παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους. Δεκαπέντε ημέρες μετά την ημερομηνία παραλαβής των καρπών, οι τιμές των L και b φαίνεται να μειώνονται σημαντικά, γεγονός που σηματοδοτεί το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών της ποικιλίας.



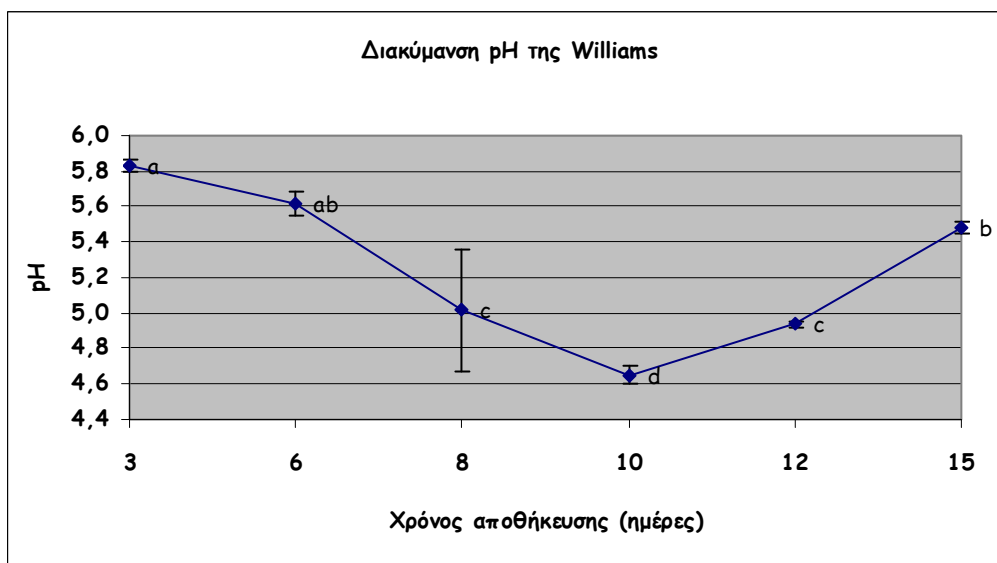
Εικόνα 4.2.1. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων φλοιού της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.2.2. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) της σάρκας κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Williams. Οι παράμετροι L, a, b φαίνεται να ακολουθούν την ίδια διακύμανση με αυτή των χρωματομετρικών παραμέτρων των καρπών της ποικιλίας Grande Naine. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, η φωτεινότητα μειώνεται και το χρώμα της σάρκας των καρπών γίνεται ελαφρώς κιτρινότερο.



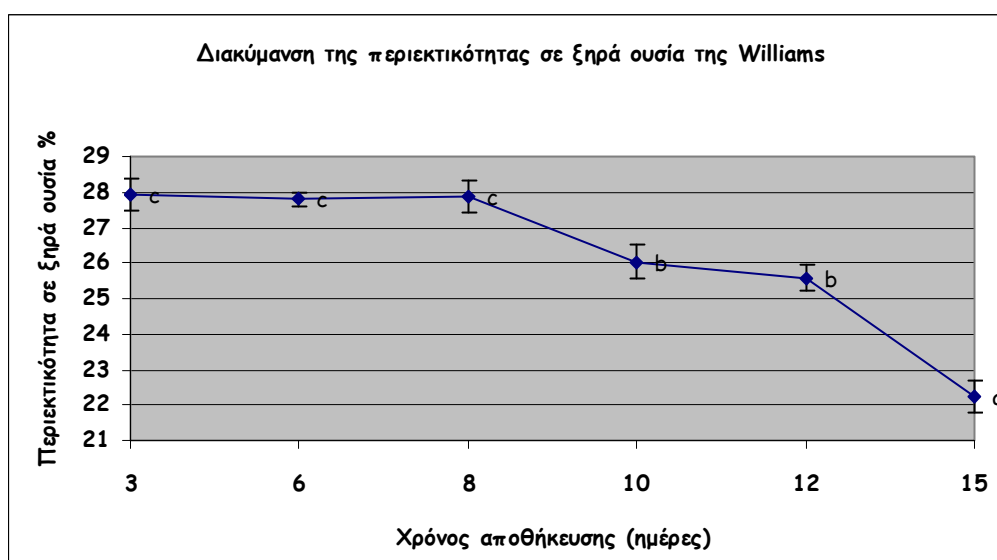
Εικόνα 4.2.2. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων σάρκας της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.2.3. παρουσιάζεται η διακύμανση του pH κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Williams. Με την έναρξη της ωρίμανσης παρατηρείται σημαντική ($P < 0.05$) πτώση του pH, ως την 10^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 4). Στη συνέχεια (στάδια 5 και 6), οι τιμές του pH αυξάνονται και πάλι, ως το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών.



Εικόνα 4.2.3. Διακύμανση pH της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

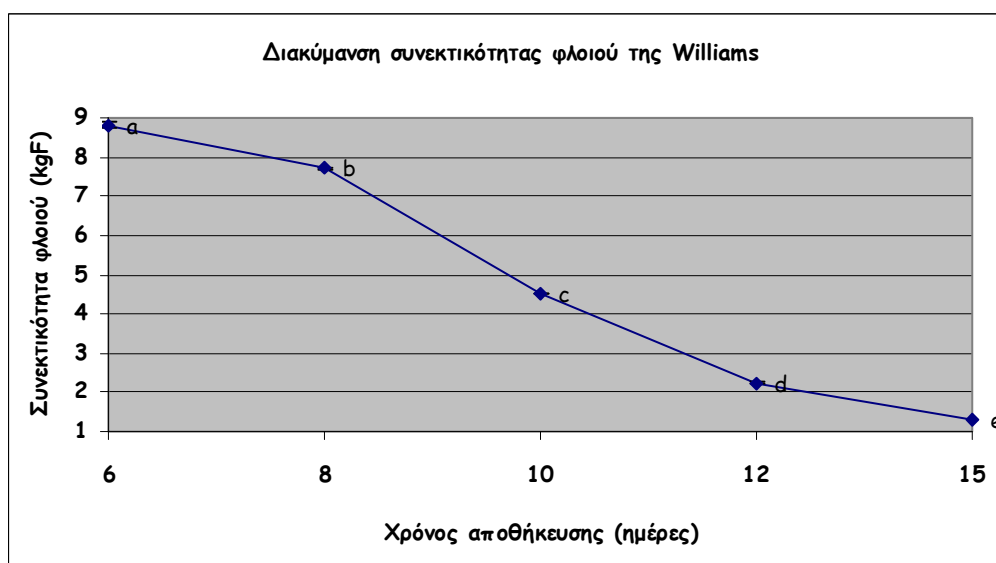
Στην εικόνα 4.2.4. παρουσιάζεται η διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των καρπών της Williams, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως φαίνεται η περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας.



Εικόνα 4.2.4. Διακύμανση περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

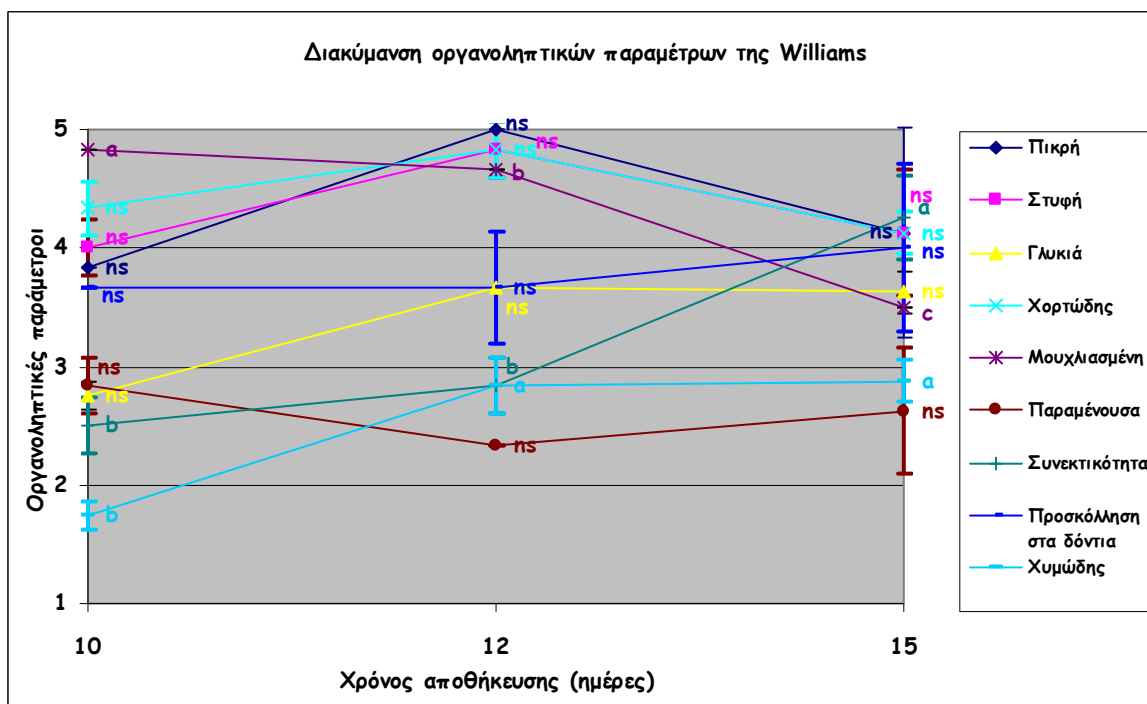
Στην εικόνα 4.2.5. παρουσιάζεται η διακύμανση της συνεκτικότητας του φλοιού των καρπών της Williams, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως παρατηρήθηκε και στους καρπούς της ποικιλίας Grande Naine η

συνεκτικότητα του φλοιού των καρπών μειώνεται σημαντικά ($P<0.05$) σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.



Εικόνα 4.2.5. Διακύμανση συνεκτικότητας φλοιού της ποικιλίας Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

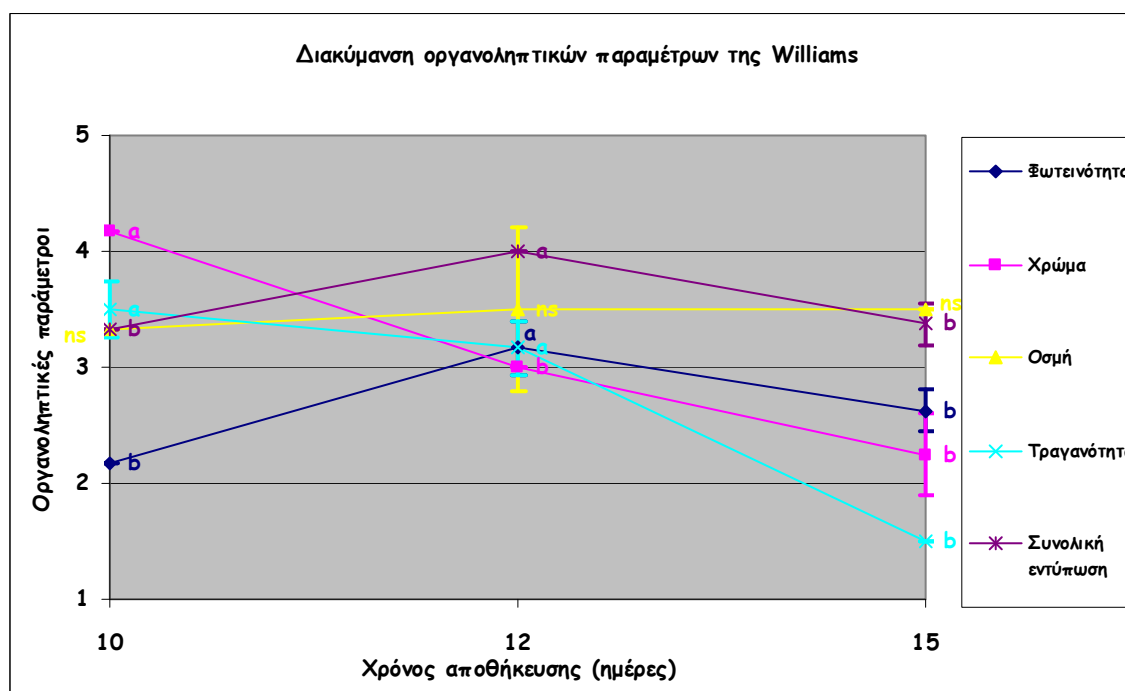
Στις εικόνες 4.2.6. και 4.2.7. παρουσιάζεται η διακύμανση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών της ποικιλίας Williams, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όσον αφορά το χαρακτηριστικό της γεύσης γλυκιά, τα μέλη του πάνελ φαίνεται ότι επισημαίνουν μη σημαντική αύξηση στη γλυκύτητα των καρπών από λίγο έντονη - μέτρια (στάδιο 4) σε μέτρια - έντονη (στάδια 5 και 6). Σημαντική ($P<0.05$) αύξηση επισημαίνεται στο χαρακτηριστικό της γεύσης χυμώδης που μεταβάλλεται από καθόλου έντονο - λίγο έντονο (στάδιο 4) σε λίγο έντονο - μέτριο (στάδια 5 και 6). Τα χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή, χορτώδης, παραμένουσα και προσκόλληση στα δόντια δεν μεταβάλλονται σημαντικά σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Με την ωρίμανση των καρπών, επισημαίνεται σημαντική ($P<0.05$) αύξηση στο χαρακτηριστικό της γεύσης μουχλιασμένη από λίγο έντονη - καθόλου έντονη (στάδια 4 και 5) σε μέτρια - λίγο έντονη (στάδιο 6). Το χαρακτηριστικό συνεκτικότητα μειώνεται σημαντικά από έντονη - μέτρια (στάδιο 4) σε λίγο έντονη - καθόλου έντονη (στάδια 5 και 6).



Εικόνα 4.2.6. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Williams που αφορούν τα συστατικά της γεύσης, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Σημαντικές ($P < 0.05$) διαφορές στα χαρακτηριστικά της εξωτερικής εμφάνισης χρώμα και φωτεινότητα επισημαίνουν τα μέλη του πάνελ κατά την ωρίμανση των καρπών. Η φωτεινότητα να αυξάνεται από λίγο έντονο - μέτριο (στάδιο 4) σε μέτριο - έντονο (στάδιο 5), για να μειωθεί και πάλι σε λίγο έντονο - μέτριο προς το τέλος της εδωδιμης ζωής των καρπών. Η εκτίμηση των μελών του πάνελ για το εξωτερικό χρώμα των καρπών φαίνεται ότι συμφωνεί με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο για τον καθορισμό της ωρίμανσης των καρπών της ποικιλίας. Η οσμή των καρπών δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) με το χρόνο αποθήκευσης, από μέτρια - έντονη (στάδιο 4) σε μέτρια (στάδιο 5) και καθόλου έντονη - λίγο έντονη (στάδιο 6). Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ για τους καρπούς της ποικιλίας Williams μεταβάλλεται σημαντικά

($P < 0.05$) με το χρόνο αποθήκευσης από μέτρια - καλή (στάδιο 4) σε καλή (στάδιο 5), και μέτρια - καλή (στάδιο 6).

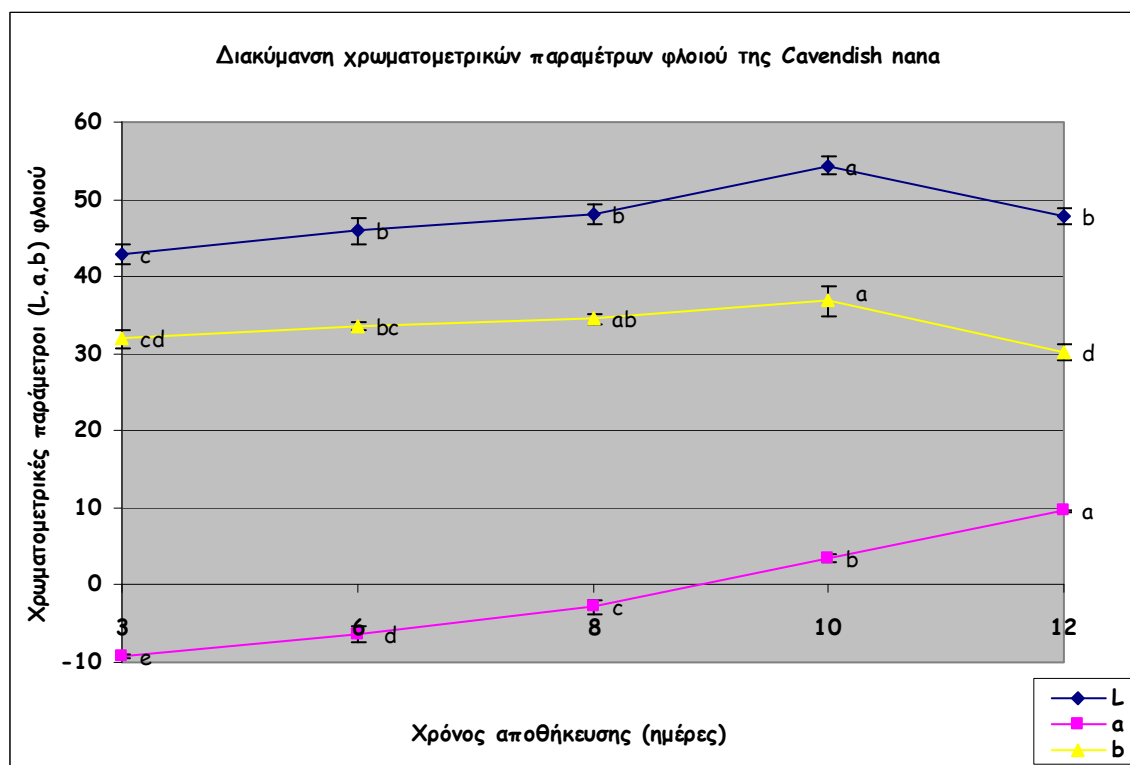


Εικόνα 4.2.7. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Williams που αφορούν την εξωτερική εμφάνιση, οσμή, αφή και συνολική εντύπωση, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

4.3. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

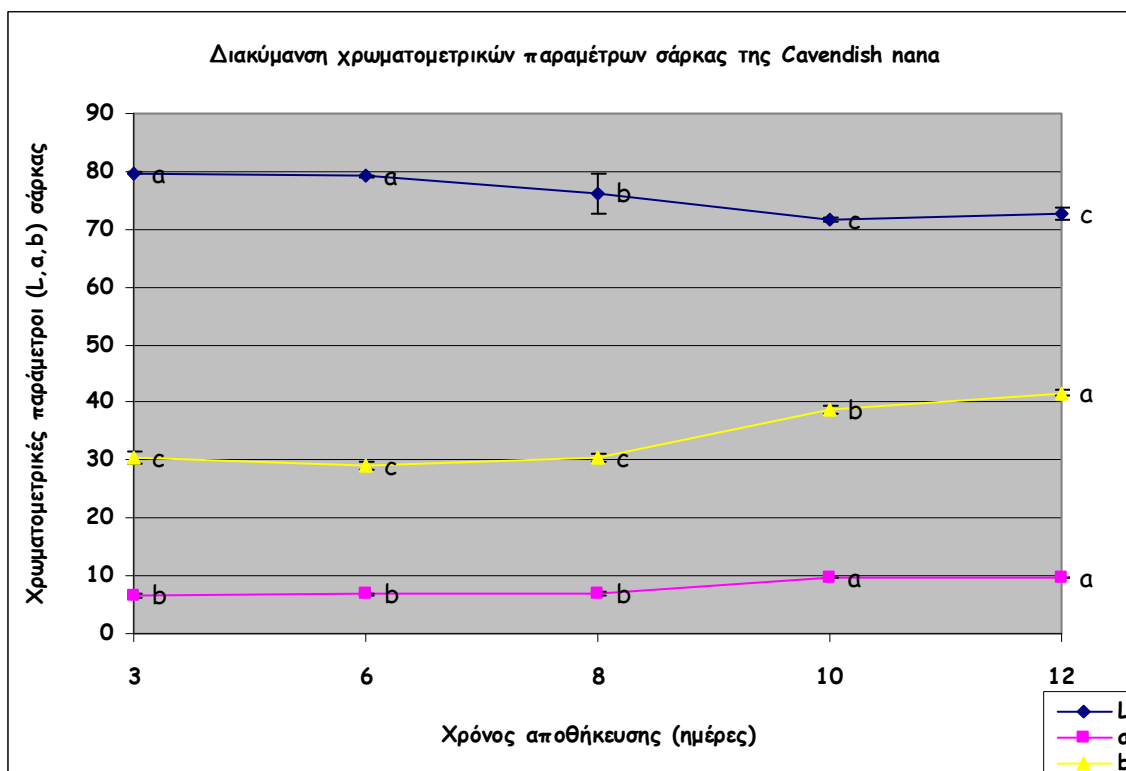
Στην εικόνα 4.3.1. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) του φλοιού των καρπών της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης οι καρποί παραμένουν πράσινοι. Την 8^η ημέρα αποθήκευσης, που σύμφωνα με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο αντιστοιχεί στο στάδιο ωρίμανσης 4, η παράμετρος a παρουσιάζει την τελευταία αρνητική τιμή της, για να αυξηθεί σημαντικά ($P < 0.05$) τις επόμενες ημέρες αποθήκευσης φτάνοντας τη μέγιστη τιμή της την 12^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 6). Οι

τιμές των παραμέτρων L και b αυξάνονται ως την 10^η ημέρα αποθήκευσης, όπου και παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους. Την 12^η ημέρα αποθήκευσης, οι τιμές των L και b φαίνεται να μειώνονται σημαντικά ($P < 0.05$), γεγονός που σηματοδοτεί το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών της ποικιλίας.



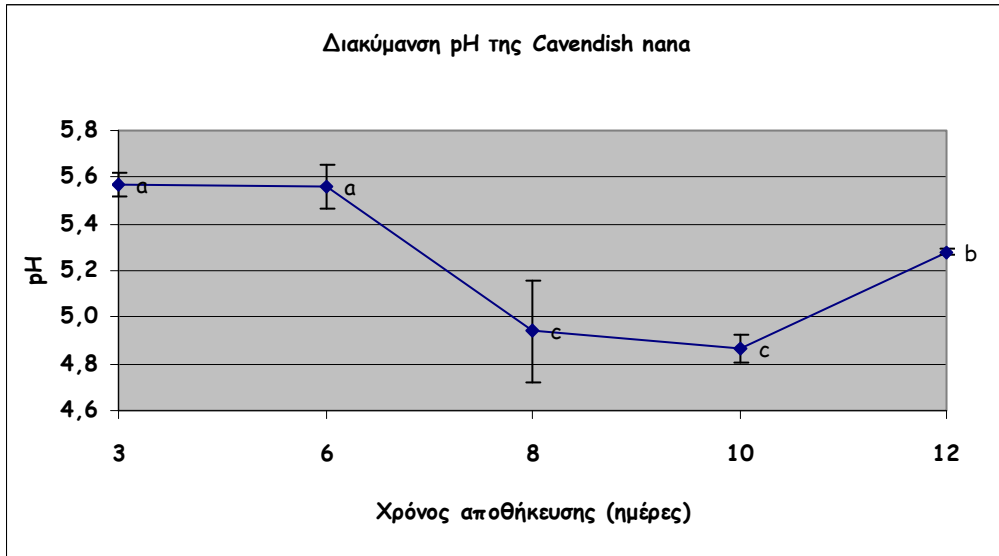
Εικόνα 4.3.1. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων φλοιού της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.3.2. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) της σάρκας κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Cavendish nana. Οι παράμετροι L, a, b φαίνεται να ακολουθούν την ίδια διακύμανση με αυτή των χρωματομετρικών παραμέτρων των καρπών των ποικιλιών Grande Naine και Williams. Κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, η φωτεινότητα μειώνεται και το χρώμα της σάρκας των καρπών γίνεται κιτρινότερο.



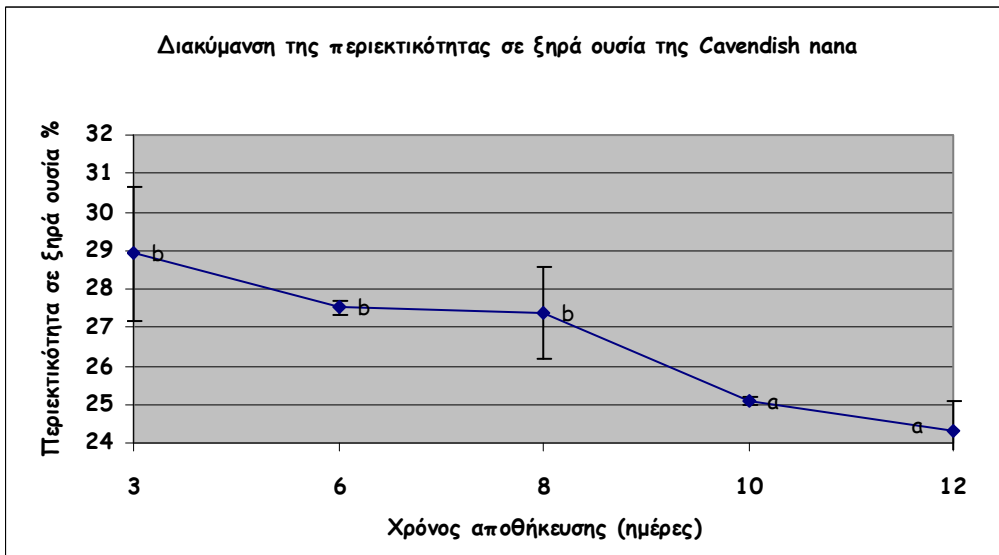
Εικόνα 4.3.2. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων σάρκας της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.3.3. παρουσιάζεται η διακύμανση του pH κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Cavendish nana. Παρατηρείται σταδιακή πτώση του pH, ως την 8^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 4), όπου πραγματοποιείται απότομη πτώση της τιμής του pH. Στα στάδια 5 και 6, οι τιμές του pH αυξάνονται και πάλι, ως το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών.



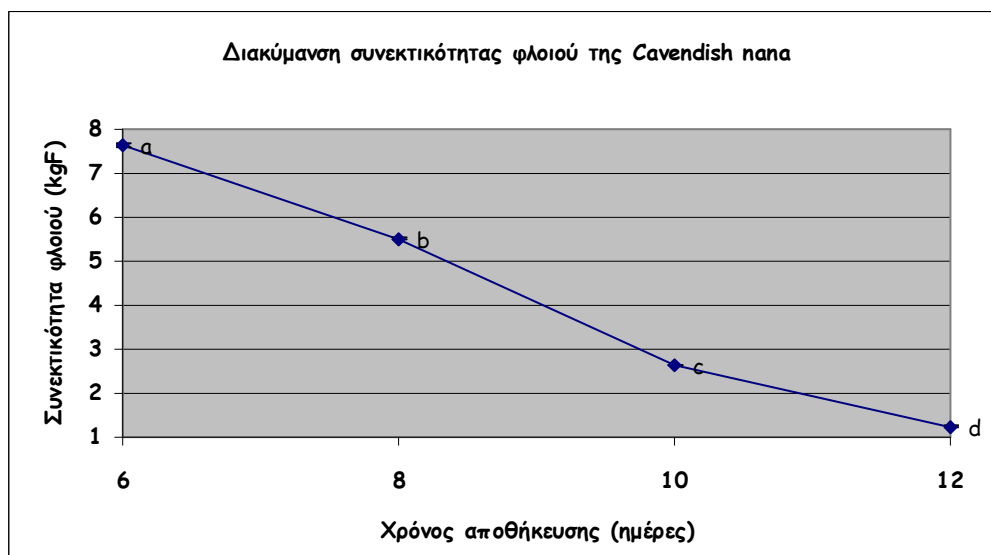
Εικόνα 4.3.3. Διακύμανση pH της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.3.4. παρουσιάζεται η διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των καρπών της Cavendish nana, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως φαίνεται η περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας.



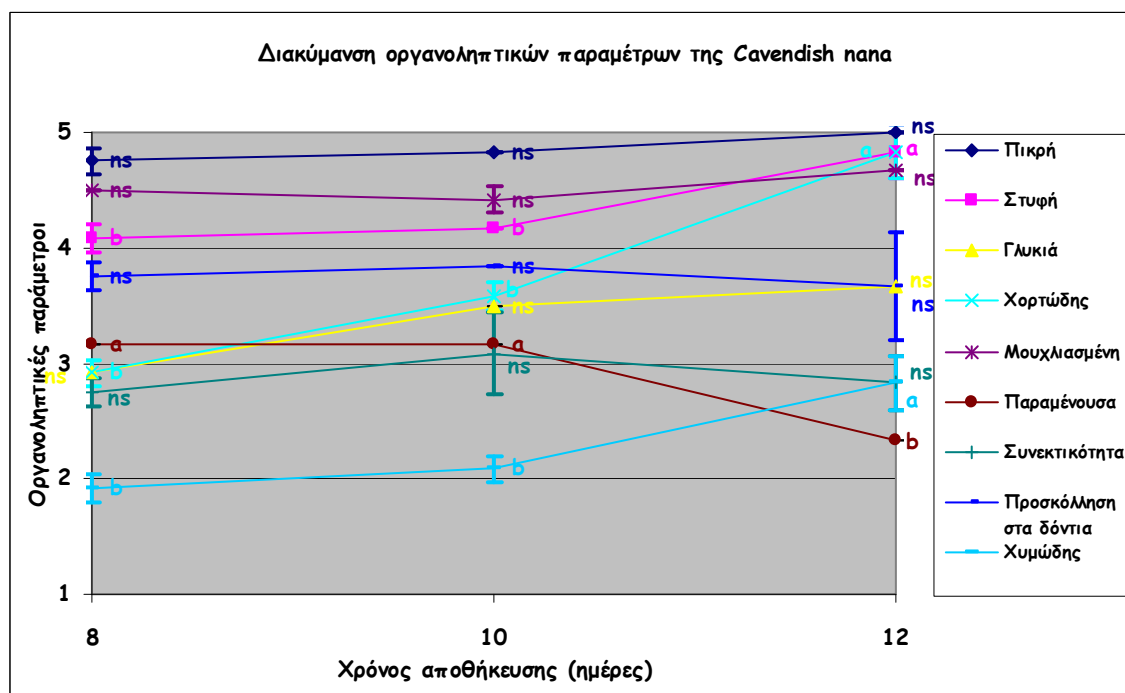
Εικόνα 4.3.4. Διακύμανση περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.3.5. παρουσιάζεται η διακύμανση της συνεκτικότητας του φλοιού των καρπών της Cavendish nana, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως φαίνεται παρατηρούνται σημαντικές διαφορές ($P < 0.05$) στη συνεκτικότητα του φλοιού κατά την ωρίμανση των καρπών της Cavendish nana.



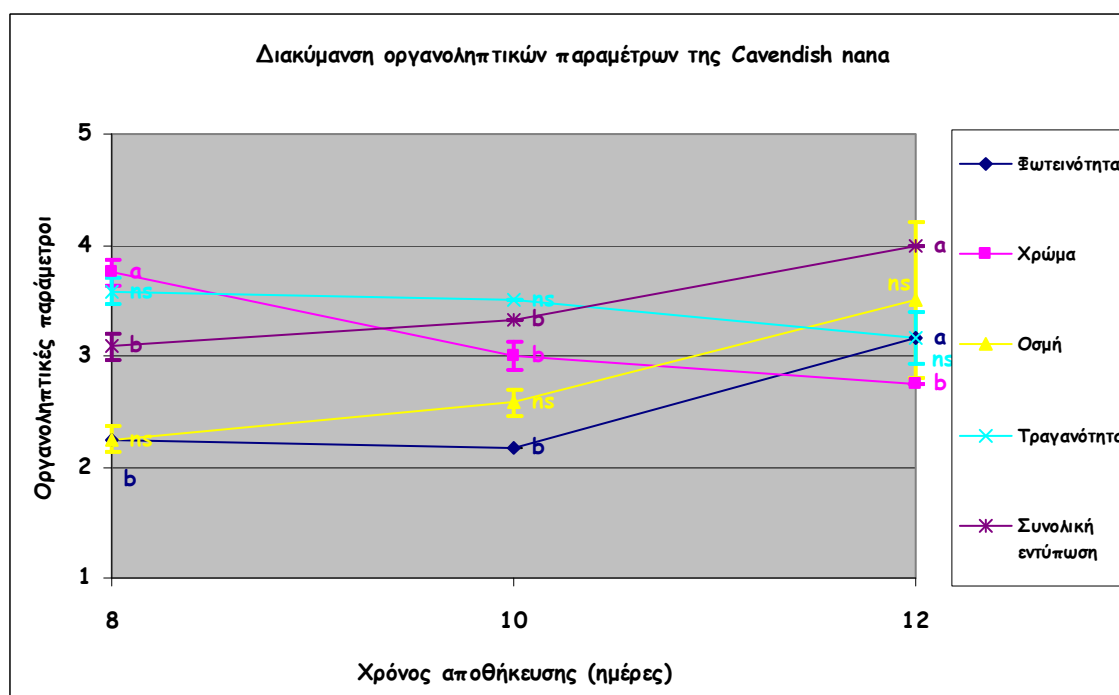
Εικόνα 4.3.5. Διακύμανση συνεκτικότητας φλοιού της ποικιλίας Cavendish nana σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στις εικόνες 4.3.6. και 4.3.7. παρουσιάζεται η διακύμανση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Cavendish nana. Για το χαρακτηριστικό της γεύσης γλυκιά, τα μέλη του πάνελ φαίνεται ότι επισημαίνουν μη σημαντική αύξηση στη γλυκύτητα των καρπών από λίγο έντονη - μέτρια (στάδιο 4) σε μέτρια - έντονη (στάδια 5 και 6). Σημαντική αύξηση επισημαίνεται στο χαρακτηριστικό της γεύσης χυμώδης ($P<0.05$) που μεταβάλλεται από καθόλου έντονο - λίγο έντονο (στάδιο 4) σε λίγο έντονο (στάδιο 5) και λίγο έντονο - μέτριο (στάδιο 6). Τα χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, μουχλιασμένη, προσκόλληση στα δόντια και συνεκτικότητα δεν φαίνεται να μεταβάλλονται σημαντικά κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Σημαντική ($P<0.05$) μεταβολή επισημαίνεται στα χαρακτηριστικά της γεύσης χορτώδης και στυφή.



Εικόνα 4.3.6. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Cavendish nana που αφορούν τα συστατικά της γεύσης, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

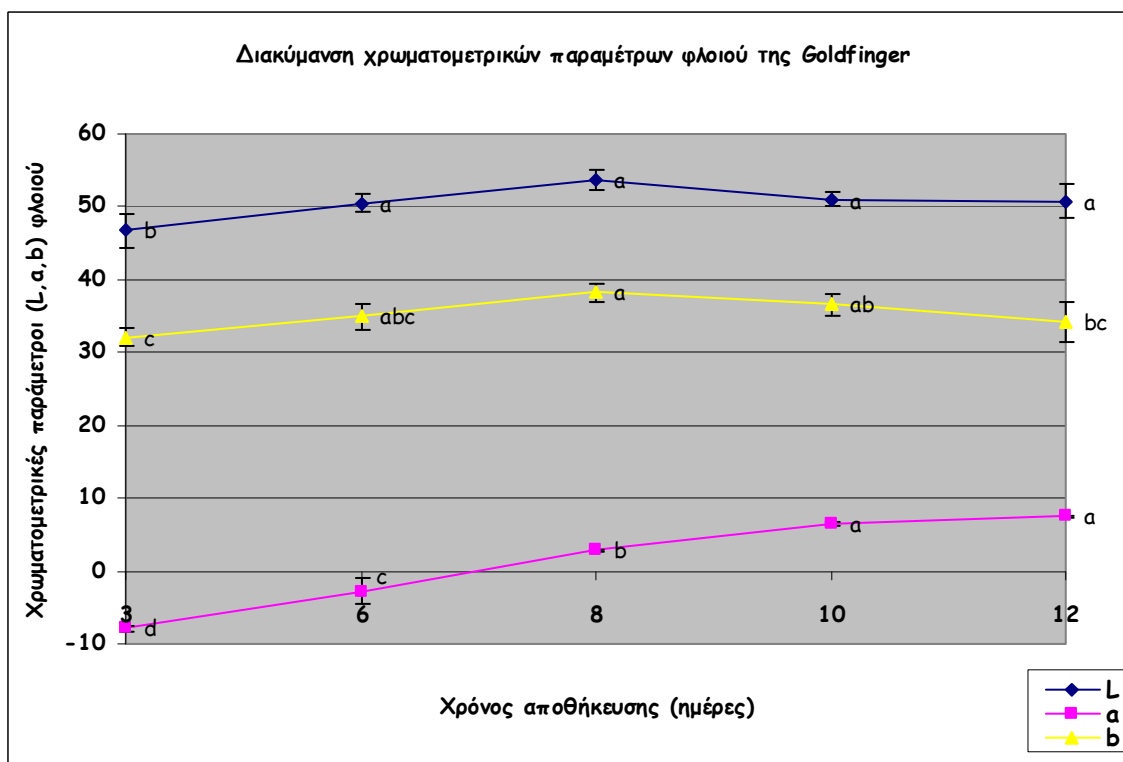
Το χαρακτηριστικό της εξωτερικής εμφάνισης φωτεινότητα φαίνεται να αυξάνεται σημαντικά ($P<0.05$) από λίγο έντονη - μέτρια (στάδια 4 και 5) σε μέτρια- έντονη (στάδιο 6). Η εκτίμηση των μελών του πάνελ για το εξωτερικό χρώμα των καρπών στα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης μεταβάλλεται σημαντικά ($P<0.05$) και συμφωνεί με τις τιμές των χρωματομετρικών παραμέτρων στη φυσικοχημική ανάλυση. Σημαντικές διαφορές στα χαρακτηριστικά οσμή και τραγανότητα δεν επισημαίνονται από τα μέλη του πάνελ. Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ για τους καρπούς της ποικιλίας Cavendish nana μεταβάλλεται σημαντικά ($P<0.05$) από μέτρια (στάδιο 4) σε μέτρια - καλή (στάδιο 5), και καλή (στάδιο 6).



Εικόνα 4.3.7. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Cavendish nana που αφορούν την εξωτερική εμφάνιση, οσμή, αφή και συνολική εντύπωση, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

4.4. Διακύμανση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών της ποικιλίας Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

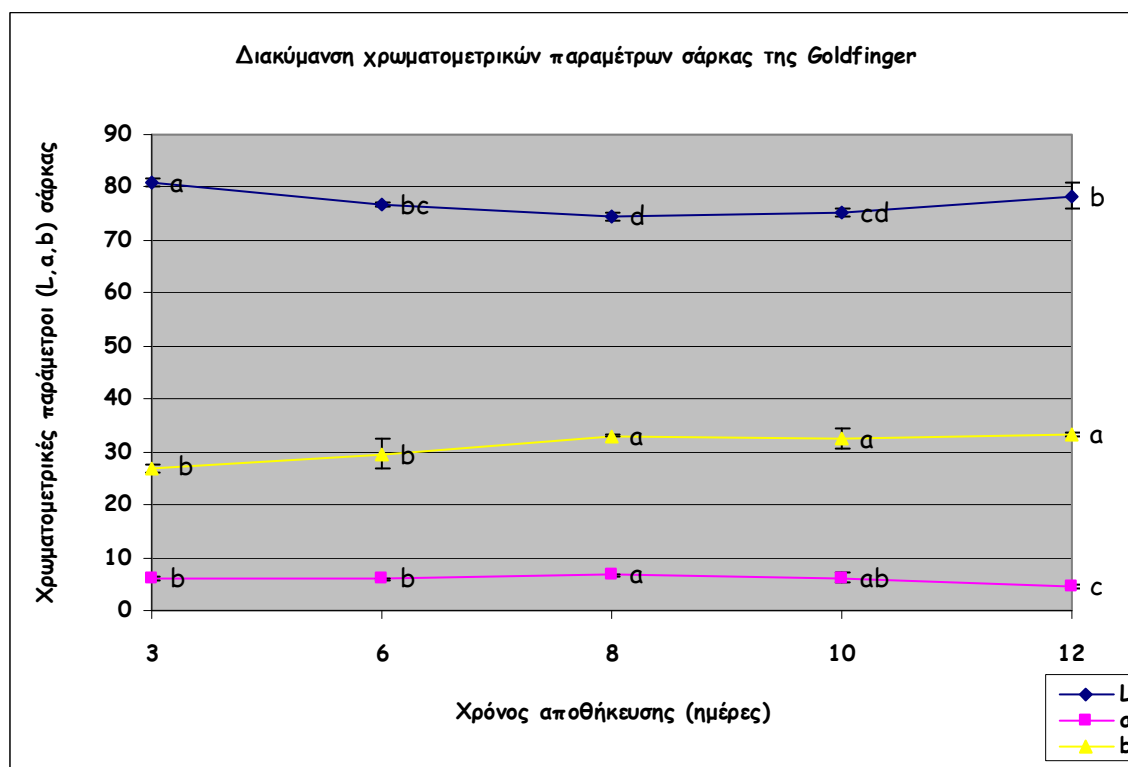
Στην εικόνα 4.4.1. παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L , a , b) του φλοιού των καρπών της ποικιλίας Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Οι καρποί παραμένουν πράσινοι για μικρό χρονικό διάστημα από την ημερομηνία παραλαβής, και μόλις την 8^η ημέρα αποθήκευσης, που σύμφωνα με το χρωματοδείκτη που χρησιμοποιείται στο λιανικό εμπόριο αντιστοιχεί στο στάδιο ωρίμανσης 4, η χρωματομετρική παράμετρος a παρουσιάζει την πρώτη της θετική τιμή, για να αυξηθεί σημαντικά τις επόμενες ημέρες αποθήκευσης φτάνοντας τη μέγιστη τιμή της την 12^η ημέρα αποθήκευσης (στάδιο 6). Οι τιμές των παραμέτρων L και b αυξάνονται ως την 8^η ημέρα αποθήκευσης, όπου και παρουσιάζουν τις μέγιστες τιμές τους. Από την 10^η ημέρα αποθήκευσης, οι τιμές των L και b μειώνονται μη σημαντικά.



Εικόνα 4.4.1. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων φλοιού της ποικιλίας *Goldfinger* σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

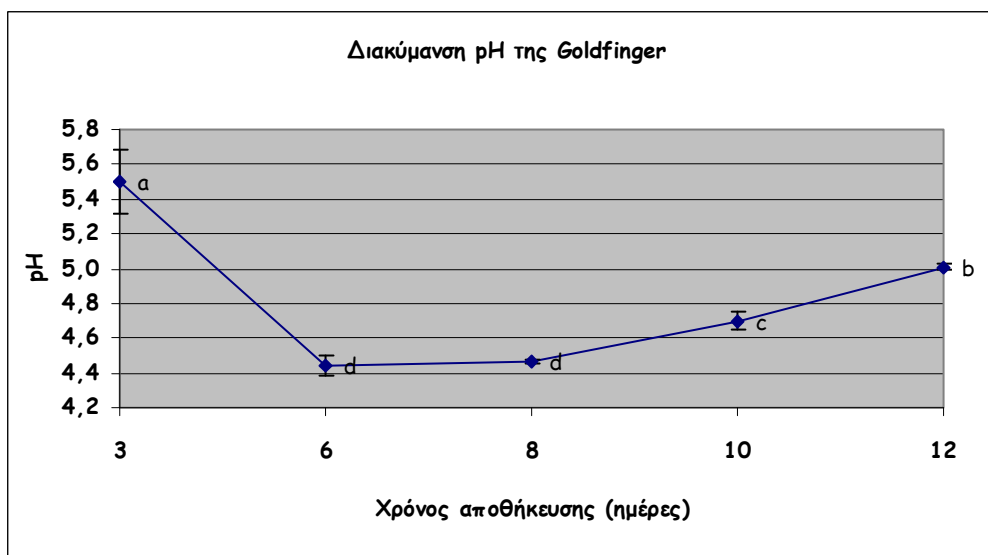
Στην εικόνα 4.4.2 παρουσιάζεται η διακύμανση των χρωματομετρικών παραμέτρων (L, a, b) της σάρκας κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας *Goldfinger*. Οι χρωματομετρικές παράμετροι a και b φαίνεται να ακολουθούν την ίδια διακύμανση με αυτή των χρωματομετρικών παραμέτρων των καρπών των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish nana*, γεγονός που υποδηλώνει ότι η σάρκα των καρπών της *Goldfinger* όπως και των άλλων εξεταζόμενων ποικιλιών γίνεται ελαφρώς κιτρινότερη κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης. Η διακύμανση της παραμέτρου L ωστόσο φαίνεται να διαφέρει από αυτήν των άλλων μελετούμενων ποικιλιών, και σε αντίθεση με τους καρπούς των *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish nana*, η φωτεινότητα της σάρκας των καρπών της *Goldfinger* δείχνει να αυξάνεται σημαντικά ($P < 0.05$) με την ωρίμανση. Σε σχετική μελέτη του Dadzie (1998) σε καρπούς της ποικιλίας *Goldfinger*, το χρώμα του φλοιού αλλάζει από πράσινο σε βαθύ κίτρινο, και το χρώμα της σάρκας από λευκό (στο ώριμο

πράσινο στάδιο) σε βαθύ κρεμώδες κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Επιπλέον, το χρώμα στο κέντρο της σάρκας με την ωρίμανση γίνεται ελαφρώς κιτρινότερο.



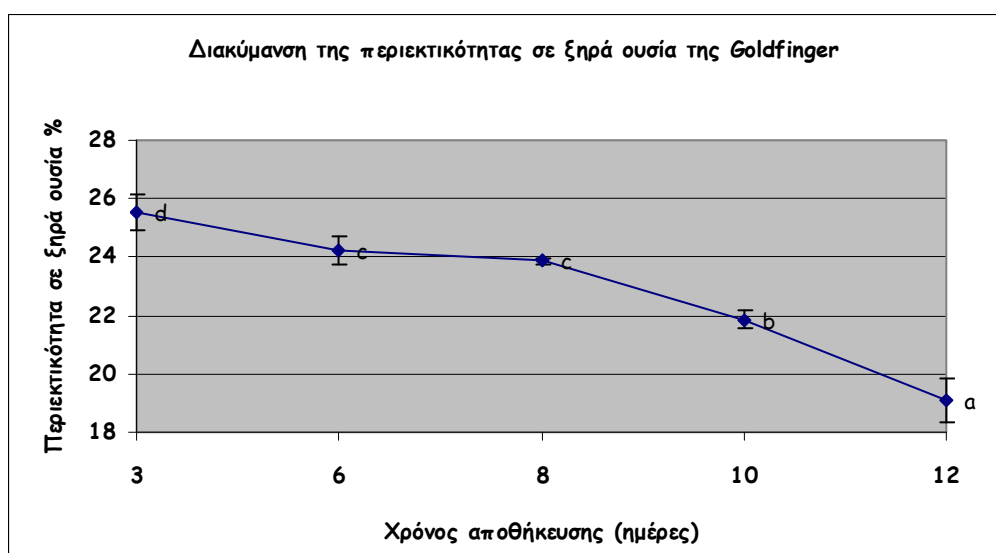
Εικόνα 4.4.2. Διακύμανση χρωματομετρικών παραμέτρων σάρκας της ποικιλίας Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.4.3. παρουσιάζεται η διακύμανση του pH κατά την ωρίμανση των καρπών της ποικιλίας Goldfinger. Την 6^η μόλις ημέρα αποθήκευσης το pH των καρπών μειώνεται απότομα, για να αρχίσει και πάλι να αυξάνεται ως το τέλος της εδωδιμής ζωής των καρπών. Σε σχετική μελέτη του Dadzie (1998) σε καρπούς της ποικιλίας Goldfinger, διαπιστώνεται μείωση και στη συνέχεια αύξηση στο pH της σάρκας των καρπών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Το pH μειώνεται απότομα από 6 (στάδιο 1) σε 4.5 (στάδιο 5), και στη συνέχεια αυξάνεται αργά σε 4.9 (στάδιο 8).



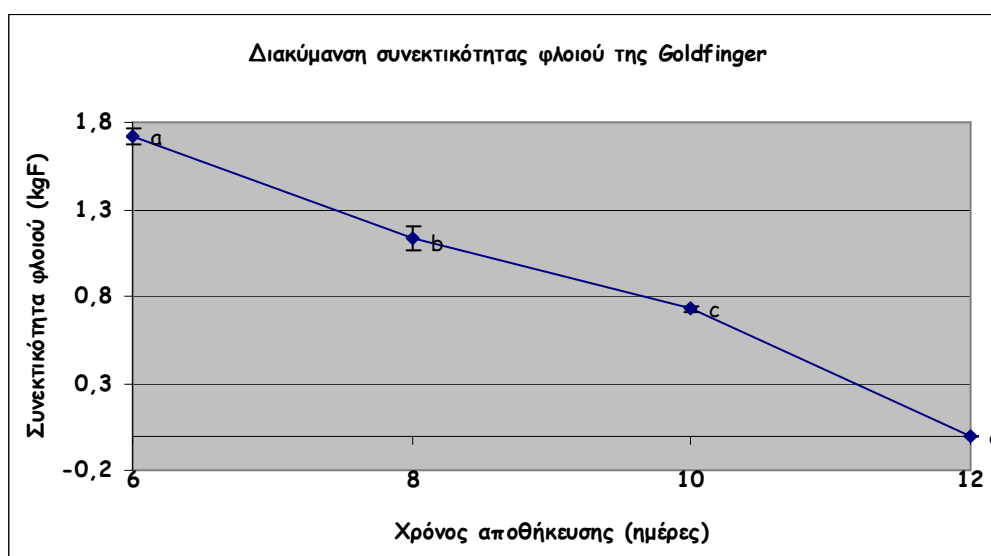
Εικόνα 4.4.3. Διακύμανση pH της ποικιλίας Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.4.4. παρουσιάζεται η διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των καρπών της Goldfinger, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Όπως φαίνεται η περιεκτικότητα της σάρκας των καρπών της Goldfinger σε ξηρά ουσία κατά την ωρίμανση, ακολουθεί την ίδια διακύμανση με αυτήν που παρουσιάζουν και οι ποικιλίες Grande Naine, Williams και Cavendish nana.



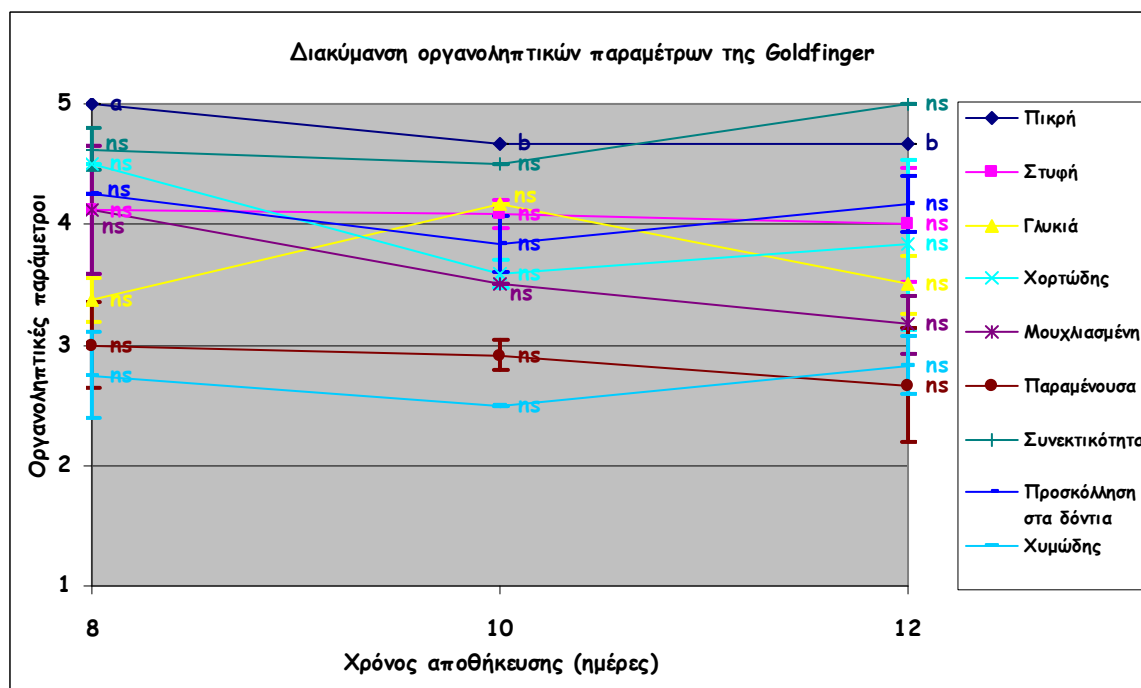
Εικόνα 4.4.4. Διακύμανση περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία της ποικιλίας Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.4.5. παρουσιάζεται η διακύμανση της συνεκτικότητας του φλοιού των καρπών της *Goldfinger*, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Με το χρόνο αποθήκευσης η συνεκτικότητα μειώνεται σημαντικά για να παρουσιάσει μηδενική αντίσταση στην πίεση την 12^η ημέρα αποθήκευσης ($P < 0.05$).



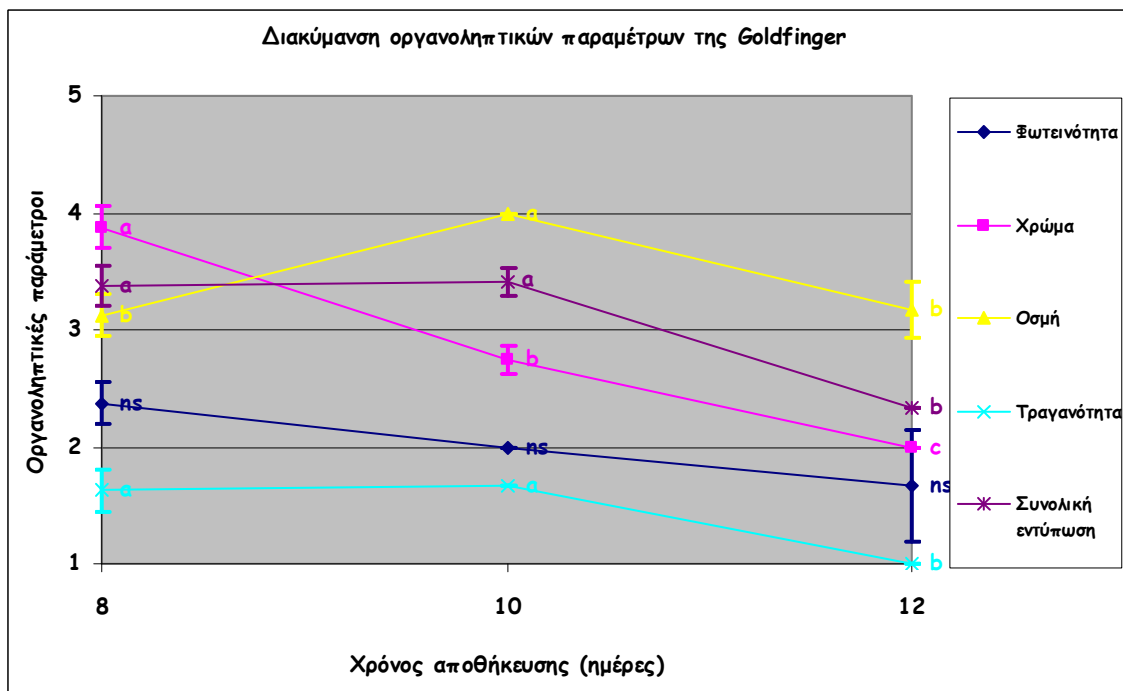
Εικόνα 4.4.5. Διακύμανση συνεκτικότητας φλοιού της ποικιλίας *Goldfinger* σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στις εικόνες 4.4.6. και 4.4.7. παρουσιάζεται η διακύμανση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των καρπών της ποικιλίας *Goldfinger*, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Για όλα τα χαρακτηριστικά της γεύσης των καρπών της τετραπλοειδούς *Goldfinger* τα μέλη του πάνελ δεν επισημαίνουν σημαντικές διαφορές στη διακύμανσή τους σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης. Μόνο η πικρή γεύση των καρπών φαίνεται ότι μεταβάλλεται σημαντικά κατά το χρόνο αποθήκευσης. Για το χαρακτηριστικό της γεύσης γλυκιά, τα μέλη του πάνελ φαίνεται ότι επισημαίνουν αύξηση στη γλυκύτητα των καρπών από μέτρια - έντονη (στάδιο 4) σε έντονη (στάδιο 5) και μέτρια - έντονη (στάδιο 6).



Εικόνα 4.4.6. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Goldfinger που αφορούν τα συστατικά της γεύσης, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Το χαρακτηριστικό της εξωτερικής εμφάνισης φωτεινότητα μειώνεται μη σημαντικά από λίγο έντονη - μέτρια (στάδιο 4) σε λίγο έντονη (στάδιο 5) και λίγο έντονη - καθόλου έντονη (στάδιο 6). Η εκτίμηση των μελών του πάνελ για το εξωτερικό χρώμα των καρπών στα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης ταυτίζεται με τις τιμές των χρωματομετρικών παραμέτρων στη φυσικοχημική ανάλυση. Η οσμή των καρπών αυξάνεται σημαντικά ($P < 0.05$) από μέτρια - έντονη (στάδιο 4) σε έντονη (στάδιο 5) και μειώνεται ξανά σε μέτρια - έντονη (στάδιο 6). Το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$) με το χρόνο αποθήκευσης από καθόλου έντονη - λίγο έντονη (στάδια 4 και 5) σε καθόλου έντονη (στάδιο 6). Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ για τους καρπούς της ποικιλίας Goldfinger μεταβάλλεται σημαντικά ($P < 0.05$) από μέτρια - καλή (στάδια 4 και 5) σε κακή - μέτρια (στάδιο 6).



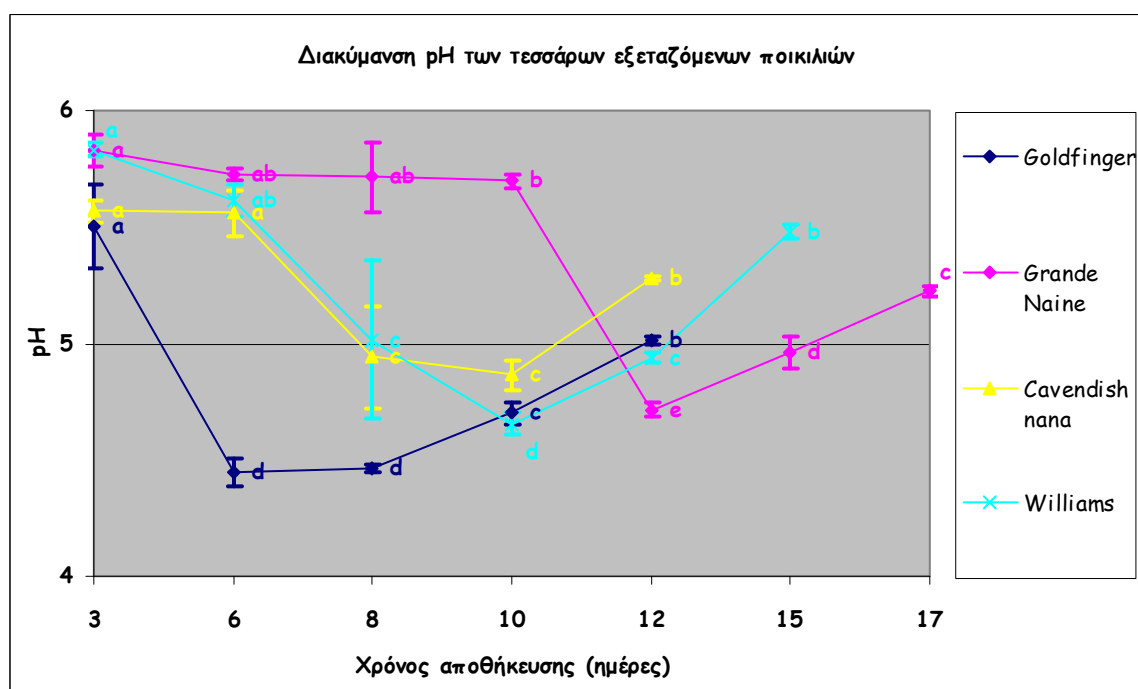
Εικόνα 4.4.7. Διακύμανση οργανοληπτικών παραμέτρων της ποικιλίας Goldfinger που αφορούν την εξωτερική εμφάνιση, οσμή, αφή και συνολική εντύπωση, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Η διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης ποικίλλει μεταξύ των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών. Οι καρποί της ποικιλίας *Grande Naine* αποθηκεύτηκαν για 17 ημέρες σε συνθήκες δωματίου προκειμένου να φτάσουν στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης, που σημειοδοτεί την αρχή του τέλους της εδώδιμης ζωής τους. Οι καρποί της ποικιλίας *Williams* αποθηκεύτηκαν 15 ημέρες προκειμένου να φτάσουν στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης, ενώ οι καρποί των *Cavendish* nana και *Goldfinger* αποθηκεύτηκαν μόλις 12 ημέρες προκειμένου να φτάσουν στο ίδιο στάδιο ωρίμανσης (6^ο στάδιο).

Στην Εικόνα 4.1. παρουσιάζεται η διακύμανση του pH των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών μπανάνας κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, η διακύμανση του pH όλων των ποικιλιών σε γενικές γραμμές ακολουθεί την ίδια τάση. Το pH των καρπών της μπανάνας είναι γενικότερα υψηλό όταν οι καρποί συγκομίζονται στο ώριμο πράσινο στάδιο και μειώνεται με την ωρίμανση (Dadzie, 1998). Για όλες τις τριπλοειδείς ποικιλίες παρατηρείται σταδιακή πτώση του pH με την έναρξη της ωρίμανσης χωρίς όμως σημαντικές μεταβολές ως το 4^ο στάδιο ωρίμανσης που αντιστοιχεί στις 12, 10 και 8 ημέρες αποθήκευσης για τις *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* nana αντίστοιχα, όπου πραγματοποιείται σημαντική μείωση στην τιμή του pH ($P < 0.05$). Στη συνέχεια (5^ο και 6^ο στάδιο), οι τιμές του pH αυξάνονται, ως το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών. Το pH των καρπών της τετραπλοειδούς ποικιλίας *Goldfinger* μειώνεται απότομα ($P < 0.05$) την 6^η μόλις ημέρα αποθήκευσης, και αρχίζει να αυξάνεται σημαντικά ($P < 0.05$), από την 8^η ημέρα αποθήκευσης (4^ο στάδιο) ως το τέλος της εδώδιμης ζωής των καρπών.

Η διακύμανση των τιμών του pH των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams* και *Goldfinger* στην παρούσα έρευνα, φαίνεται ότι συμφωνεί με την διακύμανση pH που περιγράφεται σε σχετική μελέτη του Dadzie (1998) όπου επισημαίνονται τα εξής: το pH των καρπών της *Grande Naine* μειώνεται

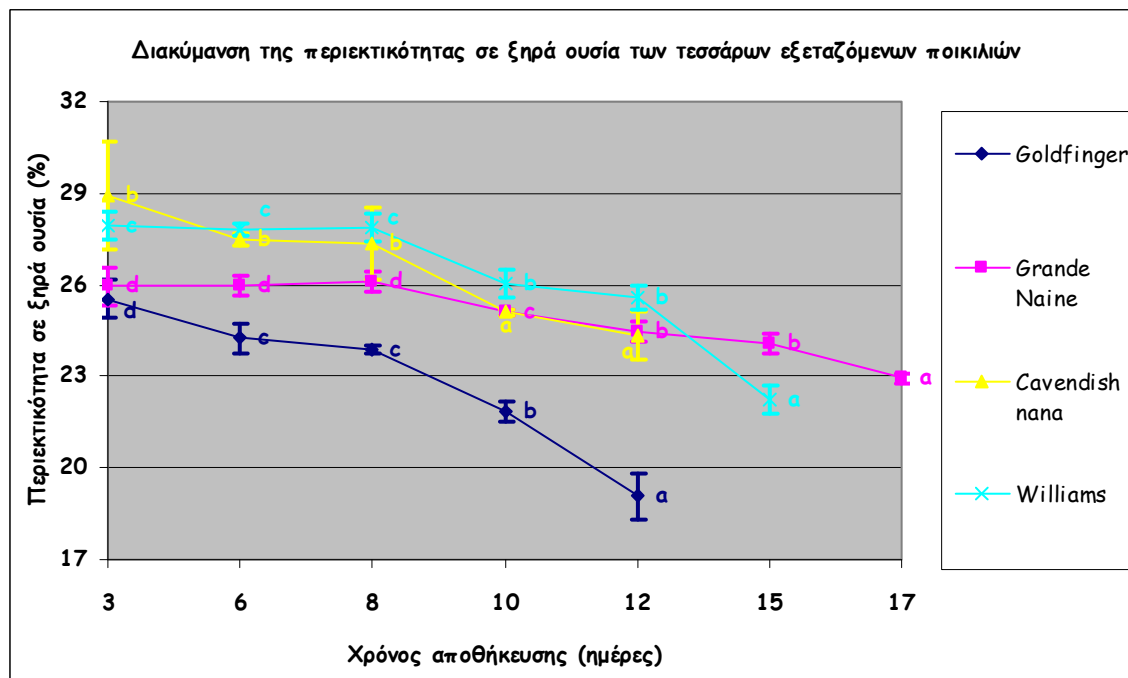
απότομα από 5.8 (στάδιο 1) σε 5.4 (στάδιο 2), και στη συνέχεια αυξάνεται αργά σε 5.5 (στάδιο 8), το pH της Williams, μειώνεται απότομα από 5.8 (στάδιο 1) σε 5.4 (στάδιο 2), και στη συνέχεια αυξάνεται αργά σε 5.6 (στάδιο 8), το pH της Goldfinger μειώνεται απότομα από 6 (στάδιο 1) σε 4.5 (στάδιο 5), και στη συνέχεια αυξάνεται αργά σε 4.9 (στάδιο 8).



Εικόνα 4.1. Διακύμανση του pH των ποικιλιών Goldfinger, Grande Naine, Cavendish nana και Williams, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Στην εικόνα 4.2. παρουσιάζεται η διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των τεσσάρων εξεταζόμενων ποικιλιών μπανάνας κατά τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης. Κατά την ωρίμανση των καρπών των τριπλοειδών ποικιλιών Grande Naine, Williams και Cavendish nana, η περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία φαίνεται ότι μειώνεται σημαντικά ($P < 0.05$). Η μείωση αυτή πιθανώς να οφείλεται στην αύξηση τη περιεκτικότητας της σάρκας σε υγρασία. Η αύξηση στην περιεκτικότητα της σάρκας σε υγρασία αποδίδεται στην απώλεια νερού από το φλοιό του καρπού που επιφέρει η διαφορετική αλλαγή στην οσμωτική πίεση, λόγω της γρήγορης αύξησης της συγκέντρωσης των σακχάρων στη σάρκα. Η περιεκτικότητα της

σάρκας των καρπών της *Goldfinger* σε ξηρά ουσία κατά την ωρίμανση, ακολουθεί την ίδια διακύμανση με αυτήν που παρουσιάζουν οι τριπλοειδείς ποικιλίες.



Εικόνα 4.2. Διακύμανση της περιεκτικότητας σε ξηρά ουσία των ποικιλιών *Goldfinger*, *Grande Naine*, *Cavendish nana* και *Williams*, σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Πίνακας 4.1.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Φυσικοχημικές παράμετροι	Ημέρες αποθήκευσης							
		3	6	8	10	12	15	17
L φλοιού	<i>M.O.</i>	45,63	47,94	45,84	48,04	52,04	61,70	58,49
	<i>T.A.</i>	2,77	0,50	1,29	1,44	4,71	1,41	1,96
a φλοιού	<i>M.O.</i>	-9,64	-8,58	-8,23	-7,69	2,33	6,94	9,78
	<i>T.A.</i>	0,69	0,57	0,54	0,88	1,57	0,85	0,22
b φλοιού	<i>M.O.</i>	33,34	34,94	34,60	34,28	39,74	48,79	43,99
	<i>T.A.</i>	0,33	0,72	0,97	0,34	1,50	0,96	1,43
L σάρκας	<i>M.O.</i>	82,29	81,85	80,51	81,14	69,77	67,31	66,83
	<i>T.A.</i>	0,60	0,13	0,40	0,32	3,17	3,35	4,32
a σάρκας	<i>M.O.</i>	3,51	3,71	4,15	4,13	5,75	6,27	5,64
	<i>T.A.</i>	0,18	0,11	0,14	0,17	0,63	0,15	0,08
b σάρκας	<i>M.O.</i>	24,62	25,12	26,33	26,00	29,54	34,28	32,76
	<i>T.A.</i>	0,64	0,02	0,36	0,52	2,23	2,48	2,18
pH	<i>M.O.</i>	5,83	5,72	5,71	5,70	4,72	4,96	5,22
	<i>T.A.</i>	0,07	0,03	0,15	0,03	0,03	0,07	0,02
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία %	<i>M.O.</i>	25,97	25,99	26,10	25,09	24,45	24,07	22,93
	<i>T.A.</i>	0,62	0,34	0,34	0,10	0,33	0,31	0,17
Συνεκτικότητα φλοιού (KgF)	<i>M.O.</i>	-	8,60	7,39	7,15	4,31	2,83	1,26
	<i>T.A.</i>	-	0,06	0,02	0,05	0,02	0,07	0,04

Πίνακας 4.1.2. Διακύμανση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων της Grande Naine σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Οργανοληπτικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης		
		12	15	17
Φωτεινότητα	<i>M.O.</i>	3,50	3,75	2,50
	<i>T.A.</i>	0,24	0,35	0,24
Χρώμα	<i>M.O.</i>	3,83	3,13	2,00
	<i>T.A.</i>	0,24	0,18	0,00
Οσμή	<i>M.O.</i>	2,83	3,13	3,50
	<i>T.A.</i>	0,24	0,18	0,24
Τραγανότητα	<i>M.O.</i>	4,00	3,63	2,83
	<i>T.A.</i>	0,00	0,18	0,24
Συνολική εντύπωση	<i>M.O.</i>	3,83	4,00	3,17
	<i>T.A.</i>	0,24	0,00	0,24
Πικρή	<i>M.O.</i>	4,33	4,25	4,83
	<i>T.A.</i>	0,00	0,35	0,24
Στυφή	<i>M.O.</i>	4,33	4,38	4,83
	<i>T.A.</i>	0,00	0,53	0,24
Γλυκιά	<i>M.O.</i>	3,00	3,50	4,33
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,00
Χορτώδης	<i>M.O.</i>	4,50	4,50	4,67
	<i>T.A.</i>	0,24	0,35	0,00
Μουχλιασμένη	<i>M.O.</i>	4,67	4,63	3,67
	<i>T.A.</i>	0,00	0,18	0,00
Παραμένουσα	<i>M.O.</i>	2,83	2,75	2,17
	<i>T.A.</i>	0,24	0,00	0,24
Συνεκτικότητα	<i>M.O.</i>	2,00	2,63	3,00
	<i>T.A.</i>	0,00	0,18	0,00
Προσκόλληση στα δόντια	<i>M.O.</i>	3,33	3,38	3,50
	<i>T.A.</i>	0,00	0,18	0,24
Χυμώδης	<i>M.O.</i>	2,50	2,63	2,67
	<i>T.A.</i>	0,24	0,18	0,00

Πίνακας 4.2.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Φυσικοχημικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης					
		3	6	8	10	12	15
L φλοιού	<i>M.O.</i>	44,95	44,95	45,48	49,88	60,75	50,77
	<i>T.A.</i>	1,67	0,99	2,02	2,97	1,42	1,51
α φλοιού	<i>M.O.</i>	-9,59	-8,38	-6,52	-4,64	1,42	8,95
	<i>T.A.</i>	0,43	0,83	0,75	0,92	0,47	0,02
b φλοιού	<i>M.O.</i>	32,94	31,99	33,95	35,75	47,19	35,18
	<i>T.A.</i>	1,48	0,62	2,51	1,23	2,13	2,13
L σάρκας	<i>M.O.</i>	79,72	79,77	78,22	76,27	73,38	63,24
	<i>T.A.</i>	0,43	0,55	0,84	0,38	0,77	1,38
α σάρκας	<i>M.O.</i>	4,69	6,25	6,46	6,65	7,91	6,89
	<i>T.A.</i>	1,30	0,99	0,87	0,25	0,43	0,41
b σάρκας	<i>M.O.</i>	27,28	28,09	28,82	33,03	38,72	33,21
	<i>T.A.</i>	0,97	1,09	2,68	1,44	0,57	2,15
pH	<i>M.O.</i>	5,83	5,62	5,02	4,65	4,94	5,48
	<i>T.A.</i>	0,03	0,07	0,34	0,05	0,02	0,03
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία %	<i>M.O.</i>	27,93	27,79	27,87	26,04	25,58	22,24
	<i>T.A.</i>	0,45	0,21	0,44	0,48	0,38	0,45
Συνεκτικότητα φλοιού (KgF)	<i>M.O.</i>	-	8,81	7,71	4,52	2,23	1,29
	<i>T.A.</i>	-	0,08	0,02	0,02	0,03	0,01

Πίνακας 4.2.2. Διακύμανση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων της Williams σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Οργανοληπτικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης		
		10	12	15
Ξωτεινότητα	<i>M.O.</i>	2,17	3,17	2,63
	<i>T.A.</i>	0,00	0,24	0,18
Χρώμα	<i>M.O.</i>	4,17	3,00	2,25
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,35
Οσμή	<i>M.O.</i>	3,33	3,50	3,50
	<i>T.A.</i>	0,00	0,71	0,00
Τραγανότητα	<i>M.O.</i>	3,50	3,17	1,50
	<i>T.A.</i>	0,24	0,24	0,00
Συνολική εντύπωση	<i>M.O.</i>	3,33	4,00	3,38
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,18
Πικρή	<i>M.O.</i>	3,83	5,00	4,13
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,88
Στυφή	<i>M.O.</i>	4,00	4,83	4,13
	<i>T.A.</i>	0,24	0,24	0,53
Γλυκιά	<i>M.O.</i>	2,75	3,67	3,63
	<i>T.A.</i>	0,12	0,47	0,18
Χορτώδης	<i>M.O.</i>	4,33	4,83	4,13
	<i>T.A.</i>	0,24	0,24	0,18
Μουχλιασμένη	<i>M.O.</i>	4,83	4,67	3,50
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,00
Παραμένουσα	<i>M.O.</i>	2,83	2,33	2,63
	<i>T.A.</i>	0,24	0,00	0,53
Συνεκτικότητα	<i>M.O.</i>	2,50	2,83	4,25
	<i>T.A.</i>	0,24	0,24	0,35
Προσκόλληση στα δόντια	<i>M.O.</i>	3,67	3,67	4,00
	<i>T.A.</i>	0,00	0,47	0,71
Χυμώδης	<i>M.O.</i>	1,75	2,83	2,88
	<i>T.A.</i>	0,12	0,24	0,18

Πίνακας 4.3.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της Cavendish παπα σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Φυσικοχημικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης				
		3	6	8	10	12
L φλοιού	<i>M.O.</i>	42,91	45,93	48,03	54,43	47,72
	<i>T.A.</i>	1,36	1,65	1,24	1,15	1,02
α φλοιού	<i>M.O.</i>	-9,14	-6,40	-2,83	3,51	9,66
	<i>T.A.</i>	0,30	1,02	0,89	0,52	0,12
β φλοιού	<i>M.O.</i>	31,89	33,55	34,56	36,85	30,19
	<i>T.A.</i>	1,12	0,43	0,63	1,96	1,16
L σάρκας	<i>M.O.</i>	79,68	79,10	76,13	71,62	72,57
	<i>T.A.</i>	0,19	0,08	3,34	0,32	1,08
α σάρκας	<i>M.O.</i>	6,67	6,76	6,92	9,79	9,70
	<i>T.A.</i>	0,30	0,33	0,35	0,03	0,12
β σάρκας	<i>M.O.</i>	30,40	29,07	30,38	38,67	41,69
	<i>T.A.</i>	0,94	0,74	0,75	0,63	0,47
pH	<i>M.O.</i>	5,57	5,56	4,94	4,86	5,28
	<i>T.A.</i>	0,05	0,10	0,22	0,06	0,01
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία %	<i>M.O.</i>	28,91	27,51	27,38	25,09	24,33
	<i>T.A.</i>	1,76	0,19	1,18	0,10	0,79
Συνεκτικότητα φλοιού (KgF)	<i>M.O.</i>	-	7,65	5,52	2,64	1,25
	<i>T.A.</i>	-	0,05	0,03	0,02	0,02

Πίνακας 4.3.2. Διακύμανση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων της Cavendish παπα σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Οργανοληπτικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης		
		8	10	12
Ξωτεινότητα	<i>M.O.</i>	2,25	2,17	3,17
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,24
Χρώμα	<i>M.O.</i>	3,75	3,00	2,75
	<i>T.A.</i>	0,12	0,12	0,00
Οσμή	<i>M.O.</i>	2,25	2,58	3,50
	<i>T.A.</i>	0,12	0,12	0,71
Τραγανότητα	<i>M.O.</i>	3,58	3,50	3,17
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,24
Συνολική εντύπωση	<i>M.O.</i>	3,08	3,33	4,00
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,00
Πικρή	<i>M.O.</i>	4,75	4,83	5,00
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,00
Στυφή	<i>M.O.</i>	4,08	4,17	4,83
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,24
Γλυκιά	<i>M.O.</i>	2,92	3,50	3,67
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,47
Χορτώδης	<i>M.O.</i>	2,92	3,58	4,83
	<i>T.A.</i>	0,12	0,12	0,24
Μουχλιασμένη	<i>M.O.</i>	4,50	4,42	4,67
	<i>T.A.</i>	0,00	0,12	0,00
Παραμένουσα	<i>M.O.</i>	3,17	3,17	2,33
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,00
Συνεκτικότητα	<i>M.O.</i>	2,75	3,08	2,83
	<i>T.A.</i>	0,12	0,35	0,24
Προσκόλληση στα δόντια	<i>M.O.</i>	3,75	3,83	3,67
	<i>T.A.</i>	0,12	0,00	0,47
Χυμώδης	<i>M.O.</i>	1,92	2,08	2,83
	<i>T.A.</i>	0,12	0,12	0,24

Πίνακας 4.4.1. Διακύμανση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Φυσικοχημικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης				
		3	6	8	10	12
L φλοιού	<i>M.O.</i>	46,72	50,45	53,62	51,03	50,76
	<i>T.A.</i>	2,40	1,24	1,38	0,91	2,39
α φλοιού	<i>M.O.</i>	-7,84	-2,74	2,79	6,44	7,45
	<i>T.A.</i>	0,42	1,82	0,22	0,18	0,16
β φλοιού	<i>M.O.</i>	32,08	34,92	38,18	36,55	34,20
	<i>T.A.</i>	1,17	1,81	1,28	1,62	2,78
L σάρκας	<i>M.O.</i>	80,98	76,84	74,38	75,28	78,29
	<i>T.A.</i>	0,78	0,46	0,80	0,74	2,45
α σάρκας	<i>M.O.</i>	5,92	5,90	6,66	6,22	4,47
	<i>T.A.</i>	0,42	0,08	0,12	0,84	0,37
β σάρκας	<i>M.O.</i>	26,92	29,65	33,08	32,59	33,23
	<i>T.A.</i>	0,79	2,69	0,34	1,90	0,52
pH	<i>M.O.</i>	5,50	4,45	4,46	4,70	5,01
	<i>T.A.</i>	0,18	0,06	0,02	0,05	0,02
Περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία %	<i>M.O.</i>	25,53	24,25	23,88	21,86	19,09
	<i>T.A.</i>	0,63	0,47	0,10	0,31	0,76
Συνεκτικότητα φλοιού (KgF)	<i>M.O.</i>	-	1,72	1,13	0,73	0,00
	<i>T.A.</i>	-	0,05	0,07	0,02	0,00

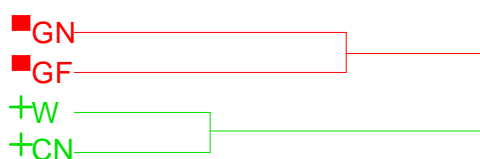
Πίνακας 4.4.2. Διακύμανση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων της Goldfinger σε σχέση με το χρόνο αποθήκευσης.

Οργανοληπτικές παράμετροι		Ημέρες αποθήκευσης		
		8	10	12
Ξωτεινότητα	<i>M.O.</i>	2,38	2,00	1,67
	<i>T.A.</i>	0,18	0,00	0,47
Χρώμα	<i>M.O.</i>	3,88	2,75	2,00
	<i>T.A.</i>	0,18	0,12	0,00
Οσμή	<i>M.O.</i>	3,13	4,00	3,17
	<i>T.A.</i>	0,18	0,00	0,24
Τραγανότητα	<i>M.O.</i>	1,63	1,67	1,00
	<i>T.A.</i>	0,18	0,00	0,00
Συνολική εντύπωση	<i>M.O.</i>	3,38	3,42	2,33
	<i>T.A.</i>	0,18	0,12	0,00
Πικρή	<i>M.O.</i>	5,00	4,67	4,67
	<i>T.A.</i>	0,00	0,00	0,00
Στυφή	<i>M.O.</i>	4,13	4,08	4,00
	<i>T.A.</i>	0,53	0,12	0,47
Γλυκιά	<i>M.O.</i>	3,38	4,17	3,50
	<i>T.A.</i>	0,18	0,00	0,24
Χορτώδης	<i>M.O.</i>	4,50	3,58	3,83
	<i>T.A.</i>	0,00	0,12	0,71
Μουχλιασμένη	<i>M.O.</i>	4,13	3,50	3,17
	<i>T.A.</i>	0,53	0,00	0,24
Παραμένουσα	<i>M.O.</i>	3,00	2,92	2,67
	<i>T.A.</i>	0,35	0,12	0,47
Συνεκτικότητα	<i>M.O.</i>	4,63	4,50	5,00
	<i>T.A.</i>	0,18	0,00	0,00
Προσκόλληση στα δόντια	<i>M.O.</i>	4,25	3,83	4,17
	<i>T.A.</i>	0,00	0,24	0,24
Χυμώδης	<i>M.O.</i>	2,75	2,50	2,83
	<i>T.A.</i>	0,35	0,00	0,24

5. Ανάλυση ομαδοποίησης (Cluster analysis)

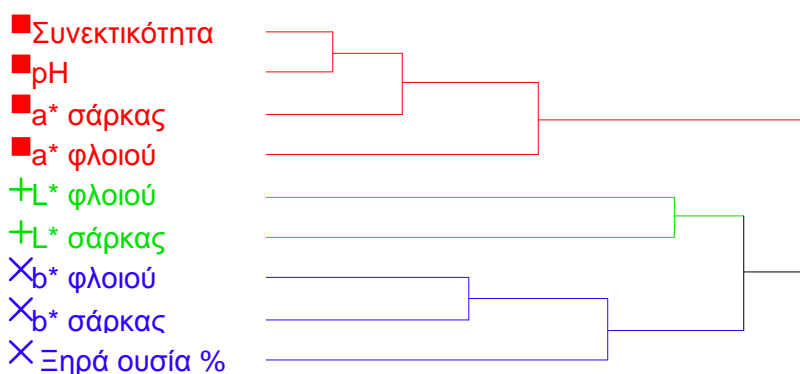
5.1. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης

Σύμφωνα με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης, προέκυψε το δενδρόγραμμα ομαδοποίησης των ποικιλιών (Εικόνα 5.1.1). Όπως φαίνεται από το διάγραμμα, οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Goldfinger* ομαδοποιούνται μαζί στο πρώτο σύνολο, ενώ οι ποικιλίες *Williams* και *Cavendish* να ομαδοποιούνται μαζί στο δεύτερο.



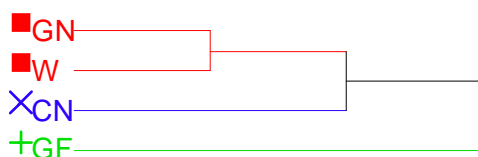
Εικόνα 5.1.1. Το δενδρόγραμμα και η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.1.2. φαίνεται η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Όπως φαίνεται, στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά συνεκτικότητα του φλοιού, pH, a^* σάρκας και a^* φλοιού. Στο δεύτερο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας. Το τρίτο σύνολο αποτελούν τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία.



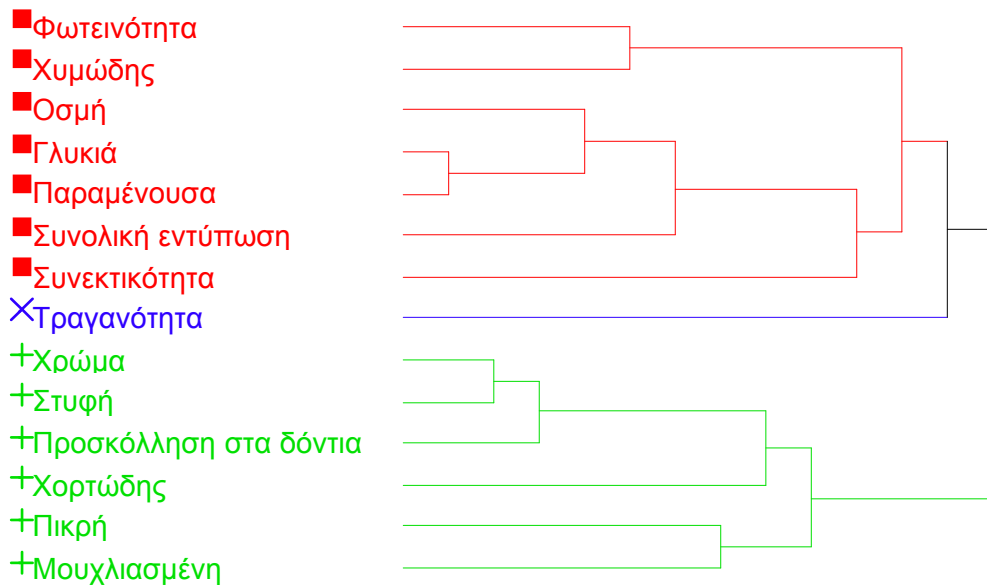
Εικόνα 5.1.2. Το δενδρόγραμμα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

Σύμφωνα με τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης, προέκυψε το δένδρογραμμα ομαδοποίησης των ποικιλιών (Εικόνα 5.1.3.). Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, οι ποικιλίες Grande Naine και Williams ομαδοποιούνται μαζί σε ένα σύνολο. Η Cavendish παρα ομαδοποιείται μόνη της σε δεύτερο σύνολο, και η Goldfinger ομαδοποιείται επίσης μόνη της σε τρίτο σύνολο, ανεξάρτητα απ' όλες τις υπόλοιπες.



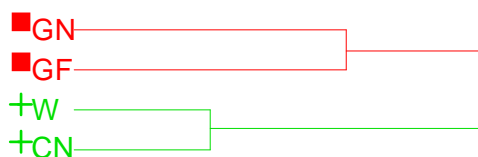
Εικόνα 5.1.3. Η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις οργανοληπτικές τους ιδιότητες στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.1.4. φαίνεται η ομαδοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε τρία σύνολα ομάδων. Το 1^ο σύνολο αποτελεί έκφραση της γεύσης και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά γλυκιά, παραμένουσα, χυμώδης και συνεκτικότητα που όπως φαίνεται ομαδοποιούνται με την οσμή, τη συνολική εντύπωση και τη φωτεινότητα. Η τραγανότητα είναι ανεξάρτητη από τα άλλα χαρακτηριστικά και αποτελεί από μόνη της ένα 2^ο υποσύνολο. Το 3^ο σύνολο περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά της γεύσης στυφή, προσκόλληση στα δόντια, χορτώδης, πικρή και μouxλιασμένη που όπως φαίνεται ομαδοποιούνται με το χαρακτηριστικό της εξωτερικής εμφάνισης, χρώμα.



Εικόνα 5.1.4. Το δενδρόγραμμα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

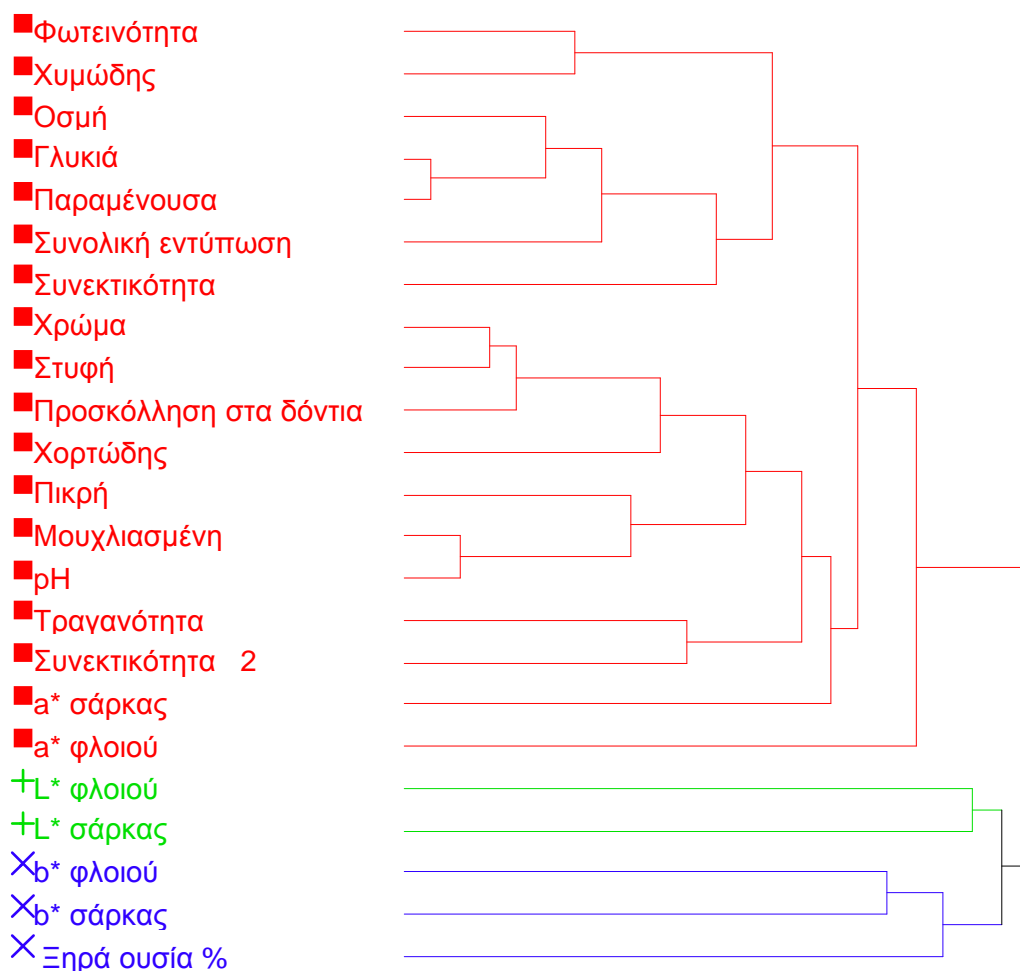
Η Εικόνα 5.1.5. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Goldfinger*, και στο δεύτερο οι ποικιλίες *Williams* και *Cavendish nana*.



Εικόνα 5.1.5. Το δενδρόγραμμα και η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και την οργανοληπτική εξέταση, στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.1.6. φαίνεται η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε τρεις ομάδες. Η 1^η ομάδα περιλαμβάνει όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που όπως φαίνεται ομαδοποιούνται με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά pH, συνεκτικότητα του φλοιού, α σάρκας και α φλοιού. Τα υπόλοιπα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ομαδοποιούνται

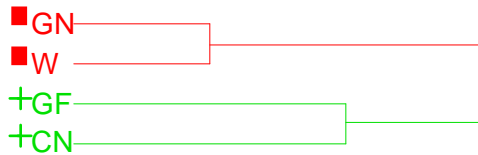
ανεξάρτητα από τις οργανοληπτικές ιδιότητες των ποικιλιών, στη 2^η και 3^η ομάδα. Η 2^η ομάδα περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας, και η 3^η ομάδα τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία.



Εικόνα 5.1.6. Το δενδρόγραμμα των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης.

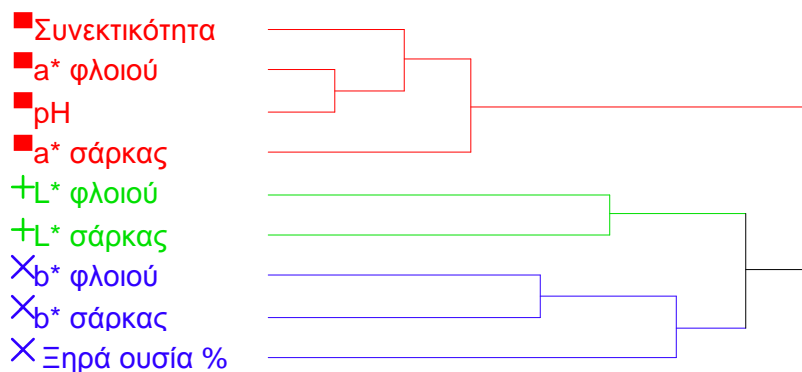
5.2. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης

Η Εικόνα 5.2.1 δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται μαζί οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams*, ενώ το δεύτερο σύνολο αποτελούν οι ποικιλίες *Goldfinger* και *Cavendish nana*.



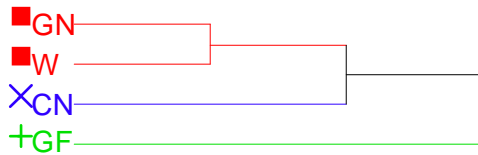
Εικόνα 5.2.1. Η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.2.2. φαίνεται η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Τα χαρακτηριστικά pH και a φλοιού ομαδοποιούνται μαζί. Στο ίδιο σύνολο ομαδοποιούνται και τα χαρακτηριστικά συνεκτικότητα φλοιού και a σάρκας. Ένα δεύτερο σύνολο σχηματίζουν τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας, ενώ σε τρίτο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία.



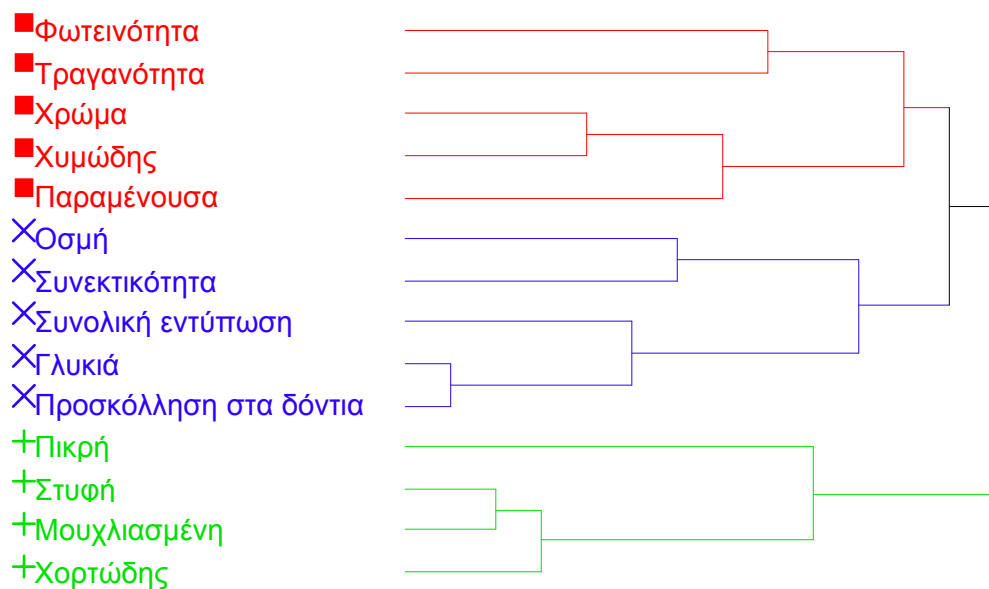
Εικόνα 5.2.2. Το δένδrogram των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

Η Εικόνα 5.2.3. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Οι ποικιλίες Grande Naine και Williams ομαδοποιούνται μαζί σε ένα σύνολο, ενώ οι ποικιλίες Cavendish nana και Goldfinger ομαδοποιούνται ανεξάρτητα από τις υπόλοιπες, και αποτελούν από μόνες τους υποσύνολα.



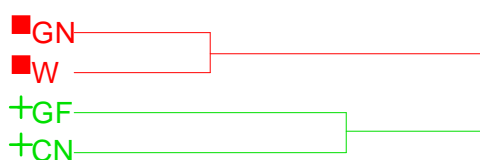
Εικόνα 5.2.3. Η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις οργανοληπτικές τους ιδιότητες στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.2.4. φαίνεται η ομαδοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε τρία σύνολα ομάδων. Στο 1^ο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής εμφάνισης φωτεινότητα και χρώμα, το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα, και τα χαρακτηριστικά της γεύσης χυμώδης και παραμένουσα. Το 2^ο σύνολο αποτελούν τα χαρακτηριστικά οσμή και συνεκτικότητα, που όπως φαίνεται ομαδοποιούνται μαζί με τα χαρακτηριστικά συνολική εντύπωση και τα συστατικά της γεύσης γλυκιά και συνεκτικότητα. Το 3^ο σύνολο αποτελεί έκφραση της γεύσης και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά πικρή, στυφή, μουχλιασμένη και χορτώδης.



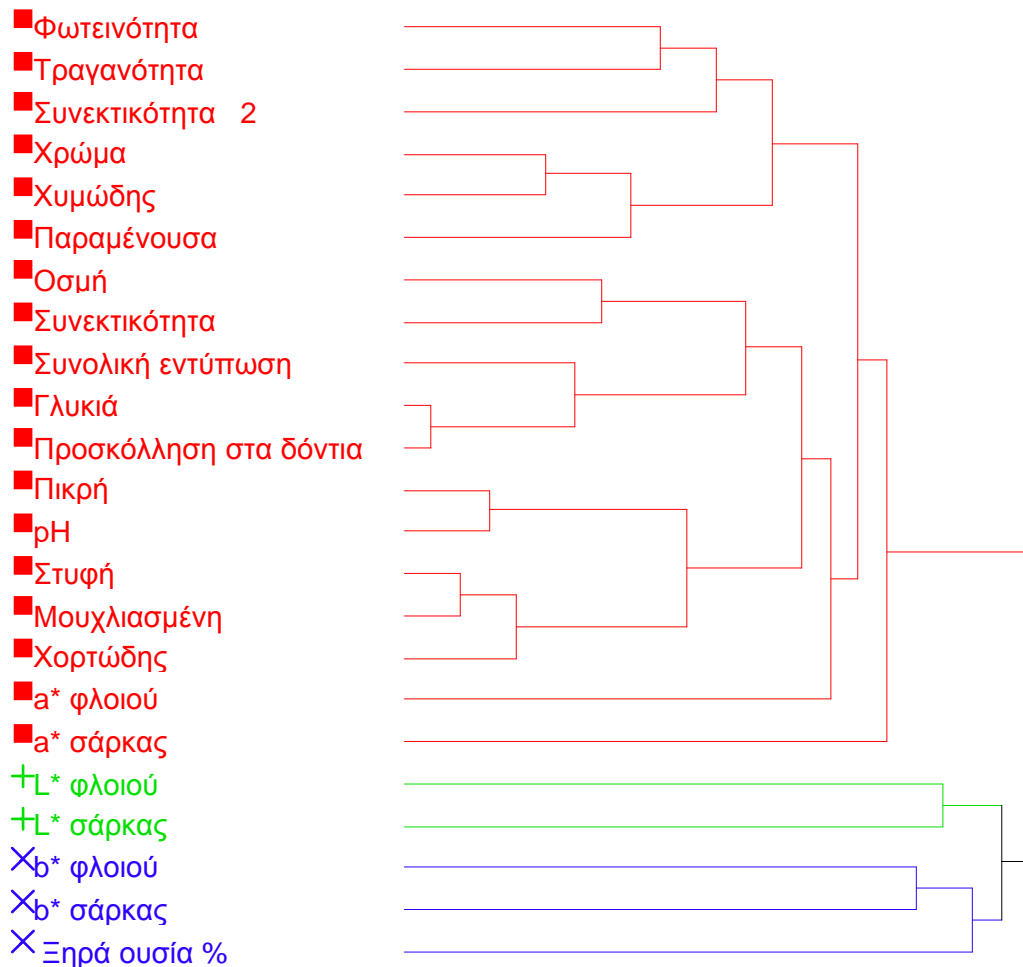
Εικόνα 5.2.4. Το δενδρόγραμμα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

Η Εικόνα 5.2.5. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Οι ποικιλίες Grande Naine και Williams ομαδοποιούνται στο πρώτο σύνολο, ενώ οι ποικιλίες Goldfinger και Cavendish ναμα ομαδοποιούνται μαζί στο δεύτερο σύνολο.



Εικόνα 5.2.5. Το δένδrogramma και η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και την οργανοληπτική εξέταση, στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

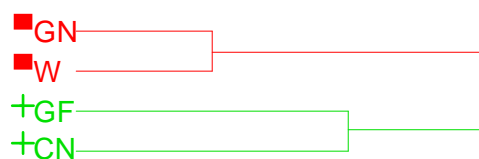
Στην Εικόνα 5.2.6. φαίνεται η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Το δένδrogramma της Εικόνας 16 φαίνεται να παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με το δένδrogramma της Εικόνας 14, το οποίο δείχνει την ομαδοποίηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο προηγούμενο (4^ο) στάδιο ωρίμανσης.



Εικόνα 5.2.6. Το δενδρόγραμμα των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

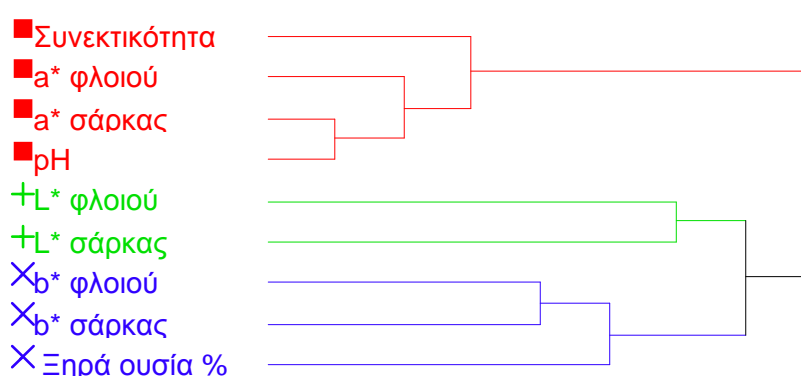
5.3. Ανάλυση ομαδοποίησης στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης

Η Εικόνα 5.3.1. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, οι ποικιλίες ομαδοποιούνται σε δύο σύνολα. Το πρώτο σύνολο αποτελούν οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* και το δεύτερο, οι ποικιλίες *Goldfinger* και *Cavendish nana*.



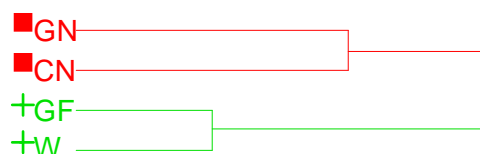
Εικόνα 5.3.1. Η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

Η Εικόνα 5.3.2. δείχνει την ομαδοποίηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά a σάρκας και pH. Μαζί τους ομαδοποιούνται και τα χαρακτηριστικά a φλοιού και συνεκτικότητα φλοιού. Στο δεύτερο σύνολο ομαδοποιούνται μαζί τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας. Το τρίτο σύνολο αποτελούν τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα της σάρκας σε ξηρά ουσία.



Εικόνα 5.3.2. Το δενδρόγραμμα των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

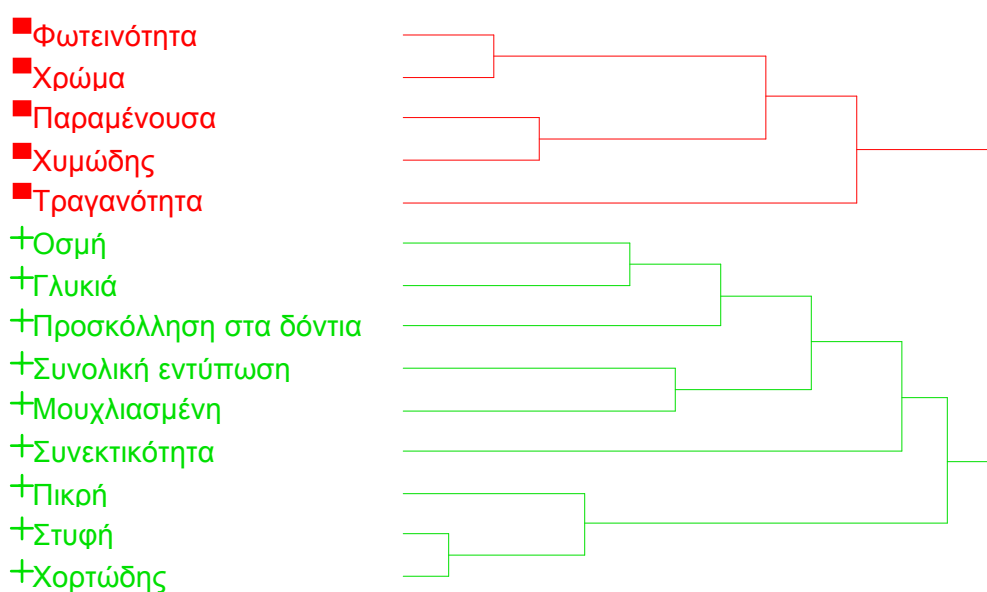
Η Εικόνα 5.3.3. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Οι ποικιλίες Grande Naine και Cavendish ναμα ομαδοποιούνται στο πρώτο σύνολο, ενώ οι ποικιλίες Goldfinger και Williams ομαδοποιούνται στο δεύτερο σύνολο.



Εικόνα 5.3.3. Η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις οργανοληπτικές τους ιδιότητες στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

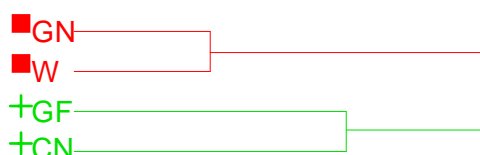
Στην Εικόνα 5.3.4. φαίνεται η ομαδοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κατατάσσονται σε δύο σύνολα

ομάδων. Στο 1^ο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά της εξωτερικής εμφάνισης φωτεινότητα και χρώμα, τα συστατικά της γεύσης παραμένουσα και χυμώδης και το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα. Το 2^ο σύνολο αποτελεί έκφραση της γεύσης και περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά γλυκιά, προσκόλληση στα δόντια, μουχλιασμένη, συνεκτικότητα, πικρή, στυφή και χορτώδης, που όπως φαίνεται ομαδοποιούνται μαζί με τη συνολική εντύπωση και την οσμή.



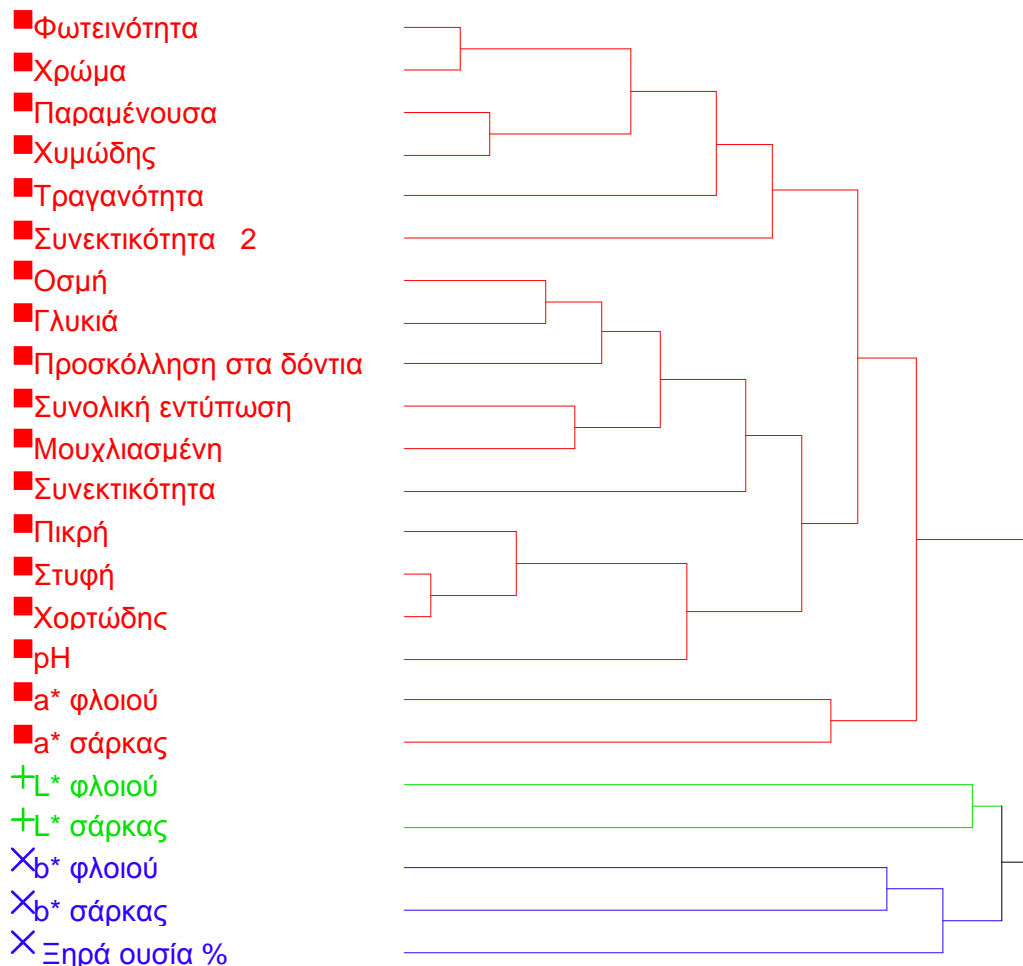
Εικόνα 5.3.4. Το δενδρόγραμμα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

Η Εικόνα 5.3.5. δείχνει την ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης. Το πρώτο σύνολο περιλαμβάνει τις ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams*, και το δεύτερο τις ποικιλίες *Goldfinger* και *Cavendish nana*.



Εικόνα 5.3.5. Το δενδρόγραμμα και η ταξινόμηση των εξεταζόμενων ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα με βάση τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και την οργανοληπτική εξέταση, στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

Στην Εικόνα 5.3.6. φαίνεται η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.



Εικόνα 5.3.6. Το δένδρογραμμα των οργανοληπτικών και φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης.

Η ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους για το καθένα από τα τρία μελετούμενα στάδια ωρίμανσης δείχνει ότι στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης η ποικιλία *Goldfinger* ομαδοποιείται με την *Grande Naine*, ενώ χωριστά ομαδοποιούνται οι ποικιλίες *Williams* και *Cavendish nana*. Στο 5^ο και 6^ο στάδιο ωρίμανσης τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ποικιλιών, τις ομαδοποιούν κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Οι τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* ομαδοποιούνται μαζί, ενώ η τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger* ομαδοποιείται με την τριπλοειδή *Cavendish nana*.

Η ιεραρχική ανάλυση των ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα βάσει των φυσικοχημικών τους ιδιοτήτων, δείχνει ότι οι φυσικοχημικές ιδιότητες της υπό αξιολόγηση τετραπλοειδούς ποικιλίας *Goldfinger* δεν υστερούν σε σχέση με αυτές των άλλων μελετούμενων τριπλοειδών ποικιλιών της ομάδας *Cavendish*.

Η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στα τρία στάδια ωρίμανσης δείχνει ότι οι φυσικοχημικές ιδιότητες των ποικιλιών ομαδοποιούνται σε τρία σύνολα ομάδων και κατά τον ίδιο τρόπο και στα τρία μελετούμενα στάδια ωρίμανσης. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά συνεκτικότητα, pH, α σάρκας και α φλοιού, στο δεύτερο σύνολο τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας και στο τρίτο, τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία.

Η ομαδοποίηση των ποικιλιών με βάση τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά δείχνει ότι στο 4^ο και 5^ο στάδιο ωρίμανσης οι τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine* και *Williams* της ομάδας *Giant Cavendish* ομαδοποιούνται μαζί και δημιουργούν ένα ευρύτερο σύνολο με την τριπλοειδή *Cavendish nana* της ομάδας *Dwarf Cavendish*, ενώ η τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger* ομαδοποιείται ανεξάρτητα από όλες τις υπόλοιπες. Στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης οι μελετούμενες ποικιλίες ομαδοποιούνται σε δύο σύνολα. Στο

πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται οι ποικιλίες *Grande Naine* και *Cavendish* nana, και στο δεύτερο οι ποικιλίες *Goldfinger* και *Williams*.

Η ιεραρχική ανάλυση των ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα βάσει των οργανοληπτικών τους ιδιοτήτων, δείχνει ότι στο 4^ο και 5^ο στάδιο ωρίμανσης η υπό αξιολόγηση τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger* ομαδοποιείται ανεξάρτητα στην προτίμηση των καταναλωτών (αρνητική εντύπωση) από τις υπόλοιπες μελετούμενες τριπλοειδείς της ομάδας *Cavendish*. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης η ποικιλία *Goldfinger* ομαδοποιείται μαζί την τριπλοειδή ποικιλία *Williams*, που αποτελεί μία από τις γνωστότερες εμπορικές ποικιλίες της ομάδας *Cavendish* και φέρει ιδιαίτερα αξιόλογα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.

Η ομαδοποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στα τρία στάδια ωρίμανσης δείχνει ότι στο 4^ο και 5^ο στάδιο οι οργανοληπτικές ιδιότητες των ποικιλιών ταξινομούνται σε τρία σύνολα ομάδων ενώ στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης σε δύο. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι τα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή, μουχλιασμένη και χορτώδης ομαδοποιούνται μαζί σε όλα τα στάδια ωρίμανσης. Αξιόλογο είναι και το γεγονός ότι σε όλα τα στάδια ωρίμανσης το χαρακτηριστικό συνολική εντύπωση ομαδοποιείται με τα χαρακτηριστικά της γεύσης γλυκιά και συνεκτικότητα, και την οσμή. Χαρακτηριστικό είναι ότι στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ καθορίζεται από τα χαρακτηριστικά της γεύσης γλυκιά, προσκόλληση στα δόντια, μουχλιασμένη, συνεκτικότητα, πικρή, στυφή και χορτώδης, και την οσμή.

Η ιεραρχική ανάλυση των ποικιλιών σε ομοειδή σύνολα βάσει των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών τους χαρακτηριστικών δείχνει ότι η τετραπλοειδής ποικιλία *Goldfinger* σε όλα τα στάδια ωρίμανσης ομαδοποιείται μαζί με μία από τις τριπλοειδείς ποικιλίες τύπου *Cavendish*. Η ομαδοποίηση αυτή εκφράζει ότι η ποιοτική αξία των καρπών της ποικιλίας *Goldfinger* είναι

υψηλή αφού μπορεί να συγκριθεί με αυτή των εμπορικών τριπλοειδών ποικιλιών Cavendish.

Η ομαδοποίηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών μπανάνας δείχνει ότι σε όλα τα μελετούμενα στάδια ωρίμανσης τα ποιοτικά χαρακτηριστικά ταξινομούνται σε τρία σύνολα ομάδων. Στο πρώτο σύνολο ομαδοποιούνται όλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά μαζί με τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά pH, συνεκτικότητα φλοιού, α φλοιού και α σάρκας. Στο δεύτερο, ομαδοποιούνται τα χαρακτηριστικά L φλοιού και L σάρκας, και στο τρίτο σύνολο τα χαρακτηριστικά b φλοιού, b σάρκας και περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το γεγονός ότι σε όλα τα στάδια ωρίμανσης, το φυσικοχημικό χαρακτηριστικό συνεκτικότητα φλοιού ομαδοποιείται στο ίδιο υποσύνολο με το χαρακτηριστικό της αφής τραγανότητα. Αξιόλογο είναι και το γεγονός ότι το pH των καρπών της μπανάνας ομαδοποιείται σε όλα τα στάδια ωρίμανσης στο ίδιο υποσύνολο με τα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή, μουχλιασμένη και χορτώδης. Η ομαδοποίηση αυτή δείχνει ότι η γεύση (πικρή, στυφή, μουχλιασμένη, χορτώδης) των καρπών της μπανάνας σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την ενεργό οξύτητα τους.

6. Ανάλυση Κυρίων Συνιστωσών (Principal Components Analysis- PCA)

Η Principal Components Analysis στοχεύει στη μείωση της διαστατικότητας ενός συνόλου στοιχείων στο οποίο υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός συνδεδεμένων μεταβλητών, διατηρώντας όσο το δυνατόν περισσότερες από τις πληροφορίες που είναι παρούσες στα αρχικά στοιχεία. Η μείωση επιτυγχάνεται μέσω ενός γραμμικού μετασχηματισμού σε ένα νέο σύνολο ασύνδετων μεταβλητών. Οι πρώτες από τις μεταβλητές αυτές θα εκφράσουν το μεγαλύτερο μέρος της παραλλακτικότητας των αρχικών μεταβλητών (Tzouros and Arvanitoyannis, 2001).

Στην περίπτωση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών, κατά το 4^ο στάδιο ωρίμανσης, η πρώτη κύρια συνιστώσα (PC1) εξηγεί το 57.2% της συνολικής παραλλακτικότητας και η δεύτερη (PC2) το 42.8%. Στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης η PC1 εξηγεί το 52.6% και η PC2 το 47.4% της συνολικής παραλλακτικότητας, ενώ στο 6^ο στάδιο ωρίμανσης η PC1 εξηγεί το 55.2% και η PC2 το 44.8%.

Στο διάγραμμα της Εικόνας 6.1., παρουσιάζεται η κατανομή κατά PC1-PC2 των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης. Η κωδικοποίηση των μεταβλητών πραγματοποιήθηκε για πρακτικούς λόγους. Τα πρώτα γράμματα αναφέρονται στην ποικιλία, GN = Grande Naine, GF = Goldfinger, W = Williams, CN = Cavendish nana, ενώ οι χαρακτήρες που εμφανίζονται στο τέλος, αναφέρονται στο μετρούμενο χαρακτηριστικό. Με τα αρχικά 'DM' αναφέρεται η περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία της σάρκας των καρπών. Η συνεκτικότητα του φλοιού των καρπών συμβολίζεται με 'For' από την αγγλική λέξη force. Το pH συμβολίζεται ως έχει, ενώ οι παράμετροι του χρώματος του φλοιού (L^*, a^*, b^*) συμβολίζονται με L^*_{peel} , a^*_{peel} και b^*_{peel} και οι παράμετροι του χρώματος της σάρκας (L^*, a^*, b^*) συμβολίζονται με L^*_{pulp} , a^*_{pulp} και b^*_{pulp} .

Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα της Εικόνας 6.1., το χαρακτηριστικό περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία διαφοροποιεί τις Williams, Cavendish nana και Grande Naine (D) από την Goldfinger. Επιπλέον, η χρωματομετρική παράμετρος b_{peel}^* διαφοροποιεί τις Goldfinger και Cavendish nana (A) από τις Williams και Grande Naine (C). Τέλος οι παράμετροι L_{peel}^* και b_{pulp}^* ομαδοποιούν τις Grande Naine και Cavendish nana μαζί στο σύνολο Β. Στο διάγραμμα της Εικόνας 6.2., η παράμετρος a_{pulp}^* ομαδοποιεί τις ποικιλίες Williams και Goldfinger στο σύνολο Α. Το χαρακτηριστικό συνεκτικότητα διαφοροποιεί τις Williams, Cavendish nana και Grande Naine (B) από την ποικιλία Goldfinger, ενώ οι ποικιλίες Cavendish nana και Goldfinger φαίνεται ότι ομαδοποιούνται μαζί ως προς την παράμετρο b_{peel}^* (Ε). Στο διάγραμμα της Εικόνας 6.3., στο σύνολο Α οι ποικιλίες Williams και Cavendish nana ομαδοποιούνται μαζί ως προς το χαρακτηριστικό συνεκτικότητα, ενώ οι Cavendish nana και Grande Naine ομαδοποιούνται μαζί ως προς το χαρακτηριστικό περιεκτικότητα σε ξηρά ουσία. Οι Goldfinger και Grande Naine ομαδοποιούνται ως προς την παράμετρο L_{pulp}^* στο σύνολο Β. Συγκεντρικά, προκύπτει ότι οι ομαδοποιήσεις των ποικιλιών ως προς τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά μεταβάλλονται από το ένα στάδιο ωρίμανσης στο άλλο, γεγονός που οφείλεται στην επίδραση του σταδίου ωρίμανσης στις φυσικοχημικές ιδιότητες των ποικιλιών που εξετάστηκαν.

Οι τρεις κύριες συνιστώσες κατά την PCA για τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων μπανάνας που εξετάστηκαν, κατά το 4^ο στάδιο ωρίμανσης, εξήγησαν το 45.3% της συνολικής παραλλακτικότητας των μεταβλητών. Συγκεκριμένα, η PC1 ερμηνεύει το 18.2%, η PC2 το 15% και η PC3 το 12.1% της συνολικής παραλλακτικότητας. Στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης η PC1 εξηγεί το 17.9%, η PC2 το 15.5% και η PC3 το 13.6% της συνολικής παραλλακτικότητας. Όλες οι αρχικές μεταβλητές της οργανοληπτικής

ανάλυσης των δειγμάτων μπανάνας παρουσιάζουν μεγάλο ποσοστό διασποράς λόγω των υποκειμενικών κριτηρίων των δοκιμαστών δεδομένου ότι αποτελούσαν ένα ανειδίκευτο, στην οργανοληπτική ανάλυση, πάνελ.

Στα διαγράμματα των εικόνων 6.4.-6.7., παρουσιάζονται οι κατανομές κατά PC1-PC2 και κατά PC1-PC3 των οργανοληπτικών ιδιοτήτων των τεσσάρων ποικιλιών μπανάνας κατά το 4^ο και 5^ο στάδιο ωρίμανσης. Η κωδικοποίηση των μεταβλητών όσον αφορά το χαρακτηρισμό της ποικιλίας παραμένει όμοια με αυτή της ανάλυσης των φυσικοχημικών παραμέτρων. Οι χαρακτήρες που εμφανίζονται στο τέλος διαφοροποιούνται με βάση την εκάστοτε μετρούμενη οργανοληπτική παράμετρο. Ο πίνακας 6.1. που παρουσιάζεται παρακάτω, επεξηγεί αναλυτικά τη σημασία του κάθε κωδικοποιημένου χαρακτηριστικού.

Πίνακας 6.1. Επεξήγηση κωδικών της PCA.

Κώδικας	Επεξήγηση
fwf	Φωτεινότητα
xro	Χρώμα
pik	Πικρή γεύση
sty	Στυφή γεύση
gly	Γλυκιά γεύση
xor	Χορτώδης γεύση
moy	Μουχλιασμένη γεύση
para	Παραμένουσα γεύση
syn	Συνεκτικότητα
pro	Προσκόλληση στα δόντια
xym	Χυμώδης γεύση
osm	Ένταση οσμής
tra	Τραγανότητα
oli	Συνολική εντύπωση

Η κατανομή κατά PC1-PC2 των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (Εικόνα 6.4.), αποκαλύπτει τέσσερις ομάδες. Η ποικιλία Goldfinger περιγράφεται από τις παραμέτρους μουχλιασμένη, χορτώδης, προσκόλληση στα δόντια, φωτεινότητα,

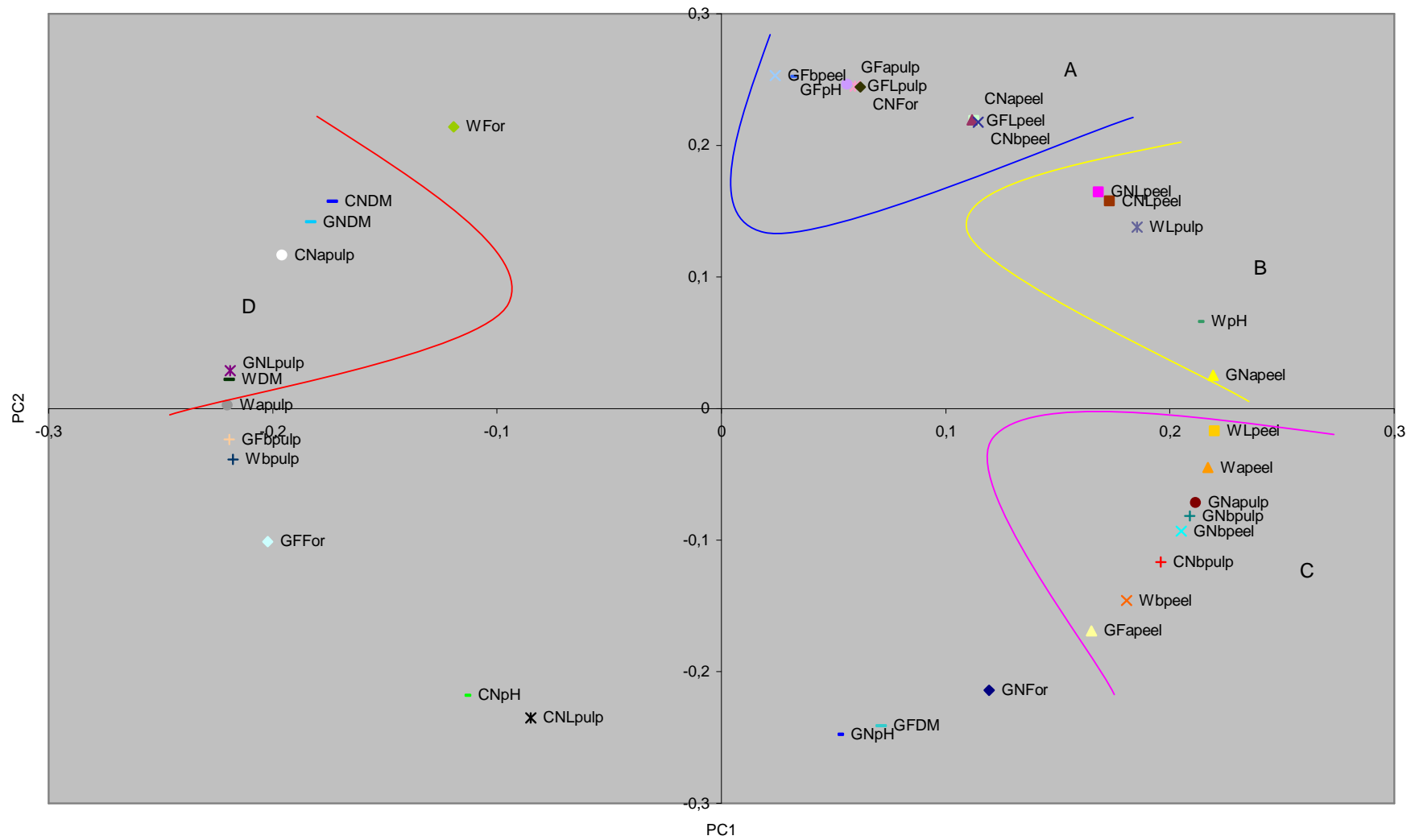
παραμένουσα, στυφή και χρώμα (D). Η Cavendish nana περιγράφεται από τις παραμέτρους φωτεινότητα, στυφή, χορτώδης, πικρή, τραγανότητα και προσκόλληση (C). Οι παράμετροι πικρή, στυφή, τραγανότητα, χρώμα, συνεκτικότητα και προσκόλληση περιγράφουν την ποικιλία Grande Naine (A). Η παράμετρος συνολική εντύπωση ομαδοποιεί τις ποικιλίες Williams, Grande Naine και Goldfinger (B), το χρώμα ομαδοποιεί μαζί τις Cavendish nana και Goldfinger (D), ενώ η συνεκτικότητα ομαδοποιεί τις Goldfinger, Cavendish nana και Williams (B). Η κατανομή κατά PC1-PC3 των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών των ποικιλιών στο 4^ο στάδιο ωρίμανσης (Εικόνα 6.5.) αποκαλύπτει έξι ομάδες. Η παράμετρος συνολική εντύπωση ομαδοποιεί τις Williams και Goldfinger (A), ενώ η παράμετρος μouxλιασμένη ομαδοποιεί μαζί τις Grande Naine και Williams (A). Η παράμετρος οσμή ομαδοποιεί τις Grande Naine και Goldfinger (A). Η Grande Naine περιγράφεται από τις παραμέτρους συνολική εντύπωση, πικρή, χυμώδης, συνεκτικότητα, τραγανότητα, προσκόλληση (B) και χρώμα, στυφή, παραμένουσα και γλυκύτητα (F). Η Cavendish nana περιγράφεται με τις παραμέτρους οσμή, προσκόλληση, συνολική εντύπωση και χυμώδης (C), ενώ η Goldfinger με τις παραμέτρους παραμένουσα, χρώμα, προσκόλληση και φωτεινότητα (E). Η παράμετρος της γεύσης χορτώδης ομαδοποιεί μαζί τις Cavendish nana και Goldfinger (D), ενώ η παράμετρος στυφή ομαδοποιεί τις Cavendish nana, Goldfinger και Williams (D). Στο διάγραμμα της Εικόνας 6.6., τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των καρπών της μπανάνας διαχωρίζονται κυρίως με βάση την ποικιλία στην οποία ανήκουν. Τα χαρακτηριστικά της ποικιλίας Goldfinger απαρτίζουν την ομάδα C, ενώ οι ποικιλίες Grande Naine, Cavendish nana και Williams συγκεντρώνουν τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά στις ομάδες A, B και D αντίστοιχα. Στο διάγραμμα της Εικόνας 6.7., η ποικιλία Goldfinger συγκεντρώνει τις περισσότερες από τις οργανοληπτικές της ιδιότητες στο σύνολο A, ενώ στο

σύνολο Β συγκεντρώνονται οι περισσότερες από τις οργανοληπτικές ιδιότητες της Cavendish nana. Τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της Grande Naine σχηματίζουν τις ομάδες C και D, ενώ τα χαρακτηριστικά της Williams σχηματίζουν την ομάδα E.

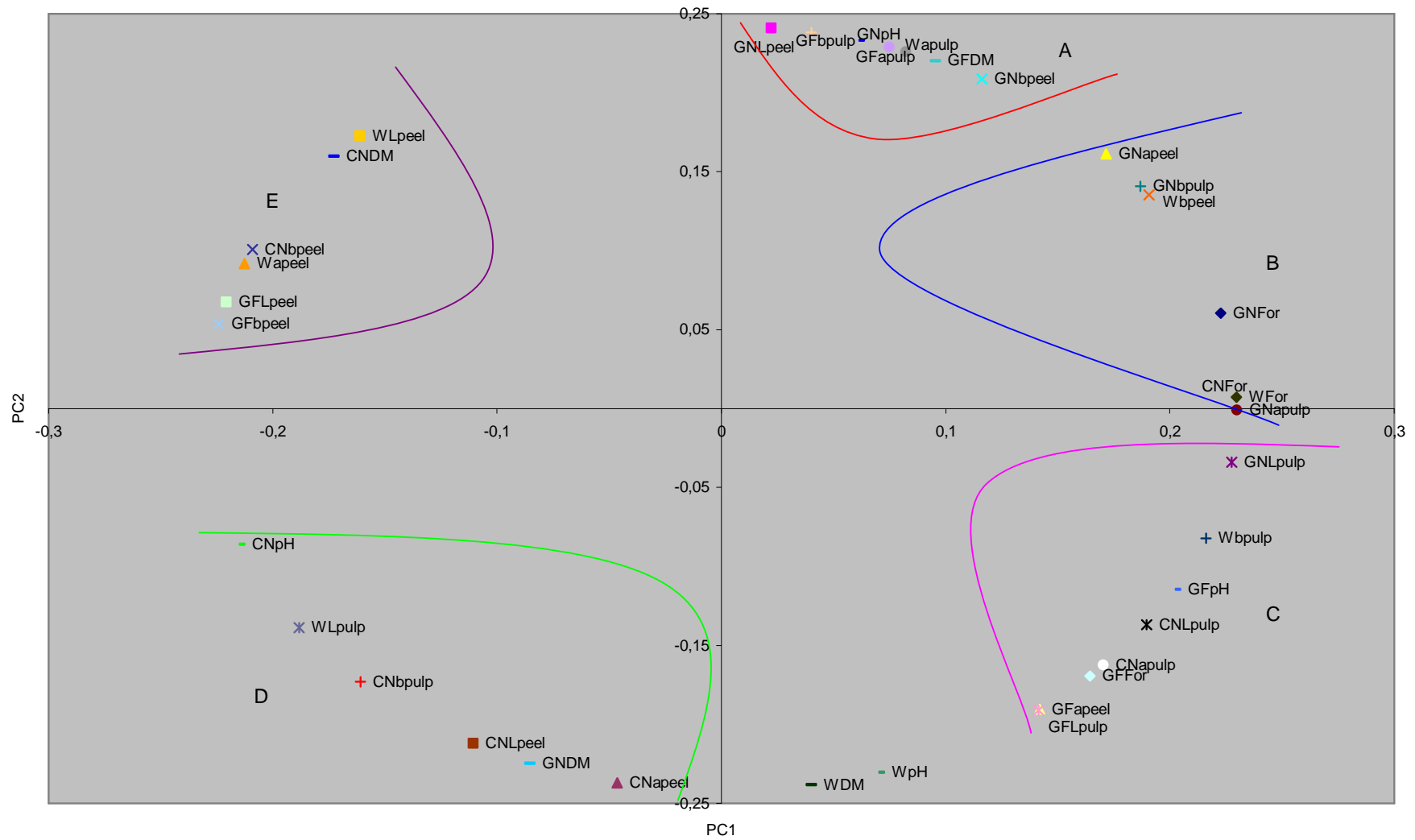
Η εφαρμογή της Principal Components Analysis σε χημικά χαρακτηριστικά των καρπών της μπανάνας φαίνεται ότι είναι χρήσιμη στον προσδιορισμό της προέλευσης δειγμάτων μπανάνας. Σε έρευνα του Forster και συνεργατών του (2002), η εφαρμογή της Principal Components Analysis σε δείγματα μπανάνας, με στόχο μια πιο απλουστευμένη άποψη της σχέσης μεταξύ των χαρακτηριστικών που εξετάστηκαν (περιεκτικότητα σε υγρασία, πρωτεΐνη, τέφρα, ασκορβικό οξύ, γλυκόζη, φρουκτόζη, συνολικά σάκχαρα, και ολική και αδιάλυτη ίνα), διαφοροποίησε γραφικά (PC1 vs PC3) τις μπανάνες που παράγονται στο Εκουαδόρ από αυτές της Τενερίφης. Καμία διαφοροποίηση δεν προέκυψε μεταξύ του ποικιλιών Gran Eana και Requena Eana της Τενερίφης. Επιλέχθηκαν τέσσερις παράγοντες που εξηγούσαν το 75% της ολικής παραλλακτικότητας (Forster et al., 2002).

Η εφαρμογή της Principal Components Analysis στις συγκεντρώσεις των καρπών μπανάνας σε μεταλλικά στοιχεία είναι χρήσιμο εργαλείο στον προσδιορισμό της προέλευσης δειγμάτων μπανάνας. Σε έρευνα του Forster και συνεργατών του (2002), η εφαρμογή της Principal Components Analysis σε δείγματα μπανάνας, με στόχο μια πιο απλουστευμένη άποψη της σχέσης μεταξύ των μεταλλικών στοιχείων (Na, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, and Mn) που εξετάστηκαν, διαφοροποίησε γραφικά (PC1 vs PC2) τις μπανάνες που παράγονται στο Εκουαδόρ από αυτές της Τενερίφης. Καμία διαφοροποίηση δεν προέκυψε μεταξύ του ποικιλιών Gran Eana και Requena Eana της Τενερίφης. Επιλέχθηκαν δύο παράγοντες που εξηγούσαν το 56.8% της ολικής παραλλακτικότητας.

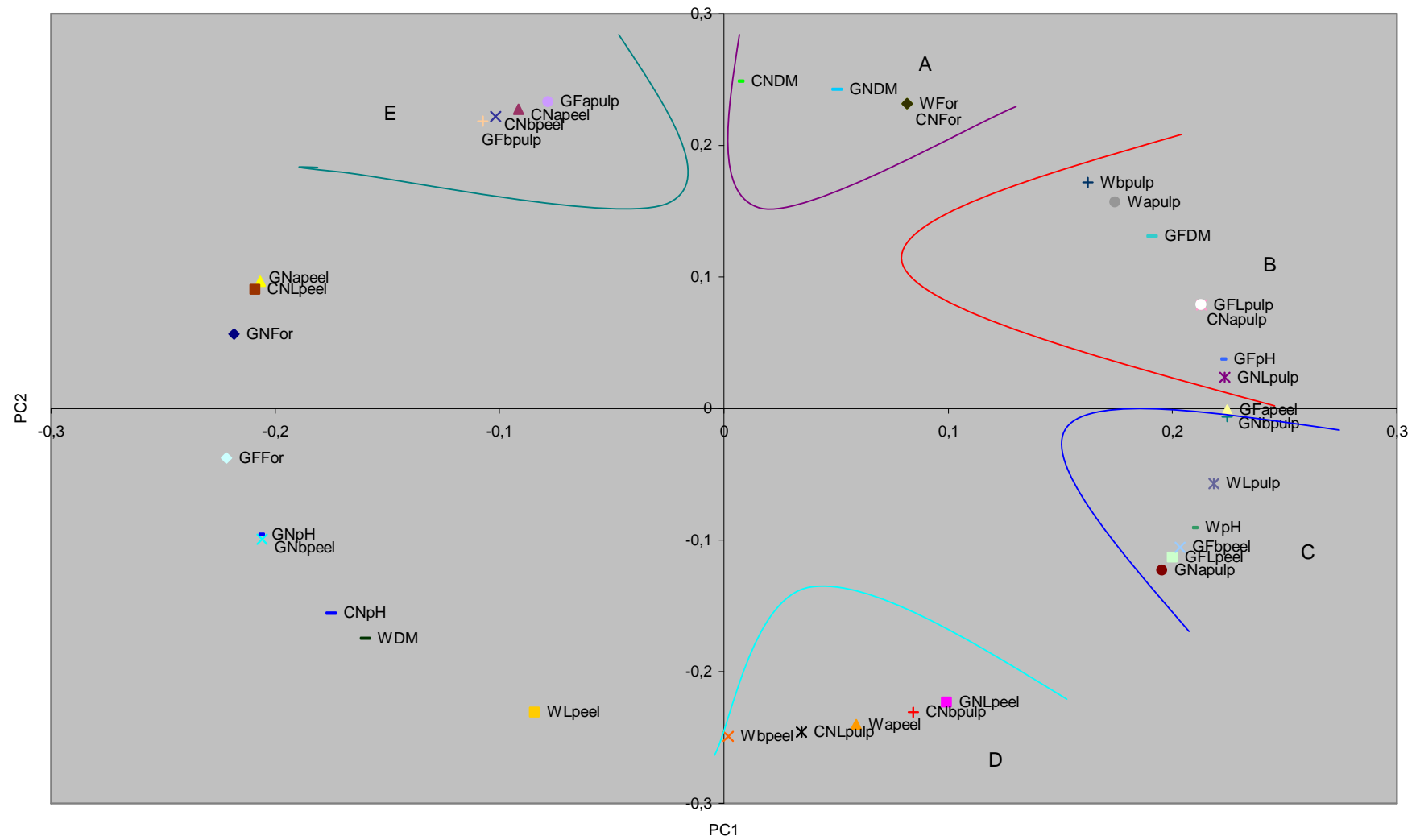
Στην παρούσα μελέτη, η εφαρμογή της *Principal Components Analysis* σε δείγματα μπανάνας των ποικιλιών *Goldfinger*, *Cavendish nana*, *Grande Naine* και *Williams*, με στόχο μια πιο απλουστευμένη άποψη της σχέσης μεταξύ των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που εξετάστηκαν, διαφοροποίησε γραφικά τις ποικιλίες μπανάνας που εξετάστηκαν, στις κατανομές κατά *PC* που παρουσιάζονται στις Εικόνες 6.6. και 6.7.. Στις περιπτώσεις αυτές, η εφαρμογή της *Principal Components Analysis* αφορούσε σε δείγματα μπανάνας των τεσσάρων μελετούμενων ποικιλιών, με στόχο μια πιο απλουστευμένη άποψη της σχέσης μεταξύ των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών που εξετάστηκαν (φωτεινότητα, χρώμα, πικρή, στυφή, γλυκιά, χορτώδης, μουχλιασμένη, παραμένουσα, συνεκτικότητα, προσκόλληση στα δόντια, χυμώδης, τραγανότητα, οσμή και συνολική εντύπωση) στο 5^ο στάδιο ωρίμανσης.



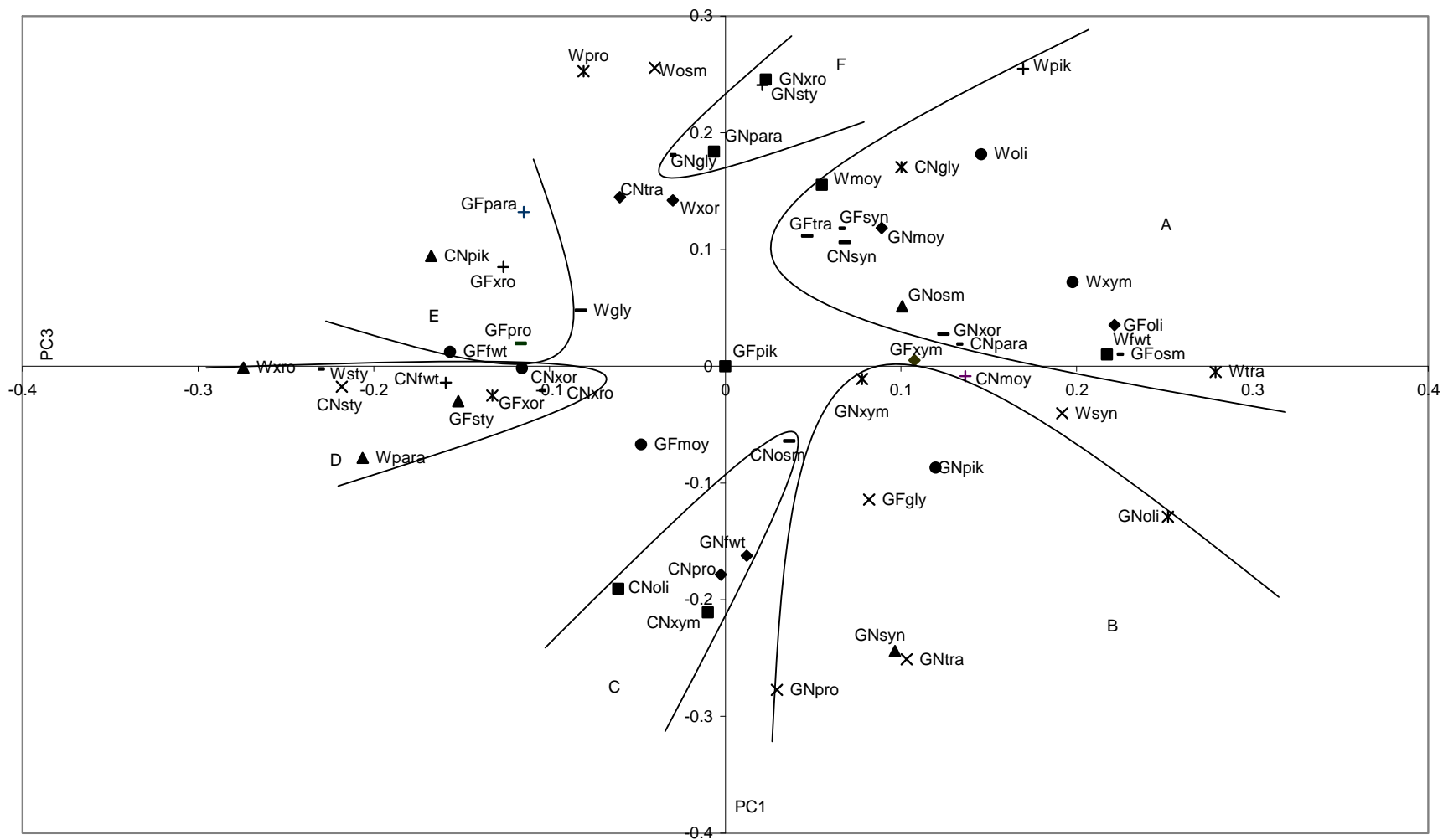
Εικόνα 6.1. Διάγραμμα, PC1-PC2. Φυσιοχημικά χαρακτηριστικά ποικιλιών μπανάνας (4^ο στάδιο ωρίμανσης).



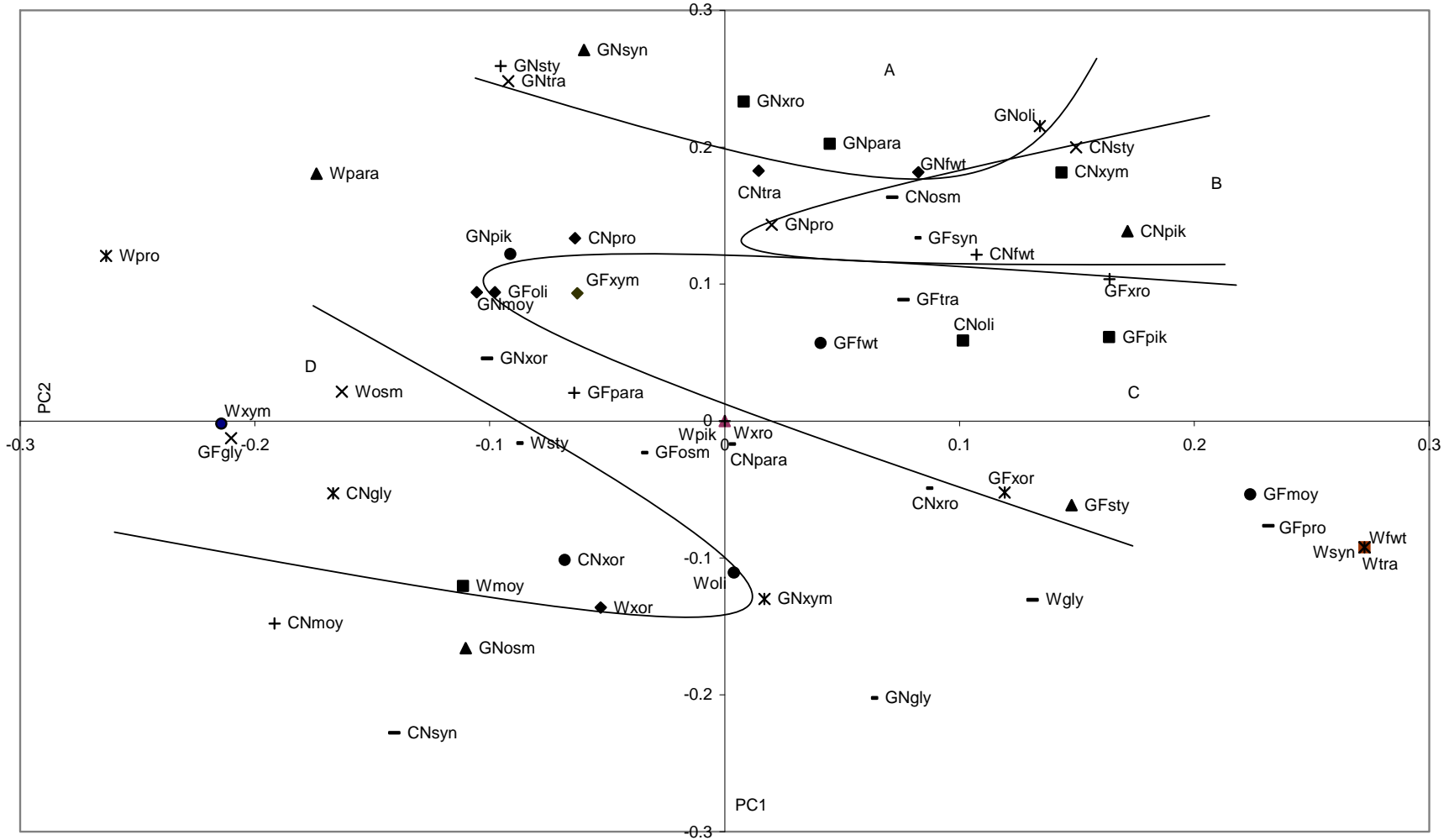
Εικόνα 6.2. Διάγραμμα, PC1-PC2. Φυσιοχημικά χαρακτηριστικά ποικιλιών μπανάνας (5^ο στάδιο ωρίμανσης).



Εικόνα 6.3. Διάγραμμα, PC1-PC2. Φυσιοχημικά χαρακτηριστικά ποικιλιών μπανάνας (6^ο στάδιο ωρίμανσης).



Εικόνα 6.5. Διάγραμμα, PC1-PC3. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποικιλιών μπανάνας (4^ο στάδιο ωρίμανσης).



Εικόνα 6.6. Διάγραμμα, PC1-PC2. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ποικιλιών μπανάνας (5^ο στάδιο ωρίμανσης).



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η Μοριακή γενετική ανάλυση με δείκτες τύπου RAPD's αποδείχθηκε ικανή να ταυτοποιήσει και να διακρίνει τις τέσσερις ποικιλίες μπανάνας που εξετάστηκαν. Μεταξύ των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν, οι εκκινητές OPC4, OPC9 και OPB1 αποδείχθηκαν ιδιαίτερα πολυμορφικοί και κατά συνέπεια αποτελεσματικοί, στην ταυτοποίηση των ποικιλιών μπανάνας που εξετάστηκαν. Το υψηλό ποσοστό πολυμορφισμών (29%) και η επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων αναδεικνύει την εγκυρότητα της μεθόδου και την εγκυρότητα των αναλύσεων που αφορούσαν στην ταυτοποίηση γενοτύπων μπανάνας.

Η μελέτη των φυλογενετικών σχέσεων έδειξε γενετική συγγένεια μεταξύ των εμπορικών ποικιλιών Grande Naine (AAA), Cavendish nana (AAA) και Williams (AAA), ενώ η τετραπλοειδής ποικιλία Goldfinger (AAAB) εμφανίστηκε γενετικά απομακρυσμένη από τις άλλες εξεταζόμενες τριπλοειδείς ποικιλίες.

Στα φυτά μπανάνας της ποικιλίας Grande Naine που εξετάστηκαν επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας. Η ανίχνευση της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας επιτυγχάνθηκε με τη μέθοδο της μοριακής ανάλυσης με δείκτες τύπου RAPD's. Από τους 10 εκκινητές τύπου RAPD's που χρησιμοποιήθηκαν για την γενετική ανάλυση των φυτών του 1^{ου} και 7^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού, οι 6 βρέθηκαν πολυμορφικοί και το ποσοστό των πολυμορφισμών ανήλθε στο 12.5% και 17% αντίστοιχα. Η μοριακή ανάλυση με δείκτες RAPD's επιβεβαίωσε την ύπαρξη σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας ανάμεσα στους γενοτύπους μπανάνας που εξετάστηκαν και γενικότερα αποτελεί αξιόπιστη μέθοδο για την ανίχνευση τέτοιων φαινομένων. Οι εκκινητές OPC2, OPC9 και OPC11, αποδείχθηκαν οι πιο αποτελεσματικοί στην ανίχνευση φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας ανάμεσα στους γενοτύπους του 1^{ου} και 7^{ου} κύκλου αναπολλαπλασιασμού. Η μοριακή ανάλυση με δείκτες τύπου

RAPD's μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την ανίχνευση φαινομένων σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας στη μπανάνα και προτείνεται η εφαρμογή της για την έγκαιρη αναγνώριση γενοτύπων μπανάνας πριν αυτές προμηθευτούν στους καλλιεργητές.

Η χημική σύνθεση των καρπών της μπανάνας καθορίστηκε από τη γενοτυπική σύσταση των καλλιεργούμενων ποικιλιών, ενώ τονίστηκε και η επίδραση του χρόνου αποθήκευσης στην ποιότητα των καρπών.

Η συνολική εντύπωση των μελών του πάνελ διαφοροποίησε τις τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* nana από τον υπό αξιολόγηση γενότυπο *Goldfinger*. Οι τριπλοειδείς ποικιλίες *Grande Naine*, *Williams* και *Cavendish* nana, ξεχώρισαν στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ και αξιολογήθηκαν από μέτριες ως καλές, ενώ η τετραπλοειδής *Goldfinger* φαίνεται ότι κατείχε την τελευταία θέση στις προτιμήσεις των μελών του πάνελ, δεδομένου ότι αξιολογήθηκε ως μέτρια.

Η ομαδοποίηση του pH στο ίδιο υποσύνολο με τα μη επιθυμητά χαρακτηριστικά της γεύσης πικρή, στυφή, μουχλιασμένη και χορτώδης, για όλα τα στάδια ωρίμανσης, έδειξε ότι η γεύση των καρπών της μπανάνας σχετίστηκε σε μεγάλο βαθμό με την ενεργό οξύτητα τους. Η χαρακτηριστική υπόξινη γεύση των καρπών της *Goldfinger* που διέφερε από την τυπική γεύση των καρπών των γνωστών εμπορικών ποικιλιών *Cavendish*, φαίνεται ότι διαμόρφωσε την υπεροχή των ποικιλιών τύπου *Cavendish* στις προτιμήσεις του πάνελ.

Η *Cluster Analysis* και *Principal Components Analysis* διαφοροποίησαν την τετραπλοειδή *Goldfinger* ως προς τις οργανοληπτικές της ιδιότητες από τις άλλες εξεταζόμενες τριπλοειδείς ποικιλίες, για το 4^ο και 5^ο στάδιο ωρίμανσης.

Συνολικά, αποτυπώθηκε το γενετικό, φυσικοχημικό και οργανοληπτικό προφίλ των ποικιλιών *Grande Naine*, *Williams*, *Cavendish* nana και

Goldfinger, που παράγονται στην Ελλάδα και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Κρήτης. Οι σχέσεις ομαδοποίησης που προέκυψαν τόσο στα πλαίσια της μοριακής γενετικής, όσο και στα πλαίσια της φυσικοχημικής και οργανοληπτικής ανάλυσης, δίνουν τη δυνατότητα διαφοροποίησης των ποικιλιών που καλλιεργούνται στη χώρα μας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Adão, R. C. & Glória, M. B. A. (2005). Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of 'Prata' banana (*Musa acuminata* M. balbisiana). *Food Chemistry*, 90, 705-711.

Atkinson, H.J., Grimwood, S., Johnston, K. & Green, J. (2004). Prototype demonstration of transgenic resistance to the nematode *Radopholus similis* conferred on banana by a cystatin. *Transgenic Res.*, 13(2), 135-42.

Awan, J. A. & Ndubizu, T. O. C. (1978). Some aspects of nutrient changes in stored plantain fruits. *Paradisiasq*, 3, 18-24.

Bakry, F., Carreel, F., Caruana, M. L., Cote, F. X., Jenny, C. & Tizenas du Montcel, H. (1997). Les bananiers. L'amélioration des plantes tropicales (Charrier, A., Jacquot, M., Hamon S. et Nicolas, D. eds). CIRAD and ORSTOM. Pp. 109-140.

BANANAS, INIBAP/IPGRI, 2000. INIBAP ISBN: 2-910810-37-2

Banerjee, N. & De Langhe, E. (1985). A tissue culture technique for rapid clonal propagation and storage under minimal growth conditions of *Musa* (banana and plantain).

Becker, D.K., Dugdale, B., Smith, M.K., Harding, R.M. & Dale, J.L. (2000). Genetic transformation of Cavendish banana (*Musa* sp. AAA group) cv. Grand Nain via microprojectile bombardment. *Plant Cell Rep.*, 19, 229-234.

Bhat, K. V. & Jarret, R. L. (1995). Random amplified polymorphic DNA and genetic diversity in Indian *Musa* germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 42, 107-118.

- Bhat, K. V., Bhat, S. R. & Chandel, K. P. S. (1992a).** Survey of isozymes polymorphism for clonal identification in Musa. I. Esterase, acid phosphatase and catalase. *Journal of Horticultural Science*, 67, 501-507.
- Bhat, K. V., Jarret, R. L. & Rana, R. S. (1995).** DNA profiling of banana and plantain cultivars using random amplified polymorphic DNA (RAPD) and restriction fragment length polymorphism (RFLP) markers. *Electrophoresis*, 16(9), 1736-45.
- Blake, J. R. & Peacock, B. C. (1971).** Effects of temperature on the preclimacteric life of bananas. *Queensland Jou. Agric. Anim. Sci.*, 28, 243-248.
- Brat, P., Yahia, A., Chillet, M., Bugaud, C., Bakry, F., Reynes, M., Brillouet, J. M. (2004).** Influence of cultivar and growth altitude on banana volatile compounds distribution. *Fruits*, 59, 75-82.
- Buddenhagen, I. W. (1987).** Disease susceptibility and genetics in relation to breeding of bananas and plantains. *Banana and Plantain Breeding Strategies*, (Persley, G.J., DE LANGHE, E.A., Eds), ACIAR, Canberra, 21, 95-109.
- Bugaud, C., Chillet, M., Beauté, M. P. & Dubois, C. (2006).** Physicochemical analysis of mountain bananas from the French West Indies. *Scientia Horticulturae*, 108, 167-172.
- Cano, M. P., Begoña de Ancos, Matallana, M. C., Cámara M., Reglero, G. & Tabera, J. (1997).** Differences among Spanish and Latin-American banana cultivars: morphological, chemical and sensory characteristics. *Food Chemistry*, 59(3), 411-419.
- Caussiol, L. P. & Joyce, D. C. (2004).** Characteristics of banana fruit from nearby organic versus conventional plantations: A case study. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 79(5), 678-682.

- Chakrabarti, A., Ganapathi, T.R., Mukherjee, P.K. & Bapat, V.A. (2003).** MSI-99, a magainin analogue, imparts enhanced disease resistance in transgenic tobacco and banana. *Planta*, 216, 587-596.
- Chen, C. R. & Ramaswamy, H. S. (2002).** Color and Texture Change Kinetics in Ripening Bananas *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 35, 415-419.
- Chillet, M., de Lapeyre de Bellaire, L., Dorel, M., Joas, J., Dubois, C., Marshal, J., Perrier, X. (2000).** Evidence for the variation in susceptibility of bananas to wound anthracnose due to *Colletotrichum musae* and the influence of edaphic conditions. *Sci. Hort.*, 86, 33-47.
- Côte, F.X., Legavre, T., Grapin, A., Valentin, B., Frigout, O., Babeau, J., Meynard, D., Bakry, F. & Teisson, C. (1997).** Genetic transformation of embryogenic cell suspension in plantain (*Musa AAB*) using particle bombardment. In: Proceedings of the international symposium on biotechnology of tropical and subtropical species: Part 1. *Acta Hort.*, 460.
- Crouch, J. H., Vuylsteke, D. & Ortiz, R. (1998).** Perspectives on the application of biotechnology to assist the genetic enhancement of plantain and banana (*Musa* spp.). *Electron. J. Biotechnol.*, vol.1, no.1, p.nd-nd. ISSN 0717-3458.
- Crouch, J. H., Ortiz, R., Crouch, H. K., Ford-Lloyd, B. V. Howell, E. C. & Newbury, H. J. (2000).** Utilization of molecular genetic techniques in support of plantain and banana improvement. *Acta Horticulturae*, 540, 185-191.
- Dadzie, B. K. & Orchard, J. E. (1997).** Routine Post Harvest Screening of Banana/Plantain Hybrids: Criteria and Methods. INIBAP Technical Guidelines 2. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy; International Network for the Improvement of Banana and

Plantain, Montpellier, France; ACP-EU Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation, Wageningen, The Netherlands.

Dadzie, B. K. (1993d). Report on a visit to Ghana and Nigeria to identify the important post-harvest selection criteria of West African cooking bananas and plantains. 17 February - 24 March 1993. Project No. C0361. Natural Resources Institute report.

Dadzie, B. K. (1998). Post-harvest characteristics of black Sigatoka resistant banana, cooking banana and plantain hybrids. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.

Damasco, O. P., Adkins, S. W., Godwin, I. D. & Smith, M. K. (1997). Use of a SCAR-based marker for the early detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish bananas. *Acta Hortic.*, 461, 157-164.

Damasco, O. P., Graham, G. C., Henry, R. J., Adkins, S. W. & Smith, M. K. (1996). Random amplified polymorphic DNA (RAPD) detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish (*Musa* spp. AAA) bananas. *Plant Cell Rep.*, 16, 118-123.

Daniells, J., Jenny, C., Karamura, D. & Tomekpe, K. (2001). *Musdologue: a catalogue of Musa germplasm. Diversity in the genus Musa.* (Arnaud, E., Sharrock, S. (Compil.) Eds). International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France.

Dethmers, A. S. (1981). Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. *Food Technol.*, 35, 50-59.

Doyle, J. J. & Doyle, J. L. (1990). Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12, 13-15.

- Ferris, R. S. B., Ortiz, R. & Vuylsteke, D. (1999).** Fruit quality evaluation of plantains, plantain hybrids, and cooking bananas. *Postharvest Biology and Technology*, 15, 73-81
- Ferris, R. S. B., Ortiz, R., Chukwu, U., Akalumhe, Y. O., Akele, S., Ubi, A., Vuylsteke, D. (1997).** The introduction and market potential of exotic black sigatoka resistant cooking banana cultivars in West Africa. *Q. J. Int. Agric.*, 36, 141-152.
- Forster, M. P., Rodríguez, & Romero, C. D. (2002).** Differential Characteristics in the Chemical Composition of Bananas from Tenerife (Canary Islands) and Ecuador *J. Agric. Food Chem.*, 50, 7586-7592.
- Forster, M. P., Rodríguez, R. E., Darias, M. J. & Díaz, R. C. (2002).** Statistical differentiation of Bananas According to Their Mineral Composition *J. Agric. Food Chem.*, 50, 6130-6135.
- Galán Saúco, V. & Cabrera Cabrera, J. (1992).** *Gran Enana. Un nuevo cultivar comercial de platanera para Canarias.* Cuaderno de divulgación 1/92. Consejería de Agricultura y Pesca, Gobierno de Canarias: Santa Cruz de Tenerife.
- Galán Saúco, V. & Cabrera Cabrera, J. (1999).** Variedades de plátanos cultivadas en Canarias. *Mercados*, 24, 8-11.
- Ganapathi, T.R., Chakrabarti, A., Sunil Kumar, G.B., Revathi, C.J., Prasad, K.S.N. & Bapat, V.A. (2002).** Genetic transformation of banana for disease resistance and molecular farming. 3rd International symposium on molecular and cellular biology of bananas. Leuven Belgium. 9-11 September 2002.
- Gawel, N., Jarret, R. L. & Whittemore, A. (1992).** Restriction fragment length polymorphism (RFLP)-based phylogenetic analysis of Musa. *Theoretical and Applied Genetics*, 84, 286-290.

Ge, X. J., Liu, M. H., Wang, W. K., Schaal, B. A. & Chiang, T. Y. (2005).

Population structure of wild bananas, *Musa balbisiana*, in China determined by SSR fingerprinting and cpDNA PCR-RFLP. *Molecular Ecology*, 14 (4), 933-944.

Gheysen, G., Angenon, G. & Montague, M.V. (1998). Agrobacterium mediated plant transformation: a scientifically intriguing story with significant application. In: Lindsey K (ed) *Transgenic Plant Research*. Harwood Academic Press, Netherlands, pp. 1-33.

Gill, L. S. (1988). Taxonomy of flowering plants. Africana FEP Publishers, Onitsha, Nigeria.

Giménez, C., De Garcia, E., De Enrech, N. Z. & Blanca, I. (2001). Somaclonal variation in banana: cytogenetic and molecular characterisation of the somaclonal variant CIEN BTA-03. *In vitro Cell. Dev. Biol. Plant*, 37, 217-222.

Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52, 725-749.

Hansen, G. & Martha, S.W. (1999). Recent advances in the transformation of plants, *Trends Plant Sci.*, 4, 226-231.

Hardisson A., Rubio, C., Baez, A., Martin M., Alvarez, R. & Diaz, E. (2001). Mineral composition of the banana (*Musa acuminata*) from the island of Tenerife. *Food Chemistry*, 73, 153-161.

Horry, J. P., Ortiz, R., Arnaud, E., Crouch, J. H., Ferris, R. S. B., Jones, D. R., Mateo, N., Picq, C. & Vuylsteke, D. (1997). Banana and Plantain. *Biodiversity in Trust. Conservation and use of plant genetic resources in CGIAR centres* (D. Fuccillo, L. Sears and P. Stapleton, eds). Cambridge University Press. Pp: 67-81.

Howell, E. C., Newbury, H. J., Swennen, R. L., Withers, L. A. & Ford-Lloyd, B. V. (1994). The use of RAPD for identifying and classifying *Musa* germplasm. *Genome*, 37, 328-332.

INIBAP (2006). INIBAP Annual Report 2005. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. ISSN: 1029-2209

Israeli, Y., Lahav, E. and Reuveni, O. (1995). In vitro culture of bananas. Bananas and Plantains. (S. Gowen ed). London, Chapman & Hall., 147-178.

Jansen, R. C., Ooijen, J. W. van, Stam, P., Lister, C. & Dean, C. (1995). Genotype by environment interaction in genetic mapping of multiple quantitative trait loci. *Theoretical and Applied Genetics*, 91, 33-37

Jarret, R. L., Bhat, K. V., Cregan, P., Ortiz, R. & Vuylsteke, D. (1994). Isolation of microsatellite DNA markers in *Musa*. *InfoMusa*, 3, 3-4.

Jarret, R. L., Gawel, N., Whittemore, A. & Sharrock, S. (1992). RFLP-based phylogeny of *Musa* species in Papua New Guinea. *Theoretical and Applied Genetics*, 84, 579-584.

Kader, A. A. (1987). Respiration and gas exchange of vegetables. Post-harvest physiology of vegetables. (J. Weichmann, ed.). Marcel Dekker Inc., New York, Pp. 27-30.

Kaemmer, D., Afza, R., Weising, K., Kahl, G. & Novak, J. F. (1992). Oligonucleotide and amplification fingerprinting of wild species and cultivars of banana (*Musa* spp.). *Biotechniques*, 10, 1030-1035.

Kaemmer, D., Fischer, D., Jarret, R. L., Baurens, F. C., Grapin, A., Dambier, D., Noyer, J. L., Lanaud, C., Kahl, G. & Lagoda, P. J. L.

(1997). Molecular breeding in the genus *Musa*: a strong case for STMS marker technology. *Euphytica*, 96, 49-63.

Kahangi, E. M. (2002). RAPD Profiling of Some Banana (*Musa* spp.) Varieties Selected by Small scale Farmers in Kenya. Proceedings of the Second Horticulture Seminar on Sustainable Horticultural Production in the Tropics (Wesonga, J.M.; T. Losenge; C.K. Ndung'u, K. Ngamau, J.B.M. Njoroge, F.K. Ombwara, S.G. Agong, A. Fricke, B. Hau and H. Stützel. eds). 6-9 August 2002. Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, JKUAT, Juja, Kenya

Karamura, D. & Pickersgill, B. (1999). A classification of the clones of East African Highland bananas (*Musa*) found in Uganda. *Plant Genet. Resour. Newslett.*, 119, 1-6.

Kiggundu, A., Kunert, K., Viljoen, A., Pillay, M. & Gold, C.S. (2002). 3rd International symposium on molecular and cellular biology of bananas. Leuven Belgium. 9-11 September 2002. Designing proteinase inhibitors for banana weevil control.

Kosky, R. G., Silva, M. F., Perez, L. P., Gilliard, T., Martinez, F. B., Vega, M. R., Millian, M. C. & Mendoza, E. Q. (2002). Somatic embryogenesis of the banana hybrid cultivar FHIA-18 (AAAB) in liquid medium and scaled-up in a bioreactor. *Plant Cell, Tissue & Organ Culture*, 68, 21-26.

Lebot, V., Aradhya, K. M., Manshardt, R. & Meilleur, B. (1993). Genetic relationships among cultivated bananas and plantains from Asian and Pacific. *Euphytica*, 67, 163-176.

Læsecke, H. Von. (1950). Bananas. 2nd edition. InterScience, New York.

Loh, J. P., Kiew, R., Set, O., Gan, L. H. & Gan, Y. Y. (2000b). Amplified fragment length polymorphism (AFLP) fingerprinting of 16

banana cultivars (*Musa* spp.). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 17, 360-366.

Ma, S. S. & Shii, C. T. (1972). *In vitro* formation of adventitious buds in banana shoot apex following decapitation. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.*, 18, 135-142.

Ma, S. S. & Shii, C. T. (1974). Growing banana plantlet from adventitious buds. *J. Chinese Soc. Hort. Sci.*, 20, 6-12.

Mak, C., Ho, Y. W., Liew, K. W & Asif J. M. (2001). Biotechnology and in vitro mutagenesis for banana improvement. Banana improvement: cellular, molecular biology, and induced mutations. (S. Mohan Jain, Rony Swennen eds). Science Publishers, Inc. Plymouth, UK

Marriott, J., Robinson, M. & Karikari, S. K. (1981). Starch and sugar transformation during ripening of plantains and bananas. *Trop. Sci.*, 32, 1021-1026.

Medlicott, A. P., Semple, A. J., Thompson, A. J., Blackbourne, H. R. & Thompson, A. K. (1992). Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 69(2), 161-166.

Mota, R. V., Lajolo, F. M., & Cordenunsi, B. R. (1997). Composição em carboidratos de algumas cultivares de banana (*Musa* spp.) durante o amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 17(2), 94-97.

Mourichon, X. et al. (1997). Les cercosporioses. *Musa Disease Fact Sheet* n°8, INIBAP.

Nei, M. & LI, W. H. (1979). Mathematical model for studying genetic variations in terms of restriction endonucleases. *Proceedings of the National Academy of Science, Washington*, 76, 5269-5273.

- Novak, F. J. (1992).** *Musa* (Bananas and Plantains). *Biotechnology of Perennial Fruit Crops*, C.A.B. International, Wallingford, Oxon, UK, 449-488.
- Nsabimana, A. & van Staden, J. (2005).** Characterization of the banana germplasm collection from Rubona—Rwanda. *Scientia Horticulturae*, 107, 58-63.
- Nwakanna, D. C., Pillay, M., Okoli, B. E. & Tenkouano, A. (2003).** Selectional relationships in the genus *Musa L.*, inferred from the PCR-RFLP of organelle DNA sequences. *Theor. Appl. Genetics*, 107, 850-856.
- Nyanjange, M. O., Wainwright, H., Bishop, C. F. H. & Cullum, F. J. (2001).** A comparative study on the ripening and mineral content of organically and conventionally grown Cavendish bananas. *Biological Agriculture and Horticulture*, 18, 221-34.
- Offem, J. O. & Thomas, O. O. (1993).** Chemical changes in relation to mode and degree of maturation of plantain (*Musa paradisiaca*) and banana (*Musa sapientum*) fruits. *Food Res. Int.*, 26, 187-193.
- Onguso, J. M., Kahangi, E. M., Ndiritu, D. W. & Mizutani, F. (2004).** Genetic characterization of cultivated bananas and plantains in Kenya by RAPD markers. *Scientia Horticulturae*, 99, 9-20.
- Ortiz, R. & Vuylsteke, D. (1996).** Recent advances in *Musa* genetics, breeding and biotechnology. *Plant Breeding Abstracts*, 66, 1355-1363.
- Ortiz, R. (1995).** *Musa* genetics. *Bananas and Plantains* (Gowen, S. ed). Chapman and Hall, London, 84-109.
- Ortiz, R. (1997).** Morphological variation in *Musa* germplasm. *Genet. Resour. Crop Evol.*, 44, 393-404.
- Osuji, J. O., Bosa, E. O., Vuylsteke, D. & Ortiz, R. (1997).** Multivariate pattern of quantitative trait variation in triploid banana and plantain cultivars. *Scientia Horticulturae*, 71, 197-202.

- Osuji, J. O., Okoli, B. E., Vuylsteke, D. & Ortiz, R. (1997).** Multivariate pattern of quantitative trait variation in triploid banana and plantain cultivars. *Scientia Horticulturae*, 71, 197-202.
- Palmer, J. K. (1971).** The banana. The Biochemistry of fruits and their products. Vol. 2. (A. C. Hulme, ed.). Academic Press, London. Pp. 65-105
- Perez, S., Montes, S. & Mejia, C. (1993).** Analysis of peach germplasm in Mexico. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 118, 519-524.
- Pillay, M., Nwakanma, D. C. & Tenkouano, A. (2000).** Identification of RAPD markers linked to A and B genome sequences in *Musa* L. *Genome*, 43(5), 763-7.
- Ploetz, R. C. (1994).** Panama disease: Return of the first banana menace, *Int. J. Pest Management*, 40, 326-336.
- Prakash, C.S. (1996).** "Edible Vaccines and Antibody Producing Plants." *Biotechnology and Development Monitor*, 27, 10-13.
- Ramage, C. M., Borda, A. M., Hamill, S. D. & Smith, M. K. (2004).** A simplified PCR test for early detection of dwarf off-types in micropropagated Cavendish bananas (*Musa* spp. AAA). *Scientia Horticulturae*, 103, 145-151.
- Remy, S. (2000).** Genetic Transformation of Banana (*Musa* sp.) for disease Resistance by Expression of Antimicrobial Proteins PhD thesis KUL, Belgium.
- Reuveni, O., Israeli, Y. & Lahav, E. (1996).** Somaclonal variation in *Musa*. Bananas and Plantains. (Y.P.S. Bajaj ed). *Biotechnology in Agriculture and Forestry - Somaclonal Variation in Crop Improvement II*. Vol. 36. Springer, Heidelberg, NY, Tokyo, pp. 174-196.
- Roux, N. S., Toloza, A., Dolezel, J. & Panis, B. (2001).** Usefulness of embryogenic cell suspension cultures for the induction and selection of mutants in *Musa* spp. Banana improvement: cellular, molecular biology, and

induced mutations. (S. Mohan Jain, Rony Swennen eds). Science Publishers, Inc. Plymouth, UK

Rowe, P. & Rosales, F. E. (1996). Bananas and plantains. Fruit Breeding. Vol. 1: Tree and Tropical Fruits (Janick J. and Moore J. eds). John Wiley, New York, 167-211.

Ryan, C.A. (1990). Proteinase inhibitors in plants: Genes for improving defences against insects and pathogens. *Ann. Rev. Phytopath.*, 28, 425-449.

Sagi, L., Panis, B., Remy, S., Schoofs, H., De Smet, K., Swennen, R. & Cammue, B. (1995). Genetic transformation of banana (*Musa* sp.) via particle bombardment. *Bio/Technology*, 13, 481-485.

Sági, L., Remy, S. & Swennen, R. (1998). Genetic transformation for the improvement of bananas - a critical assessment. In: INIBAP annual report 1997. INIBAP: Montpellier (FRA), 1998, pp. 33-36.

Sharrock, S. & Frison, E. (1999). *Musa* production around the world - trends, varieties and regional importance. INIBAP Annual Report 1998, focus paper 2, International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, 42-47.

Shibata, D. & Liu, Y.G. (2000). Agrobacterium-mediated plant transformation with large DNA fragments. *Trends Plant Sci.*, 5, 354-357.

Simmonds, N. W. & Shepherd, K. (1955). The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *J. Linn Soc. (Bot.) Lond.*, 55, 302-312.

Simmonds, N. W. & Weatherup, S. T. C. (1988). Numerical taxonomy of cultivated bananas. *Trop. Agric. (Trinidad)*, 67, 90-92.

Simmonds, N. W. & Weatherup, S. T. C. (1990). Numerical taxonomy of wild bananas (*Musa*). *New Phytol.*, 115, 567-571.

Simmonds, N. W. (1962). *Evolution of the Bananas*. Longman, London, UK.170pp.

- Smith, N. J. S., Tucker, G. A. & Jeger, J. (1989).** Softening and cell wall changes in bananas and plantains. *Aspects of Applied Biology*, 20, 57-65.
- Sneath, P. H. A. & Sokal, R. R. (1973).** Numerical taxonomy – the principles and practice of numerical classification. (W. H. Freeman: San Francisco.)
- Stover, R. H. & Simmonds, N. W. (1987).** Banana (3rd edition). John Wiley & Sons, Inc. New York. 468pp.
- Stover, R. H. & Simmonds, N. W. (1987).** Bananas. Longman, Harlow, 468.
- Swennen, R. & Vuylsteke, D. (2001).** Banana. In: *Crop Production in Tropical Africa*, Raemaekers RH (ed), DGIC, Belgium, pp. 530-552.
- Swennen, R. (1990).** Limits of morphotaxonomy: names and synonyms of plantains in Africa and elsewhere. *Identification of Genetic Diversity in the Genus Musa* (Jarret, R.L. ed.). INIBAP, Montpellier, France, 172-210.
- Tomekpe, K., Jenny, C. & Jean-Vincent Escalant (2004).** A review of conventional improvement strategies for *Musa*. International Network for the Improvement of Banana and Plantain, Montpellier, France. *InfoMusa*, 13 (2), 2-5.
- Tripathi, L. (2003).** Genetic engineering for improvement of *Musa* production in Africa. *African Journal of Biotechnology*, 2(12), 503-508.
- Tzouros, N., E. & Arvanitoyannis, I. S. (2001).** Agricultural produces: Synopsis of employed quality control methods for the authentication of foods and application of chemometrics for the classification of foods according to their variety or geographical origin. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 41 (4), 287-319.
- Van Harten, A. M. (1998).** Mutation Breeding: Theory and Practical Applications, Cambridge University Press, Cambridge.

- Vuylsteke, D. R. (1989).** Shoot tip culture for the propagation, conservation and exchange of *Musa* germplasm. IBPGR, Rome, 1-56.
- Vuylsteke, D. R. (1998).** Field performance of banana micropropagules and somaclones. *Somaclonal Variation and Induced Mutations in Crop Improvement*. (Jain, S.M., Brar, D.S., Ahloowahlia, B.S. eds.) Kluwer Scientific Publishers, Dordrecht, 219-231.
- Vuylsteke, D. R., Crouch, J. H., Pellegrineschi, A. & Thottappilly G. (1998).** The biotechnology case history for *Musa*. *International Symposium on Biotechnology of Tropical and Subtropical Species Part 2*. ISHS Acta Horticulturae 461
- Vuylsteke, D., Ortiz, R., Ferris, R. S. B. & Crouch, J. H. (1997).** Plantain improvement. *Plant Breeding Reviews*, 14, 267-320.
- Vuylsteke, D., Swennen, R. & De Langhe, E. (1990b).** Tissue culture technology for the improvement of African plantains. *Sigatoka Leaf Spot Diseases of Bananas* (Fullerton R.A. and Stover R.H. eds). INIBAP, Montpellier, 316-337.
- Vuylsteke, D., Swennen, R. & De Langhe, E. (1991).** Somaclonal variation in plantains (*Musa* spp, AAB group) derived from shoot-tip culture. *Fruits*, 46, 429-439.
- Vuylsteke, D., Swennen, R. & De Langhe, E. (1996).** Field performance of somaclonal variants of plantain (*Musa* spp., AAB group). *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 121, 42-46.
- Wainwright, H. & Hughes, P. (1989).** Objective measurement of banana pulp colour. *International Jou. Food Sci. Technol.*, 24, 553-558.
- Wainwright, H. & Hughes, P. (1990).** Changes in banana pulp colour during ripening. *Fruits*, 45(1), 25-28.

Wo, S. M., Osman, A., Ahmad, S. H. & Saari, N. (2005). Peel and pulp splitting disorder in Mas banana (*Musa cv Mas (AA)*). *Journal of Food, Agriculture & Environment, Vol.3 (2), 213-21.*

Wong, C., Kiew, R., Argent, G., Set, O., Lee, S. K. & Gan, Y. Y. (2002). Assessment of the validity of the sections in *Musa* (Musaceae) using AFLP. *Annals of Botany, 90, 231-238.*

Yomeni, M. O., Njoukam, J. & Tchango Tchango, J. (2004). Influence of the stage of ripeness of plantains and some cooking bananas on the sensory and physicochemical characteristics of processed products. *J Sci Food Agri, 84, 1069-1077.*

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βασιλακάκης, Μ. Δ. (1996). Στοιχεία Γενικής και Ειδικής Δενδροκομίας. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Έκδοση: Υπηρεσία Δημοσιευμάτων.

Κανέλης Α. Κ. και Γερασόπουλος Δ. (2001). Εφαρμογές της βιοτεχνολογίας στη βελτίωση της ποιότητας των οπωροκηπευτικών. 20^ο Συνέδριο της Ελληνικής Εταιρείας της Επιστήμης των Οπωροκηπευτικών. 29-1 Νοεμβ. Κύπρος, σελ. 29-50.

Ποντίκης, Κ. Α. (2001). Ειδική Δενδροκομία. Τόμος 5^{ος}. Τροπικά Φυτά. Εκδόσεις Σταμούλης Α.Ε. Αθήνα.

Σακελλαρίου, Μ. (2005). In vitro αναγέννηση στην μπανάνα (*Musa spp.*) και μελέτη της σωματοκλωνικής παραλλακτικότητας με χρήση κυτταρογενετικών και μοριακών μεθόδων.

Χρηστάκου, Ε. Κ. (2003). Επίδραση υποκείμενου εμβολιασμού στην παραγωγική συμπεριφορά καθώς και στα φυσικοχημικά / οργανοληπτικά χαρακτηριστικά στο πεπόνι, αγγουράκι και μελιτζάνα.



