



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ**  
**ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΚΗΠΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**Π.Μ.Σ «Επιστήμες & Συστήματα Φυτικής Παραγωγής»**  
**Κατεύθυνση «Κηπευτικές Καλλιέργειες και Ανθοκομία»**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΘΕΜΑ**

**ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΛΟΒΩΝ**  
**ΒΙΓΝΑΣ (*Vigna unguiculata*) ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΚΑΙ**  
**ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

**ΣΟΦΙΑ Ν. ΜΠΕΜΠΗ**

**ΓΕΩΠΟΝΟΣ**

**Επιβλέπων:** Καραπάνος Ιωάννης, Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

**ΑΘΗΝΑ 2019**

# ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

## ΘΕΜΑ

### **ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΣΥΛΛΕΚΤΙΚΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΛΟΒΩΝ ΒΙΓΝΑΣ (*Vigna unguiculata*) ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ**

### **POSTHARVEST BEHAVIOUR AND QUALITY CHANGES OF GREEN PODS OF COWPEA (*Vigna unguiculata*) IN RELATION TO STORAGE TEMPERATURE AND PLASTIC PACKAGING**

**ΣΟΦΙΑ Ν. ΜΠΕΜΠΗ**

*ΓΕΩΠΟΝΟΣ*

#### **Τριμελής επιτροπή**

Επιβλέπων: Καραπάνος Ιωάννης, Επ. Καθηγητής Γ.Π.Α.

Μέλη: Σάββας Δημήτριος, Καθηγητής Γ.Π.Α.

Τσουβαλιτζής Παύλος, Επ. Καθηγητής Α.Π.Θ.

Στα πλαίσια Ευρωπαϊκού Ερευνητικού Προγράμματος «Eurolegume» - Επέκταση της καλλιέργειας ψυχανθών στην Ευρώπη μέσω βιώσιμων συστημάτων καλλιέργειας με στόχο την παραγωγή πρωτεΐνης τόσο για την ανθρώπινη διατροφή όσο και για ζωοτροφές». (2014-2017)



Enhancing of legumes growing in Europe through sustainable cropping for protein supply for food and feed

FP7 Research Project N° 61378

## Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γ.Π.Α. και είχε ως αντικείμενο μελέτης τη διερεύνηση της μετασυλλεκτικής συμπεριφοράς λοβών βίγνας (αμπελοφάσουλου - *Vigna unguiculata* ssp. *unguiculata*), σε σχέση με τη θερμοκρασία αποθήκευσης (2 °, 5 ° και 10°C), τη συσκευασία τους σε τρία είδη πλαστικών μεμβρανών (διάτρητο χαμηλής πυκνότητας πολυαιθυλένιο-LDPE, εύκαμπτο βινύλιο-FV και πολυβινυλοχλωρίδιο-PVC) διαφορετικής περατότητας στους υδρατμούς και σε αέρια και την παραμονή τους για 2 ημέρες σε θερμοκρασία δωματίου μετά τη συντήρησή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες για 7 ημέρες («ζωή στο ράφι»). Οι λοβοί προήλθαν από την καλλιέργεια μιας ελληνικής τοπικής ποικιλίας αμπελοφάσουλου το καλοκαίρι του 2015 στον αγρό του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών. Προσδιορίστηκαν διάφορα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λοβών, όπως η απώλεια βάρους, η οπτική ποιότητα, η συνεκτικότητα, το περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, χλωροφύλλη, πρωτεΐνες, ολικά φαινολικά, νιτρικά, άμυλο καθώς και η συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι νωποί λοβοί της βίγνας είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι και λόγω τροπικής προέλευσης ιδιαίτερα ευπαθείς σε κρουοτραυματισμούς. Σε χαμηλές θερμοκρασίες (2 ° και 5 °C) διατηρήθηκαν αποτελεσματικά μετά από 7 ημέρες ψυχρής συντήρησης, αλλά εμφάνισαν σοβαρά συμπτώματα κρουοτραυματισμών όταν μεταφέρθηκαν στους 20 °C για 2 ημέρες, για να μελετηθεί η «ζωή στο ράφι». Αντίθετα, αποθηκεύτηκαν ικανοποιητικά σε πλαστικές συσκευασίες στους 10 °C, αλλά μετά την παραμονή τους «στο ράφι», επήλθε σημαντική υποβάθμιση της οπτικής ποιότητας ακόμα και σήψεις, ανάλογα όμως με τον τύπο πλαστικού που χρησιμοποιήθηκε για τη συσκευασία. Τα πλαστικά με χαμηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς δεν είναι κατάλληλα για αποθήκευση νωπών λοβών βίγνας, καθώς προκαλούν στιγμάτωση και σήψεις λόγω συμπύκνωσης υδρατμών πάνω στους λοβούς, ειδικά κατά την παραμονή «στο ράφι».

Παρατηρήθηκαν μεταβολές στα διάφορα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μετασυλλεκτικά, όπως αύξηση της συνεκτικότητας κατ' αναλογία με την απώλεια βάρους, μείωση του περιεχομένου σε άμυλο και πρωτεΐνες, αλλά η επίδραση των θερμοκρασιών συντήρησης και του είδους της συσκευασίας δεν ήταν ξεκάθαρη και συστηματική, εκτός από την καθαρά αρνητική επίδραση της συσκευασίας με φύλλο PVC.

Ως εκ τούτου, οι λοβοί της βίγνας μπορούν να αποθηκευτούν επιτυχώς για 7 ή περισσότερες ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες (5-10 °C), υπό την προϋπόθεση ότι θα συσκευαστούν σε πλαστικά φύλλα κατάλληλης διαπερατότητας, ιδιαίτερα στους υδρατμούς, και δεν θα εκτίθενται σε θερμοκρασίες δωματίου στη συνέχεια.

## **Abstract**

### **Postharvest behaviour and quality changes of green pods of cowpea (*Vigna unguiculata* ssp. *unguiculata*) in relation to storage temperature and plastic packaging**

Although cowpea green pods have been traditionally used in folk diets in tropical and sub-tropical regions, very little is known about their physicochemical changes during the postharvest period and the effect of storage conditions on their postharvest behaviour. For this reason, we studied the effect of storage temperature (2 °, 5 ° and 10 °C) and plastic packaging (using perforated polyethylene, flexible vinyl and polyvinylchloride films with different permeability to water, O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>) on the visual quality and some physicochemical characteristics of cowpea pods. Green pods of (*Vigna unguiculata* ssp. *unguiculata*) landraces (from Greece) grown during summer in Athens, Greece, were harvested at 8-10 days after anthesis, hydrocooled at 10 °C and enclosed in packages using the abovementioned films. Pods were stored for 7 days and kept in the packages for 2 days at 20 °C, in order to study the “shelf life” period and the occurrence and intensity of chilling injury.

Due to the tropical origin of the species, pods stored at 2 °C developed severe chilling injury symptoms from the 5th day of storage and during the “shelf life” period. Chilling injury was less intense and appeared only during “shelf life” at 5 °C and was not evident at 10 °C, irrespective of the type of packaging. Weight loss after cold storage was significantly higher in the perforated and flexible vinyl (up to 8.3% at 10 °C) than in the polyvinylchloride film, due to its low permeability, but it was unsuitable, as it caused water condensation and serious decay of pods, particularly at 10 °C and during “shelf life”. Cold storage did not significantly affect the content of pods in total soluble solids, although there was an insignificant increase in all cases. By contrast, chlorophyll content was better retained at 5 °C compared to 10 °C, although after 7 days of storage, pods green colour did not deteriorate, regardless of the temperature and type of packaging. Firmness of pods, assessed as resistance upon cutting, increased during storage, more at 10 °C than 5 °C, as the pods became less tender, mostly due to water loss. At 10 °C pods lost more weight and were less green and tender than those stored at 5 °C; nevertheless, they were still of acceptable visual quality. On the contrary, after “shelf life” they became non-marketable as they lost weight up to 21%, were less tender and seriously shriveled, although their chlorophyll and total soluble solids content seriously increased.

Cowpea pods are highly perishable and susceptible to chilling; therefore, they may be stored successfully for 7 days at temperatures as low as 5 °C provided they are enclosed in semi-permeable plastic packages, but they cannot withstand exposure at room temperatures during the “shelf life” period.

Changes were observed in various physicochemical characteristics of postharvest, such as increased consistency in proportion to weight loss, decrease in starch and protein content, but the effect of maintenance temperatures and type of packaging was not clear and systematic except for the pure negative. effect of packaging with PVC sheet.

As a result, the pods can be successfully stored for 7 or more days at low temperatures (5-10 ° C), provided that they are packaged in suitable permeable plastic sheets, especially in water vapor, and are not exposed to room temperatures.

## Ευχαριστίες

Σε αυτό το σημείο αισθάνομαι την ανάγκη να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε ορισμένους ανθρώπους, η συμβολή τους και η συμπαράσταση των οποίων ήταν πολύτιμη και καθοριστική στην εκπόνηση της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω, καταρχάς στον καθηγητή και επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας Κύριο Καραπάνο Ιωάννη για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες συμβουλές και παρατηρήσεις επί της οργάνωσης της δομής και του περιεχομένου της παρούσας εργασίας, αλλά και για τον επιδέξιο τρόπο που επεσήμανε λάθη ή παραλήψεις. Κυρίως τον ευχαριστώ καθώς εμπλούτισε τις γνώσεις μου και με βοήθησε ώστε να διαμορφώσω άποψη και να μπορώ να την υποστηρίξω με επιχειρήματα.

Κρίνω απαραίτητο να εκφράσω την εκτίμησή μου προς τα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής για τις χρήσιμες υποδείξεις και τις εύστοχες παρατηρήσεις τους στο σύνολο της διπλωματικής μου εργασίας.

Νιώθω επιπλέον υποχρεωμένη έναντι στην Διδάκτωρ Μακρογιάννη Δέσποινα για την βοήθεια της και τη στήριξη της καθ'όλη τη διάρκεια των εργαστηριακών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κύριο Χατζίου Κώνσταντίνο για την ανοχή του και την κατανόηση που επέδειξε στο δύσκολο διάστημα της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας καθώς και την έμπρακτη υποστήριξη του και την καθημερινή παροτρύνσή του συμβάλλοντας με το δικό του ξεχωριστό τρόπο στην ολοκλήρωση της μεταπτυχιακής μου μελέτης.

Κλείνοντας, ευχαριστώ ειλικρινά τους γονείς μου και την αδερφή μου για την ηθική τους στήριξη και τους ευγνωμονώ που στέκονται πάντα δίπλα μου τόσο στις επιτυχίες όσο και στις αποτυχίες, δίνοντας μου την ελπίδα και τη δύναμη να συνεχίσω να προσπαθώ για το καλύτερο.

# **1. Εισαγωγή**

## **1.1 Γενικά για τη βίγνα**

Η βίγνα ή μαυρομάτικο φασόλι ή αμπελοφάσουλο [*Vigna unguiculata* (L.) Walp., οικ. Fabaceae] (cowpea) είναι ένα ετήσιο ψυχανθές φυτό θερμής εποχής που καλλιεργείται στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, καθώς και στα εύκρατα κλίματα σε θερμές περιοχές κατά την περίοδο του καλοκαιριού. Αποτελεί το πιο σημαντικό ψυχανθές για ανθρώπινη κατανάλωση στις υπο-Σαχάριες περιοχές και τροπικές Σαβάνες της Αφρικής κυρίως για τους ξηρούς σπόρους της (Gómez, 2004). Σε πολύ μικρότερο βαθμό καλλιεργείται επίσης στην περιοχή της Μεσογείου, καθώς και σε ορισμένες περιοχές της Νότιας Ευρώπης, τόσο για την παραγωγή ξηρών σπόρων (όσπριο – μαυρομάτικο φασόλι) όσο και για τους πράσινους λοβούς και τους χλωρούς πράσινους σπόρους (αμπελοφάσουλο) (FAO, 2017). Αν και η βίγνα καλλιεργείται κυρίως για τους ξηρούς σπόρους, οι πράσινοι λοβοί της χρησιμοποιούνται παραδοσιακά σε λαϊκές δίαιτες σε όλες τις περιοχές παραγωγής και ιδιαίτερα στη λεκάνη της Μεσογείου (Karapanos et al., 2017). Σε πολλές περιοχές του κόσμου, οι πράσινοι βλαστοί και τα φύλλα της βίγνας αποτελούν σημαντική πηγή σανού υψηλής ποιότητας για τη διατροφή των ζώων (Tarawali et al., 2002). Στην Αφρική, τα τρυφερά πράσινα φύλλα αποτελούν σημαντική πηγή τροφής με υψηλή διατροφική αξία για τον άνθρωπο και καταναλώνονται όπως το σπανάκι και άλλα φυλλώδη λαχανικά (Nielson et al., 1993). Οι ανώριμοι πράσινοι λοβοί (αμπελοφάσουλο) χρησιμοποιούνται με τον ίδιο τρόπο όπως το πράσινο φασολάκι και συχνά αναμιγνύονται με μαγειρεμένα ξηρά σπέρματα μαυρομάτικου φασολιού ή με άλλα όσπρια. Τα ανώριμα σπέρματα από λοβούς αμπελοφάσουλου βράζονται ως νωπά λαχανικά ή μπορούν να κονσερβοποιηθούν ή να καταψυχθούν. Οι ξηροί ώριμοι σπόροι (μαυρομάτικα φασόλια) είναι επίσης κατάλληλοι για βράσιμο και κονσερβοποίηση (Singh et al., 2006).



### 1.1.1 Βοτανική ταξινόμηση της βίγνας

Υπάρχουν διακεκριμένοι τύποι (υποείδη) βίγνας [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] που διαφέρουν ως προς τον τρόπο ανάπτυξης του φυτού και τα χαρακτηριστικά του λοβού. Σήμερα είναι αποδεκτό ότι καλλιεργούνται τρεις τύποι, οι εξής:

**A.** *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *unguiculata* (L.) (Common cowpea, southernpea)

Αποτελεί το σημαντικότερο υποείδος του είδους και περιλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό τύπων που καλλιεργείται κυρίως στην Αφρική, αλλά και στη νότια Ασία, στην περιοχή της Μεσογείου και στην Αμερική. Τα φυτά του υποείδους αυτού χαρακτηρίζονται από το πυκνό τους φύλλωμα. Τα φύλλα είναι σύνθετα, αποτελούμενα από τρία στιλπνά, λεία φυλλάκια και μοιάζουν με εκείνα του κοινού φασολιού. Τα άνθη έχουν χρώμα λευκό ή πορφυρό και εκφύονται από τις μασχάλες των φύλλων πάνω σε ένα μικρό ποδίσκο. Η άνθησή του φυτού είναι κλιμακωτή και συνήθως συνεχίζεται μέχρις ότου ανακοπεί από τις αντίξοες συνθήκες του φθινοπώρου. Η αυτογονιμοποίηση αποτελεί σχεδόν τον κανόνα. Οι λοβοί είναι κυλινδρικοί και αποκτούν μήκος 20-30 cm, με νεφροειδή ή στρογγυλά σπέρματα. Το χρώμα των ώριμων σπερμάτων είναι συνήθως λευκό με μια μαύρη περιοχή γύρω από το μάτι, από όπου παίρνουν και το όνομα μαυρομάτικα.

**B.** *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *sesquipedalis* (L.) (Asparagus bean, Yard long bean).

Χαρακτηρίζεται από φυτά με έρπουσα ανάπτυξη ή αναρριχώμενη, με τους βλαστούς να αποκτούν μήκος μέχρι και 3 m. Τα άνθη είναι μεγάλα, πρασινοκίτρινα, μονήρη ή ανά δύο στην άκρη μακρών μασχαλιαίων αξόνων. Οι λοβοί οι οποίοι όταν είναι στο πράσινο στάδιο διογκώνονται ενώ όταν ωριμάσουν ζαρώνουν, είναι κυλινδρικοί, λεπτοί, σαρκώδεις, με μήκος από 30 cm έως και περισσότερο από 1 m. Σε κάθε λοβό περιέχονται πολλά νεφροειδή σπέρματα, μήκους 8-12 mm το καθένα όταν ωριμάσουν. Καλλιεργείται κυρίως για τους μακρούς νωπούς λοβούς του.

C. *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ssp. *cylindrical* (L.) (Catjank cowpea, Bombay cowpea, Jerusalem pea, Marble pea).

Τα φυτά του υποείδους έχουν ημιαναρριχώμενη ανάπτυξη. Οι λοβοί αναπτύσσονται όρθιοι με μήκος 7-12 εκ., και περιέχουν πολλούς μικρούς σπόρους. Λοβοί και σπόροι χρησιμοποιούνται σαν κηπευτικά όταν είναι τρυφεροί και ανώριμοι. Ο τύπος αυτός είναι δημοφιλής στην Ινδία και σαν όσπριο. Το φυτό χρησιμοποιείται και ως ζωοτροφή.

### **1.1.2 Οικονομική σημασία της καλλιέργειας της βίγνας**

Σύμφωνα με στοιχεία του F.A.O. για το έτος 2013, η παγκόσμια έκταση για όλους τους τύπους του φυτού της βίγνας ανέρχεται στα 145 εκ. στρέμματα. Η καλλιέργεια για σπόρο (μαυρομάτικο φασόλι) καταλαμβάνει περίπου 115 εκ. στρέμματα, με παραγωγή 5,5 εκ. μετρικούς τόνους. Το 95% περίπου της συνολικής παραγωγής μαυρομάτικου φασολιού προέρχεται από την Αφρική, ενώ μικρή είναι η παραγωγή στην Ασία και σχεδόν αμελητέα στην Ευρώπη. Όμως, οι στρεμματικές αποδόσεις στην Αφρική είναι πολύ χαμηλές και ανέρχονται μόλις στα περίπου 50 κιλά/στρ., όντας οι χαμηλότερες σε σχέση με τα κυριότερα τροπικής προέλευσης ψυχανθή για σπόρο, όταν στην Ευρώπη είναι σχεδόν 7 φορές υψηλότερες (Πίνακας 1.1). Οι αποδόσεις εξαρτώνται από την καλλιεργούμενη ποικιλία, τη δυνατότητα άρδευσης, τις συνθήκες του περιβάλλοντος και τις εφαρμοζόμενες καλλιεργητικές τεχνικές.

Οι κυριότερες χώρες παραγωγής μαυρομάτικου φασολιού κατά το έτος 2013 ήταν με τη σειρά η Νιγηρία, ο Νίγηρας και η Μπουρκίνα Φάσο, με το Νίγηρα να κατέχει τις μεγαλύτερες εκτάσεις (Πίνακας 1.2).

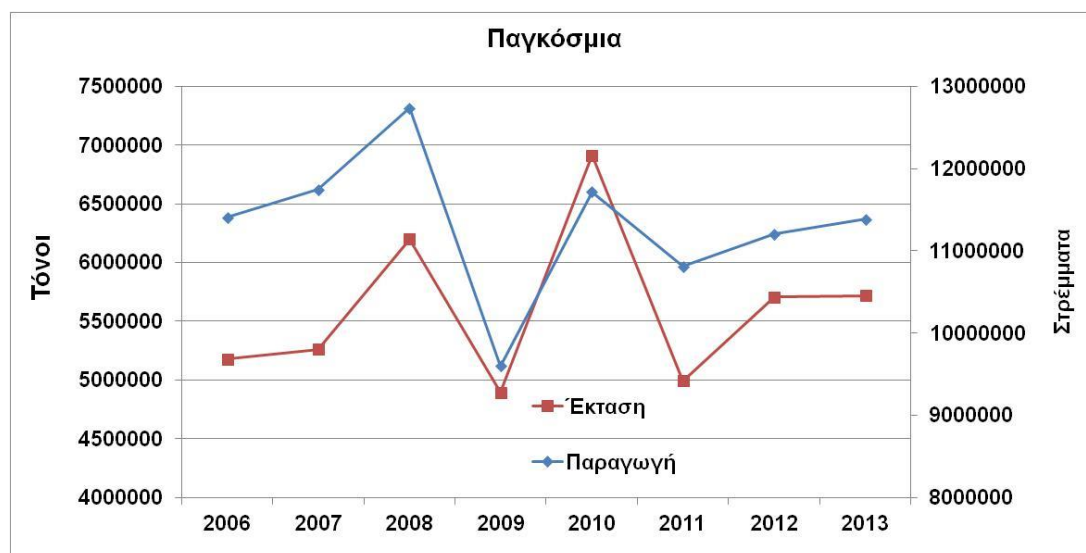
**Πίνακας 1.1.** Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή, απόδοση και % του συνόλου της παραγωγής μαυρομάτικου φασολιού σε κάθε ήπειρο κατά το 2013 (Από: F.A.O., 2013).

|                | Έκταση<br>(x 1000 στρ.) | Παραγωγή<br>(x 1000 τον.) | Απόδοση<br>(κιλά/στρ.) | % συνόλου<br>παραγωγής |
|----------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| <b>Αφρική</b>  | 110.751                 | 5.421                     | 48,9                   | 94,8                   |
| <b>Αμερική</b> | 738                     | 79                        | 107                    | 1,4                    |
| <b>Ασία</b>    | 1604                    | 193                       | 120                    | 3,4                    |
| <b>Ευρώπη</b>  | 67                      | 24                        | 358                    | 0,4                    |
| <b>Ωκεανία</b> | 0                       | 0                         | 0                      | 0,0                    |
| <b>Σύνολο</b>  | 113.160                 | 5.717                     | 50,5                   | 100                    |

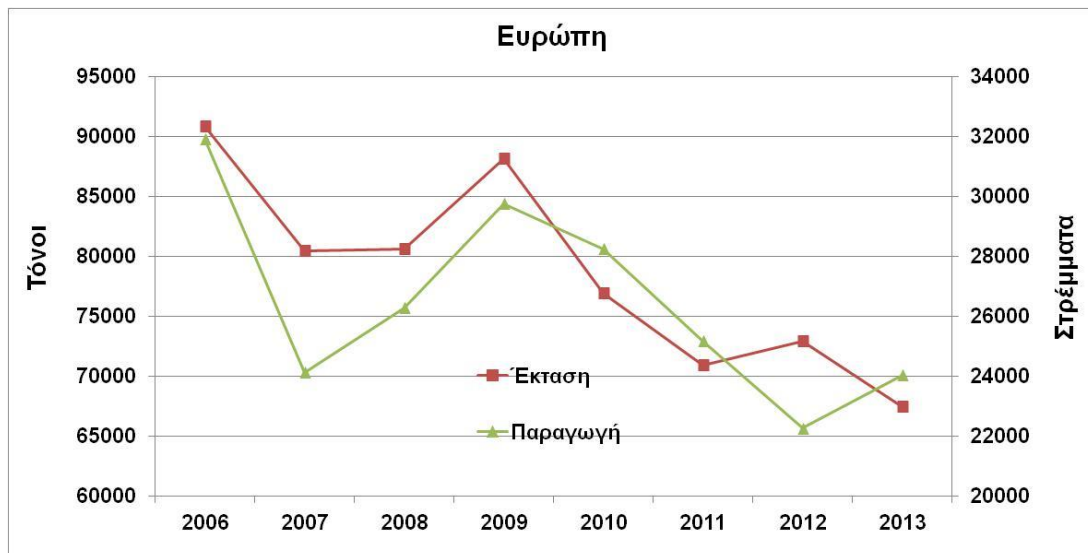
**Πίνακας 1.2.** Καλλιεργούμενες εκτάσεις, παραγωγή και απόδοση μαυρομάτικου φασολιού στις κυριότερες χώρες παραγωγής κατά το 2013. (Από: F.A.O., 2013).

| Χώρες                                       | Έκταση<br>(x 1000 στρ.) | Παραγωγή<br>(x 1000 τον.) | Απόδοση<br>(κιλά/στρ.) |
|---|-------------------------|---------------------------|------------------------|
| <b>Νίγηρας</b>                              | 47000                   | 1300                      | 27,6                   |
| <b>Νιγηρία</b>                              | 32000                   | 2500                      | 78,1                   |
| <b>Μπουρκίνα Φάσο</b>                       | 12005                   | 580                       | 48,3                   |
| <b>Μοζαμβίκη</b>                            | 3200                    | 80                        | 25,0                   |
| <b>Σουδάν (πρώην)</b>                       | 2600                    | 72                        | 27,7                   |
| <b>Μάλι</b>                                 | 2400                    | 129                       | 53,8                   |
| <b>Καμερούν</b>                             | 2362                    | 165                       | 69,9                   |
| <b>Ενωμένη Δημοκρατία της<br/>Τανζανίας</b> | 2220                    | 185                       | 83,3                   |
| <b>Κένυα</b>                                | 2200                    | 123                       | 55,9                   |
| <b>Λαϊκή Δημοκρατία του<br/>Κονγκό</b>      | 1500                    | 80                        | 53,3                   |
| <b>Μιανμάρ</b>                              | 1480                    | 177                       | 119,5                  |
| <b>Σενεγάλη</b>                             | 1144                    | 45                        | 39,3                   |
| <b>Μαλάουι</b>                              | 755                     | 36                        | 47,7                   |
| <b>Ουγκάντα</b>                             | 750                     | 94                        | 125,0                  |

Παγκόσμια, η τάση της καλλιέργειας παρουσιάζει διακυμάνσεις, χωρίς όμως σαφή τάση μείωσης ή αύξησης των καλλιεργούμενων εκτάσεων (Σχήμα 1.1.). Η σημασία της καλλιέργειας της βίγνας (ιδιαίτερα για παραγωγή μαυρομάτικου φασολιού) στην Αφρική είναι πολύ μεγάλη. Εκτιμάται ότι περίπου 38 εκατομμύρια νοικοκυριά (περίπου 194 εκατομμύρια άνθρωποι) καλλιεργούν βίγνα στην υπο-Σαχάρια Αφρική, αλλά η παραγωγή δεν έχει παρουσιάσει ιδιαίτερη αύξηση τα τελευταία 20 χρόνια, με τη συνολική έκταση, παραγωγή και απόδοση με έχουν αυξηθεί μόνο κατά 4,3%, 5,8% και 1,5% αντίστοιχα. Αντίθετα, μικρή είναι η οικονομική σημασία καθώς και η έκταση της καλλιέργειας της βίγνας στην Ευρώπη, στην οποία παρουσιάζεται την τελευταία δεκαετία έντονη τάση μείωσης των καλλιεργούμενων εκτάσεων καθώς και της συνολικής παραγωγής (Σχήμα 1.2). Στη χώρα μας δεν υπάρχουν διαθέσιμα επίσημα στοιχεία σχετικά με την έκταση και την παραγωγή της καλλιέργειας του μαυρομάτικου φασολιού, ενώ σύμφωνα με στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, η μέση απόδοση ανέρχεται στα 100–350 κιλά/στρ.



**Σχήμα 1.1.** Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης της καλλιέργειας της βίγνας παγκόσμια κατά τα έτη 2006-2013 για παραγωγή μαυρομάτικου φασολιού (Από: F.A.O. 2013).



**Σχήμα 1.2.** Διαγραμματική απεικόνιση της εξέλιξης της καλλιέργειας της καλλιέργειας της βίγνας στην Ευρώπη κατά τα έτη 2006-2013 για παραγωγή μαυρομάτικου φασολιού (Από: F.A.O. 2013).

Σε αντίθεση με την καλλιέργεια της βίγνας για παραγωγή οσπρίων (μαυρομάτικου φασολιού), η καλλιέργεια για παραγωγή νωπών λοβών (αμπελοφάσουλο) είναι περιορισμένη και δεν υπάρχουν επίσημα στοιχεία για την έκταση, την παραγωγή και τις αποδόσεις στις διάφορες χώρες παραγωγής. Για την Ελλάδα, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων το 2012 καλλιεργήθηκαν 232 στρέμματα αμπελοφάσουλου και η παραγωγή ανήλθε στους 184 τόνους, δηλαδή η μέση απόδοση ήταν 793 κιλά/στρ. Παγκόσμια, αναφέρονται αποδόσεις μεταξύ 500-2000 κιλών/στρ. νωπών λοβών αμπελοφάσουλου, ενώ σύμφωνα με δεδομένα της Στατιστικής Υπηρεσίας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, στην Ελλάδα η μέση απόδοση αμπελοφάσουλου του υποείδους *Vigna unguiculata ssp. unguiculata* (κοντοί λοβοί) κυμαίνεται μεταξύ 400-800 κιλών/στρ. νωπών λοβών, όταν στο υποείδος *V. unguiculata ssp. sesquipedalis* (πηχιάρικα φασόλια ή μπρατσοφάσουλα ή αμπελοφάσουλα γίγαντες) ανέρχεται στα 1.500-2.000 κιλά/στρ.

## 1.2. Μετασυλλεκτική συμπεριφορά και συνθήκες συντήρησης ανώριμων λοβών κηπευτικών

Στους ανώριμους λοβούς που καταναλώνονται ως κηπευτικά ανήκουν κυρίως ψυχανθή είδη (νωπό φασολάκι – *Phaseolus vulgaris*, κουκιά – *Vicia faba*, αρακάς με το λοβό-mangetout – *Pisum sativum* var. *macrocarpon*, *P. sativum* var. *saccharatum*, αμπελοφάσουλο – *Vigna unguiculata* var. *unguiculata*, *V. unguiculata* var. *sesquipedalis*) και η μπάμια (*Abelmoschus esculentus*) που ανήκει στα Malvaceae. Με εξαίρεση τα κουκιά και τον αρακά, τα υπόλοιπα είδη είναι θερμής εποχής και επομένως οι λοβοί τους είναι ευαίσθητοι σε κρουστρουματισμούς, ενώ όλοι οι λοβοί, για πολλούς λόγους, κατατάσσονται στα ιδιαίτερα φθαρτά λαχανικά και για το λόγο αυτό σπάνια αποθηκεύονται.

Λόγω του ότι οι καρποί αυτοί συγκομίζονται ανώριμοι και μάλιστα κατά το στάδιο της συγκομιδής τους παρατηρείται έντονη ανάπτυξή τους, ο ρυθμός μεταβολισμού τους είναι εξαιρετικά υψηλός, ενώ κατά κανόνα δεν έχουν εισέλθει στο στάδιο ανάπτυξης όπου συντελείται η συσσώρευση αποθησαυριστικών ουσιών (κυρίως στα σπέρματα, τα οποία όμως στις περισσότερες περιπτώσεις είναι υπανάπτυκτα στο στάδιο της εμπορικής ωριμότητας). Κατά συνέπεια, ο υψηλός ρυθμός μεταβολισμού σε συνδυασμό με την έλλειψη αποθησαυριστικών ουσιών, οδηγούν σε ταχεία υποβάθμιση των λοβών σύντομα μετά τη συγκομιδή τους. Όλοι οι λοβοί κατατάσσονται στους μη-κλιμακτηριακούς καρπούς (Mohammed and Brecht, 2003).

Οι λοβοί που είναι ευαίσθητοι σε κρουστρουματισμούς παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία ανάλογα με το είδος, επομένως είναι διαφορετικές οι ελάχιστες συνιστώμενες θερμοκρασίες για την συντήρησή τους. Για παράδειγμα, το νωπό φασολάκι παρουσιάζει συμπτώματα κρουστρουματισμού (επιφανειακή στιγματώση, απώλεια στιλπνότητας χρώματος λοβού, αποχρωματισμός των σπερμάτων, ευαισθησία στην ανάπτυξη σήψης) μεταξύ 4-7°C (Cantwell and Suslow, 2002), ενώ η μπάμια είναι πιο ευαίσθητη με εμφάνιση συμπτωμάτων μεταξύ 7-10°C (Ilker and Morris, 1976). Αντίθετα, αν και λόγω της τροπικής προέλευσης του είδους είναι γνωστή η ευπάθεια των λοβών της βίγνας (αμπελοφάσουλο) στις χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης (όπως στους 4°C - Fan et al., 2016), δεν υπάρχουν έρευνες που να καθορίζουν τις συνθήκες υπό τις οποίες εμφανίζονται κρουστρουματισμοί στο είδος αυτό (π.χ. θερμοκρασιακό

όριο, διάρκεια έκθεσης σε χαμηλές θερμοκρασίες, στάδιο ανάπτυξης των λοβών, γονοτυπικές διαφορές στην εμφάνιση κρυοτραυματισμών, επίδραση μετασυλλεκτικών χειρισμών όπως συσκευασία, θερμική μεταχείριση κ.ά.). Επιπρόσθετα, οι πληροφορίες σχετικά με τις ενδεικνυόμενες συνθήκες συντήρησης των λοβών της βίγνας είναι ελάχιστες και περιορίζονται στην ευαισθησία τους σε κρυοραυματισμούς (Fan et al., 2016), καθώς και στην ανάπτυξη σήψεων και μετασυλλεκτικών προσβολών σε υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης (π.χ. 8°C), σε συνδυασμό με υψηλή Σ.Υ. για την αποτροπή μάρανσης (Xie et al., 2014).

Λόγω της έλλειψης ερευνών και πληροφοριών σχετικά με τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των λοβών της βίγνας, των ενδεικνυόμενων συνθηκών συντήρησης και της επίδρασης των συνθηκών συντήρησης στη μετασυλλεκτική ζωή των λοβών, ακολούθως παρατίθενται στοιχεία σχετικά με την μετασυλλεκτική συμπεριφορά τις μεταβολικές, μορφολογικές και δομικές αλλαγές και τη συντηρησιμότητα των λοβών του νωπού φασολιού.

### **1.2.1. Μετασυλλεκτική συμπεριφορά νωπού φασολιού**

#### **1.2.1.1. Καθορισμός κατάλληλου σταδίου συγκομιδής**

Ως μη κλιμακτηριακός καρπός, το νωπό φασολάκι δεν παρουσιάζει αιφνίδια αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητάς του μετά τη συγκομιδή. Μόνο η έναρξη της βλάστησης των σπόρων του, παραλληλίζεται με την αρχή της κλιμακτηρίου (Wills et al. 1998). Τα χαρακτηριστικά των εμπορικά ώριμων νωπών φασολιών, είναι λοβοί φωτεινοί, πράσινοι, σαρκώδεις, με σπόρους μικρούς και πράσινους. Οι λοβοί επίσης πρέπει να σπάνε εύκολα όταν κάμπτονται απότομα. Μετά από την περίοδο που οι λοβοί αποκτούν τα πιο πάνω χαρακτηριστικά, η ανάπτυξη των σπερμάτων μειώνει την ποιότητα του λοβού. Συγκεκριμένα, ο λοβός γίνεται σκληρός, με ανοικτό πράσινο χρώμα και με σκληρές ίνες (Cantwell and Suslow 2002).

Εκτός από τις παραπάνω αλλαγές που αφορούν κυρίως την εμφάνιση των λοβών στο στάδιο της συγκομιδής, παρουσιάζονται ιδιαίτερες μεταβολικές και ανατομικές αλλαγές κατά την ανάπτυξη και ωρίμανση των λοβών. Το

επίπεδο των σακχάρων κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης των λοβών αυξάνεται έντονα, λόγω της ταχείας μετατροπής των λιπών ή του αμύλου σε σάκχαρα. Για το λόγο αυτό, οι σπόροι των λοβών στο ανώριμο στάδιο είναι γλυκύτεροι και με περισσότερη σπαργή. Οι ανώριμοι λοβοί έχουν καλύτερη ποιότητα βρώσης διότι η ποιότητα καθορίζεται από τη γεύση και τη σύσταση και όχι από τη φυσιολογική ηλικία. Αντίθετα, με την προώθηση της ωριμότητας, τα σάκχαρα μετατρέπονται σε άμυλο το οποίο συσσωρεύεται στους αναπτυσσόμενους σπόρους με συνέπεια τον περιορισμό της γλυκύτητας των λοβών, που επίσης παρουσιάζουν μείωση της περιεκτικότητάς τους σε νερό, αύξηση του ινώδους υλικού και καθίστανται επομένως μη βρώσιμοι (Wills *et al.* 1998).

Τα κριτήρια καθορισμού του κατάλληλου χρόνου συγκομιδής των λοβών του νωπού φασολιού διαφέρουν ανάλογα με την χρήση τους (νωπή κατανάλωση, συντήρηση, αποξήρανση). Συνεπώς, θα πρέπει να γίνεται σαφής διάκριση της φυσιολογικής ωριμότητας, από την εμπορική ή οπωροκομική ωριμότητα, ώστε να παρατείνεται τόσο η διάρκεια της μετασυλλεκτικής ζωής του λοβού όσο και να διατηρείται η ποιότητα του (Wills *et al.* 1998).

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για να αξιολογηθεί η ωριμότητα των νωπών φασολιών, βασίζονται στην εμπειρία και στην κρίση των καλλιεργητών, λαμβάνοντας υπόψη διάφορες υποκειμενικές κρίσεις (π.χ. εξωτερική εμφάνιση, υφή, άρωμα) σε σχέση με τις απαιτήσεις της αγοράς. Εκείνα που προορίζονται για τις τοπικές αγορές μπορούν να συγκομιστούν σε ένα πιο προχωρημένο στάδιο, αντίθετα, εκείνα που προορίζονται για αποθήκευση και μεταφορά σε μακρινές αγορές συγκομίζονται σε ένα αρκετά πιο πρώιμο στάδιο. Οι μέθοδοι καθορισμού του κατάλληλου σταδίου για συγκομιδή για να γίνουν αντικειμενικότερες και ίσως συνεπέστερες ενισχύονται με τεχνικές μεθόδους που συνήθως απαιτούν την καταστροφή του λοβού και βασίζονται σε ποικίλα χαρακτηριστικά, όπως τα ακόλουθα:

- Μέγεθος, βάρος, μήκος και πάχος λοβών πριν το σχηματισμό των ινών.
- Ποσοστό βάρους σπόρων ως προς το βάρος του λοβού (βέλτιστη τιμή 8-16%).
- Χρωματισμός λοβού που προσδιορίζεται με χρωματόμετρα.
- Συνεκτικότητα-τρυφερότητα σάρκας λοβού που προσδιορίζεται με ειδικά όργανα προσδιορισμού συνεκτικότητας (tenderometers)



- Χημική σύνθεση λοβών, όπως η περιεκτικότητά τους σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, που προσδιορίζονται με διαθλασίμετρα (refractometers).

Τα νωπά φασόλια συγκομίζονται στο στάδιο του ανώριμου λοβού και έχουν υψηλό περιεχόμενο σε νερό. Συνεπώς, κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο παρατηρείται έντονος μεταβολισμός, αποδόμηση της χλωροφύλλης, ελάττωση της συνεκτικότητας (αύξηση των διαλυτών πηκτινών), σύνθεση αρωματικών ουσιών, μείωση αμύλου, αύξηση οξύτητας και ταννινών, αύξηση σακχάρων (κυρίως των αναγωγικών). Επομένως, η ωριμότητα των συγκομιζόμενων λοβών του νωπού φασολιού και κατ' επέκταση η ένταση και η πρόοδος των προαναφερθεισών διεργασιών που συντελούνται κατά την ωρίμανση των λοβών του φασολιού, αποτελούν καθοριστικούς παράγοντες για τη μετασυλλεκτική ζωή τους (Wills *et al.* 1998).

#### **1.2.1.2. Επίδραση του σταδίου συγκομιδής στην ποιότητα και τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του νωπού φασολιού**

Η ωριμότητα των λοβών των φασολιών κατά τη συγκομιδή τους επηρεάζει το περιεχόμενό τους σε θρεπτικά στοιχεία. Έτσι, σύμφωνα με τους Lee *et al.* (1982) οι μεγάλοι σε μέγεθος και ωριμότεροι λοβοί νωπών φασολιών περιέχουν λιγότερο ασκορβικό οξύ από τα μικρότερα και πιο ανώριμα φασόλια. Ομοίως, οι Sistrunk *et al.* (1989) παρατήρησαν χαμηλότερη συγκέντρωση ασκορβικού οξέος στους λοβούς που είχαν υψηλότερη αναλογία σπόρων (ωριμότεροι λοβοί), ενώ οι Howard *et al.* (1999) αναφέρουν ότι η συνολική βιταμίνη C των νωπών φασολιών με ποσοστό σπόρου 15% ήταν περίπου 30% υψηλότερη από αυτή των αντίστοιχων με ποσοστό σπόρου 25%. Κατ' αντιστοιχία οι Lee and Kader (2000) παρατήρησαν ότι οι περισσότεροι συνεκτικοί λοβοί νωπών φασολιών (περισσότερο ώριμοι) περιείχαν λιγότερη βιταμίνη C, σε αντίθεση με τους λιγότερο συνεκτικούς (περισσότερο ανώριμους) λοβούς.

Σύμφωνα με τους Trail *et al.* (1992) το στάδιο ωριμότητας στο οποίο συγκομίζονται οι λοβοί του νωπού φασολιού επηρεάζει τις ποιοτικές αλλαγές που παρατηρούνται μετασυλλεκτικά. Αυτό τεκμηριώνεται και από την παρατήρηση των Jimenez *et al.* (1997) σχετικά με την ταχύτερη απώλεια της

ποιότητας όπως αυτή εκτιμάται με οπτική παρατήρηση των λοβών μετά από αποθήκευση, στα φασόλια της ποικιλίας Xera που κατά την συγκομιδή ήταν λιγότερο ώριμα σε σχέση με τα αντίστοιχα της ποικιλίας Jade, ενώ τα πρώτα παρουσίασαν επίσης χαρακτηριστικό αποχρωματισμό λόγω επίδρασης των χαμηλών θερμοκρασιών. Ομοίως, οι Watada και Morris (1966b) διαπίστωσαν ότι τα νωπά φασόλια που συγκομίστηκαν πρωϊότερα, παρουσίασαν συντομότερη μετασυλλεκτική ζωή στις χαμηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης (5°C και 0,5°C) σε σχέση με τις υψηλότερες θερμοκρασίες (>10°C), πιθανά λόγω της υψηλότερης ευαισθησίας στους κρουτραυματισμούς, που παρουσιάζουν οι πρώιμα συγκομισμένοι λοβοί.

Παράλληλα, η ωριμότητα των νωπών φασολιών κατά τη συγκομιδή επηρεάζει την μετασυλλεκτική τους συμπεριφορά, μέσω της περιεκτικότητας των λοβών σε νερό κατά τη συγκομιδή τους. Οι Cantwell and Suslow (2002) υπολόγισαν την απώλεια βάρους των ώριμων νωπών φασολιών από την εξίσωση: % απώλειας βάρους ανά ημέρα = 0,754 X έλλειμμα πίεσης ατμών (VPD), με τη τιμή VPD να λαμβάνεται από ψυχομετρικό διάγραμμα με βάση τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία του χώρου αποθήκευσης. Παρατηρήθηκε ότι μετά από αποθήκευση μιας εβδομάδας το ποσοστό απώλειας βάρους των ανώριμων λοβών φασολιού ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με των περισσότερο ώριμων λοβών. Επίσης, παρατηρήθηκε ότι απώλεια βάρους 5% είναι ανεκτή (έναρξη συρρίκνωσης του λοβού), ενώ ποσοστά 10-12% σε απώλεια βάρους δεν επιτρέπουν τη διάθεση του προϊόντος στην αγορά.

#### **1.2.1.2. Επίδραση των συνθηκών αποθήκευσης στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του νωπού φασολιού**

Αξιοσημείωτη είναι η επίδραση που ασκούν οι συνθήκες αποθήκευσης στην ωρίμανση των λοβών κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο. Οι Trail et al. (1992) παρατήρησαν ότι κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης τα σπέρματα εντός των λοβών αναπτύσσονται και ωριμάζουν με τη θερμοκρασία αποθήκευσης να επηρεάζει σημαντικά την πορεία αυτή, αφού οι λοβοί που αποθηκεύτηκαν στους 10°C παρουσίασαν κατά το τέλος της αποθήκευσης υψηλότερη αναλογία βάρους σπόρων ως προς το βάρος των λοβών, υποδηλώνοντας εντονότερη ανάπτυξη των σπερμάτων σε σχέση με τους λοβούς που αποθηκεύτηκαν στους

5°C. Όμοια, οι Freeman and Sistrunk (1978) παρατήρησαν ότι μετά από αποθήκευση στους 5°, 7° και 10°C, το βάρος των σπόρων ανά λοβό ήταν σημαντικά χαμηλότερο στους λοβούς που αποθηκεύτηκαν στις χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Η συνεκτικότητα των λοβών που αποτελεί ένα σημαντικό κριτήριο εκτίμησης της ωριμότητας και της ποιότητας των λοβών των νωπών φασολιών, επηρεάζεται σημαντικά από τις συνθήκες αποθήκευσης. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, από τους Freeman and Sistrunk (1978) αύξηση της συνεκτικότητας (ως μέτρο ωριμότητας) με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης των λοβών του φασολιού. Παράλληλα, η θερμοκρασία αποθήκευσης φαίνεται να επηρεάζει σημαντικά την ωρίμανση των λοβών αφού οι Sistrunk et al. (1989) παρατήρησαν μεγαλύτερη αύξηση της συνεκτικότητας σε υψηλές (29°C) σε σχέση με χαμηλές (2°C) θερμοκρασίες αποθήκευσης, γεγονός που μάλλον οφείλεται στην προώθηση της ωριμότητας στις υψηλότερες θερμοκρασίες που επιφέρει εντονότερη απώλεια νερού και αύξηση του περιεχομένου των λοβών σε αδιάλυτες πηκτίνες. Όμως, σύμφωνα με τους Trail et al. (1992) η κάλυψη των συσκευασιών αποθήκευσης των λοβών με μεμβράνη LDPE, περιόρισε την επίδραση της θερμοκρασίας στην ωρίμανση μειώνοντας σημαντικά την απώλεια του νερού, με συνέπεια η συνεκτικότητα των λοβών να μην επηρεάστηκε έντονα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης. Συμπερασματικά, μπορεί να θεωρηθεί ότι, η αύξηση της θερμοκρασίας και της περιόδου αποθήκευσης προωθούν την ωριμότητα των λοβών αυξάνοντας την συνεκτικότητά τους, ενώ η κάλυψη των συσκευασιών με μεμβράνη περιορίζει την αρνητική επίδρασή τους στην ποιοτική υποβάθμιση των λοβών κατά την αποθήκευση.

Η μετασυλλεκτική μεταβολή της ωριμότητας μπορεί ακόμη να επηρεαστεί από μηχανικούς τραυματισμούς κατά τη συγκομιδή, τον καθαρισμό και την αποθήκευση (μώλωπες, εγκοπές, τραύματα) καθώς και από φυσικούς τραυματισμούς (στίγματα ή τραύματα από προσβολές εχθρών ή ασθένειες) (Πάσσαμ κ.ά. 2016). Οι Lee and Kader (2000) αναφέρουν επιταχυνόμενη απώλεια της βιταμίνης C κατά την αποθήκευση των λοβών νωπού φασολιού, λόγω μηχανικών τραυματισμών τους.

Τέλος, το αιθυλένιο που παράγεται κατά την ωρίμανση κάποιων καρπών, όπως μήλα, πεπόνια, μπανάνες, και τομάτες, μπορεί να επιταχύνει την ωρίμανση

και να υποβαθμίσει την ποιότητα των νωπών φασολιών κατά την αποθήκευσή τους. Συνεπώς, πρέπει να αποφεύγεται η αποθήκευση των νωπών φασολιών με καρπούς ή λαχανικά που παράγουν αιθυλένιο (Boyette et al. 1994). Σε πειράματα των Wills et al. (1998) βρέθηκε ότι τα νωπά φασόλια που εκτέθηκαν σε ατμόσφαιρα που περιείχε 0,005-10 ml/l αιθυλένιο στους 0°, 2,5° ή 20°C, παρουσίασαν γραμμική μείωση της μετασυλλεκτικής τους ζωής με την λογαριθμική αύξηση της συγκέντρωσης του αιθυλενίου. Παράλληλα, παρατηρήθηκε συσσώρευση αιθυλενίου λόγω παραγωγής του κατά την αποθήκευση των λοβών του νωπού φασολιού, σε επίπεδα 0,06-1,45 ml/l, που αν και χαμηλά, επιδρούν στην πρόωρη γήρανση των λοβών, γιατί βρέθηκε ότι ακόμα και ίχνη αιθυλενίου επιδρούν αρνητικά στη διατήρηση της ποιότητας των λοβών κατά την αποθήκευσή τους. Οποιαδήποτε λοιπόν μείωση της συγκέντρωσης του αιθυλενίου βοηθά στη διατήρηση της ποιότητας των νωπών φασολιών.

### **1.2.1.3. Κρυοτραυματισμοί σε νωπό φασόλι**

Τα νωπά φασόλια ως προϊόντα υποτροπικής προέλευσης, παρουσιάζουν ευαισθησία στη χαμηλή θερμοκρασία, με την εμφάνιση στιγμάτων-νεκρωτικών κηλίδων στην επιφάνεια των λοβών, που αποτελούν συμπτώματα κρυοτραυματισμού. Όλα τα στάδια της ανάπτυξης και ωρίμανσης των λοβών φασολιού (εκτός ίσως από τα ξηρά σπέρματα) είναι ευαίσθητα σε κρυοτραυματισμούς. Επειδή όπως αναφέρθηκε, ο πιο εύχρηστος τρόπος για να επιμηκυνθεί η μετασυλλεκτική ζωή των νωπών φασολιών είναι η μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης, η ευαισθησία στις χαμηλές θερμοκρασίες δημιουργεί σοβαρά μετασυλλεκτικά προβλήματα στον χειρισμό και στην αποθήκευση (Lyons and Breidenbach 1987).

Για τα νωπά φασόλια το κατώτατο όριο θερμοκρασίας για τη μη ανάπτυξη κρυοτραυματισμού είναι οι 10°C. Η ένταση του κρυοτραυματισμού εξαρτάται από το επίπεδο της θερμοκρασίας κάτω από τη κρίσιμη θερμοκρασία για κρυοτραυματισμό, από τη διάρκεια και τη συνεχή (χωρίς διακοπές) έκθεση των λοβών σε αυτήν την θερμοκρασία καθώς και από την ευαισθησία της ποικιλίας (Lyons and Breidenbach 1987).

Ο κρυοτραυματισμός εξακριβώνεται πειραματικά από την ανάπτυξη ορατών συμπτωμάτων και από την ταυτόχρονη αύξηση της αναπνοής. Οι λοβοί που διατηρούνται συνεχώς σε μια θερμοκρασία ψύξης, αναπτύσσουν συμπτώματα που γίνονται ορατά μόνο αφού αποκτήσουν ένα μέτριο κρυοτραυματισμό ενώ στο στάδιο του αρχικού κρυοτραυματισμού δεν είναι ορατά. Η ανάπτυξη των συμπτωμάτων του κρυοτραυματισμού μπορεί να επιταχυνθεί με τη μεταφορά των λοβών σε υψηλότερη θερμοκρασία. Έτσι, με τη μεταφορά αυτή αφενός μεν είναι δυνατή η εκτίμηση της έντασης του κρυοτραυματισμού, αφετέρου δίνεται η δυνατότητα εμφάνισης προβλημάτων παρόμοιων με αυτά της εμπορικής διαχείρισης, όπου οι λοβοί μετά την αποθήκευσή τους σε χαμηλές θερμοκρασίες μεταφέρονται σε υψηλότερες πριν η μετά την πώλησή τους (Watada και Morris 1966a).

Οι Watada and Morris (1966a) περιγράφουν ως εξής την εμφάνιση των συμπτωμάτων κρυοτραυματισμού των λοβών φασολιού που παραμένουν σε χαμηλές θερμοκρασίες πριν την μεταφορά τους σε υψηλότερες:

1. Εσωτερικός αποχρωματισμός των λοβών (αμαύρωση).
2. Επιταχυνόμενος μαρασμός - δερματοειδής επιφάνεια.
3. Αυξανόμενη ευαισθησία στη σήψη και αποχρωματισμός των άκρων των λοβών.
4. Καστανέρυθρα στίγματα.
5. Διαγώνιες καφετιές ραβδώσεις.
6. Κιτρίνισμα λοβών και ταυτόχρονα σχηματισμός εσωτερικών κοιλιοτήτων.

Από τους Cantwell and Suslow (2002) περιγράφονται τα διάφορα οπτικά συμπτώματα του κρυοτραυματισμού των λοβών των νωπών φασολιών ανάλογα με την θερμοκρασία αποθήκευσης. Σε θερμοκρασίες κάτω από 5°C το χαρακτηριστικό σύμπτωμα του κρυοτραυματισμού είναι ένας γενικός αδιαφανής αποχρωματισμός ολόκληρου του λοβού, ενώ λιγότερο σύνηθες σύμπτωμα είναι η εμφάνιση κηλίδων στην επιφάνεια και η αύξηση της απώλειας νερού. Σε θερμοκρασίες 5 - 7,5 °C το πιο κοινό σύμπτωμα είναι η εμφάνιση των καστανέρυθρων κηλίδων οι οποίες γίνονται ευαίσθητες σε προσβολή από μύκητες. Αντίθετα, σε υψηλότερες θερμοκρασίες (10°C) δεν εμφανίζονται τέτοια στίγματα στους λοβούς των νωπών φασολιών αλλά παρουσιάζεται έντονη απώλεια νερού και κιτρίνισμα.

Οι Watada and Morris (1966a) μετά την αποθήκευση νωπών φασολιών ποικιλίας "Tendergreen" σε χαμηλές θερμοκρασίες και την παραμονή τους "στο ράφι" σε θερμοκρασία 15°C, μελέτησαν την ένταση του κρυοτραυματισμού, μέσω της αύξησης της αναπνοής και της έντασης των ορατών συμπτωμάτων, ανάλογα με τη θερμοκρασία και τη διάρκεια παραμονής σε χαμηλές θερμοκρασίες. Μετά τη μεταφορά των λοβών στη θερμοκρασία των 15°C, παρατηρήθηκε ότι στις θερμοκρασίες κάτω των 5°C ο κρυοτραυματισμός είναι σοβαρός και επιδεινώνεται με μακροχρόνια έκθεση των λοβών στις θερμοκρασίες αυτές. Έτσι, οι λοβοί που εκτέθηκαν για 4 ημέρες στους 2,5°C εμφάνισαν ελαφρά στίγματα κρυοτραυματισμού, που εντάθηκαν την 12η ημέρα. Στους 0,5°C η ζημιά ήταν μέτρια μέχρι την 4η ημέρα, ενώ μετά άρχισαν να αναπτύσσονται κοιλώματα που έγιναν εντονότερα την 12η ημέρα, πιθανά υπό την επίδραση της ανάπτυξης μικροοργανισμών στα σημεία αυτά. Αντίθετα, στους 5°C ο κρυοτραυματισμός ήταν πολύ λιγότερο έντονος και τα πρώτα συμπτώματα εμφανίστηκαν μετά από 18 ημέρες αποθήκευσης. Και στις τρεις θερμοκρασίες αποθήκευσης παρατηρήθηκε η ανάπτυξη όμοιων συμπτωμάτων κρυοτραυματισμού (κηλίδες) με ένταση όμως αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας αποθήκευσης. Σε θερμοκρασία 10°C, μετά από 20 ημέρες αποθήκευσης, η επιφάνεια έγινε ελαφρά δερματώδης, με κατά τόπους βυθισμένες περιοχές, το χρώμα εξασθένησε και παρατηρήθηκε σήψη στα άκρα του λοβού, αλλά δεν εμφανίστηκαν συμπτώματα κρυοτραυματισμού.

Αντίστοιχα, οι Jimenez *et al.* (1997), μελέτησαν την επίδραση των χαμηλών θερμοκρασιών αποθήκευσης στην ανάπτυξη κρυοτραυματισμών των λοβών νωπών φασολιών (cv. Xera) μετά την μεταφορά στο "ράφι" (15°C) για 12 ώρες. Κατά την αποθήκευσή τους στις χαμηλές θερμοκρασίες οι λοβοί συσκευάστηκαν σε πλαστικές συσκευασίες, δημιουργώντας ελεγχόμενες ατμόσφαιρες. Κατά την διάρκεια της πρώτης εβδομάδας αποθήκευσης, οι λοβοί που αποθηκεύτηκαν στους 7,5°C παρουσίασαν εντονότερα συμπτώματα κρυοτραυματισμού σε σχέση με τους λοβούς που αποθηκεύτηκαν στους 0°, 2,5° ή 5°C. Όμως, εντός 10-14 ημερών εμφανίστηκε εντονότερος κρυοτραυματισμός στους λοβούς των φασολιών που αποθηκεύτηκαν στις τρεις χαμηλότερες θερμοκρασίες, ενώ η μεταφορά των λοβών σε θερμοκρασία 15°C τόνισε τον έντονο κρυοτραυματισμό στους 0°, 2,5° και 5°C.

Από τα αποτελέσματα των Jimenez *et al.* (1997) μπορεί να συναχθεί ότι η βέλτιστη θερμοκρασία αποθήκευσης των νωπών φασολιών για την αποφυγή κρουοτραυματισμού είναι 5-7,5°C. Με αυτά τα όρια θερμοκρασιών συμφωνούν οι Cantwell and Suslow (2002) συμπληρώνοντας ότι αναμένεται μια διάρκεια διατήρησης 8-12 ημέρες με την προϋπόθεση ότι η αποθήκευση πραγματοποιείται με τη βέλτιστη σχετική υγρασία (95-100% RH), αν και κρουοτραυματισμός έχει παρατηρηθεί ακόμη και στη συνιστώμενη θερμοκρασία των 5°C μετά από 7-8 ημέρες αποθήκευσης. Όμως, σε θερμοκρασίες αποθήκευσης άνω των 7,5°C, η ποιότητα μειώνεται γρήγορα λόγω του κιτρινίσματος και της απώλειας νερού (Zong *et al.* 1992, αναφορά από Cantwell and Suslow 2002).

Τα αποτελέσματα των προτεινόμενων θερμοκρασιών αποθήκευσης στην εμφάνιση κρουοτραυματισμών στους λοβούς του νωπού φασολιού δεν είναι συγκεκριμένα, γιατί όπως αναφέρεται από τους Lyons and Breidenbach (1987) τα συμπτώματα του κρουοτραυματισμού δεν εξαρτώνται μόνο από τις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και την διάρκεια έκθεσης σε αυτές αλλά επιπρόσθετα από την ποικιλία, το στάδιο της φυσιολογικής ανάπτυξης των λοβών και τις συνθήκες ανάπτυξής τους στον αγρό.

Συμφωνώντας με την αναφορά αυτή, οι Watada και Morris (1966b) παρατήρησαν γονοτυπικές διαφορές της εμφάνισης συμπτωμάτων κρουοτραυματισμού σε διάφορες ποικιλίες νωπού φασολιού. Παρατήρησαν ότι η ποικιλία "Romano" ήταν η λιγότερο ευαίσθητη ενώ οι "Contender" και "Kentucky Wonder 191" οι πιο ευαίσθητες, με μεγάλη διαφορά ως προς την ένταση του μαυρίσματος των άκρων των λοβών. Παράλληλα, παρατήρησαν ότι αν και οι λοβοί όλων των ποικιλιών αναπτύσσουν παρόμοια συμπτώματα κρουοτραυματισμού (όπως προσναφέρθηκαν - Watada και Morris 1966a) κατά τη διάρκεια της παραμονής τους στις χαμηλές θερμοκρασίες, τα συμπτώματα αυτά εξελίσσονται με διαφορετικό βαθμό όταν οι λοβοί μεταφερθούν «στο ράφι» (15°C).

Ο κρουοτραυματισμός μπορεί να οδηγήσει σε σήψη των λοβών, λόγω της δευτερογενούς προσβολής από μύκητες στα σημεία που εμφανίζονται οι νεκρώσεις των κυττάρων των λοβών. Η βαμβακώδης καρποφορία προκαλείται από το *Pythium sp.* ή το *Rhizopus sp.*, η γκρίζα σήψη από τον *Botrytis cinerea* και

η υδατώδης μαλακή σήψη από είδη του γένους *Sclerotinia*. Τα υδατώδη σημεία μπορεί να οφείλονται σε τραύματα που προκαλούν οι βακτηριακές προσβολές από *Pseudomonas sp.* και *Xanthomonas sp.* (Cantwell και Suslow 2002).

Οι περισσότερες μελέτες που εξετάζουν την λύση του προβλήματος του κρουοτραυματισμού, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η πλέον πιθανή λύση θα επέλθει μέσω της γενετικής τροποποίησης, γιατί μετασυλλεκτικοί χειρισμοί όπως η εφαρμογή ελεγχόμενων/τροποποιημένων ατμοσφαιρών, η εφαρμογή προ- ή μετασυλλεκτικά ασβεστίου κ.ά., μόνο μικρή θετική επίδραση είχαν στην μείωση των συμπτωμάτων του κρουοτραυματισμού. Επειδή οι γενετικές διαφορές είναι ευρείες μεταξύ των ποικιλιών των νωπών φασολιών, υπάρχει η δυνατότητα βελτίωσης των καλλιεργούμενων ποικιλιών σχετικά με την ικανότητα αποθήκευσης των λοβών σε χαμηλές θερμοκρασίες. Θα πρέπει επομένως να εντοπισθούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι λοβοί των νωπών φασολιών ώστε να παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και στη συνέχεια τα χαρακτηριστικά αυτά να ενσωματωθούν στις νέες ποικιλίες (Lyons και Breidenbach 1987).

#### **1.2.1.4. Επίδραση ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στη μετασυλλεκτική συμπεριφορά του νωπού φασολιού - Χρήση πλαστικών συσκευασιών και τροποποιημένων ατμοσφαιρών**

Οι παράγοντες που καθιστούν συμφέρουσα την αποθήκευση των λοβών νωπών φασολιών συνθήκες ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, είναι:

- Η αδυναμία τους να διατηρούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα για την συνολική περίοδο που απαιτεί η αποθήκευσή τους.
- Η υψηλή αναπνευστική τους δραστηριότητα.
- Τα θετικά αποτελέσματα που εμφανίζονται σε μεγάλο εύρος συγκέντρωσης CO<sub>2</sub>.
- Η περιορισμένη περίοδος του έτους που διαρκεί η συγκομιδή τους.
- Ο καθυστερημένος γηρασμός και ο περιορισμός στις μεταβολικές αλλαγές που προκαλεί η μείωση της συγκέντρωσης του O<sub>2</sub> (Silva et al. 1999).

Μεγάλη έμφαση έχει δοθεί τα τελευταία χρόνια στη συσκευασία των νωπών οπωροκηπευτικών σε μικροσυσκευασίες με κάλυψη με πλαστικά φύλλα κατάλληλων χαρακτηριστικών περατότητας σε υδρατμούς, O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> που



οδηγούν στην ανάπτυξη τροποποιημένων ατμοσφαιρών στο εσωτερικό των συσκευασιών (modified atmosphere packaging, MAP). Οι Boyette et. al. (1999) αναφέρουν ότι χρησιμοποιώντας για συσκευασία λεπτές μεμβράνες πολυαιθυλενίου με ρυθμό διάχυσης οξυγόνου  $10.000 - 15.000 \text{ cm}^3/\text{m}^2/\text{ημέρα}$  στους  $22^\circ\text{C}$  επιτεύχθηκε τροποποιημένη ατμόσφαιρα με 3-5%  $\text{O}_2$  και 20-30%  $\text{CO}_2$ . Σύμφωνα με τους Silva et. al. (1999) σε θερμοκρασία κάτω των  $7^\circ\text{C}$  οι συγκεντρώσεις των  $\text{O}_2$  και  $\text{CO}_2$  μέσα στις συσκευασίες που καλύφθηκαν με πλαστικές μεμβράνες εμφάνισαν σταθερές τιμές μετά από 2 ημέρες αποθήκευσης, ενώ το επίπεδο του  $\text{CO}_2$  υπερέβη το μέγιστο συνιστώμενο επίπεδο (12%). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, με χρήση μη περατού πλαστικού απαιτείται η εφαρμογή κατάλληλων διατρήσεων (αριθμός και διατομή), ώστε να επιτρέπεται η αύξηση της συγκέντρωσης του  $\text{CO}_2$  στα επίπεδα των 10-20% και να μειώνονται τα επίπεδα του  $\text{O}_2$  μεταξύ 2-10%.

Οι T.A. ή οι E.A. δρουν συμπληρωματικά στο ρόλο της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, επιδρώντας ευνοϊκά στη φυσιολογία και στη βιοχημεία αποθήκευσης των νωπών φασολιών. Προκαλούν καθυστέρηση του γηρασμού και περιορισμό του ρυθμού αναπνοής, μειώνοντας γενικότερα τις ποσοτικές και ποιοτικές απώλειες των νωπών φασολιών κατά την αποθήκευση. Οι Buescher and Adams (1983) αναφέρουν ότι στις συσκευασίες που καλύφθηκαν με μεμβράνες, με την επαρκή αύξηση των επιπέδων του  $\text{CO}_2$  παρατηρήθηκε καλύτερη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών των νωπών φασολιών. Παρόμοια, οι Trail et al. (1992) αναφέρουν ότι σε συσκευασία με μεμβράνες πολυολεφινών διατηρήθηκαν τα κυριότερα ποιοτικά χαρακτηριστικά των λοβών νωπών φασολιών, γιατί μειώθηκε η απώλεια νερού και διατηρήθηκαν τα ολικά σάκχαρα. Η μέγιστη απώλεια βάρους των λοβών που αποθηκεύτηκαν σε συσκευασίες καλυμμένες με μεμβράνη ήταν 2,6% ενώ των λοβών που δεν καλύφθηκαν με μεμβράνη ήταν 30%. Οι Boyette et al. (1994) αναφέρουν ότι η τροποποίηση της ατμόσφαιρας (3-5%  $\text{O}_2$  και 20-30%  $\text{CO}_2$ ) που δημιουργήθηκε με την κάλυψη της συσκευασίας με πλαστική μεμβράνη, περιόρισε την εμφάνιση καφέ μεταχρωματισμού σε φρεσκοκομμένους νωπούς λοβούς που προετοιμάστηκαν για μαγείρεμα.

Οι Camara et al. (2003) αναφέρουν ότι η αποθήκευση λοβών νωπών φασολιών σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες (3%  $\text{CO}_2$  με τη συγκέντρωση του  $\text{O}_2$

να διαμορφώνεται σε 1, 3 και 5%) επέφερε σημαντικό περιορισμό στην απώλεια των ολικών καροτινοειδών, της βιταμίνης B<sub>2</sub>, του ασκορβικού οξέος, του διυδροασκορβικού οξέος, του περιεχομένου των λοβών σε τέφρα, των στοιχείων Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn και Zn (σε νωπό βάρος). Αντίθετα, η μεταβολή του περιεχομένου των λοβών στις βιταμίνες B<sub>1</sub> και B<sub>6</sub> και σε χαλκό (Cu), παρατηρήθηκε ανεξάρτητα της ατμόσφαιρας αποθήκευσης. Στη μη επίδραση της κάλυψης των συσκευασιών με μεμβράνες στο περιεχόμενο των αποθηκευμένων λοβών σε βιταμίνη B<sub>1</sub> συμφωνούν και οι Watada et al. (1987), οι οποίοι προσθέτουν ότι και η ριβοφλαβίνη (βιταμίνη B<sub>2</sub>) δεν επηρεάστηκε από το αν η συσκευασία έχει καλυφθεί με μεμβράνη ή όχι.

Η επίδραση της συγκέντρωσης του CO<sub>2</sub> στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νωπών φασολιών ποικίλει, λόγω της αλληλεπίδρασης τριών παραγόντων, του επιπέδου του CO<sub>2</sub>, της θερμοκρασίας και της διάρκειας αποθήκευσης (Hansen, 1987). Οι Watada et al. (1987) αναφέρουν ότι η χαμηλή θερμοκρασία παίζει σημαντικότερο ρόλο στη διατήρηση των λοβών του νωπού φασολιού σε σχέση με την κάλυψη των συσκευασιών με μεμβράνες. Παράλληλα, παρατήρησαν ότι τα οφέλη της κάλυψης με μεμβράνη, είναι μεγαλύτερα σε υψηλότερες θερμοκρασίες συντήρησης, όπως στους 20°C σε σχέση με τους 10°C, γιατί περιορίζουν πιο αποτελεσματικά τη μάρανση λόγω μείωσης της απώλειας νερού, που στις υψηλότερες θερμοκρασίες αποτελεί την κυριότερη αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των νωπών φασολιών κατά την βραχυχρόνια αποθήκευσή τους.

Τα πολύ υψηλά επίπεδα CO<sub>2</sub> (20-30%) συντελούν στην διατήρηση της ποιότητας των νωπών φασολιών μόνο όταν εφαρμοστούν για μικρές χρονικές περιόδους (π.χ. 24 ώρες), γιατί η μακροχρόνια εφαρμογή τους μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη αναερόβιας αναπνοής και στην υποβάθμιση της ποιότητάς τους. Οι πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις O<sub>2</sub> σε συνδυασμό ή όχι με υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> για μεγάλη χρονική περίοδο μπορεί να οδηγήσουν σε αναεροβίωση, με συνέπεια την παραγωγή ακεταλδεΐδης και αιθυλικής αλκοόλης, προϊόντα που είναι τοξικά για τα κύτταρα και προσδίδουν δυσάρεστη γεύση στα αποθηκευμένα προϊόντα (Silva et al. 1999). Έτσι, οι Cantwell and Suslow (2002) παρατήρησαν ότι η αποθήκευση λοβών νωπού φασολιού σε 18% CO<sub>2</sub> στους 0° ή 15°C για 3 εβδομάδες προκάλεσε αλλοίωση της γεύσης.

Άλλη αρνητική επίδραση των πολύ αυξημένων συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub> κατά την αποθήκευση αποτελεί η έντονη απώλεια της βιταμίνης C λόγω αύξησης της οξειδωσης του ασκορβικού οξέος. Το υψηλό CO<sub>2</sub> μπορεί να εντείνει την οξειδωση του ασκορβικού οξέος πιθανώς μέσω αύξησης της δραστηριότητας της υπεροξειδάσης του ασκορβικού οξέος, κατ' αντιστοιχία με την επίδραση αυξημένης συγκέντρωσης αιθυλενίου κατά των ωρίμανση και την αποθήκευση διαφόρων καρπών και λαχανικών, καταλήγοντας στη θεωρία ότι οι επιβλαβείς συγκεντρώσεις του CO<sub>2</sub> και η συσσώρευση αιθυλενίου επιδρούν όμοια στην οξειδωση του ασκορβικού οξέος (Forney 2003). Αντίθετα, χαμηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> συμβάλλουν στη διατήρηση της θρεπτικής κατάστασης των λοβών. Σύμφωνα με τους Camara et al. (2003) ατμόσφαιρα με 5% O<sub>2</sub> και 3% CO<sub>2</sub> στους 8°C δεν συνέβαλε στην επιμήκυνση της διάρκειας συντήρησης και στη διατήρηση της θρεπτικής αξίας των νωπών φασολιών, ενώ προτείνουν ως άριστη ατμόσφαιρα για την διατήρηση των βιταμινών C και B<sub>2</sub> τους 3% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub> στους 8°C, γιατί στις συνθήκες αυτές διατηρήθηκε περισσότερο από το 75% της αρχικής περιεκτικότητας των λοβών σε βιταμίνη C μετά 8 ημέρες αποθήκευσης, ενώ ακόμα και μετά 13 ημέρες οι λοβοί διατήρησαν τη θρεπτική τους αξία σε υψηλά επίπεδα.

Σε αντίθεση, σύμφωνα με τους Cano et al. (1997) οι υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> (8-10% O<sub>2</sub> και 20-30% CO<sub>2</sub>) στους 5-10°C συνέβαλαν στην επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής των λοβών φασολιού καθώς και στην καλύτερη διατήρηση της χλωροφύλλης και των καροτινοειδών, σε σχέση με ατμόσφαιρα χαμηλού CO<sub>2</sub> (2-3% O<sub>2</sub> και 4-7% CO<sub>2</sub>). Οι Lee and Kader (2000) έδειξαν ότι η συσκευασία νωπών φασολιών σε συγκέντρωση 5-10% CO<sub>2</sub> καθυστέρησε το κιτρίνισμα των λοβών, ενώ παρατηρήθηκε ότι όσο υψηλότερα ήταν τα επίπεδα του CO<sub>2</sub> εντός των συσκευασιών, τόσο καλύτερα διατηρήθηκε το πράσινο χρώμα και περιορίστηκε ο αποχρωματισμός.

Παράλληλα, οι υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> είχαν θετική επίδραση στον περιορισμό της σήψης προσβεβλημένων από μετασυλλεκτικές ασθένειες νωπών φασολιών (Silva et al. 1999). Οι Watada et al. (1987) βρήκαν ότι ατμόσφαιρα με 3% O<sub>2</sub> και 18% CO<sub>2</sub>, επέφερε σημαντική μείωση στην ένταση των προσβολών των αποθηκευμένων λοβών από μικροοργανισμούς στους 5°C, όταν όμως, σε συγκέντρωση CO<sub>2</sub> κάτω από το 15% στους 7°C, ευνοήθηκε η ανάπτυξη

προσβολών από μύκητες, οι οποίες έγιναν ορατές κατά την μεταφορά των λοβών στο "ράφι". Φαίνεται επομένως πως η θετική επίδραση του αυξημένου CO<sub>2</sub> στον έλεγχο των μετασυλλεκτικών προσβολών από παθογόνα πραγματοποιείται μόνο σε υψηλές συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> (πάνω από 15%), γιατί επιπρόσθετα οι Camara et al. (2003) παρατήρησαν ότι ατμόσφαιρα με 5% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub> ευνόησε την παρουσία μικροοργανισμών που προσβάλλουν μετασυλλεκτικά τα νωπά φασόλια.

Για τους λοβούς νωπού φασολιού οι Cantwell and Suslow (2002) προτείνουν ως ευνοϊκότερες συνθήκες ελεγχόμενης/τροποποιημένης ατμόσφαιρας σε θερμοκρασία 5°C τους 2-5% O<sub>2</sub> και 3-10% CO<sub>2</sub>, ενώ σύμφωνα με τους Kader et al. (1989) η αποθήκευση των λοβών στους 0-5°C σε ατμόσφαιρα με 2-3% O<sub>2</sub> και 5-10% CO<sub>2</sub>, επιδρά μεν θετικά στη μετασυλλεκτική ζωή του νωπού φασολιού καθυστερώντας το κιτρίνισμα και περιορίζοντας την απώλεια των βιταμινών, αλλά έχει περιορισμένη εμπορική χρήση.

#### **1.2.1.5. Μεταβολή στο περιεχόμενο των λοβών σε σάκχαρα και οξέα κατά την αποθήκευσή τους**

Τα νωπά φασόλια έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε σάκχαρα (2,5% του νωπού βάρους) και οργανικά οξέα (3,2% του νωπού βάρους) (Queiroz-Monici et al. 2004). Τα κύρια διαλυτά σάκχαρα στα νωπά φασόλια είναι η φρουκτόζη (1,2% νωπού βάρους), η γλυκόζη (0,2% νωπού βάρους) και η σακχαρόζη (0,2% νωπού βάρους) (Camara et al. 2003). Τα κυριότερα οργανικά οξέα στους λοβούς των φασολιών είναι το μηλικό (13,92 μmol/g), το οποίο κυριαρχεί και ακολουθούν το κιτρικό (1,38 μmol/g) και το ηλεκτρικό (1,02 μmol/g) (Buescher and Adams 1983).

Ο λοβός του φασολιού κατά τα πρώτα στάδια της ανάπτυξης του περιέχει μεγαλύτερα ποσά γλυκόζης σε σχέση με τη φρουκτόζη, αλλά βαθμιαία παρατηρείται αύξηση της φρουκτόζης, έτσι ώστε κατά την συγκομιδή να υπερισχύει η φρουκτόζη. Στους λοβούς με μήκος 5-10cm το περιεχόμενο σε άμυλο ανέχεται στο 7,7% του ξηρού βάρους τους, ενώ σε λοβούς με μήκος περισσότερο από 10cm αποτελεί το 10,74% του ξηρού βάρους, ενώ οι αντίστοιχες τιμές για τα συνολικά αναγωγικά σάκχαρα των λοβών ανέρχονται σε 7,95% και 4,97% του ξηρού βάρους αντίστοιχα. Κατά την περίοδο αύξησης

των λοβών παρατηρείται μεταφορά των διαλυτών σακχάρων από τα τοιχώματα των λοβών στους σπόρους καθώς και μετατροπή τους σε άμυλο το οποίο επίσης συσσωρεύεται στους σπόρους. Παράλληλα, τα διαλυτά σάκχαρα καταναλώνονται και για την παραγωγή δομικών συστατικών των αυξανόμενων λοβών, καθώς και ως αναπνευστικά υποστρώματα (Watada et al. 1987, Lopez-Hernandez et al. 1994). Ταυτόχρονα, το συσσωρευμένο άμυλο υφίσταται υδρόλυση, παρέχοντας διαλυτά σάκχαρα. Η ένταση και η ισορροπία των διεργασιών αυτών (σύνθεση και αποδόμηση αμύλου, παραγωγή και κατανάλωση διαλυτών σακχάρων) επηρεάζεται τόσο από τις συνθήκες αποθήκευσης (θερμοκρασία, σύσταση ατμόσφαιρας) όσο και από τη διάρκεια αποθήκευσης, καθώς και από το γονότυπο (Osorio-Diaz et al. 2005).

Οι Camara et al. (2003) μελέτησαν το πρότυπο μεταβολής των σακχάρων κατά την αποθήκευση λοβών δύο ποικιλιών νωπού φασολιού και βρήκαν ότι τα κύρια σάκχαρα ήταν η γλυκόζη και η φρουκτόζη, με τη ποσότητα της φρουκτόζης να είναι υψηλότερη από την αντίστοιχη της γλυκόζης σε όλα τα στάδια της αποθήκευσης, ενώ η περιεκτικότητα σε γλυκόζη και φρουκτόζη δεν επηρεάστηκε από τον χρόνο αποθήκευσης. Όμοια, οι Trail et al. (1992) βρήκαν ότι η διάρκεια και η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν μείωσαν τη περιεκτικότητα σε γλυκόζη και φρουκτόζη στον mung τύπο νωπού φασολιού. Σύμφωνα με τους Lopez-Hernandez et al. (2004) η πρόοδος της αποθήκευσης αύξησε τα συνολικά αναγωγικά σάκχαρα (γλυκόζη και φρουκτόζη) στα σπέρματα των νωπών φασολιών lima.

Το άμυλο βρίσκεται σε σχετικά υψηλά επίπεδα στους λοβούς των νωπών φασολιών φθάνοντας το 1,8% του νωπού βάρους τους, ενώ κατά την αποθήκευση η συγκέντρωσή του διατηρήθηκε σταθερή για 2 ημέρες. Η υδρόλυσή του σε ολιγοσακχαρίτες και μονοσακχαρίτες πραγματοποιείται με τη δράση της β-αμυλάσης, ενώ και η φωσφορυλάση του αμύλου παίζει σημαντικό ρόλο (Queiroz-Monici et al. 2004). Οι Osorio-Diaz et al. (2005) παρατήρησαν με την πρόοδο της αποθήκευσης μειωμένη διάσπαση αμύλου, αν και γενικότερα είναι γενικά αποδεκτό ότι παρουσιάζεται ελάχιστη αλλαγή στο περιεχόμενο των λοβών του νωπού φασολιού σε άμυλο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, για το λόγο αυτό δεν παρατηρείται συσώρευση σακχαρόζης, ενώ και η αύξηση της συγκέντρωσης της γλυκόζης και φρουκτόζης στους αποθηκευμένους λοβούς δεν

είναι ιδιαίτερα έντονη. Κατ' αντιστοιχία, οι Landa-Habana et al. (2004) αναφέρουν ότι δεν παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές στη δραστηριότητα της  $\alpha$ -αμυλάσης στους λοβούς των νωπών φασολιών κατά την αποθήκευση 96 ωρών στους 4°C. Αντίθετα, σύμφωνα με τους Rehman et al. (2000) στα φασόλια kidney η αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης μείωσε την απώλεια των σακχάρων, ενώ σε θερμοκρασίες άνω των 10°C ευνοήθηκε η συσσώρευση αναγωγικών σακχάρων, όταν σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης προωθήθηκε η σύνθεση αμύλου.

Η σακχαρόζη απαντάται σε πολύ χαμηλά επίπεδα που σπάνια ξεπερνούν το 0,2% του νωπού βάρους του λοβού και συνήθως η συγκέντρωσή της μειώνεται κατά την αποθήκευση, αφού μετά από 13 ημέρες μειώθηκε στο 0,1% (Goldman 2003). Το γεγονός αυτό οφείλεται στην δραστηριότητα της διαλυτής όξινης ιμπερτάσης η οποία είναι χαμηλή κατά την συγκομιδή των λοβών επιτρέποντας τη συσσώρευση της σακχαρόζης, αλλά με την πρόοδο της αποθήκευσης αυξάνεται, λαμβάνοντας μέγιστη τιμή κατά την πλήρη μάρανση του λοβού, οπότε και παρατηρείται ελαχιστοποίηση του περιεχομένου του λοβού σε σακχαρόζη. Αντίθετα, η δραστηριότητα της συνθετάσης της σακχαρόζης (SuSy) είναι μέγιστη κατά την συγκομιδή και μειώνεται απότομα με την έναρξη της αποθήκευσης, κατ' αντιστοιχία με την αύξηση της συγκέντρωσης των αναγωγικών σακχάρων, φτάνοντας σε μηδενικά επίπεδα στους μαραμένους λοβούς (Landa-Habana et al. 2004).

Η μεταβολή των σακχάρων στους λοβούς και στα σπέρματα των φασολιών κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους, καθορίζεται και από τον τύπο του φασολιού, καθώς και από το αν ο προσδιορισμός των σακχάρων αφορά τους λοβούς ή τα σπέρματα. Έτσι, σύμφωνα με τους Groeschel et al. (1966) κατά τη διάρκεια συντήρησης σπερμάτων νωπού φασολιού runner σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες (2,5% O<sub>2</sub> ή ατμοσφαιρικό O<sub>2</sub>), παράλληλα με υψηλό CO<sub>2</sub> (40%) μειώθηκε η συγκέντρωση των σακχάρων, όταν η μείωση αυτή περιορίστηκε με την αποθήκευση σε συσκευασίες καλυμμένες με πλαστικές μεμβράνες. Αντίθετα οι Camara et al. (2003) αναφέρουν υψηλότερες και σταθερές συγκεντρώσεις συνολικών υδατανθράκων και διαλυτών σακχάρων (φρουκτόζη και γλυκόζη) σε νωπά φασόλια lima που αποθηκεύτηκαν σε

ατμόσφαιρα με 3% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub> σε σχέση με την αποθήκευση σε ατμοσφαιρικό αέρα ή σε άλλες συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub>.

Εμφανείς αλλαγές στο ρυθμό σύνθεσης ή και αποδόμησης των οξέων συμβαίνουν κατά την διάρκεια της αποθήκευσης των νωπών φασολιών, με τον γονότυπο επίσης να επηρεάζει τον ρυθμό αυτό. Έτσι οι Buescher and Adams (1983) παρατήρησαν ότι η συγκέντρωση του κιτρικού οξέος αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης. Όμως ενώ στη μία εξεταζόμενη ποικιλία το κιτρικό συνέχιζε να αυξάνεται μέχρι το στάδιο του πλήρους μαρασμού, στην άλλη ποικιλία διαπιστώθηκε μικρή μείωση μετά από 14 ημέρες αποθήκευσης. Αντίθετα, οι Landa-Habana et al. (2004) δεν παρατήρησαν εμφανείς διαφορές στη συγκέντρωση του κιτρικού οξέος κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, σε πέντε από τις έξι εξεταζόμενες ποικιλίες, ενώ στη μία παρατηρήθηκε αύξηση. Παράλληλα, οι Buescher and Adams (1983) βρήκαν σχεδόν σταθερή τη συγκέντρωση του μηλικού οξέος στους λοβούς που αποθηκεύτηκαν για σύντομο χρονικό διάστημα, σε αντίθεση με τη μείωση που παρατηρήθηκε μετά από παρατεταμένη αποθήκευση.

Κατά την αποθήκευση λοβών νωπών φασολιών για 1 και 2 εβδομάδες, η ογκομετρούμενη οξύτητα μειώθηκε στους 20°C, ενώ διατηρήθηκε σταθερή στους 10°C (Mundt and McCarty 1960). Όμως, οι Kakade και Evans (1966) παρατήρησαν ότι η ογκομετρούμενη οξύτητα αυξάνεται μέχρι την πάροδο 14 ημερών και μετά μειώνεται, ενώ το pH αυξήθηκε μετά 14 ημέρες αποθήκευσης από 6,4 σε 7,21 (με τις τιμές pH των λοβών νωπού φασολιού κατά τη συγκομιδή τους να κυμαίνονται μεταξύ 6-6,8 στις διάφορες ποικιλίες). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, κατά την αποθήκευση το περιεχόμενο των λοβών του νωπού φασολιού σε κιτρικό και μηλικό μεταβάλλεται, με τον λόγο κιτρικού προς μηλικό να αυξάνεται στην παρατεταμένη αποθήκευση.

Σύμφωνα με τους Buescher and Adams (1983) ο εμπλουτισμός με CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας αποθήκευσης των λοβών φασολιού, επέφερε αύξηση στη συγκέντρωση του ηλεκτρικού οξέος και μείωση στην αντίστοιχη του μηλικού, ενώ δεν είχε καμία επίδραση στο περιεχόμενο των λοβών σε κιτρικό οξύ. Η μείωση του μηλικού οξέος ήταν εντονότερη από την αύξηση του ηλεκτρικού οξέος, γεγονός που συνέβαλε στη μείωση της ολικής οξύτητας κατά την αποθήκευση σε ατμόσφαιρα υψηλού CO<sub>2</sub>, κάτι που οφείλεται μάλλον στην

κατανάλωση του μηλικού οξέος λόγω της διέγερσης της αλκοολικής ζύμωσης που προκαλεί το CO<sub>2</sub>.

#### **1.2.1.6. Επίδραση της αποθήκευσης στο περιεχόμενο των λοβών νωπού φασολιού σε αντιοξειδωτικά και βιταμίνες**

Κατά τη μετασυλλεκτική ζωή και γήρανση των νωπών σπωροκηπευτικών συμπεριλαμβανομένων και των λοβών φασολιού, παράγονται δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS – reactive oxygen species) λόγω οξείδωσης των λιπιδίων, η οποία οδηγεί στην απώλεια της ακεραιότητας των μεμβρανών και στην παραγωγή ελεύθερων λιπαρών οξέων (κυρίως C18:2 και C18:3), τα οποία αντιδρούν με το οξυγόνο, παρουσία της λιποξυγενάσης, και παράγουν υδροϋπεροξειδία, που με ενζυμικές και μη ενζυμικές αντιδράσεις, δίνουν τις ROS (Masia 2003). Ο El-Saht (1998) υποστηρίζει η φωτοπαρεμπόδιση που προκαλείται από την αποδόμηση της χλωροφύλλης κατά την μάρανση των λοβών του φασολιού αποτελεί το κυριότερο αίτιο για την αυξημένη παραγωγή των ROS. Σε αυτή τη διαδικασία, ο ανεπαρκής ανεφοδιασμός του φυσικού αποδέκτη ηλεκτρονίων (NADP), οδηγεί στην υπερφόρτιση των κέντρων αντίδρασης του φωτοσυστήματος. Έτσι, το μοριακό οξυγόνο (αντί του NADP<sup>+</sup>) ενεργεί ως αποδέκτης ηλεκτρονίων, παράγοντας ανιόντα υπεροξειδίου (O<sub>2</sub><sup>-</sup>).

Οι δραστικές μορφές του οξυγόνου επειδή προκαλούν διάφορες αρνητικές συνέπειες στα φυτά, απενεργοποιούνται με ένα σύνθετο αντιοξειδωτικό σύστημα, που περιλαμβάνει τρεις γενικές κατηγορίες ουσιών:

- (1) τις λιποδιαλυτές αντιοξειδωτικές ουσίες που εντοπίζονται στις μεμβράνες (π.χ. α-τοκοφερόλη και β-καροτένιο)
- (2) τις υδροδιαλυτές αντιοξειδωτικές ουσίες (π.χ. γλουταθειόνη και ασκορβικό οξύ) και
- (3) τα αντιοξειδωτικά ένζυμα [π.χ. υπεροξειδική δισμουτάση (SOD), καταλάση (CAT), και υπεροξειδάση (POD)].

Άλλα φυσικά αντιοξειδωτικά που έχουν επίσης μεγάλη σημασία είναι τα ισοφλαβονοειδή, οι φαινόλες, οι πολυαμίνες και ορισμένα αμινοξέα, ιδιαίτερα η κυστεΐνη και η μεθειονίνη (Lurie 2003).

Στον Πίνακα 1.2 εμφανίζεται η συγκέντρωση διαφόρων αντιοξειδωτικών ουσιών σε λοβούς νωπού φασολιού (Maynard and Hochmuth 1997), ενώ



σύμφωνα με τον Δαλιάνη (1993) τα νωπά φασόλια περιέχουν επίσης, τα αντιοξειδωτικά αμινοξέα, κυστεΐνη και μεθειονίνη σε συγκεντρώσεις 21-108 και 28-131 mg N/g αντίστοιχα.

Πίνακας 1.2. Περιεχόμενο λοβών νωπού φασολιού σε αντιοξειδωτικά (Πηγή: Maynard and Hochmuth 1997).

| <b>Είδος αντιοξειδωτικού</b>  | <b>Συγκέντρωση σε νωπό ιστό (mmol/g)</b> |
|-------------------------------|--|
| β-καροτένιο                   | 15 - 55                                  |
| Ασκορβικό οξύ                 | 7 - 30                                   |
| Γλουταθειόνη                  | 1 - 15                                   |
| Υπεροξειδάση ασκορβικού       | 0,3 - 0,6                                |
| Ρεδουκτάση γλουταθειόνης      | 0,3 - 0,6                                |
| Υπεροξειδική δισμουτάση (SOD) | 10,5 - 16                                |
| Καταλάση (CAT)                | 11,5 - 24,5                              |
| Υπεροξειδάση (POD)            | 9,5 - 20                                 |
| α-τοκοφερόλη                  | 0,11 - 0,5                               |

Σύμφωνα με τον Forney (2003), η παραγωγή των δραστικών μορφών οξυγόνου στους αποθηκευμένους ιστούς των λαχανικών, ευνοείται από την καταπόνηση που δέχονται οι ιστοί, λόγω απώλειας νερού, χαμηλής θερμοκρασίας αποθήκευσης και αναερόβιας αναπνοής. Επομένως, για να ελαχιστοποιηθούν οι επιβλαβείς συνέπειες της αποθήκευσης στα λαχανικά, πρέπει οι συνθήκες αποθήκευσης να είναι ευνοϊκές για την δράση των αντιοξειδωτικών ιδιοτήτων των ιστών.

Η ικανότητα διατήρησης των λοβών του νωπού φασολιού μετασυλλεκτικά εξαρτάται και από την περιεκτικότητά τους σε αντιοξειδωτικές ουσίες. Έτσι, σύμφωνα με τον Lurie (2003), παρατηρήθηκαν υψηλότερα επίπεδα SOD και CAT σε λοβούς που διατηρήθηκαν σε καλή κατάσταση για μεγάλο χρονικό διάστημα, καθώς και παρουσία ισοενζύμων υπεροξειδικής δισμουτάσης (SOD) η οποία απουσίαζε από τους λοβούς που σε σύντομο χρονικό διάστημα έχασαν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά τους. Παράλληλα, σύμφωνα με τον ίδιο ερευνητή, η ένταση του κιτρινίσματος των λοβών κατά την αποθήκευση, σχετίζεται με τις αντιοξειδωτικές ενζυμικές δραστηριότητες των

SOD και POD, διότι στις ποικιλίες με δυνατότητα μακράς αποθήκευσης (οι λοβοί των οποίων κιτρινίζουν με αργούς ρυθμούς), η δραστηριότητα των αντιοξειδωτικών αυτών ενζύμων ήταν υψηλότερη, σε σχέση με τις ποικιλίες των οποίων οι λοβοί κιτρίνιζαν σύντομα κατά την αποθήκευσή.

Γενικά, τα λιποδιαλυτά αντιοξειδωτικά αυξάνονται στις ενδεικνυόμενες θερμοκρασίες αποθήκευσης ενώ τα υδροδιαλυτά αντιοξειδωτικά συνήθως μειώνονται. Ο El-Saht (1998) αναφέρει υψηλότερες συγκεντρώσεις ασκορβικού οξέος και γλουταθειόνης στους λοβούς που διατηρήθηκαν στους 10°C σε σχέση με τους 25°C, ενώ οι δραστηριότητες της καταλάσης και υπεροξειδάσης και σε μικρότερο βαθμό η περιεκτικότητα σε β-καροτένιο μειώθηκαν στους λοβούς που αποθηκεύτηκαν στους 10°C. Ο Forney (2003) αναφέρει ότι οι λοβοί των νωπών φασολιών που αποθηκεύτηκαν σε ελεγχόμενη ατμόσφαιρα σε σχέση με τους λοβούς που είχαν δεχτεί επίδραση αιθυλενίου, παρουσίασαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λειτουργία των αντιοξειδωτικών ενζυμικών συστημάτων και των υδατοδιαλυτών αντιοξειδωτικών, καθυστερώντας την υπερωρίμανση. Έτσι, η διατήρηση της αντιοξειδωτικής ικανότητας των λοβών φαίνεται πως επηρεάζεται πολύ από τις συνθήκες αποθήκευσης. Αναφέρεται επίσης ότι η μεγαλύτερη απώλεια στα αντιοξειδωτικά των λοβών προκαλείται κατά τη μεταφορά ή την επεξεργασία μεταποίησης τους, και όχι κατά τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς και την αποθήκευσή τους (Forney 2003).

Η βιταμίνη C αποτελεί τη σημαντικότερη βιταμίνη των νωπών φασολιών για τον ανθρώπινο οργανισμό (Lee and Kader 2000). Σε 100g λοβών νωπού φασολιού περιέχονται 7-75 mg βιταμίνης C (Oruna-Concha et al. 1998, Salunkhe and Kadam 1998). Η βιταμίνη C παρουσιάζεται με τρεις μορφές: L-ασκορβικό οξύ (AA), μονοϋδροασκορβικό οξύ (ένα ασταθές ενδιάμεσο προϊόν) και διϋδροασκορβικό οξύ (DHAA). Το πρώτο βήμα της αποδόμησης του AA, είναι η οξείδωσή του σε DHAA. Το επόμενο βήμα είναι η υδρόλυσή του, σε 2.3 δικετογουλονικό οξύ, είτε λόγω αυτοοξείδωσης, είτε λόγω ενζυμικής επίδρασης (με τα ένζυμα ασκορβική οξειδάση, πολυφαινολοξειδάση, κυτοχρωμική οξειδάση και υπεροξειδάση). Η δράση των ενζύμων κατά την υδρόλυση του AA, εξαρτάται από το pH των ιστών. Για παράδειγμα, η ασκορβική οξειδάση, παρουσιάζει μέγιστη δραστηριότητα σε pH 4,5-5,5 (Hansen 1987). Οι Camara et

al. (2003) αναφέρουν ότι η βιταμίνη C που βρέθηκε σε νωπά φασόλια υπό μορφή AA, ήταν 40,3% και υπό μορφή DHAA, 59,7%, επομένως το DHAA αποτελεί την κυρίαρχη μορφή, δεδομένου ότι το pH των νωπών φασολιών είναι 5,6. Για τη μελέτη της περιεκτικότητας της βιταμίνης C στους καρπούς και στα λαχανικά, είναι σημαντικό να προσδιοριστεί τόσο το AA, όσο και το DHAA, διότι στον ανθρώπινο οργανισμό το DHAA μπορεί να μετατραπεί σε AA. Κατά τη συγκομιδή πολλών ειδών λαχανικών, το DHAA αποτελεί λιγότερο από το 10% της συνολικής βιταμίνης C, και αυξάνεται κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Lee and Kader 2000).

Η βιταμίνη C είναι πολύ ευαίσθητη διότι οξειδώνεται (από καταλύτες, ένζυμα και θερμότητα) όταν οι συνθήκες αποθήκευσης δεν είναι οι κατάλληλες. Ειδικότερα, η θερμότητα, οι τραυματισμοί στην επιδερμίδα του λαχανικού, η παρουσία σιδήρου, χαλκού και αλκαλικού pH προκαλούν έντονη οξείδωση της βιταμίνης C, με τις απώλειες να εντείνονται με το χρόνο της αποθήκευσης, τις υψηλές θερμοκρασίες, τη χαμηλή σχετική υγρασία, την υψηλή συγκέντρωση O<sub>2</sub>, τους κρουτραυματισμούς, την προσβολή από παθογόνα ή την καταπόνηση από χημικά αίτια (Lee and Kader 2000). Η υψηλή αστάθεια της βιταμίνης C έναντι των άλλων συστατικών των λαχανικών, ώθησε τους ερευνητές να χρησιμοποιούν την περιεκτικότητά της ως δείκτη ποιότητας και φρεσκάδας των λαχανικών.

Το περιεχόμενο της βιταμίνης C στα φρούτα και τα λαχανικά, μπορεί να επηρεαστεί από διάφορους παράγοντες, πριν και κατά την συγκομιδή, όπως τις γονοτυπικές διαφορές, τις κλιματολογικές συνθήκες και τις καλλιεργητικές τεχνικές, την ωριμότητα των συγκομιζόμενων προϊόντων και τις μεθόδους συγκομιδής (Lee and Kader 2000). Παρ' όλα αυτά, η περιεκτικότητα των λαχανικών σε βιταμίνες και ιδιαίτερα σε ασκορβικό οξύ, επηρεάζεται κυρίως από το είδος του προϊόντος, την ποικιλία, τη διάρκεια και τη θερμοκρασία συντήρησης στα νωπά προϊόντα, καθώς και την επεξεργασία όπως την κατάψυξη (ζεμάτισμα, συσκευασία, τύπος πακέτου) κ.ά. (Fennema 1977).

Ο Fennema (1977) αναφέρει ότι οι απώλειες της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης επηρεάζονται πολύ από την ποικιλία, εξαιτίας κυρίως του διαφορετικού μεγέθους των λοβών που παρατηρείται μεταξύ των ποικιλιών. Οι Giannakourou and Taoukis (2003) αποδίδουν τη διαφορετική

μετασυλλεκτική συμπεριφορά και την απώλεια σε βιταμίνη C κατά την αποθήκευση μεταξύ των ποικιλιών του νωπού φασολιού σε διαφορές στην ενζυμική δραστηριότητα και στο περιεχόμενο των λοβών σε νερό και βιταμίνη C.

Κοινό συμπέρασμα όλων των ερευνητικών εργασιών σχετικά με την επίδραση της αποθήκευσης στο περιεχόμενο των λοβών του νωπού φασολιού σε βιταμίνη C, είναι ότι η βιταμίνη C παρουσιάζει μείωση καθώς η περίοδος αποθήκευσης αυξάνεται. Οι Camara et al. (2003) παρατήρησαν ότι η εντονότερη απώλεια ασκορβικού οξέος από τους αποθηκευμένους λοβούς νωπών φασολιών παρατηρείται κατά τα αρχικά στάδια της αποθήκευσης, αφού σε λοβούς που αποθηκεύτηκαν στον αέρα σε θερμοκρασία 8°C εντός μόνο 2 ημερών αποθήκευσης το περιεχόμενό τους σε βιταμίνη C μειώθηκε κατά 25%, με το ρυθμό της μείωσης αυτής να περιορίζεται με την πάροδο της αποθήκευσης.

Αν και σε όλες τις συνθήκες αποθήκευσης παρατηρείται μείωση, ο ρυθμός της μείωσης του περιεχομένου σε βιταμίνη C κατά την αποθήκευση επηρεάζεται από τις συνθήκες αποθήκευσης. Η θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο, αφού αν και λοβοί νωπών φασολιών (τύπος mung bean) που αποθηκεύτηκαν στους 5°C παρουσίασαν συνεχή βαθμιαία μείωση του περιεχομένου σε ασκορβικό οξύ με την πάροδο του χρόνου αποθήκευσης, στους 10°C μόνο τις πρώτες 4 ημέρες της αποθήκευσης παρατηρήθηκε μείωση, ενώ επακόλουθα εμφανίστηκε αύξηση (Trail et al. 1992). Η μείωση της θερμοκρασίας αποθήκευσης από 20°C σε 4°C περιόρισε την απώλεια της βιταμίνης C κατά την διάρκεια των πρώτων 24 ωρών αποθήκευσης. Αντίστοιχα, αύξηση της θερμοκρασίας αποθήκευσης από τους 0°C στους 21°C, αύξησε τη μέση απώλεια από 0,12 σε 2,60 mg βιτ. C 100 g<sup>-1</sup> λοβών h<sup>-1</sup> (Ezell and Wilcox 1959). Λοβοί που αποθηκεύτηκαν στους 20°C για 6 ημέρες έχασαν το 63% της αρχικής τους περιεκτικότητας σε βιταμίνη C, έναντι μόνο 25% στους 10°C (Watada et al. 1987). Στο συμπέρασμα ότι οι απώλειες της βιταμίνης C στα νωπά φασόλια επιταχύνονται στις υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης κατέληξαν επίσης οι Lee and Kader (2000), που γενικεύοντας τα συμπεράσματά τους αναφέρουν ότι συνολικά τα οπωροκηπευτικά, παρουσιάζουν βαθμιαία μείωση στην περιεκτικότητά τους σε ασκορβικό οξύ, καθώς η θερμοκρασία ή η διάρκεια αποθήκευσης αυξάνονται.

Επομένως, οι χαμηλές θερμοκρασίες συμβάλλουν σημαντικά στη διατήρηση της βιταμίνης C στα νωπά φασόλια, αλλά έως τα όρια του κρουοτραυματισμού, ο οποίος μειώνει την περιεκτικότητα σε βιταμίνη C (Ezell and Wilcox 1959). Έτσι, οι λοβοί των νωπών φασολιών παρουσίασαν την υψηλότερη απώλεια σε ασκορβικό οξύ κατά την αποθήκευσή τους υπό συνθήκες κατάψυξης, μεταξύ άλλων ψυχροευαίσθητων προϊόντων όπως τα αγγούρια, οι κολοκύθες και οι γλυκοπατάτες (Izumi et al. 1984).

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι η διαχείριση της θερμοκρασίας μετά από τη συγκομιδή είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τη διατήρηση της βιταμίνης C των νωπών φασολιών. Πρέπει να αποφεύγονται οι υψηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης, η μακροχρόνια αποθήκευση και οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (χαμηλότερες των 5-7°C) που προκαλούν κρουοτραυματισμούς.

Η μέθοδος συντήρησης που γίνεται όλο και πιο δημοφιλής τα τελευταία χρόνια, είναι η κατάψυξη, η οποία όμως για τη διατήρηση της περιεκτικότητας των λαχανικών σε ασκορβικό οξύ πρέπει να συνδυαστεί με ζεμάτισμα των λαχανικών πριν την ψύξη για την αδρανοποίηση της ασκορβικής οξειδάσης που καταλύει την βιολογική οξείδωση της βιταμίνης C (Oruna-Concha et al. 1998). Οι απώλειες της βιταμίνης C κατά τη διάρκεια του ζεματίσματος νωπών φασολιών σε νερό και της επακόλουθης κατάψυξης, κυμαίνονται στο επίπεδο των 20-25% (Fennema 1977).

Η αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες επιδρά θετικά στη διατήρηση της περιεκτικότητας των νωπών φασολιών σε ασκορβικό οξύ. Συνθήκες χαμηλού O<sub>2</sub> διατήρησαν καλύτερα τη βιταμίνη C διότι περιόρισαν την οξείδωσή της (Camara et al. 2003). Σύμφωνα με τους Lee and Kader (2000) μπορεί να περιοριστεί η απώλεια της βιταμίνης C με την αποθήκευση σε μειωμένο O<sub>2</sub> ή σε αυξημένο έως 10% CO<sub>2</sub>, ενώ αντίθετα σε υψηλότερα επίπεδα CO<sub>2</sub> επιταχύνεται η απώλεια της βιταμίνης C. Κατά τους Camara et al. (2003), οι καταλληλότερες συνθήκες για την συντήρηση της θρεπτικής αξίας των νωπών φασολιών είναι η αποθήκευση στους 8°C σε ατμόσφαιρα 3% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub>, όπου μετά από αποθήκευση 8 ημερών παρατηρήθηκε διατήρηση του 75% του αρχικού περιεχομένου των λοβών σε βιταμίνη C. Οι Watada et al. (1987) παρατήρησαν μικρότερη μέση απώλεια της βιταμίνης C μετά 12 ημέρες αποθήκευσης στους 10°C σε συσκευασμένους σε σακούλες πολυαιθυλενίου

λοβούς φασολιού σε σχέση με τους μη συσκευασμένους, όπου η απώλεια έφτανε το 50%.

Η επίδραση της ελεγχόμενης ατμόσφαιρας στο μεταβολισμό του ασκορβικού οξέος αλληλεπιδρά με την θερμοκρασία αποθήκευσης. Κάλυψη των λοβών με μεμβράνη πολυαιθυλενίου επέφερε την έκτη ημέρα αποθήκευσης στους 20°C μείωση της απώλειας του ασκορβικού οξέος κατά 54% όταν στους 10°C η αντίστοιχη τιμή ήταν 25%. Όμως, όταν η θερμοκρασία αποθήκευσης ήταν χαμηλότερη των 0°C, η μείωση της απώλειας που προκάλεσε η κάλυψη ήταν ελάχιστη, υποδεικνύοντας ότι η θετική επίδραση των ελεγχόμενων ατμοσφαιρών στον περιορισμό της απώλειας του ασκορβικού οξέος κατά την αποθήκευση των λοβών φασολιού είναι εντονότερη σε υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης. Με δεδομένο ότι συνήθως οι θερμοκρασίες σε σύντομης διάρκειας αποθήκευση πριν τη διοχέτευση των λοβών φασολιού στην αγορά κυμαίνονται στους 10°C ή είναι υψηλότερες, οι απώλειες του ασκορβικού οξέος των λοβών είναι μεγάλες και επομένως η συσκευασία προσφέρει σημαντικά οφέλη στη διατήρηση της θρεπτικής τους αξίας (Watada et. al. 1987). Τέλος, η διατήρηση των λοβών σε αεροστεγώς κλεισμένες συσκευασίες υπό κενό, δεν επηρέασε τις απώλειες της βιταμίνης C (Oruna-Concha et. al. 1998).

Τα νωπά φασόλια είναι σημαντική πηγή βιταμίνης A και φολικού οξέος (67mg βιταμίνης A και 33,3g φολικού οξέος ανά 100g νωπού φασολιού), καλύπτοντας ένα μεγάλο ποσοστό των καθημερινών αναγκών του ανθρώπου στις βιταμίνες αυτές. Συχνά η ένταση του πράσινου χρώματος των λοβών του νωπού φασολιού παρέχει καλή εκτίμηση για την περιεκτικότητα τους σε φολικό οξύ (Wills et al. 1998). Επίσης, πολλές άλλες βιταμίνες έχουν εντοπισθεί στους λοβούς των νωπών φασολιών. Οι Salunkhe and Kadam (1998) αναφέρουν ότι σε 100g νωπών φασολιών περιέχονται, 0,074g θειαμίνη (B<sub>1</sub>), 0,097g ριβοφλαβίνη (B<sub>2</sub>) και 0,06g πυριδοξίνη (B<sub>6</sub>), ποσότητες, που παρ'ότι χαμηλές, μπορούν να καλύψουν κατά ένα ικανοποιητικό ποσοστό (περίπου 10%) τις καθημερινές ανθρώπινες ανάγκες σε βιταμίνη B. Η α-τοκοφερόλη (βιταμίνη E), κυμαίνεται σε 0,11g/100g νωπού φασολιού και έχει σημαντική σημασία στη διατήρηση των λοβών μετασυλλεκτικά, γιατί εμπλέκεται στην αλυσιδωτή αντίδραση αφαίρεσης των πολυακόρεστων ριζών των λιπαρών οξέων που παράγονται κατά την οξειδωση των λιπιδίων, επομένως, η διατήρηση υψηλών επιπέδων α-

τοκοφερόλης στους αποθηκευμένους ιστούς μπορεί να μειώσει τις αρνητικές συνέπειες της απώλειας νερού ή των κρουστραυματισμών, λόγω προστασίας των μεμβρανών (Salunkhe and Kadam 1998).

Σύμφωνα με τους Watada et al. (1987) η βιταμίνη B<sub>1</sub> (θειαμίνη) αυξήθηκε κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης των λοβών φασολιού ανεξάρτητα της συσκευασίας και της θερμοκρασίας αποθήκευσης (10 και 20°C), ενώ αντίθετα η βιταμίνη B<sub>2</sub> (ριβοφλαβίνη) μεταβλήθηκε ελάχιστα. Αντίθετα, οι Camara et al. (2003) παρατήρησαν ότι η ενώ η μεταβολή της θειαμίνης ήταν ανεξάρτητη από την ατμόσφαιρα αποθήκευσης, το περιεχόμενο των λοβών σε ριβοφλαβίνη αυξήθηκε κατά την αποθήκευση σε ελεγχόμενες ατμόσφαιρες με 3% CO<sub>2</sub> και χαμηλό O<sub>2</sub> (1, 3, και 5%) αν και η μεταβολή των βιταμινών B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> και B<sub>6</sub> δεν ήταν ιδιαίτερη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Έχει παρατηρηθεί ότι ακόμα και μετά τη συγκομιδή, είναι δυνατή η σύνθεση των βιταμινών του συμπλόκου B στους λοβούς του νωπού φασολιού και περιορίζεται από την επίδραση της θειαμινάσης, ενώ αντίθετα, η φρουκτόζη και η ινοσιτόλη εμποδίζουν την δράση της θειαμινάσης. Επομένως, τα επίπεδα της μυοινοσιτόλης, στους λοβούς των νωπών φασολιών βρίσκονται σε θετική συσχέτιση με το περιεχόμενό τους σε βιταμίνη B (Camara et al. 2003).

Κατά την αποθήκευση λοβών φασολιού σε συνθήκες ελεγχόμενων ατμοσφαιρών, αυξήθηκε το επίπεδο του β-καροτενίου, γεγονός που ίσως οφείλεται στην παρεμπόδιση της οξειδωσης του β-καροτενίου λόγω χαμηλού O<sub>2</sub> και στην προώθηση της βιοσύνθεσής του που επίσης παρατηρείται κατά την αποθήκευση των λοβών. Έτσι, κατά την αποθήκευση σε ατμόσφαιρα 5% O<sub>2</sub> + 3% CO<sub>2</sub>, αυξήθηκε κατά 34,7% η περιεκτικότητα των λοβών σε β-καροτένιο, που όμως μειώνεται στην συνέχεια της αποθήκευσης για άγνωστους λόγους. Η αύξηση του β-καροτενίου κατά την αποθήκευση των λοβών μπορεί να περιοριστεί από τις χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης, αφού παρατηρήθηκε μειωμένη συσσώρευση β-καροτενίου στους 8°C, σε σχέση με τις υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης (Camara et al. 2003).

### **1.3. Σκοπός της εργασίας**

Οι νωποί λοβοί της βίγνας (αμπελοφάσουλο) είναι εξαιρετικά φθαρτοί και καταστρέφονται γρήγορα μετά τη συγκομιδή. Από την άλλη πλευρά, λόγω της τροπικής προέλευσης του είδους, οι λοβοί είναι αρκετά ευάλωτοι σε κρουοτραυματισμούς όταν συντηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες (π.χ. 4°C) ενώ σε υψηλότερες θερμοκρασίες (π.χ. 8°C) και υψηλή Σ.Υ. για την αποτροπή μάρανσης αναπτύσσονται σήψεις και μετασυλλεκτικές προσβολές. Ωστόσο, μέχρι σήμερα, υπάρχει σοβαρή έλλειψη πληροφοριών σχετικά με τη μετασυλλεκτική συμπεριφορά των νωπών λοβών της βίγνας, τις φυσικοχημικές μεταβολές τους κατά την περίοδο μετά τη συγκομιδή και την επίδραση των μετασυλλεκτικών χειρισμών στη συντηρησιμότητά τους.

Στην παρούσα εργασία καταβλήθηκε προσπάθεια να διερευνηθούν κάποια από τα προαναφερθέντα θέματα. Για το λόγο αυτό, μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (2°, 5° και 10 °C) σε συνδυασμό με τη συσκευασία των λοβών χρησιμοποιώντας πλαστικές μεμβράνες με διαφορετική διαπερατότητα σε υδρατμούς, O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>, στη μετασυλλεκτική ζωή και στις μεταβολές διάφορων φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των νωπών λοβών της βίγνας κατά τη διάρκεια συντήρησής τους για 7 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς και μετά τη μεταφορά τους από τη ψυχρή συντήρηση στους 20°C και την παραμονή τους για 2 ημέρες στη θερμοκρασία αυτή, ώστε να μελετηθεί η «ζωή στο ράφι».



## **2. Υλικά και μέθοδοι**

### **2.1. Φυτικό υλικό**

Ένας τοπικός πληθυσμός βίγνας [*Vigna unguiculata* ssp. *unguiculata* (L.) Walp] που προέρχεται από την περιοχή της Άρτας καλλιεργήθηκε στον πειραματικό αγρό του Εργαστηρίου Κηπευτικών Καλλιιεργειών του Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών (N 37 ° 59'10", E 23 ° 42'29", υψόμετρο 24 μ.), την άνοιξη-καλοκαίρι του 2015. Πράσινοι λοβοί συλλέχθηκαν στις 8-10 ημέρες μετά την άνθηση, στο κατάλληλο στάδιο ανάπτυξης για κατανάλωση ως νωπό κηπευτικό (ικανοποιητικό μήκος λοβού, αλλά ακόμα αρκετά τρυφεροί, χωρίς έντονη ανάπτυξη ιών) και μεταφέρθηκαν αμέσως στο εργαστήριο για τους μετασυλλεκτικούς χειρισμούς. Όλοι οι λοβοί συλλέχθηκαν εντός περιόδου 15 ημερών κατά τα τέλη Ιουλίου - μέσα Αυγούστου 2015.

### **2.2. Μεταχειρίσεις μετά τη συγκομιδή**

Οι λοβοί αρχικά δέχθηκαν πρόψυξη με εμβάπτισή τους σε νερό θερμοκρασίας 10°C και στέγνωσαν με τύλιγμά τους σε απορροφητικό χαρτί. Λοβοί παρόμοιου μεγέθους (σε μήκος και διάμετρο) συσκευάστηκαν σε αεροστεγείς συσκευασίες χρησιμοποιώντας τρεις τύπους πλαστικού:

- (1) διάτρητο φύλλο πολυαιθυλενίου χαμηλής πυκνότητας (LDPE) με πάχος 100 μm και 4 διατρήσεις διαμέτρου 200 μm ανά τετραγωνική ίντσα **(διάτρητο LDPE)**
- (2) εύκαμπτη μεμβράνη βινυλίου με διαπερατότητα 29.000 cm<sup>3</sup> m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup> και 230 g m<sup>-2</sup> 24h<sup>-1</sup> σε οξυγόνο και υδρατμούς αντίστοιχα **(εύκαμπτο βινύλιο)** και
- (3) μεμβράνη πολυβινυλοχλωριδίου (PVC) άγνωστης διαπερατότητας σε αέρια και υδρατμούς, το οποίο χρησιμοποιείται εμπορικά ως επένδυση σε κουτιά από χαρτόνι για μαζική αποθήκευση νωπών φασολιών **(μεμβράνη PVC)**.

Κάθε συσκευασία είχε εσωτερικό όγκο 500 ml και περιείχε 30-32 λοβούς συνολικού βάρους 50-55 g.

Οι λοβοί αποθηκεύτηκαν για 7 ημέρες σε θαλάμους ελεγχόμενης θερμοκρασίας στους 2°, 5° και 10 °C ( $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ) και 85 $\pm$ 1% R.H. σε σκοτάδι. Μετά

από 7 ημέρες, οι συσκευασίες εξήλθαν από τους ψυκτικούς θαλάμους, ανοίχτηκαν και οι μισοί από τους λοβούς σε κάθε συσκευασία (15-16 λοβοί συνολικού βάρους 25-28 g) χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών μετά την ψυχρή αποθήκευση. Η ατμόσφαιρα στις συσκευασίες αναπληρώθηκε με αέρα, οι συσκευασίες επανασφραγίστηκαν και διατηρήθηκαν για 2 ημέρες σε θάλαμο ελεγχόμενης θερμοκρασίας στους 20°C ( $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ), 85 $\pm$ 1% R.H. σε σκοτάδι, προκειμένου να εκτιμηθεί η περίοδος "ζωής στο ράφι" και η συχνότητα και ένταση του κρουοτραυματισμού. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις 30-32 λοβών-μαρτύρων πριν από την αποθήκευση. Οι συγκεντρώσεις O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα των συσκευασιών μετά από 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης και 2 ημερών «στο ράφι» προσδιορίστηκαν με τη χρήση αναλυτή CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> (Dansensor Checkmate II, MOCON Europe A/S, Ringsted, Denmark).

Σε κάθε μετασλλεκτική επέμβαση (συνδυασμός πλαστικής συσκευασίας και θερμοκρασίας αποθήκευσης), χρησιμοποιήθηκαν 4 επαναλήψεις (συσκευασίες). Στη περίπτωση των 2 °C λόγω της έντονης ανάπτυξης κρουοτραυματισμών και της σοβαρής ποιοτικής υποβάθμισης των λοβών πραγματοποιήθηκε αποθήκευση μόνο στη συσκευασία με το διάτρητο LDPE.

Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με το στατιστικό πρόγραμμα StatGraphics Centurion XV (Statgraphics Technologies, Inc., The Plains, VA, ΗΠΑ), σύμφωνα με το εντελώς τυχαιοποιημένο σχέδιο, χρησιμοποιώντας μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (one-way ANOVA) ξεχωριστά για κάθε παράγοντα (πλαστική συσκευασία και θερμοκρασία αποθήκευσης, όταν στη πλαστική μεμβράνη «διάτρητο LDPE» η ανάλυση συμπεριέλαβε και τους 2°C). Όπου η ANOVA κατέδειξε την ύπαρξη σημαντικών διαφορών μεταξύ των επεμβάσεων, οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων πραγματοποιήθηκαν με βάση το κριτήριο της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς (LSD), σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

## 2.3. Αξιολόγηση χαρακτηριστικών ποιότητας πριν και μετά την αποθήκευση

### 2.3.1. Οπτική ποιότητα

Αμέσως μετά το πέρας της αποθήκευσης (7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης ή 7 ημέρες σε χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), η οπτική ποιότητα των λοβών αξιολογήθηκε σε κλίμακα 1-5, όπου:

- 1: μη εμπορεύσιμοι λοβοί,
- 2: λοβοί με επιφανειακές κηλίδες, βαθουλώματα, καστανέρυθρους μεταχρωματισμούς, αποχρωματισμούς, ελαφρύ μαρασμό και συρρίκνωση αλλά οριακά εμπορεύσιμοι,
- 3: λοβοί με λιγότερες ατέλειες και αποχρωματισμό, χωρίς μαρασμό, συρρίκνωση και βαθουλώματα,
- 4: λοβοί καλής ποιότητας με μόνο ελαφρύ αποχρωματισμό ή περιορισμένης έκτασης κηλίδες,
- 5: λοβοί άριστης ποιότητας.





**Εικόνα 2.1.** Οπτική ποιότητα νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι».

### **2.3.2. Βάρος λοβού**

Το βάρος κάθε λοβού πριν και μετά την αποθήκευση προσδιορίστηκε με εργαστηριακό ζυγό με ακρίβεια 0,01 g (Mettler PM 600, Mettler-Toledo Inc., Greifensee, Switzerland).

### **2.3.3. Συνεκτικότητα λοβού – αντίσταση σε κοπή**

Η συνεκτικότητα των λοβών μετρήθηκε ως αντίσταση στην κοπή στο μέσο του λοβού στο σημείο που στενεύει ο λοβός μεταξύ δύο γειτονικών κοιλοτήτων σπόρων, χρησιμοποιώντας το συνεκτικόμετρο-δυναμόμετρο Chatillon DFIS-10 τοποθετημένο στη βάση Chatillon TCM 201-M (John Chatillon, Greensboro, NC, ΗΠΑ). Οι μετρήσεις εκφράζονται ως βάρος (σε g) που εφαρμόζεται για την κοπή του λοβού από λεπίδα πλάτους 5 cm η οποία κινείται με σταθερή ταχύτητα 50 mm min<sup>-1</sup>.

### **2.3.4. Προετοιμασία δειγμάτων για χημικές αναλύσεις**

Όλοι οι λοβοί από κάθε συσκευασία μεταφέρθηκαν σε υγρό άζωτο εντός 10 λεπτών μετά την απομάκρυνση από την αποθήκευση, ομογενοποιήθηκαν σε ομογενοποιητή Waring και διατηρήθηκαν σε γυάλινα φιαλίδια στους -80°C μέχρι να χρησιμοποιηθούν για τις διάφορες χημικές αναλύσεις. Σε κάθε πειραματική επέμβαση ελήφθησαν 4 δείγματα-επαναλήψεις που προέκυψαν από την ομογενοποίηση όλων των λοβών που περιέχονταν σε μία συσκευασία.

### **2.3.5. Προσδιορισμός ολικών διαλυτών στερεών**

Ο προσδιορισμός των ολικών διαλυτών στερεών έγινε με διαθλασίμετρο χειρός, Schmidt & Haensch HR32B (Schmidt & Haensch GmbH & Co., Berlin, Germany). Μέρος του ομογενοποιημένου δείγματος αποψύχθηκε και με τη χρήση σπάτουλας λήφθηκε και μεταφέρθηκε μία σταγόνα χυμού στην ειδική υποδοχή του διαθλασίμετρου, ώστε να προσδιοριστεί η συγκέντρωση των ολικών διαλυτών στερεών στο χυμό. Η ένδειξη του διαθλασίμετρου καταγράφηκε με ακρίβεια 0,2 °Brix και μετά τον υπολογισμό της θερμοκρασίας όπου γινόταν η μέτρηση (συνήθως στους 22°C), έγινε διόρθωση των τιμών στους 20°C. Σε κάθε δείγμα-πολτό λαμβάνονταν δύο μετρήσεις και υπολογίστηκε ο μέσος όρος τους.

### **2.3.6. Προσδιορισμός τιτλοδοτούμενης οξύτητας**

Ο προσδιορισμός της οξύτητας πραγματοποιήθηκε με τιτλοδότηση. Από τον πολτό που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό των ολικών διαλυτών στερεών ελήφθησαν 10 g και μεταφέρθηκαν σε ογκομετρικό κύλινδρο, όπου και προστέθηκε απεσταγμένο νερό έως 150 ml. Ακολούθησε καλή ανάδευση και διήθηση με τη χρήση πτυχωτού ηθμού (Macherey-Nagel MN 617we, Düren, Germany). Από το διήθημα, ελήφθησαν 2 δείγματα των 50 ml και μεταφέρθηκαν σε ευρύλαιμες κωνικές φιάλες. Διάλυμα NaOH (N/50) χρησιμοποιήθηκε για την αντίδραση της εξουδετέρωσης με τιτλοδότηση, το τέλος της οποίας προσδιορίστηκε με την αύξηση του pH του διηθήματος στο 8,1, με τη χρήση pHμετρου (Radiometer PHM250 pHmeter, Lyon, France). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε γραμμάρια μηλικού οξέος ανά 100 g νωπού βάρους καρπού.

### **2.3.7. Προσδιορισμός περιεκτικότητας σε χλωροφύλλη**

Το περιεχόμενο των λοβών σε ολική χλωροφύλλη εκτιμήθηκε με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου των Arnon (1949) και Lichtentaler and Buschmann (2001).

*Εκχύλιση:* Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρησης των 15 ml τοποθετήθηκε δείγμα 0,5 gr ζυγισμένο με ακρίβεια. Για την εκχύλιση προστέθηκαν 5ml διαλύματος αιθανόλης 80% (v/v) και το δείγμα ομογενοποιήθηκε με χρήση ομογενοποιητή (Cat Unidrive X 1000D, CAT Scientific, Paso Robles, USA). Οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε ψυχόμενη φυγόκεντρο στους 5300rpm, 15 °C για 20 min (Sigma 4-16, Osterode am Harz, Germany) και μετά το πέρας της φυγοκέντρησης τα υπερκείμενα μεταφέρθηκαν σε άλλους σωλήνες. Στους σωλήνες με τον αρχικό ιστό προστέθηκαν πάλι 5 ml διαλύματος εκχύλισης, ανακινήθηκαν καλά με τη βοήθεια vortex και η διαδικασία επαναλήφθηκε.

*Διαδικασία:* Τα υπερκείμενα που λήφθησαν από τις δύο φυγοκεντρήσεις αναμείχθησαν σε ένα σωλήνα για κάθε δείγμα και αραιώθηκαν με το διάλυμα εκχύλισης έως τα 15 ml. Στο διάλυμα αυτό με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου (Perkin-Elmer Lambda 1A, Waltham, Massachusetts, USA), έγινε μέτρηση της απορρόφησης στα 663 και 647 nm.

Για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης a, b και της ολικής (σε mg/ml εκχυλίσματος) χρησιμοποιήθηκαν οι εξισώσεις (Lichtentaler and Buschmann, 2001) :

- $C_a$  (μg/ml) =  $12,25 \cdot A^{663} - 2,79 \cdot A^{647}$
- $C_b$  (μg/ml) =  $21,50 \cdot A^{647} - 5,10 \cdot A^{663}$
- $C$  (μg/ml) =  $C_a + C_b$

Τα επίπεδα της ολικής χλωροφύλλης εκφράστηκαν ως mg 100g<sup>-1</sup> νωπού βάρους.

### 2.3.8. Προσδιορισμός ολικών φαινολικών

Τα ολικά φαινολικά εκτιμήθηκαν με κάποιες τροποποιήσεις της μεθόδου Folin-Ciocalteu (Singleton and Rossi, 1965), σύμφωνα με τους Velioglu et al. (1998).

*Εκχύλιση:* Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml τοποθετήθηκε δείγμα 0,5 gr ζυγισμένο με ακρίβεια. Για την εκχύλιση προστέθηκαν 4 ml διαλύματος μεθανόλης 80% (v/v) ανά δείγμα και ομογενοποιήθηκε με ομοιόμορφοι. Έπειτα, όλοι οι σωλήνες φυγοκέντρωσης τοποθετήθηκαν σε orbital shaker (200rpm) για 1h15' σε θερμοκρασία δωματίου και κατόπιν τοποθετήθηκαν σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (5300rpm, 18°C για 15 min). Μετά τη φυγοκέντρωση διαχωρίστηκαν τα υπερκείμενα και μεταφέρθηκαν σε άλλους σωλήνες. Στους σωλήνες με τον αρχικό ιστό προστέθηκαν πάλι 4 ml διαλύματος εκχύλισης και η διαδικασία επαναλήφθηκε. Τα υπερκείμενα που λήφθηκαν από τις δύο φυγοκεντρήσεις αναμείχθηκαν σε ένα σωλήνα για κάθε δείγμα.

*Διαδικασία:* Δείγματα όγκου 300 μl λήφθηκαν από τη μείξη των υπερκειμένων και τοποθετήθηκαν σε σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml. Προστέθηκαν 2,25 ml αντιδραστηρίου Folin-Ciocalteu και ακολούθησε ανάδευση (με vortex). Μετά από 5 λεπτά παραμονής του διαλύματος αυτού σε θερμοκρασία δωματίου, προστέθηκαν 2,25 ml υδατικού διαλύματος άνυδρου ανθρακικού νατρίου (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, 60 g/l), ακολούθησε ανάδευση σε vortex και μετά τη πάροδο 90 λεπτών σε θερμοκρασία δωματίου, μετρήθηκε η απορρόφηση στα 765 nm με τη χρήση φασματοφωτόμετρου. Παράλληλα, μετρήθηκαν οι απορροφήσεις διαλυμάτων γαλλικού οξέος γνωστών συγκεντρώσεων για την παρασκευή πρότυπης καμπύλης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν εις διπλούν για κάθε

δείγμα και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε mg ισοδύναμων γαλλικού οξέος ανά 100gr νωπού βάρους λοβού (mg GAE 100g<sup>-1</sup> ν.β.).

### **2.3.9. Προσδιορισμός ολικών διαλυτών πρωτεϊνών**

Ο προσδιορισμός των πρωτεϊνών έγινε σύμφωνα με τη μέθοδο Bradford (1976).

*Εκχύλιση:* Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml τοποθετήθηκε δείγμα 0,5 g νωπού ιστού ζυγισμένο με ακρίβεια. Για την εκχύλιση προστέθηκαν 7.5 ml μέσου εκχύλισης [100mM Tris HCl, pH=7,5, 4mM reduced glutathione, 4% PVP (soluble, Sigma-Aldrich PVP-40)] σε κάθε δείγμα, ομογενοποιήθηκαν με ομογενοποιητή και τοποθετήθηκαν σε ψυγείο (5±1°C) για 1 ώρα. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε φυγοκέντρωση σε ψυχόμενη φυγόκεντρο (5300 rpm, 10°C για 15 min) και λήψη του υπερκείμενου υγρού. Στη συνέχεια προστέθηκε στο στερεό υπόλειμμα κάθε δείγματος 7,5 ml μέσου εκχύλισης και ακολουθήθηκε η προηγούμενη διαδικασία. Μετά την φυγοκέντρωση έγινε λήψη του υπερκείμενου υγρού και προστέθηκε στο εκχύλισμα της προηγούμενης διαδικασίας.

*Διαδικασία:* Σε γυάλινους σωλήνες που δεν περιέχουν απορρυπαντικό τοποθετήθηκαν 1,4 ml απεσταγμένου νερού, 100 μl υπερκείμενου υγρού (δείγμα) και με ταυτόχρονη ανάδευση σε vortex, προσθήκη 1,5 ml αντιδραστηρίου Bradford (για την προετοιμασία του αντιδραστηρίου διαλύονται 100 mg Coomassie Blue G250 σε 50 ml αιθανόλης 95%, το διάλυμα κατόπιν αναμιγνύεται με 100ml διαλύματος 85% φωσφορικού οξέος και προστίθεται απεσταγμένο νερό ως το 1l). Ακολούθως έγινε μέτρηση της απορρόφησης σε φασματοφωτόμετρο στα 595 nm. Η καμπύλη αναφοράς προετοιμάστηκε με βάση διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων BSA (bovine serum albumin).

Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε mg πρωτεϊνών ανά 100 gr νωπού βάρους ιστού.



### **2.3.10. Προσδιορισμός συγκέντρωσης νιτρικών στους λοβούς**

Για τη μέτρηση των νιτρικών χρησιμοποιήθηκε η φασματοφωτομετρική μέθοδος της νιτροποίησης του σαλικυλικού οξέος σύμφωνα με τους Cataldo et al. (1975).

*Εκχύλιση:* Σε πλαστικούς σωλήνες φυγοκέντρωσης των 15 ml τοποθετήθηκε 1 g δείγματος ζυγισμένο με ακρίβεια. Για την εκχύλιση προστέθηκαν 7 ml απεσταγμένου νερού σε κάθε δείγμα, ομογενοποιήθηκαν με ομογενοποιητή και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 45°C για 1 ώρα. Ακολούθησε φυγοκέντρωση (5300 rpm, 23°C για 15 min) και λήψη του υπερκείμενου υγρού.

*Διαδικασία:* Σε κωνικές φιάλες με δείγματα όγκου 0,2 ml από κάθε υπερκείμενο υγρό προστέθηκαν 0,8 ml σαλικυλικού οξέος 5% ακολούθησε ανάδευση και παραμονή των δειγμάτων σε θερμοκρασία δωματίου για 20 min. Στη συνέχεια, προστέθηκαν 19 ml NaOH (2N), έγινε καλή ανάδευση και αφέθηκαν σε ηρεμία για 20 min, μέχρι να έλθουν σε θερμοκρασία δωματίου. Τέλος, με τη βοήθεια φασματοφωτόμετρου, έγινε μέτρηση της απορρόφησης των διαλυμάτων στα 410 nm. Η καμπύλη αναφοράς προετοιμάστηκε με βάση διαλύματα γνωστών συγκεντρώσεων NO<sub>3</sub> με τη χρήση KNO<sub>3</sub>.

Η έκφραση των αποτελεσμάτων έγινε σε mg NO<sub>3</sub> ανά 100 gr νωπού βάρους ιστού.

### **2.3.11. Ποσοτικός προσδιορισμός αμύλου**

Ο προσδιορισμός της περιεχόμενου των λοβών αμπελοφάσουλου σε άμυλο πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο των Dekker and Richards (1971) και Barham and Trinder (1972), ως εξής:

Από τα δείγματα που διατηρήθηκαν στους -80 °C λήφθηκε ποσότητα 1 g (νωπού ιστού) και τοποθετήθηκε σε σωλήνες φυγοκέντρωσης 15ml. Προστέθηκαν 10ml πετρελαϊκού αιθέρα (petroleum ether) για απομάκρυνση λιπών και χρωστικών, ακολούθησε ανάδευση (vortex) και παραμονή σε ηρεμία σε θ. δωματίου για 10-20 min και φυγοκέντρωση (5300 x g, 15 min, 10 °C) σε ψυχόμενη φυγόκεντρο. Απομακρύνθηκε το υπερκείμενο υγρό και προστέθηκαν 3 ml αιθυλικής αλκοόλης (80%) στο στερεό υπόλειμμα ώστε να γίνει η πρώτη εκχύλιση των σακχάρων. Μετά από καλή ανάδευση (vortex), οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 65°C. Μετά πάροδο 25 min ακολούθησε

φυγοκέντρωση κάτω από τις προηγούμενες συνθήκες και το υπερκείμενο υγρό (αλκοόλη) απομακρύνθηκε. Στους σωλήνες που περιέχουν το στερεό υπόλειμμα προστέθηκαν εκ νέου 5 ml αιθυλικής αλκοόλης και η προηγούμενη διαδικασία επαναλήφθηκε 2 φορές για την πλήρη απομάκρυνση των διαλυτών σακχάρων από το στερεό υπόλειμμα.

Στο στερεό υπόλειμμα προστέθηκαν 8ml διαλύματος NaOH (0,5N), ακολούθησε καλή ανάδευση (vortex) και αφέθηκαν σε ηρεμία σε θερμοκρασία δωματίου για 20 min ώστε να ζελατινοποιηθεί το άμυλο. Για την εξουδετέρωση του NaOH προστέθηκαν 0.55 ml CH<sub>3</sub>COOH (2M) ανά 1 ml NaOH (0,5N) και ακολούθησε φυγοκέντρωση (5300 x g, 15 min, 10 °C).

Από το υπερκείμενο υγρό μεταφέρθηκε σε νέους σωλήνες 1 ml και προστέθηκε 1 ml διαλύματος αμυλογλυκοζιδάσης (A7420 Sigma, from *Aspergillus niger*, 30-60 units/mg protein): 1,0-1,5 mg ενζύμου διαλύονται σε 10 ml ρυθμιστικό διάλυμα οξικού νατρίου, pH 4,5. Το εκχύλισμα με το ένζυμο επώαστηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 55°C για μία ώρα, για τη μερική διάσπαση του αμύλου σε γλυκόζη και τελικά προστέθηκαν 0,4ml NaOH (1N) για την εξουδετέρωση του ενζύμου και την παύση της αντίδρασης.

0,5 ml από το διάλυμα (που περιέχει γλυκόζη ανάλογα με την αρχική συγκέντρωση αμύλου του δείγματος), τοποθετήθηκαν σε νέους σωλήνες και προστέθηκαν 2.5 ml αντιδραστηρίου GOD-POD (glucose oxidase/peroxidase) της εταιρίας Biosis (Βιοτεχνολογικές Εφαρμογές Ε.Π.Ε., Αθήνα). Μετά από καλή ανάμειξη (vortex), οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 37°C για 15 min. Η απορρόφηση του παραγόμενου ερυθρού χρώματος μετρήθηκε σε μήκος κύματος 510 nm σε φασματοφωτόμετρο. Οι τιμές απορρόφησης που προέκυψαν συγκρίθηκαν με τις τιμές της καμπύλης αναφοράς που παρασκευάζεται παράλληλα με τα υπό μέτρηση δείγματα, με τη χρήση προτύπων διαλυμάτων αμύλου σε συγκεντρώσεις 0, 25, 50, 100, 150, 250, 500, 750 και 1000 mg l<sup>-1</sup>. Η συγκέντρωση αμύλου των δειγμάτων εκφράστηκε ως mg αμύλου ανά 100 g ν.β. ιστού.

### **2.3.12. Προσδιορισμός ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας**

Ο προσδιορισμός της ολικής αντιοξειδωτικής ικανότητας των λοβών πραγματοποιήθηκε στο εκχύλισμα που λήφθηκε από την εκχύλιση για τον

προσδιορισμό των ολικών φαινολικών ουσιών, σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH (Brand-Williams et al. 1995):

Παρασκευάστηκε διάλυμα 0,06 mM DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) με διάλυση του αντιδραστηρίου σε μεθανόλη. Σε δοκιμαστικούς σωλήνες προστέθηκαν 100 μl εκχυλίσματος και 3,9 ml διαλύματος DPPH, ακολούθησε καλή ανάδευση με vortex και τοποθέτηση των σωλήνων σε σκοτάδι. Μετά 10 min παραμονής των δειγμάτων, πραγματοποιήθηκε μέτρηση της απορρόφησής τους σε φασματοφωτόμετρο σε μήκος κύματος 515 nm. Παράλληλα, με τον ίδιο τρόπο μετρήθηκε η απορρόφηση πρότυπων διαλυμάτων Trolox (0-35μM) για την κατασκευή καμπύλης αναφοράς και τα αποτελέσματα εκφράστηκαν σε μM Trolox ανά 100 g νωπού ιστού.

#### **2.4. Στατιστική επεξεργασία**

Λόγω της εμφάνισης σοβαρού κρουστραυματισμού στους λοβούς που συντηρήθηκαν στους 2 °C κατά την παραμονή τους «στο ράφι» και της περιορισμένης διαθεσιμότητας λοβών, δεν μελετήθηκε η επίδραση της πλαστικής συσκευασίας στους 2 °C. Για το λόγο αυτό, δεν πραγματοποιήθηκε διπαραγοντική ανάλυση γιατί δεν υπήρχαν όλα τα επίπεδα του παράγοντα «συσκευασία» σε όλες τις θερμοκρασίες συντήρησης.

Τα δεδομένα του πειράματος αναλύθηκαν σύμφωνα με μονοπαραγοντική ανάλυση της διασποράς (one-way ANOVA), ξεχωριστά ως προς την επίδραση των θερμοκρασιών συντήρησης σε κάθε είδος πλαστικής συσκευασίας, και ξεχωριστά ως προς το είδος της συσκευασίας σε κάθε θερμοκρασία αποθήκευσης, ξεχωριστά για την συντήρηση για 7 ημέρες και την «παραμονή στο ράφι», συμπεριλαμβάνοντας και τις τιμές πριν την αποθήκευση. Όπου η δοκιμασία του F έδειξε σημαντικότητα, οι πολλαπλές συγκρίσεις μέσω των πραγματοποιήθηκαν με το κριτήριο της Ελάχιστης Σημαντικής Διαφοράς (Ε.Σ.Δ.) σε επίπεδο σημαντικότητας 5%. Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε με χρήση του στατιστικού προγράμματος StatGraphics Centurion.

### **3. Αποτελέσματα**

Στους 2 °C χρησιμοποιήθηκε μόνο η διάτρητη πλαστική συσκευασία LDPE, καθώς σε αυτή τη θερμοκρασία οι λοβοί εμφάνισαν σοβαρά συμπτώματα κρουτραυματισμών όταν μεταφέρθηκαν στους 20 °C. Ως εκ τούτου, αυτή η θερμοκρασία αποδείχθηκε ακατάλληλη για αποθήκευση των νωπών λοβών της βίγνας και η επίδραση της πλαστικής συσκευασίας δεν μελετήθηκε.

#### **3.1. Απώλεια βάρους λοβών**

Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζεται το ποσοστό απώλειας βάρους (%) ( $100 \cdot$  διαφορά βάρους πριν και μετά την αποθήκευση/αρχικό βάρος πριν την αποθήκευση) λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2 °, 5 ° ή 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.1** Ποσοστό απώλειας βάρους (%) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2 °, 5 ° ή 10 °C για 7 ημέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι  $\pm$  τυπική απόκλιση (n=4)]

| <b>Τύπος πλαστικής συσκευασίας</b>         | <b>7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης</b> |                          |                        |
|--|------------------------------------|--------------------------|------------------------|
|  | 2 °C                               | 5 °C                     | 10 °C                  |
| Διάτρητο LDPE                              | 6,33 $\pm$ 1,08 (a)                | 4,04 $\pm$ 1,65 b* (b)** | 5,93 $\pm$ 1,19 a (b)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο                           | -                                  | 6,45 $\pm$ 0,43 a (a)    | 6,21 $\pm$ 1,22 a (a)  |
| Μεμβράνη PVC                               | -                                  | 1,21 $\pm$ 0,51 c (b)    | 2,76 $\pm$ 0,80 b (a)  |
| <b>7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»</b> |                                    |                          |                        |
|  | 2 °C                               | 5 °C                     | 10 °C                  |
| Διάτρητο LDPE                              | 12,93 $\pm$ 1,86 (b)               | 14,96 $\pm$ 1,78 b (b)   | 20,75 $\pm$ 1,36 b (a) |
| Εύκαμπτο βινύλιο                           | -                                  | 18,83 $\pm$ 1,59 a (b)   | 24,61 $\pm$ 1,60 a (a) |
| Μεμβράνη PVC                               | -                                  | 4,87 $\pm$ 2,10 c (a)    | 6,90 $\pm$ 0,91 c (a)  |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες συντήρησης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.1 η απώλεια βάρους επηρεάστηκε σημαντικά από τον τύπο του πλαστικού και τη θερμοκρασία αποθήκευσης, ειδικά μετά από 2 ημέρες στους 20 °C. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι λοβοί που συσκευάστηκαν με μεμβράνη PVC έχασαν σημαντικά λιγότερο βάρος σε σύγκριση με τις άλλες δύο πλαστικές συσκευασίες. Αυτό υποδηλώνει ότι το φύλλο PVC έχει πολύ χαμηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς, όπως επιβεβαιώνεται από το σχηματισμό σταγονιδίων νερού στην εσωτερική επιφάνεια των συσκευασιών και τη συμπύκνωση της υγρασίας στους λοβούς, ειδικά μετά τη μεταφορά των λοβών από τους ψυκτικούς θαλάμους στους 20 °C. Οι άλλοι δύο τύποι συσκευασίας ήταν κατάλληλοι για 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης καθώς η απώλεια βάρους δεν ξεπέρασε το 6,5%. Ωστόσο, μετά την παραμονή «στο ράφι» η απώλεια βάρους κυμαινόταν μεταξύ 15-25%, με αποτέλεσμα οι λοβοί να συρρικνώνονται και να μαραίνονται. Η απώλεια βάρους ήταν υψηλότερη στους 10 °C σε σύγκριση με τους 5 °C μόνο μετά την παραμονή «στο ράφι» και στις περισσότερες περιπτώσεις οι λοβοί που συσκευάστηκαν σε διάτρητη μεμβράνη LDPE έχασαν λιγότερο βάρος από ότι στην εύκαμπτη μεμβράνη βινυλίου.

### **3.2 Οπτική ποιότητα λοβών**

Στον Πίνακα 3.2 παρουσιάζεται η οπτική ποιότητα πριν και μετά τη συντήρηση λοβών βίγνας για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2 °, 5 ° και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

Μετά την αποθήκευση για 7 ημέρες, όσο χαμηλότερη ήταν η θερμοκρασία, τόσο καλύτερη ήταν η εμφάνιση των λοβών (Πίνακας 3.2). Αντίθετα, η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην οπτική ποιότητα των λοβών αντιστρέφεται μετά τη «ζωή στο ράφι». Μετά από 2 ημέρες στους 20 °C, οι λοβοί που προηγουμένως συντηρήθηκαν στους 2 ° και 5 °C, ήταν μη εμπορεύσιμοι, κυρίως λόγω εμφάνισης συμπτωμάτων κρουτραυματισμού. Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκαν συμπτώματα κρουτραυματισμού κατά τη «ζωή στο ράφι» στους λοβούς που συντηρήθηκαν στους 10 °C.

**Πίνακας 3.2.** Οπτική ποιότητα νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| <b>Τύπος πλαστικής συσκευασίας</b> | <b>7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης</b>         |      |      |
|------------------------------------|--|------|------|
|                                    | 2°C  | 5°C  | 10°C |
| Διάτρητο LDPE                      | 4,75                                       | 4,50 | 4,25 |
| Εύκαμπτο βινύλιο                   | -  | 4,25 | 4,00 |
| Μεμβράνη PVC                       | -  | 4,00 | 4,00 |
|                                    | <b>7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»</b> |      |      |
|                                    | 2°C  | 5°C  | 10°C |
| Διάτρητο LDPE                      | 1,00                                       | 1,25 | 2,75 |
| Εύκαμπτο βινύλιο                   |  | 1,50 | 3,00 |
| Μεμβράνη PVC                       |  | 1,25 | 1,50 |

Ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία, το διάτρητο LDPE φαίνεται πως διατήρησε την οπτική ποιότητα των λοβών σε υψηλότερο επίπεδο (παρά το γεγονός ότι δεν έχει πραγματοποιηθεί στατιστική ανάλυση), ακολουθούμενο από το εύκαμπτο βινύλιο και το PVC όταν οι λοβοί συντηρήθηκαν για 7 ημέρες στους 5° και 10°C. Το κορεσμένο υδρατμών περιβάλλον στη συσκευασία PVC οδήγησε σε σοβαρή υποβάθμιση της οπτικής ποιότητας και σε αποχρωματισμό των λοβών, ενώ προκάλεσε σήψεις σε περίπου 15% των λοβών μετά από 2 ημέρες στους 20°C, ανεξαρτήτως της θερμοκρασίας συντήρησης (5 ή 10 °C) κατά τις προηγούμενες 7 ημέρες. Μετά τη «ζωή στο ράφι», μόνο οι λοβοί που είχαν συντηρηθεί για 7 ημέρες στους 10°C στο διάτρητο LDPE και στο εύκαμπτο βινύλιο είχαν ακόμη αποδεκτή εμφάνιση, αν και εμφανίστηκαν σχετικά συρρικνωμένοι και μαραμένοι λόγω της υψηλής απώλειας βάρους. Για τους λόγους που εξηγήθηκαν προηγουμένως, η μεμβράνη PVC ήταν ακατάλληλη για συσκευασία των λοβών, ιδιαίτερα μετά τη διατήρησή τους για 2 ημέρες στους 20°C.



**Εικόνα 3.2.** Εμφάνιση λοβών βίγνας μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες στους 5 °C σε πλαστικές συσκευασίες με φύλλα LDPE, FV, PVC.



**Εικόνα 3.3.** Συμπύκνωση υδρατμών στο εσωτερικό της συσκευασίας και στους λοβούς στη συσκευασία με πλαστικό φύλλο PVC (αριστερά) και σύγκριση με τη συσκευασία με πλαστικό φύλλο LDPE μετά τη συντήρηση λοβών βίγνας για 7 ημέρες στους 10 °C.





**Εικόνα 3.4.** Εμφάνιση ή όχι συμπτωμάτων κρυοτραυματισμών κατά την παραμονή λοβών βίγνας στους 20 °C (shelf life) μετά τη συντήρησή τους σε πλαστικές συσκευασίες στους 2 °, 5 ° και 10 °C.



### 3.3. Συνεκτικότητα λοβών

Στον Πίνακα 3.3. παρουσιάζεται η συνεκτικότητα λοβών βίγνας (ως αντίσταση στην κοπή) πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.3.** Αντίσταση σε κοπή (g) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 ημέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας         | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης |                     |                   |                    |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                 | 5°C               | 10°C               |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 783,2±71,6 b        | 783,2±71,6 b      | 783,2±71,6 c       |
| Διάτρητο LDPE                       | 783,2±71,6 (b)              | 871,3±96,8 a* (b)** | 966,1±101,8 a (a) | 870,5±77,7 bc (b)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 783,2±71,6 (b)              |                     | 830,8±87,1 b (ab) | 942,1±202,4 ab (a) |
| Μεμβράνη PVC                        | 783,2±71,6 (b)              |                     | 939,8±108,3 a (a) | 1024,2±172,5 a (a) |
| 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                             |                     |                   |                    |
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                 | 5°C               | 10°C               |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 783,2±71,6 a        | 783,2±71,6 a      | 783,2±71,6 c       |
| Διάτρητο LDPE                       | 783,2±71,6 (bc)             | 717,6±82,3 a (c)    | 797,3±66,7 a (b)  | 947,2±48,4 a (a)   |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 783,2±71,6 (a)              | -                   | 812,3±117,7 a (a) | 854,1±73,1 bc (a)  |
| Μεμβράνη PVC                        | 783,2±71,6 (b)              | -                   | 803,2±64,1 a (ab) | 863,6±72,0 ab (a)  |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες συντήρησης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η συνεκτικότητα του λοβού που εκτιμήθηκε ως αντίσταση στην κοπή, είτε δεν άλλαξε σημαντικά είτε αυξήθηκε μετά την αποθήκευση (Πίνακας 3.3). Συνολικά, μόνο σε μερικές περιπτώσεις (π.χ. διάτρητο LDPE στους 5 °C, εύκαμπτο βινύλιο στους 10 °C και PVC σε 5 και 10 °C, μετά από 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης και διάτρητο PE στους 10 °C μετά τη παραμονή «στο ράφι» παρατηρήθηκε αύξηση στη συνεκτικότητα των λοβών μετά την συντήρησή τους.

### 3.4 Περιεχόμενο σε χλωροφύλλη

Στον Πίνακα 3.4. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.4.** Περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη (mg 100 g<sup>-1</sup> ν.β.) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 ημέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης         |                     |                   |                   |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                 | 5°C               | 10°C              |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 57,96±12,22 a       | 57,96±12,22 b     | 57,96±12,22 b     |
| Διάτρητο LDPE               | 57,96±12,22 (a)                     | 54,25±6,69 a* (a)** | 65,35±8,28 b (a)  | 64,90±16,27 b (a) |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 57,96±12,22 (b)                     | -                   | 89,25±2,97 a (a)  | 89,42±11,32 a (a) |
| Μεμβράνη PVC                | 57,96±12,22 (a)                     | -                   | 63,18±8,21 b (a)  | 54,00±9,07 b (a)  |
|                             | 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                     |                   |                   |
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                 | 5°C               | 10°C              |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 57,96±12,22 a       | 57,96±12,22 b     | 57,96±12,22 b     |
| Διάτρητο LDPE               | 57,96±12,22 (b)                     | 66,10±8,60 a (b)    | 79,73±13,26 a (a) | 87,10±6,74 a (a)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 57,96±12,22 (b)                     | -                   | 84,11±13,74 a (a) | 92,49±11,60 a (a) |
| Μεμβράνη PVC                | 57,96±12,22 (b)                     | -                   | 86,95±6,28 a (a)  | 66,52±11,68 b (b) |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες συντήρησης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Η περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη παρέμεινε ουσιαστικά αμετάβλητη κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης σε ψυχρό περιβάλλον, εκτός από τη σημαντική αύξησή της κατά την ψυχρή αποθήκευση σε εύκαμπτο βινύλιο στους 5 και 10 °C, (Πίνακας 3.4). Αντίθετα, κατά την παραμονή των λοβών «στο ράφι» παρατηρείται σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις αύξηση του περιεχομένου τους σε χλωροφύλλη, εκτός από τους λοβούς που είχαν προηγουμένως αποθηκευτεί στους 2 °C σε LDPE και στους 10 °C σε PVC.

### 3.5 Περιεχόμενο σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά

Στον Πίνακα 3.5. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.5.** Περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά (°Brix) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 ημέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας         | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης |                     |                   |                   |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                 | 5°C               | 10°C              |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 10,80±0,54 a        | 10,80±0,54 ab     | 10,80±0,54 a      |
| Διάτρητο LDPE                       | 10,80±0,54 (a)              | 11,75±1,49 a* (a)** | 11,08±0,76 a (a)  | 12,05±1,82 a (a)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 10,80±0,54 (ab)             | -                   | 10,13±0,15 bc (b) | 11,25±0,96 a (a)  |
| Μεμβράνη PVC                        | 10,80±0,54 (a)              | -                   | 9,65±0,40 c (b)   | 10,25±0,29 a (ab) |
| 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                             |                     |                   |                   |
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                 | 5°C               | 10°C              |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 10,80±0,54 a        | 10,80±0,54 a      | 10,80±0,54 a      |
| Διάτρητο LDPE                       | 10,80±0,54 (a)              | 10,23±1,09 a (a)    | 10,75±0,87 a (a)  | 11,00±1,15 a (a)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 10,80±0,54 (a)              | -                   | 11,15±1,15 a (a)  | 11,70±1,39 a (a)  |
| Μεμβράνη PVC                        | 10,80±0,54 (a)              | -                   | 8,75±0,87 b (b)   | 8,67±0,52 b (b)   |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες συντήρησης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Το TSSC δεν μεταβλήθηκε ή μειώθηκε κατά την αποθήκευση. Για παράδειγμα, οι λοβοί στις συσκευασίες PVC είχαν μικρότερο TSSC μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης και ειδικά μετά τη παραμονή «στο ράφι». Συνολικά όμως, δεν παρατηρήθηκε συστηματική επίδραση των θερμοκρασιών αποθήκευσης ή των μέσων συσκευασίας στο περιεχόμενο των λοβών σε TSSC πριν και μετά την αποθήκευσή τους.

### 3.6 Περιεχόμενο σε άμυλο

Στον Πίνακα 3.6 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε άμυλο λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.6.** Περιεκτικότητα σε άμυλο (mg 100g<sup>-1</sup> ν.β.) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 ημέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας         | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης |                    |                |                |
|-------------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------|----------------|
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                | 5°C            | 10°C           |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 38,3±9,0 a         | 38,3±9,0 a     | 38,3±9,0 a     |
| Διάτρητο LDPE                       | 38,3±9,0 (a)                | 43,8±12,3 b*(a) ** | 22,62±3,0 b(b) | 23,07±5,4 b(b) |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 38,3±9,0 (a)                |                    | 26,1±2,3 b(b)  | 23,34±2,1 b(b) |
| Μεμβράνη PVC                        | 38,3±9,0 (a)                |                    | 29,0±5,3 b(b)  | 18,73±2,8 c(b) |
| 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                             |                    |                |                |
|                                     | Προ αποθήκευσης             | 2°C                | 5°C            | 10°C           |
| Προ αποθήκευσης                     |                             | 38,3±9,0 a         | 38,3±9,0 a     | 38,3±9,0 a     |
| Διάτρητο LDPE                       | 38,3±9,0 (a)                | 22,3±0,8 b(b)      | 22,0±4,1 b(b)  | 22,6±3,6 b(b)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο                    | 38,3±9,0 (a)                |                    | 22,3±3,22 b(b) | 21,7±2,4 b(b)  |
| Μεμβράνη PVC                        | 38,3±9,0 (a)                |                    | 17,42±1,2 b(b) | 20,0±3,2 b(b)  |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες συντήρησης που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Όσον αφορά το περιεχόμενο των λοβών σε άμυλο (Πίνακας 3.6) παρατηρείται μείωση σε όλες τις επεμβάσεις αποθήκευσης σε σχέση με τις προ-αποθήκευσης τιμές. Δεν φαίνεται όμως κάποια σημαντική επίδραση των θερμοκρασιών αποθήκευσης ή της συσκευασίας στη μείωση αυτή, εκτός από μια σημαντική επιπλέον μείωση κατά τη συντήρηση των λοβών στους 10 °C σε συσκευασία PVC, σε σχέση με τους 5 °C. Επίσης, αν και δεν παρατηρήθηκε μείωση στους λοβούς που συντηρήθηκαν στους 2°C σε LDPE, κατά την παραμονή των λοβών αυτών «στο ράφι» εμφανίστηκε αντίστοιχη μείωση όπως και στις υπόλοιπες μετασυσλλεκτικές επεμβάσεις.

### 3.7 Περιεχόμενο σε ολικές φαινολικές ουσίες

Στον Πίνακα 3.7. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.7.** Περιεκτικότητα σε ολικές φαινολικές ουσίες (mg GAE 100g<sup>-1</sup> ν.β.) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10°C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης         |                 |                 |                 |
|-----------------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C             | 5°C             | 10°C            |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 171,8±17,6 a    | 171,8±17,6 a    | 171,8±17,6 a    |
| Διάτρητο LDPE               | 171,8±17,6 (a)                      | 184,2±20,7 a(a) | 143,3±17,5 b(b) | 130,6±15,0 b(b) |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 171,8±17,6 (a)                      |                 | 188,3±8,5 a(a)  | 171,3±18,8 a(a) |
| Μεμβράνη PVC                | 171,8±17,6 (a)                      |                 | 167,6±17,6 a(a) | 132,5±15,6 b(b) |
|                             | 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                 |                 |                 |
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C             | 5°C             | 10°C            |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 171,8±17,6 a    | 171,8±17,6 b    | 171,8±17,6 a    |
| Διάτρητο LDPE               | 171,8±17,6 (b)                      | 215,6±20,7 b(a) | 216,3±18,5 a(a) | 220,1±22,2 b(a) |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 171,8±17,6 (b)                      |                 | 202,5±7,9 a(a)  | 221,6±18,7 b(a) |
| Μεμβράνη PVC                | 171,8±17,6 (b)                      |                 | 202,8±29,1 a(a) | 160,8±23,4 a(b) |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Τα ολικά φαινολικά παρατηρείται είτε να μειώνονται (ιδιαίτερα στους 10 °C) ή να μην επηρεάζονται σημαντικά κατά την ψυχρή συντήρηση (Πίνακας 3.7). Αντίθετα, κατά την παραμονή «στο ράφι» οι λοβοί συνολικά παρουσίασαν αύξηση των ολικών φαινολικών, εκτός από αυτούς που είχαν συντηρηθεί προηγουμένως στους 10 °C σε συσκευασία PVC.

### 3.8 Περιεχόμενο σε νιτρικά ιόντα

Στον Πίνακα 3.8 παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα λοβών βίγνας πριν και μετά την συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.8.** Περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα ( $\text{mg NO}_3^- 100 \text{ g}^{-1}$  ν.β.) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20°C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι  $\pm$  τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης         |                        |                      |                      |
|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------------------|----------------------|
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                    | 5°C                  | 10°C                 |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 14,0 $\pm$ 3,1 a       | 14,0 $\pm$ 3,1 a     | 14,0 $\pm$ 3,1 a     |
| Διάτρητο LDPE               | 14,0 $\pm$ 3,1 (ab)                 | 15,9 $\pm$ 2,7 a*(a)** | 11,5 $\pm$ 1,8 a(ab) | 10,6 $\pm$ 1,3 ab(b) |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 14,0 $\pm$ 3,1 (a)                  |                        | 12,9 $\pm$ 3,2 a(a)  | 11,9 $\pm$ 2,7 ab(a) |
| Μεμβράνη PVC                | 14,0 $\pm$ 3,1 (a)                  |                        | 10,7 $\pm$ 3,2 a(ab) | 7,5 $\pm$ 3,3 b(b)   |
|                             | 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                        |                      |                      |
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                    | 5°C                  | 10°C                 |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 14,0 $\pm$ 3,1 a       | 14,0 $\pm$ 3,1 a     | 14,0 $\pm$ 3,1 a     |
| Διάτρητο LDPE               | 14,0 $\pm$ 3,1 (b)                  | 18,5 $\pm$ 2,4 b(a)    | 10,5 $\pm$ 0,7 a(c)  | 14,5 $\pm$ 4,0 a(b)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 14,0 $\pm$ 3,1 (a)                  |                        | 10,5 $\pm$ 0,7 a(b)  | 10,9 $\pm$ 0,8 a(ab) |
| Μεμβράνη PVC                | 14,0 $\pm$ 3,1 (a)                  |                        | 10,0 $\pm$ 5,6 a(a)  | 4,0 $\pm$ 2,3 b(b)   |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από τον Πίνακα 3.8 παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα σε ολικά νιτρικά είτε δεν επηρεάζεται, ιδιαίτερα μετά 7 ημέρες ψυχρής συντήρησης είτε μειώνεται σημαντικά, κυρίως μετά τη παραμονή των λοβών «στο ράφι». Σε αντίθεση, η συντήρηση των λοβών στους 2 °C και κυρίως η παραμονή των λοβών αυτών «στο ράφι», αύξησε σημαντικά το περιεχόμενό τους σε νιτρικά ιόντα, σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα. Αξιοσημείωτη είναι επίσης η μείωση του περιεχομένου των λοβών σε νιτρικά ιόντα μετά την αποθήκευσή

τους στους 10 °C σε συσκευασία PVC, και ιδιαίτερα μετά τη παραμονή των λοβών αυτών «στο ράφι».

### 3.9 Περιεχόμενο σε ολικές πρωτεΐνες

Στον Πίνακα 3.9. παρουσιάζεται η περιεκτικότητα σε ολικές πρωτεΐνες λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.9.** Περιεκτικότητα σε ολικές πρωτεΐνες (g 100g<sup>-1</sup> ν.β.) νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι ± τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης         |                      |                    |                    |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                  | 5°C                | 10°C               |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 2065,7±249,9 a       | 2065,7±249,9 a     | 2065,7±249,9 a     |
| Διάτρητο LDPE               | 2065,7±249,9 (a)                    | 1915,9±39,5 a*(ab)** | 1655,4±128,3 b(bc) | 1374,8±179,0 b(c)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 2065,7±249,9 (a)                    |                      | 1632,6±128,3 b(b)  | 1617,6±172,4 b(b)  |
| Μεμβράνη PVC                | 2065,7±249,9 (a)                    |                      | 1375,7±187,7 b(b)  | 1633,4±455,6 b(b)  |
| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                      |                    |                    |
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                  | 5°C                | 10°C               |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 2065,7±249,9 a       | 2065,7±249,9 a     | 2065,7±249,9 a     |
| Διάτρητο LDPE               | 2065,7±249,9 (a)                    | 1672,5±632,5 a(a)    | 1807,9±688,5 a(a)  | 1537,0±577,4 ab(a) |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 2065,7±249,9 (a)                    |                      | 1768,8±624,8 a(a)  | 1405,8±598,9 b(a)  |
| Μεμβράνη PVC                | 2065,7±249,9 (a)                    |                      | 1245,5±176,7 a(b)  | 1364,2±176,5 b(b)  |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, παρατηρείται μείωση του περιεχομένου των λοβών σε ολικές πρωτεΐνες, σε σχέση με τα προ-αποθήκευσης επίπεδα, και με μικρή τάση για περαιτέρω μείωση στους 10° σε σχέση με τους 5 °C, ιδιαίτερα μετά τη παραμονή των λοβών «στο ράφι». Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι σημαντικές διαφορές εμφανίζονται κυρίως μετά την ψυχρή συντήρηση για 7

ημέρες, λόγω των μεγάλων διασπορών των μέσων στη περίπτωση της παραμονής των λοβών «στο ράφι», στις συσκευασίες LDPE και εύκαμπτου βινυλίου.

### 3.10 Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα (DPPH)

Στον Πίνακα 3.10. παρουσιάζεται η ολική αντιοξειδωτική ικανότητα σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH λοβών βίγνας πριν και μετά τη συντήρησή τους για 7 ημέρες σε θερμοκρασίες 2, 5 και 10 °C ή και μετά την παραμονή τους για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C (7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι»), συσκευασμένοι σε τρεις διαφορετικές πλαστικές συσκευασίες.

**Πίνακας 3.10.** Ολική αντιοξειδωτική ικανότητα ( $\mu\text{mole Trolox } 100\text{g}^{-1}$  ν.β.) σύμφωνα με τη μέθοδο DPPH νωπών λοβών βίγνας που συντηρήθηκαν σε 3 τύπους πλαστικής συσκευασίας στους 2, 5 και 10 °C για 7 μέρες, ή παρέμειναν για 2 ακόμα ημέρες στους 20 °C «στο ράφι». [Παρουσιάζονται μέσοι  $\pm$  τυπική απόκλιση (n=4)]

| Τύπος πλαστικής συσκευασίας | 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης         |                            |                          |                          |
|-----------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                        | 5°C                      | 10°C                     |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 0,445 $\pm$ 0,043 a        | 0,445 $\pm$ 0,043 a      | 0,445 $\pm$ 0,043 a      |
| Διάτρητο LDPE               | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               | 0,435 $\pm$ 0,024 a* (a)** | 0,382 $\pm$ 0,050 a (a)  | 0,404 $\pm$ 0,057 a (a)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               |                            | 0,444 $\pm$ 0,041 a (a)  | 0,439 $\pm$ 0,045 a (a)  |
| Μεμβράνη PVC                | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               |                            | 0,381 $\pm$ 0,046 a (ab) | 0,351 $\pm$ 0,038 a (b)  |
|                             | 7 ημέρες χ.θ. + 2 ημέρες «στο ράφι» |                            |                          |                          |
|                             | Προ αποθήκευσης                     | 2°C                        | 5°C                      | 10°C                     |
| Προ αποθήκευσης             |                                     | 0,445 $\pm$ 0,043 a        | 0,445 $\pm$ 0,043 a      | 0,445 $\pm$ 0,043 b      |
| Διάτρητο LDPE               | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               | 0,470 $\pm$ 0,044 a (a)    | 0,479 $\pm$ 0,033 a (a)  | 0,501 $\pm$ 0,025 a (a)  |
| Εύκαμπτο βινύλιο            | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               |                            | 0,488 $\pm$ 0,056 a (a)  | 0,480 $\pm$ 0,064 ab (a) |
| Μεμβράνη PVC                | 0,445 $\pm$ 0,043 (a)               |                            | 0,342 $\pm$ 0,015 b (b)  | 0,356 $\pm$ 0,020 c (b)  |

\* μέσοι σε στήλες χωριστά στις 7 και 7+2 ημέρες που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εκτός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%

\*\* μέσοι σε σειρές που ακολουθούνται από το ίδιο γράμμα εντός παρένθεσης δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά σύμφωνα με το κριτήριο της ΕΣΔ σε επίπεδο σημαντικότητας 5%.

Από τα αποτελέσματα του Πίνακα 3.10 δεν παρατηρείται σημαντική επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης και της συσκευασίας στη συνολική



αντιοξειδωτική ικανότητα των λοβών μετά την αποθήκευσή τους, είτε για 7 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες, είτε και μετά την παραμονή τους «στο ράφι». Παρατηρείται όμως σημαντική μείωση στους λοβούς που συντηρήθηκαν για 7 ημέρες στους 10 °C σε συσκευασία PVC, καθώς και στους λοβούς αυτούς κατά την παραμονή τους «στο ράφι» όπως και στους αντίστοιχους που είχαν συντηρηθεί πριν στους 5 °C.

### **3.11 Συγκέντρωση O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> στις συσκευασίες**

Οι συγκεντρώσεις O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> στις συσκευασίες μετά από 7 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης και 2 ημέρες στους 20 °C επηρεάστηκαν κυρίως από τη διαπερατότητα των πλαστικών φύλλων, ενώ η θερμοκρασία αποθήκευσης δεν είχε ουσιαστικά καμία επίδραση. Στο διάτρητο LDPE, σε όλες τις περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub> δεν τροποποιήθηκαν σημαντικά κατά τη διάρκεια της ψυχρής αποθήκευσης και της παραμονής «στο ράφι», λόγω της υψηλής διαπερατότητας αυτής της μεμβράνης στα αέρια, ενδεχομένως ως αποτέλεσμα της μεγάλης διαμέτρου των διατρήσεων. Αν και η μεμβράνη PVC είχε χαμηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς, αποδείχθηκε αρκετά περατή σε αέρια και εξίσου διαπερατή σε O<sub>2</sub> και CO<sub>2</sub>, καθώς μετά από 7 ημέρες σε ψυχρή αποθήκευση η συγκέντρωση O<sub>2</sub> ήταν 18,1% και μετά την παραμονή «στο ράφι» 17,3%, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία αποθήκευσης, ενώ η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> ήταν 2,9% και 3,7% αντίστοιχα. Η συσκευασία με εύκαμπτο βινύλιο είχε υψηλότερη περατότητα σε υδρατμούς αλλά όμοια περατότητα στο O<sub>2</sub> και το CO<sub>2</sub> με την PVC, με τις αντίστοιχες τιμές να βρίσκονται στο 17,2% και 16,5% για το O<sub>2</sub> και για το CO<sub>2</sub> 2,8% και 3,5%.

#### **4. Συζήτηση και συμπεράσματα**

Αν και οι νωποί λοβοί της βίγνας (αμπελοφάσουλο) παραδοσιακά χρησιμοποιούνται στη μεσογειακή διατροφή, όπως και σε άλλες τροπικές και υποτροπικές περιοχές του πλανήτη, ελάχιστα είναι γνωστά για τη συμπεριφορά τους και τις φυσικοχημικές μεταβολές μετά τη συγκομιδή. Για το λόγο αυτό στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (2 °, 5 ο και 10 °C) και της πλαστικής συσκευασίας (χρησιμοποιώντας πλαστικές μεμβράνες διαφορετικής σύστασης, όπως διάτρητο πολυαιθυλένιο χαμηλής πυκνότητας - perforated LDPE, εύκαμπτο βινύλιο - flexible vinyl και πολυβινυλοχλωρίδιο - PVC) στην οπτική ποιότητα και σε φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των λοβών της βίγνας που συντηρήθηκαν για 7 ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες και παρέμειναν μετά την έξοδό τους από την ψυχρή συντήρηση για 2 ημέρες στους 20 °C, προκειμένου να μελετηθεί η «ζωή στο ράφι».

Κατά τη διάρκεια της διατήρησης στις χαμηλές θερμοκρασίες, όσο χαμηλότερη ήταν η θερμοκρασία συντήρησης, τόσο καλύτερη ήταν η εμφάνιση των λοβών μετά 7 ημέρες. Ωστόσο, μετά τη «ζωή στο ράφι» οι λοβοί έγιναν στις περισσότερες περιπτώσεις μη εμπορεύσιμοι λόγω κρουοτραυματισμού στους 2 °C και 5 °C ή απώλειας βάρους (μέχρι και 25%), συρρίκνωσης και σήψεων στους 10 °C. Μόνο οι λοβοί που συντηρήθηκαν σε διάτρητο LDPE και εύκαμπτο βινύλιο στους 10 °C θεωρούνται εμπορεύσιμοι μετά από 2 ημέρες στους 20 °C. Η απώλεια βάρους ήταν υψηλότερη στο διάτρητο LDPE και εύκαμπτο βινύλιο από, τι στην μεμβράνη PVC, η οποία, λόγω της χαμηλής διαπερατότητάς της σε υδρατμούς, ήταν ακατάλληλη, προκαλώντας κορεσμένη ατμόσφαιρα, συμπύκνωση σταγονιδίων νερού στο εσωτερικό της και πάνω στους λοβούς, με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται σήψεις στους λοβούς ιδιαίτερα κατά τη «ζωή στο ράφι».

Η κάλυψη διαφόρων λαχανικών με πλαστικές μεμβράνες μετασυλλεκτικά, αποτελεί μία αποτελεσματική τεχνική για την επιμήκυνση της μετασυλλεκτικής ζωής και τη διατήρηση της ποιότητας, ιδιαίτερα σε φθαρτά κηπευτικά (Πάσσαμ κ.ά. 2016). Η θετική επίδραση της συσκευασίας στη διατήρηση νωπών λοβών ψυχανθών που καταναλώνονται ως λαχανικά έγκειται

στον περιορισμό της απώλειας νερού που αποτελεί σημαντικό πρόβλημα στα φθαρτά αυτά προϊόντα και στη δημιουργία τροποποιημένων ατμοσφαιρών (modified atmosphere packaging) οι οποίες μειώνουν το ρυθμό μεταβολισμού και αναπνοής, δρώντας επικουρικά στη χαμηλή θερμοκρασία και την υψηλή υγρασία, επιμηκύνοντας τη διατηρησιμότητα του προϊόντος (Buescher and Adams 1983, Watada et al. 1987, Camara et al. 2003). Έτσι, η κάλυψη λοβών νωπού φασολιού με πλαστικές μεμβράνες LDPE περιόρισε σημαντικά την απώλεια του νερού και άμβλυσε την αρνητική επίδραση των υψηλότερων θερμοκρασιών συντήρησης στην γήρανση και την ποιοτική υποβάθμιση των λοβών μετασυλλεκτικά (Trail et al. 1992). Το γεγονός αυτό είναι πολύ σημαντικό με δεδομένη την ευαισθησία των λαχανικών αυτών σε κρουστραυματισμούς σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες συντήρησης.

Στην παρούσα εργασία η θετική επίδραση της συσκευασίας στην συντηρησιμότητα των λοβών της βίγνας προκλήθηκε από τον περιορισμό της απώλειας νερού, γιατί δεν παρατηρήθηκε ανάπτυξη τροποποιημένης ατμόσφαιρας με χαμηλό  $O_2$  ή/και υψηλό  $CO_2$  η οποία να επέδρασε σημαντικά στο μεταβολισμό των λοβών μετασυλλεκτικά. Για τη συσκευασία νωπών προϊόντων είναι απαραίτητη η επιλογή πλαστικών μεμβρανών κατάλληλης περατότητας σε  $H_2O$ ,  $O_2$  και  $CO_2$ , ώστε να μην υπάρχει υπέρμετρη συσσώρευση υγρασίας στο εσωτερικό της συσκευασίας ή αντίθετα υπερβολική απώλεια νερού, καθώς και να δίνεται η δυνατότητα ανάπτυξης τροποποιημένων ατμοσφαιρών. Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας αποδείχθηκε ότι το διάτρητο LDPE και το εύκαμπτο βινύλιο ήταν πιο κατάλληλα για τη συσκευασία νωπών λοβών βίγνας, αν και τα συγκεκριμένα δεν επέτρεψαν την ανάπτυξη ατμοσφαιρών χαμηλού  $O_2$  αλλά αύξησαν το περιεχόμενο του  $CO_2$  εντός των συσκευασιών σε επίπεδα ως και 3,5%, ενώ το PVC ήταν ακατάλληλο, αν και χρησιμοποιείται ως φύλλο για την εσωτερική επένδυση χαρτοκιβωτίων μαζικής αποθήκευσης λοβών νωπού φασολιού.

Σε συμφωνία με προηγούμενες αναφορές (Xie et al. 2014, Fan et al. 2016), οι λοβοί της βίγνας αποδείχθηκαν ιδιαίτερα ευπαθείς σε κρουστραυματισμούς στους 2° και 5 °C και πολύ λιγότερο στους 10 °C κατά τη «ζωή στο ράφι». Όμως, δεν εμφάνισαν κρουστραυματισμούς κατά τη διάρκεια της ψυχρής συντήρησης λόγω της σύντομης διάρκειας παραμονής στις χαμηλές θερμοκρασίες (7 ημέρες),

σε αντίθεση με τους Fan et al. (2016) που παρατήρησαν συμπτώματα κρουστραυματισμών στους 4 °C μετά από 2 ημέρες ψυχρής αποθήκευσης. Με βάση τα αποτελέσματα αυτά και λόγω της τροπικής προέλευσης του είδους, οι λοβοί της βίγνας παρουσιάζονται πιο ευαίσθητοι σε κρουστραυματισμούς σε σχέση με τους λοβούς του νωπού φασολιού (παρουσιάζουν συμπτώματα κρουστραυματισμού μεταξύ 4-7°C - Cantwell and Suslow, 2002), και όμοια ευαίσθητοι με τους λοβούς της μπάμιας (εμφάνιση συμπτωμάτων μεταξύ 7-10°C - Iker and Morris, 1976).

Η συντήρηση σε χαμηλές θερμοκρασίες (2 και 5 °C) δεν επηρέασε συστηματικά την περιεκτικότητα σε χλωροφύλλη, η οποία όμως αυξήθηκε κατά τη «ζωή στο ράφι», εκτός από το φιλμ PVC. Στους 10 °C δεν παρατηρήθηκε απώλεια χρώματος (μείωση χλωροφύλλης) λόγω των υψηλότερων θερμοκρασιών συντήρησης, εκτός από την περίπτωση της μεμβράνης PVC, τόσο κατά την ψυχρή συντήρηση, όσο και κατά τη «ζωή στο ράφι». Η διατήρηση έως και αύξηση του περιεχομένου των λοβών σε χλωροφύλλη κατά τη «ζωή στο ράφι» στους 10 °C οφείλεται πιθανά στην υψηλή απώλεια νερού των λοβών (η οποία αντιστάθμισε την ενδεχόμενη απώλεια της χλωροφύλλης λόγω των υψηλών θερμοκρασιών συντήρησης). Όμοια με την παρατήρηση των Xie et al. (2014) στη βίγνα και των Rekoumi et al. (2012) στη μπάμια,, στη θερμοκρασία των 10 °C υπάρχει κίνδυνος ανάπτυξης στιγμάτων και σήψεων λόγω υψηλής υγρασίας στο εσωτερικό των συσκευασιών, κάτι που παρατηρήθηκε στην παρούσα εργασία στη συσκευασία με PVC.

Η ψυχρή αποθήκευση δεν επηρέασε σημαντικά την περιεκτικότητα των λοβών σε ολικά διαλυτά στερεά συστατικά, εκτός από τη μείωση στη μεμβράνη PVC μετά τη «ζωή στο ράφι». Η συνεκτικότητα των λοβών στις περισσότερες περιπτώσεις αυξήθηκε, ιδιαίτερα στους 10 °C και μετά τη παραμονή των λοβών για 2 ημέρες στους 20 °C, συμφωνώντας με αντίστοιχες αναφορές σε λοβούς νωπών φασολιών στους οποίους η συνεκτικότητα αυξήθηκε κατά την μετασυλλεκτική περίοδο ανάλογα με τη θερμοκρασία αποθήκευσης και την απώλεια βάρους των λοβών μετασυλλεκτικά (Sistrunk et al. 1989).

Το περιεχόμενο των λοβών σε άμυλο παρουσίασε μείωση σε όλες τις επεμβάσεις αποθήκευσης σε σχέση με τις προ-αποθήκευσης τιμές, χωρίς όμως να υπάρχει σημαντική επίδραση της θερμοκρασίας αποθήκευσης (εκτός ίσως

από διατήρηση των προ-αποθήκευσης επιπέδων στους 2 °C). Μόνο στους 10 °C σε συσκευασία PVC, παρατηρείται επιπλέον μείωση. Αντίθετα, στους λοβούς νωπού φασιολιού παρατηρήθηκε ελάχιστη αλλαγή στο περιεχόμενο των λοβών σε άμυλο κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, με συνέπεια η συγκέντρωση της σακχαρόζης να μην αυξάνεται και το περιεχόμενο σε γλυκόζη και φρουκτόζη να εμφανίζει μικρή αύξηση (Osorio-Diaz et al. 2005). Θα πρέπει όμως να σημειωθεί ότι η συγκομιδή των λοβών της βίγνας πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι υπό ιδιαίτερα υψηλές θερμοκρασίες αγρού, με συνέπεια η αναπνοή των λοβών να είναι ιδιαίτερα υψηλή αμέσως μετά τη συγκομιδή τους (δεδομένα δεν παρουσιάζονται), με συνέπεια να υπάρχει αναμενόμενα κατανάλωση υδατανθράκων και πιθανά διάσπαση αμύλου για την παραγωγή αναπνευστικών υποστρωμάτων.

Το περιεχόμενο των καρπών σε ολικές φαινολικές ουσίες δεν φάνηκε να επηρεάζεται συστηματικά από τη θερμοκρασία συντήρησης και το είδος της πλαστικής συσκευασίας, κατά την παραμονή στους ψυκτικούς θαλάμους για 7 ημέρες. Αντίθετα, η αύξηση που παρατηρήθηκε κατά την παραμονή «στο ράφι», πιθανά να οφείλεται στην απώλεια βάρους των λοβών και όχι σε *de novo* σύνθεση φαινολικών ουσιών. Την υπόθεση αυτή υποστηρίζει επιπλέον η μη αύξηση στις συσκευασίες PVC όπου η απώλεια βάρους ήταν πολύ χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες δύο συσκευασίες. Αντίστοιχες ήταν οι μεταβολές στη συνολική αντιοξειδωτική ικανότητα των λοβών κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο, λόγω του ότι οι φαινολικές ουσίες αποτελούν ένα σημαντικό κλάσμα των ολικών αντιοξειδωτικών ουσιών που απαντούν στους λοβούς της βίγνας και το περιεχόμενό τους συσχετίζεται στενά με την ολική αντιοξειδωτική ικανότητα των λοβών (Karapanos et al. 2017).

Ως προς τις μετασυλλεκτικές μεταβολές του περιεχομένου των λοβών σε νιτρικά, αξιοσημείωτη ήταν η σημαντική αύξηση που παρατηρήθηκε στους 2 °C τόσο μετά από 7 ημέρες συντήρησης, όσο και μετέπειτα κατά τη παραμονή «στο ράφι». Λόγω της ανεπάρκειας βιβλιογραφικών δεδομένων ως προς το μεταβολισμό των νιτρικών ιόντων κατά τη μετασυλλεκτική περίοδο σε νωπούς λοβούς, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δεν μπορούν να ερμηνευτούν, πέρα από τη συνήθη μείωση των νιτρικών ιόντων που παρατηρείται σε πράσινους ιστούς μετασυλλεκτικά, λόγω της μετατροπής τους σε νιτρώδη ιόντα.

Η περιεκτικότητα των λοβών σε πρωτεΐνες παρουσίασε μείωση κατά την παραμονή σε χαμηλές θερμοκρασίες για 7 ημέρες, ενώ κατά τη παραμονή «στο ράφι» διατηρήθηκε στα προ-αποθήκευσης επίπεδα στις μεμβράνες LDPE και FV, πιθανά λόγω της αυξημένης απώλειας βάρους που αντιστάθμισε την μείωση που παρατηρήθηκε κατά τη συντήρηση των λοβών.

Συμπερασματικά, οι νωποί λοβοί της βίγνας (αμπελοφάσουλο), είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι και λόγω τροπικής προέλευσης ευπαθείς σε κρουοτραυματισμούς. Σε χαμηλές θερμοκρασίες (2 ° και 5 °C) διατηρήθηκαν αποτελεσματικά μετά από 7 ημέρες ψυχρής συντήρησης, αλλά εμφάνισαν σοβαρά συμπτώματα κρουοτραυματισμών όταν μεταφέρθηκαν στους 20 °C για 2 ημέρες, για να μελετηθεί η «ζωή στο ράφι». Από την άλλη πλευρά, οι λοβοί αποθηκεύτηκαν ικανοποιητικά σε πλαστικές συσκευασίες στους 10 °C, αλλά μετά την παραμονή τους «στο ράφι», επήλθε σημαντική υποβάθμιση της οπτικής ποιότητας ακόμα και σήψεις, ανάλογα όμως με τον τύπο πλαστικού που χρησιμοποιήθηκε για τη συσκευασία. Τα πλαστικά με χαμηλή διαπερατότητα σε υδρατμούς δεν είναι κατάλληλα για αποθήκευση νωπών λοβών βίγνας, καθώς προκαλούν στιγμάτωση και σήψεις λόγω συμπύκνωσης υδρατμών πάνω στους λοβούς, ειδικά κατά την παραμονή «στο ράφι». Ως εκ τούτου, οι λοβοί της βίγνας μπορούν να αποθηκευτούν επιτυχώς για 7 ή περισσότερες ημέρες σε χαμηλές θερμοκρασίες (5-10 °C), υπό την προϋπόθεση ότι θα συσκευαστούν σε πλαστικά φύλλα κατάλληλης διαπερατότητας, ιδιαίτερα στους υδρατμούς, και δεν θα εκτίθενται σε θερμοκρασίες δωματίου στη συνέχεια.

### Ξένη βιβλιογραφία:

- Boyette M.D., Schultheis J.R., Estes E.A., Hurst W.C. and Sumner P.E., 1994.** Postharvest cooling and handling of green bean and field peas. <http://www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-413-8/>
- Brand-Williams W., Cuvelier M. E., Berset C. (1995).** Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 28:25-30.
- Buescher R.W. and Adams K., 1983.** Basis for enhanced softening of snap beans (*Phaseolus vulgaris* L.) from postharvest exposure to carbon dioxide. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108: 58 - 60.
- Camara M., Sanchez - Mata M.C., Diez-Marques C., 2003.** Extending shelf-life and nutritive value of green beans (*Phaseolus vulgaris* L.), by controlled atmosphere storage: macronutrients. *Food Chem.*, 80: 309 - 315.
- Cano M.P., Monreal M., de Ancos B. and Alique R. 1997.** Controlled atmosphere effects on chlorophylls and carotenoids changes in green beans (*Phaseolus vulgaris* L., cv. Perona). In: (Saltveit M.E. ed.): *Proc. Contr. Atm. Res. Conf.*, Vol 4, Davies, University of California, pp. 46-52.
- Cantwell M. and Suslow T., 2002.** Snap beans and recommendations for maintaining postharvest quality. <http://risc.ucdavis.edu/postharvest2/Produce/ProduceFacts/Veg/snapbean.shtml>.
- EL-Saht H.M., 1998.** Responses to chilling stress in french bean seedlings: antioxidant compounds. *Biol. Plant.*, 41: 395 - 402.
- Fan, L., Wang, Q., LV, J., Gao, L., Zuo, J. and Shi, J. (2016).** Amelioration of postharvest chilling injury in cowpea (*Vigna sinensis*) by methyl jasmonate (MeJA) treatments. *Sci. Hortic.*, 203, 95-101. DOI: 10.1016/J.SCIENTA.2016.03.010
- Forney C.F., 2003.** Postharvest response of horticultural products to ozone, In: (Ed. Hodges D.M.). *Postharvest Oxidative Stress in Horticultural Crops*. Haworth Press, Oxford. UK, pp. 13 - 54.
- Goldman I.L., 2003.** Recognition of fruit and vegetables as healthful : vitamins and phytonutrients. *Hort Technol.*, 13: 252 - 258.

- Gómez, C. (2004).** **Cowpea:** Post-harvest operations. INPhO – Post-harvest Compendium. (Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations), pp. 70.
- Giannakourou M.C. and Taoukis P.S., 2003.** Kinetic modeling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chem.*, 83: 33 - 41.
- Groeschel E.C., Nelson A.I., Steinberg, M.P., 1966.** Changes in color and sugar of runner beans stored in modified atmosphere. *J. Food Sci.*, 31:488 - 496.
- Hansen H., 1987.** Carbohydrates. In: (Weichmann J. Ed.): *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker, N.Y., USA, pp. 169 - 173.
- Howard L.A., Wong A.D., Perry A.K., Klein B.P., 1999.** B-carotene and ascorbic acid retention in fresh and processed vegetables. *J. Food Sci.* 64: 929 - 936.
- Izumi H., Tatsumi Y., Murata T., 1984.** Effect of storage temperature on changes of ascorbic acid content of cucumber, winter squash, sweet potato and bean. *Food Chem.*, 35: 209 - 216.
- Ilker, Y. and Morris, L.L. (1975)** Alleviation of chilling injury of okra. *HortScience*, 10, p.324.
- Jimenez M., Trejo E. and Cantwell M., 1997.** Postharvest quality changes of green beans. <http://cetulare.ucdavis.edu/pubveg/bean97.htm>.
- Kader, A.A., Zagori, D. and Kerbel E.L., 1989.** Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 28: 1-30.
- Kakade M.L. and Evans R.J., 1966.** Changes in acidity of green beans stored. *J. Food Sci.* 31:781.
- Karapanos, I., Papandreou, A., Skouloudi, M., Makrogianni, D., Fernández, J.A., Rosa, E., Ntatsi, G., Bebeli, P.J. and Savvas, D. 2017.** Cowpea fresh pods – a new legume for the market: assessment of their quality and dietary characteristics of 37 cowpea accessions grown in southern Europe. *J. Sci. Food Agric.*, 97, 4343–4352. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.8418>
- Landa-Habana L., Pina - Hernandez A., Agama-Acevedo E., Tovar J. and Bello-Perez L.A., 2004.** Effect of cooking procedure and storage on sucrose bioavailability in snap beans (*Phaseolus vulgaris* L). *Plant Food Human Nutr.*, 59: 133 - 136.



- Lee C.Y., Massey L.M., Van Buren J.P., 1982.** Effect of postharvest handling and processing on vitamin contents of peas. *J. Food Sci.* 47, 961 - 964.
- Lee S.K. and Kader A.A., 2000.** Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharv. Biol. Technol.*, 20: 207-220.
- Lopez-Hernandez J., Gonzalez-Castro M.J., Vazquez-Blanco M.E., Vazquez-Oderiz M.L. and Simal-Lozano J., 1994.** HPLC determination of sugars and starch in green beans. *J. Food Sci.*, 59: 1048 - 1049.
- Lyons J.M. and Breidenbach R.W., 1987.** Chilling injury. In: (Ed. Weichmann J.): *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker, N.Y., USA, pp. 305 - 320.
- Masia A., 2003.** Physiological effect of oxidative stress in relation to ethylene in postharvest produce, In: (Hodges D.M., Ed.). *Postharvest Oxidative Stress in Horticultural Crops*. Haworth Press, Oxford. UK, pp. 165 - 198.
- Maynard D.N. and Hochmuth G.J., 1997.** *Knott's Handbook for Vegetable Growers*. John Wiley and Sons, NY, USA, 451p.
- Mohammed, M and Brecht, J.K. 2003.** Postharvest physiology of immature fruit vegetables, in: (eds. Bartz, J and Brecht, J. K.) *Postharvest Physiology and Pathology of Vegetables*, Marcel Dekker Press, Inc. New York, Chapter 28, 671-690
- Mundt J.O. and McCarty I.E., 1960.** Factors affecting the blanching of green beans. *Food Technol.*, 28: 309 - 311.
- Nielsen ,S.S., Brandt, W.E., Singh, B.B. (1993).** Genetic variability for nutritional composition and cooking time of improved cowpea lines. *Crop Sci.*, 33, pp. 469–472
- Osorio-Diaz P., Tovar J., Paredes-Lozep O., Acosta-Gallegos J.A. and L.A Bello-Perez, 2005.** Chemical composition and *in vitro* starch bioavailability of *Phaseolus vulgaris* (L) cv. Mayocoba. *J. Sci. Food Agric.*, 85: 499 - 504.
- Queiroz-Monici K.S., de Almeida Costa G.E. , Machado-Reis S.M.P., de Oliveira A.C., 2004.** Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked pea, lima bean, chickpea and lentil legumes. *Food Chem.*, 94: 327 - 330.

- Rehman Z., Salariya A.M., Zafar S.I., 2000.** Effect of processing on available carbohydrate content and starch digestibility of kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem.*, 73: 351 - 355.
- Rekoui K., Karapanos I.C., Akoumianakis K.A., Passam H.C. 2012.** Effect of vinyl wrapping on the quality and chilling susceptibility of small grade okra (*Abelmoschus esculentus* [L.] Moench.) pods during low temperature storage. *Int. J. Postharvest Technology and Innovation*, 2 (4), 387-399.
- Salunkhe D.K. and Kadam, S.S. 1998.** *Handbook of Vegetable Science and Technology: Production, Composition, Storage, and Processing.* Marcel Dekker, New York, 721p.
- Silva F.M., Chau K.V., Brecht J.K. and Sargent S.A., 1999.** Modified atmosphere packaging for mixed load of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. *Postharv. Biol. Technol.*, 17: 1 - 9.
- Singh M., Bisht I.S., Sardana S., Gautam N.K., Husain Z.& Gupta S. 2006.** Asiatic Vigna. In: *Plant Genetic Resources: Foodgrain Crops.* pp. 275-301. Dhillon B.S., Saxena S., Agrawal A., and Tyagi R.K., Eds New Delhi, Narosa Publishing House Pvt Ltd.
- Sistrunk W.A., Gonzalez A.R. and Moore K.J., 1989.** Green beans. In quality and preservation of vegetable. *J. Food Sci.*, 54: 29 - 36.
- Tarawali, S.A., Singh, B.B., Gupta, S.C., Tabo, R., Harris, F., Nokoe, S., Fernández-Rivera, S., Bationo, A., Manyong, V.M., Makinde, K., Odion, E.C., 2002.** Cowpea as a key factor for a new approach to integrated crop–livestock systems research in the dry savannas of West Africa. In: Fatokun, C.A., Tarawali, S., Singh, B.B., Kormawa, P.M., Tamo, M. (Eds.), *Proceedings of the World Cowpea Conference III on Challenges and Opportunities for Enhancing Sustainable Cowpea Production.* International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, pp. 237–255.
- Wills R., McGlasson B., Graham D. and Joyce D., 1998.** *Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals.* Hyde Park Press, South Australia, 246p.
- Watada A.E. and Morris L.L., 1966b.** Post-harvest behavior of snap bean cultivars. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89: 375 - 380.

**Trail M.A., Wahem I.A. and Bizri J.N., 1992.** Mung bean quality changed minimally when stored in low density polyolefin film package. *J. Food Sci.*, 57: 935 - 959.

**Watada A.E. and Morris L.L., 1966a.** Effect of chilling and non-chilling temperatures on snap bean fruit. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 89: 369 - 374.

**Wills R., McGlasson B., Graham D. and Joyce D., 1998.** Postharvest an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornamentals. Hyde Park Press, South Australia, 246p.

**Xie, G.F., Tan, S.M. and Yu, L. 2014.** Effect of calcium chloride treatment on quality of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). *Europ. J. Hort. Sci.*, 79: 16–21.

#### **Ελληνική Βιβλιογραφία:**

**Χ.Κ. Πάσσαμ, Ε. Τσαντίλη, Μ. Χριστόπουλος, Μ. Καυκαλέτου, Α. Αλεξόπουλος και Ι. Καραπάνος (2016).** Μετασυλλεκτική Μεταχείριση Καρπών και Λαχανικών. Εκδόσεις Συνδέσμου Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών, ISBN 978-960-603-261-5, 297 σελ.