

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Μελέτη της επίδρασης του λίπους στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της
σοκολάτας



Μπάρη Αναστασία

Βόλος 2016

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ
ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
Αειφόρος Αγροτική Παραγωγή και Διαχείριση Περιβάλλοντος**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ
ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Μελέτη της επίδρασης του λίπους στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της
σοκολάτας

Μπάρη Αναστασία

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΓΙΑΝΝΟΥΛΗ ΠΕΡΣΕΦΟΝΗ (ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ)

Επίκουρος Καθηγήτρια, Διευθύντρια Εργαστηρίου Τεχνολογίας και Ελέγχου
Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων

ΓΟΥΝΑΡΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Καθηγητής, Διευθυντής Εργαστηρίου Μοριακής Βιολογίας Φυτών

ΝΑΚΑΣ ΧΡΗΣΤΟΣ

Αναπληρωτής Καθηγητής Βιομετρίας



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ & ΚΕΝΤΡΟ ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 16380/1
Ημερ. Εισ.: 14/06/2017
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: Δ
641.303
ΜΠΑ

Copyright © ΜΠΑΡΗ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ, 2016.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας διατριβής, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης.

Η έγκριση της Μεταπτυχιακής Διατριβής Ειδίκευσης από το Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δε δηλώνει αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.

Περίληψη

Στη διατριβή αυτή μελετήθηκε ο ρόλος της μερικής αντικατάστασης του βούτυρου κακάο στην παρασκευή προϊόντων σοκολάτας. Στο πρώτο μέρος της διατριβής μελετήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σοκολατών του εμπορίου που διέφεραν ως προς το ποσοστό λιπαρών και κακάο που περιείχαν. Στόχος ήταν να μελετήσουμε κάποια από τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά όπως η δομή και το χρώμα, αλλά και ο ρόλος των λιπαρών υλών σε αυτά.

Στο δεύτερο μέρος της διατριβής μελετήθηκε ο τρόπος παρασκευής σοκολάτας στο εργαστήριο. Εκεί μελετήθηκαν τα προβλήματα της παρασκευής σοκολάτας κουβερτούρας. Η παρασκευή σοκολάτας συνεχίστηκε με αντικατάσταση του βούτυρο κακάο με ελαιόλαδο. Τέλος, πραγματοποιήθηκε συγκριτική μελέτη μεταξύ των σοκολατών του εμπορίου και των σοκολατών που παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο ως προς τα βασικά ποιοτικά τους χαρακτηριστικά.

Summary

In this diploma thesis, the role of olive oil has been studied in the preparation of chocolate products. In the first part of the thesis the quality characteristics of the chocolate trafficking that consists common cocoa butter have been studied too. Our aim was to observe characteristics like the texture, the structure, the colour and the role of the fat in these.

In the second part of the thesis there has been studied the way of the chocolate preparation in the laboratory. The problems of the dark chocolate preparation have been studied too. The chocolate preparation continued with the substitution of cocoa butter mostly to olive oil. Finally, it has been carried out a comparative study between the chocolate trafficking and the chocolate that has been prepared in the laboratory as to the basic quality characteristics.

Πνευματικά Δικαιώματα

«Εγώ, η Μπάρη Αναστασία είμαι η συγγραφέας αυτής της Μ.Δ.Ε. Αυτή η Μ.Δ.Ε. αντικατοπτρίζει την έρευνα που έγινε από εμένα κάτω από την επίβλεψη της κα Γιαννούλη Περσεφόνη Επικ. Καθηγήτρια και δεν έχει υποβληθεί (εξ ολοκλήρου ή μέρος της) σαν προπτυχιακή διατριβή ή Μ.Δ.Ε. ή ως μέρος Διδακτορικής Διατριβής σε αυτό ή άλλο Προπτυχιακό ή Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών Ιδρυμάτων Τριτοβάθμιας Εκπαίδευσης του εσωτερικού ή εξωτερικού. Η διεξαγωγή των πειραμάτων, οι γραφικές παραστάσεις και η σύνταξη της πτυχιακής έγινε από εμένα την κα Μπαρή Αναστασία. Ο σχεδιασμός των πειραμάτων, οι γραφικές παραστάσεις, η ανάλυση των αποτελεσμάτων και οι τελικές διορθώσεις έγιναν από την επιβλέπουσα κα Γιαννούλη Περσεφόνη Επικ. Καθηγήτρια. Επίσης έχω διαβάσει όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές που παρατίθενται στο τέλος.»

Ακολουθεί η υπογραφή του συγγραφέα



«Ως επιβλέπων της έρευνας που περιγράφεται σε αυτή τη διατριβή, δηλώνω ότι όλοι οι όροι του Εσωτερικού Κανονισμού του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος έχουν τηρηθεί από την κα Μάρη Αναστασία.»

Ακολουθεί η υπογραφή του επιβλέποντος καθηγητή

Ευχαριστίες

Σαν ελάχιστο δείγμα εκτίμησης και ευγνωμοσύνης απευθύνω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στην επιβλέπουσα της πτυχιακής μου διατριβής κα. Γιαννούλη Περσεφόνη, Επίκουρο Καθηγήτρια, Διευθύντρια Εργαστηρίου Τεχνολογίας και Ελέγχου Ποιότητας και Ασφάλειας Τροφίμων του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την έμπρακτη υποστήριξη και βοήθεια της, το αμέριστο ενδιαφέρον της και τη συμβολή της στο σχεδιασμό και τη διεξαγωγή των πειραμάτων καθώς και στην τελική διαμόρφωση και διόρθωση του κειμένου της εργασίας, της οποίας υπήρξε εμπνευστής.

Επίσης, θα ήθελα να απευθύνω τις θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Γούναρη Ιωάννη, Καθηγητή Μοριακής Βιολογίας Φυτών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για την πολύτιμη βοήθεια κατά τη διόρθωση της διατριβής. Ακόμη, θα ήθελα να εκφράσω τις πιο θερμές μου ευχαριστίες στον κ. Νάκα Χρήστο, Αναπληρωτή Καθηγητή Βιομετρίας της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας για τα εποικοδομητικά του σχόλια στη διόρθωση της διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου τους γονείς μου, για την οικονομική και κυρίως ηθική υποστήριξη τους και την αμέριστη συμπαράστασή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Περιεχόμενα	Σελ.
1. Εισαγωγή	1
1.1 Ιστορική Αναδρομή της Σοκολάτας	2
1.2 Εμπορικοί Τύποι Σοκολάτας	4
2. Συστατικά της Σοκολάτας	7
2.1 Κόκκοι κακάο	8
2.1.1 Προέλευση	8
2.1.2 Χρήσεις	9
2.1.3 Ποικιλίες	9
2.1.4 Συγκομιδή και Επεξεργασία	11
2.1.5 Βασικά Συστατικά του Κακάο	13
3. Φυσικοχημικές Ιδιότητες της Σοκολάτας	19
3.1 Κρυστάλλωση του Λίπους	21
3.2 Πολυμορφισμός των Κρυστάλλων	21
3.3 Δίκτυα Κρυστάλλων Λίπους και Μικροδομή	23
3.4 Άνθηση του Λίπους	23
3.5 Κατανομή Μεγέθους Σωματιδίων στη Σοκολάτα	24
3.6 Επίδραση της περιεκτικότητας σε λίπος	24
3.7 Στρώσιμο της Σοκολάτας	25
3.8 Ο ρόλος του Βούτυρο Κακάο	26
4. Καινοτόμα Συστατικά της Σοκολάτας	28
4.1 Καινοτόμες Σοκολάτες	29
4.2 Στέβια	29
4.3 Χαρούπι	30
4.4 Ελαιόλαδο	31
4.4.1 Χημική Σύσταση του Ελαιόλαδου	31
4.4.2 Αντιοξειδωτικές Ουσίες στο Ελαιόλαδο	32
4.5 Σκοπός	34
5. Υλικά και Μέθοδοι	35
5.1 Μέρος Α΄	36

5.1.1 Μέθοδοι	37
5.1.1.1 Μέτρηση Δομής	37
5.1.1.2 Μέτρηση Χρώματος	37
5.2 Μέρος Β΄	38
5.2.1. Παρασκευή Μοντέλων Εργαστηριακής Σοκολάτας	38
5.2.2 Υλικά	39
5.2.3 Μεθοδολογία	39
6. Αποτελέσματα και Συζήτηση	40
6.1 Μέρος Α΄ – Σοκολάτες Εμπορίου	41
6.1.1. Μετρήσεις Δομής	41
6.1.2 Μετρήσεις Χρώματος	46
6.2 Μέρος Β΄ - Σοκολάτες Εργαστηρίου	52
6.2.1 Μετρήσεις δομής	52
6.2.2 Μετρήσεις χρώματος	58
7. Συμπεράσματα	65
7.1 Συμπεράσματα	66
8. Βιβλιογραφία	68

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ιστορική Αναδρομή Σοκολάτας

Η καλλιέργεια, η χρήση και η επεξεργασία του κακάο ήταν από νωρίς εκτεταμένη στην Κεντρική Αμερική, στην οποία το δέντρο του κακάο αποτελεί ιθαγενές είδος. Όταν γονιμοποιείται, ο σπόρος του κακαόδεντρου σχηματίζει τελικά ένα είδος μανδύα, ή λοβού, με 20" μήκος, οι οποίοι κρέμονται από τα κλαδιά. Εντός του λοβού βρίσκονται 30 έως 40 αμυγδαλωτοί κόκκοι καφέ-κόκκινου χρώματος ενσωματωμένοι σε ένα γλυκό παχύρρευστο πολτό. Ενώ οι ίδιοι οι κόκκοι είναι πικροί, λόγω των αλκαλοειδών που περιέχουν, αυτός ο γλυκός πολτός μπορεί να ήταν το πρώτο στοιχείο που καταναλώθηκε από τον άνθρωπο. Τα στοιχεία δείχνουν ότι μπορεί να είχε πραγματοποιηθεί ζύμωση ώστε να παραχθεί αλκοολούχο ποτό στις αρχές του 1400 π.Χ.

Αν και οι ερευνητές δεν συμφωνούν στο ποιος μεσοαμερικανικός λαός εξημέρωσε πρώτος το κακαόδέντρο, η χρήση ζυμωμένων κόκκων σε ποτά φαίνεται να έχουν προέρθει στη Βόρεια Αμερική (Μεξικό). Οι επιστήμονες είναι σε θέση να επιβεβαιώσουν την παρουσία της σε αγγεία σε όλο τον κόσμο με την αξιολογώντας το «χημικό αποτύπωμα" που είναι ανιχνεύσιμο στα μικροδείγματα των περιεχόμενων που παρέμειναν (Watson, 2013). Έχει βρεθεί κεραμικό δοχείο με υπολείμματα από παρασκευή ποτών σοκολάτας σε αρχαιολογικό χώρο που χρονολογείται από την Πρώιμη Διαμορφωτική περίοδο (1900-900 π.Χ.). Για παράδειγμα, ένα τέτοιο αγγείο βρέθηκε σε αρχαιολογικό χώρο Ολμέκων στην ακτή του κόλπου της Βερακρούζ στο Μεξικό, αποδεικνύει την παρασκευή σοκολάτας από προ-Ολμεκικούς λαούς ήδη από το 1750 π.Χ. Από την ακτή της Τσιάπας στον Ειρηνικό, το Μεξικό, και τον αρχαιολογικό χώρο της Mokayana υπάρχουν ενδείξεις ότι υπήρχαν ποτά με βάση το κακάο ακόμη νωρίτερα, το 1900 π.Χ.

Η αρχαιότερη ένδειξη της εξημέρωσης του φυτού κακάο χρονολογείται στη διάρκεια του πολιτισμού των Ολμέκων από την Προκλασική περίοδο. Οι Ολμέκοι το χρησιμοποιούσαν για τις θρησκευτικές τους τελετές ή ως φαρμακευτικό ποτό, χωρίς συνταγές για προσωπική χρήση. Λίγα στοιχεία παραμένουν άγνωστα για το πώς παρασκευαζόταν το ποτό. (Coe, 1996).

Οι Μάγια, αντίθετα, άφησαν κάποια γραπτά τα οποία σώζονται σχετικά με το κακάο τα οποία επιβεβαιώνουν την ταυτοποίηση του ποτού με τους θεούς. Η κατανάλωση του ποτού σοκολάτας απεικονίζεται επίσης σε προ-ισπανικά αγγεία . Οι Μάγια παρασκεύαζαν σοκολάτα με ανάμειξη της ψημένης πάστας σπόρων κακάο με νερό, καυτερές πιπεριές και καλαμποκάλευρο, και επαναλάμβαναν τη μεταφορά του μίγματος μεταξύ δοχείων μέχρι η κορυφή τους να καλυφτεί με ένα παχύ στρώμα αφρού. (Kerr, 2011).

Από το 1400, η αυτοκρατορία των Αζτέκων κατέλαβε ένα αρκετά μεγάλο μέρος της Μεσοαμερικής. Δεν ήταν σε θέση να παράξουν οι ίδιοι κακάο και αναγκάστηκαν να το εισάγουν (Kerr, 2011). Όλες οι περιοχές που κατακτήθηκαν από τους Αζτέκους, και καλλιεργούσαν κακάο διατάχθηκαν να τους το καταβάλει ως φόρο, ή όπως οι Αζτέκοι αποκαλούσαν, ένα "φόρο τιμής". Οι κόκκοι κακάο έγιναν μια μορφή νομίσματος. Οι Ισπανοί κατακτητές άφησαν αρχεία που περιγράφουν τη αξία των κόκκων κακάου, επισημαίνοντας για παράδειγμα ότι 100 κόκκοι θα μπορούσαν να αγοράσει ένα κανό γεμάτο με φρέσκο νερό ή μια γαλοπούλα. Οι Αζτέκοι σέτιζαν το κακάο με το θεό Κετζαλκόατλ, ο οποίος πίστευαν ότι είχε καταδικαστεί από τους άλλους θεούς να μοιράζεστε τη σοκολάτα με τον άνθρωπο (Kerr, 2011). Σε αντίθεση με τους Μάγια του Γιουκατάν, οι Αζτέκοι έπιναν κρύα σοκολάτα. Καταναλώθηκε για διάφορους σκοπούς, ως αφροδισιακό ή ως επιδόρπιο για τους άνδρες μετά τα συμπόσια, και επίσης περιλαμβανόταν στα σιτηρέσια των Αζτέκων στρατιωτών (Powis, 2007).

Οι Πουέμπλο, οι οποίοι ζούσαν σε μια περιοχή που είναι σήμερα οι Νοτιοδυτικές ΗΠΑ, εισήγαγαν κακάο από μεσοαμερικανικές καλλιέργειες του νότιου Μεξικό ή της Κεντρικής Αμερικής μεταξύ 900 έως 1400 μ.Χ. Το χρησιμοποιούσαν για την παραγωγή ενός κοινού ροφήματος που καταναλωνόταν από όλους στην κοινωνία τους (Watson, 2013).

Πρώιμη Ιστορία

Μέχρι τον 16ο αιώνα, το ποτό από τους λαούς της Κεντρικής και της Νότιας Αμερικής ήταν άγνωστο στους Ευρωπαίους (Kerr, 2011).

Ο Χριστόφορος Κολόμβος γνώρισε τους κόκκους κακάο στην τέταρτη αποστολή του στην Αμερική στις 15 Αυγούστου του 1502, όταν ο ίδιος και το πλήρωμά του κατέλαβαν ένα μεγάλο κανό ιθαγενών που αποδείχθηκε ότι περιείχε μεταξύ άλλων προϊόντων κόκκους κακάο. Αλλά ενώ ο Κολόμβος πήρε τους κόκκους κακάου μαζί του πίσω στην Ισπανία, δεν είχε κανένα αντίκτυπο μέχρι κάποιοι Ισπανοί μοναχοί να συστήσουν τη σοκολάτα στο ισπανικό λαό (Kerr, 2011).

Ο Ισπανός κατακτητής Γερνάν Κόρτες φαίνεται να ήταν ο πρώτος Ευρωπαίος που ήρθε σε επαφή με τη σοκολάτα, όταν την παρατήρησε στην αυλή του Μοντεζούμα το 1519 (Burleigh, 2002).

Μετά την ισπανική κατάκτηση των Αζτέκων, η σοκολάτα εισήχθη στην Ευρώπη. Εκεί, έγινε γρήγορα αγαπητή. Ακόμα καταναλωνόταν ως ποτό, αλλά οι Ισπανοί πρόσθεσαν ζάχαρη ή μέλι για να αντισταθμίσουν τη φυσική πίκρα. Μέσα σε περίπου εκατό χρόνια, η σοκολάτα είχε εδραιώσει την παρουσία της σε όλη την Ευρώπη (Kerr, 2011).

Ο τρόπος με τον οποίο η λέξη "σοκολάτα" ήρθε στα ισπανικά δεν είναι βέβαιο. Η Βασιλική Ισπανική Ακαδημία υποστηρίζει ότι προέρχεται από την Nahuatl λέξη "xocolatl" που αποτελείται από τις λέξεις «xococ», που σημαίνει ξινό ή πικρό και «atl» σημαίνει νερό ή ποτό (Burleigh, 2002).

1.2 Εμπορικοί Τύποι Σοκολάτας

Εκατοντάδες σοκολάτες διατίθενται σήμερα στο εμπόριο με διαφορετικά γευστικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά. Ωστόσο οι κύριες κατηγορίες σοκολάτας είναι τρεις, η σοκολάτα γάλακτος, η σοκολάτα υγείας ή μαύρη και η λεύκη σοκολάτα. Η διάκριση αυτή γίνεται με βάση την περιεκτικότητά τους σε σκόνη κακάο, βούτυρο κακάο και γάλα αν περιέχεται. Ανάμεσα στα είδη σοκολάτας, παρουσιάζονται διαφορές στη θρεπτική τους αξία, η οποία εξαρτάται από τα συστατικά και το ποσό που περιέχει κάθε είδος.

Παρακάτω παρατίθενται τα είδη σοκολάτας και τα χαρακτηριστικά τους:

Κουβερτούρα: Η διαφορά ανάμεσα στην κουβερτούρα και την κοινή σοκολάτα, έγκειται στην περιεκτικότητα σε βούτυρο κακάο, η οποία είναι πολύ υψηλή. Αυτό την κάνει πιο ρευστή και κατάλληλη για τη ζαχαροπλαστική. Η άριστη σοκολάτα κουβερτούρα αποτελείται από 60% κακάο, 40% ζάχαρη και 38% βούτυρο κακάο. Για την κουβερτούρα γάλακτος, η μέση περιεκτικότητα είναι κακάο 36%, 42% ζάχαρη και 38% βούτυρο κακάο (Μπαλαφούτη, 2012).

Μαύρη ή σοκολάτα υγείας: Περιέχει υψηλό ποσοστό κακάο που ξεκινά από 50 – 60% και μπορεί να φτάσει ακόμα και 99%. Όσο πιο υψηλή είναι η περιεκτικότητα σε κακάο τόσο πιο καλή είναι η ποιότητα της σοκολάτας. Έχει έντονη και ξηρή γεύση, χρησιμοποιείται πολύ στη ζαχαροπλαστική και τη λατρεύουν οι γευσιγνώστες. Τα κύρια συστατικά της είναι το κακάο (υγρό), το βούτυρο κακάο περίπου 38% και ζάχαρη περίπου 30%. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε κακάο τόσο μικρότερη είναι η ποσότητα της ζάχαρης στη σοκολάτα (Μπαλαφούτη, 2012).

Λεύκη σοκολάτα: οι λεύκες σοκολάτες διαφέρουν από τις σοκολάτες γάλακτος και τις μαύρες εξαιτίας της απουσίας στερεών κακάο που περιέχουν τις αντιοξειδωτικές ουσίες, μειώνοντας έτσι το χρόνο αποθήκευσης του προϊόντος και τα οφέλη της σοκολάτας στην υγεία οι σοκολάτες αυτές περιέχουν πάνω από 20% βούτυρο κακάο, 55% ζάχαρη, πάνω από 14% γάλα σε σκόνη εκ των οποίων περίπου το 3,5% πρέπει να είναι λίπος γάλακτος και βανίλια (Afoakwa, 2010).

Σοκολάτα γάλακτος: η σοκολάτα γάλακτος περιέχει όλα τα συστατικά (στερεά κακάο, γάλα σε σκόνη, ζάχαρη, βούτυρο κακάο και αρωματικές ουσίες), που είθισται να περιέχουν οι σοκολάτες. Για αυτό το λόγο θεωρείται ως η πιο γλυκιά και είναι ο τύπος της σοκολάτας που έρχεται πρώτη σε κατανάλωση. Περιέχει περίπου 25 % συνολική κακαόμαζα και τουλάχιστον 2,5% στερεά κακάο που δεν περιέχουν λίπος, 53,3% ζάχαρη και πάνω από 14% γάλα σε σκόνη εκ των οποίων περίπου το 3,5% πρέπει να είναι λίπος γάλακτος (Afoakwa, 2010).

Πίνακας 1.1 Κύρια συστατικά της μαύρης σοκολάτας, της σοκολάτας γάλακτος και της λευκής σοκολάτας (Afoakwa, 2010).

Συστατικά	Ποσοστά συστατικών		
	Σοκολάτα γάλακτος	Μαύρη σοκολάτα	Γλυκόπικρη σοκολάτα
Μάζα κακάο	11,8	39,6	60,7
Βούτυρο κακάο	20,0	11,8	2,6
Ζάχαρη	48,7	48,1	36,3
Λεκιθίνη	0,4	0,4	0,3
Αρωματικές ενώσεις	0,1	0,1	0,2
Πλήρες γάλα σε σκόνη	19,1	-	-
Συνολικά λίπη	31,5	36,4	35,4

Τύπος σοκολάτας	Υδατάνθρακες (%)	Λίπος (%)	Πρωτεΐνες (%)
Μαύρη	63,5	28,0	5,0
Γάλακτος	56,9	30,7	7,7
Λευκή	58,3	30,9	8,0

2. ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΣΟΚΟΛΑΤΑΣ

2.1 Κόκκοι Κακάο

2.1.1 Προέλευση

Το γένος *Theobroma* αντιπροσωπεύει 22 είδη, όλα θάμνοι ή μικρά δένδρα. Άλλα γνωστά είδη, εκτός από το *T. cacao*, είναι τα *T. pentagona*, *T. lejocarpa*, *T. Forastero* της οικογένειας *Sterculiaceae*.

Το κακαόδεντρο είναι ιθαγενές του Μεξικού και της Κ. Αμερικής. Καλλιεργείται στο Περού, τη Βραζιλία, τη Βολιβία, το Μεξικό και γενικά σε περιοχές με τροπικό κλίμα. Απαντάται σε υψόμετρα 200 – 400μ. Απαιτεί υγρό κλίμα με κανονικές βροχοπτώσεις και καλό έδαφος.

Το κακαόδεντρο είναι μικρό δένδρο, αειθαλές, με φύλλα που αρχικά είναι χρώματος ροζ-κόκκινα και μετά καθώς μεγαλώνουν γίνονται πράσινα.

Το δέντρο παράγει από την ηλικία των 4 – 5 ετών. Όταν εισέλθει στην πλήρη καρποφορία μπορεί να παράγει πάνω από 6.000 άνθη Άλλα μόνο 20 καρπούς περίπου. (Βασιλακάκης, 2004).



Εικ. 2.1 Ωριμο Κακαόδενδρο

2.1.2 Χρήσεις

Το κακάο χρησιμοποιείται για την παρασκευή του ροφήματος κακάο, στη βιομηχανία σοκολάτας και στη φαρμακευτική.

Τα σπέρματα του κακάο περιέχουν το αλκαλοειδές θεοβρωμίνη, που είναι τοξικό στα ζώα και έτσι περιορίζεται η χρήση τους για ζωοτροφή. Το επίπεδο της θεοβρωμίνης είναι πολύ χαμηλό στη σάρκα των καρπών. Από πειράματα που έγιναν σε ζώα φάνηκε ότι χορήγηση καρπών σε αγελάδες μέχρι 7 kg / ημέρα και σε γουρούνια μέχρι 2 kg / ημέρα δεν είχαν κανένα τοξικό αποτέλεσμα. Για γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες, ζωοτροφή που περιεχει υπολλειματα καρπών κακάου φαίνεται να είναι συγκρίσιμη με εκείνη του ενσιρωμενου καλαμποκιού.

Τα υπολλειματα των καρπών που είναι πλούσια σε κάλιο αφηνονται στη φυτεία ως λίπασμα. (Βασιλακάκης, 2004).

2.1.3 Ποικιλίες

Υπάρχουν τρεις τύποι ή σειρές ποικιλιών κακάο, που διακρίνονται μεταξύ τους από τη σύσταση και το χρώμα του περιβλήματος του καρπού, το μέσο αριθμό σπερμάτων ανά καρπό και το χρώμα των κοτυληδόνων.

1. Criolos

Χαρακτηριστικά: παράγουν, μαλακό καρπό με 20 – 30 σπέρματα ανά καρπό. Το χρώμα των κοτυληδόνων είναι λευκό, ελεφαντοστού ή χλωμό ιώδες. Δίνουν την καλύτερη ποιότητα κακάο, όμως τα φυτά χαρακτηρίζονται από τη μικρότερη παραγωγικότητα και την ευαισθησία σε ασθένειες. Η Βενεζουέλα παράγει σημαντικές ποσότητες.

Οι σειρές Criolos συνήθως απαντώνται στην κ. Αμερική και μπορούν να ταξινομηθούν παραπέρα σε 4 ομάδες: Mexican, Iagarto, Nicaraguan, και Colombian. Είναι από τις παλαιότερες καλλιεργούμενες σειρές. Αυτά παράγουν ελαφρώς στυφούς σπόρους που απαιτούν πολύ λίγη ζύμωση για να παραχθεί σοκολάτα. (Βασιλακάκης, 2004).

2. Forastero

Το 95% της παγκόσμιας παραγωγής ανήκει στον τύπο αυτό.

Χαρακτηριστικά: σχηματίζουν ερυθρό, σκληρό καρπό, με 30 ή περισσότερα σπέρματα ανά καρπό και χρώμα κοτυληδόνων χλωμό έως βαθύ ιώδες.

Οι σειρές Forastero έχουν χονδρό καρπό και σπέρματα πλατιά, σκούρου ιώδους χρώματος, είναι πάρα πολύ στυφοί. Διακρίνονται δυο τύποι του κάτω και του άνω Αμαζονίου. Ο τύπος του κάτω Αμαζονίου, γνωστός και ως amelonados, είναι ο πλέον διαδεδομένος στον κόσμο σήμερα. Γενικώς είναι ευκολότερο να καλλιεργήσει κανείς τον τύπο Forastero από ότι τον Criolos και για αυτό διαδόθηκε περισσότερο. Τα κακαόδεντρα που καλλιεργούνται ανήκουν στον τύπο Forastero και θεωρούνται υβρίδια μεταξύ του T.cacao x T. lejocarpa. (Βασιλακάκης, 2004).

3. Trinitario

Είναι υβρίδια μεταξύ των Forastero και Criolos, ανώτερης ποιότητας της Forastero.

Χαρακτηριστικά: σχηματίζουν σκληρό καρπό με ποικίλα χρώματα, 30 ή περισσότερα σπέρματα ανά καρπό και κοτυληδόνες διάφορων χρωμάτων. Ο τύπος Trinitario είναι παλιά διασταύρωση μεταξύ των Forastero και Criolos.

Οι μεγαλύτερες ποσότητες Criolos και Trinitario προέρχονται από τη Βενεζουέλα, την Κολομβία, το εκουαδορ και μερικά νησιά της Καραϊβικής.

Ο κύριος όμως όγκος παραγωγής κακάο ανήκει στον τύπο Forastero, που είναι κατώτερης γεύσης. Οι μεγάλες ποσότητες παραγωγής κακάο της Αφρικής και της Βραζιλίας είναι τύπου Forastero. Η κάθε πλάκα σοκολάτας που παράγεται περιέχει κακάο αποκλειστικά Forastero ή Forastero με μικρό ποσοστό τύπου Criolos, ή πιθανότατα Trinitario, για γεύση και άρωμα. (Βασιλακάκης, 2004).

Άλλες Ποικιλίες

Άλλες ποικιλίες άξιες αναφοράς είναι οι ανθεκτικές και παραγωγικές Calabacillo και η εκουαδοριανή Amelonado.

Οι σπόροι κακάο διαφοροποιούνται από τη γεωγραφική τους προέλευση, το βαθμό καθαρότητας και τον αριθμό των σταδίων προετοιμασίας στα οποία υποβάλλονται πριν τη μεταφορά. Οι "σπόροι γεύσης" προέρχονται από το Εκουαδορ, τη Βενεζουέλα, το Τρινιντάντ, τη Σρι Λάνκα και την Ινδονησία, ενώ οι "εμπορικοί σπόροι" εξάγονται από τις κορυφαίες χώρες παραγωγής κακάο της δυτικής Αφρικής (Γκάνα, Νιγηρία, ακτή ελεφαντοστού και Καμερούν και από τη Βραζιλία (λιμάνι Μπαχία) και τη Δομινικανή δημοκρατία. (Βασιλακάκης, 2004).



Εικ. 2.2 Καρποί και Κόκκοι Κακάο

2.1.4 Συγκομιδή και Επεξεργασία

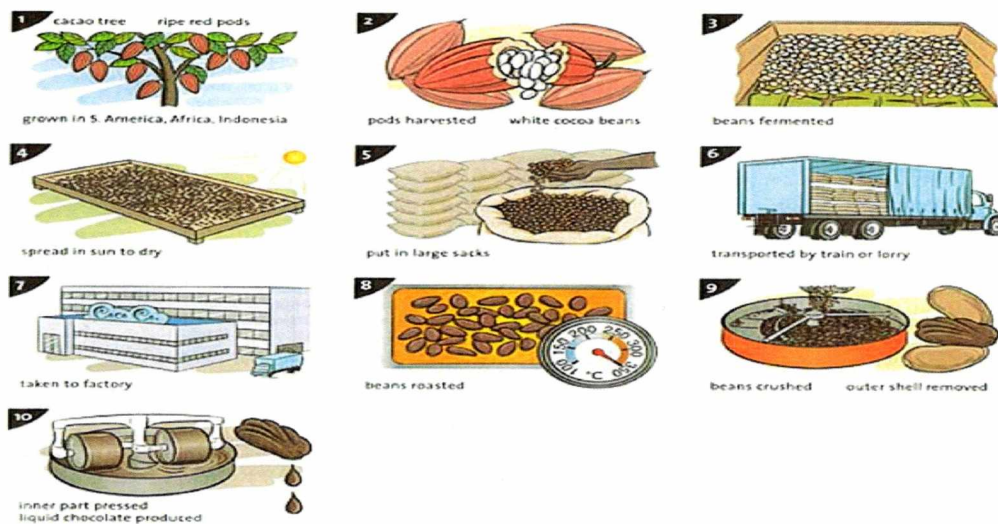
Κατά τη συγκομιδή οι πλήρως ώριμοι λοβοί κόβονται προσεκτικά από τα δέντρα, μαζεύονται σε στοίβες, ανοίγονται και οι σπόροι απομακρύνονται μαζί με τον πολτό που τους περιβάλλει. Σπάνια μόνο ξηραίνονται στον ήλιο χωρίς να προηγηθεί ζύμωση (οι ποικιλίες Arriba και Machala από τη νότια Αμερική). Ο κύριος όγκος της συγκομιδής ζυμώνεται πριν την ξήρανση. Σε αυτό το στάδιο της ζύμωσης οι σπόροι με τον προσκολλημένο πολτό συσσωρεύονται σε στοίβες, λάκκους ή δάπεδα ζύμωσης, καλάθια, κιβώτια ή διάτρητα βαρελια και, ανάλογα με την ποικιλία, αφήνονται να ζυμωθούν για 2 – 8 ημέρες. Περιοδικά αναδεύονται οι σπόροι για να έρθουν σε επαφή με το οξυγόνο του αέρα κατά τη διαδικασία της ζύμωσης. Στο διάστημα αυτό η θερμοκρασία του υλικού αυξάνεται γρήγορα στους 45 – 50 οC και χάνεται η ικανότητα βλάστησης των σπόρων. Στην αρχή παρατηρείται αλκοολική ζύμωση η οποία στη συνέχεια μετατρέπεται σε παραγωγή οξικού οξέος. παρατηρείται επίσης η ανάπτυξη γεύσης, αρώματος και χρώματος όπως και η μερική μετατροπή των δριμειών φαινολικών ενώσεων. Ο προσκολλημένος πολτός αποσυντίθεται

ενζυμικά και μετατρέπεται σε υγρό. Απομακρύνεται ως υγρό ζύμωσης. Επίσης υπάρχουν και αντιδράσεις μεταξύ συστατικών και σπόρων κα του πολτού. Αφού ολοκληρωθεί η ζύμωση, οι σπόροι μπορούν να πλυθούν (Ιάβα, Σρι Λάνκα) και ξηραίνονται μέχρι 6 – 8% υγρασία.

Οι καλά ζυμωμένοι σπόροι, που από αυτό το στάδιο και μετά ονομάζονται κόκκοι κακάο, δίνουν ομοιόμορφα χρωματισμένους σκούρους καφέ κόκκους οι οποίοι εύκολα διαχωρίζονται στις κοτυληδόνες τους. μειονεκτικοί ή ανώριμοι ζυμωμένοι κόκκοι είναι λείοι στην εμφάνιση (violetas) και είναι χαμηλής ποιότητας.

Το κακάο που εισάγεται από τις χώρες κατανάλωσης υποβάλλεται σε περαιτέρω επεξεργασία. Οι κόκκοι του κακάο καθαρίζονται με μια σειρά διεργασιών και διαχωρίζονται ανάλογα με το μέγεθος για να εξασφαλιστεί ομοιόμορφο καβουρδισμα στο επόμενο στάδιο. Το καβουρδισμα επιτελείται όλο και περισσότερο ως επεξεργασία δυο σταδίων. Το καβουρδισμα μειώνει την υγρασία των κόκκων σε 3%, συνεισφέρει στην περαιτέρω οξειδωση των φαινολικων ενώσεων και στην απομάκρυνση του οξικού οξέος, των πτητικών εστέρων και άλλων ανεπιθύμητων αρωματικών συστατικών. Επιπρόσθετα καταστρέφονται τα αυγά και οι νύμφες των εντόμων. Το άρωμα των κόκκων ενισχύεται, το χρώμα σκουραίνει, ο σπόρος σκληραίνει και γίνεται πιο εύθρυπτος ενώ το κέλυφος χαλαρώνει και απομακρύνεται πιο εύκολα εξαιτίας των ενζυμικων και θερμικών αντιδράσεων. Η ωριμότητα, η υγρασία, η ποικιλία και το μέγεθος των κόκκων όπως και οι προκαταρκτικές επεξεργασίες που γίνονται στη χώρα παραγωγής καθορίζουν το βαθμό αλλά και τις άλλες παραμέτρους της διεργασίας του καβουρδισματος των κόκκων. Αυτή η διεργασία πρέπει να γίνει σε δυο στάδια. Αρχικά το στάδιο της ξήρανσης και στη συνέχεια το στάδιο όπου δημιουργούνται οι σημαντικές αρωματικές ενώσεις. Οι απώλειες που προκαλούνται από το καβουρδισμα κυμαίνονται στο 5 – 8%. Όπως και στο καφέ, οι καβουρδισμένοι κόκκοι ψύχονται κατευθείαν για να μην καούν. Οι καβουρδιστηρες είναι ασυνεχούς ή συνεχούς λειτουργίας. Η μετάδοση της θερμότητας λαμβάνει χώρα είτε απευθείας μέσω θερμικών επιφανειών είτε με ρεύμα ζεστού αέρα, χωρίς να καίγεται το κέλυφος των κόκκων. Το καβουρδισμα διαρκεί 10 – 15 λεπτά, ανάλογα με το βαθμό καβουρδισματος που επιθυμείται.

Οι καβουρδισμένοι κόκκοι μεταφέρονται , μετά την ψύξη, σε μηχανές λιχνίσματος για την απομάκρυνση των κελυφών και των βλαστικών ριζιδίων (αυτά έχουν ιδιαίτερα δυσάρεστη γεύση και άρωμα ενώ προσδίδουν και άλλες ανεπιθύμητες ιδιότητες στα ροφήματα του κακάο). Κατά τη διάρκεια του λιχνίσματος οι κόκκοι ελαφρά συνθλίβονται έτσι ώστε να διατηρηθούν ανέπαφοι οι κοτυληδόνες και τα κελύφη σε σχετικά μεγάλα μεγέθη αποφεύγοντας τον σχηματισμό σκόνης. (Belitz, 2009).



Εικ. 2.3 Διάγραμμα ροής επεξεργασίας κακάο

2.1.5 Βασικά Συστατικά του Κακάο

Φλαβονοειδή

Παρά το υψηλό περιεχόμενο λιπιδίων και σακχάρων, η κατανάλωση σοκολάτας έχει μια θετική συμβολή στην ανθρώπινη διατροφή μέσω της παροχής αντιοξειδωτικών, κυρίως πολυφαινόλων συμπεριλαμβανομένων των φλαβονοειδών όπως είναι οι επικατεχίνες, οι κατεχίνες και ιδίως οι προκυανιδίνες. Οι σοκολάτες περιέχουν επίσης αρκετά μέταλλα, ειδικά κάλιο, μαγνήσιο, χαλκό και σίδηρο (Afoakwa et al., 2007).

Οι ενώσεις του ενδιαφέροντος στο κακάο είναι οι φλαβανόλες, μια υποκατηγορία των φλαβονοειδών. Τα φλαβονοειδή, με τη σειρά τους, αποτελούν μια υποκατηγορία των

πολυφαινολών. Τα φλαβονοειδή που αποτελούνται από διαφορετικές μοριακά οικογένειες, περιλαμβάνουν τις φλαβονόλες, τις φλαβόνες, τις ισοφλαβόνες, τις φλαβανόνες, τις ανθοκυανιδίνες, και τις φλαβανόλες (Fernandez-Murga at al., 2011).

Αντιοξειδωτική Δράση

Το αντιοξειδωτικό δυναμικό των φλαβανόλων είναι σύμφωνο με τη μοριακή τους δομή. Η παρουσία μιας ομάδας κατεχόλης επί του Β δακτυλίου διευκολύνει την παγίδευση των ελεύθερων ριζών και της αποσιδήρωσης των ενεργά μέταλλα.

Πράγματι, συγκριτικές μελέτες έχουν δείξει ότι η σκόνη κακάο και τα εκχυλίσματα κακάο εμφανίζουν μεγαλύτερη αντιοξειδωτική ικανότητα από ό, τι άλλες τροφές πλούσιες σε φλαβανόλες. Για παράδειγμα, μια μελέτη διαπίστωσε ότι η κατανάλωση μαύρης σοκολάτας, αλλά όχι λευκής, αύξησε την αντιοξειδωτική ικανότητα του πλάσματος και υπηρξε βελτιωμένη ροή στη διαμεσολαβούμενη αγγειοδιαστολή σε νέους καπνιστές. Υπάρχει επίσης στοιχεία σχετικά με την προστασία των σωματιδίων LDL έναντι οξείδωσης από φλαβανόλες που περιέχονται στο κακάο (Fernandez-Murga at al., 2011).

Βούτυρο Κακάο

Το τρέχον ενδιαφέρον για το βούτυρο του κακάο ως το κύριο συστατικό - λίπος της σοκολάτας στον κόσμο έχει θέσει το ζήτημα της υψηλής τιμής του βουτύρου του κακάο μεταξύ όλων των άλλων φυτικών λιπών. Η παραγωγή φυσικού λίπους βουτύρου κακάο μειώνεται μέρα με τη μέρα, λόγω της μείωσης της καλλιέργειας κακάο σε όλο τον κόσμο. Επιπλέον, ο καρπός κακάο περιέχει μόνο ένα μικρό ποσοστό βουτύρου (Jahurul et al., 2013).

Οι βιομηχανίες τροφίμων είναι πρόθυμες να βρουν εναλλακτικές λιπαρές ουσίες του βουτύρου του κακάο (CB) από φυσικές μήτρες που υποδηλώνονται ως αντικατάστατα το βούτυρο του κακάο (CBRs), ισοδύναμα του βούτυρο κακάο (CBEs), υποκατάστατα του λίπους του βούτυρου κακάο (CBSS) (Jahurul et al., 2013).

Το βούτυρο κακάο είναι στερεό σε θερμοκρασία δωματίου (κάτω από 25°C) και στη θερμοκρασία του σώματος (37 °C) είναι υγρό. Αποτελείται κυρίως από παλμιτικό (C16), στεατικό (C18: 0), ελαϊκό (C18: 1) και λινελαϊκό οξύ (C18: 2), αλλά περιεχει χαμηλή ποσότητα λαουρικού (C12) και μυριστικού οξέος (C14). Το βούτυρο κακάο μπορεί να κρυσταλλώσει σε διάφορες πολυμορφικές μορφές, έχοντας α, γ, β', και β κρυστάλλους, με σημεία τήξης τους 17, 23, 26, και 35 - 37 °C αντίστοιχα. Στην παραγωγή σοκολάτας, χρησιμοποιούνται μόνο β κρύσταλλοι επειδή έχουν υψηλό σημείο τήξης. Αυτή η κρυσταλλική δομή παρέχει προϊόντα σοκολάτας άριστης ποιότητας όσον αφορά την γυαλάδα, τη θραύση και την απαλή υφή. Επιπλέον, εμφανίζει αντοχή στην άνθηση του λίπους, που προκύπτει από μετακίνηση του λίπους κατά την αποθήκευση (Jahurul et al., 2013).

Το βούτυρο κακάο εκτιμάται ιδιαίτερα και είναι ακριβό σε σχέση με όλα τα άλλα φυτικά λίπη και έλαια, λόγω των ειδικών του χαρακτηριστικών. Ένας άλλος σημαντικός λόγος είναι ότι οι κόκκοι κακάο περιέχουν χαμηλή ποσότητα λίπους. Επιπλέον, το κακάο καλλιεργείται σε λίγες μόνο χώρες (Zaidul et al., 2007).



Εικ. 2.4 Βούτυρο κακάο στην εμπορική και την αρχική του μορφή

Το βούτυρο κακάο που λαμβάνεται από τους κόκκους κακάο και επί ξηρού βάρους αντιπροσωπεύει το 50-57% είναι υπεύθυνο για τις ιδιότητες της τήξης της σοκολάτας. (Afoakwa et al., 2007).

Οι ιδιότητες του λίπους του βουτύρου κακάο είναι οι ιδιότητες του μίγματος των τριγλυκεριδίων. Το λίπος του βουτύρου κακάο το οποίο είναι εμπορικά διαθέσιμο λίπος περιέχει σημαντικά υψηλή ποσότητα κορεσμένων λιπαρών, με κυριότερα τα τριγλυκερίδια του POS, SOS, και POP. Λόγω αυτών των τύπων των τριγλυκεριδίων, παρέχει τη σύντομη συμπεριφορά τήξης η οποία προτιμάται από τους καταναλωτές (Jahurul et al., 2013).

Μεταξύ αυτών των τριών τριγλυκεριδίων, τα POS είναι η κύρια κατηγορία τριγλυκεριδίων που υπάρχουν στο βούτυρο κακάο με ποσοστό 42,5 - 46,4%, και ακολουθούνται από τα SOS (27,8 - 33,0%) και τα POP (18,9 έως 22,6%). Τα κύρια λιπαρά οξέα του βουτύρου κακάο είναι το παλμιτικό οξύ (C16) 25 έως 33,7%, το στεατικό οξύ (C18: 0) 33,7 - 40,2%, το ελαϊκό οξύ (C18: 1) 26,3 έως 35% και το λινελαϊκό οξύ (C18: 2) 1,7 έως 3%, που συνεισφέρουν περίπου στο 98% του συνόλου των λιπαρών οξέων. Η σύνθεση των λιπαρών οξέων του βουτύρου κακάο μπορεί να διαφέρει ανάλογα με τη χώρα καταγωγής (Jahurul et al., 2013).

Σάκχαρα

Τα σάκχαρα τα οποία εντοπίζονται στη σκόνη κακάο και τη σοκολάτα είναι κυρίως πολυσακχαρίτες και αποτελούν το 12% περίπου της σκόνης επί ξηρού βάρους. Τα κύρια σάκχαρα της σοκολάτας είναι η σακχαρόζη (90% περίπου των συνολικών σακχάρων), η φρουκτόζη και η γλυκόζη (περίπου το 6% των σακχάρων) και πιθανόν μικρές ποσότητες γαλακτόζης, ραφινόζης, ξυλόζης, μαννιτόλης κι άλλων πολυσακχαριτών σε αμελητέες ποσότητες (Μπαλαφούτη, 2012).

Λεκιθίνη

Η λεκιθίνη που χρησιμοποιείται ως πρόσθετο τροφίμων είναι συνήθως φυτικής προέλευσης, αλλά η λεκιθίνη από κρόκο αυγού συνιστάται ιδιαίτερα για εφαρμογές

σε βρεφικές τροφές λόγω της σχετικής υψηλής περιεκτικότητας της σε αραχιδονικό και εικοσιεξανοϊκό οξύ, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην πρόιμη διατροφή βρέφους. (Gil et al. 2003).

Η λεκιθίνη είναι το κλασματοποιημένο λιπίδιο (φωσφολιπίδιο) του κρόκου του αυγού και αρκετών ελαιούχων σπόρων. Αν και παρατηρήθηκε για πρώτη φορά σε κρόκο αυγού του όνομα προέρχεται από τον ελληνικό όρο για τον κρόκο αυγού "Lekithos" -η επίδραση του έγινε αισθητή όταν οι άνθρωποι έμαθαν πώς να μεταχειρίζονται τους ελαιούχους σπόρους, προκειμένου να εξάγουν το φωσφατιδικο τους περιεχόμενο. Η πρώτη βιομηχανική λεκιθίνη εμφανίστηκε στην αγορά το 1925 στη Γερμανία. Σήμερα, το μεγαλύτερο μέρος της λεκιθίνης που παράγεται χρησιμοποιείται σε εφαρμογές τροφίμων (κυρίως ως γαλακτωματοποιητής) και προέρχεται από σόγια, αν και πολλές χρήσεις πλην των τροφίμων είναι εφικτές και άλλες πηγές είναι διαθέσιμες (Rossi, 2007).

Ο όρος "λεκιθίνη" χρησιμοποιείται συνήθως ως συνώνυμο της φωσφατιδυλοχολίνης (PC), η οποία είναι το κύριο συστατικό του φωσφολιπιδίου, που απομονώνεται είτε από κρόκο αυγού ή σόγια και είναι εμπορικά διαθέσιμη σε υψηλή καθαρότητα (Rossi, 2007).

Η λεκιθίνη σόγιας είναι ένα μίγμα φυσικών φωσφογλυκεριδίων (φωσφολιπίδια), με άλλες ουσίες όπως έλαιο σόγιας. Χρησιμοποιείται ευρέως σε όλη τη βιομηχανία τροφίμων. Η σύνθεση της, ωστόσο, μπορεί να ποικίλει, και ορισμένοι παρασκευαστές λεκιθίνης έχουν προσπαθήσει να βελτιώσουν τα συστατικά που είναι ωφέλιμα για τη ροή της σοκολάτας, έτσι κλασματοποιημένες λεκιθίνες είναι διαθέσιμες. Στην εμπορική πράξη, ωστόσο, ο όρος "λεκιθίνη" αναφέρεται σε ένα μείγμα διαφορετικών φωσφολιπιδίων (PLs), συμπεριλαμβανομένων της «αληθινής λεκιθίνης» μαζί με άλλες ουσίες, όπως τα τριγλυκερίδια και ελάσσονα συστατικά του κλάσματος λιπιδίων που είναι συν-εκχυλίζεται με τα φωσφατίδια (Rossi, 2007).

Η λεκιθίνη χρησιμοποιείται στην βιομηχανία τροφίμων ως γαλακτωματοποιητής, για τη μείωση του ιξώδους και ως λιπαντικό. Οι ευρέως διαδεδομένες χρήσεις της που συνδέονται με την ικανότητά της να δρα ως μια επιφανειοδραστική ουσία σε

πολυφασικά συστήματα, όπως τα τρόφιμα. Αποτελεί μια επιφανειοδραστική ουσία, επίσης γνωστή ως τασιενεργό, ένα αμφίφιλο μόριο που περιέχει ένα υδρόφοβο τμήμα, που αντιπροσωπεύεται από υπολείμματα λιπαρών οξέων, και μια υδρόφιλη ομάδα κεφαλής. Έχει την ικανότητα να μεταναστεύει σε διεπαφές μεταξύ μη αναμίξιμων φάσεων, και προσανατολίζεται έτσι ώστε η υδρόφοβη ουρά να είναι στη μη-πολική φάση (όπως λιπίδια ή αέρας) και η υδρόφιλη κεφαλή να βρίσκεται στην υδατική πολική φάση. Η μετανάστευση και η συγκέντρωση των επιφανειοδραστικών ουσιών σε διεπαφές ελαίου-νερού προκαλεί μείωση της διεπιφανειακής τάσης και επιτρέπει την ανάπτυξη σταθερών γαλακτωμάτων, όταν μηχανική ενέργεια εφαρμόζεται στο σύστημα (Wabel 1998).

3. ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΣΟΚΟΛΑΤΑΣ

Οι φυσικές ιδιότητες, η ρεολογική συμπεριφορά και η αισθητηριακή αντίληψη της σοκολάτας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την τεχνική της επεξεργασίας, την κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων και τη σύνθεση των συστατικών. Για να βελτιωθεί η υφή της σοκολάτας, η κατανομή του μεγέθους των στερεών σωματιδίων και η σύνθεση των συστατικών μπορεί να χειριστεί για την τροποποίηση των φυσικών ιδιοτήτων, της ρεολογικής συμπεριφοράς και των αισθητηριακών χαρακτηριστικών (Afoakwa et al., 2007). Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων και η σύνθεση τους έχει αναφερθεί ότι επηρεάζουν τις ρεολογικές ιδιότητες της σοκολάτας. Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων επηρεάζει τη ρεολογία και την υφή με ειδική περιοχή επιφάνειας και το μέσο μέγεθος των σωματιδίων που επηρεάζουν την απόδοση του στρες, το πλαστικό ιξώδες και τη σκληρότητα του (Afoakwa et al., 2008b). Τα μικρότερα σωματίδια βελτιώνουν τις οργανοληπτικές ιδιότητες, αλλά το πλαστικό ιξώδες και την απόδοση του στρες αυξάνονται εξαιτίας αλλαγών στην επιφάνεια των σωματιδίων που βρίσκονται σε επαφή με τη φάση του λίπους. Η βελτιστοποιήσεις του μέγεθος των σωματιδίων μπορούν να μειώσουν τις ανάγκες για τροποποιητές του ιξώδους και να βελτιώσουν τον έλεγχο της διαδικασίας (El-kalyoubi et al., 2011)

Τα λιπαρά συστατικά στη σοκολάτα, ωστόσο, εμφανίζουν πολύπλοκη στερεοποίηση και πολυμορφική συμπεριφορά εξαιτίας των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των τριγλυκεριδικών (TAG) συστατικών.

Η χημική σύσταση και η δομή της στερεής φάσης (πολυμορφισμός) καθορίζουν πολλές από τις φυσικές ιδιότητες της σοκολάτας, όπως το ιξώδες, η αποφυγή του ασπρίσματος (antiblooming) και οι ιδιότητες τήξης.

Η οργανοληπτική αξιολόγηση των χαρακτηριστικών της υφής της σοκολάτας περιλαμβάνει τη δύναμη που απαιτείται για να σπάσει κατά το δάγκωμα (εύθραυστο → στερεό), οι ιδιότητες τήξης (σκληρό → εύτηκτο), αν είναι κολλώδες (μη κολλώδες → πολύ κολλώδες και η απαλότητα (πολύ κοκκώδες → πολύ λεπτόκοκκο). Ένα δίκτυο κρυστάλλων λίπους αποτελείται από ένα άθροισμα κρυστάλλων. Κατά την κρυστάλλωση οι συστάδες αυτές αυξάνονται σε μέγεθος μέχρι να αλληλεπιδράσουν με τις διπλανές τους και να σχηματιστεί ένα άμορφο τρισδιάστατο

δίκτυο κρυστάλλων. Αυτό το δίκτυο καθορίζει τα ποιοτικά γνωρίσματα όπως είναι η υφή, η σκληρότητα, η απαλότητα, το άσπρισμα και η σταθερότητα.

3.1 Κρυστάλλωση του Λίπους

Η κρυστάλλωση προκύπτει μέσα από τρία στάδια, την επίτευξη υπέρψυξης, την πυρηνοποίηση και την αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων. Κάτω από το σημείο τήξης ενός υλικού, η κρυστάλλωση ευνοείται γιατί η ελεύθερη ενέργεια της στερεής φάσης είναι χαμηλότερη από τη φάση της τήξης (Gaonkar, 2005).

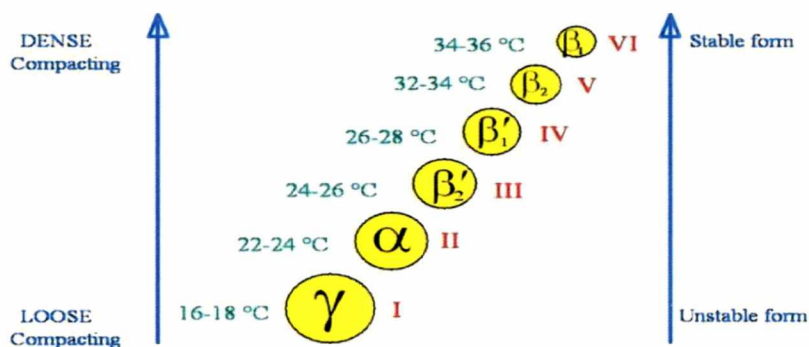
Στη βιομηχανία τροφίμων, η κρυστάλλωση του λίπους διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε δυο μεγάλες κατηγορίες: (α) στη βελτιστοποίηση και τον έλεγχο της επεξεργασίας των τελικών προϊόντων όπως η σοκολάτα, το βούτυρο, η μαργαρίνη, τα παγωτά, η κρέμα σαντιγί μεταξύ άλλων και (β) στον καθαρισμό των ελαίων και λιπών σε κλάσματα με συγκεκριμένες ιδιότητες και τις λειτουργίες. Για παράδειγμα, ο έλεγχος της κρυστάλλωσης του βουτύρου κακάο ώστε να αποκτήσει την κατάλληλη πολυμορφική μορφή (μεταξύ πολλών άλλων πιθανών πολυμόρφων) είναι απαραίτητη για την παραγωγή σοκολάτας με επιθυμητές φυσικές ιδιότητες (θραύση και γυαλάδα) και σταθερότητα κατά την αποθήκευση (πρόληψη ή καθυστέρηση ασπρίσματος). Ενώ, στην περίπτωση των spreads, η κρυστάλλωση των κορεσμένων ή μερικώς υδρογονωμένων λιπών είναι υπεύθυνη για την ανάπτυξη του δικτύου που διέπει τη σκληρότητα, το άπλωμα και την αίσθηση όταν λιώνουν στο στόμα. Από την άλλη πλευρά, η κλασματική κρυστάλλωση (μέθοδος διύλισης στοιχείων με βάση τις διαφορές στη διαλυτότητα) ενός φυσικού ελαίου χρησιμοποιείται συχνά για να ληφθούν διάφορες ποιότητες στερεών (στεατίνη) και υγρών κλασμάτων (ελαΐνη) για περισσότερες εφαρμογές (Patel, 2015)

3.2 Πολυμορφισμός των Κρυστάλλων

Η ικανότητα ενός συστατικού να σχηματίζει διάφορες κρυσταλλικές μορφές με ποικίλες καταστάσεις μοριακής διαμόρφωσης και μοριακής ομαδοποίησης ορίζεται ως πολυμορφισμός. Ο ρυθμός κρυστάλλωσης, το μέγεθος των κρυστάλλων, η

μορφολογία και ο βαθμός κρυσταλλικότητας επηρεάζονται άμεσα από τον πολυμορφισμό.

Πολλά από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της σοκολάτας επηρεάζονται από τον τύπο των κρυστάλλων του βουτύρου κακάο που παράγονται κατά το στρώσιμο. Οι κρύσταλλοι του βουτύρου κακάο μπορούν να απαντηθούν σε 6 πολυμορφικές μορφές, I μέχρι VI, από τη λιγότερο στην πιο σταθερή μορφή, αντίστοιχα. Το βούτυρο κακάο είναι στερεό σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και είναι κυρίως υπεύθυνο για τη δομή της σοκολάτας. Για μια ευχάριστη αίσθηση κατά την κατανάλωση, οι κρύσταλλοι του βουτύρου κακάο θα πρέπει να λιώσουν τελείως μέσα στο εύρος των θερμοκρασιών του σώματος. Η μορφή V λιώνει μεταξύ 30,7 °C και 34,4 °C και παράγει την επιθυμητή υφή και εμφάνιση της σοκολάτας. Το στρώσιμο προωθεί το σχηματισμό κρυστάλλων V μορφής. Σε αντίθεση η χρήση βουτύρου κακάο που δεν έχει υποστεί στρώσιμο στη σοκολάτα, μειώνει τη διάρκεια του χρόνου αποθήκευσης του προϊόντος, το οποίο είναι προφανώς ανεπιθύμητο (Patel, 2015).



Εικ. 4.1 Οι διάφορες μορφές των κρυστάλλων

3.3 Δίκτυα Κρυστάλλων Λίπους και Μικροδομή

Τα παρασκευάσματα σοκολάτας είναι παραδείγματα τροφίμων που περιέχουν σημαντικές ποσότητες λιπαρών για αυτό και οι αισθητηριακές ιδιότητες της σοκολάτας εξαρτώνται πάρα πολύ από τη διάρθρωση της βαθύτερης λιπαρής φάσης μέσα σε ένα δίκτυο κρυστάλλων λίπους και είναι το προϊόν μιας αθροιστικής διαδικασίας των μορίων σε κρυστάλλους, και των κρυστάλλων σε μεγαλύτερα αθροίσματα, μέχρι να πληρωθεί ο χώρος από ένα τρισδιάστατο δίκτυο. Τα Δίκτυα κρυστάλλων λίπους παρέχουν ένα προϊόν με συνεκτικότητα και δομική σταθερότητα είναι οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την υφή ενός προϊόντος.

Η μέσης κλίμακας δομή, η μικροδομή, ενός δικτύου κρυστάλλων λίπους, ποικίλει από primary κρυσταλλίτες (0,5 – 1 μm) σε αθροίσματα τέτοιων κρυσταλλιτών (100 – 200 μm). Έχει αποδειχθεί ότι οι μηχανικές ιδιότητες των δικτύων κρυστάλλων λίπους επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από αυτά τα επίπεδα της δομής που μπορούν να τροποποιηθούν είτε με μεταβολή των συνθηκών της κρυστάλλωσης είτε με αλλαγή της χημικής σύστασης του λίπους, π.χ. με εστεροποίηση. (Patel, 2015)

3.4 Άνθηση του Λίπους

Αν κατά την παρασκευή της σοκολάτας εφαρμοστεί ανεπαρκές στρώσιμο, το αποτέλεσμα είναι η μορφή IV των κρυστάλλων να μετατραπεί γρήγορα στη μορφή V. Αυτό επηρεάζει το χρώμα καθώς το ανακλώμενο φως αποπροσανατολίζεται από την ασταθή και αποδιοργανωμένη ανάπτυξη των κρυστάλλων. Οι σοκολάτες που δεν έχουν υποστεί στρώσιμο είναι μαλακές. Στο βούτυρο κακάο, οι μορφές V και VI είναι οι πιο σταθερές. Η μορφή VI είναι ακατάλληλη για την παραγωγή σοκολάτας, αν και έπειτα από μακρά αποθήκευση συνοδεύεται από άνθηση λίπους. Η μορφή VI έχει μια υψηλή θερμοκρασία τήξης (36°C), και οι κρύσταλλοι που είναι μεγάλοι και κοκκώδεις στη γλώσσα. Η ασταθής μορφή I έχει σημείο τήξης 17°C και μετατρέπεται ταχέως σε μορφή II, που μετατρέπεται πιο αργά σε III και IV.

Οι πολυμορφικές μορφές των τριγλυκεριδίων διαφέρουν στο μήκος της αλυσίδας των λιπαρών οξέων, τη γωνία κλίσης σε σχέση με το επίπεδο, την ομάδα μεθυλίου με την

οποία καταλήγει η αλυσίδα και τον τρόπο με τον οποίο το ομαδοποιούνται τα τριγλυκερίδια κατά την κρυστάλλωση (Afoakwa et al., 2007)

3.5 Κατανομή Μεγέθους Σωματιδίων στη Σοκολάτα

Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα των ρεολογικών ιδιοτήτων της σοκολάτας και επηρεάζει άμεσα τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά της. Τα μεγαλύτερα σωματίδια είναι αυτά που ευθύνονται για την κοκκώδη αίσθηση στο στόμα, αλλά τα μικρότερα έχουν σχέση με τις ρεολογικές ιδιότητες της σοκολάτας. Η κατανομή του μεγέθους των σωματιδίων έχει χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο για τον έλεγχο της συνοχής των ημιστερεών μιγμάτων για να βοηθήσει στην άντληση και την ανάμιξη της λιωμένης σοκολάτας γάλακτος τη μεταφορά, τη διάσπαση σε άτομα και τη λείανση των τροφίμων με υψηλή περιεκτικότητα σε αναστολείς στερεών γάλακτος και D-λιμονένιο. Ένα ευρέως γνωστό παράδειγμα στερεού εναιωρήματος είναι σοκολάτα, ένα εναιώρημα πολυδιασποράς ζάχαρης, κακάο και /ή στερεά γάλακτος σε ένα (φάση λίπους) Νευτώνειο υγρό (Hartel 2001).

3.6 Επίδραση της Περιεκτικότητας σε Λίπος

Δεδομένα από DSC έχουν δείξει ότι αν διαφέρει η περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες παρατηρούνται αλλαγές στην κρυσταλλικότητα και ιδιότητες τήξης. Αυτό υποδηλώνει ότι το περιεχόμενο λίπος στις μαύρες σοκολάτες κατά την παρασκευή τους επηρεάζει το βαθμό της κρυσταλλικότητας και την κατανομή του μεγέθους των κρυστάλλων (CSD). Η ποσότητα και η σύνθεση του λίπους στην παραγωγή σοκολάτας είχε απρόβλεπτες συνέπειες για το μέγεθος των κρυστάλλων, τον πολυμορφισμό και το ποσοστό κρυστάλλωσης των προϊόντων. Ο Hartel (2001) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η κατανομή του μεγέθους των κρυστάλλων στις τροφές παίζει σημαντικό ρόλο στην τελική ποιότητα του προϊόντος. Ο αριθμός των κρυστάλλων και το εύρος των μεγεθών, των σχημάτων και της πολυμορφικής σταθερότητας, καθώς η δομή των δικτύων προσδίδουν τις μηχανικές και ρεολογικές ιδιότητες. Η γνώση και τον έλεγχο της CSD μπορεί να είναι σημαντική για τη βελτιστοποίηση των συνθηκών επεξεργασίας (Afoakwa, 2008).

Σε σοκολάτες με χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (25%) η τήξη ολοκληρώθηκε σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ό, τι σε εκείνες που είχαν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος (30-35%).

Αυτό εξηγεί το γεγονός ότι στις σοκολάτες με χαμηλότερα λιπαρά, απαιτείται περισσότερος χρόνος για να λιώσουν σε σχέση με παρόμοια προϊόντα με υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες, και πάλι με τον πιθανό αντίκτυπο στην συμπεριφορά κατά τη διάρκεια της κατανάλωσης. Ο τρόπος τήξης των σοκολάτων που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος μπορεί να αποδοθεί στη μείωση των ένδον-σωματοδιακών αλληλεπιδράσεων και στην αυξημένη ελεύθερη μετακίνηση πλαστικής ροής. Το λίπος γεμίζει τα κενά μεταξύ των σωματιδίων στη λειωμένη σοκολάτα και μειώνει την αντίσταση στη ροή, με μια άμεση σχέση μεταξύ περιεχομένου λίπους και διαφοράς ενθαλπίας τήξης, ανεξάρτητα από το μέγεθος των σωματιδίων. Αυτό συνεπάγεται ότι η ενθαλπία είναι μειωμένη σε προϊόντα με χαμηλό περιεχόμενο λιπαρών. Η PSD, το λίπος και η περιεκτικότητα σε λεκιθίνη δεν επηρεάζουν την ανώτατη και κατωτάτη θερμοκρασία τήξης. Σοκολάτες με λεπτότερα σωματίδια, υψηλότερο περιεχόμενο λιπαρών και χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λεκιθίνη, χρειάζονται περισσότερο χρόνο και υψηλότερες θερμοκρασίες για να ολοκληρωθεί η τήξη τους σε σχέση με αντίστοιχα προϊόντα με μεγαλύτερες PS, με χαμηλά λιπαρά και υψηλότερο περιεχόμενο σε λεκιθίνη (Afoakwa, 2008).

3.7 Στρώσιμο της Σοκολάτας

Η κρυστάλλωση του βούτυρο κακάο θα πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά για να κατασκευαστεί σοκολάτα με επιθυμητή υφή και ποιοτικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια αποθήκευσης.

Κατά την παρασκευή η σοκολάτα στρώνεται σύμφωνα με ένα πρωτόκολλο θερμοκρασίας και χρόνου, το οποίο παράγει ένα μεγάλο αριθμό κρυστάλλων βουτύρου κακάο της σταθερής μορφής (β V μορφής) σε αυτή την περίπτωση. Στο well tempered στάδιο, η μάζα της σοκολάτας Έχει τις επιθυμητές ιδιότητες ροής για περαιτέρω επεξεργασία (molding ή enrobing). Από τη στιγμή που η σοκολάτα

ψυχθεί για να σκληρήνει (molding ή enrobing), αυτοί οι κρύσταλλοι σχηματίζουν μια δομή η οποία δίνει την επιθυμητή εμφάνιση της επιφάνειας (λάμψη) και υφή (θραύση). Πολλοί μικροί κρύσταλλοι είναι επιθυμητοί για να δώσουν το κατάλληλη αίσθηση κατά το δάγκωμα, όπως και λεπτή δομή κόκκων. Οι κρύσταλλοι του βούτυρο κακάο επίσης θα πρέπει να είναι στη σωστή πολυμορφική μορφή για να αντισταθούν στην μετανάστευση λίπους και την εμφάνιση ασπρίσματος.

Όταν η σοκολάτα ψύχεται κατευθείαν σε θερμοκρασία δωματίου ανεξάρτητα από το αν υπάρχει ή όχι ανακίνηση, τυπικά σχηματίζεται ένας συνδυασμός α και β πολυμόρφων. Αυτά τα πολύμορφα μπορούν σταδιακά να μετασχηματιστούν σε πιο σταθερές μορφές πάνω από ένα χρονικό διάστημα λεπτών σε ώρες. Το παραγόμενο προϊόν θα είναι ανεπιθύμητο αφού η εμφάνιση του θα είναι κοκκώδης (μεγάλοι κρύσταλλοι), και η μετανάστευση του λίπους κατά το μετασχηματισμό των πολυμόρφων (συνοδεύεται από απελευθέρωση λανθάνουσας θερμότητας) θα οδηγήσει στην εμφάνιση ασπρίσματος στην επιφάνεια. Για αυτό το λόγο η σοκολάτα θα πρέπει να ψύχεται σύμφωνα με ένα καλά σχεδιασμένο πρωτόκολλο για να διασφαλιστεί ο σχηματισμός της πιο σταθερής κρυσταλλικής δομής. Η διαδικασία αυτή τυπικά περιλαμβάνει ταχεία ψύξη σε μια θερμοκρασία που προκύπτει πυρηνοποίηση ενός ασταθούς πολυμόρφου (β') και μετά θερμαίνεται για να προωθηθεί ο μετασχηματισμός στο επιθυμητό πολύμορφο (β). Η σοκολάτα που έχει υποστεί στρώσιμο μπορεί να ψυχθεί προσεκτικά στη θερμοκρασία αποθήκευσης για να επιτευχθεί η επιθυμητή κρυσταλλική δομή (Hartel, 2001).

3.8 Ο Ρόλος του Βούτυρο Κακάο

Η επίδραση 1% επιπλέον λίπους στο ιξώδες εξαρτάται από το ποσό που έχει ήδη το δείγμα και τις παραμέτρους του ιξώδες που εξετάζονται. Πάνω από 32% περιεχόμενου λίπους υπάρχει πολύ μικρή αλλαγή στο ιξώδες με οποιεσδήποτε περαιτέρω προσθήκες. Μια αύξηση 1% σε μια περιεκτικότητα σε λίπος 28% έχει μια πραγματικά μεγάλη επίδραση ειδικά επί του πλαστικού ιξώδους, το οποίο μειώνεται σχεδόν κατά το ήμισυ. Η αλλαγή γίνεται πιο έντονη όταν υπάρχει ακόμη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος, όπως σε «σοκολάτες», που περιέχουν λίπος κάτω από 23%, κανονικά είναι μια πάστα και όχι ένα υγρό (Beckett, 2000).

Η επίδραση του λίπους είναι αναλογικά πολύ μεγαλύτερη στο πλαστικό ιξώδες από την τιμή απόδοσης. Ο Beckett (2000) εξήγησε ότι το φαινόμενο αυτό δεν είναι απίθανο καθώς το επιπλέον λίπος προστίθεται μόνο στην ελεύθερη κινούμενη φάση του λίπους που βοηθά τα σωματίδια όταν ρέουν. Η πλειοψηφία του λίπους είναι λίπος «διαβροχής», το οποίο είναι εν μέρει συνδεδεμένο με τις επιφάνειες των σωματιδίων. Αυτή το ελεύθερο λίπος έχει μεγάλη επίδραση επί της ροής όταν λαμβάνει χώρα και έτσι το πλαστικό ιξώδες μειώνεται δραματικά (Afoakwa et al., 2007)

4. ΚΑΙΝΟΤΟΜΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΤΗΣ ΣΟΚΟΛΑΤΑΣ

4.1 Καινοτόμες Σοκολάτες

Σήμερα οι σοκολάτες έχουν προσαρμοστεί στις απαιτήσεις των καταναλωτών για πιο υγιεινές τροφές και λειτουργικά τρόφιμα με ευεργετικές ιδιότητες για την υγεία. Έτσι για παράδειγμα στο εμπόριο υπάρχουν σοκολάτες με στέβια, με χαρούπι και με ελαιόλαδο.

4.2 Στέβια

Η *Stevia rebaudiana* Bertoni αποτελεί ένα από τα 154 μέλη του γένους *Stevia*. Είναι ένα γλυκό βότανο της Παραγουάης, το οποίο περιέχει φυσική γλυκαντική ουσία με μηδενικές θερμίδες. Η αξία της είναι τεράστια λόγω της προσαρμοστικότητας της σε ευρύ φάσμα κλιμάτων και της υψηλής περιεκτικότητας σε γλυκαντική ουσία. Η χημική σύσταση της στέβιας δείχνει ότι η στεβια αποτελεί πηγή πολύ χρήσιμων χημικών ουσιών, όπως τα γλυκοζίδια (Στεβιοσίδη κ.ά.), ισοστεβιόλη, φυτοστερόλες, γιββεριλίνη (φυτοορμόνη), χλωροφύλλη (φυσική χρωστική), κ.ά. Σπουδαιότερη από αυτές είναι η Στεβιοσίδη, μία φυσική γλυκαντική ουσία, η οποία μαζί με τη Ρεμπαουδιοσίδη Α και τη Δουλκοσίδη Α είναι 1) έως και 300 φορές πιο γλυκιά από τη ζάχαρη, 2) το ίδιο γλυκιά με τις συνθετικές γλυκαντικές ουσίες αλλά χωρίς τα προβλήματα – παρενέργειες για την υγεία που αποδίδονται σε αυτές και 3) με σχεδόν μηδενική θερμιδική περιεκτικότητα. Η στέβια έχει ως κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα τη μεγάλη γλυκύτητα στα φύλλα της, χλωρά ή ξηρά, έως και 10 – 14 φορές περισσότερο σε σχέση με τη γνωστή μας ζάχαρη. Οι γλυκαντικές ουσίες που καθιστούν τα φύλλα της στέβιας τόσο γλυκά είναι γνωστές ως γλυκοζίδια της στεβιόλης, από τη χημική τους σύσταση.

Εκτός από τη γλυκύτητα η στεβιόλη και η ισοστεβιόλη (μεταβολικές συνιστώσες της στεβιοσίδης) μπορούν να έχουν και θεραπευτικές ιδιότητες, καθώς έχουν αντιυπεργλυκαιμική, αντιυπερτασική, αντιυποτασική, αντιμικροβιακή, αντιφλεγμονώδη, αντικαρκινική, αντιδιαρροϊκή, διουρητική και ανοσορυθμιστική δράση. Καθώς επίσης και άλλες δράσεις όπως αντιβακτηριακή, αντιμυκητιακή, αντιμικροβιακή, αντιοικική, καρδιοτονική, αγγειοδιασταλτική, τονωτική και βοηθάει στην επουλωτική πληγών. Είναι ενδιαφέρον να σημειώσουμε ότι οι επιδράσεις στα

επίπεδα γλυκόζης πλάσματος και στην αρτηριακή πίεση παρατηρούνται μόνο όταν αυτοί οι παράμετροι είναι υψηλότερες από το κανονικό (Chatsudthipong, V. et al., 2009; Tadhani, M.B. et al., 2007). Οι μοναδικές ιδιότητές της παρέχουν στην επιστήμη των τροφίμων ένα ακόμα εργαλείο για να παράγουν καινοτόμα τρόφιμα και ποτά για να ικανοποιήσουν τη ζήτηση των καταναλωτών για πολύ καλή γεύση χωρίς τις θερμίδες της κρυσταλλικής ζάχαρης (Prakash, I. et al., 2008)

4.3 Χαρούπι

Η χαρουπιά είναι ένα από τα πιο χρήσιμα δέντρα της λεκάνης της Μεσογείου με εφαρμογή στη βιομηχανία τροφίμων ως πηγή κόμμεος. Χρησιμοποιείται για την παραγωγή αλεύρων από φύτρο χαρουπιού με υψηλή περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες και ιδιαίτερα ακόρεστα λιπαρά, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διαιτητικό τρόφιμο (Dakia et al., 2007). Σήμερα, το χαρούπι αξιοποιείται κατά κύριο λόγο για το βιομηχανικό μετασχηματισμό των σπόρων, για την απόκτηση του αλεύρου του ενδοσπερμίου από το οποίο παραλαμβάνεται το κόμμι χαρουπιού που χρησιμοποιείται ως πυκνωτικό μέσο σε παρασκευάσματα τροφίμων λόγω της ικανότητας του να σχηματίζει διαλύματα με υψηλό ιξώδες και για τη σταθεροποίηση των προϊόντων. Το άλευρο από φύτρο χαρουπιού έχει παραδοσιακά χρησιμοποιηθεί ως πρωτεϊνικό συμπλήρωμα σε ζωοτροφές και σε τρόφιμα που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, λόγω της καλά ισορροπημένης περιεκτικότητας του σε αμινοξέα. Το άλευρο αυτό έχει ταυτοποιηθεί πως έχει όμοιες ιδιότητες με αυτές της γλουτένης. (Wang et al., 2001).

Το χαρούπι έχει πολύ υψηλή θρεπτική αξία αφού η σάρκα του περιεχει 80% πρωτεΐνη, ασβέστιο, φώσφορο, σίδηρο και βιταμίνες. Το χαρούπι θεωρείται φυσικό γλυκαντικό (40-45%) ζάχαρη όμως είναι πλούσιο σε βιταμίνες του συμπλέγματος B (B2/B3/B6) και μέταλλα όπως το ασβέστιο και ο φώσφορος. Δεν περιεχει φαινυλαιθυλαμίνες που περιέχονται στην σοκολάτα και προκαλούν ημικρανίες. Το ασβέστιο του χαρουπιού είναι διπλάσιο από αυτό του καφέ και χωρίς το οξαλικό οξύ του κακάο που εμποδίζει την απορρόφηση του ασβεστίου.

Το χαρουπάλευρο έχει βιταμίνη Α και εκτός από τα προαναφερθέντα μέταλλα υπάρχουν σ αυτό χαλκός, μαγγάνιο, κάλιο, μαγνήσιο, ψευδάργυρος και σελήνιο (Μπαλαφούτη, 2012). Επίσης το αλεύρι του χαρουπιού χρησιμοποιείται στην επιστήμη τροφίμων ως ένα φυσικό συστατικό στη δημιουργία νέων λειτουργικών τροφίμων , που θα έχουν βάση την υψηλή περιεκτικότητα σε φυτικές ίνες και τα χαμηλά επίπεδα λίπους, καθώς και τη χαμηλή περιεκτικότητα σε αλκαλοειδή.

4.4 Ελαιόλαδο

Η ελιά κατάγεται, σύμφωνα με τις επικρατούσες επιστημονικές αντιλήψεις, από την ευρύτερη γεωγραφική περιοχή που ορίζεται από τις ακτές της ανατολικής Μεσογείου, τη Μέση Ανατολή, το Ιράν και τους πρόποδες του νότιου Καυκάσου. Κατά άλλους όμως ερευνητές η ελιά διασώθηκε, από την τελευταία περίοδο των παγετώνων, σε δυο περιοχές καταφύγια, το ένα στη Συρία στη Μέση Ανατολή και το άλλο στη βορειοδυτική Αφρική και ειδικότερα στο Μαρόκο και την Αλγερία (Κωστελένιος, 2012).

Το ελαιόλαδο θεωρείται από πολλούς ως το ιδανικότερο λιπαρό, λόγω της σύνθεσης των οξέων που περιεχει, αλλά και λόγω των οργανοληπτικών του χαρακτηριστικών. Από την αρχαιότητα το λάδι κατατασσόταν σε ποιότητες και ήταν ονομαστά, ελαιόλαδα διάφορων περιοχών.

Η ποιότητα του ελαιόλαδου επηρεάζεται από την ποικιλία του ελαιόδεντρου, το κλίμα της περιοχής, την εποχή και τον τρόπο του μαζέματος. εκτός όμως από αυτές τις φυσικές συνθήκες, την ποιότητα του τελικού προϊόντος επηρεάζουν οι συνθήκες χειρισμού του καρπού πριν την ελαιοποίηση και ο τρόπος εξαγωγής του λαδιού (Κωστελένιος, 2012).

4.4.1 Χημική Σύσταση του Ελαιόλαδου

Το ελαιόλαδο αποτελείται κυρίως από τριακυγλυκερόλες (τριγλυκερίδια ή λίπη) και περιέχει μικρές ποσότητες ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA), γλυκερόλες,

φωσφατίδια, χρωστικές και αρωματικές ενώσεις, στερόλες και μικροσκοπικά τμήματα καρπού.

Οι τριακυγλυκερόλες είναι η κύρια πηγή ενέργειας για τα φυτά και τα ζώα. από χημικής άποψης, αυτά τα μόρια προκύπτουν από τη φυσική εστεροποίηση τριών μορίων λιπαρών οξέων με ένα μόριο γλυκερόλης. Το μόριο της γλυκερόλης είναι της μορφής E, με τα λιπαρά οξέα να σχηματίζουν διαδοχικές ανθρακικές αλυσίδες (στην περίπτωση του ελαιόλαδου με 14 ως 24 άτομα άνθρακα).

Τα κύρια λιπαρά οξέα των τριακυγλυκερολών του ελαιόλαδου είναι:

- Το ολεϊκό οξύ (C18:1), ένα μονοακόρεστο Ω-9 λιπαρό οξύ. Ανέρχεται στο 55 με 83% του συνόλου του ελαιόλαδου.
- Το λινολεϊκό οξύ (C18:2), ένα πολυακόρεστο Ω-6 λιπαρό οξύ που αποτελεί το 3,5 με 21% του ελαιόλαδου.
- Το παλμιτικό οξύ (C18:0), ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ που αποτελεί το 7,5 με 20% του ελαιόλαδου.
- Το στεαρικό οξύ (C18:3), ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ που αποτελεί το 0,5 με 5% του ελαιόλαδου.
- Ο λινολενικό οξύ (C18:3), (συγκεκριμένα το α- λινολενικό οξύ), ένα πολυακόρεστο Ω-3 λιπαρό οξύ που δεν υπερβαίνει το 1,5%.

Στο ελαιόλαδο περιέχεται περισσότερο ολεϊκό οξύ και λιγότερο λινολεϊκό και λινολενικό από τα υπόλοιπα φυτικά έλαια, δηλαδή περιεχει περισσότερα μονοακόρεστα λιπαρά οξέα. Αυτό καθιστά το ελαιόλαδο πιο ανθεκτικό στην οξειδωση, Επειδή γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός των διπλών δεσμών σε ένα λιπαρό οξύ, τόσο πιο ασταθές και ευάλωτο είναι στις υψηλές θερμοκρασίες, το φως και άλλους οξειδωτικούς παράγοντες (Κωστελένιος, 2012).

4.4.2 Αντιοξειδωτικές Ουσίες στο Ελαιόλαδο

Η ελαιοευρωπεΐνη, η τυροσόλη, η υδροξυτυροσόλη και το σκουαλένιο (ένας υδρογονάνθρακας και τριτερπένιο, πρόδρομη ένωση της χοληστερόλης και άλλων

στεροειδών) αποτελούν τις αντιοξειδωτικές ουσίες του ελαιόλαδου. Οι ενώσεις αυτές, με τη συνεισφορά της α-τοκοφερόλης (βιταμίνη E) και του φυτικού λιπαρού οξέος, \ του ελαϊκού οξέος, εκκαθαρίζουν τις ελεύθερες ρίζες και μειώνουν τις οξειδωτικές βλάβες και το οξειδωτικό stress των αερόβιων οργανισμών. Αυτή η αντιοξειδωτική και βακτηριοκτόνος δράση, όπως και άλλες βιταμίνες και ιχνοστοιχεία (κυρίως σελήνιο) είναι εξαιρετικά ευεργετικές για την υγεία του ανθρώπου. Άλλα συστατικά του ελαιόλαδου είναι τα οξέα καφεϊκό, βανιλικό, συριγγικό και κουμαρικό. Άλλες αντιοξειδωτικές ενώσεις που υπάρχουν στο ελαιόλαδο είναι διάφορα φλαβονοειδή και οι ανθοκυανίνες (Visioli et al., 1998).

Το ελαιόλαδο περιέχει υψηλά επίπεδα μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (MUFA) καθώς και πληθώρα βιοδραστικών συστατικών. Από αυτά, τα φαινολικά συστατικά είναι τα εκτενέστερα μελετημένα. Σχετικά με τα οφέλη των MUFA στην ανθρώπινη υγεία, ο Αμερικανικός Οργανισμός Τα φαινολικά του συστατικά έχουν δείξει αντιφλεγμονώδεις και χημειο-προστατευτικές ιδιότητες. Η ολεοκανθάλη (oleocanthal) του ελαιόλαδου, έχει αντιφλεγμονώδη δράση. Σε καμία από τις μελέτες, στις οποίες έχει εξεταστεί ο ρόλος των φαινολικών συστατικών του ελαιόλαδου, δεν έχει παρουσιαστεί κυτταροτοξικότητα (Owen et al., 2000).

Οι λόγοι για τους οποίους το ελαιόλαδο είναι πιο ευεργετικό για την υγεία του καταναλωτή σε σχέση με το βούτυρο κακάο (Perez-Jimenez et. al. 2005) είναι επειδή το ελαιόλαδο:

1. Προστατεύει το πεπτικό σύστημα, μειώνει τις πιθανότητες δημιουργίας έλκους.
2. Βοηθά στη σωστή ανάπτυξη των οστών των παιδιών και είναι σημαντικός παράγοντας ισορροπίας του μεταβολισμού.
3. Είναι όπλο κατά της οστεοπόρωσης, ενώ χάρη στη βιταμίνη E επιβραδύνει την αλλοίωση των κυττάρων που οδηγούν στο φυσικό γήρας.
4. Παίζει σημαντικό ρόλο στη θεραπεία παθήσεων της χολής και δρα ανασταλτικά στο σχηματισμό χολόλιθων.
5. Μειώνει την κακή χοληστερίνη και αυξάνει την καλή. Η σταθερή κατανάλωση ελαιόλαδου μειώνει τη θνησιμότητα από καρδιαγγειακά και εγκεφαλικά νοσήματα.
6. Συμβάλλει στην αποφυγή της ανάπτυξης αρκετών μορφών καρκίνου και ιδιαίτερα του καρκίνου του μαστού.

7. Η κατανάλωση ελαιολάδου σε συνδυασμό με ψάρι, μειώνει στο 1/4 τις πιθανότητες πρόκλησης ρευματοειδούς αρθρίτιδας.
8. Βελτιώνει την κινητικότητα του παχέως εντέρου.
9. Παρουσιάζει αξιόλογη ευεργετική δράση στη θεραπεία του διαβήτη.
10. Προστατεύει τον οργανισμό από την δημιουργία θρομβώσεων.

4.5 Σκοπός

Σκοπός αυτής της διατριβής είναι η μελέτη της ρόλου του λίπους στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της κουβερτούρας με στόχο την περαιτέρω κατανόηση της επίδρασης του ελαιολάδου στην παρασκευή καινοτομικής σοκολάτας

Δύο ήταν οι τρόποι που έγινε η προσέγγιση του σκοπού:

- A) Μελέτη εμπορικών δειγμάτων μαύρης σοκολάτας που περιέχουν βούτυρο κακάο σε διαφορετικές συγκεντρώσεις με στόχο τη συσχέτιση ποιοτικών χαρακτηριστικών με τον ρόλο του λίπους.
- B) Σταδιακή - μερική αντικατάσταση του βούτυρο κακάου με ελαιόλαδο σε μοντέλα εργαστηριακής σοκολάτας με στόχο την διερεύνηση του ρόλου το ελαιόλαδου στα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους.

5. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1 ΜΕΡΟΣ Α΄

Στο πρώτο μέρος της διατριβής μελετήθηκαν σοκολάτες του εμπορίου που περιείχαν βούτυρο κακάο σε διαφορετικές αναλογίες. Το κάθε δείγμα σοκολάτας θερμάνθηκε σε μπεν μαρί με τη χρήση θερμαινόμενης ηλεκτρικής πλάκας και στη συνέχεια ψύχθηκε έως ότου η θερμοκρασία τους να φτάσει τους 31°C. Όλα τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε θήκες, τυλίχθηκαν με διαφανή μεμβράνη και συντηρήθηκαν στην ψύξη στους 5°C και την κατάψυξη στους -20°C για 15 ημέρες μέχρι να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Τα δείγματα της κατάψυξης (-20 °C) παρέμειναν στους 5°C για 9 ώρες πριν αναλυθούν και να αποκτήσουν την επιθυμητή θερμοκρασία

Σύσταση Δειγμάτων Εμπορικής Μαύρης Σοκολάτας

- **Συστατικά σοκολάτας με περιεκτικότητα 47,8% σε βούτυρο κακάο:** πάστα κακάο, ζάχαρη, βούτυρο κακάο, άρωμα βανίλιας. Στερεά κακάο 80% min.
Ενέργεια Ανά 100g : 2439 kJ / 589 kcal.
- **Συστατικά σοκολάτας με περιεκτικότητα 38,5 % σε βούτυρο κακάο:** μάζα κακάο, ζάχαρη, βούτυρο κακάο, γαλακτωματοποιητής: λεκιθίνη σόγιας, αρωματική ύλη: βανιλίνη. Στερεά κακάο 72% min.
Ενέργεια Ανά 100g : 2424 kJ / 580 kcal.
- **Συστατικά σοκολάτας με περιεκτικότητα 43% σε βούτυρο κακάο:** πάστα κακάο, ζάχαρη, βούτυρο κακάο, άρωμα βανίλιας. Στερεά κακάο 71% min.
Ενέργεια Ανά 100g : 2364 kJ / 570 kcal.
- **Συστατικά σοκολάτας με περιεκτικότητα 30,5% σε βούτυρο κακάο:** ζάχαρη, μάζα κακάο, βούτυρο κακάο, γαλακτωματοποιητής: λεκιθίνη σόγιας, φυσικό εκχύλισμα βανίλλης. Στερεά κακάο 50% min.
Ενέργεια Ανά 100g : 2261 kJ / 540 kcal.

Όλα τα δείγματα αναλύθηκαν τρεις φορές ως προς βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά
α) δομή και β) χρώμα.

5.1.1 ΜΕΘΟΔΟΙ

5.1.1.1 Μέτρηση Δομής

Οι μετρήσεις σκληρότητας πραγματοποιήθηκαν με τη συσκευή αναλυτή δομής *Computer Controlled Electronic Tester* (TC1000). Η συσκευή αυτή έχει σχεδιαστεί και ρυθμιστεί να ελέγχεται από ηλεκτρονικό υπολογιστή και μετρά τη συμπίεση των δειγμάτων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα σοκολατάκια διατηρούνταν στους 5°C και -20 °C αντίστοιχα. Η διάμετρος, το ύψος και το πλάτος των δειγμάτων ήταν 3,1 cm, 1,65cm και 22,5 cm αντίστοιχα. Η ταχύτητα καθόδου του εμβόλου ήταν 100 mm/s. Η διάμετρος του εμβόλου ήταν 3,0 cm και η μέγιστη παραμόρφωση 72%. Η σκληρότητα εκφράστηκε σε N. η μέτρηση επαναλήφθηκε 3 φορές για το κάθε δείγμα.

5.1.1.2 Μέτρηση Χρώματος

Για τη μέτρηση του χρώματος των σοκολατών χρησιμοποιήθηκε το χρωματόμετρο MiniScan XE Plus (Hunterlab, Virginia, USA), ώστε να προσδιοριστούν οι τιμές L*, a* και b*. Το χρωματόμετρο βαθμονομήθηκε με πρότυπο μια λευκή και μια μαύρη πλάκα. Η τιμή L* δείχνει τη φωτεινότητα ή τη λαμπερότητα που κυμαίνεται από 0 (μαύρο) έως 100 (λευκό), η τιμή a* δείχνει τη διαβάθμιση του χρώματος από πράσινο (-a*) έως κόκκινο (+a*) και η τιμή b* τη διαβάθμιση από μπλε (-b*) σε κίτρινο (+b*). Αυτές οι δυο χρωματικές συνιστώσες κυμαίνονται από - 120 έως +120. Οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν για το κάθε δείγμα ήταν 3.

5.2 ΜΕΡΟΣ Β΄

5.2.1. Παρασκευή Μοντέλων Εργαστηριακής Σοκολάτας

Στο δεύτερο μέρος του πειράματος παρασκευάσαμε σοκολάτα στο εργαστήριο. Η συνταγή επαναλήφθηκε με προσθήκη βούτυρου κακάο και ελαιόλαδου σε 60 g λιωμένης κουβερτούρας και 20 g σκόνης κακάο σε αναλογίες 0g βούτυρο κακάο – 20g ελαιόλαδο, 5g βούτυρο κακάο – 15g ελαιόλαδο, 10g βούτυρο κακάο – 10g ελαιόλαδο, 15g βούτυρο κακάο – 15g ελαιόλαδο και 20g βούτυρο κακάο – 0g ελαιόλαδο. Τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε θήκες και συντηρήθηκαν στην ψύξη στους 5°C και την κατάψυξη στους -20°C για 7 ημέρες μέχρι να πραγματοποιηθούν οι μετρήσεις. Τα δείγματα της κατάψυξης (-20°C) παρέμειναν στους 5°C για 9 ώρες πριν αναλυθούν και να αποκτήσουν την επιθυμητή θερμοκρασία.

Πίνακας 5.1. Σύσταση των μοντέλων σοκολάτας που παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο

Μεταχείριση	Συστατικά σε g			
	Κουβερτούρα	Σκόνη κακάο	Βούτυρο κακάο	Ελαιόλαδο
Δ1	60	20	0	20
Δ2	60	20	5	15
Δ3	60	20	10	10
Δ4	60	20	15	5
Δ5	60	20	20	0

5.2.2 Υλικά

Για την παρασκευή σοκολάτας χρησιμοποιήθηκαν τα εξής συστατικά:

- 1) **Βιολογικό βούτυρο κακάο CRIOLLO.** το βούτυρο κακάο είναι φαγώσιμο και έχει ευχάριστο σοκολατένιο άρωμα. Είναι προϊόν βιολογικής γεωργίας. Ελήφθη από την εταιρία Ιπποκράτειος Διατροφή (Αθήνα, Ελλάδα).
- 2) **Σκόνη κακάο.** Το κακάο σε σκόνη περιεχει 20 – 22% λιπαρά. Προέρχεται από την εταιρία Γιώτης (Αθήνα, Ελλάδα).
- 3) **Ελαιόλαδο.** Προέρχεται από το Μανταμάδο της Λέσβου. Σοδειάς 2015 με οξύτητα 0,3.
- 4) **Κουβερτούρα Εμπορική: Συστατικά σοκολάτας με περιεκτικότητα 32% βούτυρο κακάο:** πάστα κακάο, ζάχαρη, βούτυρο κακάο, άρωμα βανίλιας. Στερεά κακάο 43% min.

5.2.3 Μεθοδολογία

Όλα τα δείγματα αναλύθηκαν τρεις φορές ως προς βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά

α) δομή και β) χρώμα. Οι μετρήσεις έγιναν με την ίδια μεθοδολογία όπως στην ενότητα 5.1.1 ΜΕΘΟΔΟΙ.

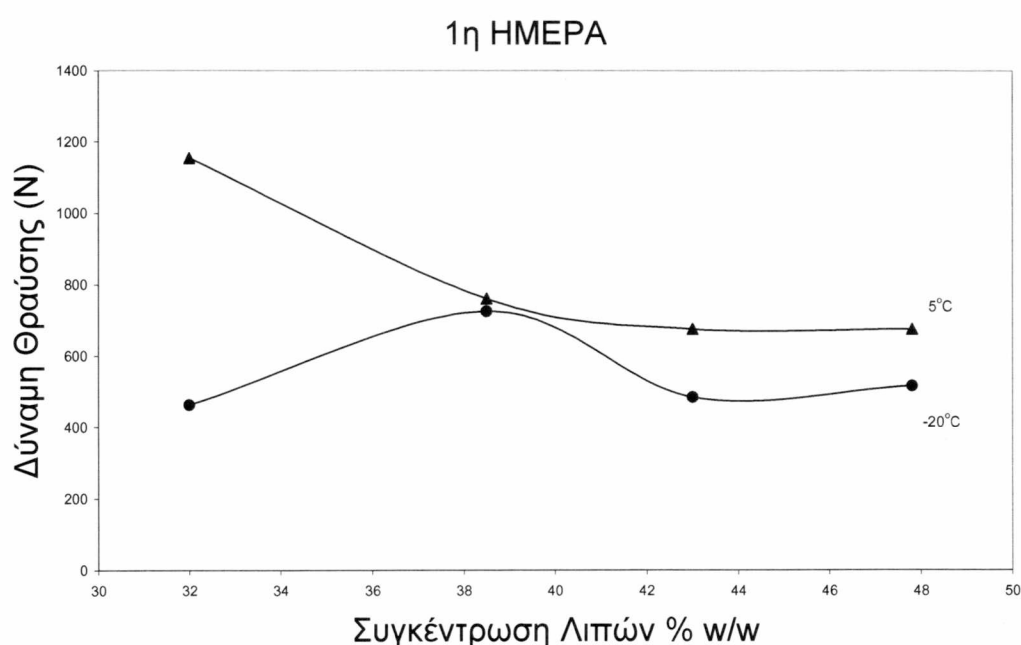
6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

6.1 ΜΕΡΟΣ Α΄ – ΣΟΚΟΛΑΤΕΣ ΕΜΠΟΡΙΟΥ

6.1.1. Μετρήσεις Δομής

Αρχικά, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σκληρότητας στις παρακάτω σοκολάτες εμπορίου. Μελετήθηκαν τέσσερα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C για 15 ημέρες. Το πρώτο δείγμα είχε 32%, το δεύτερο 38,5%, το τρίτο 43% και το τέταρτο 47,8% περιεκτικότητα σε βούτυρο κακάο.

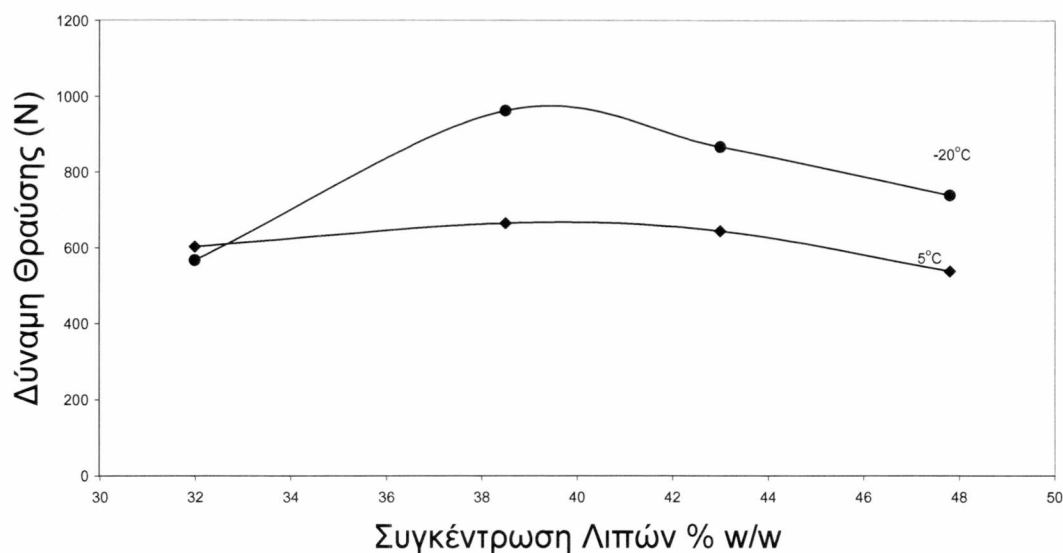
Από τις μετρήσεις προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.



Διάγραμμα 6.1 Πρώτη ημέρα αποθήκευσης των εμπορικών σοκολατών με διαφορετικές συγκεντρώσεις λιπών στους 5°C και τους -20 °C.

Παρατηρούμε ότι στα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C η δύναμη που απαιτούνταν για τη θραύση τους μειωνόταν όσο αυξανόταν η συγκέντρωση των λιπών μέχρι 43% w/w και εμφάνιζαν μια σταθεροποίηση στις τιμές της. Οι σοκολάτες που έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λιπαρές ύλες, πάνω από 28% w/w είναι πιο μαλακές καθώς μειώνονται οι ενδοσωματιδιακές αλληλεπιδράσεις, και το υπόλοιπο λίπος που προστίθεται άνω του 28% γεμίζει τα κενά μεταξύ των σωματιδίων και μειώνει την αντίσταση (Beckett, 2000). Ενώ όταν το ποσοστό της συγκέντρωσης των λιπών υπερέβαινε το 39% w/w στα δείγματα που συντηρήθηκαν στους -20 °C, προκαλούνταν πτώση της απαιτούμενης δύναμης θραύσης.

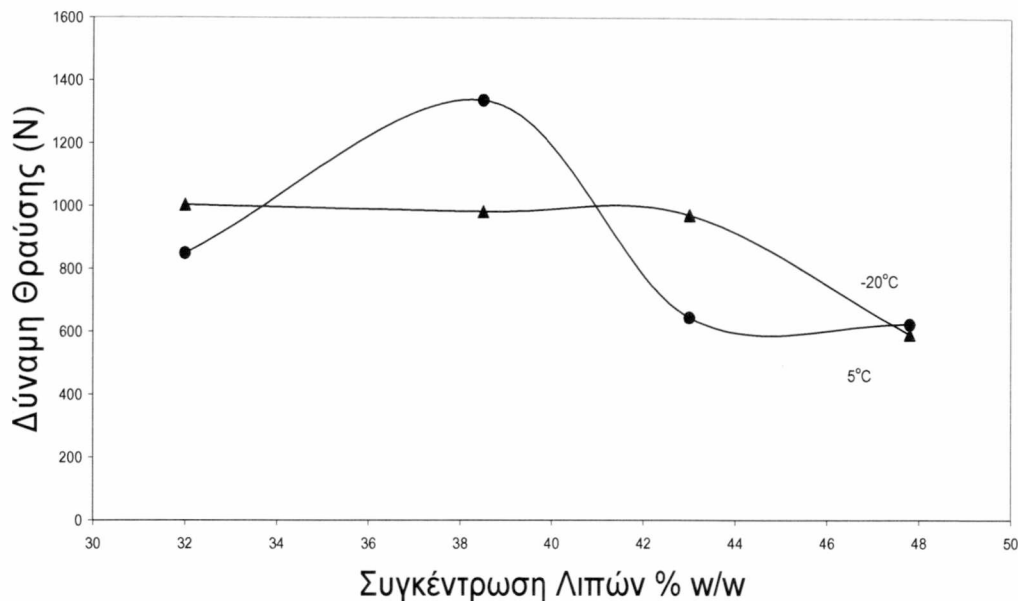
7η ΗΜΕΡΑ



Διάγραμμα 6.2 Έβδομη ημέρα αποθήκευσης των εμπορικών σοκολατών με διαφορετικές συγκεντρώσεις λιπών στους 5°C και τους -20 °C.

Όπως φαίνεται στο παραπάνω διάγραμμα των 7 ημερών, τα δείγματα στα οποία η κρυστάλλωση του λίπους έλαβε χώρα στους -20°C ήταν πιο μαλακά, σε σχέση με αυτά που ολοκληρώθηκε στους 5 °C με εξαίρεση την χαμηλότερη συγκέντρωση λίπους 32% w/w. Όταν η κρυστάλλωση λαμβάνει χώρα σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες προωθείται ο σχηματισμός ασταθών πολυμόρφων (κρύσταλλοι α και β μορφής) (Hartel, 2001). Επίσης, σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 0 °C, η περιεχόμενη υγρασία σχηματίζει παγοκρυστάλλους με αυξημένο μέγεθος, οι οποίοι όταν τα δείγματα επανατοποθετούνται στους 5 °C, μειώνεται ο όγκος τους και δημιουργούνται κενά όπου καλύπτονται από μετακίνηση μορίων λίπους δημιουργώντας πιο πλαστικές δομές που οδηγούν σε μικρότερες δυνάμεις θραύσης. Οι κρύσταλλοι των λιπιδίων συμμετέχουν σε κατάλληλους γεωμετρικούς σχηματισμούς και σχηματίζουν την υφή και την δομή της σοκολάτας.

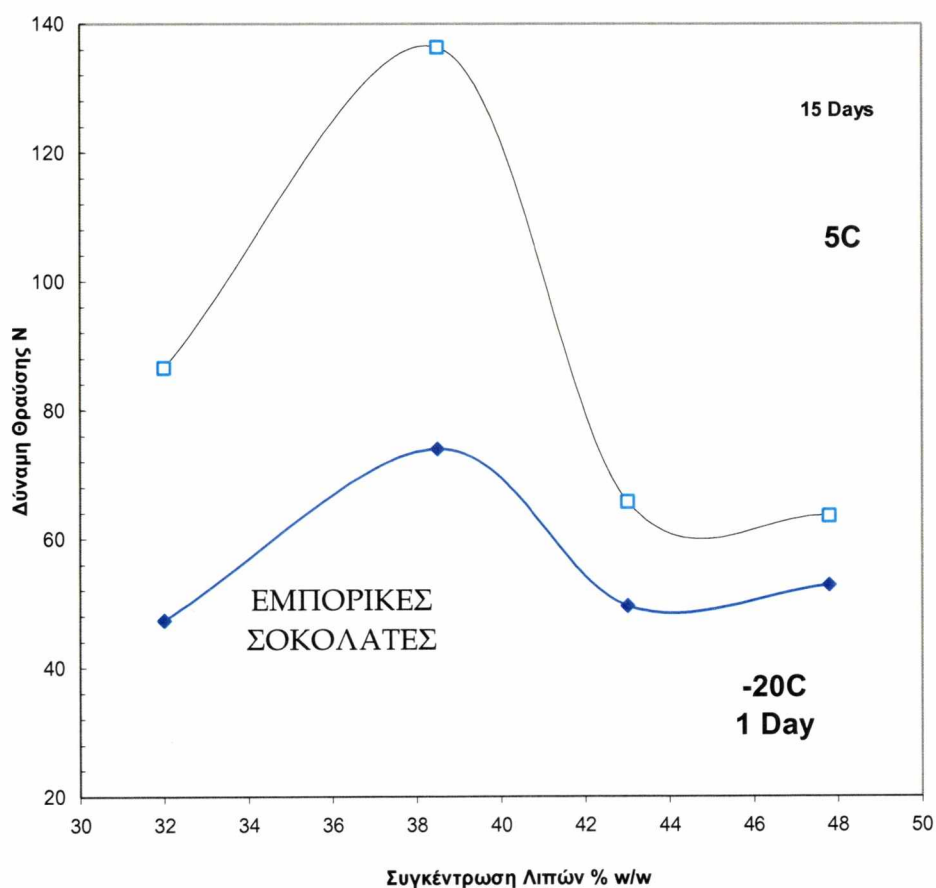
15η ΗΜΕΡΑ



Διάγραμμα 6.3 Δέκατη πέμπτη ημέρα αποθήκευσης των εμπορικών σοκολατών με διαφορετικές συγκεντρώσεις λιπών στους 5°C και τους -20°C.

Η συμπεριφορά των εμπορικών δειγμάτων είναι τελείως διαφορετική μετά από 15 ημέρες αποθήκευσης τόσο τους 5 °C όσο και στους -20 °C. Σε αυτή τη γραφική παράσταση στους 5 °C παρατηρούμε ότι η σοκολάτα με περιεκτικότητα σε 38,7% w/w σε λίπος παραμένει αυτή που απαιτεί τη μεγαλύτερη δύναμη θραύσης. Στις συγκεντρώσεις 32% w/w και 43%w/w παρατηρείται μία ανατροπή σε σχέση με τις προηγούμενες γραφικές της 1 και της 7 ημέρας αποθήκευσης καθώς οι σοκολάτες που αποθηκεύτηκαν στους -20 °C απαιτούσαν μεγαλύτερη δύναμη θραύσης από αυτές που αποθηκεύτηκαν στους 5 °C. Μετά από 15 ημέρες αποθήκευσης οι ασταθείς μορφές κρυστάλλων μετατρέπονται σε σταθερότερες και οι σοκολάτες αρχίζουν να αποκτούν πιο σταθερές δομές. Επίσης στο παρακάτω διάγραμμα φαίνεται ότι ο τρόπος επίδρασης του λίπους επιταχύνεται με την κατάψυξη αφού το προφίλ επίδρασης της συγκέντρωσης λίπους στις δυνάμεις θραύση των δειγμάτων την πρώτη μέρα αποθήκευσης είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο που εμφάνισαν τα εμπορικά δείγματα κατά την αποθήκευση τους για 15 ημέρες στους 5 °C. Η επίδραση των κρυστάλλων του νερού με την μορφή υγρασίας που περιέχεται στα συστατικά της κάθε σοκολάτας όταν καταψυχθεί δημιουργεί κρυστάλλους νερού που καταλαμβάνουν μεγαλύτερο χώρο μέσα στην μάζα της σοκολάτας. Έτσι οι κανονισμένες διατάξεις των λιπιδίων σπρώχνονται και αναγκάζονται να

αναδιαταχθούν ώστε να καταλαμβάνουν λιγότερο χώρο. Κατά την απόψυξη της σοκολάτας στους 5 °C έχουμε μια αργή μετάβαση των μορίων του νερού από την κρυσταλλική μορφή στην υγρή μορφή και τη δημιουργία κενών που επιτρέπουν την διάχυση του λίπους μια και το παγιδευμένο ελεύθερο λίπος καλύπτει τους μεγάλους πόρους που έχουν δημιουργηθεί από τους παγοκρυστάλλους. Σύμφωνα με σύγχρονη βιβλιογραφία και το λίπος που εμπεριέχεται στην κακαόμαζα έχει διαφορετική συμπεριφορά από το υπόλοιπο βούτυρο κακάο σε μία σοκολάτα (Afoakwa, 2008). Από τα πειράματα διαφαίνεται ότι η διαφορετική θερμοκρασία αποθήκευσης για διαφορετικούς χρόνους 5 °C για 15 μέρες και -20 °C για 1 μέρα οδηγεί σε παρόμοιες δομικές συμπεριφορές διαφορετικής έντασης όσο αφορά τη δομή της σοκολάτας.



Διάγραμμα 6.4 Σύγκριση των προφίλ παραμόρφωσης των δειγμάτων των εμπορικών σοκολατών που συντηρήθηκαν για 15 ημέρες στους 5°C και για 1 ημέρα στους -20 °C.

Η κατάψυξη επιταχύνει την δράση του ελεύθερου λίπους με πιο δραστική σταθεροποίηση της δομής των κρυστάλλων και έντονης απόθεσης του ελεύθερου

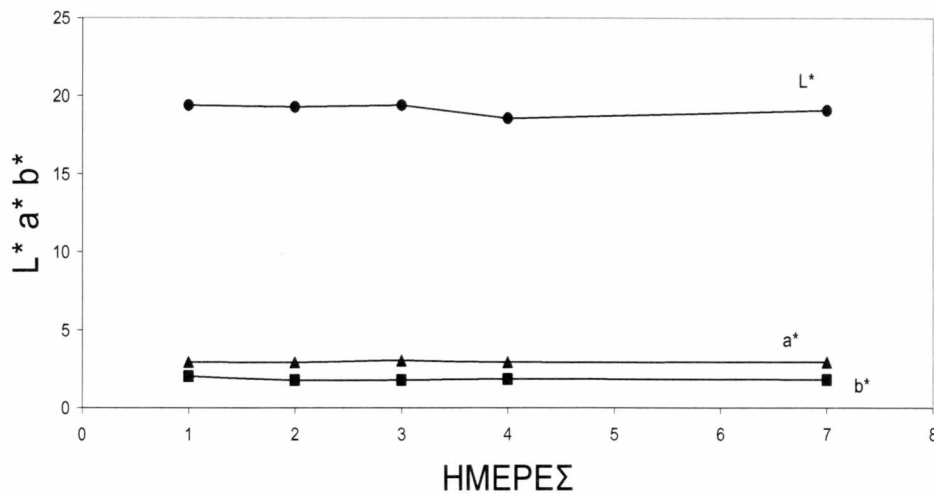
λίπους στα κενά που έχουν δημιουργηθεί σχηματίζοντας πιο μαλακές δομές – μικρότερες δυνάμεις θραύσεις σε όλες τις σοκολάτες.

6.1.2 Μετρήσεις Χρώματος

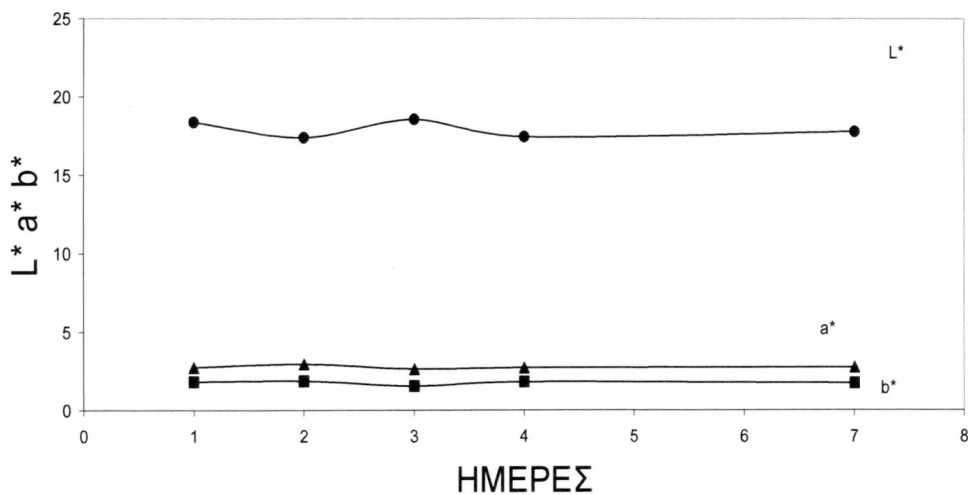
Η δεύτερη μέτρηση που πραγματοποιήθηκε ήταν ο προσδιορισμός του χρώματος στις σοκολάτες του εμπορίου σε δείγματα στους 5°C και στους -20°C.

Για κάθε δείγμα σοκολάτας λάβαμε τα εξής αποτελέσματα:

Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 1
στους 5°C



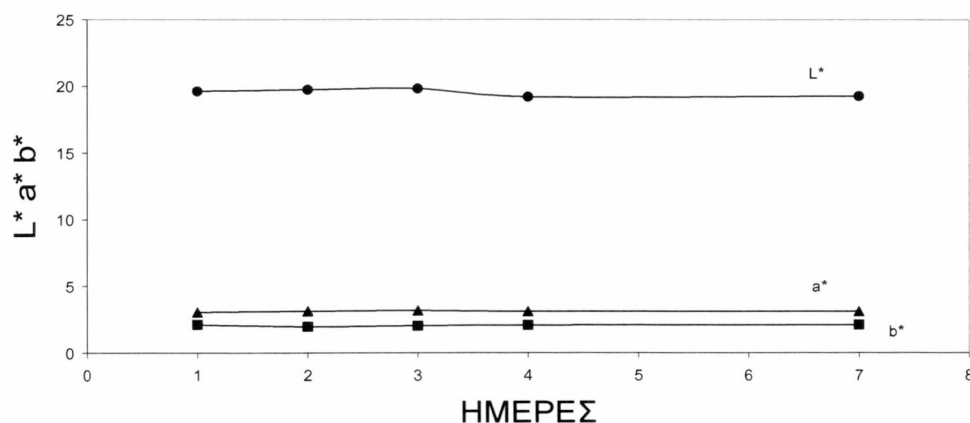
Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 1
στους -20°C



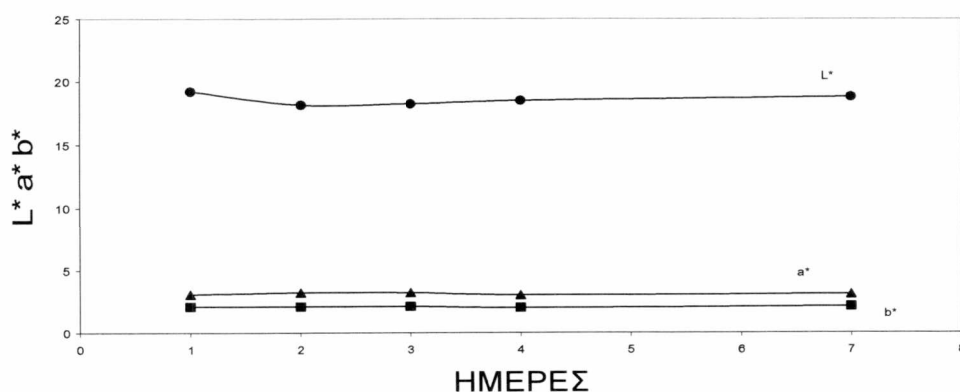
Διάγραμμα 6.5 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 1 με περιεκτικότητα 47,8 % w/w σε βούτυρο κακάο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Στα παραπάνω γραφήματα μελετούμε τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και τους -20°C. Παρατηρούμε ότι στα δειγμάτων που συντηρούνταν στους 5°C η φωτεινότητα L* μεταβάλλεται με το πέρασμα μέχρι και την τέταρτη ημέρα και μετά να σταθεροποιείται ενώ οι τιμές a* και b* παραμένουν σταθερές. Στην φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρούνταν στους -20°C παρατηρούνται μεταβολές από την πρώτη έως και την τέταρτη ημέρα, ενώ κατόπιν αυτή σταθεροποιείται. Αυτό ισχύει και για τις τιμές a* και b*. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν πιο ανοιχτόχρωμα από τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 2 στους 5°C



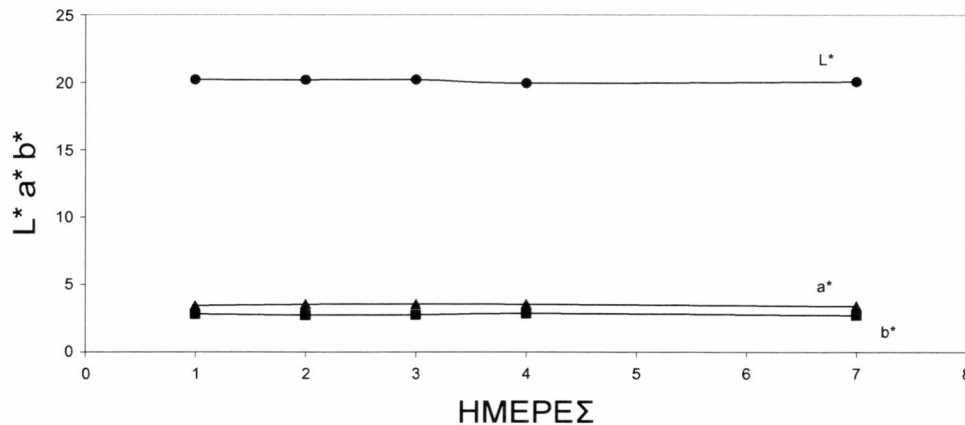
Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 2 στους -20°C



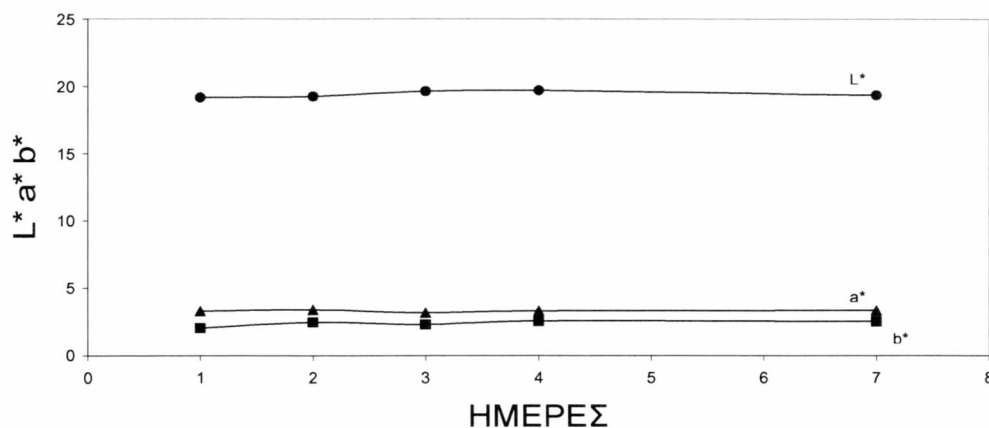
Διάγραμμα 6.6 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 2 με περιεκτικότητα 43 % w/w σε βούτυρο κακάο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Στα παραπάνω γραφήματα μελετούμε τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 2 σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C αντίστοιχα. Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* ήταν σταθερή από την πρώτη έως την τρίτη ημέρα, μειώθηκε την τέταρτη και ήταν σταθερή έως την τελευταία μέτρηση. Η τιμή a* αυξήθηκε ελάχιστα κατά την τρίτη ημέρα, ενώ η τιμή b* βρέθηκε σταθερή σε όλες τις μετρήσεις. Η φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C μειώθηκε από την πρώτη έως την τρίτη μέρα, και κατόπιν ήταν σταθερή. Η τιμή a* αυξήθηκε ελάχιστα κατά τη δεύτερη και τρίτη ημέρα, ενώ η τιμή b* βρέθηκε σταθερή σε όλες τις μετρήσεις. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν πιο ανοιχτόχρωμα από τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 3 στους 5°C



Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 3 στους -20°C

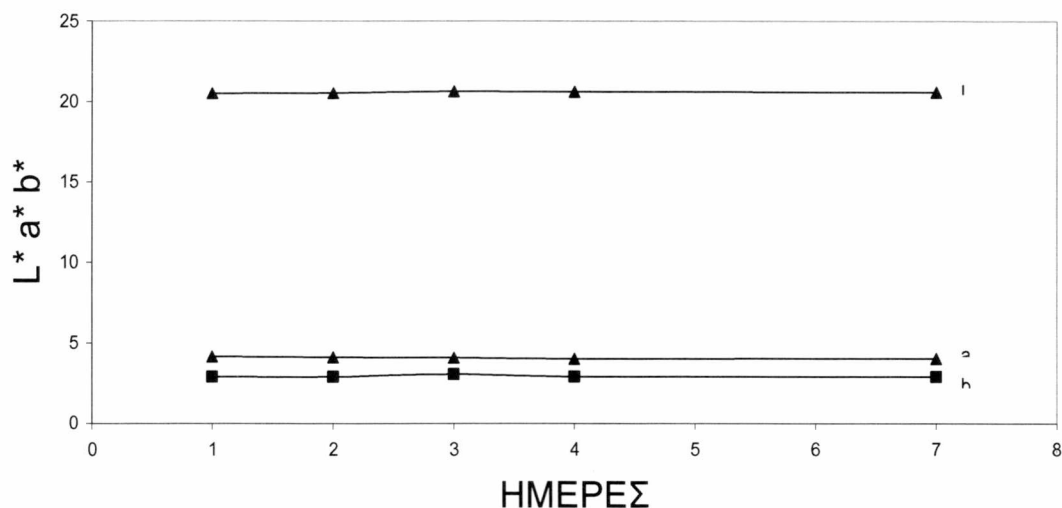


Διάγραμμα 6.7 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 3 με περιεκτικότητα 38,5 % w/w σε βούτυρο κακάο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

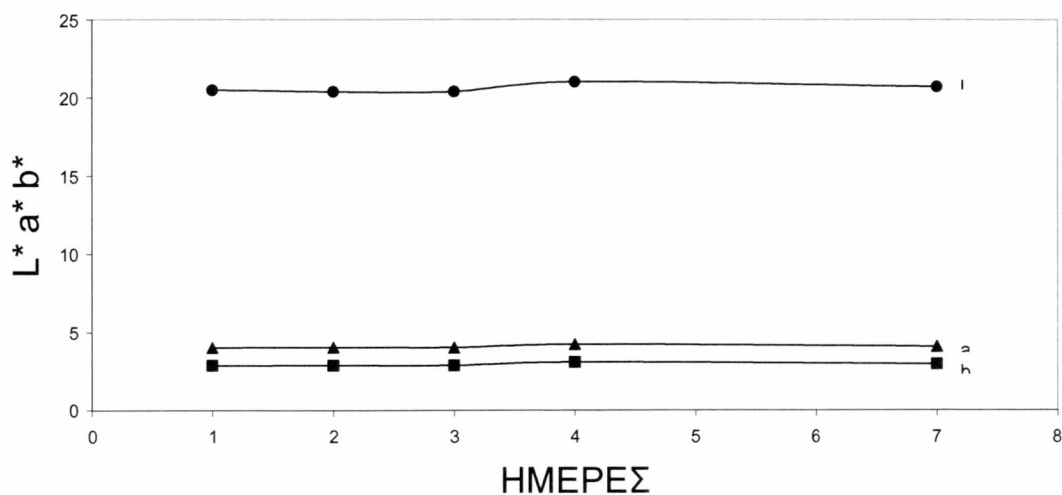
Στα παραπάνω γραφήματα μελετούμε τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 3 σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C αντίστοιχα. Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* ήταν σταθερή σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Η τιμή a* και b* ήταν και αυτές σταθερές σε όλες τις μετρήσεις. Η φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C σημείωσε αύξηση από την πρώτη έως την τρίτη μέρα, και κατόπιν ήταν σταθερή. Η τιμή a* αυξήθηκε ελάχιστα κατά τη δεύτερη και τρίτη ημέρα, ενώ η τιμή b* βρέθηκε σταθερή σε όλες τις μετρήσεις. Επίσης, από τα

διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν πιο ανοιχτόχρωμα από τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 4 στους 5°C



Μέτρηση Χρώματος Εμπορικής Σοκολάτας 4 στους -20°C



Διάγραμμα 6.8 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 4 με περιεκτικότητα 38,5 % w/w σε βούτυρο κακάο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Στα παραπάνω γραφήματα μελετούμε τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εμπορικής σοκολάτας 4 σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C αντίστοιχα. Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα

L^* ήταν σταθερή σε όλες τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Η τιμή a^* και b^* ήταν και αυτές σταθερές σε όλες τις μετρήσεις. Η φωτεινότητα L^* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C σημείωσε αύξηση κατά την τέταρτη ημέρα, και κατόπιν ήταν σταθερή έως την εβδόμη. Η τιμές a^* και b^* βρέθηκαν και αυτές σταθερές σε όλες τις μετρήσεις. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν το ίδιο φωτεινά με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C . Οι τιμές a^* και b^* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

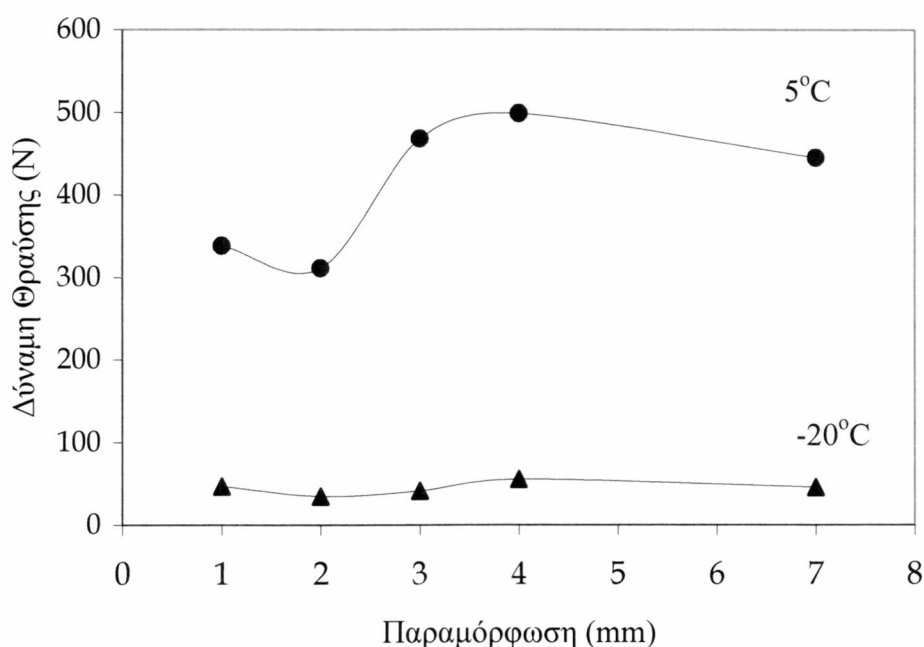
Από το παραπάνω προκύπτει ότι από τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C , η σοκολάτα με τη μεγαλύτερη φωτεινότητα είναι αυτή που έχει περιεκτικότητα 32% σε βούτυρο κακάο και ακολουθούν αυτές με περιεκτικότητα 47,8%, 43% και 38,5%. Όμως οι διαφορές των τιμών τους είναι μικρές. Επίσης, παρόμοια κατάταξη ως προς τη φωτεινότητα είχαν και οι σοκολάτες που συντηρήθηκαν στους -20°C . Οι μεταβολές που παρατηρούνται στη φωτεινότητα των δειγμάτων οφείλονται στις διάφορες μεταστάσεις στη μορφή των κρυστάλλων, που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο αντανακλάται το φως στην επιφάνεια του δείγματος. Λευκό χρώμα που να οφείλεται σε μη σωστή κρυστάλλωση του λίπους δεν παρατηρήθηκε σε καμία από τις εμπορικές σοκολάτες είτε αποθηκεύτηκαν στους 5°C είτε στους -20°C .

6.2 ΜΕΡΟΣ Β΄ - ΣΟΚΟΛΑΤΕΣ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ

6.2.1 Μετρήσεις δομής

Στη συνέχεια της διατριβής, προκειμένου να μελετήσουμε το ρόλο των λιπαρών στη δομή της σοκολάτας παρασκευάσαμε σοκολάτα στο εργαστήριο αντικαθιστώντας μέρος του βούτυρο κακάο με ελαιόλαδο και μετρήθηκε η σκληρότητα και το χρώμα της. Το πρώτο δείγμα περιέχει 0% w/w ελαιόλαδο.

Εργαστηριακή Σοκολάτα με 0% w/w Ελαιόλαδο

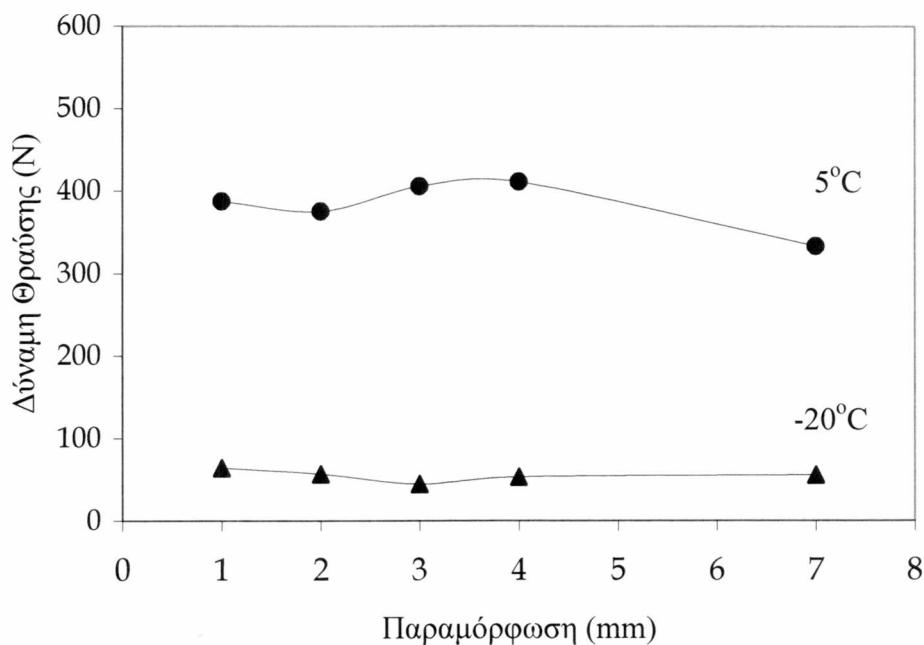


Διάγραμμα 6.8 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 0 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Κατά την αποθήκευση στους 5 °C παρατηρούμε ότι τα δείγματα που περιέχουν μόνο βούτυρο κακάο, τις πρώτες μέρες απαιτούν μικρότερη δύναμη για να σπάσουν ενώ με το πέρασμα των ημερών οι τιμές των δυνάμεων μεγάλωναν για να παρατηρήσουμε μία μικρή πτώση την 7 ημέρα αποθήκευσης. Επίσης στους -20 °C παρατηρούμε ότι τα δείγματα την δεύτερη και τρίτη ημέρα αποθήκευσης απαιτούν μικρότερη δύναμη

θραύσης, ενώ από την τέταρτη σημειώνεται μικρή αύξηση. Σε όλα τα δείγματα παρατηρούμε ότι η δύναμη θραύσης που απαιτείται για τα αποθηκευμένα δείγματα στους 5°C είναι μεγαλύτερα από αυτήν που απαιτείται για τα δείγματα που συντηρούνται στους -20°C. Όπως για τις εμπορικές σοκολάτες έτσι και εδώ διαφαίνεται ότι η διαφορετική θερμοκρασία αποθήκευσης για τους ίδιους χρόνους οδηγεί σε διαφορετικές δομικές συμπεριφορές. Η κατάψυξη επιταχύνει την δράση του ελεύθερου λίπους με πιο δραστική σταθεροποίηση της δομής των κρυστάλλων και έντονης απόθεσης του ελεύθερου λίπους στα κενά που έχουν δημιουργηθεί κατά την τήξη των παγοκρυστάλλων σχηματίζοντας πιο μαλακές δομές που απαιτούν μικρότερες δυνάμεις θραύσεις σε όλες τις σοκολάτες.

Εργαστηριακή Σοκολάτα με 5% w/w Ελαιόλαδο

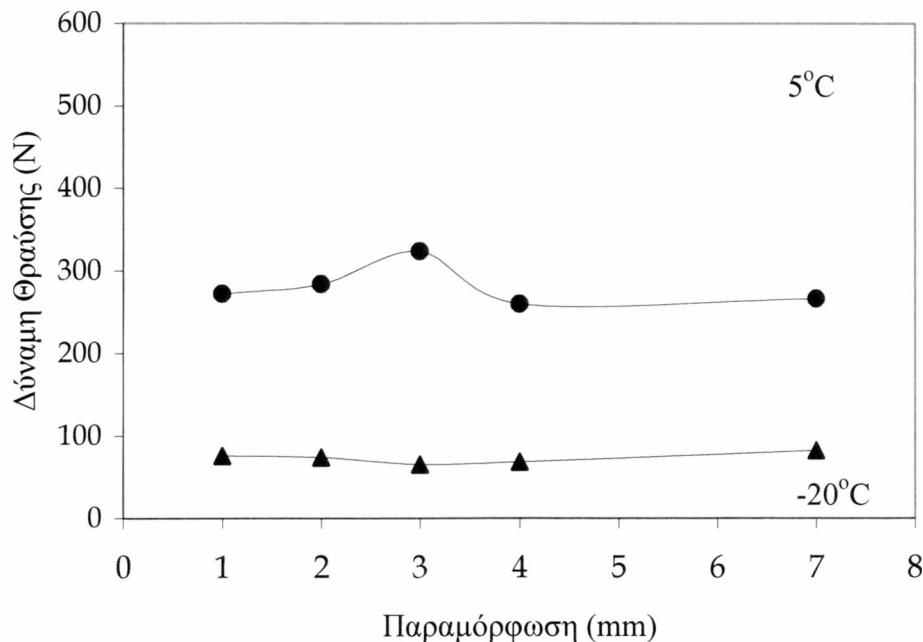


Διάγραμμα 6.9 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 5 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Με την αντικατάσταση 5% w/w βούτυρου κακάο με 5% w/w ελαιόλαδο παρατηρούμε ότι μορφή της γραφικής παράστασης που προκύπτει κατά την αποθήκευση στους 5 °C αλλάζει σε σχέση με αυτή της σοκολάτας με 0% ελαιόλαδο.

Πιο συγκεκριμένα παρατηρούμε ότι τα δείγματα που περιείχαν μόνο βούτυρο κακάο, τις πρώτες δυο μέρες απαιτούσαν μικρότερη δύναμη για να σπάσουν σε σχέση με τη σοκολάτα που περιέχει με 5% w/w ελαιόλαδο το οποίο απαιτεί τη χαμηλότερη δύναμη θραύσης την τρίτη, τέταρτη και έβδομη ημέρα αποθήκευσης στην ίδια θερμοκρασία. Επίσης εμφανίζεται στους -20°C το ίδιο φαινόμενο και για αυτά τα δείγματα όπου η δύναμη θραύσης είναι μικρότερη σε σχέση με αυτή που απαιτείται στους 5°C .

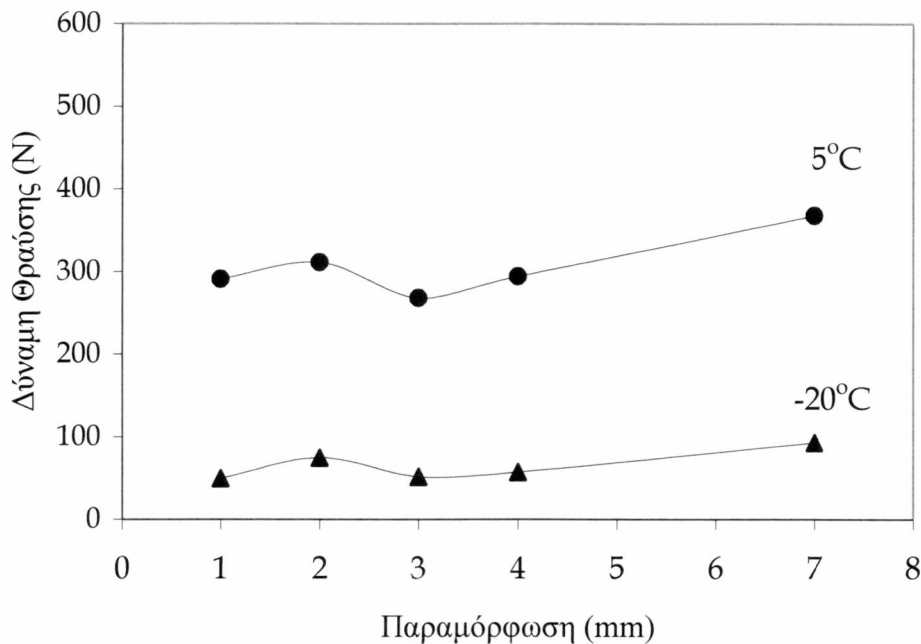
Εργαστηριακή Σοκολάτα με 10% w/w Ελαιόλαδο



Διάγραμμα 6.10 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 10 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C .

Η προσθήκη περαιτέρω ελαιόλαδου 10% w/w με ταυτόχρονη αντικατάσταση 10% w/w βούτυρο κακάο στην εργαστηριακή σοκολάτα επιδρά δυναμικά κατά την αποθήκευση στους 5°C και γενικά σχηματίζονται δομές που απαιτούν χαμηλότερες δυνάμεις θραύσης σε σχέση με τους τύπους σοκολάτας 0% w/w & 5% w/w ελαιόλαδο. Καμία ουσιαστική αλλαγή δεν παρατηρείται για τις συγκεκριμένες σοκολάτες με 10% w/w ελαιόλαδο που αποθηκεύτηκαν στους -20°C συγκριτικά με τα παραπάνω δύο δείγματα.

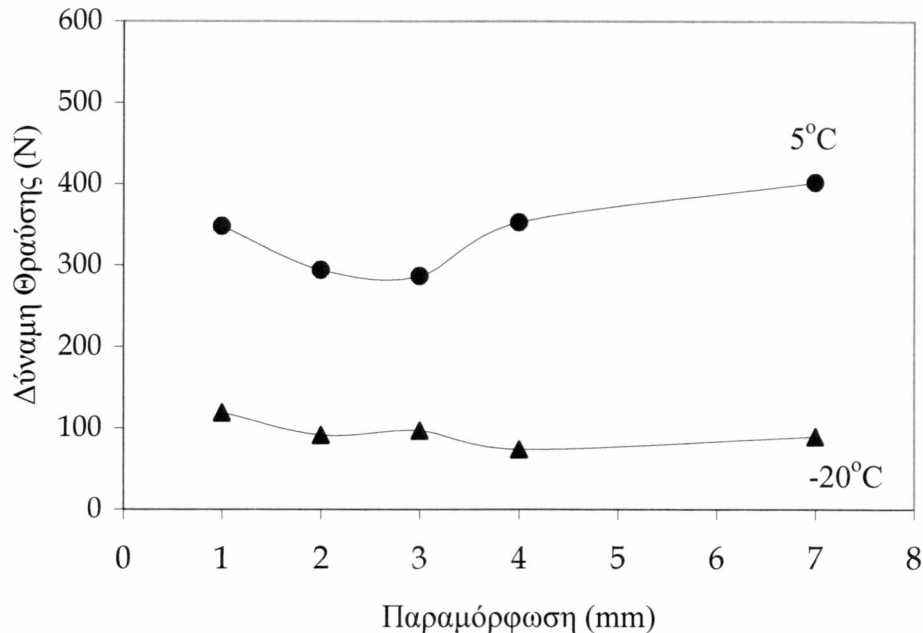
Εργαστηριακή Σοκολάτα με 15% w/w Ελαιόλαδο



Διάγραμμα 6.11 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 15 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Συνεχίζοντας την αντικατάσταση του βούτυρου κακάου με 15% w/w ελαιόλαδο στους 5°C παρατηρήσαμε μια αυξομείωση στις απαιτούμενες δυνάμεις θραύσης κατά την αποθήκευση με την ελάχιστη δύναμη να παρατηρείται την τρίτη ημέρα και τη μέγιστη την εβδομή αποθήκευσης. Παρόμοιο προφίλ συμπεριφοράς παρατηρήσαμε και στα δείγματα που αποθηκεύτηκαν στους -20 °C. Τέλος και εδώ ισχύει ότι και στις παραπάνω εργαστηριακές σοκολάτες ότι δηλαδή οι δυνάμεις θραύσεις των δειγμάτων που αποθηκεύτηκαν στους -20°C είναι πολύ μικρότερες από εκείνες που αποθηκεύτηκαν στους 5 °C.

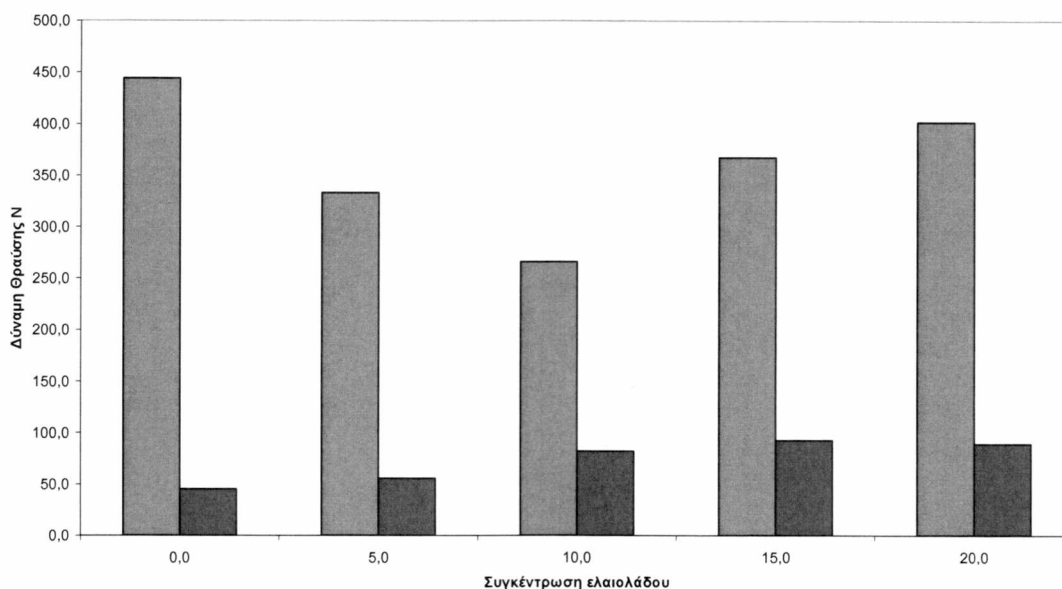
Εργαστηριακή Σοκολάτα με 20% w/w Ελαιόλαδο



Διάγραμμα 6.12 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 20 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Περαιτέρω προσθήκη ελαιόλαδου σε συγκέντρωση 20% w/w με αντίστοιχη αντικατάσταση βούτυρο κακάο οδήγησε στην δημιουργία δειγμάτων στα οποία παρατηρήθηκε στους 5 °C αποθήκευσης μείωση της απαιτούμενης δύναμης θραύσης από την πρώτη έως την τρίτη ημέρα, καθώς και αύξηση από την τέταρτη έως την έβδομη ημέρα. Όταν τα ίδια τα δείγματα συντηρηθήκαν στους -20 °C παρατηρήσαμε πτώση της απαιτούμενης δύναμης θραύσης σε σχέση με τη δύναμη θραύσης που απαιτείται για τα δείγματα που αποθηκεύονται στους 5 °C.

Προσθήκη ελαιόλαδου σε Μαύρη Κουβερτούρα μετά από 7 ημέρες αποθήκευσης

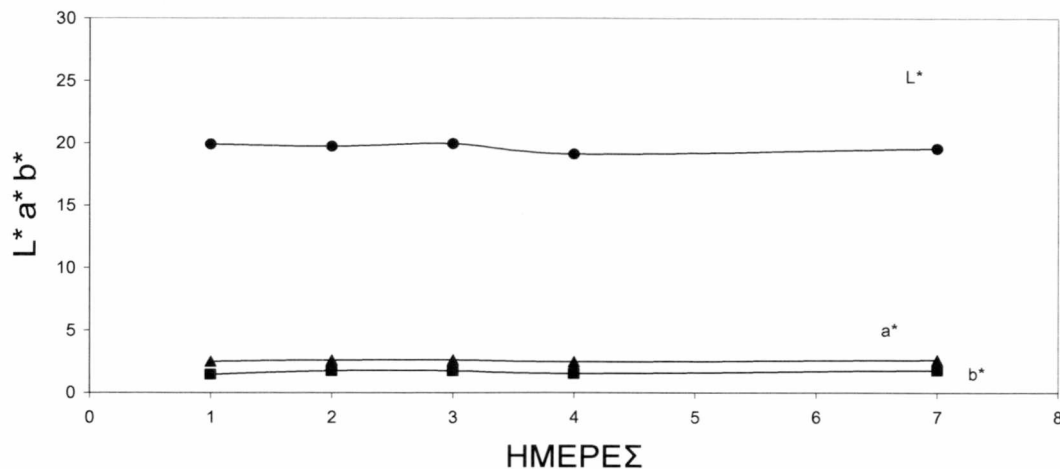


Διάγραμμα 6.13 Μεταβολή του απαιτούμενης δύναμης θραύσης των δειγμάτων των εργαστηριακών σοκολατών διαφόρων περιεκτικότητων % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

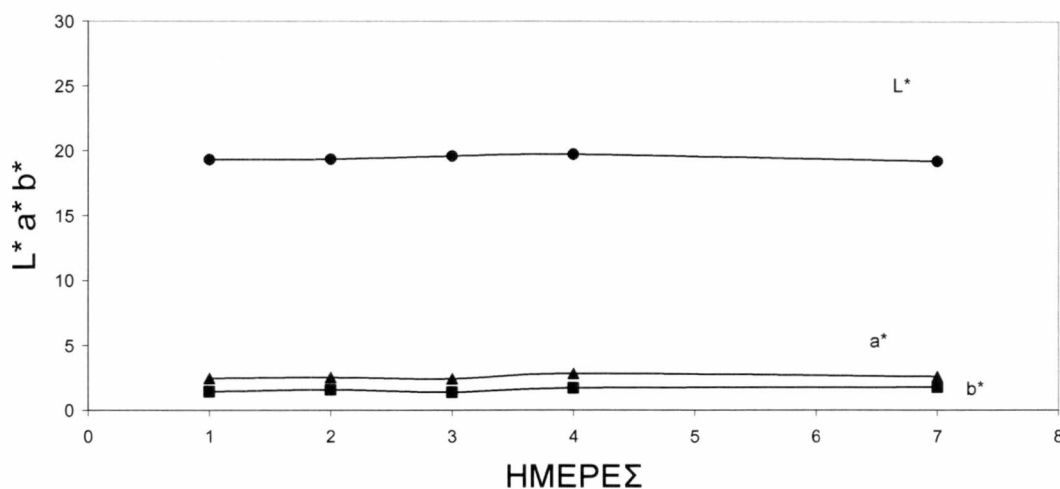
Την εβδόμη ημέρα συντήρησης οι δομές των δειγμάτων έχουν σχεδόν σταθεροποιηθεί γιατί έχουν πια σχηματιστεί πιο σταθερές δομές κρυστάλλων του λίπους. Στη παραπάνω γραφική παράσταση στους 5°C κατά την σταδιακή αντικατάσταση του βούτυρου κακάου με ελαιόλαδο παρατηρείται μία σημαντική πτώση στην δύναμη θραύσης μέχρι τη συγκέντρωση 10% w/w ενώ μετά παρατηρείται αύξηση της δύναμης θραύσης με την αύξηση της συγκέντρωσης ελαιόλαδου. Στους -20 °C η αντικατάσταση του βούτυρο κακάο σε όλα τα δείγματα με ελαιόλαδο οδηγεί στην δημιουργία μαλακότερης δομής η οποία παρουσιάζει μία αύξηση με την προσθήκη ελαιόλαδου και σχεδόν σταθεροποιείται στις τρεις τελευταίες συγκεντρώσεις 10, 15 και 20 % w/w.

6.2.2 Μετρήσεις χρώματος

Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους 5°C με 0% w/w Ελαιόλαδο



Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους -20°C με 0% w/w Ελαιόλαδο

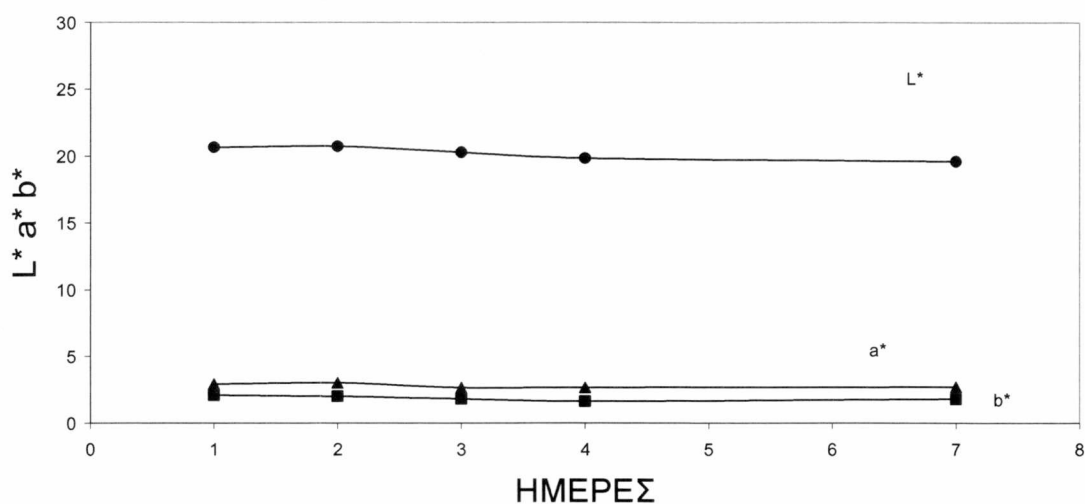


Διάγραμμα 6.14 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 0 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

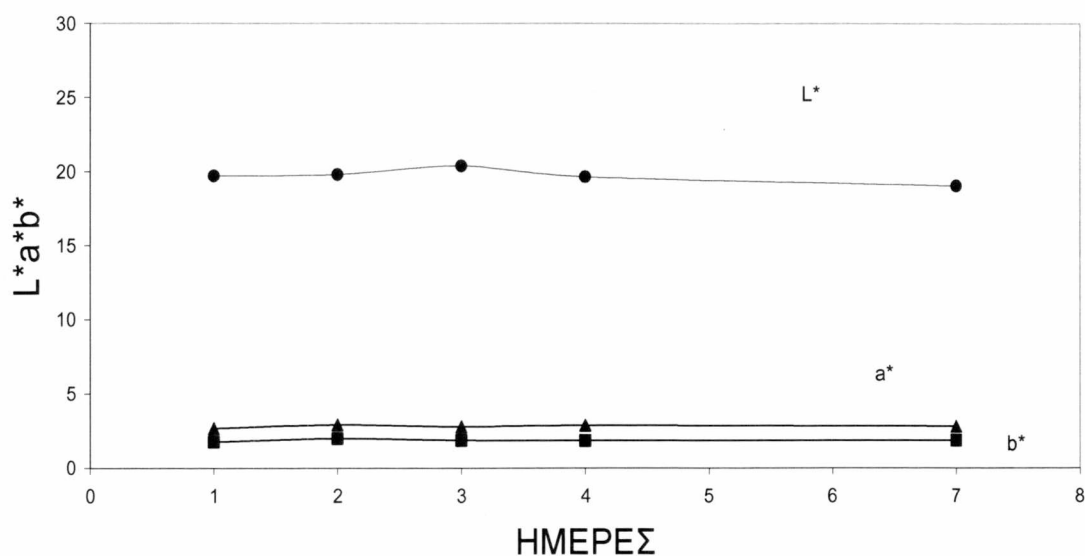
Στα παραπάνω γραφήματα μελετούμε τη μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 20% w/w σε βούτυρο κακάο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C αντίστοιχα. Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* ήταν σταθερή τις πρώτες τρεις

ημέρες ενώ υπήρξε μείωση της τιμής κατά την τέταρτη ημέρα. Οι τιμές a^* και b^* ήταν σταθερές σε όλες τις Μετρήσεις. Η φωτεινότητα L^* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C σημείωσε αύξηση κατά την τρίτη και τέταρτη ημέρα, και κατόπιν ήταν σταθερή έως την εβδομή. Ενώ οι τιμές a^* και b^* παρουσίασαν μείωση κατά την τρίτη ημέρα. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν το ίδιο φωτεινά με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C . Οι τιμές a^* και b^* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους 5°C με 5% w/w Ελαιόλαδο



Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους -20°C με 5% w/w Ελαιόλαδο

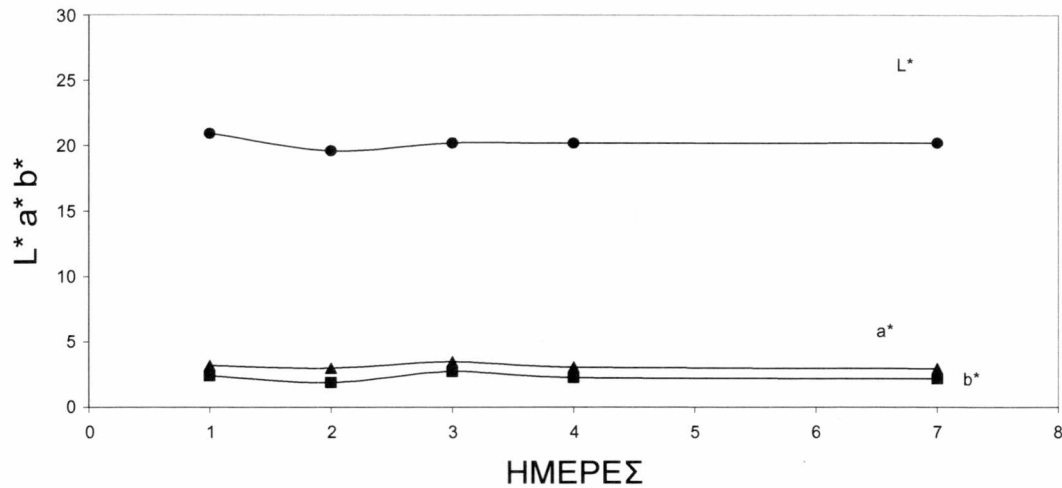


Διάγραμμα 6.15 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 5 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

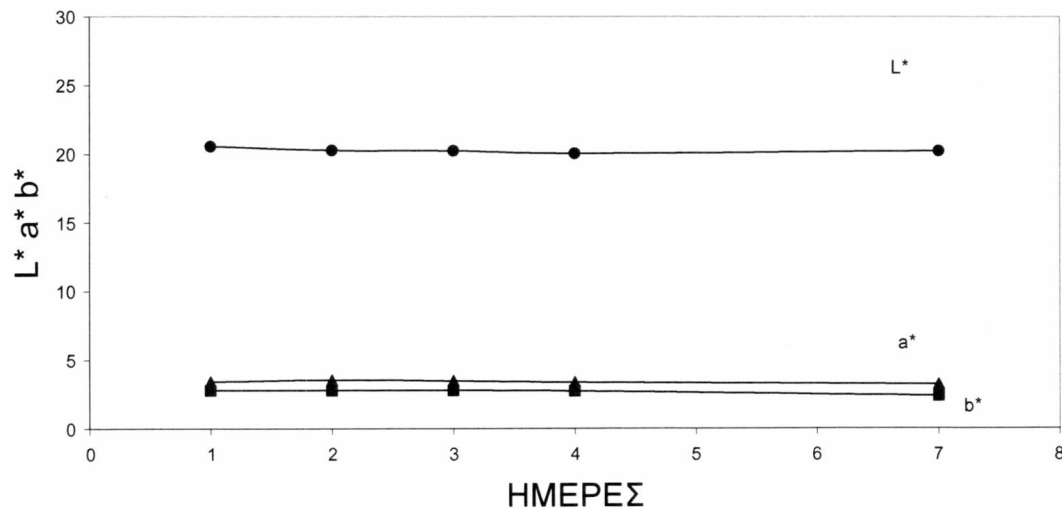
Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* παρουσίασε πτώση με το πέρασμα των ημερών. Αυτό συνέβη επίσης και για τις τιμές a* και b*. Η φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C σημείωσε αύξηση κατά την τρίτη ημέρα, ενώ τις υπόλοιπες ήταν σταθερή. Οι τιμές a* και b* ήταν σταθερές όλες τις μέρες. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα

δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν το ίδιο φωτεινά με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους 5°C με 10% w/w Ελαιόλαδο



Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους -20°C με 10% w/w Ελαιόλαδο

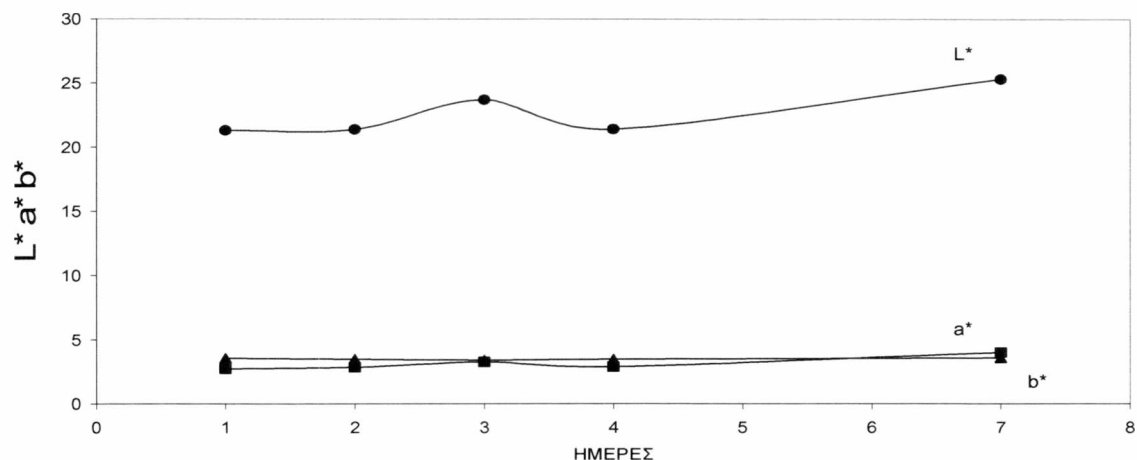


Διάγραμμα 6.16 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 10 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

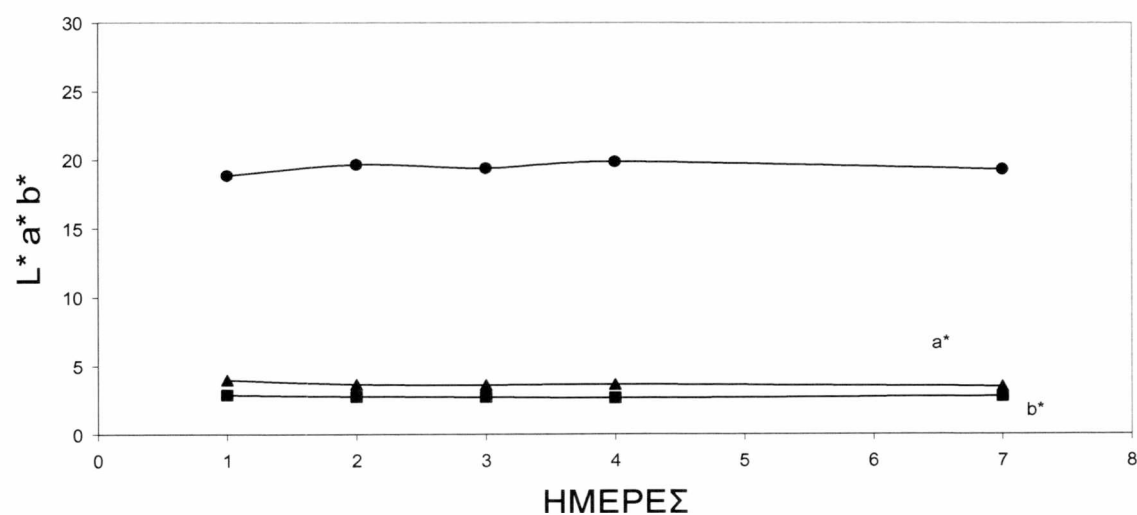
Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* παρουσίασε πτώση κατά τη δεύτερη ημέρα και διατηρήθηκε σταθερή έως την εβδομή. Οι τιμές a* και b* αυξήθηκαν κατά την τρίτη ημέρα και ήταν σταθερές έως

την εβδομή. Η φωτεινότητα L^* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C ήταν σταθερή σε όλες τις μετρήσεις. Οι τιμές a^* και b^* ήταν σταθερές όλες τις μέρες. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν το ίδιο φωτεινά με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C . Οι τιμές a^* και b^* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους 5°C με 15% w/w Ελαιόλαδο



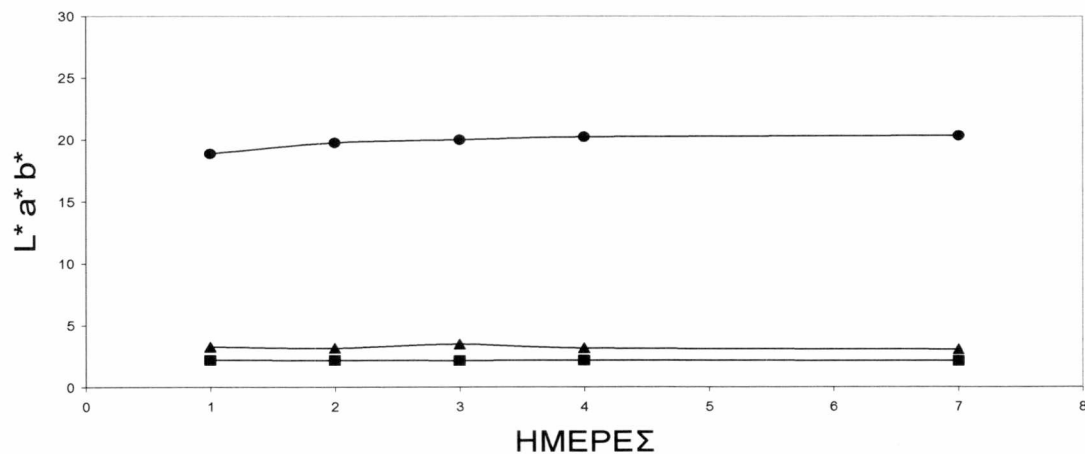
Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους -20°C με 15% w/w Ελαιόλαδο



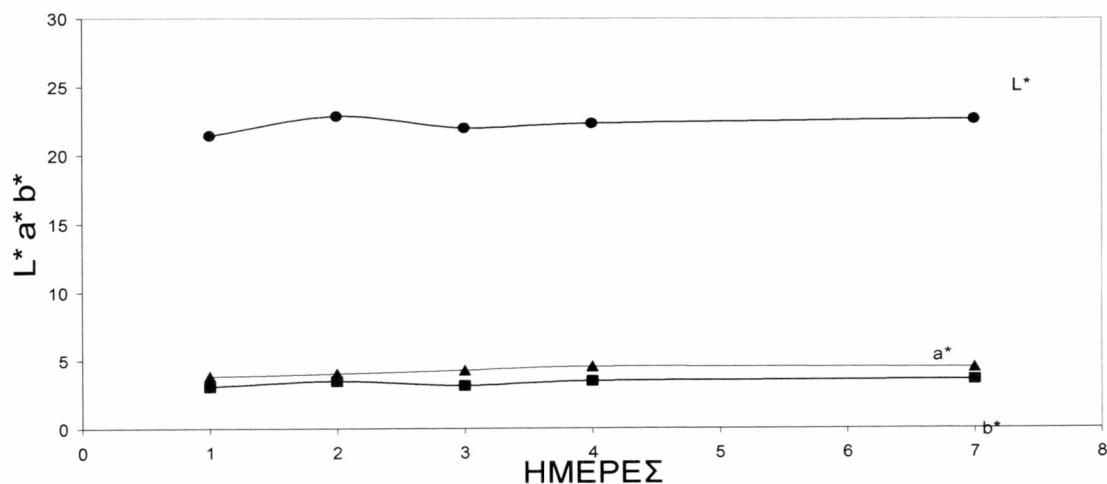
Διάγραμμα 6.17 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 15 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C .

Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* παρουσίασε αύξηση κατά την τρίτη και εβδόμη ημέρα. Οι τιμές a* και b* ήταν σταθερές έως την τέταρτη ημέρα, ενώ αυξηθήκαν κατά την εβδόμη. Η φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C ήταν σταθερή σε όλες τις Μετρήσεις εκτός της τρίτης που σημειώθηκε πτώση. Ενώ οι τιμές a* και b* ήταν σταθερές όλες τις μέρες. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν πιο ανοιχτόχρωμα με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους 5°C με 20% w/w Ελαιόλαδο



Μέτρηση Χρώματος Εργαστηριακής Σοκολάτας στους -20°C με 20% w/w Ελαιόλαδο



Διάγραμμα 6.18 Μεταβολή του χρώματος των δειγμάτων της εργαστηριακής σοκολάτας με περιεκτικότητα 20 % w/w σε ελαιόλαδο σε διάστημα 7 ημερών στους 5°C και στους -20°C.

Όσον αφορά τα δείγματα που συντηρήθηκαν στους 5°C, η φωτεινότητα L* παρουσίασε αύξηση με το πέρασμα των ημερών, ενώ σταθεροποιήθηκε μετά την τέταρτη ημέρα. Η τιμή a* παρουσίασε μια αύξηση κατά την τρίτη ημέρα και η b* ήταν σταθερή σε όλες τις Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Η φωτεινότητα L* των δειγμάτων που συντηρήθηκαν στους -20°C ήταν σταθερή σε όλες τις μετρήσεις εκτός της δεύτερης που σημειώθηκε αύξηση. Παρόμοιες αλλαγές παρατηρήθηκαν και στις τιμές a* και b*. Επίσης, από τα διαγράμματα προκύπτει ότι τα δείγματα σοκολάτας που συντηρήθηκαν στους 5°C ήταν πιο σκουρόχρωμα με τα αντίστοιχα που συντηρήθηκαν στους -20°C. Οι τιμές a* και b* ήταν και για τα δυο δείγματα παρόμοιες.

Η κατάψυξη -20 °C σε συνδυασμό με την προσθήκη λιπαρών υλών με χαμηλή συγκέντρωση σε στερεά λιπαρά σωματίδια οδηγεί στην δημιουργία άσπρης επιφάνειας στη σοκολάτα που ονομάζεται Fat Bloom. Αυτό μπορεί να δημιουργείται για δύο φαινόμενα: α) Τον διαχωρισμό φάσεων και β) το φαινόμενο του μεταπτωτικού πολυμορφισμού. Ο διαχωρισμός φάσεων οφείλεται στον διαχωρισμό των τριακυλογλυκεριδίων που περιέχει το βούτυρο κακάο και στην προσθήκη ελαιόλαδου που κάνει πιο ευκίνητο το ελεύθερο βούτυρο κακάο κατά την απόψυξη δικτύων των λιπιδίων μέσα την πολύπλοκη δομή της σοκολάτας. Ο μεταπτωτικός πολυμορφισμός από την άλλη αποτελεί φαινόμενο που εμφανίζεται όταν διαφορετικά λιπαρά από το βούτυρο κακάο μπορούν να συμμετέχουν στον σχηματισμό σταθερών δομών κρυστάλλων βV κατά την διάρκεια του στρωσίματος της σοκολάτας αλλά επιταχύνουν το φαινόμενο του ασπρίσματος (Fat Bloom) κατά την διάρκεια της αποθήκευσης. Από τα πειράματα φάνηκε ότι η κατάψυξη επιταχύνει το εν λόγω φαινόμενο. Τα δύο φαινόμενα μπορεί να λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Συμπεράσματα

Οι μηχανικές ιδιότητες της σοκολάτας φαίνεται να επηρεάζονται αισθητά από το είδος των λιπαρών που περιέχουν. Η μηχανική συμπεριφορά των εμπορικών δειγμάτων ήταν τελείως διαφορετική από τα δείγματα του εργαστηρίου που περιείχαν ελαιόλαδο. Το αντίκτυπο της μικροδομής ενός δικτύου λιπαρών έχει ως αντίκτυπο τα δομικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Το επίπεδο της δομής εξαρτάται από τον τρόπο που ένα τυπικό δίκτυο κρυστάλλων σχηματίζεται καθώς το λίπος κρυσταλλώνεται κατά την πήξη της σοκολάτας. Για αυτό τόσο το είδος των λιπαρών όσο και η θερμοκρασία αποθήκευσης επηρεάζουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της σοκολάτας.

Πιο συγκεκριμένα στις εμπορικές σοκολάτες με διαφορετική περιεκτικότητα σε βούτυρο κακάο κατά την απόψυξη των δειγμάτων από τους -20°C στους 5°C έχουμε μια αργή μετάβαση των μορίων του νερού από την κρυσταλλική μορφή στην υγρή μορφή και τη δημιουργία κενών που επιτρέπουν την διάχυση του λίπους μια και το παγιδευμένο ελεύθερο λίπος καλύπτει τους μεγάλους πόρους που έχουν δημιουργηθεί από τους παγοκρυστάλλους. Επίσης το λίπος που εμπεριέχεται στην κακαόμαζα έχει διαφορετική συμπεριφορά από το υπόλοιπο βούτυρο κακάο σε μία σοκολάτα. Από τα πειράματα διαφαίνεται ότι η διαφορετική θερμοκρασία αποθήκευσης για διαφορετικούς χρόνους 5°C για 15 μέρες και -20°C για 1 μέρα οδηγεί σε παρόμοιες δομικές συμπεριφορές διαφορετικής έντασης όσο αφορά τη δομή της σοκολάτας. Επομένως η κατάψυξη για μία μέρα επιταχύνει την δράση του ελεύθερου λίπους με πιο δραστική σταθεροποίηση της δομής των κρυστάλλων και έντονης απόθεσης του ελεύθερου λίπους στα κενά που έχουν δημιουργηθεί σχηματίζοντας στις πιο μαλακές δομές που μεταβάλλονται όμως με τον ίδιο τρόπο ανάλογα με την συγκέντρωση του βούτυρου κακάο όπως κατά την αποθήκευση των ίδιων δειγμάτων για δεκαπέντε ημέρες στους 5°C .

Οι μεταβολές που παρατηρούνται στη φωτεινότητα των εμπορικών δειγμάτων οφείλονται στις διάφορες μεταστάσεις στη μορφή των κρυστάλλων, που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο αντανακλάται το φως στην επιφάνεια του δείγματος. Λευκό χρώμα που να οφείλεται σε μη σωστή κρυστάλλωση του λίπους δεν παρατηρήθηκε

σε καμία από τις εμπορικές σοκολάτες είτε αποθηκεύτηκαν στους 5 °C είτε στους -20 °C.

Οι εργαστηριακές σοκολάτες έδειξαν ότι ο ρόλος του ελαιόλαδου ήταν καθοριστικός στη δομή των δειγμάτων. Την εβδόμη ημέρα συντήρησης οι δομές των δειγμάτων είχαν σχεδόν σταθεροποιηθεί και κατά την σταδιακή αντικατάσταση του βούτυρου κακάου με ελαιόλαδο στους 5 °C παρατηρείται μία σημαντική πτώση στην δύναμη θραύσης μέχρι τη συγκέντρωση 10% w/w. Με την περαιτέρω αύξηση της συγκέντρωσης ελαιόλαδου παρατηρείται αλλαγή της δομής με αύξηση της δύναμης θραύσης της σοκολάτας. Στους -20 °C η αντικατάσταση του βούτυρο κακάο σε όλα τα δείγματα με ελαιόλαδο οδηγεί στην δημιουργία μαλακότερης δομής η οποία παρουσιάζει μία αύξηση με την προσθήκη ελαιόλαδου και μετά σχεδόν σταθεροποιείται στις τρεις τελευταίες συγκεντρώσεις 10,15,& 20 %w/w. Η κατάψυξη -20 °C δημιουργεί άσπρη επιφάνεια στις σοκολάτες του εργαστηρίου. Αυτό εξηγείται από δύο φαινόμενα που μπορεί να λαμβάνουν χώρα μόνα τους ή και συνδυαστικά: α) τον διαχωρισμό φάσεων και β) το φαινόμενο του μεταπτωτικού πολυμορφισμού.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. Emmanuel Ohene Afoakwa, Alistair Paterson, Mark Fowler, Joselio Vieira (2007). Particle size distribution and compositional effects on textural properties and appearance of dark chocolates.
2. Emmanuel Ohene Afoakwa, Alistair Paterson, Mark Fowler, Joselio Vieira (2008). Influence of tempering and fat crystallization behaviours on microstructural and melting properties in dark chocolate systems
3. Belitz, H.- D., Grosch, Werner, Schieberle, Peter. 2009. Food Chemistry. Springer
4. Burleigh, Robert (2002). Chocolate, Riches from the Rainforest.
5. Coe, Michael D., Coe, Sophie D. (1996). The True History of Chocolate. London.
6. Dakia P.A. Wathelet B. and Paquot M. (2007). Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. Food Chemistry, 102, 1368 - 1374
7. M. El-kalyoubi, M.F. Khallaf, A. Abdelrashid, Eman M. Mostafa (2011). Quality characteristics of chocolate – Containing some fat replacer.
8. L. Fernandez - Murga, J.J. Tarvn, M.A. Garcva-Perez, A. Cano (2011). The impact of chocolate on cardiovascular health.
9. Gil A, Ramirez M, Gil M (2003) Role of long-chain polyunsaturated fatty acids in infant nutrition. Eur J Clin Nutr 57(S1):S31–S34
10. Owen RW, et al. (2000) The antioxidant/anticancer potential of phenolic compounds isolated from olive oil. Eur J Cancer 36(10):1235-1247.
11. Perez-Jimenez, F. et. al. (2005) International conference on the healthy effect of virgin olive oil. Eur J Clin Invest 35:421-424.
12. Richard W. Hartel. 2001. Crystallization in Foods. Springer.
13. M.H.A. Jahurul, I.S.M. Zaidul, N.A.N. Norulaini, F. Sahena, S. Jinap, J. Azmir, K.M. Sharif, A.K. Mohd Omar (2012). Cocoa butter fats and possibilities of substitution in food products concerning cocoa varieties, alternative sources, extraction methods, composition, and characteristics.
14. Justin Kerr. “ Chocolate: A Mesoamerican luxury 1200 – 1521 – Obtaining cacao. Field Musem. Retrived 23 November 2011.
15. Ashok R Patel and Koen Dewettinck (2015). Current Opinion in Food Science.
16. Terry G. Powis, W. Jeffrey Hurst, Maria del Carmen Rodriguez, Ponciano Ortiz C, Michael Blake, David Cheetham, Michael D. Coe, John G. Hodgson (December, 2007). Oldest chocolate in the New World. Antiquity. Retrieved 15 February 2011.

17. Margherita Rossi(2007). Bioactive Egg Compounds.

18. Watson, traci (22 January 2013). Earliest evidence of chocolate in North America. Science. Retrieved in 3 March 2014.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. Βασιλακάκης, Μ., 2004. Γενική και Ειδική Δενδροκομία, Εκδόσεις Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.

2. Κωστελένιος, Δ.Γ., 2012. Στοιχεία Ελαιοκομίας. Ιδιωτική Εκδοση

3. Μπαλαφούτη Θ. και Δεκουλάκου Θ., 2012. Η διατροφική αξία της σοκολάτας, η ιστορία της και οι ιδιότητες της στον ανθρώπινο οργανισμό. Πτυχιακή Διατριβή, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Σητεία.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



004000134408