



**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



## **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

**«ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΤΗ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ»**

**Μελέτη μερικής αντικατάστασης λίπους σε προϊόντα λαμιναρισμένης  
ζύμης, τύπου Σφολιάτας.**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΤΣΙΑΓΚΙΔΗΣ ΣΤΑΥΡΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ ΜΑΡΙΑ**

**Θεσσαλονίκη 2018**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπων καθηγήτρια, κ. Παπαγεωργίου Μαρία, για την βοήθεια που μου προσέφερε στην διαμόρφωση και ολοκλήρωση της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω επίσης, τον συνάδελφο και φίλο Ρόκα Μάκη και την εταιρία Polyran Group S.A για τις πολύτιμες συμβουλές τους. Την εταιρία Βεργίδης Μόδεστος για την στήριξη που είχα και τον κύριο Ανδρουλάκη Πέτρο για την συνεχή υποστήριξη και παρότρυνση του όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος, θα ήθελα να αφιερώσω την παρούσα διατριβή στην οικογένεια μου για την ανυπέβλητη συμπαράσταση τους σε όλη μου την πορεία.

Τσιαγκίδης Σταύρος

# Περίληψη

Ο πρωταρχικός στόχος της παρούσας εργασίας ήταν να παραχθεί μια σφολιάτα χαμηλότερης θερμιδικής αξίας από μια κλασική συνταγή σφολιάτας που περιέχει αποκλειστικά μαργαρίνη, επιτυγχάνοντας την επιθυμητή διόγκωση, ευθρυπτότητα και δομή. Για αυτό το σκοπό έγινε η παραγωγή ενός λιπαρού (medium and long chain triacylglycerols -MLCT) με χαμηλότερη θερμιδική αξία από μία κοινή μαργαρίνη, περιέχοντας α' ύλες όπως στεαρίνη που πρόκειται για ένα τριγλυκερίδιο με μακριά ανθρακική αλυσίδα και με λάδι καρύδας (coconutoil) που πρόκειται για ένα τριγλυκερίδιο με μέσο μήκος ανθρακικής αλυσίδας. Το λιπαρό αυτό χρησιμοποιήθηκε για την πλήρη αντικατάσταση της μαργαρίνης στην σφολιάτα κατά την φυλλοποίηση της. Επιπλέον παρασκευάστηκε πάστα μονογλυκεριδίων & διγλυκεριδίων (E 471) με σορβιτόλη με στόχο την μερική υποκατάσταση ποσοστού κοινής μαργαρίνης στο ζυμάρι. Σε ένα τελευταίο πειραματισμό χρησιμοποιήθηκαν μαλτοδεξτρίνες χαμηλής γλυκύτητας DE= 2-5 σε μορφή πηκτής, επίσης με στόχο την μερική αντικατάσταση της κοινής μαργαρίνης.

Υπολογίστηκε η θερμιδική αξία των τελικών προϊόντων και έγινε σύγκριση σε σχέση με τον μάρτυρα για να διερευνηθούν τυχόν διατροφικοί ισχυρισμοί. Στην συνέχεια έγινε ο προσδιορισμός του προφίλ των λιπαρών οξέων του λιπαρού που παρασκευάστηκε με την χρήση **αέριας χρωματογραφίας (GC-FID)**, ενώ έγινε συγκριτική θερμική ανάλυση του λιπαρού και του εμπορικού δείγματος μαργαρίνης με τη χρήση της **Διαφορικής θερμιδομετρίας σάρωσης (DSC)**, **καθώς και προσδιορισμός της κρυσταλλικότητάς τους με περιθλασίμετρο ακτίνων Χ (X-RD)**. Ακολούθησε ανάλυση ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στα ψημένα δείγματα σφολιάτας με την χρήση στατιστικής ανάλυσης. Αναλυτικότερα, για τη σύγκριση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διακύμανσης που αναφέρεται διεθνώς ως ANOVA (Analysis Of Variance) και τελική αξιολόγηση των ποιοτικών και οργανοληπτικών μεταβλητών έγινε με την βοήθεια της μεθόδου της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis-PCA).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έγιναν στο λιπαρό MLCT έδειξαν ότι τα ποσοστά των κορεσμένων λιπαρών οξέων δεν υπάρχουν ουσιαστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των μια κοινής μαργαρίνης και του μίγματος MLCT, τα ποσοστά των trans λιπαρών του μίγματος MLCT παρουσίασαν μείωση σε σχέση με την μαργαρίνη εμπορίου, ενώ ο βαθμός κρυσταλλικότητας στη θερμοκρασία περιβάλλοντος που διεξήχθη το πείραμα, είναι παρόμοιος και για τα 2 δείγματα. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι σε θερμοκρασία περιβάλλοντος το ποσοστό των συνολικών στερεών του μίγματος MLCT ήταν μεγαλύτερο σε σχέση με το αντίστοιχο ποσοστό της κοινής μαργαρίνης, ενώ σε θερμοκρασία 30 °C που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία του στόματος, τα λιπαρά έχουν το ίδιο ποσοστό στερεών και έτσι προσδίδουν τη ίδια αίσθηση κατά την κατανάλωσή τους.

Καταλήγοντας, η στατιστική ανάλυση που εφαρμόστηκε στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων σφολιάτας δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και έτσι θεωρήθηκε ότι τα δείγματα σφολιάτας δεν διέφεραν μεταξύ τους, ενώ αντίθετα από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που εξετάστηκαν, παρουσίασαν στατιστική σημαντικότητα το Χρώμα Επιφάνειας, η Σκληρότητα και η Λιπαρότητα.

# Abstract

The primary purpose of this project was to produce a lower calorie flaky pastry from a traditional flaky pastry recipe containing exclusively margarine, achieving the desired swelling friability and structure. For this purpose the production of a synthetic fat has been made (medium and long chain triacylglycerols -MLCT) with lower caloric value from a common margarine, containing materials such as stearin which is a triacylglycerol with long chain and with coconut oil which is a triacylglycerol with medium chain. This fat was used in order to replace margarine in flaky pastry during the lamination process. Furthermore was produced a paste of mono- and diglycerides of fatty acids / (E 471) and sorbitol  $\mu\epsilon$  in order to replace partially a percentage of common margarine in the dough. In a final experiment was used maltodextrin gel with DE= 2-5, in order to replace partially a percentage of common margarine too.

The caloric value of the end products was calculated and compared with the control to investigate any nutritional claims. Thereafter the fatty acid profile was prepared by using Gas chromatography (GC-FID), while a comparative thermal analysis of the fat and the sample of margarine was performed using Differential Scanning Calorimetry (DSC), as well as determining their crystallinity with X-ray diffraction spectroscopy (X-RD). An analysis of the quality and organoleptic characteristics was carried out on the baked samples of the flaky pastry using statistical analysis. More specifically for the comparison of the samples was used the analysis of the international reported variance as ANOVA (Analysis Of Variance) and final evaluation of the qualitative and organoleptic variables was done by the Principal Component Analysis (Principal Component Analysis-PCA).

The results of the measurements made in a synthetic fat MLCT showed that the saturated fatty acids levels did not substantially differ between a common margarine and the MLCT mixture, the trans fat ratios of the MLCT mixture showed a decrease relative to the common margarine, whereas the degree of the crystallinity at the ambient temperature carried out by the experiment, is similar for both samples. Finally, was observed that at ambient temperature the percentage of total solids of the MLCT mixture was higher than the corresponding percentage of common margarine, while at 30 ° C corresponding to the oral temperature, the fat had the same percentage of solids and thus give the same feeling when consuming them.

In conclusion, the statistic analysis applied to the quality characteristics of the flaky pastry samples did not reveal statistically significant differences between the samples and thus it was considered that the flaky pastry samples did not differ from each other, unlike the organoleptic characteristics of the samples that examined showed statistically significant the colour of surface, Hardness and greasiness.

## Περιεχόμενα

Εισαγωγή .....	8
Θεωρητικό Μέρος .....	9
1.1 Τι είναι τα light προϊόντα;.....	9
1.1.1.Ιστορική αναδρομή.....	9
1.2 Προϊόντα λαμιναρισμένης ζύμης, τύπου σφολιάτας.....	11
1.2.1 Παραγωγή Σφολιάτας .....	11
<b>Αγγλική Μέθοδος</b> .....	19
<b>Γαλλική μέθοδος</b> .....	19
<b>Ολλανδική μέθοδος</b> .....	19
<b>Σκωτσέζικη μέθοδος ( μέθοδος κουρού)</b> .....	20
<b>Βόλτες – διπλώματα ζύμης</b> .....	20
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της ζύμης.....	22
1.3.1 Ποιότητα αλεύρου .....	24
1.3.2 Περικτικότητα του νερού στην ζύμη.....	24
1.3.3 Περικτικότητα του λίπους.....	25
1.4 Προβλήματα κατά την παρασκευή σφολιάτας.....	25
1.4.1 Διαχωρισμός λιπαρής ύλης στην επιφάνεια – γευστική αίσθηση λαδιού.....	25
1.4.2 Συμπαγής δομή, κακή διαστρωμάτωση .....	25
1.4.3 Αριθμός φυλλαρίσματος .....	26
1.4.4 Ξεκούραση της ζύμης πριν και μετά το λαμινάρισμα .....	26
1.5 Προβλήματα κατά το ψήσιμο και την αποθήκευση της σφολιάτας .....	27
1.5.1 Θερμοκρασία Ψησίματος .....	27
1.5.2 Ψύξη και κατάψυξη της τελικής λαμιναρισμένης ζύμης.....	27
1.5.3 Αποθήκευση ψημένης λαμιναρισμένης ζύμης .....	28
1.6 Υποκατάστατα λίπους.....	28
1.6.1 Κατηγορίες υποκατάστατων λίπους .....	29
<b>Μικροσωματιδιακή πρωτεΐνη</b> .....	30
<b>Ημικυτταρίνες, β – γλυκάνες και κυτταρίνη:</b> .....	31
<b>Παράγωγα της κυτταρίνης</b> .....	32
<b>Μικροκρυσταλλική κυτταρίνη</b> .....	32
<b>Κόμμεα μεθυλοκυτταρίνης</b> .....	32
<b>B-γλυκάνη</b> .....	33

<b>Υδατοδιαλυτοί παράγοντες πήξης</b> .....	33
<b>Παράγωγα του αμύλου</b> .....	33
<b>Μαλτοδεξτρίνες</b> .....	34
1.7 Παρασκευή λίπους μειωμένων θερμίδων από μίγμα τριγλυκεριδίων.....	39
<b>Έλαιο καρύδας (coconut oil)</b> .....	41
<b>Στεαρίνη από Φοίνικα (Palm Stearin)</b> .....	42
<b>Λιπάσες</b> .....	44
1.8 Επιλεγμένες Μέθοδοι μελέτης των λιπών.....	45
1.8.1 Διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (DSC) .....	45
1.8.2 Αέρια χρωματογραφία (GC) .....	46
1.8.3 Περίθλαση ακτινών-X (X-Ray Diffraction - XRD) .....	47
2. Σκοπός της εργασίας .....	51
3. Υλικά και μέθοδοι.....	52
3.1. Πειραματική διαδικασία.....	52
3.1.1 Α' ύλες παρασκευής λίπους από μίγμα τριγλυκεριδίων .....	53
3.1.2 Α' ύλες δειγμάτων σφολιάτας .....	53
3.2 Συσσκευές και όργανα .....	54
3.3 Διαδικασίες παραγωγής υποκατάστατων μαργαρίνης και δειγμάτων σφολιάτας .....	54
3.3.1 Διαδικασία παρασκευής λιπαρού από μίγμα τριγλυκεριδίων .....	54
3.3.2 Διαδικασία Παραγωγής Πάστας Γαλακτωματοποιητών .....	56
3.3.3 Διαδικασία Παραγωγής πηκτής Μαλτοδεξτρίνης .....	57
3.4 Μέθοδοι ανάλυσης.....	57
3.4.1 Οργανοληπτικός έλεγχος .....	57
3.4.2 Εκτίμηση Ποιοτικών Χαρακτηριστικών .....	59
3.4.3 Υπολογισμός συνολικής ενέργειας (totalenergy) .....	60
3.4.4 Αέρια Χρωματογραφία.....	60
3.4.5 Φασματοσκοπία περίθλασης ακτινών Χ.....	62
3.4.6 Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (Differential scanning calorimetry DSC) .....	63
3.4.7 Στατιστική ανάλυση.....	63
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	64
4.1 Αποτελέσματα Μετρήσεων Ποιοτικών Χαρακτηριστικών.....	64
4.2 Προσδιορισμός Συνολικής Ενέργειας .....	65
4.3 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) .....	69

4.3.1 Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis-PCA) .....	75
4.4 Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία.....	78
4.5 Προσδιορισμός της κρυσταλλικότητας με την βοήθεια περιθλασίμετρου ακτίνων-Χ (X-RD) .....	80
4.6 Προσδιορισμός των ιδιοτήτων τήξης και κρυσταλλικότητας των λιπαρών με τη βοήθεια της Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης.....	80
5. Συμπεράσματα .....	83
6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ .....	83
7. Βιβλιογραφία.....	84
Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία .....	84
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία .....	84

## Εισαγωγή

Η υποκατάσταση των λιπαρών ουσιών, στις μέρες μας, είναι ένα θέμα της διατροφής του σύγχρονου ανθρώπου το οποίο παίρνει μεγάλες διαστάσεις. Η καθημερινή χρήση μεγάλων ποσοτήτων λιπαρών στην δίαιτα είναι ένας παράγοντας πρόκλησης σοβαρών προβλημάτων στην υγεία του ανθρώπου.

Τα λίπη και τα έλαια αποτελούν την περισσότερο συμπυκνωμένη πηγή ενέργειας, καθώς αποδίδουν 9 Kcal/g, σε αντίθεση με τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες που αποδίδουν μόλις 4 Kcal/g. Οι λιπαρές ουσίες αποτελούν όμως και την κυριότερη πηγή των βιταμινών A, D, E και K, που είναι γνωστές ως λιποδιαλυτές βιταμίνες .

Κατά την διάρκεια ερευνών αποδείχθηκε ότι το 36 % της συνολικής ενέργειας που περιλαμβάνει το καθημερινό διαιτολόγιο των ανδρών και το 37 % της ενέργειας που λαμβάνουν οι γυναίκες, αποτελείται από λιπαρές ουσίες. Σήμερα το καταναλωτικό κοινό έχει κατανοήσει σε μεγαλύτερο βαθμό τον αντίκτυπο που έχει στην υγεία του η υπερβολική κατανάλωση λιπαρών ουσιών.

Παρά τα ολοφάνερα προβλήματα που προκαλεί η κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων λιπαρών, η μείωση της καθημερινά χρησιμοποιούμενης ποσότητας δεν είναι απλή υπόθεση. Οι άνθρωποι γενικά δεν είναι διατεθειμένοι να μειώσουν την κατανάλωση τροφών που περιέχουν λιπαρά, καθώς η λήψη τροφίμων υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες δημιουργεί το αίσθημα της ικανοποίησης. Ακόμα και άτομα με πολύ καλή διάθεση δεν είναι πρόθυμα να ακολουθήσουν δίαιτες που περιλαμβάνουν αποκλειστικά λαχανικά, δημητριακά, φρούτα και κρέατα χαμηλών λιπαρών.

Ο λόγος για την συμπεριφορά αυτή, είναι ο εξής: Τα λιπαρά είναι μια πηγή ενέργειας και παρέχουν λιπαρά οξέα και λιποδιαλυτές βιταμίνες στην δίαιτα. Στην πραγματικότητα όμως είναι οι οργανοληπτικές ιδιότητες των λιπαρών οι οποίες κάνουν μια δίαιτα γευστική και πλούσια. Τα λιπαρά είναι υπεύθυνα για την υφή, για την ιδιαίτερη αίσθηση στο στόμα και για την γεύση πολλών τροφίμων.

Τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί μεγάλη αύξηση στην παραγωγή ουσιών που χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να αντικαθιστούν μέρος ή το σύνολο των λιπαρών υλών που περιέχονται στα τρόφιμα. Οι ουσίες αυτές καλούνται υποκατάστατα των λιπαρών (**fatsubstitutes**) και παρουσιάζουν οργανοληπτικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές των λιπών και των ελαίων, ενώ έχουν μικρότερο θερμιδικό περιεχόμενο. Μάλιστα, ορισμένα από αυτά τα υποκατάστατα είναι χαμηλής θερμιδικής αξίας, ενώ άλλα δεν περιέχουν καθόλου θερμίδες. Σήμερα, οι παρασκευαστές τροφίμων χρησιμοποιούν μερικά από αυτά προκειμένου να παρασκευάσουν τρόφιμα χαμηλών λιπαρών ή και τρόφιμα ελεύθερα λιπαρών.



## **Θεωρητικό Μέρος**

### **1.1 Τι είναι τα light προϊόντα;**

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, ένα προϊόν ονομάζεται light εφόσον οι θερμίδες που αυτό περιέχει είναι μειωμένες κατά 30% από το αντίστοιχο πρότυπο προϊόν της ισχύουσας νομοθεσίας. Η μείωση αυτή μπορεί να οφείλεται σε λιπαρά ή υδατάνθρακες δεν πρέπει όμως ποτέ να οφείλεται σε πρωτεΐνες.

#### **1.1.1.Ιστορική αναδρομή**

Τα light προϊόντα έρχονται στο προσκήνιο στις αρχές της δεκαετίας του '90 με την δημιουργία ενός μπισκότου χωρίς λιπαρά από την εταιρία Snack Wells στην Αμερική. Η επιτυχία του συγκεκριμένου προϊόντος ήταν τόσο μεγάλη ώστε από την εταιρία προβλήθηκε διαφημιστικό σποτ στο οποίο οι παρασκευαστές ζητούσαν συγνώμη για την έλλειψη του προϊόντος τους από τα ράφια. Από τότε, στην Αμερική άρχισε να δημιουργείται πολύ μεγάλο ενδιαφέρον για τα light προϊόντα που δεν άργησε να εξαπλωθεί και στις υπόλοιπες χώρες και να γίνει παγκόσμια τάση. Οι εταιρίες δημιούργησαν την light εκδοχή πολλών τροφίμων που στην κανονική τους μορφή είναι πλούσια σε λίπος. Η αποδοχή, που υπήρξε από το καταναλωτικό κοινό ήταν τεράστια. Αυτός είναι ένας προφανής λόγος που σήμερα, τα light προϊόντα κατακλύζουν την Αμερικανική και Ευρωπαϊκή αγορά.

#### **1.1.2.Παραγωγή light προϊόντων**

Για την παραγωγή των light προϊόντων ακολουθείται μία συγκεκριμένη διαδικασία. Κατά την παραγωγή των light προϊόντων θα πρέπει το παραγόμενο τρόφιμο να συγκρίνεται με ένα τρόφιμο αναφοράς με το οποίο να είναι ακριβώς ίδια και να διαφέρουν μόνο στη συγκεκριμένη τροποποίηση. Στη διαδικασία παραγωγής ενός light προϊόντος, το συγκεκριμένο θερμιδογόνο συστατικό που μας ενδιαφέρει να μειωθεί (λίπος, υδατάνθρακας), συμμετέχει σε μικρότερο ποσοστό στο προϊόν, ενώ το υπόλοιπο αντικαθίσταται από κάποιο τεχνητό συνήθως υποκατάστατο το οποίο έχει τις ίδιες λειτουργικές ιδιότητες με αυτό που αντικαθίσταται αλλά πολύ λιγότερες ή και καθόλου θερμίδες.

Υπάρχει πλήθος ουσιών που εξυπηρετούν την παραπάνω διεργασία οι περισσότερες εκ των οποίων παρασκευάζονται τεχνητά στις βιομηχανίες τροφίμων και ανήκουν στις κατηγορίες των υποκατάστατων λιπών και στις γλυκαντικές ουσίες. Με αυτόν τον τρόπο, προϊόντα που είναι πλούσια σε λιπαρά και προσφέρουν πολλές θερμίδες, αφού με κατάλληλες διεργασίες τροποποιηθούν, μπορούν να καταναλώνονται χωρίς να έχουν μεγάλη θερμιδική αξία. Το δύσκολο είναι ότι πρέπει να παραμένει αναλλοίωτη και η γεύση του προϊόντος που υφίσταται αυτήν την τροποποίηση, ώστε το προϊόν να είναι επιθυμητό για τον καταναλωτή. Για αυτό και οι βιομηχανίες τροφίμων προσπαθούν να δημιουργούν συνεχώς νέα υποκατάστατα που να φτάνουν όσο δυνατόν πιο κοντά σε αυτόν τον στόχο.

### 1.1.3.Κατηγορίες προϊόντων light

Τα light προϊόντα τα συναντάμε στις κατηγορίες των γαλακτοκομικών, των αναψυκτικών, των επιδορπίων, των μαργαρινών, των αλλαντικών κ.α. Ξεχωριστή κατηγορία καταλαμβάνουν τα υποκατάστατα ζάχαρης. Ο Παγκόσμιος οργανισμός τροφίμων και φαρμάκων (Food and Drug Administration–FDA) ορίζει ως προϊόν light, στου οποίου την ετικέτα αναφέρεται μόνο αυτός ο όρος χωρίς επιπρόσθετες διευκρινίσεις, ένα τρόφιμο μειωμένο σε λιπαρά, θερμίδες ή νάτριο. Σε αυτή την περίπτωση οι καταναλωτές πρέπει να γνωρίζουν ότι ο σχετικός ευρωπαϊκός κανονισμός είναι ο Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 1924/2006 και αναφέρει σχετικά για τους ισχυρισμούς διατροφής:

- ♦ Για τρόφιμα στα οποία το 50% του θερμιδικού τους περιεχομένου προέρχεται από λίπη, το **light** προϊόν θα είναι μειωμένο σε λίπος τουλάχιστον κατά 50%.
- ♦ Για τρόφιμα στα οποία λιγότερο από το 50% του θερμιδικού τους περιεχομένου προέρχεται από λίπη, το **light** προϊόν θα είναι μειωμένο σε θερμίδες τουλάχιστον κατά το 1/3 ή σε λίπος τουλάχιστον κατά 50%.
- ♦ Για τρόφιμα με τροποποιημένο περιεχόμενο σε αλάτι, στο light προϊόν θα πρέπει να είναι μειωμένο κατά 50%. Τα light προϊόντα θα πρέπει να είναι μειωμένα στα συγκεκριμένα θρεπτικά συστατικά, συγκρινόμενα με ένα τρόφιμο αναφοράς όπως ορίζει ο FDA το οποίο αντιπροσωπεύει μια ευρεία γκάμα προϊόντων π.χ ο μέσος όρος τριών όμοιων προϊόντων διαφορετικής επωνυμίας.

Στην αγορά σήμερα συναντάμε πολλές ανάλογες επισημάνσεις για τα εν λόγω προϊόντα. Αναλυτικότερα τις:

- **ΧΑΜΗΛΟ ΣΕ ΘΕΡΜΙΔΕΣ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 40Kcal (170 KJ)/100g και λιγότερο από 20Kcal (80KJ)/100mL.
- **ΛΙΓΟΤΕΡΕΣ ΘΕΡΜΙΔΕΣ**, όπου μειώνεται κατά τουλάχιστον 30%, με αναφορά του μειωμένου συστατικού στο οποίο οφείλεται αυτό.
- **ΧΩΡΙΣ ΘΕΡΜΙΔΕΣ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 4Kcal (17KJ)/100mL.
- **ΧΑΜΗΛΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΛΙΠΑΡΑ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 3g του λίπους ανά 100g ή 1.5g του λίπους ανά 100mL.
- **ΧΩΡΙΣ ΛΙΠΟΣ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 0.5g του λίπους ανά 100g ή 100mL. Οι αξιώσεις που εκφράζονται ως "Χ% χωρίς λίπος" απαγορεύονται.
- **ΜΕΙΩΜΕΝΟΥ ΛΙΠΟΥΣ (REDUCED FAT)**: Ο όρος μειωμένων λιπαρών (**reduced fat**) μπορεί να χρησιμοποιηθεί, όταν η περιεκτικότητα σε λιπαρά είναι μειωμένη κατά τουλάχιστον 25 % εκείνης του προϊόντος αναφοράς.

- **ΧΑΜΗΛΟ ΣΕ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 1.5g του κορεσμένου λίπους ανά 100g για τα στερεά ή 0.75g ανά 100ml για τα υγρά και σε καθεμία περίπτωση το κορεσμένο λίπος δεν πρέπει να παρέχει περισσότερο από 10% της ενέργειας.
- **ΧΩΡΙΣ ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ**, όπου το προϊόν περιέχει λιγότερο από 0.1g του κορεσμένου λίπους ανά 100g ή 100mL.

## 1.2 Προϊόντα λαμιναρισμένης ζύμης, τύπου σφολιάτας

Στην ενότητα αυτή θα αναλύσουμε την διαδικασία παραγωγής ενός πολύ λιπαρού τροφίμου, όπως είναι τα φύλλα σφολιάτας, την σημαντικότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται για την παραγωγής τους και τέλος, τις διάφορες τεχνικές παραγωγής.

### 1.2.1 Παραγωγή Σφολιάτας

Η ζύμη της σφολιάτας αποτελεί τη βάση για την παρασκευή μιας σειράς γνωστών και δημοφιλών προϊόντων, όπως τυρόπιτες, λουκανόπιτες, μπουγάτσες σφολιάτας, μιλφέιγ κλπ. Αν και η ζύμη σφολιάτας που χρησιμοποιείται στα διάφορα προϊόντα σφολιατοειδών μπορεί να υπάρχουν ποιοτικές διαφορές λόγω της σύνθεσης και της μεθόδου παρασκευής της σφολιάτας, υπάρχουν ορισμένα κοινά ποιοτικά χαρακτηριστικά όπως η μεγάλη διόγκωση, η φυλλωτή τραγανή δομή, το ομοιόμορφο ξανθοκαστανό χρώμα και η σχετικά ουδέτερη γεύση. Το φύλλο της σφολιάτας είναι ένα πολυστρωματικό προϊόν αρτοποιίας κατασκευασμένο από μια ζύμη αποτελούμενη από πολλές λεπτές στρώσεις ζύμης διαχωρισμένες (στρωματοποιημένες) από εναλλασσόμενες στρώσεις λίπους. Η παρασκευή σφολιάτας είναι μια περίπλοκη διαδικασία που περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές πρακτικές παραγωγής και η παρασκευή ζύμης εξακολουθεί να παραμένει τέχνη.

Καθώς η διαδικασία παραγωγής εξαρτάται από την ποσότητα του λίπους, οι παραγωγοί σφολιάτας συνήθως χρησιμοποιούν μια περιεκτικότητα λίπους που κυμαίνεται από 50% έως 100% με βάση το αλεύρι στις συνταγές και η τελική ζύμη μπορεί να περιέχει 30% ή περισσότερο λίπος σε βάρος ζύμης και ως εκ τούτου, θεωρείται ότι είναι ένα υψηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά τρόφιμο. Επιπλέον, τα περισσότερα από τα λίπη που χρησιμοποιούνται εμπορικά μπορεί να περιέχουν έως και 50% κορεσμένα λιπαρά και 25-30% trans λιπαρά (*Simovic et al., 2009*) τα οποία θεωρούνται από τους οργανισμούς υγείας ως τα λιγότερο επιθυμητά είδη λίπους. Πολλές κλινικές μελέτες έχουν δείξει ότι η υπερβολική κατανάλωση κορεσμένων λιπαρών συσχετίζεται με την αύξηση της χοληστερόλης στο αίμα, που αποτελεί σημαντικό παράγοντα κινδύνου για καρδιαγγειακές παθήσεις. Επιπλέον, τα trans-λιπαρά είναι από τα κορεσμένα λίπη που ενοχοποιούνται σε μεγαλύτερο βαθμό για διάφορες ασθένειες, όπως η στεφανιαία νόσος, (*Stender & Dyerberg, 2004, Wijesundera et al., 2007*). Η παραγωγή τροφίμων με χαμηλή περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και απαλλαγμένα από trans-λιπαρά έχει καταστεί παγκόσμιος στόχος στον τομέα της υγείας (*Wassell & Young, 2007*).

Η έντονη ανησυχία των καταναλωτών σχετικά με την ποσότητα και την ποιότητα του λίπους στα προϊόντα αρτοποιίας - ζαχαροπλαστικής έχει αυξήσει την πίεση στη βιομηχανία των τροφίμων, ώστε να παράγει ψημένα προϊόντα χαμηλής περιεκτικότητας σε λιπαρά με μια πιο επιθυμητή σύνθεση λίπους (*Wassell & Young, 2007*).

### 1.2.2 Σύσταση ζύμης σφολιάτας

Η ζύμη της σφολιάτας αποτελείται από το βασικό ζυμάρι και την ειδική μαργαρίνη φύλλου ή βούτυρο. Το βασικό ζυμάρι της σφολιάτας, σε αντίθεση με το βασικό ζυμάρι των κρουασάν και των ντόνατς, δεν περιέχει καθόλου μαγιά. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται κυρίως για την παρασκευή του είναι αλεύρι, νερό, και αλάτι. Προαιρετικά μπορούν να προστεθούν και άλλα υλικά που βελτιώνουν τα χαρακτηριστικά και τη γεύση, όπως ζάχαρη, μαλακή μαργαρίνη, βούτυρο, αυγά κλπ. Οι ποιοτικές διαφορές, λόγω σύνθεσης, στις ζύμες σφολιάτας οφείλονται κυρίως στην ποσότητα και την ποιότητα του λιπαρού (μαργαρίνη και βούτυρο) που περιέχουν. Μια γενική κατάταξη βασίζεται στη σχέση αλεύρου μαργαρίνης και περιλαμβάνει τρεις βασικές κατηγορίες συνταγών σφολιάτας όπως φαίνονται στον **Πίνακα 1**:

**Πίνακας 1. Κατηγορίες Συνταγών Σφολιάτας (Μποσδίκος Δημήτρης, 2005)**

Πίνακας 1		
Κατηγορία	Αλεύρι	Μαργαρίνη
ΜΙΣΗ (1/2)	100 μέρη βάρους	50 μέρη βάρους
Τριών τετάρτων (3/4)	100 μέρη βάρους	75 μέρη βάρους
Πλήρης (1/1)	100 μέρη βάρους	100 μέρη βάρους

Στη γενική συνταγή (**Πίνακας 2**) παρουσιάζεται ένα πλαίσιο των τριών διαφορετικών υλικών, καθώς και ενδεικτικών ποσοστών χρήσης τους κατά την παρασκευή διαφόρων ποιοτήτων σφολιάτας (Μποσδίκος Δημήτρης, 2005). Τα υλικά και οι κατάλληλες ποσότητες επιλέγονται με βάση τα επιθυμητά χαρακτηριστικά στη ζύμη και το τελικό προϊόν.

**Πίνακας 2: Ενδεικτική συνταγή Σφολιάτας (Μποσδίκος Δημήτρης, 2005)**

Πίνακας 2	
Υλικά	Ποσοστό % με βάση το αλεύρι
Αλεύρι για σφολιάτα	100
Αλάτι	1,5-2
Νερό	45-55
Μαλακή Μαργαρίνη ( προαιρετικά)	5-12,5
Ζάχαρη ( προαιρετικά)	2-3
Αυγό ( προαιρετικά)	5-10
Πρόσθετα ( μονογλυκερίδια)	Ανάλογα
Μαργαρίνη Ειδική	50-100

### 1.2.3 Συστατικά Σφολιάτας και Λειτουργικότητα

Τα βασικά συστατικά ενός ζυμαριού, ανάλογα με το είδος του αρτοσκευάσματος που θα παρασκευαστεί, είναι το αλεύρι, το νερό, το αλάτι, τα λίπη και τα λάδια και οι Γαλακτωματοποιητές. Αναλυτικότερα:

#### 1.2.3.1 Αλεύρι

Το άλευρο σίτου αποτελεί βασικό συστατικό των προϊόντων αρτοποιίας. Η ποιότητα του προϊόντος επηρεάζεται από την ποιότητα του αλεύρου, η οποία με τη σειρά της επηρεάζεται από το γενότυπο του σιταριού, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την επεξεργασία του. Το άλευρο έχει σημαντική συμβολή στη δομή, τον όγκο, την υφή, το άρωμα και τη γεύση της σφολιάτας. Οι πρωτεΐνες, το άμυλο, οι πεντοζάνες και τα λιπίδια αποτελούν τα κύρια συστατικά του αλεύρου.

Τα άλευρα ανάλογα με την αρτοποιητική τους ικανότητα, η οποία εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα και την ποσότητα της γλουτένης, διακρίνονται σε δυνατά, μέτρια, αδύνατα ή μαλακά. Ανάλογα, λοιπόν, με το προϊόν και τις ιδιαιτερότητες του θα επιλέξουμε το κατάλληλο αλεύρι. Κύριο χαρακτηριστικό ενός αλεύρου που καθορίζει τη χρήση του είναι η δύναμη η οποία διαφέρει όχι μόνο από ποικιλία σε ποικιλία σιταριού, αλλά και από τύπο σε τύπο αλεύρου.

Δύναμη: ορίζουμε τη δυνατότητα – ικανότητα ενός αλεύρου να σχηματίζει ζυμάρι και στη συνέχεια αρτοσκευάσματα με ικανοποιητικά χαρακτηριστικά.

Δυνατό ψωμί: ορίζουμε το παραγόμενο ψωμί με καλή διόγκωση, ικανοποιητική εμφάνιση, δομή και καλές οργανοληπτικές ιδιότητες.

Αν έχει μικρή απόδοση, μικρή διόγκωση, κακή δομή και κακή εμφάνιση, χαρακτηρίζεται αδύναμο τότε είναι ακατάλληλο για αρτοποίηση και χρησιμοποιείται για άλλα προϊόντα, όπως στα βουτήματα.

Έτσι λοιπόν, η δύναμη είναι ένας συντελεστής και εξετάζεται από την % περιεκτικότητα του αλεύρου σε πρωτεΐνη, και κυρίως σε γλουτένη. Ελέγχεται όχι μόνο ως προς το ποσοστό, αλλά και ως προς την ποιότητα και τις ιδιότητές της (ελαστικότητα, εκτακτότητα, κλπ).

Για την παραγωγή σφολιάτας το αλεύρι που χρησιμοποιείται πρέπει το ποσοστό πρωτεΐνης να κυμαίνεται από 11-13%, να είναι καλής ποιότητας και με την κατάλληλη σε κάθε περίπτωση ελαστικότητα-εκτακτότητα. Δεν υπάρχει ένα αλεύρι που είναι κατάλληλο για όλες τις συνταγές και μεθόδους παρασκευής σφολιάτας. Γι' αυτό, η επιλογή ή οι τυχόν 'διορθώσεις' που χρειάζεται να γίνουν σε ένα αλεύρι πρέπει να γίνονται με προσοχή και με βάση τα υλικά και τις ποσότητες που αυτά μετέχουν στη συνταγή, τις διάφορες παραμέτρους της μεθόδου και της παραγωγικές διαδικασίες που εφαρμόζονται και, φυσικά, εκ του αποτελέσματος και των ποιοτικών χαρακτηριστικών του ψημένου προϊόντος.

#### 1.2.3.2 Νερό

Η σημασία της ποιότητας του νερού για την αρτοποίηση είναι πολύ μεγαλύτερη από όσο νομίζουμε. Το είδος και το ποσοστό των διαφόρων συστατικών του, επηρεάζουν τα

οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων. Επίσης, σημασία έχει η παρουσία διαφόρων μικροοργανισμών. Το χρησιμοποιούμενο νερό πρέπει να έχει τις προδιαγραφές του πόσιμου. Για να είναι ένα νερό πόσιμο πρέπει:

- i) Να μην περιέχει οργανικές ουσίες σε αποσύνθεση και παθογόνους μικροοργανισμούς.
- ii) Να είναι διαυγές, άοσμο και με ευχάριστη γεύση.
- iii) Να περιέχει ορισμένη ποσότητα αέρα  $20 - 50\text{cm}^3 / \text{lit}$ , ανόργανα άλατα  $0,1 - 0,5\text{gr/lit}$ .

#### **α) Σκληρό νερό:**

Ορίζουμε το νερό που περιέχει ποσότητες αλάτων ασβεστίου ή μαγνησίου. Η σκληρότητα του νερού διακρίνεται σε παροδική και μόνιμη. Παροδική σκληρότητα εμφανίζεται διότι όταν το νερό θερμανθεί και διαλυθούν τα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και μαγνησίου. Αντίθετα, η μόνιμη οφείλεται κυρίως σε διαλυμένα θειικά και χλωριούχα άλατα του ασβεστίου και μαγνησίου που δεν καθιζάνουν με τη θέρμανση, όπως στην παροδική. Σε περίπτωση που το νερό δεν πληρεί τις απαιτούμενες προδιαγραφές, θα πρέπει να γίνουν διορθωτικές ενέργειες με διηθητικά φίλτρα και ειδικές ρητίνες για τη δέσμευση οργανικών ουσιών ή με ωσμωτική κατεργασία για τη μείωση των αλάτων. Τα άλατα στο ζυμάρι που προέρχονται από το νερό είναι πολύ λίγα. Παίζουν, όμως, σημαντικό ρόλο στις ρεολογικές ιδιότητες και την εμφάνιση των τελικών προϊόντων και ιδιαίτερα στο ψωμί και την σφολιάτα.

Έρευνες απέδειξαν (*Kanchana S. et al 2014*) ότι τα άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου κάνουν το ζυμάρι σφικτό. Αυτό αποδίδεται στις αντιδράσεις τις γλουτένης με τα ιόντα τους.

#### **β) Μαλακό νερό:**

Ορίζουμε το νερό που περιέχει λίγα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου κι έτσι αδυνατίζει τη γλουτένη και κάνει το ζυμάρι μαλακό και κολλώδες. Αυτό διορθώνεται με την προσθήκη φωσφορικού ασβεστίου που λειτουργεί ως διορθωτικό. Το ανθρακικό νάτριο και το οξείδιο του μαγνησίου μόνο σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις ασκούν επίδραση. Ακόμη, πιστεύεται ότι τα ιόντα χαλκού, σιδήρου, αργιλίου και τα πυριτικά και τα φωσφορικά άλατα τους στις συνηθισμένες περιεκτικότητες στο νερό δεν επηρεάζουν. Άλλες έρευνες (*Kanchana S. et al 2014*) έδειξαν ότι τα χλωριούχα και τα φθοριούχα άλατα του νερού έχουν μικρή επίδραση στο ζυμάρι για ψωμί, ενώ το χλώριο του χλωριωμένου νερού το βελτιώνει και ιδιαίτερα όταν τα άλευρα είναι μέτριας δύναμης. Να σημειωθεί ότι σε άλλα κράτη μέλη της Ε.Ε επιτρέπεται η χλωρίωση του αλεύρου για τη βελτίωση των ρεολογικών ιδιοτήτων, κάτι που δεν το επιτρέπει ο Ελληνικός Κ.Τ.Π. Τα ιχνοστοιχεία του νερού παίζουν πολύ σημαντικότερο ρόλο από αυτό που πιστεύεται. Έτσι, τα ίχνη του βαναδίου και καδμίου που μπαίνουν στο ζυμάρι από το εξάρτημα των αναμεικτήρων επιβραδύνουν τη ζύμωση, παρεμποδίζοντας τη δράση της μαγιάς. Τα νερά που έχουν αλκαλικά άλατα (δηλαδή pH μεγαλύτερο του 7) αυξάνουν το pH του ζυμαριού, με αποτέλεσμα την επιβράδυνση της ζύμωσης. Το άριστο pH του ζυμαριού είναι μεταξύ 4-5. Με την προσθήκη γαλακτικού οξέος ή φωσφορικού ασβεστίου ή ξινών ζυμαριών λύνεται το πρόβλημα. Γενικά το νερό περιέχει πλήθος ενώσεων με διακυμάνσεις είτε εποχιακές. Η αλληλεπίδραση των συστατικών είναι συχνά ανεξήγητη και η επίδραση στα

αρτοσκευάσματα ποικίλλει και είναι πολύ δύσκολο να βρεθεί. Οι πιο πάνω έρευνες δίνουν ορισμένες εξηγήσεις στις διαφορές που εμφανίζονται στη συμπεριφορά των ζυμαριών ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Αν τελικά βεβαιωθούμε ότι το νερό είναι προβληματικό, η χρήση κατά περίπτωση ενός ρυθμιστικού διαλύματος ή μιας συσκευής με διηθητικά φίλτρα θα δώσει λύση.

Η ποσότητα νερού που θα χρησιμοποιηθεί στη συνταγή της σφολιάτας εξαρτάται από την απορρόφηση του αλεύρου, τα άλλα υλικά που μετέχουν στη συνταγή, τον επιθυμητό βαθμό συνεκτικότητας του ζυμαριού, τη μέθοδο παρασκευής σφολιάτας, τη χρονική διάρκεια μέσα στην οποία ολοκληρώνεται η παρασκευή σφολιάτας, από το αν η ζύμη καταψύχεται ή όχι κλπ. Γενικά, σε μεγάλης χρονικής διάρκειας παραγωγικές διαδικασίες ή όταν χρησιμοποιούνται υλικά στη συνταγή που μαλακώνουν το ζυμάρι, η ποσότητα του νερού μειώνεται.

### 1.2.3.3 Αλάτι

Το αλάτι (sodium chloride-NaCl), είναι μια ουσία που χρησιμοποιείται ευρύτατα στην καθημερινή μας ζωή. Είναι επίσης πολύ γνωστό από αρχαιότατους χρόνους για τις συντηρητικές – αντιμικροβιακές του ιδιότητες. Οι βασικές του ιδιότητες είναι:

- α) Διαλυτό στο νερό
- β) Υγροσκοπικό ( απορροφά το νερό και πετρώνει)
- γ) Η οξεία γεύση ( αλμυρή)

Το αλάτι αποτελεί το βασικό συστατικό στην αρτοποιία και έχει πολλές ιδιότητες. Η συνηθισμένη δοσολογία σε αρτοσκευάσματα που διογκώνονται με μαγιά είναι 1,8 – 2,0% επί του αλεύρου. Μεγαλύτερες ή μικρότερες ποσότητες μπορούν να οδηγήσουν σε προβλήματα κατά την διάρκεια της αρτοποιήσης. Στην περίπτωση της σφολιάτας, η ποσότητα του αλατιού είναι περίπου 1,5 %. Η ποσότητα που προστίθεται στις ζύμες δεν είναι πάντα ίδια και ρυθμίζεται ανάλογα με το είδος του αρτοσκευάσματος, τη διόγκωση και το είδος της διόγκωσης ( βιολογική με μαγιά ή χημικά με baking powder).

Γενικότερα το αλάτι βελτιώνει:

- α) Τη γεύση των αρτοσκευασμάτων και συντελεί στην ανάμειξη της γεύσης και του αρώματος άλλων ουσιών (μπαχαρικά – ζάχαρη)
- β) Συνεργεί στην ενίσχυση της γλουτένης και βοηθά στη μεγαλύτερη απορρόφηση νερού
- γ) Έχει σταθεροποιητική επίδραση επί της γλουτένης και αλλάζει τις ρεολογικές ιδιότητες του ζυμαριού.
- δ) Τροποποιεί και βελτιώνει γενικώς το χρώμα της επιφάνειάς τους, δηλαδή της κόρας.
- ε) Δημιουργεί δυσμενές περιβάλλον για την ανάπτυξη άλλων μικροοργανισμών, εκτός από αυτόν της μαγιάς και έτσι αποφεύγεται η εκτροπή της ζύμωσης.

### 1.2.3.4 Ειδική μαργαρίνη φύλλου ή σκληρή μαργαρίνη

Η μαργαρίνη που προορίζεται για την φυλλοποίηση, είναι ένα πολύ βασικό και εξαιρετικής σημασίας υλικό για την παραγωγή σφολιάτας. Πρέπει να έχει την ικανότητα να ανοιχθεί κατά

τη διαδικασία ανοίγματος φύλλου του ζυμαριού και μάλιστα χωρίς να απορροφηθεί από το ζυμάρι μέχρι το φύλλο σφολιάτας να μπει στο φούρνο. Εάν η μαργαρίνη που θα χρησιμοποιηθεί δεν έχει αυτή την ικανότητα, τότε το τελικό προϊόν θα έχει λιγότερο φυλλωτή δομή και μικρότερη διόγκωση. Το λιπαρό θα πρέπει να είναι αρκετά σταθερό ώστε να αντέχει τη λειτουργία αναδίπλωσης της ζύμης και να σχηματίζει συνεχείς, άθικτες, λεπτές στιβάδες λίπους κάτω από τα στρώματα ζύμης – λιπαρού που δημιουργείται κατά τη διάρκεια της φυλλοποίησης. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να είναι αρκετά πλαστικό ώστε να είναι λειτουργικό και να απλώνεται ομοιόμορφα κατά το άπλωμα υπό πίεση. Οι λιπαροί κρύσταλλοι πρέπει να μπορούν να διαχωρίζονται και να κινούνται ο ένας μετά τον άλλον σε μια φάση ελαίου κατά τη διάρκεια της φυλλοποίησης. Οι ιδιότητες τήξης του λίπους, καθορίζουν την περιεκτικότητα σε κρυσταλλικό στερεό λίπος και το μέγεθος των κρυστάλλων, γεγονός που με τη σειρά του επηρεάζει τη σταθερότητα και τη λειτουργικότητα του λίπους (Cauvain, 2001).

Γενικά, αυτά τα ρεολογικά χαρακτηριστικά του λίπους για σφολιάτα επιτυγχάνονται με το υψηλό σημείο τήξης των κορεσμένων λιπών στο μίγμα του λίπους. Ωστόσο, τα σημεία τήξης θα πρέπει να είναι αρκετά χαμηλά, ώστε ταυτόχρονα για να αποφευχθεί η «προσκόλληση στον ουρανίσκο» (δυσάρεστη αίσθηση μετά από κατανάλωση) που προκαλείται από στερεό λίπος στο στόμα (Tamstorf et al., 1986).

Οι μαργαρίνες που χρησιμοποιούνται για τη ζύμη σφολιάτας, αφορούν ένα γαλάκτωμα νερού σε έλαιο, περιέχουν περίπου 80% τριγλυκερίδια ενώ η υψηλή τους περιεκτικότητα σε στερεό λίπος επιτρέπει την τήξη σε ένα ευρύ φάσμα θερμοκρασιών. Αυτές οι μαργαρίνες παρέχουν την υψηλή ικανότητα επεξεργασίας λίπους με υψηλά σημεία τήξης, αλλά έχουν σχετικά χαμηλότερα σημεία τήξης σε σύγκριση με άλλα λιπαρά (Kazier & Dyer, 1995). Αναλυτικότερα, η περιεκτικότητα των μαργαρινών σε κορεσμένα λιπαρά είναι 50%. Το κυριότερο κορεσμένο λιπαρό είναι το παλμιτικό οξύ (C16:0) με λιγότερες ποσότητες στεατικού οξέος (C18:0)μυριστικού οξέος (C14:0) και δωδεκανοϊκού (λαυρικού) οξέος (C12: 0). Τα ακόρεστα λιπαρά (υγρά σε θερμοκρασία δωματίου) περιέχουν κυρίως ελαϊκό οξύ (C18: 1) λιγότερες ποσότητες λινολεϊκού οξέος (C18: 2) και α-λινολεϊκό οξύ (C18:3).

Οι εταιρίες που παράγουν επαγγελματικές μαργαρίνες διαθέτουν στην αγορά πλήρη σειρά μαργαρινών για σφολιάτα και κρουασάν. Τα προϊόντα αυτά είναι εξειδικευμένες μαργαρίνες και καθεμιά είναι κατάλληλη για συγκριμένες θερμοκρασίες εφαρμογής, ή μεθόδους παρασκευής σφολιάτας.

Η μαργαρίνη για σφολιάτες και κρουασάν θα πρέπει:

- i) Να έχει πλαστικότητα όταν δουλεύεται και να μην έχει κολλώδη υφή.
- ii) Η σκληρότητα της, να είναι περίπου ίδια με την συνεκτικότητα του ζυμαριού. Αν η μαργαρίνη είναι σκληρότερη από το ζυμάρι, τότε τα δύο υλικά θα έχουν διαφορετική συμπεριφορά κατά το άνοιγμα του φύλλου. Τα λεπτά φύλλα του ζυμαριού θα σχιστούν, τα φύλλα της μαργαρίνης θα ενωθούν και θα δημιουργήσουν παχύτερα φύλλα, με αποτέλεσμα μικρότερο όγκο στη σφολιάτα και εμφάνιση λαδώματος στη λαμαρίνα μετά το ψήσιμο. Αντίθετα, η πολύ μαλακή μαργαρίνη θα διεισδύσει μέσα στο ζυμάρι και δε θα δημιουργηθεί το κατάλληλο φιλμ μαργαρίνης, με αποτέλεσμα το φτωχό φύλλωμα και τη μικρή διόγκωση της σφολιάτας.



iii) Να έχει καλή γεύση και το κατάλληλο άρωμα και να μην υπάρχουν ξένες οσμές ή τάγγισμα. Γι' αυτό, η μαργαρίνη πρέπει να αποθηκεύεται σε καθαρούς χώρους, να μην υπάρχουν υλικά με έντονες οσμές που εύκολα μπορούν να περάσουν και στη μαργαρίνη. Ο χώρος αποθήκευσης δεν πρέπει να έχει υψηλές θερμοκρασίες, αλλά να είναι σχετικά δροσερός ή προτιμότερο στη θερμοκρασιακή περιοχή που η κάθε μαργαρίνη είναι κατάλληλη να δουλευτεί.

iv) Όταν καταναλώνονται τα προϊόντα σφολιάτας, η μαργαρίνη που περιέχεται σε αυτά να λιώνει στο στόμα και να μην κολλάει στον ουρανίσκο αφήνοντας αίσθηση έντονης λιπαρότητας. Γι' αυτό, η θερμοκρασία του εργαστήριου θα πρέπει να είναι χαμηλή ( 18 – 20 °C) ή και χαμηλότερα ακόμη, έτσι ώστε να είναι δυνατόν η μαργαρίνη που θα επιλέξουμε να μπορεί να δουλευτεί σε αυτές τις θερμοκρασιακές περιοχές. Αντίθετα, αν επιλέξουμε μαργαρίνη κατάλληλη για δούλεμα στους 30 – 35 °C τότε σίγουρα ως τελικό αποτέλεσμα στα προϊόντα σφολιάτας θα έχουμε ανεπιθύμητη λιπαρότητα όταν καταναλώνονται, αφού δεν είναι δυνατόν να έχουμε μια σκληρή κατάλληλη για δούλεμα στους 30 – 35 °C μαργαρίνη και ταυτόχρονα αυτή η μαργαρίνη να λιώνει στο στόμα.

v) Η θερμοκρασία της μαργαρίνης του ζυμαριού και του εργαστηρίου θα πρέπει να είναι παραπλήσιες. Σε περίπτωση που η μαργαρίνη δε βρίσκεται σε θερμοκρασία εντός θερμοκρασιακής περιοχής που είναι κατάλληλη για να δουλευτεί, θα πρέπει να εγκλιματίζεται για να αποκτήσει τη θερμοκρασία εφαρμογής. Διαφορετικά, είτε θα είναι πολύ σκληρή και θα σπάει, είτε πολύ μαλακή και θα απορροφείται στη ζύμη.

### 1.2.3.5 Γαλακτωματοποιητές

Η ζύμη μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα πολύπλοκο σύστημα αφρού σε γαλάκτωμα ελαίου σε νερό, με τις φυσαλίδες αέρα να αποτελούν τη διεσπαρμένη φάση και η «συνεχής» φάση να αποτελείται από το μίγμα νερού και λιπαρού στην οποία είναι διεσπαρμένα τα σωματίδια του αλεύρου. Οι γαλακτωματοποιητές έχουν την ικανότητα να δρουν σταθεροποιητικά στη διεπιφάνεια μεταξύ δύο φάσεων, μέσω της μείωσης της δι-επιφανειακής τάσης. Η τάση τους να δεσμεύονται από πολική ή άπολη (λιπαρή) φάση εκφράζεται από την HLB τιμή τους, με τους γαλακτωματοποιητές με υψηλή τιμή HLB να εμφανίζουν υδρόφιλο χαρακτήρα και εκείνους με χαμηλή, λιπόφιλη συμπεριφορά.

Οι γαλακτωματοποιητές μπορούν να υφίστανται σε διάφορες κρυσταλλικές μορφές, ανάλογα με τη θερμοκρασία, με πιο σταθερή τη β'. Κατά τη διασπορά τους σε νερό με θέρμανση κοντά στο σημείο τήξης τους, το νερό διαπερνά τις στοιβάδες των πολικών ομάδων με αποτέλεσμα τη διασπορά των κρυστάλλων στο υγρό και τη μετάβαση του γαλακτωματοποιητή στη λιγότερο σταθερή α' μορφή (Krog & Sparso, 2004). Με ψύξη προκύπτει πήγμα στο οποίο ο γαλακτωματοποιητής θα είναι διεσπαρμένος με τη μορφή των μικρών σε μέγεθος κρυστάλλων α' μορφής, που είναι πολύ σημαντική για την ενσωμάτωση του αέρα στη σφολιάτα και για τη σταθερότητα του αφρού καθώς τα πήγματα της α' μορφής φαίνεται να σχηματίζουν στοιβάδα στην επιφάνεια των φυσαλίδων αέρα (Richardson et al., 2002, 2004). Έτσι αποτρέπουν τη συνένωση των φυσαλίδων και προάγουν την ομοιόμορφη κατανομή τους στη ζύμη.

Ωστόσο ο λειτουργικός ρόλος των γαλακτωματοποιητών δεν περιορίζεται αποκλειστικά στη σταθερότητα του αφρού, αλλά εκτείνεται και σε άλλες αλληλεπιδράσεις τους. Έτσι ορισμένοι γαλακτωματοποιητές, αλληλεπιδρούν με το άμυλο, σχηματίζοντας σύμπλοκα με την αμυλόζη, και εμποδίζουν την αναδιάταξη του αμύλου. Κατά αυτόν τον τρόπο οι γαλακτωματοποιητές συμβάλλουν στην παρεμπόδιση του μπαγιατέματος και στην καλύτερη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος.

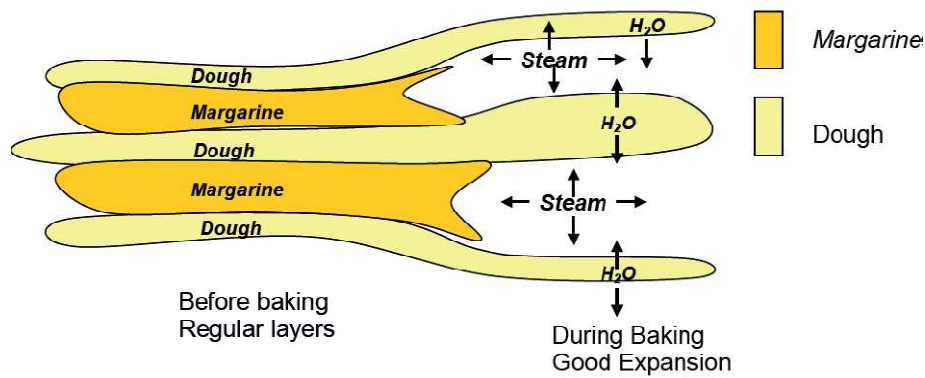
Λόγω της πολυμορφίας τόσο των γαλακτωματοποιητών όσο και των λιπαρών, οι γαλακτωματοποιητές μπορούν να επηρεάσουν την κρυσταλλική δομή του λιπαρού στο οποίο βρίσκονται διεσπαρμένοι, και κατ' επέκταση επιδρούν στη λειτουργικότητα του λιπαρού στο προϊόν. Ως συστατικά του λιπαρού ενισχύουν τη διασπορά του τελευταίου στη ζύμη αλλά και της γαλακτωματοποιητικής δράση του, με αποτέλεσμα την καλύτερη κατανομή του αέρα στη ζύμη. Στην περίπτωση που το λιπαρό περιέχει νερό (για την καλύτερη διασπορά των κρυστάλλων), η παρουσία του γαλακτωματοποιητή διευκολύνει τη διασπορά του νερού στο λιπαρό και τη σταθερότητα του λιπαρού προϊόντος κατά την αποθήκευση.

Τα μονο- & δι-γλυκερίδια είναι προϊόντα της γλυκερόλυσης, δηλαδή της αντίδρασης τριγλυκεριδίων με τη γλυκερόλη σε θερμοκρασία 200-260°C. Τα μονογλυκερίδια με περαιτέρω εστεροποίηση με οργανικά οξέα όπως οξικό, κιτρικό, γαλακτικό, και διακετυλοτρυγικό οδηγούν στο σχηματισμό των αντίστοιχων εστέρων (εστέρες του οξικού οξέος (acetem), του κιτρικού οξέος (citrem), του γαλακτικού οξέος (lactem) και του μονο- και διακετυλο- τρυγικού οξέος (datem)) (Krog & Sparso, 2004). Και άλλοι γαλακτωματοποιητές προκύπτουν με διαδικασία ανάλογη με τη γλυκερόλυση, ως εστέρες της προπυλενογλυκόλης με στεατικό οξύ (propylene glycol monostearate-PGMS), της πολυγλυκερόλης με κάποιο λιπαρό οξύ (polyglycerol esters- PGE), και της σορβιτόλης. Τα στερεοϋλο-γαλακτυλικό νάτριο (*sodium stearoyl lactylates (SSL)*) και στεαροϋλο-γαλακτυλικό ασβέστιο (*calcium stearoyl lactylates (CSL)*) προκύπτουν με εστεροποίηση του γαλακτικού οξέος με λιπαρά οξέα και ακολούθως εξουδετέρωση με άλατα νατρίου και ασβεστίου αντίστοιχα. (Bennion & Bamford, 1997; Sahi, 2008).

#### 1.2.4 Μηχανισμός διόγκωσης της ζύμης σφολιάτας

Το τελικό φύλλο της ζύμης της σφολιάτας αποτελείται από εκατοντάδες αλληπάλληλα στρώματα (πολύ λεπτά φύλλα) ζυμαριού και ειδικές μαργαρίνες που εναλλάσσονται μεταξύ τους. Κατά τη φάση του ψησίματος, τα λεπτά φύλλα μαργαρίνης λιώνουν και δημιουργούν ένα μονωτικό φιλμ λιπαρού ανάμεσα στα φύλλα του ζυμαριού, εμποδίζοντάς τα να κολλήσουν μεταξύ τους.

Παράλληλα, το νερό των φύλλων του ζυμαριού και το νερό της μαργαρίνης μετατρέπεται σε υδρατμούς και καθώς η κύρια μάζα τους παρεμποδίζεται να διαφύγει στο περιβάλλον από τα αλληπάλληλα φιλμ λιπαρού / ζυμαριού, προκαλείται η απομάκρυνση και διαχωρισμός μεταξύ των φύλλων ζυμαριών (**Σχήμα 1**). Η όλη δομή σταθεροποιείται με τη 'διόγκωση' των πρωτεϊνών και κυρίως της γλουτένης του ζυμαριού. Το τελικό αποτέλεσμα είναι η μεγάλη διόγκωση και η φυλλωτή τραγανή δομή που χαρακτηρίζουν τη σφολιάτα.



Σχήμα 1: Απεικόνιση Μηχανισμού διόγκωσης της ζύμης σφολιάτας

### 1.2.5 Μέθοδοι παρασκευής σφολιάτας

Ο τρόπος που παρασκευάζεται η σφολιάτα δεν είναι εύκολος. Είναι πολύπλοκος και χρειάζεται χρόνο, καλή τεχνική και εμπειρία. Διεθνώς υπάρχουν διάφορες μέθοδοι παρασκευής σφολιάτας που εφαρμόζονται, ανάλογα με την «σχολή» προέλευσης. Οι σημαντικότερες μέθοδοι είναι οι εξής:

#### Αγγλική Μέθοδος

Το βασικό ζυμάρι ανοίγεται σε φύλλο πάχους περίπου 10-12 χιλιοστά και η μαργαρίνη, αφού πρώτα μορφοποιηθεί σε φύλλο αντίστοιχου πάχους, τοποθετείται επάνω στο ζυμάρι. Προσέχουμε ώστε να καλύπτει τα 2/3 της επιφάνειας του ζυμαριού. Όταν γίνει το δίπλωμα της μαργαρίνης στο ζυμάρι, το αποτέλεσμα είναι να έχουν τρεις στρώσεις ζυμάρι και δυο στρώσεις μαργαρίνης.

#### Γαλλική μέθοδος

Η γαλλική μέθοδος μοιάζει πάρα πολύ με την αγγλική, μόνο που αντί για δύο στρώσεις μαργαρίνης εσωτερικά, έχουμε μόνο μία, η οποία αγκαλιάζεται από το ζυμάρι αντικριστά (φάκελος). Μετά το δίπλωμα της μαργαρίνης, η αρχική ζύμη σφολιάτας έχει δύο στρώσεις και μια στρώση μαργαρίνης.

#### Ολλανδική μέθοδος

Εδώ, τα υλικά τοποθετούνται εντελώς αντίστροφα σε σχέση με τις προαναφερθείσες μεθόδους. Η μαργαρίνη αγκαλιάζει εξωτερικά τη ζύμη, έτσι ώστε η σφολιάτα να έχει δύο στρώσεις μαργαρίνης και μια στρώση ζύμης. Εκείνο που πρέπει να προσεχθεί σε αυτή τη μέθοδο είναι καλή ποιότητα της μαργαρίνης που θα χρησιμοποιηθεί, ενώ θα χρειαστεί σε κάθε περίπτωση και να αλευρωθεί. Επίσης, το βασικό ζυμάρι θα πρέπει να είναι το ίδιο σφιχτό και σκληρό, όσο και η μαργαρίνη. Η όλη παρασκευή της σφολιάτας και οι χειρισμοί της ζύμης θα πρέπει να γίνονται σε σχετικά ψυχρές συνθήκες, για να μη μαλακώνει υπερβολικά η μαργαρίνη. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου παρέχει ορισμένα σημαντικά πλεονεκτήματα:

συντομεύεται η όλη διαδικασία ανοίγματος φύλλου διότι δεν χρειάζονται μεγάλοι χρόνοι ξεκούρασης της ζύμης, η ζύμη δε ξεραίνεται εξωτερικά κατά την παραγωγή σφολιάτας και τα τελικά προϊόντα γίνονται πιο τρυφερά και πιο νόστιμα λόγω του εξωτερικού φιλμ λιπαρού.

### **Σκωτσέζικη μέθοδος ( μέθοδος κουρού)**

Οι Σκωτσέζοι προτιμούν να κόβουν τη μαργαρίνη σε μικρούς κύβους και να τους τοποθετούν στο ζυμάρι κατά τη φάση της ανάμειξης, δηλαδή στη ζύμωση είναι όλα τα υλικά μαζί. Στο τέλος του ζυμώματος, οι κύβοι της μαργαρίνης δεν θα πρέπει να έχουν απορροφηθεί πλήρως από το ζυμάρι, αλλά να σχηματίζουν λεπτές λωρίδες μαργαρίνης μέσα στη ζύμη. Να σημειωθεί ότι οι κύβοι της μαργαρίνης, πριν από τη χρήση, θα πρέπει να έχουν μπει στο ψυγείο ώστε να κρυσώσουν, αλλά όχι τόσο πολύ σε βαθμό που να τρίβονται κατά την ανάμειξη και να δημιουργούν σβώλους. Η μαργαρίνη κατά το δούλεμα πρέπει να είναι πλαστική. Η μέθοδος αυτή είναι η πιο γρήγορη και δίνει γευστική σφολιάτα, αλλά χωρίς τη διόγκωση που αποφέρουν οι άλλες μέθοδοι (Μποσδίκος Δημήτρης 2005).

### **1.2.6 Τρόποι διπλώματος της μαργαρίνης στο ζυμάρι**

#### **Βόλτες – διπλώματα ζύμης**

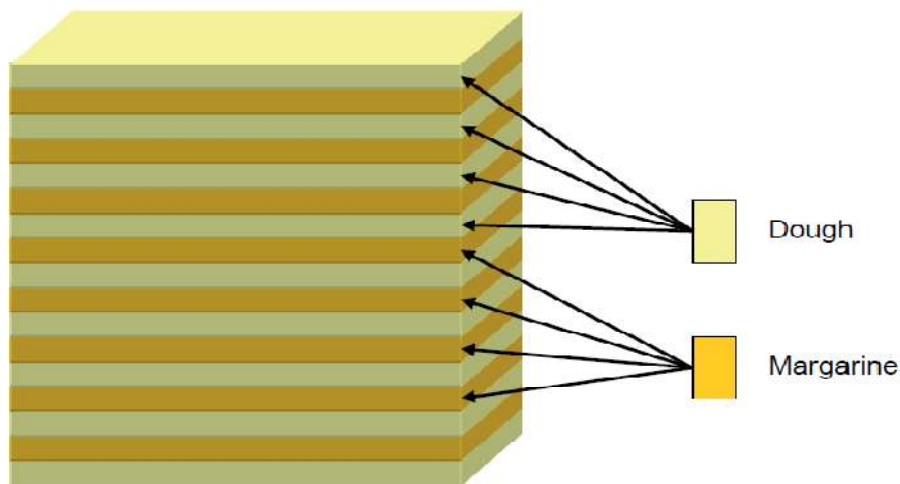
Κατά τη φάση του ανοίγματος φύλλου σφολιάτας η αρχική ζύμη (βασικό ζυμάρι και μαργαρίνη) υποβάλλεται σε μια διαδικασία κατά την οποία η ζύμη διπλώνεται και ανοίγεται σε φύλλο αρκετές φορές, για να δημιουργηθούν στο τελικό φύλλο οι λεπτές στρώσεις φιλμ μαργαρίνης / ζυμαριού (**Σχήμα 2**).

Η όλη διαδικασία ανοίγματος φύλλου γίνεται συνήθως στη σφολιατομηχανή. Το κάθε δίπλωμα ή βόλτα ακολουθείται από το άνοιγμα του φύλλου, στη συνέχεια η ζύμη ξανά διπλώνεται και ανοίγεται σε φύλλο μέχρις ότου να δημιουργηθεί ο επιθυμητός αριθμός στρώσεων μαργαρίνης / ζυμαριού.

Συνήθως εφαρμόζονται δυο τύποι διπλώματος / βόλτες:

- Η μισή βόλτα, κατά την οποία η ζύμη διπλώνεται στα τρία.
- Η ολόκληρη βόλτα, όπου η ζύμη διπλώνεται στα τέσσερα. Το πόσες βόλτες ακριβώς χρειάζεται να δοθούν σε μια σφολιάτα εξαρτάται από μια σειρά παραγόντων, όπως:
- Τη σχέση μαργαρίνης φύλλου / ζυμαριού
- Το τελικό πάχος του φύλλου σφολιάτας
- Το είδος των παρασκευασμάτων και τον επιθυμητό όγκο.

Στην πράξη συνήθως δίνονται τέσσερις ολόκληρες βόλτες (1Χ4) για τη σφολιάτα γαλλικού τύπου και με ποσοστό μαργαρίνης 75-80%, ενώ στη μέθοδο κουρού τρεις ολόκληρες βόλτες. Βέβαια υπάρχουν και άλλες παραλλαγές που εφαρμόζονται με επιτυχία στην παραγωγή διαφόρων προϊόντων(Μποσδίκος Δημήτρης 2005).



**Σχήμα 2: Λαμιναρισμένο φύλλο Σφολιάταςμετά την ολοκλήρωση της φυλλοποίησηςτου**

### 1.2.7 Το τελικό φύλλο

Μετά το τέλος της διαδικασίας των διπλωμάτων, η ζύμη ανοίγεται σε τελικό φύλλο. Το πάχος του τελικού φύλλου εξαρτάται από το παρασκεύασμα, το επιθυμητό βάρος κλπ. Συνήθως, το τελικό φύλλο έχει πάχος από 1 έως 4 χιλιοστά. Κατά το άνοιγμα του τελικού φύλλου, το πέρασμα της ζύμης από τους κυλίνδρους της σφολιατομηχανής θα πρέπει να γίνεται κατά τη διεύθυνση των στρώσεων της μαργαρίνης και όχι στο “κόντρα”, Η τεχνική αυτή μειώνει το μάζεμα / συρρίκνωση της ζύμης.

### 1.2.8 Ξεκούραση ζύμης

Το ζυμάρι μετά την ανάμειξη θα πρέπει να ξεκουραστεί για 15 – 20 λεπτά. Το ίδιο πρέπει να γίνει και στη ζύμη ανάμεσα στις βόλτες. Η ξεκούραση της ζύμης θα πρέπει να γίνεται σε δροσερό μέρος στο ψυγείο. Κατά την ξεκούραση, η ζύμη πρέπει να τυλίγεται π.χ σε πλαστικό φιλμ για να μην ξεραθεί εξωτερικά.

### 1.2.9 Κόψιμο – Μορφοποίηση

Το τελικό φύλλο κόβεται σε διάφορα σχήματα και μεγέθη που ανάλογα με το τελικό παρασκεύασμα, μπορούν να γεμιστούν με διάφορες γεμίσεις, πριν ή μετά το ψήσιμο. Πολύ σημαντική είναι η ξεκούραση των τελικών τεμαχίων ζύμης για τουλάχιστον 1 ώρα πριν από το ψήσιμο τους. Διαφορετικά, θα δημιουργηθεί πρόβλημα συρρίκνωσης ( όπως το μάζεμα και η παραμόρφωση παρασκευασμάτων). Επίσης, πριν από το ψήσιμο, τα διάφορα σφολιατοειδή μπορούν να συντηρηθούν για μικρό χρονικό διάστημα το ψυγείο ή να καταψυχθούν.

### 1.2.10 Ψήσιμο

Το ψήσιμο των διαφόρων προϊόντων σφολιάτας γίνεται συνήθως στους 200 – 220 °C για 20-25 λεπτά. Οι παράμετροι ψησίματος μπορούν να τροποποιηθούν και να προσαρμοστούν σε κάθε παρασκευάσμα ανάλογα με το μέγεθος, το είδος της γέμισης, το φούρνο που χρησιμοποιείται κ.λ.π. Επίσης, τα διάφορα σφολιατοειδή πριν από το ψήσιμο μπορούν να αλειφθούν με μείγμα αυγού και νερού σε μια αναλογία 50:50 προκειμένου να αποκτήσουν με αυτόν τον τρόπο γυαλάδα και χρώμα.

### 1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της ζύμης

Παρόλο που είναι δύσκολο να δοθεί μια σαφής ερμηνεία για το τι εννοείται με τον όρο 'ποιότητα' της ζύμης της σφολιάτας, έχουν προσδιοριστεί και υιοθετηθεί ορισμένα ποιοτικά κριτήρια που καθιστούν τη ζύμη σφολιάτας αποδεκτή από τους καταναλωτές. Η ποιότητα της ζύμης μπορεί να ποικίλει σημαντικά ανάλογα με την ποιότητα των πρώτων υλών και τις παραλλαγές της παραγωγικής διαδικασίας (McGill, 1975, Hay, 1993, Cauvain, 2001). Πράγματι, οι μεταβολές σε οποιονδήποτε από αυτούς τους παράγοντες μπορεί να οδηγήσουν σε απότομη πτώση της ποιότητας και συνεπώς σε οικονομικές απώλειες, ιδίως στην παραγωγή μεγάλης κλίμακας. Στη συνέχεια θα αναλυθούν ορισμένοι από αυτούς τους παράγοντες, λαμβάνοντας υπόψη τη σχετική σημασία τους (**Πίνακας 3**). Αυτή η γνώση είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση του λίπους, καθώς η βελτιστοποίηση αυτών των παραγόντων μπορεί να αντισταθμίσει την απώλεια ποιότητας που προκαλείται από τη μείωση του λίπους.

Πινάκας 3: Ποιοτικά χαρακτηριστικά στην σφολιάτα. (Kanchana S. Wickramarachchi et al 2014)

Objective parameters		Pastry lift is the measurement of the height of the pastry		
Pastry lift/ Specific lift	Specific lift = $\frac{\text{pastry lift (mm)}}{\text{paste weight before baking (g)}}$		Specific lift provides a better method to compare pastry produced using different final paste thicknesses/weight than the lift. It is also an indicator of other parameters such as pastry firmness, shrinkage and volume	Gerrard et al.(2000), Hay (1993), McGill (1975), Simovic et al. (2009) and Slwinski et al. (2004)
Development	Development = $\frac{\text{pastry lift (mm)}}{\text{height of the paste weight before baking (mm)}}$		Commonly used parameter by the bakers. Bakers' expectations of the development of puff pastry is 5-8.	Cavillot et al.(2009) and McGill (1975)
Pastry Volume/ Specific volume	Specific volume = $\frac{\text{pastry volume of the pastry (cm}^3\text{)}}{\text{paste weight before baking (g)}}$	Pastry volume is the measurement of volume of the	Rape seed displacement method or laser-based scanners can be used for volume measurement.	Hay (1993) and Simovic et al.(2009)
Lift irregularity	Lift irregularity = maximum pastry height (mm) – minimum pastry height (mm)		Measures the aesthetic quality of pastry. The higher the unevenness of the lift the higher the irregularity value.	Telloke (1991)
Eccentricity	Eccentricity = $\frac{(\text{maximum top diameter of the pastry ring}) - (\text{minimum top diameter of the pastry ring})}{(\text{minimum top diameter of the pastry ring})} \times 100$		Higher values of eccentricity reflects more deformation of a perfect circular shape for pastry rings.	Telloke (1991)
Shrinkage	Shrinkage = $\frac{(\text{surface area of the pastry top}) - (\text{surface area of the pastry cutter})}{(\text{surface area of the pastry cutter})} \times 100$		Measures product contraction during baking and aesthetic quality of pastry. There is a direct relationship between pastry height and shrinkage. Higher shrinkage values mean higher product deformation. Pastry from stronger flours has more pastry deformation.	Telloke (1991)
Instrumental firmness	Different compression tests can be used to evaluate the firmness, defined as maximum resistance to force. Ex: a blade or probe attached to the texture analyser forcing through pastry to obtain maximum shear load		Telloke (1991) found the firmness measurements agree with panel assessment of pastry tenderness ( $r^2 = 0.96$ ).	Simovic et al. (2009) and Telloke (1991)
Structure	Image analysis is used to analyse the image of pastry cross-sections for different parameters such as cell size and cell wall thickness		Newel method. Salmon (2005) analysed the air cell distribution in a pastry cross-section and attempted to relate to subjective quality.	Salmon (2005)

Ως σημαντικότερη αιτία αυτών των προβλημάτων είναι η επιλογή κακών πρώτων υλών, οι κακοί χειρισμοί της ζύμης στη σφολιατομηχανή ή η αστάθεια της θερμοκρασίας του φούρνου.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα προβλήματα απαιτούνται τα εξής μέτρα: Χρησιμοποίηση αλεύρων με πρωτεϊνικό περιεχόμενο υψηλό (12% και με γλουτένη καλής ποιότητας. Η χρήση ασβεστίου βοηθά στην ενίσχυση των αλεύρων. Επίσης, η μαργαρίνη πρέπει να είναι συνεκτική και με καλή πλαστικότητα, να μην έχει πολύ μεγάλο σημείο τήξης, να μην τρίβεται και να μην αφήνει διάκενα κατά το δίπλωμα της με το ζυμάρι. Η ασυνέχεια της μαργαρίνης προκαλεί απώλεια αερίων που χρησιμεύουν για τη διόγκωση της σφολιάτας. Κατά το δίπλωμα της ζύμης με τη μαργαρίνη πρέπει να ακολουθεί ξεκούραση 15 λεπτών στο πάγκο ή το ψυγείο και μετά να ξαναδίπλωθεί. Τέλος, η θερμοκρασία και η υγρασία της στόφας πρέπει να διατηρούνται σταθερές. Αναλυτικότερα:

### 1.3.1 Ποιότητα αλεύρου

Η περιεκτικότητα του αλεύρου σε πρωτεΐνη είναι το κύριο κριτήριο για την επιλογή του τύπου αλεύρου που θα χρησιμοποιηθεί για τη ζύμη της σφολιάτας. Αυτό διαφέρει μεταξύ των χωρών. Πιο συγκεκριμένα, η περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη στην Ευρώπη κυμαίνεται μεταξύ 12 – 14,5%, ενώ στην Νέα Ζηλανδία η βέλτιστη είναι 8-10%.

Γενικά τα δυνατά άλευρα βοηθούν στην καλύτερη διόγκωση της σφολιάτας, ενώ τα αδύναμα άλευρα προκαλούν μικρότερη διόγκωση. Αυτή η μη επιθυμητή κατάσταση οφείλεται την καταστροφή των στρωμάτων κατά το λαμινάρισμα της σφολιάτας, με αποτέλεσμα την κακή κατακράτηση των αερίων. Διάφορες μελέτες (*Kanchana S. Wickramarachchiet al 2014*) διαπίστωσαν ότι η ρεολογική ποιότητα της γλουτένης κατά το ψήσιμο και την επεξεργασία, έχει μεγαλύτερη σημασία από την πρωτεΐνη που περιέχει το αλεύρι αρχικά.

### 1.3.2 Περιεκτικότητα του νερού στην ζύμη

Η επίτευξη της βέλτιστης συνοχής και της μειωμένης κολλώδους υφής της ζύμης είναι καθοριστικής σημασίας για την παραγωγή σφολιάτας. Η ποσότητα του νερού που θα χρησιμοποιηθεί εξαρτάται από την απορρόφηση του νερού από το αλεύρου, την ποσότητα λίπους και τη διαδικασία παρασκευής της ζύμης.

Πιστεύεται γενικά ότι μεγαλύτερο ποσοστό της περιεκτικότητας του νερού μέσα στην ζύμη, βοηθάει στην καλύτερη διόγκωση της ζύμης. Ωστόσο, ο *Telloke* (1991) διαπίστωσε ότι η διόγκωση και η συνεκτικότητα στις ζύμης, επηρεάστηκαν ελάχιστα όταν η περιεκτικότητα σε νερό της ζύμης αυξήθηκε από 52,5% σε 62,5% (βάρος αλεύρου) διατηρώντας παράλληλα το άλευρο και τη μαργαρίνη σε αναλογία ζύμης, σταθερή. Ενώ ο *Sliwinski to 2004* ανέφερε ότι αυξάνοντας την περιεκτικότητα του νερού στη ζύμη από το βέλτιστο ποσοστό, η διόγκωση της ζύμης παρουσίαζε μειωμένο ύψος.

Καταλήγοντας, οι διαφορετικές ποικιλίες αλεύρου σε συνδυασμό με αύξηση της περιεκτικότητας του νερού μέσα στην ζύμη μπορεί να αύξηση την κολλώδη υφή της ζύμης, προκαλώντας συγχώνευση της ζύμης με τα λιπαρά κατά το στάδιο τις φυλλοποίησης με αποτέλεσμα την μειωμένη διόγκωση της σφολιάτας.



### 1.3.3 Περιεκτικότητα του λίπους

Η αύξηση της περιεκτικότητας σε λιπαρές ύλες, αυξάνει και τη διόγκωση της ζύμης της σφολιάτας κατά το ψήσιμο. Αυτό πιθανότατα να οφείλεται στην δημιουργία παχύτερων στρωμάτων λίπους – ζύμης κατά το στάδιο της φυλλοποίησης, δημιουργώντας λιγότερη συνένωση των φύλλων κατά το στάδιο του λαμιναρίσματος.

Επιπλέον, η δημιουργία παχύτερων στρωμάτων λιπαρού – ζύμης κατά το στάδιο της φυλλοποίησης, προκαλεί μεγαλύτερη αδιαπερατότητα του ατμού κατά το στάδιο του ψησίματος, με αποτέλεσμα την καλύτερη διόγκωση. Η μείωση του λίπους κάτω από το 50%, χωρίς να γίνουν κάποιες αλλαγές στη συνταγή ή στην διαδικασία παραγωγής θα οδηγήσει αναπόφευκτα στη μείωση της διόγκωσης της ζύμης σφολιάτας και σε άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά. Παρ' όλα αυτά, στην αγορά διατίθενται κατεψυγμένα φύλλα λαμιναρισμένης ζύμης με περιεκτικότητα σε λιπαρά κάτω από 50% επί του αλεύρου.

## 1.4 Προβλήματα κατά την παρασκευή σφολιάτας

### 1.4.1 Διαχωρισμός λιπαρής ύλης στην επιφάνεια – γευστική αίσθηση λαδιού

Γι' αυτό το πρόβλημα ευθύνεται η κακή ποιότητα της μαργαρίνης. Για την αντιμετώπιση του απαιτούνται τα εξής μέτρα:

Η ορθή χρησιμοποίηση μαργαρίνης καλής ποιότητας με καλούς σταθεροποιητές και γαλακτωματοποιητές, ώστε να μην έχουμε διαχωρισμό της λιπόφιλης ομάδας και μετακίνηση στην επιδερμίδα της σφολιάτας. Επιπλέον, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην εξισορρόπηση της θερμοκρασίας του ζυμαριού κατά την ώρα των διπλωμάτων.

### 1.4.2 Συμπαγής δομή, κακή διαστρωμάτωση

Σε αυτή την περίπτωση ευθύνεται κάποιος λανθασμένος χειρισμός στη σφολιατομηχανή. Για την αντιμετώπιση του απαιτείται το ζυμάρι να διπλώνεται με τη μαργαρίνη και να διέρχεται από τη σφολιατομηχανή 3-4 φορές, με ενδιάμεσα στάδια ξεκούρασης 15 λεπτών του ζυμαριού. Κατά τα περάσματα απαιτείται τόσο προσεκτικό ρολάρισμα του ζυμαριού, όσο και αποφυγή των απότομων αλλά και των βίαιων πιέσεων. Στο παρακάτω πίνακα (**Πίνακας 4**) φαίνονται συνοπτικά κάποια προβλήματα που παρουσιάζονται στην διαδικασία παραγωγής σφολιάτας, τα αίτια που τα προκαλούν καθώς και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.

*Πίνακας 4 : Προβλήματα & Επίλυση προβλημάτων*

Πρόβλημα	Αιτιολογία	Επίλυση προβλήματος
Παραμόρφωση σχήματος (πχ οβάλ σχήμα)	Ζύμη πολύ ελαστική πολύ σκληρή  Οι δίπλες έγιναν χωρίς ενδιάμεσα ξεκουράσματα.	Πολύ δυνατό αλεύρι (επικοινωνία με προμηθευτή) Αυξάνουμε τους χρόνους ξεκουράσματος αν χρειαστεί και ένα βράδυ σε ψυγείο.

	Τρόπος ψησίματος	Βάζουμε λαδόκολλα στο ταψί
Το προϊόν φουσκώνει άγρια	Δίπλες κατά την σφολιατοποίηση	α) Αυξάνουμε της δίπλες β) Λεπταίνουμε την ζύμη στις ενδιάμεσες δίπλες γ) απομακρύνουμε το περιττό αλεύρι πριν διπλώσουμε την ζύμη.
	Ξεκούρασματα	Ξεκούρασμα προϊόντος πριν το ψήσιμο.
	Ποσότητα λίπους στην ζύμη	Μειώνουμε την ποσότητα λιπαρού
	Συνθήκες ψησίματος	Ψήνουμε σε χαμηλότερη θερμοκρασία

#### 1.4.3 Αριθμός φυλλαρίσματος

Ο αριθμός λαμιναρίσματος – φυλλοποίησης της ζύμης μπορεί να εκφραστεί ως ο αριθμός των θεωρητικών στρώσεων λιπαρού στην τελική ζύμη, ο οποίος υπολογίζεται από τον αρχικό αριθμό στρώματος λιπαρού και τον αριθμό των στρωμάτων που γίνονται στην συνέχεια.

Το βέλτιστο επίπεδο φυλλοποίησης, ποικίλει ανάλογα με την περιεκτικότητα του λιπαρού που χρησιμοποιείται μέσα στην συνταγή. Παραδείγματος χάριν, βρέθηκε ότι 128 στρώματα λίπους - ζύμης για περιεκτικότητα λιπαρού 50% επί του αλεύρου, ενώ 256 στρώματα λίπος έδωσαν τα καλύτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά για περιεκτικότητα λίπους 100% επί αλεύρου.

#### 1.4.4 Ξεκούραση της ζύμης πριν και μετά το λαμινάρισμα

Η ζύμη πριν και η λαμιναρισμένη ζύμη μετά συνήθως χρειάζονται διαφορετικούς χρόνους ξεκούρασης. Η ανεπαρκής ξεκούραση μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητη συρρίκνωση και σχίσιμο της ζύμης κατά την διάρκεια της φυλλοποίησης.

Η ανθεκτικότητα και η αντοχή κατά την εκτατότητα του ζυμαριού, μειώνεται με την πάροδο του χρόνου μετά την ανάμιξη, αντανακλώντας τη σταδιακή μεταβολή της δομής της γλουτένης με βαθμιαία μείωση της ελαστικότητας.

Κατά τη διάρκεια της ξεκούρασης, στη ζύμη επιτυγχάνετε η βέλτιστη ρεολογική κατάσταση, αλλά αυτή η μεταβολή παρουσιάζει διαφορετικούς ρυθμούς για άλευρα διαφορετικής δύναμης (περιεκτικότητα σε γλουτένη) σε σχέση με τους χρόνους ξεκούρασης. Ο *Cauvain (2002)* διαπίστωσε ότι τα αδύναμα άλευρα χρειάζονται ελάχιστη ή καθόλου χαλάρωση, ενώ η ζύμη από δυνατότερα άλευρα χρειάζονται περισσότερο χρόνο ξεκούρασης.

## **1.5 Προβλήματα κατά το ψήσιμο και την αποθήκευση της σφολιάτας**

### **1.5.1 Θερμοκρασία Ψησίματος**

Η ζύμη σφολιάτας πρέπει να ψηθεί σε ένα ζεστό προθερμασμένο φούρνο για να εξασφαλιστεί η ταχεία παραγωγή ατμού που παράγεται μέσα στη ζύμη και δημιουργεί τη διόγκωση της σφολιάτας κατά τη διάρκεια του αρχικού σταδίου του ψησίματος. Η θερμοκρασία ψησίματος ποικίλει ανάλογα με τον τύπο της ζύμης. Παραδείγματος χάριν, τα προϊόντα με γέμιση χρειάζονται θερμοκρασία μεταξύ 216 – 221 °C, ενώ η ζύμη χωρίς γέμιση χρειάζεται 227-238 °C. Οι χαμηλότερες θερμοκρασίες χρησιμοποιούνται γενικά σε φούρνους μεταφοράς, με σκοπό την εξουδετέρωση της πρώιμης στερεοποίησης της επιφάνειας της ζύμης, δημιουργώντας κρούστα, όπου αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την χαμηλότερη διόγκωση της ζύμης που προκαλείται από τη ροή της θερμότητας μέσα σε τέτοιου τύπου φούρνο.

Η διαδικασία ψησίματος μπορεί να βελτιστοποιηθεί αυξάνοντας τη θερμοκρασία ψησίματος κατά την διάρκεια του πρώτου σταδίου του ψησίματος, όπου όπως αναφέραμε δημιουργούνται υδρατμοί και έχουμε τη διόγκωση της ζύμης και στην συνέχεια εφόσον συμβεί η διόγκωση της σφολιάτας μπορεί να γίνει μείωση της θερμοκρασία του φούρνου, ώστε να πραγματοποιηθεί κρούστα στην επιφάνεια χωρίς να καεί το προϊόν (*Gerrard et al. (2000)*).

### **1.5.2 Ψύξη και κατάψυξη της τελικής λαμιναρισμένης ζύμης**

Η συνηθέστερη τεχνική για την αποθήκευση της λαμιναρισμένης ζύμης πριν το τελικό στάδιο, είναι να διατηρούνται στο ψυγείο. Η αποθήκευση σε ψύξη σε θερμοκρασίες κάτω των 5 °C, παρέχει καλύτερη προστασία στην ποιοτική υποβάθμιση της ζύμης, σε σχέση με υψηλότερες θερμοκρασίες αποθήκευσης στους 10-15 °C.

Ο σχηματισμός σκούρων σημείων στην επιφάνεια της ζύμης είναι μια μορφή ποιοτικής υποβάθμισης της ζύμης και εμφανίζεται κατά την παρατεταμένη αποθήκευση σε συνθήκες ψύξης. Αυτό το φαινόμενο αποδίδεται στην ενζυμική οξείδωση των πολυφαινολών μέσα στο ζυμάρι. Αυτό το ανεπιθύμητο φαινόμενο, δηλαδή ο αποχρωματισμός του ζυμαριού, μπορεί να μειωθεί με προσθήκη ασκορβικού και κιτρικού οξέος στη ζύμη, αν και αυτό μπορεί να επηρεάσει τη συνεκτικότητα της ζύμης.

Τα κατεψυγμένα φύλλα λαμιναρισμένης σφολιάτας, καθίστανται όλο και πιο δημοφιλή στην αγορά από τους καταναλωτές και τα καταστήματα λιανικής πώλησης. Ωστόσο, αυτά τα κατεψυγμένα προϊόντα διατηρούν υψηλή και σταθερή ποιότητα για 6 – 12 μήνες και αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά. Ωστόσο, μια μελέτη (*Gerrard et al. (2000)*), αναφέρει ότι σε διάστημα 3 μηνών σε θερμοκρασία αποθήκευσης >20 °C, τα προϊόντα λαμιναρισμένης ζύμης παρουσίαζαν 18,5 % απώλεια στην διόγκωση τους. Αυτό μπορεί να παρουσιάστηκε στην διάσπαση του πλέγματος της γλουτένης από

κρυστάλλους πάγου που δημιουργήθηκαν στο εσωτερικό της ζύμης, με αποτέλεσμα την μείωση της αντοχής της ζύμης.

Έχουν γίνει διάφορες επιστημονικές προσπάθειες για τη βελτίωση της σταθερότητας της ζύμης κατά την αποθήκευση της σε χαμηλές θερμοκρασίες και της παράτασης της περιόδου αποθήκευσης της. Σε μια μελέτη που έγινε το 1984 (*Leung et al. (1984)*), διαπιστώθηκε μείωση της ενεργότητας νερού της λαμιναρισμένης ζύμης, από 0,98 σε 0,90, με προσθήκη μέσα στη ζύμη σορβιτόλης. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δυνατότητα της αποθήκευσης της σφολιάτας στους 5 ° C. Μια άλλη έρευνα (*Gerrard et al. (2000)*), έδειξε ότι η προσθήκη του ενζύμου τρανσγλουταμινάσης (βελτιωτικό αλεύρου) στα 5000ppm ( με βάση επί ξηρής ουσίας αλεύρου), βοήθησε να διατηρηθεί η διόγκωση της ζύμης κατά την αποθήκευση της στους -20 ° C για έως και 3 μήνες. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην οξειδωση των υπολειμμάτων κυστεΐνης της πρωτεΐνης της γλουτένης από την μικροβιακή τρανσγλουταμινάση, διευκολύνοντας τη διασύνδεση των δισουλφιδικών δεσμών, ενισχύοντας έτσι το πρωτεϊνικό πλέγμα ενάντια στα επιβλαβή αποτελέσματα που δημιουργούνται από την αποθήκευση σε κατάψυξη.

### 1.5.3 Αποθήκευση ψημένης λαμιναρισμένης ζύμης

Η ψημένη σφολιάτα έχει περιορισμένη διάρκεια ζωής που είναι περίπου 7 ημέρες, εξαιτίας της υγροσκοπικής της φύσης, με αποτέλεσμα να γίνονται σκληρά κατά το μάσημα, δημιουργώντας την αίσθηση του μπαγιατέματος, καθώς απορροφούν υγρασία από το περιβάλλον. Αυτό το πρόβλημα γίνεται μεγαλύτερο όταν οι σφολιάτες είναι με υγρές γεμίσεις, καθώς η υγρασία γέμισης απορροφείται από την επιφάνεια της ζύμης.

Καταλήγοντας, ο *Ke & Brown (1985)* σε μια έρευνα του ισχυρίστηκε ότι παρήγαγε ένα τροποποιημένο προϊόν λαμιναρισμένης ζύμης με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μικρότερη υγρασία από μια κλασσική συνταγή σφολιάτας. Αυτό το κατάφερε αντικαθιστώντας το αλεύρι σίτου εν μέρει με δεξτρίνη ( κατά προτίμηση 20 – 25 %). Όντως, λιγότερο ποσοστό υγρασία παρατηρήθηκε στην τροποποιημένη ζύμη από την κλασσική ζύμη.

## 1.6 Υποκατάστατα λίπους

Το λίπος έχει σημαντική συμβολή στη δομή και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Συμβάλλει στα γευστικά χαρακτηριστικά και το άρωμα, στην ανάπτυξη του όγκου, την πορώδη δομή και στην τρυφερότητα της υφής. Ωστόσο το λίπος κατά τον μεταβολισμό του αποδίδει 9 kcal /g ενώ 1 g πρωτεΐνης ή υδατάνθρακα αποδίδουν 4 kcal (*Stryer, 1988*). Έτσι η υποκατάσταση της λειτουργικότητας του λιπαρού έχει αναζητηθεί σε συστατικά υδατανθρακικής βάσης, που περιλαμβάνουν παράγωγα του αμύλου (μαλτοδεξτρίνες) και προϊόντα ινών (ινουλίνη, πηκτίνες, κόμμεα), πρωτεϊνικής βάσης (μικροσωματιδιακή πρωτεΐνη), και λιπαρής βάσης.

Στην υποκατάσταση του λιπαρού, είναι σημαντικό τα υποκατάστατα να βρίσκονται υπό μορφή πηκτής, βασικά συστατικά της οποίας αποτελούν οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες. Η πηκτή επιτυγχάνεται μέσω του σχηματισμού ενός τρισδιάστατου πλέγματος από τις αλυσίδες των πολυσακχαριτών ή των πρωτεϊνών, με το διαλύτη να «παγιδεύεται» στο πλέγμα. Πρόκειται για σχηματισμούς ημιστέρας δομής, όπου τμήματα των αλυσίδων διαφορετικών πολυμερών συνδέονται σε διατεταγμένες ζώνες, οι οποίες συνδέονται μεταξύ τους μέσω των υπόλοιπων (μη διατεταγμένων) τμημάτων των πολυμερικών αλυσίδων (*Morris, 1990a, b*). Στην περίπτωση των υποκαταστάτων πρωτεϊνικής βάσης, ο σχηματισμός του τριδιάστατου πλέγματος βασίζεται σε σωματίδια που

σχηματίζονται με κατάλληλη επεξεργασία από τα μόρια των πρωτεϊνών (η επεξεργασία σχηματισμού σωματιδίων αναπτύσσεται παρακάτω). Τα σωματίδια συσσωματώνονται προς μεγαλύτερες δομές, οι οποίες με τη σειρά τους σχηματίζουν το τριδιάστατο πλέγμα (*Maragoni et al., 2000*). Η δύναμη της πηκτής επηρεάζεται από τη συγκέντρωση του πολυμερούς, τη θερμοκρασία, το pH και την παρουσία ιόντων.

Ένα υποψήφιο υποκατάστατο του λίπους πρέπει να έχει τα εξής:

1. Να είναι κατά προτίμηση φυσικό συστατικό
2. Να είναι χημικά μάλλον ουδέτερο
3. Να μην αλλάζει χρώμα του προϊόντος
4. Να έχει μειωμένη θερμιδική αξία
5. Βελτίωση χρώματος και αρώματος
6. Θερμικά σταθερό
7. Να σχηματίζει εύκολα γαλάκτωμα
8. Όχι τοξικές επιδράσεις
9. Ιξώδες παραπλήσιο του λίπους που υποκαθιστά
10. Χαμηλό κόστος

### 1.6.1 Κατηγορίες υποκατάστατων λίπους

Τα συστατικά αυτά - που είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν είτε για τη μερική, είτε για την ολική αντικατάσταση των πραγματικών λιπαρών ουσιών – είναι δυνατόν να ταξινομηθούν στις εξής μεγάλες κατηγορίες : στα υποκατάστατα που έχουν ως βάση τους τις **πρωτεΐνες**, στα υποκατάστατα που έχουν ως βάση τους **υδατάνθρακες**, στους **γαλακτωματοποιητές** και στα **συνθετικά συστατικά**.

Τα συνθετικά συστατικά αποτελούνται από εστέρες λιπαρών οξέων και έχουν μορφή παρόμοια με αυτή των φυσικών λιπαρών, γι' αυτό αποδίδονται με τον όρο αντικαταστάτες των λιπαρών (*fat replacers*). Αντίθετα τα υποκατάστατα με βάση τις πρωτεΐνες και τους υδατάνθρακες προσδίδουν απλώς στο τρόφιμο στο οποίο προστίθενται, ιδιότητες παρόμοιες με αυτές που αποδίδουν τα λιπαρά σώματα και αποδίδονται με τον όρο μιμητές των λιπαρών (*fat mimetics*). Οι γαλακτωματοποιητές τέλος, εφαρμόζονται κυρίως για την καλύτερη διασπορά μικρότερης ποσότητας λιπαρών στο τρόφιμο και συνήθως σε συνδυασμό με άλλα υποκατάστατα. Καθεμιά από τις παραπάνω κατηγορίες περιλαμβάνει αρκετά μεγάλο αριθμό υποκατάστατων, τα κυριότερα χαρακτηριστικά των οποίων θα αναφερθούν λεπτομερέστερα στη συνέχεια.

### 1.6.2 Υποκατάστατα λίπους πρωτεϊνικής βάσης

Είναι πρωτεΐνες (καζεΐνη, αλβουμίνη και πρωτεΐνες των δημητριακών) που μορφοποιούνται σε μικροσωματίδια, με ειδική επεξεργασία έτσι ώστε να παρουσιάζουν συγκεκριμένο σχήμα και μέγεθος (η διάμετρος τους κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 2.0 μm). Το κυριότερο υποκατάστατο αυτής της κατηγορίας κυκλοφορεί στην αγορά με την εμπορική ονομασία Simplese και παρασκευάζεται από την εταιρία Nutrasweet Company. Η θερμιδική αξία του συγκεκριμένου υποκατάστατου ανέρχεται σε 1,3 Kcal/g. Το Simplese έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία σε ένα μεγάλο αριθμό τροφίμων, όπως τα τυριά, τα γιαούρτια και γενικότερα τα γαλακτοκομικά προϊόντα οι σούπες, οι μαργαρίνες και άλλα αλειφόμενα προϊόντα, τα προϊόντα αρτοποιίας, οι μαγιονέζες και οι σάλτσες για σαλάτες. Το προϊόν αυτό, σύμφωνα με τις

ενδείξεις αφομοιώνεται από τον οργανισμό όπως οι πρωτεΐνες και έχει λάβει από τη Παγκόσμιος οργανισμός τροφίμων και φαρμάκων των ΗΠΑ από το 1990, τον χαρακτηρισμό GRAS (Generally Recognised As Safe)(Dudley et al., 1989; Tang et al., 1989).

### **Μικροσωματιδιακή πρωτεΐνη**

Η μικροσωματιδιακή πρωτεΐνη αποτελείται από μικροσωματίδια διαμέτρου 1 μm, σφαιρικού σχήματος καθένα από τα οποία αποτελείται από μόρια πρωτεΐνης. Η ικανότητα της μικροσωματιδιακής πρωτεΐνης να μιμείται το λιπαρό, και ειδικότερα την κρεμώδη υφή του λιπαρού, στη διεσπαρμένη μορφή της, οφείλεται στο μέγεθος, το σχήμα και την ομοιομορφία των μικροσωματιδίων, καθώς και στην ικανότητα τους να μη συσσωματώνονται περαιτέρω. Όπως και στα άλλα υποκατάστατα λιπαρού, η συγκέντρωση των μικροσωματιδίων επηρεάζει την αποτελεσματικότητα του συγκεκριμένου προϊόντος στην υποκατάσταση του λιπαρού. Επιπλέον ως πρωτεϊνικό προϊόν εμφανίζει υδρόφιλο και υδρόφοβο χαρακτήρα, με αποτέλεσμα να δρα ως γαλακτωματοποιητής.

Οι πρωτεΐνες προέρχονται από αυγό ή γάλα και κατά τη διαδικασία παραγωγής (microparticulation process), που πρόκειται για παστερίωση και ομογενοποίηση που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα, δεν μεταβάλλεται η τρισδιάστατη δομή των πρωτεϊνών και η αλληλουχία των αμινοξέων, παρά μόνο ο τρόπος με τον οποίο τα μόρια των πρωτεϊνών συσσωματώνονται. Το θερμιδικό φορτίο είναι 4 kcal/g επί ξηρού, ωστόσο λόγω της ενυδάτωσης των πρωτεϊνών κατά τη διαδικασία παρασκευής του πηγματος η θερμιδική αξία είναι ιδιαίτερα μειωμένη (1-2 kcal/g). Πέρα από το χαμηλότερο θερμιδικό φορτίο σε σύγκριση με το λίπος, σημαντικό όφελος για τον οργανισμό αποτελεί και η περιεκτικότητα σε απαραίτητα αμινοξέα (λυσίνη και μεθιονίνη).

### **1.6.3 Υποκατάστατα λίπους υδατανθρακικής βάσης**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι ακόλουθες ενώσεις :

**Υδροκολλοειδή:** Η δομή που παρουσιάζουν τα υδροκολλοειδή τους επιτρέπει να μιμούνται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των πραγματικών λιπαρών. Τα κυριότερα υδροκολλοειδή που χρησιμοποιούνται ως υποκατάστατα είναι: καραγεννάνη, τα κόμμεα αραβικό και γκουάρ, η ξανθάνη και οι πηκτίνες. Οι κυριότερες εφαρμογές τους είναι στα προϊόντα κρέατος, όπως λουκάνικα και αλεσμένο βοδινό κρέας. Τα υδροκολλοειδή είναι μη τοξικές ενώσεις και συνεπώς δεν υπάρχει πρόβλημα στο νομοθετικό πλαίσιο χρησιμοποίησης.

**Κόμμεα:** Όπως αναφέρθηκε τα κόμμεα δρουν ως πηκτοματογόνα και ορισμένα σχηματίζουν πηκτή. Χρησιμοποιούνται στη μείωση του λιπαρού λόγω της ρύθμισης του ιξώδους, της ικανότητας συγκράτησης νερού και της συνεισφοράς τους στην υφή.

Ειδικότερα οι γαλακτομαννάνες δεν έχουν την ικανότητα σχηματισμού πηκτής αλλά εμφανίζουν συνέργεια με άλλα κόμμεα (ξανθάνη, κ-καραγεννάνη) παρέχοντας μεγαλύτερο ιξώδες από το κάθε κόμμι ξεχωριστά. Ο συνδυασμός της ξανθάνης με άλλα κόμμεα χρησιμοποιείται συχνά. Ειδικότερα με θέρμανση του κόμμεος χαρουπιού και της ξανθάνης και ακολούθως ψύξη, λαμβάνεται πηκτή. Το κόμμι χαρουπιού (Ψιμούλη Βασιλική, 2015) αλληλεπιδρά πιο έντονα με τη ξανθάνη και την καραγεννάνη από ότι το κόμμι γκουάρ λόγω της υψηλότερης αναλογίας μανόζης προς γαλακτόζης. Δε χρησιμοποιούνται για απ' ευθείας υποκατάσταση του λιπαρού, ωστόσο λόγω της σταθεροποιητικής τους δράσης, και

ειδικότερα της ικανότητας δέσμευσης νερού και ρύθμισης του ιξώδους, βρίσκουν εφαρμογή σε χαμηλών λιπαρών προϊόντα τυριού, παγωτό, προϊόντα αρτοποιίας και σάλτσες. Η ξανθάνη χρησιμοποιείται ως σταθεροποιητής σε σάλτσες και μαγιονέζες χαμηλών λιπαρών. Το κόμμι κοηας επίσης παρέχει ιξώδες και προσομοιώνει τις οργανοληπτικές ιδιότητες του λιπαρού.

**Πηκτίνη:** Ο σχηματισμός πηκτής της πηκτίνης διαφέρει ανάλογα με το βαθμό μεθυσίωσης. Στην σχηματισμό της πηκτής των πηκτινών υψηλού βαθμού μεθυσίωσης, συνεισφέρουν οι δεσμοί υδρογόνου, μέσω των οποίων σχηματίζεται πλέγμα από αλυσίδες της πηκτίνης, και η υδροφοβικότητα, που οδηγεί στη σύνδεση των μεθυλεστέρων που περιβάλλονται από μόρια νερού. Ο σχηματισμός της πηκτής ενισχύεται από την παρουσία σακχαρόζης (ή ανάλογων συνδιαλυμένων ουσιών π.χ. σορβιτόλη) και το χαμηλό pH, οπότε ελαχιστοποιούνται οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ της πηκτίνης και του διαλύτη (μέσω της μείωσης της ενεργότητας του νερού) και η αποσύνδεση των ομάδων καρβοξυλικών οξέων λόγω ηλεκτροστατικής απώθησης (μέσω του χαμηλότερου βαθμού ιονισμού των καρβοξυλίων) αντίστοιχα. Στην περίπτωση της πηκτίνης χαμηλού βαθμού εστεροποίησης, η πηκτή σχηματίζεται μέσω της σύνδεσης λιγότερων αλυσίδων. Οι αλυσίδες συνδέονται αρχικά με τη μορφή διμερών μέσω δεσμών υδρογόνου και van der Waals, σχηματίζοντας κοιλότητες στις οποίες εντάσσονται ιόντα ασβεστίου, μέσω των οποίων ακολουθεί η σύνδεση και άλλου μορίου πηκτίνης. Σε κάθε περίπτωση ο σχηματισμός της πηκτής εξαρτάται από διάφορους παράγοντες που εξαρτώνται από τη δομή της πηκτής, τα ιοντικά χαρακτηριστικά, την παρουσία συνδιαλυμένων ουσιών. (Ψιμούλη Βασιλική, 2015) Ειδικότερα η δύναμη της πηκτής εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά της πηκτίνης, π.χ. μοριακό βάρος, βαθμό εστεροποίησης, κατανομή των σακχάρων και των φορτισμένων ομάδων στην αλυσίδα, αλλά και από εξωτερικούς παράγοντες (pH, θερμοκρασία, συγκέντρωση των συνδιαλυμένων ουσιών και της πηκτίνης). Η πηκτίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μερική ή ολική υποκατάσταση του λιπαρού σε μαγιονέζα, αλειφόμενα προϊόντα, σάλτσες, σουπές, επεξεργασμένα κρέατα και τυριά, επιδόρπια και προϊόντα αρτοποιίας.

**Ινουλίνη:** Η ινουλίνη είναι πολυσακχαρίτης με σημαντικές ευεργετικές επιδράσεις για τον οργανισμό ως προϊόν διαιτητικών ινών και ως πρεβιοτικό. Έχει την ικανότητα κατά την προσθήκη της σε υδατικά διαλύματα υπό την επίδραση διατμητικών δυνάμεων να οδηγεί στη δημιουργία πηκτής που μπορεί να μιμηθεί το λίπος. Συγκεκριμένα τα αδιάλυτα μικροσωματίδια της ινουλίνης (μεγέθους περίπου 100 nm) δημιουργούν ένα τρισδιάστατο πλέγμα, μέσα στο οποίο ακινητοποιείται το νερό. Επιπλέον η ινουλίνη δρα συνεργιστικά με άλλα πηκτικά μέσα, όπως ζελατίνη, καραγεννάνη, ζελάνη, μαλτοδεξτρίνη (Franck, 2002, 2006). Η δύναμη της πηκτής εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ινουλίνης και τις παραμέτρους της διάτμησης (χρόνος, θερμοκρασία, ταχύτητα) αλλά όχι από το pH (Franck, 2006). Για παράδειγμα η θέρμανση συνοδευόμενη από ψύξη παρείχε πιο σταθερή πηκτή σε σύγκριση με τη διαδικασία της διάτμησης-ανάδευσης, ενώ με αύξηση της θερμοκρασίας θέρμανσης απαιτούνταν μικρότερη συγκέντρωση ινουλίνης για το σχηματισμό πηκτής (Kim et al., 2001). Η ινουλίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποκατάσταση λιπαρού σε προϊόντα κρέατος, σοκολάτα, προϊόντα τύπου μαργαρίνης, και γαλακτοκομικά (κρέμες τυριού, τυρί, κρέμες, γιαούρτι, παγωτό).

**Ημικυτταρίνες, β – γλυκάνες και κυτταρίνη:** Οι ημικυτταρίνες είναι πολυσακχαρίτες που αποτελούνται από μόρια D – ξυλόζης που συνδέονται μεταξύ τους με β-D (1,4) δεσμούς. Είναι μη κυτταρινικοί, μη

αμυλούχοι σύνθετοι πολυσακχαρίτες. Αποτελούν μια ομάδα ετεροπολυσακχαριτών που περιέχουν μία ποικιλία σακχάρων, τόσο στη κύρια ανθρακική αλυσίδα, όσο και στις πλευρικές αλυσίδες.

Οι β – γλυκάνες είναι ουσιαστικά μία υποκατηγορία των ημικυτταρινών, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί ως υποκατάστατα των λιπαρών πρόσφατα, αν και είναι ενώσεις γνωστές για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Κυκλοφορούν ως υποκατάστατα των λιπαρών με τις εμπορικές ονομασίες Oatrim (που βρίσκει εφαρμογές στα προϊόντα αρτοποιίας, τα αλειφόμενα τυριά και τα κατεψυγμένα επιδόρπια) και Lean Maker (που βρίσκει εφαρμογές στα προϊόντα κρέατος).

Η κυτταρίνη αποτελεί ένα γραμμικό πολυμερές της γλυκόζης με δεσμούς β-D (1,4). Είναι το κύριο δομικό συστατικό των κυτταρικών τοιχωμάτων των φυτών και θεωρείται σχετικά αδιάλυτη στο νερό. Ως υποκατάστατα κυκλοφορούν στην αγορά, η καρβοξυ – μέθυλο - κυτταρίνη (CMC) και οι πηκτές κυτταρίνης Avicel και RCN.

## **Παράγωγα της κυτταρίνης**

### ***Μικροκρυσταλλική κυτταρίνη***

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, η μικροκρυσταλλική κυτταρίνη (σκόνη ή κολλοειδής) λαμβάνεται με όξινη επεξεργασία της κυτταρίνης. Η μικροκρυσταλλική κυτταρίνη σε σκόνη χρησιμοποιείται ως πηγή ινών και ως παράγοντας πάχυνσης. Η κολλοειδής μικροκρυσταλλική κυτταρίνη περιέχει υδατοδιαλυτό κόμμι (όπως καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη, ξανθάνη), που κατά τη διασπορά της κυτταρίνης στο νερό συντελεί στη δημιουργία ενός τριδιάστατου πλέγματος διεσπαρμένων κρυστάλλων που προσομοιάζει τα διεσπαρμένα σταγονίδια ελαίου σε γαλάκτωμα ελαίου σε νερό, δηλαδή εμφανίζει δομή παρόμοια με γαλάκτωμα ελαίου σε νερό, η οποία της προσδίδει τη λειτουργικότητα υποκατάστατου λιπαρού. Η κολλοειδής μικροκρυσταλλική κυτταρίνη χρησιμοποιείται ως υποκατάστατο λιπαρού σε σάλτσες για σαλάτες, προϊόντα αρτοποιίας, γαλακτομικά προϊόντα, παγωτό και κατεψυγμένα επιδόρπια, τυριά, αλειφόμενα προϊόντα και επεξεργασμένα κρέατα. Στα κατεψυγμένα προϊόντα η κολλοειδής μικροκρυσταλλική κυτταρίνη αποτρέπει το σχηματισμό παγοκρυστάλλων.

### ***Κόμμεα μεθυλοκυτταρίνης***

Η μεθυλοκυτταρίνη και η υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι κόμμεα που παράγονται με χημική τροποποίηση της κυτταρίνης. Τα υδατικά διαλύματα τους δίνουν πηκτή κατά τη θέρμανση, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε αφυδάτωση και στην σύνδεση των αλυσίδων λόγω υδροφοβικότητας. Πιο συγκεκριμένα με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η κινητικότητα των μορίων νερού και υπερνικώντας τους δεσμούς υδρογόνου απομακρύνονται από τις αλυσίδες του πολυμερούς που περιβάλλουν, με αποτέλεσμα την αλληλεπίδραση και σύνδεση των υδρόφοβων τμημάτων του πολυμερούς. Η δύναμη της πηκτής καθορίζεται από χαρακτηριστικά του πολυμερούς, δηλαδή τη συγκέντρωση των μεθυλομάδων και την αναλογία μεθυλίου: υδροξυπροπυλίου. Πιο συγκεκριμένα όσο αυξάνεται η συγκέντρωση των μεθυλίων αυξάνεται η σταθερότητα της πηκτής, ενώ η παρουσία των υδροξυπροπυλο ομάδων αυξάνει τη θερμοκρασία σχηματισμού πηκτής και μειώνει τη δύναμή της, λόγω του περισσότερο υδρόφιλου χαρακτήρα τους έναντι των μεθυλοομάδων.



## **B-γλυκάνη**

Οι β-γλυκάνες από δημητριακά έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν πηκτή και επομένως αναμένεται να μπορεί να υποκαθιστούν το λίπος, επιπροσθέτως των ωφέλιμων επιδράσεών τους ως διαιτητικές ίνες. Προϊόντα πλούσια σε β-γλυκάνες περιλαμβάνουν το Oatrim, Nutrim, Z-trim, C-trim. Το Oatrim είναι υποκατάστατο λίπους βασισμένο στη βρώμη και παρασκευάζεται με ενζυμική υδρόλυση του αμύλου του αλεύρου βρώμης από την α-αμυλάση προς μαλτοδεξτρίνη. Οι συνθήκες της ενζυμικής επεξεργασίας επιλέχθηκαν έτσι ώστε να απελευθερωθεί η β-γλυκάνη, που είναι συνδεδεμένη με την κυτταρίνη, σε ποσοστά 1-10%. Το μίγμα β-γλυκανών και μαλτοδεξτρίνης με χαμηλό ισοδύναμο δεξτρόζης εμφανίζει βελτιωμένες λειτουργικές ιδιότητες και αίσθηση λίπους στο στόμα σε σύγκριση με άλλες πηκτές μαλτοδεξτρίνης. Το Nutrim είναι υδροκολλοειδές που παρασκευάζεται από το πίτυρο βρώμης χωρίς την αμυλολυτική επεξεργασία (Inglett, 1998). Το Z-trim παρασκευάζεται με διπλή επεξεργασία διάτμησης των κελυφών βρώμης, σόγιας, μπιζελιού, ρυζιού, πιτύρου βρώμης ή σιταριού, οπότε η ινώδης δομή τους μειώνεται σε μικροσκοπικό μέγεθος με τη βοήθεια υπεροξειδίου και Νατρίου. Πρόκειται για μη θερμιδική ουσία, είναι άγευστο, έχει υψηλό ιξώδες και υψηλή ικανότητα συγκράτησης νερού (WHC) και παρέχει υγρασία σε προϊόντα μειωμένων θερμίδων προϊόντων τυριού και σε προϊόντα αρτοποιίας. Το C-trim αναπτύχθηκε πιο πρόσφατα και είναι υδροκολλοειδές από πίτυρο βρώμης με 20% περιεκτικότητα σε β-γλυκάνη.

## **Υδατοδιαλυτοί παράγοντες πήξης**

Στην κατηγορία αυτή των υποκατάστατων λίπους ανήκουν διάφοροι παράγοντες πήξης που παρουσιάζουν μεγάλη διαλυτότητα στο νερό. Οι ουσίες αυτές είναι συνήθως διάφορα πολυμερή και χρησιμοποιούνται έτσι ώστε να βελτιώσουν τις ιδιότητες των τροφίμων που είναι σχετικές με το ιξώδες που εμφανίζουν. Ο κυριότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής υποκατάστατων των λιπαρών σωμάτων είναι η πολυδεξτρόζη που αποτελεί ένα συμπυκνωμένο πολυμερές της γλυκόζης με τυχαίους δεσμούς και παρασκευάζεται από την εταιρία Pfizer Inc.

Η πολυδεξτρόζη είναι πολύ ευδιάλυτη στο νερό και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την υποκατάσταση του λίπους, καθώς μιμείται χαρακτηριστικά, όπως η αίσθηση στο στόμα (Mitchell, 1996). Ειδικότερα στα προϊόντα αρτοποιίας η πολυδεξτρόζη εμφανίζει παρεμποδιστική δράση ως προς την ανάπτυξη του πλέγματος γλουτένης, ανάλογη με εκείνη του λιπαρού. Έχει προταθεί ότι η αυτή η δράση της πολυδεξτρόζης λαμβάνει χώρα μέσω της απορρόφησης νερού, οπότε και μειώνεται η διαθέσιμη ποσότητα νερού για την ανάπτυξη της γλουτένης.

Μελέτες που έγιναν απέδειξαν ότι η πολυδεξτρόζη συνεισφέρει στον ανθρώπινο οργανισμό 1 Kcal/g. και επομένως επιτυγχάνει σημαντική μείωση των περιεχόμενων θερμίδων σε τρόφιμα όπως τα προϊόντα αρτοποιίας, τα παγωμένα επιδόρπια, το αλεσμένο βοδινό κρέας, οι μαγιονέζες και οι σάλτσες για σαλάτες. Σχετικά με το νομοθετικό πλαίσιο χρήσης της, είναι υποχρεωτικό να αναγράφεται στην ετικέτα του προϊόντος προειδοποίηση, όταν περιέχονται περισσότερα από 15 g πολυδεξτρόζης ανά μερίδα.

## **Παράγωγα του αμύλου**

Στην κατηγορία αυτή των υποκατάστατων λίπους ανήκουν οι υδαάνθρακες που έχουν ως βάση τους το άμυλο, όπως υδρολύματα και μαλτοδεξτρίνες με χαμηλό ισοδύναμο δεξτρόζης. Οι κυριότεροι

εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι ορισμένα προϊόντα που κυκλοφορούν στην αγορά με τις εξής εμπορικές ονομασίες : Tapiocaline, Leanbind, Rice \* Trin 3 Complete, Paselli SA2, Stellar, N-Lite, N-Oil, Maltrin M 040. Τα παραπάνω υποκατάστατα βρίσκουν εφαρμογές σε προϊόντα αρτοποιίας, σε γαλακτοκομικά προϊόντα, μαγιονέζες και σάλτσες για σαλάτες. Τα υποκατάστατα αυτά προστίθενται στα τρόφιμα συνήθως σε μορφή πηκτής συγκεντρώσεων 20 – 25 %. Σε καθαρή μορφή έχουν θερμιδική αξία περίπου 4 Kcal/g., ενώ σε μορφή πηκτής συνεισφέρουν 1 Kcal/g. Τα προϊόντα αυτής της κατηγορίας είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων χωρίς νομοθετικά προβλήματα (αφού αποτελούνται από συστατικά που ήδη χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων) με την προϋπόθεση να αναγράφεται η προέλευση τους στην ετικέτα των τροφίμων που περιέχονται.

## Μαλτοδεξτρίνες

Οι μαλτοδεξτρίνες παράγονται με ενζυμική υδρόλυση του αμύλου και αποτελούνται από μονάδες α-γλυκόζης που συνδέονται με 1,4 γλυκοζιτικούς δεσμούς. Μπορούν να παρασκευασθούν και με όξινη υδρόλυση η οποία ωστόσο οδηγεί σε μαλτοδεξτρίνες με υψηλή αναλογία σε γλυκόζη και δεξτρίνες υψηλού μοριακού βάρους, που εμφανίζουν μεγάλη τάση αναδιάταξης. Το ισοδύναμο δεξτρόζης (DE) αποτελεί δείκτη της έκτασης της υδρόλυσης του αμύλου, με την αύξηση του ισοδύναμου δεξτρόζης να δηλώνει τη μείωση του μέσου μοριακού βάρους των πολυμερών γλυκόζης. Επιπλέον με την αύξηση του ισοδύναμου δεξτρόζης επηρεάζονται οι ιδιότητες της μαλτοδεξτρίνης (αύξηση της γλυκύτητας, της ταπείνωσης του σημείου τήξης, της υγροσκοπικότητας, της διαλυτότητας, μείωση του ιξώδους). Έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν θερμοανιστρέψιμες πηκτές, οι οποίες τήκονται με θέρμανση και με ψύξη σχηματίζουν ξανά πηκτή. Ο σχηματισμός πηκτής (ρυθμός σχηματισμού, αντοχή πηκτής) εξαρτάται από το ισοδύναμο δεξτρόζης, τη συγκέντρωση, τη θερμοκρασία ενώ ενισχύεται και από την παρουσία ορισμένων γαλακτωματοποιητών (SSL, sucrose ester, glycerol monostearate) (Harkema, 1996). Αποδίδουν 4kcal/g, ωστόσο η χρήση τους με τη μορφή πηκτής μειώνει τη θερμιδική τους απόδοση περίπου σε 1 kcal/g πηκτής. Έτσι έχει προταθεί η χρήση τους ως υποκατάστατα λίπους σε προϊόντα αρτοποιίας, σε αλειφόμενα τυριά χαμηλών λιπαρών και σε προϊόντα κρέατος (π.χ. λουκάνικα, χάμπουργκερ), σάλτσες και σουπές. Λόγω του υψηλού ιξώδους, μπορούν να λειτουργήσουν και ως μέσα πήξης και ως σταθεροποιητικοί παράγοντες σε γαλακτοκομικά προϊόντα και παγωτά.

Όπως και τα άμυλα, οι μαλτοδεξτρίνες έχουν την τάση να υφίστανται αναδιάταξη κατά την αποθήκευση, ενώ αν χρησιμοποιηθούν σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να προσδώσουν στο προϊόν ανεπιθύμητη αμυλώδη μετάγευση. Ωστόσο οι μαλτοδεξτρίνες με χαμηλό ισοδύναμο δεξτρόζης από άμυλο πατάτας υφίστανται αναδιάταξη λιγότερο εύκολα σε σύγκριση με τα άμυλα από δημητριακά, λόγω των μεγαλύτερης αλυσίδας μορίων αμυλόζης, ενώ έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε λιπίδια και πρωτεΐνες τα οποία μπορούν να επηρεάσουν τα χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων (πχ. μετάγευση, ιξώδες).

### 1.6.4 Γαλακτωματοποιητές

Οι κυριότεροι και πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι γαλακτωματοποιητές που έχουν εφαρμογή ως υποκατάστατα λίπους, στα τρόφιμα χαμηλών θερμίδων είναι: η λεκιθίνη, τα μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια, τα αποσταγμένα μονογλυκερίδια και τα παράγωγα τους (ακετυλιωμένα, περιέχοντα ηλεκτρικό οξύ, οι διακετύλο – τρυγικοί εστέρες τους και τα περιέχοντα γαλακτικό οξύ), οι εστέρες της

πολυγλυκερίνης, οι εστέρες της σορβιτόλης, οι εστέρες του γαλακτικού οξέος και οι εστέρες της προπυλενογλυκόλης. Οι γαλακτωματοποιητές λειτουργούν έτσι ώστε να διασπαρείτο λίπος στα τρόφιμα, με συνέπεια να είναι δυνατή η μείωση της περιεκτικότητας σε λιπαρές ουσίες.

Οι γαλακτωματοποιητές προστίθενται στα τρόφιμα σε πολύ μικρά ποσοστά (συνήθως δεν υπερβαίνουν το 0,5% του τελικού προϊόντος). Οι κυριότερες εφαρμογές του είναι στα προϊόντα αρτοποιίας και στα γαλακτοκομικά προϊόντα. Συχνά συνδυάζονται με άλλα υποκατάστατα που έχουν ως βάση τους υδαάνθρακες. Σχετικά με το νομοθετικό πλαίσιο της χρήσης τους στις ΗΠΑ, οι γαλακτωματοποιητές που έχουν λάβει την έγκριση GRAS (Generally Recognised As Safe) και μπορούν να χρησιμοποιηθούν με την άδεια της FDA είναι η λεκιθίνη, τα μονό – και διγλυκερίδια καθώς και οι διακέτυλο – τρυγικοί εστέρες των μόνο –και διγλυκεριδίων. Στην Ευρώπη υπάρχει σχετική νομοθεσία, καθώς και εκτός Ευρώπης που είναι διαφορετική σε κάθε κράτος.

### 1.6.5 Συνθετικά υποκατάστατα λίπους

Αποτελούν ουσίες, οι οποίες περιέχουν λιπαρά οξέα και έχουν ως κοινό χαρακτηριστικό τους το γεγονός ότι δεν υδρολύονται πλήρως από τα λιπολυτικά ένζυμα της εντερικής περιοχής με αποτέλεσμα να έχουν χαμηλή ή και μηδενική θερμιδική αξία. Οι σπουδαιότερες από αυτές τις ουσίες είναι οι πολυεστέρες της σακχαρόζης και τα τριγλυκερίδια στα οποία συνδυάζονται οξέα μακράς με οξέα μέσης ή μικρής ανθρακικής αλυσίδας.

Οι πολυεστέρες της σακχαρόζης είναι το κύριο συστατικό του προϊόντος Olestra το οποίο παρασκευάζει η εταιρία Procter & Gamble. Το Olestra είναι ένα μίγμα από εξα – επτα – και οκταεστέρες και σχηματίζεται κατά την εστεροποίηση της σακχαρόζης με λιπαρά οξέα μακράς ανθρακικής αλυσίδας, τα οποία λαμβάνονται από βρώσιμα έλαια. Αποτελείται από τους υψηλότερους εστέρες της σακχαρόζης σε αναλογία : 60 % οκταεστέρες, 30 % επταεστέρες και 10 % εξαεστέρες, ενώ οι χαμηλότεροι εστέρες δεν ξεπερνούν το 0,1 % της συνολικής ποσότητας. Η σύσταση λιπαρών οξέων των εστέρων είναι : 10 % C16:0, 6 % C18:0, 44 % C18:1, 35 % C18:2, 3 % C18:3 και λιγότερο του 1,5 % άλλα οξέα. Επίσης το συνολικό ποσοστό των δευτερευόντων συστατικών του Olestra (όπως διμερή ελεύθερα λιπαρά οξέα και υπολείμματα μεθυλεστέρων) είναι λιγότερο του 1 %.

Λόγω της εστεροποίησης σε περισσότερες από έξι θέσεις με λιπαρά οξέα μακράς ανθρακικής αλυσίδας (>14), οι εστερικοί δεσμοί δεν μπορούν να διασπαστούν από τις λιπάσες του παγκρέατος και επομένως το Olestra δεν αφομοιώνεται από τον οργανισμό. Το υποκατάστατο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί των λιπαρών στο τηγάνισμα και η εταιρία Procter & Gamble είχε ζητήσει να επιτραπεί η αντικατάσταση έως και του 75 % των λιπαρών που χρησιμοποιούνται για το τηγάνισμα στη βιομηχανία τροφίμων από το Olestra. Οι Procter & Gamble έχουν διεξάγει ένα μεγάλο αριθμό μελετών σε πειραματόζωα σχετικά με την τοξικότητα του υποκατάστατου αλλά και με την επίδραση που μπορεί να έχει η κατανάλωση του στην απορρόφηση άλλων λιπόφιλων ουσιών, όπως οι λιποδιαλυτές βιταμίνες. Οι έρευνες αυτές απέδειξαν ότι το Olestra δεν είναι τοξικό και δεν επηρεάζει σημαντικά την απορρόφηση άλλων θρεπτικών συστατικών. Η λήψη όμως του υποκατάστατου σε μεγάλες ποσότητες είναι δυνατό να προκαλέσει διάρροιες. Η παρασκευάστρια εταιρία έλαβε το Φεβρουάριο του 1996 την έγκριση για τη χρησιμοποίηση του **Olestra**

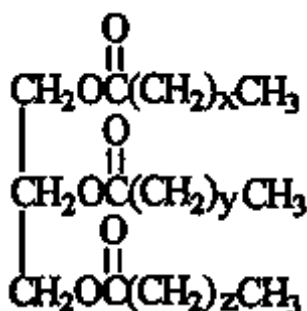
σε snacks με την υποχρέωση να αναγράφεται στην ετικέτα του προϊόντος ότι υπερβολική κατανάλωση του υποκατάστατου είναι πιθανό να προκαλέσει πόνους στη κοιλιακή χώρα.

Το **Olestrin** (θερμιδική αξία 3 kcal/g) είναι ένα προϊόν το οποίο συνδυάζει δεξτρίνες και μαλτοδεξτρίνες υψηλού μοριακού βάρους (με ισοδύναμο δεξτρόζης μικρότερο του 5) με πολυεστέρες της σακχαρόζης και τριγλυκερίδια. Το **Prolestra** είναι ένα άλλο υποκατάστατο που συνδυάζει 30 % ή και λιγότερο πολυεστέρες της σακχαρόζης με μια ποικιλία ζωικών και φυτικών πρωτεϊνών και επιτυγχάνει υποκατάσταση τριγλυκεριδίων σε ποσοστό μέχρι 76 %.

Τα τριγλυκερίδια μέσης και μεγάλης ανθρακικής αλυσίδας αποτελούνται από λιπαρά οξέα με 8 (καπρυλικό) ή 10 (καπρονικό) άτομα άνθρακα, και περισσότερα από 14 άτομα άνθρακα αντίστοιχα. Τα τριγλυκερίδια μέσης ανθρακικής αλυσίδας περιέχουν κορεσμένα λιπαρά οξέα, με αποτέλεσμα να είναι πολύ σταθερά σε υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες και μπορούν να υποκαταστήσουν τα φυτικά έλαια σε προϊόντα μειωμένου ή χαμηλού θερμιδικού φορτίου (Akoh, 1998; Babayan & Rosenau, 1991). Απορροφώνται στο έντερο και μεταβολίζονται στο συκώτι αποδίδοντας ενέργεια 4-5 kcal/g. Επομένως τα τριγλυκερίδια μέσης αλυσίδας μπορούν να αποτελέσουν πηγή ενέργειας, ωστόσο η απαιτούμενη ποσότητα λιπαρών οξέων συμπληρώνεται από τα μακράς αλυσίδας τριγλυκερίδια.

Το **Caprenin** (θερμιδική αξία 5 kcal/g) που παρασκευάζεται επίσης από την Procter & Gamble αποτελείται κυρίως από τριγλυκερίδια που προέρχονται από λιπαρά οξέα κοινών τροφίμων. Το μόριο του **Caprenin** συμπεριλαμβάνει τα οξέα καπρυλικό (C8), καπρονικό (C10) και βεχενικό (C22), τα οποία είναι κορεσμένα λιπαρά οξέα. Η χαμηλή του θερμιδική αξία οφείλεται στο γεγονός ότι το βεχενικό οξύ αφομοιώνεται μερικά, ενώ ο μεταβολισμός των άλλων δύο οξέων γίνεται μέσω του συκωτιού και όχι του εντέρου. Το προϊόν αυτό έχει φυσικά χαρακτηριστικά παρόμοια με αυτά του βούτυρου κακάο και έχει χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο αυτού σε συνδυασμό με πολυδεξτρόζη και σοκολάτες.

Ένα άλλο προϊόν αυτής της κατηγορίας που αναπτύχθηκε το 1994 από τη Danisco Foods Group, είναι το **SALATRIM**. Το **SALATRIM** είναι μίγμα τριγλυκεριδίων, το οποίο είναι μερικά αφομοιώσιμο από τον οργανισμό και φέρει οξέα μακράς ή μέσης αλυσίδας, κυρίως στεατικό και παλμιτικό, όπως οξεικό, προπιονικό και βουτυρικό. Πιο αναλυτικά, τα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας (SCFAs) περιέχουν λιγότερες θερμίδες ανά γραμμάριο από άλλα λίπη και το στεατικό μπορεί να απορροφηθεί με χαμηλό ρυθμό από τη γαστρεντερική οδό. Για αυτό το λόγο το **SALATRIM** προτάθηκε ως λιπαρό μειωμένων θερμίδων. Το SALATRIM έχει θερμιδική αξία 5 kcal/g και είναι free trans λιπαρό. Επίσης, τα Salatrims (**Σχήμα 3**) ένα νέο πρόσθετο τροφίμων, το οποίο είναι αποδεκτό ως υποκατάστατο μειωμένης θερμιδικής αξίας σύμφωνα με τον κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 258/97 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου για τα νέα τρόφιμα του 2003. Το 1999, η Danisco, υπέβαλε αίτηση για την έγκριση των SALATRIMS στο Ηνωμένο Βασίλειο. Το 2001, η Ευρωπαϊκή αρχή για την ασφάλεια των τροφίμων (European Food Safety Authority - EFSA) εξέφρασε τη γνώμη της ότι τα SALATRIMS είναι ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση, αφού αποτελούνται από συστατικά φυσικά τα οποία συναντώνται στα τρόφιμα. Το προϊόν προορίζεται για σοκολάτες, παγωτά, τυριά, είδη αρτοποιίας και αλειφόμενα προϊόντα, ενώ δεν έχει προταθεί η χρήση του ως μέσο τηγανίσματος.



Σχήμα3 : Μοριακός τύπος salatrims (όπου  $(x + y + z)$  είναι ανάμεσα 14 και 42

Το **DDM (dialkyl dihexadecylmalonate)** είναι εστέρας λιπαρών αλκοολών με μηλονικό και αλκυλομηλονικό οξύ. Είναι μη θερμιδικό και κατάλληλο για εφαρμογές υψηλών θερμοκρασιών.

Το **trialkoxycarballylate (TATCA)** είναι εστέρας κορεσμένων ή ακόρεστων αλκοολών με 2 έως 4 καρβοξυλικά οξέα (La Barge, 1988). Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως υποκατάστατο φυτικών ελαίων σε μαργαρίνη, μαγιονέζα, σάλτσες, ωστόσο ο μεταβολισμός του δεν έχει διερευνηθεί.

Στον Πίνακα 5 φαίνονται συνοπτικά κάποια υποκατάστατα λιπαρών και το πεδίο εφαρμογής τους στην παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων.

Πίνακας 5: Υποκατάστατα λιπαρών, λειτουργικές ιδιότητες και εφαρμογή τους.

ΥΠΟΚΑΤΑΣΤΑΤΟ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΣΕ ΘΕΡΜΙΔΕΣ	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ
<b>Υποκατάστατα με βάση τις πρωτεΐνες:</b>			
καζεΐνη, αλβουμίνη και πρωτεΐνες των δημητριακών κλπ.	1-4 Kcal / gr	Τροποποιούν την αίσθηση στο στόμα	Γενικότερα στα γαλακτοκομικά: π.χ. τυριά, γιαούρτια, σούπες, μαργαρίνες και άλλα αλειφόμενα προϊόντα, προϊόντα αρτοποιίας, μαγιονέζες και σάλτσες για σαλάτες.
<b>Υποκατάστατα με βάση τους υδατάνθρακες</b>			
<b>Υδροκολλοειδή</b> :καραγεννάνη, τα κόμμεα αραβικό και γκουάρ, ξανθάνη και οι πηκτίνες.	0 Kcal / gr	Συγκρατούν την υγρασία, τροποποιούν την υφή και την αίσθηση στο στόμα.	Προϊόντα αρτοποιίας: π.χ κέικ, Προϊόντα κρέατος: λουκάνικα και αλεσμένο βοδινό κρέας
<b>Παράγωγα του αμύλου</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Σε καθαρή μορφή: 4 Kcal/gr</li> <li>Σε μορφή πηκτής: 1 Kcal/gr</li> </ul>	Τροποποιημένη υφή, κολλώδες, παχύρρευστο, και σταθεροποιητής	Προϊόντα αρτοποιίας, γαλακτοκομικά προϊόντα, μαγιονέζες και σάλτσες για σαλάτες.
<b>β – γλυκάνες</b>	1-4 Kcal/gr	Προσδίδουν πυκνότητα και υφή	Προϊόντα αρτοποιίας: π.χ Μπισκότα, Βουτήματα

Υποκατάστατα με βάση το λίπος:			
Γαλακτωματοποιητές : η λεκιθίνη, τα μονογλυκερίδια και διγλυκερίδια, τα αποσταγμένα μονογλυκερίδια και τα παράγωγα τους κλπ.	(9 Kcal/gr) μειώνουν την ποσότητα του λίπους που χρειάζεται για την παρασκευή ενός τροφίμου)	Δρουν συνδυαστικά για την μείωση του λίπους – μειώνουν την ποσότητα του λίπους που χρειάζεται για την παρασκευή ενός τροφίμου	Προϊόντα αρτοποιίας: π.χ Μπισκότα, Βουτήματα, σφολιάτες, κρουασάν
Caprenin και salatrim	4-5 Kcal/gr	Τροποποιούν την υφή και την αίσθηση στο στόμα, Παρόμοιες ιδιότητες με το βούτυρο από κακάο	Σοκολάτες, παγωτά, τυριά, είδη αρτοποιίας και αλειφόμενα προϊόντα

### 1.6.6 Νομοθεσία της Ε.Ε. σχετικά με τα υποκατάστατα λίπους

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή νομοθεσία, τα υποκατάστατα λίπους (κόμμεα, πολυδεξτρόζη, κυτταρίνες), περιλαμβάνονται μεταξύ των προσθέτων (γαλακτωματοποιητών, σταθεροποιητών, μέσων πήξης, διογκωτικών, μέσων σχηματισμού πηκτής). Η προσθήκη τους στα τρόφιμα διέπεται από τους κανονισμούς EC 1333/2008, EU 1129/2011, και EU1130/2011, οι οποίοι προσδιορίζουν τα τρόφιμα στα οποία μπορούν να προστεθούν τα πρόσθετα και τους όρους χρήσης των προσθέτων (π.χ. τη μέγιστη ποσότητα προσθήκης τους). Η ινουλίνη και η μαλτοδεξτρίνη δεσυμπεριλαμβάνονται στα πρόσθετα τροφίμων.

Σε ότι αφορά την επισήμανση, η κατηγορία (π.χ. σταθεροποιητής) και η ονομασία ή ο αριθμός E του πρόσθετου πρέπει να αναφέρεται στη συσκευασία του τροφίμου (EU Regulation 1169/2011). Στη συνέχεια αναφέρονται οι αριθμοί E ορισμένων κόμμεων, κυτταρινών, και της πολυδεξτρόζης (EU Regulation 1129/2011): Καραγεννάνη E 407, κόμμι χαρουπιών E 410, κόμμι γκουάρ E 412, αραβικό κόμμι E 414, κόμμι ξανθάνης E 415, κόμμι τζέλαν E 418, πηκτίνες E 440, κυτταρίνη E 460, μεθυλοκυτταρίνη E 461, υδροξυπροπυλοκυτταρίνη E 463, υδροξυπροπυλομεθυλοκυτταρίνη E 464, κόμμι κυτταρίνης (καρβοξυλομεθυλοκυτταρίνη, άλας με νάτριο της καρβοξυλομεθυλοκυτταρίνης E 466 (EU Regulation 1274/2013), πολυδεξτρόζη E 1200.

Η προσθήκη των παραπάνω προσθέτων εμπίπτει στην αρχή «quantum santis» δηλαδή προστίθενται σύμφωνα με την ορθή παρασκευαστική πρακτική (EU Regulation 1129/2011), εκτός από την προσθήκη σε συγκεκριμένα τρόφιμα που ορίζει η νομοθεσία.

Ειδικότερα η προσθήκη των στεαροϋλο-2-γαλακτυλικών αλάτων (SSL, CSL E481-482) στα ευγενή αρτοσκευάσματα, στα οποία συμπεριλαμβάνεται και το κέικ, ορίζεται στα 5000 mg/kg, των πολυσορβικών (E 432-436) στα 3000 mg/kg, των εστέρων των λιπαρών οξέων μεσακχαρόζη-σακχαρογλυκερίδια (E 473-E474) στα 10000 mg/kg, των πολυγλυκεριδίων λιπαρών οξέων (E 475) στα 10000 mg/kg, των εστέρων λιπαρών οξέων με προπано-διόλη-1,2 (E 477) στα 5000 mg/kg, του τρυγικού στεαρυλεστέρα (E 483) στα 4000 mg/kg και των εστέρων της σορβιτάνης (E 491-495) στα 10000 mg/kg (EU Regulation 1129/2011).

## 1.7 Παρασκευή λίπους μειωμένων θερμίδων από μίγμα τριγλυκεριδίων

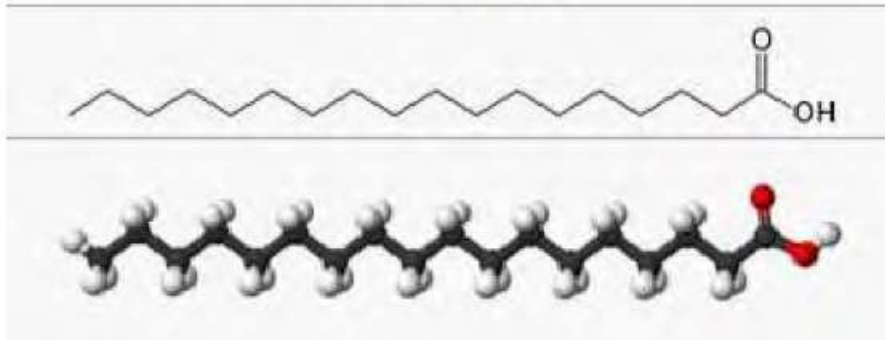
Στη βιβλιογραφία έχει αναφερθεί η Παρασκευή λίπους μειωμένων θερμίδων που αποτελείται από μίγμα τριγλυκεριδίων που φέρουν οξέα μακράς και μέσης αλυσίδας αλυσίδας MLCT (*Medium and long chain triacylglycerol*) με δι-εστεροποίηση παρουσία ενζύμων (λιπάσες), Προκύπτει από την ανάμιξη συγκεκριμένων λιπαρών υλών, όπως το έλαιο καρύδας που περιέχει μικρής αλυσίδας λιπαρά οξέα και τη στεαρίνη από φοίνικα που περιέχει μακράς αλυσίδας λιπαρά οξέα. Επιπλέον, θεωρείται ότι η απορρόφηση των τροποποιημένων τριγλυκεριδίων από το λεπτό έντερο είναι μειωμένη και μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερες ποσότητες λίπους στο γαστρεντερικό σωλήνα, γεγονός που μπορεί να μειώσει την όρεξη και την ενεργειακή πρόσληψη μέσω της απελευθέρωσης ρυθμιστικών γαστρεντερικών ορμονών της όρεξης. (Finley JW et al., 1994)

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μιγμάτων τριγλυκεριδίων ως προς το περιεχόμενο των λιπαρών οξέων μέσης αλυσίδας. Μερικά περιέχουν 3 λιπαρά οξέα (3 Fatty acid synthase -FAs), άλλα περιέχουν μόνο 2 λιπαρά οξέα (2FAs) και άλλο μόνο 1 λιπαρό οξύ (1 FAs). Επειδή οι υψηλές ποσότητες FAs μικρής αλυσίδας παρέχουν μικρότερη ενέργεια ανά γραμμάριο από ότι οι υψηλές ποσότητες FAs μακράς αλυσίδας, η θερμιδική αξία του μίγματος τριγλυκεριδίων είναι χαμηλότερη από αυτή των παραδοσιακών λιπαρών υλών όπως των μαργαρινών. Επίσης, λόγω της μεγάλης αναλογίας στεατικού οξέος από την φοινικοστεαρίνη, το οποίο απορροφάται ελάχιστα, η θερμιδική ενέργεια του μίγματος τριγλυκεριδίων θεωρείται ότι είναι χαμηλότερη από αυτή των παραδοσιακών λιπαρών (Finley JW et al., 1994).

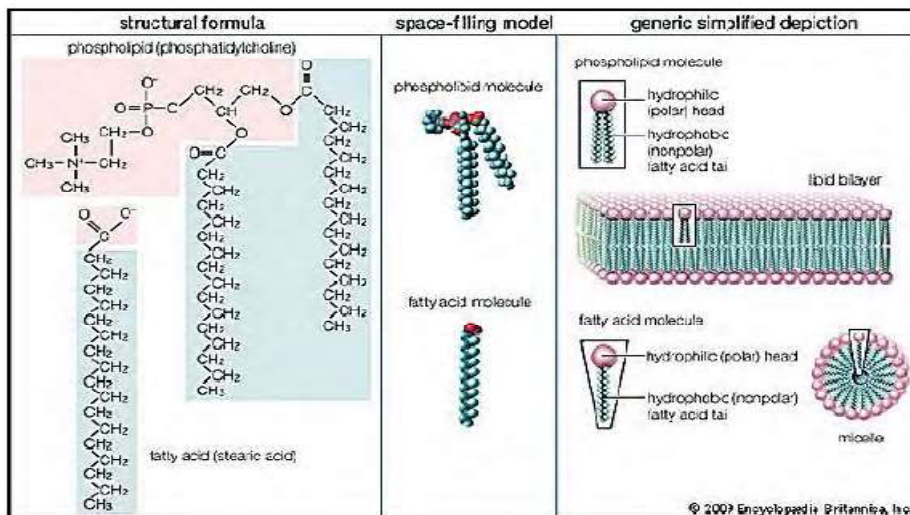
Έτσι σε σύγκριση με τα κλασσικά λιπαρά όπου περιέχουν 38 KJ/g (9Kcal/g), το μίγμα των τριγλυκεριδίων εκτιμάται ότι περιέχει 21 KJ/g (5Kcal/g) ή 25 KJ/g (6Kcal/g) σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η θερμιδική αξία εξαρτάται από την σύνθεση του συγκεκριμένου τύπου λιπαρών.

Το **Στεαρικό οξύ**, ή αλλιώς οκταδεκανοϊκό οξύ ( Σχήματα 4, 5), πρόκειται για ένα κορεσμένο λιπαρό οξύ με 18 άτομα άνθρακα και κηρώδη υφή, με χημικό τύπο  $C_{17}H_{35}CO_2H$  ( $C_{18}H_{36}O_2$ ). Το όνομά του προέρχεται από την ελληνική λέξη «στέαρ», που σημαίνει ζωικό λίπος, λόγω της προέλευσης του καθώς βρίσκεται σε διάφορα φυτικά και ζωικά λίπη, ενώ είναι σημαντικό συστατικό του βουτύρου κακάο και του βουτύρου καριτέ. Στη φύση εμφανίζεται κυρίως ως ένα μικτό τριγλυκερίδιο, ή με άλλα οξέα μακράς αλυσίδας και ως ένας εστέρας μιας λιπαρής αλκοόλης. Συναντάται περισσότερο σε ζωικά λίπη από ό, τι σε φυτικά. Το στεαρικό οξύ είναι ένας εστέρας και λόγω αυτής της φύσης είναι ένα από τα πιο κοινά κορεσμένα λιπαρά οξέα που βρίσκονται στη φύση ακολουθώντας το παλμιτικό οξύ (von Sydow et. al., 1955).

## Stearic acid



Σχήμα 4: Δισδιάστατη και τρισδιάστατη δομή Στεαρικού οξέος



Σχήμα 5: Δομή και Ιδιότητες Στεαρικού Οξέος.

Το στεαρικό οξύ λαμβάνεται από λίπη και έλαια από τη σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων μέσω υψηλής θερμοκρασίας του νερού (πάνω από 200 °C). Το προκύπτον μίγμα στη συνέχεια αποσταζείται (David J. Anneken *et. al.*, 2006). Στο εμπόριο συχνά διατίθεται ως μίγμα στεαρικού και παλμιτικού οξέος.

Όσον αφορά το μεταβολισμό του, μια μελέτη σήμανσης ισοτόπων σε ανθρώπους κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το κλάσμα του διαιτητικού στεαρικού οξέος, που μέσω οξειδωσης από δεσυτεράσες μετατρέπεται σε ελαϊκό οξύ, είναι 2,4 φορές υψηλότερο από το ανάλογο παλμιτικό οξύ που μετατρέπεται σε παλμιτολεϊκό οξύ. Επίσης το στεαρικό οξύ είναι λιγότερο πιθανό να ενσωματωθεί σε εστέρες χοληστερόλης. Σε επιδημιολογικές και κλινικές μελέτες βρέθηκε να σχετίζεται με μειωμένη LDL χοληστερόλη σε σύγκριση με άλλα κορεσμένα λιπαρά οξέα (Hunter *et. al.*, 2009). Αυτά τα ευρήματα ίσως υποδεικνύουν ότι το στεαρικό οξύ είναι από τα πιο υγιεινά κορεσμένα λιπαρά οξέα.



## Έλαιο καρύδας (coconut oil)

Το έλαιο καρύδας (coconut oil) είναι ένα από τα πιο σημαντικούς εκπροσώπους αυτής της ομάδας των ελαίων που είναι πλούσια σε λαουρικό και μυριστικό οξύ. Πρόκειται για ένα λιπαρό μικρής αλυσίδας λιπαρών οξέων. Το έλαιο καρύδας παραλαμβάνεται από τον πυρήνα του κοκοφοίνικα, ο οποίος φύεται στις τροπικές περιοχές. Η υγρασία του ενδοσπερμίου, που περιέχει το λάδι, όταν ξηραθεί μειώνεται από 50% σε 5-7%. Το συνθλιμμένο, αφυδατωμένο ενδοσπέρμιο ονομάζεται «κόπρα» και πωλείται με αυτήν την ονομασία ως πρώτη ύλη για την παραγωγή λαδιού σε όλο τον κόσμο.

Το κοκόλιπος είναι σημαντικό συστατικό τύπων φυτικών μαργαρινών που είναι στερεές σε θερμοκρασία δωματίου. Ωστόσο, τήκονται στο στόμα με σημαντική απορρόφηση θερμότητας, προκαλώντας ένα αίσθημα δροσιάς.

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε κορεσμένα λιπαρά, επιβραδύνεται η οξειδωση και, κατά συνέπεια, είναι ανθεκτικό στην τάγγιση, που διαρκεί έως έξι μήνες στους 24 ° C (χωρίς να αλλοιώνεται).

Το έλαιο καρύδας (*Refining into Refined, Bleached and Deodorised- RBD*) μπορεί να υποστεί περαιτέρω επεξεργασία σε μερικώς ή πλήρως υδρογονωμένο έλαιο για να αυξηθεί το σημείο τήξης του. Δεδομένου ότι τα παρθένα έλαια και τα έλαια καρύδας RBD λιώνουν στους 24 ° C, τα τρόφιμα που περιέχουν έλαιο καρύδας τείνουν να λιώσουν σε θερμές συνθήκες. Επειδή είναι επιθυμητό ένα υψηλότερο σημείο τήξης σε αυτές της θερμοκρασιακές συνθήκες, το έλαιο υδρογονώνεται. Το σημείο τήξης υδρογονωμένου ελαίου καρύδας είναι 36-40 ° C.

Η κατά προσέγγιση συγκέντρωση λιπαρών οξέων στο έλαιο καρύδας (μέσο όρος) εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 6):

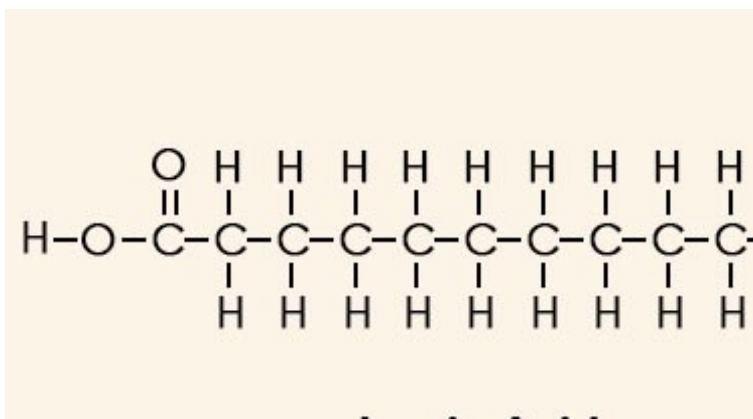
**Πίνακας 6: Συγκέντρωση λιπαρών οξέων στο έλαιο καρύδας (κατά προσέγγιση)**

<b>ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ</b>	<b>ΜΟΡΙΑ ΑΝΘΡΑΚΑ</b>	<b>ΚΟΡΕΣΜΟΣ</b>	<b>ΕΠΙ ΤΗΣ %</b>
Καπρονικό οξύ	C 6:0	Κορεσμένο	0,5
Καπρυλικό οξύ	C 8:0	Κορεσμένο	7,8
Καπρινικό οξύ	C 10:0	Κορεσμένο	6,7
Λαυρικό οξύ	C 12:0	Κορεσμένο	47,5
Μυριστικό οξύ	C 14:0	Κορεσμένο	18,1
Παλμιτικό οξύ	C 16:0	Κορεσμένο	8,6
Στεατικό οξύ	C 18:0	Κορεσμένο	2,6
Αραχιδικό οξύ	C 20:0	Κορεσμένο	0,1
Ελαικό Οξύ	C 18:1	Μονοακόρεστο	6,2
Λινολεϊκό Οξύ	C 18:2	Πολυακόρεστο	1,6

Το **Λαυρικό οξύ (Σχήμα 6)** αποτελεί περίπου το 50% των λιπαρών οξέων που περιέχονται στο λάδι καρύδας. Κατά την πέψη το λαυρικό οξύ που βρίσκεται στο λάδι καρύδας μετατρέπεται σε μονολαυρίνη,

μία ουσία που είναι τοξική για ιούς, μύκητες και βακτήρια. Συγκεκριμένα έχει αποδειχθεί ότι αυτές οι ουσίες μπορούν να είναι τοξικές για το βακτήριο *Staphylococcus aureus* (ένα πολύ επικίνδυνο παθογόνο) και το μύκητα *Candida Albicans*.

Ο ανθρώπινος οργανισμός δεν μπορεί να συνθέσει μονολαυρίνη χωρίς τη βοήθεια του λαυρικού οξέος. Το μητρικό γάλα είναι η μοναδική πηγή λαυρικού οξέος, πράγμα που επιβεβαιώνει το λόγο της σπάνιας εκδήλωσης μολύνσεων σε βρέφη που τρέφονται με αυτό. Έχει επίσης σημειωθεί ότι η τακτική κατανάλωση ελαίου καρύδας ενισχύει το ανοσοποιητικό σύστημα και μειώνει τον κίνδυνο ασθενειών.



Σχήμα 6: Δισδιάστατη Δομή Λαυρικού Οξέος.

### Στεαρίνη από Φοίνικα (Palm Stearin)

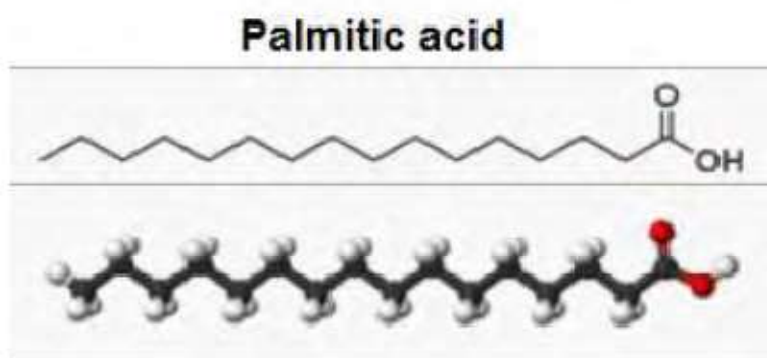
Η στεαρίνη από φοίνικα είναι το στερεό κλάσμα από την κλασματοποίηση του φοινικέλαιου. Πρόκειται για ένα λιπαρό μέσης και μακριάς αλυσίδας λιπαρών οξέων για το πιο σκληρό κλάσμα του φοινικέλαιου και αποτελείται από κορεσμένα λιπαρά οξέα και από Τριακυλογλυκερόλες (triacylglycerols) (TAG). Υπάρχουν διάφοροι τύποι στεαρίνης με διαφορετικό σημείο τήξης. Αναλυτικότερα, η μαλακή στεαρίνη έχει σημείο τήξης 40-46 ° C ενώ οι σκληρές στεαρίνες φοινικέλαιου έχουν σημείο τήξης 52-56 ° C. Η περιεκτικότητα σε παλμιτικό οξύ κυμαίνεται από 49 έως 68% και η περιεκτικότητα σε ελαϊκό από 24 έως 34%. Μια πολύ σκληρή στεαρίνη έχει επίσης περιεκτικότητα 60% σε τριπαλμιτοϋλγλυκερόλη (PPP) 60% ενώ το ποσοστό του παλμιτικού μπορεί να ανέρχεται σε 79%.

Χρησιμοποιείται ως σκληρό απόθεμα για μαλακές μαργαρίνες και σε βρεφικές συνταγές λίπους . Ακόμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία μεσαίων κλασμάτων (PMF), καθώς με την μίξη με άλλα φυτικά έλαια μπορεί να δημιουργηθούν κατάλληλα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά σε προϊόντα όπως λιπαρές ουσίες μαργαρίνης, λιπαρά, κλπ. καθώς δεν υπάρχει ανάγκη για υδρογόνωση και τα λιπαρά που έχουν σαν βάση τα φοινικέλαια είναι απαλλαγμένα από trans λιπαρά. Η κατά προσέγγιση συγκέντρωση λιπαρών οξέων στη φοινικοστεαρίνη (μέσο όρος) εμφανίζεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 7):

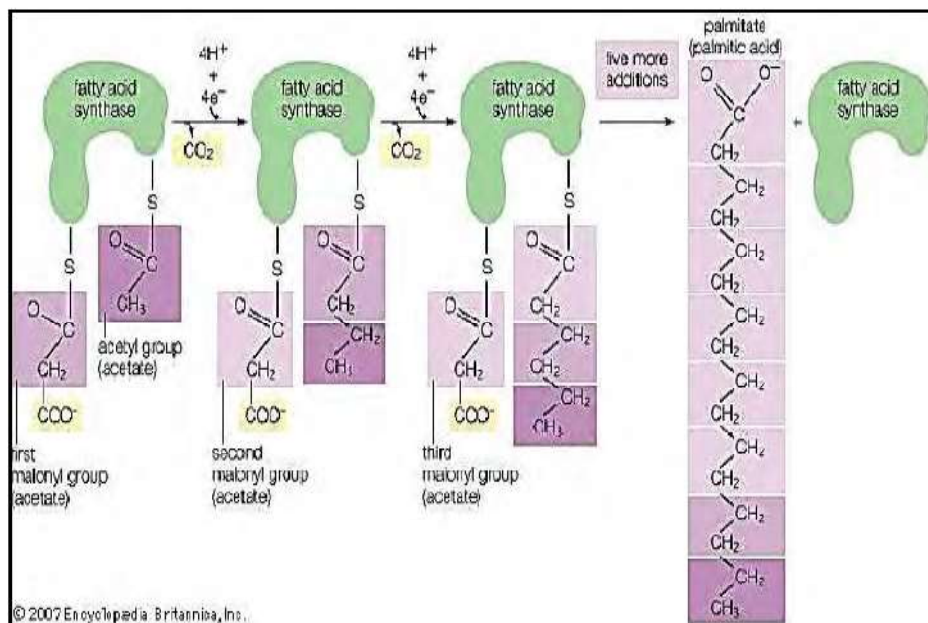
Πίνακας 7: Συγκέντρωση λιπαρών οξέων στη φοινικοστεαρίνη(Κατά προσέγγιση)

ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ	ΜΟΡΙΑ ΑΝΘΡΑΚΑ	ΚΟΡΕΣΜΟΣ	ΕΠΙ ΤΗΣ %
Λαυρικό οξύ	C 12:0	Κορεσμένο	0,1 - 0,3
Μυριστικό οξύ	C 14:0	Κορεσμένο	1,1 - 1,7
Παλμιτικό οξύ	C 16:0	Κορεσμένο	49,8 - 68,1
Παλμιτελαϊκό οξύ	C 16:1		<0,05 - 0,1
Στεατικό οξύ	C 18:0	Κορεσμένο	3,9-5,6
Ελαικό Οξύ	C 18:1	Μονοακόρεστο	20,4-34,4
Λινολεϊκό Οξύ	C 18:2	Πολυακόρεστο	5,0-8,9
α- Λινολεϊκό Οξύ	C 18:3	Πολυακόρεστο	0,1-0,5
Αραχιδικό οξύ	C 20:0	Κορεσμένο	0,3-0,6

Το **Παλμιτικό Οξύ** ή αλλιώς δεκαεξανοϊκό, με χημικό τύπο  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$  ( $\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$ ), είναι το πιο κοινό λιπαρό οξύ που έχει βρεθεί σε ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς, καθώς επίσης και σε μικροοργανισμούς (*Gunstone F.D. et. al., 2007*). Παρακάτω παρατίθεται η δομή και η σύνθεση του παλμιτικού οξέος σε δυσδιάστατη και τρισδιάστατη δομή (**Σχήματα 7, 8**). Όπως υποδηλώνει το όνομα του είναι βασικό συστατικό του ελαίου από φοίνικες (Palmitic acid, Palm=φοίνικας), αλλά μπορεί επίσης να βρεθεί στο κρέας, το βούτυρο, το τυρί και τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Edmond Frémy το 1840 στο σαπωνοποιημένο φοινικέλαιο (Frémy E. et. al., 1842). Αυτή παραμένει η κύρια βιομηχανική οδός για την παραγωγή του, με την υδρόλυση των τριγλυκεριδίων του φοινικέλαιου μέσω υψηλής θερμοκρασίας του νερού (άνω των  $200^\circ\text{C}$  ή  $390^\circ\text{F}$ ) και το προκύπτον μίγμα αποστάζεται κλασματικά προκειμένου να δώσει το καθαρό προϊόν (*Anneken et. al., 2006*). Παρακάτω παρατίθεται η δομή του παλμιτικού οξέος σε δυσδιάστατη και τρισδιάστατη δομή.



Σχήμα 7: Δισδιάστατη και Τρισδιάστατη Δομή Παλμιτικού Οξέος.



Σχήμα 8: Σύνθεση παλμιτικού οξέος.

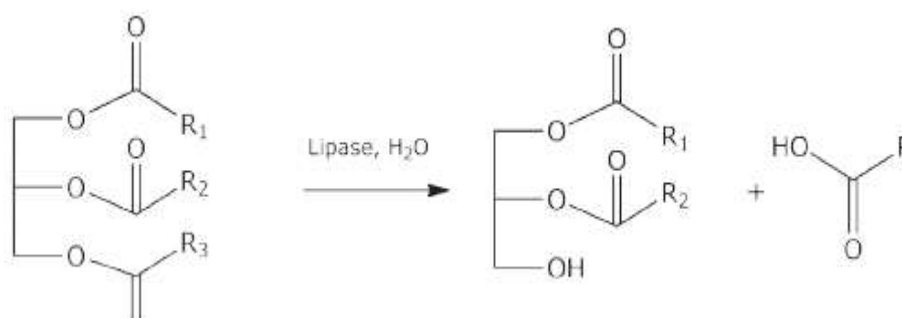
Η περίσσεια των υδατανθράκων στο σώμα μετατρέπεται σε παλμιτικό οξύ. Το παλμιτικό οξύ είναι το πρώτο λιπαρό οξύ που παράγεται κατά τη λιπογένεση (σύνθεση λιπαρών οξέων), από την οποία μπορούν στη συνέχεια να παραχθούν μεγαλύτερα λιπαρά οξέα. Κατά συνέπεια το παλμιτικό οξύ είναι ένα σημαντικό συστατικό του σώματος των ζωικών οργανισμών. Μία έρευνα αναφέρει ότι στον άνθρωπο αυτό το λιπαρό οξύ καταλαμβάνει το 21 έως 30% των ανθρώπινων λιποαποθηκών (*Kingsbury et. al., 1961*).

Το παλμιτικό οξύ μεταβολίζεται ταχέως, κυρίως μέσω β-οξειδωσης. Εκτός από την οξειδωτική διάσπαση το παλμιτικό οξύ υποβάλλεται σε μια ποικιλία αντιδράσεων μετατροπής στο ήπαρ και στον εντερικό βλεννογόνο προς στεαρικό, ολεϊκό, παλμιτολεϊκό και μυριστικό οξύ. Μετά την οξειδωση ή μετατροπή σε άλλα λιπαρά οξέα μακράς αλυσίδας ή σε φωσφολιπίδια, ο ανθρακικός σκελετός του παλμιτικού οξέος αποθηκεύεται σε μορφή εστεροποιημένης χοληστερόλης ή επιστρέφει στο πλάσμα, ανάλογα με τη διατροφική κατάσταση του οργανισμού (*Bingham E. et. al., 2001*).

## Λιπάσες

Οι λιπάσες (EC Number 3.1.1.3) είναι μία από τις συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες κατηγορίες ενζύμων για βιοκατάλυση. Οι λιπάσες καταλύουν την υδρόλυση των τριακυλογλυκερολών (**Σχήμα 9**) σε διακυλογλυκερόλη, μονοακυλογλυκερόλη, γλυκερόλη και ελεύθερα λιπαρά οξέα. Η αντίδραση αναστρέφεται υπό άνυδρες συνθήκες και το ένζυμο είναι ικανό να συνθέσει νέα μόρια με εστεροποίηση, αλκοόλυση και μετεστεροποίηση. Ακόμη, εφόσον οι αντιδράσεις αυτές είναι αντιστρεπτές, επιτρέπουν τη σύνθεση γλυκεριδίων από λιπαρά οξέα και γλυκερόλη. Μεγαλύτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαεστεροποίηση κατά την οποία έχουμε ανταλλαγή ενός από τα λιπαρά οξέα του τριγλυκεριδίου με ένα άλλο λιπαρό οξύ του αντιδρώντος μείγματος, δίνοντας ένα νέοτριγλυκερίδιο. Χρησιμοποιώντας εξειδικευμένες λιπάσες μπορούμε να παρασκευάσουμε τριγλυκερίδια με συγκεκριμένα λιπαρά οξέα, κατάλληλα καταμελημένα μεταξύ των υδροξυλίων της γλυκερόλης. Πετυχαίνουμε έτσι την παρασκευή

προϊόντων υψηλής αξίας με ελαχιστοποίηση του κόστους απομόνωσης τους, σε σχέση με τις μεθόδους της χημικής κατάλυσης. Οι λιπάσες έχουν χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία υποστρωμάτων και εμφανίζουν ιδιαίτερα μεγάλη εξειδίκευση σε τριγλυκεριδικά υποστρώματα.



**Σχήμα 9: Απεικόνιση της υδρόλυση μιας τριακυλογλυκερόλης**

Το Lipozyme TL IM είναι μια 1,3 ειδική λιπάση που προέρχεται από το *Thermomyces lanuginosus*. Το Lipozyme TL IM είναι ένας πολύ αποτελεσματικός καταλύτης για την δια-εστεροποίηση και μπορεί να αναδιατάξει τα λιπαρά οξέα κατά προτίμηση, αλλά όχι μοναδικά στις θέσεις 1- και 3- των τριγλυκεριδίων. Το Lipozyme TL IM επιδεικνύει υψηλό βαθμό εκλεκτικότητας του υποστρώματος επιτρέποντας ογκώδεις πλευρικές αλυσίδες / μεγάλες ομάδες να προσαρτηθούν αλκοολούχο και το όξινο τμήμα του μορίου.

## 1.8 Επιλεγμένες Μέθοδοι μελέτης των λιπών

### 1.8.1 Διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης (DSC)

Η διαφορική θερμιδομετρία σάρωσης είναι μία σημαντική τεχνική θερμικής ανάλυσης για την μελέτη του προσδιορισμού της περιεκτικότητας των λιπαρών οξών και των καθαρών τριγλυκεριδίων. Χρησιμοποιείται για την μέτρηση της διαφοράς στη ροή θερμότητας (J/s ή W) μεταξύ ενός δείγματος και ενός δείγματος αναφοράς σε συνάρτηση με το χρόνο ή με τη θερμοκρασία. Η διαδικασία πραγματοποιείται υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας-χρόνου. Κατά τη διάρκεια της σάρωσης παρατηρούνται κορυφές οι οποίες παρουσιάζουν τα σημεία τήξης των λιπαρών οξέων. Τα διαγράμματα παρέχουν ποιοτικά και ποσοτικά στοιχεία που αφορούν ενδόθερμες και εξώθερμες διαδικασίες, όπως φαίνονται στο **Σχήμα 10**. Τέλος, ένα πολύ σημαντικό συμπέρασμα μπορούν να βγουν και από την ανάλυση του δείκτη στερεού λίπους (*solid fat index – SFI*) στα λιπαρά. Πιο συγκεκριμένα, είναι δείκτης που δείχνει την αναλογία τριγλυκεριδίων σε στερεή μορφή προς τριγλυκερίδια σε υγρή μορφή σε ένα λιπίδιο, σε συγκεκριμένη θερμοκρασία. Αποτελεί πολύ χρήσιμη ιδιότητα που καθορίζει τις αναλογίες διαφόρων τύπων λιπαρών που συμμετέχουν στην παρασκευή διαφόρων τύπων προϊόντων προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά δομής και συνεκτικότητας (*Μητράκος Κωνσταντίνος, 2012*).

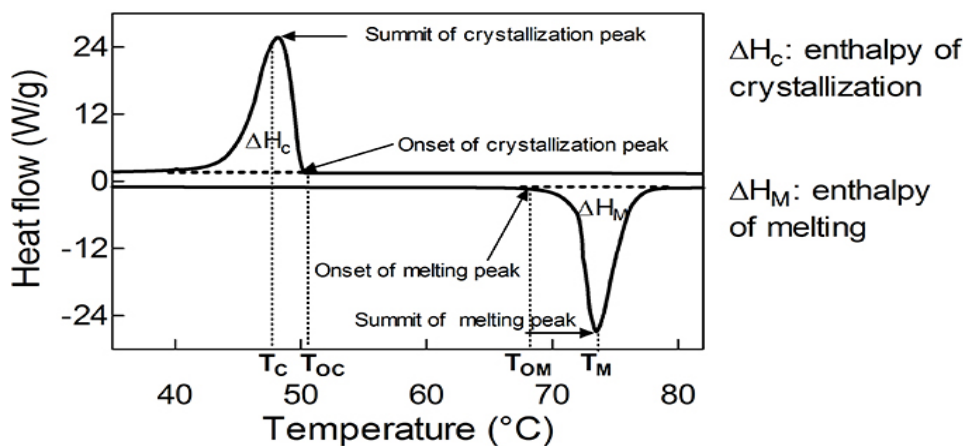


Figure 3 Schematic diagram of a thermogram. The signal has been plotted as the heat flow as a function of temperature. Also shown are the parameters typically measured for fats.

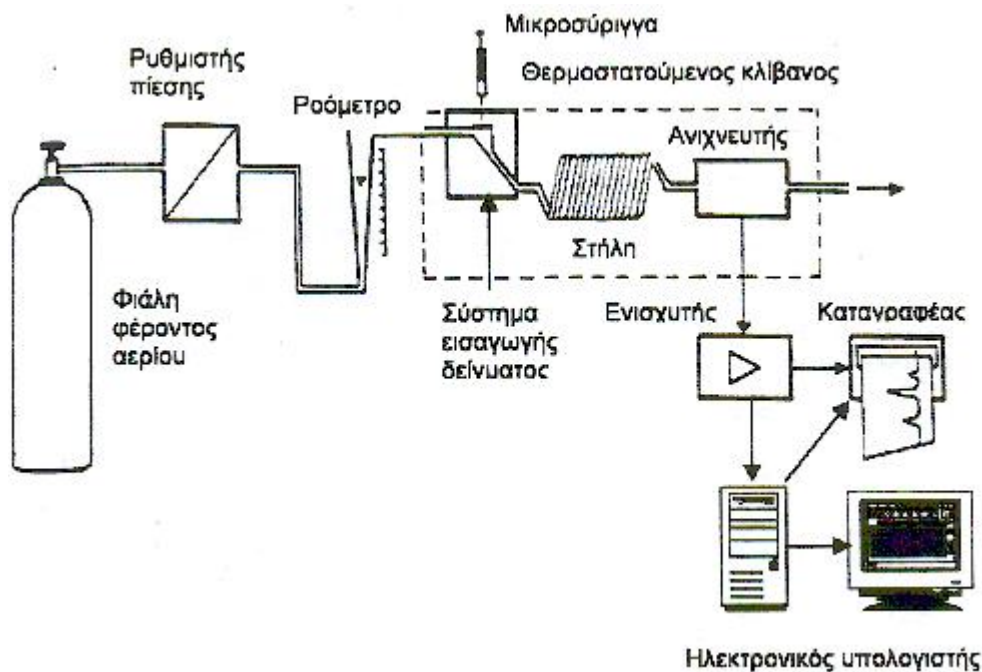
**Σχήμα 10: Διάγραμμα θερμοδομετρία σάρωσης (DSC)**

### 1.8.2 Αέρια χρωματογραφία (GC)

Η GC (ή GLC) ανάλυση των λιπιδίων έχει μελετηθεί στη βιβλιογραφία. Αυτή η μέθοδος περιλαμβάνει διαχωρισμό των συστατικών του μείγματος των λιπιδίων στην κατάσταση αέρια μεταξύ μιας κινητής αέριας κατάστασης και μιας στατικής αμετάβλητης υγρής φάσης διασκορπισμένα σε ένα αδρανές περιβάλλον.

Η ανάλυση της σύνθεσης των λιπαρών οξέων με αέριο χρωματογραφία συνήθως απαιτεί σχηματισμό παραγώγων των λιπαρών οξέων με σκοπό να αυξηθεί η πτητικότητα τους. Οι μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων (FAME) μπορούν να παρασκευάζονται χρησιμοποιώντας διάφορες τεχνικές διαμεθυλίωσης και στη συνέχεια διαχωρίζονται στις στήλες GC και εντοπίζονται από την ανίχνευση ιονισμού φλόγας (FID). Η αέρια φάση για την GC είναι συνήθως άζωτο ή ήλιο για τις συμβατικές στήλες και ήλιο ή υδρογόνο για τις τριχοειδείς στήλες. Η ταυτοποίηση των χρωματογραφικών κορυφών βασίζεται στη σύγκριση των χρόνων κατακράτησης τους με εκείνες των προτύπων δειγμάτων. Η GC ανάλυση των τριγλυκεριδίων ή Τριακυλογλυκερόλων (triacylglycerols - TAGs) των λιπιδίων των τροφίμων μπορεί επίσης να παράσχει πληροφορίες σχετικά με την κατανομή της θέσης των λιπαρών οξέων στα μόρια. Συνδυασμός των τεχνικών GC και φασματομετρίας μάζας έχει εφαρμοστεί για τον προσδιορισμό μοριακών ειδών στους γλυκεριλικούς εστέρες. Τα TMS και t-BDMS παράγωγα των εστέρων της γλυκερόλης που διαχωρίζονται στην GC μπορούν να υποβληθούν σε ανάλυση με φασματομετρία μάζας, προκειμένου να συλλεχθούν πληροφορίες για την μοριακή δομή τους.

Στο **Σχήμα 11** παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη μιας αέριας χρωματογραφίας.



Σχήμα 11: Τυπική διάταξη αέριας χρωματογραφίας.

Πηγή: <http://chimikoergastirio.blogspot.com/2009/11/s.html>

### 1.8.3 Περίθλαση ακτίνων-Χ (X-Ray Diffraction - XRD)

Οι ακτίνες-Χ ανακαλύφθηκαν το 1895 από τον Wilhelm Roentgen, είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος  $\lambda \sim 10^{-11}$ - $10^{-9}$  m και έχουν επαρκή ενέργεια ώστε να διεισδύουν σε στερεά δείγματα και να μας δίνουν πληροφορίες για την εσωτερική τους δομή. Η περίθλαση ακτίνων -Χ (X-Ray Diffraction, XRD) χρησιμοποιείται πλέον ευρέως καθώς επιτρέπει τον προσδιορισμό της δομής και της σύστασης του δείγματος, το οποίο μπορεί να περιέχει περισσότερες από μία κρυσταλλικές ενώσεις.

Ο πιο συνηθισμένος τρόπος παραγωγής ακτίνων Χ είναι η επιτάχυνση ηλεκτρονίων από υψηλό δυναμικό ( $\sim 10^3$  V) και εν συνεχεία η πρόσκρουσή τους στην επιφάνεια ενός μεταλλικού στόχου με μεγάλο ατομικό αριθμό (συνήθως Cu ή Mo). Τα ηλεκτρόνια αυτά, προσπίπτοντας στο στόχο, διεγείρουν τα ηλεκτρόνια των εσωτερικών στοιβάδων των ατόμων του μετάλλου προκαλώντας την απόσπασή τους. Το «κενό» αυτό στην εσωτερική στοιβάδα των ατόμων καλύπτεται από ηλεκτρόνια ενεργειακά υψηλότερων εξωτερικών στοιβάδων. Το ενεργειακό πλεόνασμα, δηλαδή η ενεργειακή διαφορά μεταξύ των δυο στοιβάδων, εκπέμπεται ως φωτόνια και αποτελεί την δέσμη των ακτίνων-Χ.

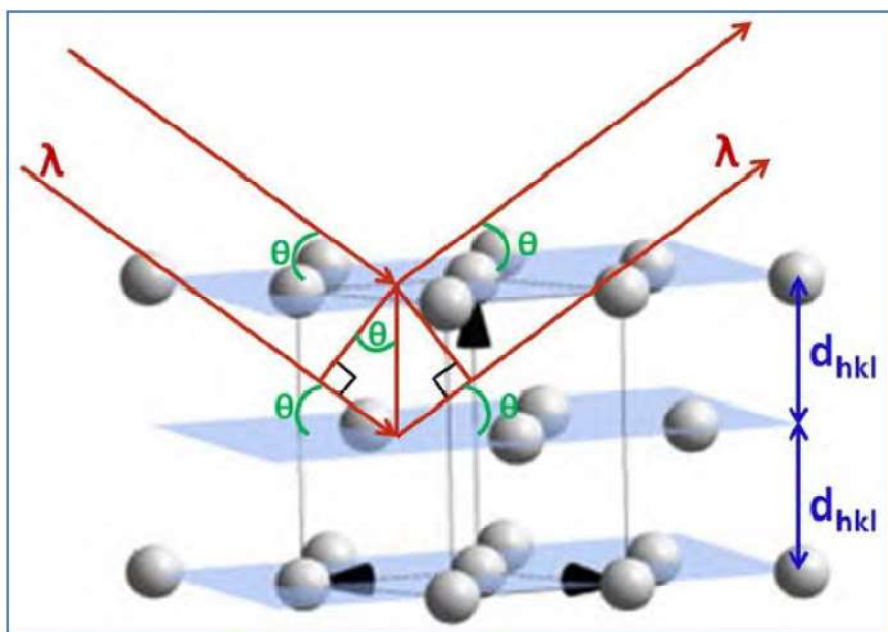
Γενικά, η περίθλαση είναι το φαινόμενο της μη ευθύγραμμης διάδοσης ενός κύματος όταν συναντά μια σειρά από κανονικά τοποθετημένα εμπόδια, τα οποία είναι αφενός ικανά να σκεδάσουν-περιθλάσουν το κύμα προς όλες τις κατευθύνσεις και αφετέρου βρίσκονται σε αποστάσεις οι οποίες είναι συγκρίσιμες με το μήκος του κύματος. Στην περίπτωση της περίθλασης ακτίνων-Χ, το κύμα φωτονίων προσπίπτει στα κρυσταλλικά επίπεδα και σκεδάζεται ελαστικά προς συγκεκριμένες κατευθύνσεις, όπως φαίνεται στο



**Σχήμα13.** Τα σκεδαζόμενα κύματα παράλληλων επιπέδων, τα οποία περιγράφονται από τους δείκτες Miller (hkl), μπορούν να συμβάλλουν (ίδια φάση) σε ορισμένες κατευθύνσεις, μόνο όταν η διαφορά του οπτικού δρόμου ανάμεσα τους είναι ακέραιο πολλαπλάσιο του μήκους κύματος της ακτινοβολίας. Ως αποτέλεσμα, η ένταση της ακτινοβολίας είναι πολύ μεγάλη σε αυτές τις κατευθύνσεις ενώ οι συμβαλλόμενες ακτίνες-X εξέρχονται από το υλικό σε γωνία  $\theta$  ίση με την γωνία πρόσπτωσης. Επιπλέον, πρέπει να αναφερθεί ότι η διασπορά από ένα συνεχές μέσο σε δύο διαστάσεις, όπως ένα επίπεδο ατόμων σε μια δομή κρυστάλλου, καλείται και ανάκλαση, επομένως, οι όροι περίθλαση και ανάκλαση χρησιμοποιούνται αδιακρίτως. Το φαινόμενο της περίθλασης περιγράφεται από την ακόλουθη σχέση που είναι γνωστή και ως νόμος του Bragg:

$$n \cdot \lambda = 2 \cdot d_{hkl} \cdot \eta\mu\theta$$

όπου  $n=1, 2, 3, \dots$  ακέραιος αριθμός ο οποίος καλείται και τάξη της ανάκλασης,  $\lambda$  είναι το μήκος κύματος της προσπίπτουσας ακτινοβολίας-X,  $d_{hkl}$  η απόσταση μεταξύ δύο παράλληλων επιπέδων που ανήκουν σε ομάδα επιπέδων με τους ίδιους δείκτες Miller (hkl), και  $\theta$  η γωνία ανάκλασης, δηλαδή η γωνία μεταξύ της προσπίπτουσας ακτινοβολίας-X και του επιπέδου των ατόμων στο κρύσταλλο, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στην παρακάτω **Σχήμα 12**.



**Σχήμα 12:** Περίθλαση ακτίνων-X από τα επίπεδα ενός κρυσταλλικού υλικού

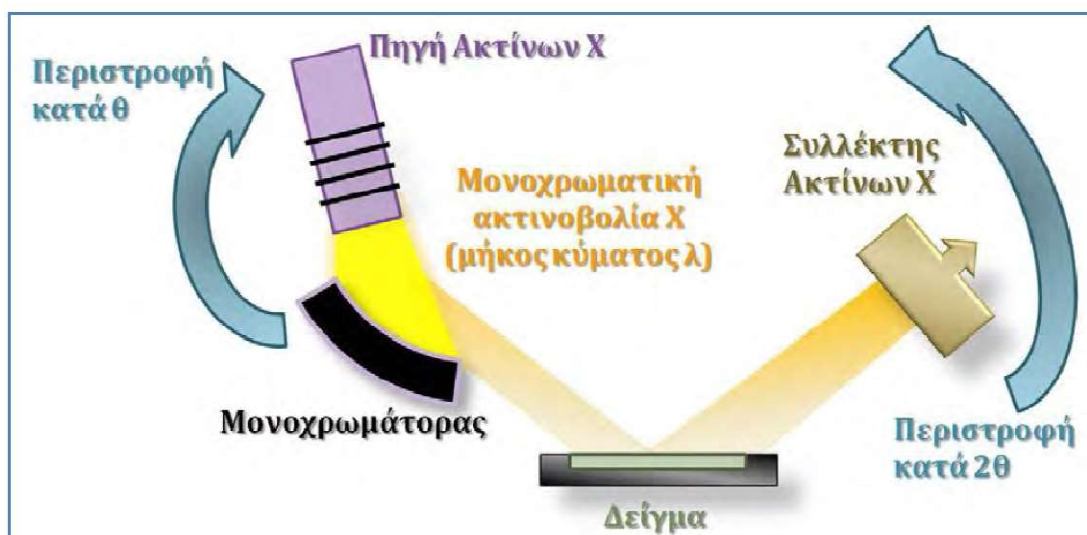
Από τη συγκεκριμένη εξίσωση είναι φανερό ότι η γωνία περίθλασης εξαρτάται από την απόσταση των επιπέδων για την αντίστοιχη κρυσταλλογραφική διεύθυνση. Διαφορετικές ομάδες επιπέδων σε ένα πλέγμα, έχουν διαφορετικές τιμές της μεταξύ τους απόστασης. Επομένως, για τον υπολογισμό του  $d_{hkl}$ , καταγράφεται η ένταση της περιθλωμένης ακτινοβολίας σε συνάρτηση με τη γωνία  $2\theta$  στα φάσματα περίθλασης ακτίνων-X ή αλλιώς περιθλασιογράμματα. Οι κορυφές (ανακλάσεις) αντιστοιχούν σε γωνίες όπου έχουμε συμβολή των ακτίνων-X και επομένως στα χαρακτηριστικά παράλληλα επίπεδα του κάθε υλικού. Σε κάθε ανάκλαση αντιστοιχεί μια τριάδα αριθμών, οι δείκτες hkl, που είναι χαρακτηριστικοί της διεύθυνσης των κρυσταλλικών επιπέδων. Επιπλέον, από την τιμή του  $d$  και τις τιμές των δεικτών Miller υπολογίζεται η μοναδιαία κυψελίδα  $a_0$  ανάλογα με το σύστημα συμμετρίας που ανήκει το κάθε



κρυσταλλικό υλικό. Η απόσταση  $d_{hkl}$  μεταξύ δύο επιπέδων, μετρημένη σε ορθή γωνία με τα επίπεδα, εξαρτάται από τους δείκτες Miller ( $hkl$ ) του επιπέδου και τις σταθερές πλέγματος ( $a, b, c, \alpha, \beta, \gamma$ ).

Οι γωνίες περίθλασης λοιπόν δίνουν πληροφορίες σχετικά με τα χαρακτηριστικά της κυψελίδας και του κρυσταλλικού πλέγματος γενικότερα. Επιπρόσθετα, το είδος των ατόμων ή των μορίων, τα οποία αποτελούν την μοναδιαία κυψελίδα, σχετίζεται με την ένταση της περιθλώμενης ακτινοβολίας. Επομένως, από ένα περιθλασιόγραμμα ακτίνων X μπορούμε να προσδιορίσουμε τα μοναδικά για κάθε υλικό χαρακτηριστικά της κυψελίδας. Επιπλέον, μπορεί να γίνει ταυτοποίηση των κρυσταλλικών φάσεων του υπό εξέταση δείγματος, χρησιμοποιώντας κατάλληλη βάση δεδομένων.

Άλλη μια από τις δυνατότητες που προσφέρει η συγκεκριμένη τεχνική είναι ο ποσοτικός προσδιορισμός των συστατικών του μίγματος. Η συνηθέστερη μέθοδος ποσοτικής ανάλυσης βασίζεται στον υπολογισμό του λόγου των εντάσεων δύο διακριτών κορυφών ενός φάσματος αφού πρώτα έχει κατασκευαστεί πρότυπη καμπύλη με βάση γνωστές συγκεντρώσεις. Αυτός ο λόγος είναι ανάλογος του λόγου των συγκεντρώσεων των δύο συστατικών του μίγματος. Επίσης, ο χαρακτηρισμός με περίθλαση ακτίνων-X πολυκρυσταλλικών λεπτών υμενίων μπορεί να δώσει πληροφορίες για τον προσανατολισμό της ανάπτυξης και επιπλέον πληροφορίες για τις τάσεις που μπορεί να αναπτύσσονται ανάμεσα στο υπόστρωμα και στο υμένιο, μελετώντας τη μεταβολή στις σταθερές της μοναδιαίας κυψελίδας.



Σχήμα 13: Τυπική διάταξη περιθλασίμετρου ακτίνων-X γεωμετρίας Bragg Brentano

Συμπερασματικά, η περίθλαση των ακτίνων-X θεωρείται ως η πιο σημαντική τεχνική για τη διερεύνηση της κρυσταλλικής δομής των στερεών. Η μελέτη της πολυμορφικής μορφής και της μορφολογίας των κρυστάλλων είναι τα πιο σημαντικά κριτήρια για τον προσδιορισμό των λειτουργικών ιδιοτήτων των μαργαρινών (Dianyu Yu et al 2018). Στην υγρή τους μορφή τα μόρια των τριακυλογλυκερολών μπορούν να κινούνται γύρω από κάθε απλό δεσμό. Με τη μείωση της θερμοκρασίας όμως στερεοποιούνται και η οποιαδήποτε περιστροφή σταματά δημιουργώντας έτσι μια συγκεκριμένη διάταξη η οποία χαρακτηρίζεται από τον τρόπο με τον οποίο έχουν στραφεί οι αλυσίδες των λιπαρών οξέων. Έτσι δημιουργούνται διάφορες κρυσταλλικές μορφές, οι κυριότερες των οποίων είναι οι: α, β' και β. Από τις μορφές αυτές σταθερότερη είναι η β, ενώ οι ασταθείς α και β' μεταβάλλονται σε σταθερή μορφή β με την πάροδο του χρόνου. Οι διάφορες κρυσταλλικές μορφές έχουν διαφορετικά

σημεία τήξεως, από τα οποία η  $\beta$  μορφή έχει το υψηλότερο και η  $\alpha$  μορφή το χαμηλότερο. Η διαφοροποίηση στην κρυσταλλική δομή επηρεάζεται από την καθαρότητα, τη θερμοκρασία, το ρυθμό ψύξης, την παρουσία πυρήνων κρυστάλλωσης, τους διαλύτες, την κατανομή λιπαρών οξέων και την ακορεστότητα. Η ύπαρξη οποιουδήποτε στερεού σε περισσότερες από μία κρυσταλλικές δομές χαρακτηρίζεται ως πολυμορφισμός και κατά συνέπεια το στερεό αυτό παρουσιάζει περισσότερα από ένα σημεία τήξεως γιατί η κάθε δομή έχει το δικό της. Η ιδιότητα αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία στην τεχνολογία τροφίμων όταν μια επεξεργασία ψύξης ή θέρμανσης εμπλέκεται στην παραγωγή ενός τροφίμου (πχ μαργαρίνες) γιατί ο σχηματισμός μιας δομής εξαρτάται από το ρυθμό και τον τρόπο ψύξης του υγρού..

## **2. Σκοπός της εργασίας**

Ο σκοπός της εργασίας είναι η μελέτη και η σύγκριση ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών αρτοποιημάτων τύπου σφολιάτας χαμηλής θερμιδικής αξίας με τη χρήση τριγλυκεριδίων στα οποία συνδυάζονται οξέα μακράς με οξέα μέσης ή μικρής ανθρακικής αλυσίδας, γαλακτωματοποιητών και μαλτοδεξτρίνων και συνδυασμού αυτών.

### 3. Υλικά και μέθοδοι

#### 3.1. Πειραματική διαδικασία

Κατά την πειραματική διαδικασία, μελετήθηκαν η προσθήκη Μαλτοδεξτρίνης (4% και 5%) σε μορφή πηκτής (20%w/w και 25%w/w), η προσθήκη πάστας Γαλακ/των (0%-3%) και η υποκατάσταση της μαργαρίνης με λιπαρό από το Μίγμα Τριγλυκεριδίων Ελαίου Καρύδας και Φοινικοστεαρίνης (Μίγμα MLCT). Οι προσθήκες των παραπάνω συστατικών και η αντικατάσταση της μαργαρίνης κυμάνθηκαν όπως απεικονίζονται στον παρακάτω **Πίνακα 8**:

Αναλυτικότερα, εκτός από το μάρτυρα που περιείχε 100% μαργαρίνη και του δείγματος 2 που περιείχε 100% το μίγμα των τριγλυκεριδίων MLCT, στα υπόλοιπα δείγματα προστέθηκε μαλτοδεξτρίνη σε επίπεδα προσθήκης 0%, 4% και 5% σε μορφή πηκτής είτε 20 είτε 25 w/w και Γαλακτωματοποιητής: 0 ή 3 %. Σχετικά με τα συνολικά λιπαρά, στα δείγματα που προστέθηκε 5% μαλτοδεξτρίνη, το λίπος μειώθηκε κατά 50% σε σχέση με το μάρτυρα, ενώ στα δείγματα που προστέθηκε 4% μαλτοδεξτρίνη το λίπος μειώθηκε κατά 30%. Τέλος, στο δείγμα 2 που έγινε η ολική υποκατάσταση της μαργαρίνης με λιπαρό MLCT, που πρόκειται για 100% σε σχέση με την μαργαρίνη που περιείχε 82% λιπαρά, έγινε τροποποίηση της συνταγής ώστε να υπάρχει το ίδιο ποσοστό λίπους στο τελικό δείγμα (**Πίνακας 9**).

**Πίνακας 8:** Περιεκτικότητες επί του συνόλου των συστατικών για την παραγωγή της σφολιάτας.

Δείγμα	Μαλτοδεξτρίνη %	gel Μαλτοδεξτρίνης (w/w)	Ποσοστό μείωσης Λίπους (%)	Μίγμα MLCT	Γαλακ/της %
1(μάρτυρας)	0%	0%	0%	0%	0%
2	0%	0%	0%	100%	0%
3	5%	25	50%	0%	0%
4	5%	25	50%	0%	3%
5	5%	20	50%	0%	0%
6	5%	20	50%	0%	3%
7	4%	25	30%	0%	0%
8	4%	25	30%	0%	3%
9	4%	20	30%	0%	0%
10	4%	20	30%	0%	3%
11	0%	0	30%	0%	3%

Αρχικά έγινε η παραγωγή των ζυμαριών. Τοποθετήθηκαν οι α' ύλες σε σκόνη στο ζυμωτήριο ( αλεύρι Σφολιάτας, αλάτι). Αφού έγινε μια ανάμιξη ακολούθησε η προσθήκη των υγρών α' υλών (Νερό, ηλιέλαιο). Το ζυμάρι ζυμώθηκε στην 1<sup>η</sup> ταχύτητα για 20 λεπτά. Στην συνέχεια αφού ανοίχτηκε το φύλλο, τοποθετήθηκαν οι πρώτες ύλες που προορίζονται για αντικατάσταση του λίπους σε αναλογίες καθώς και η μαργαρίνη και το Μίγμα MLCT, όπως παρουσιάζονται στον **Πίνακα 9**. Τα ζυμάρια έμειναν σε αναμονή για 20 λεπτά, όταν βγήκαν από το ζυμωτήριο.

Στην συνέχεια τα ζυμάρια τοποθετήθηκαν στους 4 °C για μια ώρα για να κρυώσουν, ώστε η θερμοκρασία της ζύμης και των λιπαρών να είναι περίπου ίδια, με σκοπό να μην υπάρχουν προβλήματα στο επόμενο στάδιο που είναι η διαδικασία του ανοίγματος του φύλλου. Έπειτα, πραγματοποιήθηκε το άνοιγμα του φύλλου της σφολιάτας. Αφού διπλώθηκε και έγινε η φυλλοποίηση του ζυμαριού, το ζυμάρια τοποθετήθηκε ξανά στο ψυγείο για 1 ώρα. Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε συνολικά 3 φορές. Τέλος, τα δείγματα βγήκαν από τους 4 °C και αφού παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για 1 ώρα ακολούθησε ψήσιμο στους 220 °C για 18 λεπτά.

Για την διεξαγωγή των πειραμάτων παρασκευαστήκαν 5 ζυμάρια με διαστάσεις 7 cm X 7 cm από το κάθε δείγμα (συνταγή) (Πίνακας 9).

**Πίνακας 9:** Σύσταση των 11 συνταγών σφολιάτας που μελετήθηκαν . Οι αναλογίες των ποσοτήτων των υλικών είναι εκφρασμένες επί % της ζύμης.

ΚΩΔΙΚΟΣ	Experimental design										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	ΜΑΡΤΥΡΑΣ	ΜΙΓΜΑ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΩΝ	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 5% (25w/w)	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 5% (25w/w) + 3% ΓΑΛΑΚΤΗΣ	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 5% (20 w/w)	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 5% (20 w/w) + 3% ΓΑΛΑΚΤΗΣ	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 4% (25w/w)	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 4% (25w/w) + 3% ΓΑΛΑΚΤΗΣ	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w)	ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w) + 3% ΓΑΛΑΚΤΗΣ	ΓΑΛΑΚΤΗΣ 3%
ΠΟΣΟΣΤΟ ΜΕΙΩΣΗΣ ΛΙΠΑΡΩΝ		100%	50%	50%	50%	50%	30%	30%	30%	30%	30%
ΥΛΙΚΑ											
ΑΛΕΥΡΙ ΣΦΟΛΙΑΤΑΣ	45,1	46,5	53,3	52,7	53,3	52,7	49,3	49,1	49,3	49,1	50,1
ΝΕΡΟ	20,5	24,17	24,2	24	24,2	24	22,4	22,3	22,4	22,3	22,8
ΗΛΙΕΛΑΙΟ	4,1	4,22	4,8	4,8	4,8	4,8	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ΑΛΑΤΙ	0,9	0,93	1,06	1,05	1,06	1,05	0,98	0,98	0,98	0,98	1
ΜΑΓΓΑΡΙΝΗ	30	0	13,8	13,18	13,8	13,18	20,7	19,6	20,7	19,6	20
ΜΑΛΤΟΔΕΣΤΡΙΝΗ	0	0	2,6	2,6	2,6	2,6	1,9	1,9	1,9	1,9	0
ΠΑΣΤΑ ΓΑΛΑΚΤΩΝ	0	0	0	1,5	0	1,5	0	1,5	0	1,5	1,5
ΜΙΓΜΑ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΙΩΝ	0	24,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ΑΡΩΜΑ ΒΟΥΤΥΡΟΥ	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Τα υλικά που αναφέρονται παρακάτω χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή Μίγματος MLCT και για την παραγωγή των δειγμάτων σφολιάτας. Αναλυτικότερα:

### 3.1.1 Α' ύλες παρασκευής λίπους από μίγμα τριγλυκεριδίων

Για την παραγωγή του συγκεκριμένου λιπαρού που προέρχεται από μίγμα τριγλυκερίδιων που φέρουν λιπαρά οξέα μακράς και μέσης αλυσίδας αλυσίδας MLCT (Medium and long chain triacylglycerol) οι α' ύλες που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Φοινικοστεαρίνη Ραφινέ (PalmStearin), (SoyaHellas)
- Έλαιοκαρύδας (Coconut oil), (Fama foods)
- Ένζυμο Λιπάση, Lipozyme TL IM (Univar Food Ingredient)

### 3.1.2 Α' ύλες δειγμάτων σφολιάτας

Για την παραγωγή της ζύμης της σφολιάτας και των δειγμάτων οι α' ύλες που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- Αλεύρι Σφολιάτας (Μύλοι Χαλκιδικής)
- Αλάτι
- Νερό
- Ηλιέλαιο

- Φυτική Μαργαρίνη τύπου Σφολιάτας (FamaFoodserviceS.A.)
- Μαλτοξετρίνη με χαμηλό ισοδύναμο δεξτρόζης ( Falcon A.E)
- Γαλακτωματοποιητής: μονό & δι γλυκερίδια ( E471)( Interallis Chemicals)
- Σορβιτόλη ( Falcon A.E)

### 3.2 Συσκευές και όργανα

Τα όργανα που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των δειγμάτων φύλλου σφολιάτας καθώς και για την μέτρηση των παραμέτρων που μελετήθηκαν στη συνέχεια είναι τα εξής:

- Κλίβανος
- Αντιδραστήρας Αναδύμενος (batch stirred tank reactor)
- Συσκευή ανάδευσης υλικών (Mixer)
- Διηθητόμετρο
- Ζυγαριάακριβείας
- Θερμόμετροακριβείας
- Ζυμωτήριο
- Σφολιατομηχανήτύπου **FRITSCH**
- Ζυγαριά ακριβείας (Kern)
- Αναδευτήρας α' υλών
- Εστία Θέρμανσης
- ΧρωματογράφοςGC HP 6890 (Agilent)
- Φυγόκεντρος (falcon)
- ΠεριθλασίμετροακτίνωνX, MPD PANalytical
- Διαφορικό Θερμιδομέτρο Σάρωσης-DSCQ2000 της TA

### 3.3 Διαδικασίες παραγωγής υποκατάστατων μαργαρίνης και δειγμάτων σφολιάτας

#### 3.3.1 Διαδικασία παρασκευής λιπαρού από μίγμα τριγλυκεριδίων

Η παραγωγή του λιπαρού, πραγματοποιήθηκε στο εργοστάσιο παραγωγής της εταιρείας «*Polyran Group S.A*» στην Αθήνα. Τα υλικά ζυγίστηκαν με την βοήθεια ζυγαριάς ακριβείας. Για την παρασκευή του λιπαρού η αναλογία των α' υλών που χρησιμοποιήθηκαν είναι Φοινικοστεαρίνη Ραφινέ / έλαιο καρύδας (80 / 20 w/w). Η ποσότητα του ενζύμου που χρησιμοποιήθηκε είναι 10 w/w. Για να πραγματοποιηθεί η αντίδραση της δι-εστεροποίησης, οι προεπιλεγμένες συνθήκες μέσα στον αντιδραστήρα ήταν: Θερμοκρασία: 60 ° C, ανάδευση 300 rpm, χωρίς προσθήκη επιπλέον νερού. Η διαδικασία διήρκεσε 24 ώρες. Η κλίμακα της θερμοκρασίας του αντιδραστήρα που χρησιμοποιήθηκε ήταν 50-75 ° C, χωρίς αυτή η διακύμανση να επηρεάζει την αντίδραση. Μετά την ολοκλήρωση των 24 ωρών ακολούθησε θέρμανση για 5 λεπτούς 110 °C με σκοπό την αδραντοποίηση του ενζύμου.

Πριν τη χρήση του παραπάνω λιπαρού στην τελική συνταγή με σκοπό την ομογενοποίηση τοποθετήθηκε σε κλίβανο προς τήξη. Το σημείο τήξης (melting point) της στεαρίνης είναι 51-55 ° C, ενώ του ελαίου καρύδας είναι 30-35 ° C, όποτε και η θερμοκρασία του κλιβάνου ήταν περίπου στους 60 ° C.

Τέλος, με την ολοκλήρωση της διαδικασίας της αντίδρασης το δείγμα μεταφέρθηκε στο ψυγείο σε θερμοκρασία 4 ° C, ώστε να πραγματοποιηθεί η ψύξη του και η πήξη του για 12 ώρες. Στα Σχήματα 14, 15 και 16 φαίνεται η αλλαγή στη μορφή του λιπαρού που προέκυψε από την προσθήκη της λιπάσης



**Σχήμα 14:** Τηγμένη φοινικοστεαρίνη & λίπος καρύδας (80/20 w/w) με σκοπό την ομογενοποίησή τους



**Σχήμα 15:** Φοινικοστεαρίνη & έλαιο καρύδας (80/20 w/w) με προσθήκη λιπάσης μετά από 12 ώρες ανάδευσης με σκοπό την δι εστεροποίηση.



**Σχήμα 16:** Φοινικοστεαρίνη & έλαιο καρύδας (80/20 w/w) μετά από 24 ώρες ανάδευση και ψύξη 12 ωρών

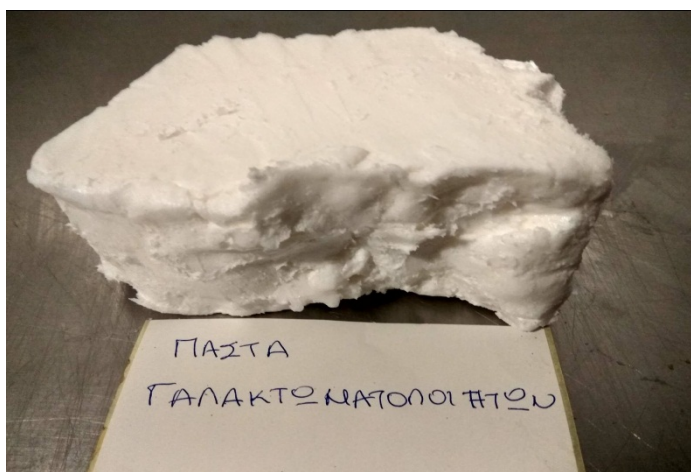
### 3.3.2 Διαδικασία Παραγωγής Πάστας Γαλακτωματοποιητών

Η παραγωγή της πάστας γαλακτωματοποιητών, πραγματοποιήθηκε στο εργοστάσιο παραγωγής της εταιρείας «Βεργίδης Μόδεστος Αρτοποιία-Ζαχαροπλαστική» στη Θεσσαλονίκη. Τα υλικά ζυγίστηκαν με την βοήθεια ζυγαριάς ακριβείας. Η αναλογία των υλικών είναι ως εξής:

Νερό: 50%, Σορβιτόλη: 25%, E 471: 25%.

Αρχικά προστέθηκε το νερό με την σορβιτόλη πάνω σε μια εστία θέρμανσης όπου και πραγματοποιήθηκε θέρμανση με συνεχόμενη ανάδευση μέχρι τους 80 °C. Στην συνέχεια προστέθηκαν τα μονό & διγλυκερίδια (E 471).

Τέλος, αφού το μίγμα πήρε την επιθυμητή μορφή πάστας (**Σχήμα 17**), αφέθηκε σε θερμοκρασία περιβάλλοντος για να κρυσώσει.



**Σχήμα 17:** Πάστα γαλακτωματοποιητών



### 3.3.3 Διαδικασία Παραγωγής πηκτής Μαλτοδεξτρίνης

Τα υλικά ζυγίστηκαν με την βοήθεια ζυγαριάς ακριβείας. Για τη δημιουργία της πηκτής, η αναλογία των α' υλών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Νερό / Μαλτοδεξτρίνη (75 / 25 w/w) και Νερό / Μαλτοδεξτρίνη (80 / 20w/w) (**Σχήμα 18**). Αρχικά η μαλτοδεξτρίνη αναμίχθηκε μέσα στο μίχθεμα κρύο νερό. Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε θέρμανση μέχρι τους 85 °C. Τέλος, η πηκτή τοποθετήθηκε σε θερμοκρασία 4 °C για 24 ώρες πριν χρησιμοποιηθεί.



**Σχήμα 18:** Πηκτή Μαλτοδεξτρίνη 80 / 20 w/w

## 3.4 Μέθοδοι ανάλυσης

### 3.4.1 Οργανοληπτικός έλεγχος

Δημιουργήθηκε ένα οργανοληπτικό σχέδιο τεσσάρων επιλέξιμων παραγόντων (παρουσία μαλτοδεξτρίνης, συγκέντρωση πηκτής μαλτοδεξτρίνης, παρουσία Γαλακτωματοποιητών, % αντικατάσταση μαργαρίνης από μίγμα MLCT) κατά το οποίο μελετάται η επίδραση τους σε οκτώ οργανοληπτικές μεταβλητές: Χρώμα Επιφάνειας, Χρώμα Εσωτερικό, Φυλλοποίηση, Άρωμα, Σκληρότητα, Ελαστικότητα, Ευθρυπτότητα και Αρεστότητα, όπως φαίνεται στο **Πίνακα 10**.

**Πίνακας 10:** Μελετώμενοι παράγοντες του οργανοληπτικού σχεδίου και οι οργανοληπτικές μεταβλητές

ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ	ΚΛΙΜΑΚΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
Χρώμα Επιφάνειας	ΑΔΙΑΒΑΘΜΗΤΗ 0-15cm
Χρώμα Εσωτερικό	
Φυλλοποίηση	
Άρωμα	
Σκληρότητα	

Ελαστικότητα	
Ευθρυπτότητα	
Συνολική αρεσότητα	

Για την υλοποίηση των οργανοληπτικών δοκιμών χρησιμοποιήθηκε το ατελώς ομαδοποιημένο ισορροπημένο οργανοληπτικό σχέδιο (Balanced In complete Block – BIB design) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:  $t=11$  (αριθμός μεταχειρίσεων),  $k=5$  (μονάδες δοκιμής ανά δοκιμαστή),  $b=11$  (αριθμός δοκιμαστών),  $n=5$  (επαναληψιμότητα της κάθε μεταχείρισης) και  $\lambda=2$  (ελάχιστος αριθμός συνεύρεσης ανά δύο των συμμετεχόντων παραγόντων), Όπως αυτά περιγράφονται στον παρακάτω **Πίνακα 11**. Ο οργανοληπτικός έλεγχος διεξήχθη στις εγκαταστάσεις του Αλεξάνδρειου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Θεσσαλονίκης, στην αίθουσα οργανοληπτικών ελέγχων του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων με τη συμμετοχή του εκπαιδευτικού προσωπικού του Τμήματος.

**Πίνακας 11 :** Οργανοληπτικό Σχέδιο BIB design για  $t=11$ ,  $b=11$ ,  $n= 5$   $\lambda=2$ ,  $k=5$

ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ	ΜΕΤΑΧΕΙΡΙΣΕΙΣ				
	A	B	Γ	Δ	E
1	1	2	3	5	8
2	2	3	4	6	9
3	3	4	5	7	10
4	4	5	6	8	11
5	5	6	7	9	1
6	2	6	7	8	10
7	3	7	8	9	11
8	1	4	8	9	10
9	2	5	9	10	11
10	1	3	6	10	11
11	1	2	4	7	11

Οι δοκιμαστές αξιολόγησαν τα δείγματα που τους δόθηκαν με την βοήθεια ερωτηματολογίου που περιείχε τον ορισμό κάθε χαρακτηριστικού (μεταβλητή) για καλύτερη κατανόηση και τη χρήση μιας αδιαβάθμητης κλίμακας αξιολόγησης των 15 cm. Με μια κάθετη γραμμή αξιολογούσαν τα δείγματα ως προς την εκάστοτε μεταβλητή. Στον αντικειμενικό έλεγχο το αριστερό άκρο (0) συμβόλιζε ,για παράδειγμα για την σκληρότητα, το καθόλου σκληρό και το δεξί άκρο (15), το πολύ σκληρό. Αντίστοιχα στον ηδονικό, το αριστερό άκρο εξέφραζε το καθόλου αποδεκτό, ενώ το δεξί το πολύ αποδεκτό. Στο Σχήμα 19 περιγράφεται μια αδιαβάθμητη κλίματα αξιολόγησης.

### Αδιαβάθμητη κλίμακα 15 cm

Καθόλου  
0

Πολύ  
15

**Σχήμα 19:** Αδιαβάθμητη κλίμακα αξιολόγησης οργανοληπτικών δοκιμών, μήκους 15cm

Αντίστοιχα ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα διαβαθμισμένης κλίμακας φαίνεται παρακάτω στο **Σχήμα 20**.



**Σχήμα 20:** Διαβαθμισμένη κλίμακα μήκους 15 cm πέντε διαβαθμίσεων οργανοληπτικής

### 3.4.2 Εκτίμηση Ποιοτικών Χαρακτηριστικών

Στο στάδιο αυτό, μετρήθηκαν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των φύλλων σφολιάτας. Τα ζυμάρια της σφολιάτας κόπηκαν σε 5 ίδια δείγματα με ίσες διαστάσεις των 7 cm X 7 cm, ώστε να βγουν οι μέσοι όροι των μετρήσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών που ακολούθησαν, ώστε να έχουμε πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα δείγματα αυτά ψήθηκαν στις ίδιες ακριβώς συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, ο φούρνος ήταν προθερμασμένος στους 210 °C και το ψήσιμο διήρκησε 18 λεπτά.

Οι μετρήσεις και των υπολογισμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών περιγράφονται παρακάτω:

#### Προσδιορισμός Απόδοσης

Ως απόδοση ορίζεται η απώλεια υγρασία κατά το ψήσιμο (%) και προσδιορίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\text{Απόδοση (\%)} = \frac{\text{Βάρος ψημένης σφολιάτας (g)}}{\text{Βάρος ζυμαριού πριν το ψήσιμο (g)}} * 100$$

Η ζύγιση των ζυμαριών έγιναν πριν και μετά το ψήσιμο.

#### Προσδιορισμός Ειδικής διόγκωσης (Specific lift)

Η προσδιορισμός της ειδικής διόγκωσης, παρέχει την καλύτερη μέθοδο σύγκρισης των ζυμαριών που παράγονται, χρησιμοποιώντας διαφορετικά ζυμάρια υπολογίζοντας τον Μ.Ο διόγκωσής τους / Το βάρος των ζυμαριών πριν το ψήσιμο. Η εξίσωση είναι η παρακάτω:

$$\text{Ειδική Διόγκωση} = \frac{\text{Διόγκωση της σφολιάτας είναι το ύψος της ζύμης (mm)}}{\text{Βάρος της ζύμης πριν το ψήσιμο (g)}}$$

#### Προσδιορισμός Ανάπτυξης (Development)

Μια συνηθισμένη παράμετρος που χρησιμοποιείται συχνά είναι ο υπολογισμός της ανάπτυξης της σφολιάτας που ορίζεται από τον εξής τύπο:

$$\text{Ανάπτυξη} = \frac{\text{Διόγκωση σφολιάτας (mm)}}{\text{Ύψος της ζύμης πριν το ψήσιμο (mm)}}$$

### Προσδιορισμός Ειδικού όγκου (Specific volume)

Η ογκομέτρηση των παρασκευασμάτων έγινε με την εμπειρική μέθοδο εκτόπισης μικρών σπόρων. Με διαίρεση του όγκου του παρασκευάσματος ( $V_A$ ) με το βάρος του ψημένου δείγματος ( $B_A$ ) υπολογίζεται ο ειδικός όγκος (SV) του φύλλου σφολιάτας, ο οποίος εκφράζεται σε  $\text{cm}^3 / \text{g}$  προϊόντος. Υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

$$SV = V_A / B_A$$

### Προσδιορισμός της Ανομοιομορφία διόγκωσης (Liftirregularity)

Η παράμετρος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για την μέτρηση της αισθητικής ποιότητας της ζύμης. Όσο υψηλότερη είναι η ανομοιομορφία της διόγκωσης της σφολιάτας, τόσο μεγαλύτερη η ανομοιομορφία, πράγμα μη επιθυμητό. Υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

Ανομοιομορφία διόγκωσης = Μέγιστο ύψος (mm) – ελάχιστο ύψος (mm)

### Προσδιορισμός Εκκεντρότητας της ζύμης (Eccentricity)

Ο προσδιορισμός της εκκεντρότητας της ζύμης, μετράει τη παραμόρφωση του προϊόντος κατά το ψήσιμο και την αισθητική ποιότητα της ζύμης. Υψηλότερες τιμές εκκεντρότητας σημαίνουν μεγαλύτερη παραμόρφωση του προϊόντος. Η ζύμη από ισχυρότερα αλεύρια έχει περισσότερη παραμόρφωση. Υπολογίζεται από τον εξής τύπο:

Εκκεντρότητα: (Μεγαλύτερη διάμετρος ζύμης – Μικρότερη διάμετρος ζύμης)\*100 / Μικρότερη διάμετρος ζύμης

### 3.4.3 Υπολογισμός συνολικής ενέργειας (totalenergy)

Η ενέργεια που βρίσκεται σε όλα τα τρόφιμα μετρείται σε θερμίδες (cal) και joules (J). Ωστόσο, όταν μιλάμε για το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφίμων, συνήθως χρησιμοποιούμε μια πολύ μεγαλύτερη μονάδα, που είναι 1.000 φορές μεγαλύτερη από τη μια θερμίδα, τα γνωστά σε όλους μας kcal ή αλλιώς χιλιοθερμίδα.

Η ενέργεια που περιέχουν τα φύλλα σφολιάτας εξαρτάται από τα μακροθρεπτικά συστατικά, δηλαδή από τους υδατάνθρακες, τις πρωτεΐνες και τα λίπη που περιέχει. Τα μακροθρεπτικά συστατικά είναι αυτά τα οποία αποδίδουν την απαραίτητη για τον οργανισμό ενέργεια ή αλλιώς τις απαραίτητες θερμίδες. Ωστόσο, οι ποσότητες των θερμίδων που αποδίδουν είναι διαφορετικές. Στην παρούσα μελέτη ο υπολογισμός της συνολικής ενέργειας έγινε υπολογιστικά. Πιο συγκεκριμένα, οι υδατάνθρακες αποδίδουν 4 θερμίδες ανά γραμμάριο, οι πρωτεΐνες αποδίδουν 4 θερμίδες ανά γραμμάριο και τα λίπη 9 θερμίδες ανά γραμμάριο, ενώ για το δείγμα που παρασκευάστηκε με το μίγμα MLCT το περιεχόμενό του σε g πολλαπλασιάστηκε με 5 kcal (Finley JW et al., 1994), όπως αναφέρθηκε εκτενώς στο θεωρητικό μέρος.

### 3.4.4 Αέρια Χρωματογραφία

Η διαδικασία που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της αέρια χρωματογραφία είναι με βάση το ISO 12966. Αναλυτικότερα:

## Εκχύλιση λίπους - Extraction

Στα δείγματα προστέθηκαν 25ml διαιθυλεθέρα και έγινε έντονη ανάδευση για 30-40 δευτερόλεπτα. Στη συνέχεια έγινε η διαβροχή του φελλού και ανοίχτηκαν οι φιάλες μερικές φορές ώστε να γίνει εκτόνωση. Έπειτα, προστέθηκαν 25ml πετρελαιοειδούς αιθέρα και συνεχίστηκε η έντονη ανάδευση για 2 λεπτά. Μετά τις αναδεύσεις τα δείγματα έμειναν σε ηρεμία για περίπου 1 ώρα, ώστε να γίνει ο διαχωρισμός των φάσεων. Αφού πέρασε η 1 ώρα αναμονής στην πάνω φάση τοποθετήθηκε θειικός ανυδρίτης και ένα μίγμα αιθέρων 1:1 (περίπου 20 ml σε κάθε φιάλη δείγματος). Τα δείγματα παρέμειναν σε ηρεμία για 5-10 λεπτά.

Τέλος, ακολούθησε διήθηση σε άλλο ποτήρι ζέσεως των 100ml μέχρι τα δείγματα να είναι διαυγή και αφέθηκαν σε ηρεμία έως την επόμενη μέρα με στόχο να εξατμιστούν οι πτητικοί διαλύτες (αιθέρες).

## Προετοιμασία δείγματος

Η ανάλυση της αέριας χρωματογραφίας (GC) έγινε σε μια απλή μαργαρίνη εμπορίου τύπου σφολιάτας και στο μίγμα MLCT που παρασκευάστηκε. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιγράφεται παρακάτω:

Περίπου 0,1 – 0,2g πυρογαλικό ( $C_6H_6O_3$ ) προστέθηκαν σε φιάλη Mojonnier. Στην συνέχεια, σε 3 g από το κάθε δείγμα προστέθηκαν 2-3 ml αιθανόλης 100% με στόχο να γίνει διαβροχή των δειγμάτων.

Έπειτα στις φιάλες προστέθηκε 10ml 8,3M HCl και τοποθετήθηκαν σε υδατόλουτρο στους 70 °C για 45 λεπτά. Στη συνέχεια τα δείγματα απομακρύνθηκαν από το υδατόλουτρο και προστέθηκε αιθανόλη μέχρι να γεμίσει το κάτω μέρος (bottom reservoir) της φιάλης και παρέμειναν σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.

## Εστεροποίηση

Σε 80 mg δείγματος προστέθηκε 2ml NaOH σε μεθανόλη 0,5N και τοποθετήθηκαν στους 100°C για 20 λεπτά. Αφού βγήκαν τα δείγματα από το φούρνο προστέθηκαν 2 σταγόνες φαινολοφθαλείνη και  $H_2SO_4$  σε μεθανόλη, ώστε τα δείγματα να είναι διαυγή. Αφού ολοκληρώθηκε αυτή η διαδικασία προστέθηκαν άλλα 0,2 ml  $H_2SO_4$  σε μεθανόλη και τοποθετήθηκαν τα δείγματα στο φούρνο στους 100°C για 5 λεπτά.

Έπειτα προστέθηκαν 4ml κορεσμένο διάλυμα NaCl και 2-3ml εξάνιο και πραγματοποιήθηκε ανάδευση για 30 δευτερόλεπτα και τα δείγματα έμειναν σε ηρεμία για μισή ώρα..

Στην συνέχεια μετά από φυγοκέντριση για να γίνει ο διαχωρισμός των φάσεων, τα δείγματα έμειναν για 10 λεπτά σε ηρεμία. Τέλος ακολούθησε η διήθηση των δειγμάτων.

Ο χρωματογράφος που χρησιμοποιήθηκε ήταν GC HP 6890 (Agilent) (**Σχήμα 21**). Οι Συνθήκες της χρωματογραφίας ήταν οι εξής:

**Φέροναέριο** : Ήλιο (Column Head Pressure : 200 kPa)

**Θερμοκρασία εισαγωγέα (injector)** : 240 °C

**Θερμοκρασία ανιχνευτή (detector)** : 250 °C (FID)

**Χρονοθερμοκρασιακό πρόγραμμα φούρνου :**

50 °C για 1 min

25 °C/min → 175 °C για 0 min

4 °C/min → 222 °C για 0 min

1 °C/min → 230 °C 15 min

**Στήλη διαχωρισμού:** Agilent DB-23 60m 0.25mm 0.25μm



**Σχήμα 21:** Χρωματογράφος GC HP 6890 (Agilent)

### 3.4.5 Φασματοσκοπία περίθλασης ακτίνων X

Οι πολυμορφικές μορφές και η μορφολογία των κρυστάλλων είναι τα πιο σημαντικά κριτήρια για τον προσδιορισμό των λειτουργικών ιδιοτήτων των μαργαρινών (Dianyu Yu et al 2018). Το περιθλασίμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν X'Pert PRO, της PANalytical, με λυχνία ακτινοβολίας Cu και ανιχνευτή LynxEye με μονοχρωματικό φίλτρο Ni. Για την παραγωγή της ακτινοβολίας εφαρμόστηκε τάση ίση με 45kV και η ένταση του ρεύματος ήταν 40mA με ταχύτητα σάρωσης 2°/min στην περιοχή 2θ από 12° έως 32°. Τα δείγματα μετά από τήξη τους σε υδατόλουτρο, τοποθετήθηκαν στον ειδικό δειγματοφόρο όπου και παρέμειναν για 16h στους 24 °C.

Η επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού προγράμματος X'Pert High Score PANalytical, με το οποίο υπολογίστηκαν το υπόβαθρο (background) ενώ τα εμβαδά των κορυφών υπολογίστηκαν με τη βοήθεια του λογισμικού SigmaPlot 10.

Το ποσοστό κρυσταλλικότητας ( $X_c$ ) προσδιορίστηκε σύμφωνα με την παρακάτω εξίσωση (Stribeck, 2007):

$$X_c = \frac{I_{cr}}{I_{cr} + I_{am}}$$

όπου:

$I_{cr}$  είναι το εμβαδό που περικλείεται μεταξύ της γραμμής του φάσματος περίθλασης ακτίνων X και του υποβάθρου (background) και ορίζει τη κρυσταλλική περιοχή και  $I_{am}$  είναι το εμβαδό ανάμεσα στο υπόβαθρο και τη γραμμή βάσης (baseline) και ορίζει την άμορφη περιοχή.

### 3.4.6 Διαφορική Θερμιδομετρία Σάρωσης (Differential scanning calorimetry DSC)

Το θερμικό προφίλ τήξης και κρυστάλλωσης των λιπαρών έγιναν με την βοήθεια της συσκευής Q2000 της TA. Από τα δύο δείγματα ζυγίστηκαν 8-12 mg και αφού τοποθετήθηκαν σε δοχεία αλουμινίου σφραγίστηκαν. Η κανονική τυποποίηση των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε με ίνδιο. Η βαθμονόμηση του οργάνου έγινε χρησιμοποιώντας κενά καψίδια και συνθήκες του οργάνου ήταν στην ίδια περιοχή θερμοκρασιών και θερμότητας με το πείραμα. Αρχικά τα δείγματα θερμάνθηκαν γρήγορα από τη θερμοκρασία δωματίου που βρίσκονταν, στους 80 °C και διατηρήθηκαν για 10 λεπτά για να διαγραφεί η κρυσταλλική τους μνήμη. Στην συνέχεια τα δείγματα ψύχθηκαν στους 60 °C με βήμα 10 °C/min, όπου παρέμειναν για 30 min. Τέλος, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 80 ° με βήμα 5° / min, ώστε να προσδιοριστεί το προφίλ τήξης καθώς και το SFI.

### 3.4.7 Στατιστική ανάλυση

Για την σύγκριση των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση της διακύμανσης που αναφέρεται διεθνώς ως ANOVA (Analysis Of Variance). Η συγκεκριμένη μέθοδος μας δίνει πληροφορίες αν οι εξεταζόμενοι μέσοι όροι των δειγμάτων της μελετώμενης μεταβλητής είναι ίσοι μεταξύ τους (έχουν κοινό μέσο όρο και άρα προέρχονται από τον ίδιο πληθυσμό) ή διαφέρουν (προέρχονται από διαφορετικούς πληθυσμούς).

Επί στατιστικής σημαντικότητας, ακολούθησε ο στατιστικός έλεγχος της ελάχιστης σημαντικής διαφοράς του Fisher (LSD –Least significant difference) για να γίνει η ανάλυση των διαφορών ανάμεσα στα δείγματα. Ο έλεγχος Fisher επιλέχθηκε γιατί είναι λιγότερο συντηρητικός και ως εκ τούτου εμφανίζει ευκολότερα διαφορές μεταξύ των δειγμάτων. (Πετρίδης 2016).

Οι περιορισμοί (προϋποθέσεις) που τίθενται πριν την εφαρμογή της ANOVA είναι δύο:

- Ο έλεγχος της κανονικής κατανομής των δειγμάτων και
- Οι διακυμάνσεις

Τα στατιστικά αποτελέσματα του οργανοληπτικού ελέγχου των 11 δοκιμαστών, έγινε με την βοήθεια του στατιστικού προγράμματος **MINITAB 18**.

Η ολιστική προσέγγιση του πειράματος και για την τελική αξιολόγηση των ποιοτικών και οργανοληπτικών μεταβλητών έγινε με την βοήθεια της μεθόδου της ανάλυσης των κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis-PCA). Η ανάλυση κύριων συνιστωσών επινοήθηκε για να μειώσει τον αριθμό των μεταβλητών σε ένα μικρότερο αριθμό νέων μεταβλητών, γνωστών και ως κύριων συνιστωσών, οι οποίες αποτελούν γραμμικούς συνδυασμούς των αρχικών μεταβλητών με στόχο να συσσωρεύσουν όσο το δυνατό περισσότερη πληροφόρηση και παράλληλα να ενσωματώσουν σημαντικό μέρος της ολικής μεταβλητότητας (διακύμανσης) της ανάλυσης (Πετρίδης 2016). Με απλούστερα λόγια, η τεχνική απλοποιεί την πολυπλοκότητα της πληροφόρησης που πηγάζει από μεγάλο αριθμό μεταβλητών μειώνοντας τον αριθμό αυτών σε λίγες, νέες και ουσιαστικές.

Οι μεταβλητές που ο συντελεστής συσχέτισής τους κυμαίνεται από  $\pm 0,7$  έως  $0,9$  με τις δύο πρώτες κύριες συνιστώσες, έχουν ικανοποιητική συσχέτιση η οποία είναι ουσιώδης προϋπόθεση για να δουλέψει σωστά η PCA (για να θεωρείται η τεχνική επιτυχημένη).

Οι μεταβλητές που ο συντελεστής συσχέτισής τους κυμαίνεται πάνω από  $\pm 0,95$  και άνω, έχουν πολύ ισχυρή συσχέτιση.

Εκτιμούμε πρώτα τις συσχετίσεις για να σχηματίσουμε μια πρώτη γενική εικόνα των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μεταβλητών. Έτσι από τη μήτρα των παραγοντικών φορτίων με τις κύριες συνιστώσες, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τους δυο πρώτους άξονες, προκύπτει το τριγράφημα των δυο πρώτων συνιστωσών στο οποίο περιγράφεται η θέση των μεταβλητών εκτεινόμενων ακτινωτά από το κέντρο βάρους του γραφήματος ( Σχήμα 30 ). Μεταβλητές των οποίων τα βέλη εμφανίζονται επιμηκότερα θεωρούνται πιο σημαντικές στην πρόκληση αποτελεσμάτων και όσων τα βέλη εκτείνονται προς την ίδια κατεύθυνση εκδηλώνουν θετική συσχέτιση. Η ένταση της συσχέτισης αυξάνει όσο το άνοιγμα της γωνίας μεταξύ δύο μεταβλητών μειώνεται. Η αντίστροφη συνθήκη ισχύει για βέλη με αντίθετες κατευθύνσεις. Δηλαδή, οξεία γωνία σημαίνει θετική συσχέτιση, αμβλεία γωνία αρνητική συσχέτιση και γωνία 90ο μηδενική συσχέτιση. Δείγματα στο γράφημα τοποθετημένα κοντά σε ένα βέλος δηλώνουν ισχυρή σχέση εμφάνισης με τη συγκεκριμένη μεταβλητή.

Για την ανάλυση των κύριων συνιστωσών χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό πρόγραμμα **JMP 13.1 (SASInstituteInc)**.

## 4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 4.1 Αποτελέσματα Μετρήσεων Ποιοτικών Χαρακτηριστικών

Στον Πίνακα 12 περιγράφονται τα αποτελέσματα των ποιοτικών χαρακτηριστικών των φύλλων σφολιάτας όπως αυτά προέκυψαν από τις μετρήσεις που έγιναν στα δείγματα πριν και μετά το ψήσιμο τους, ώστε να ακολουθήσει η στατιστική ανάλυση τους σε σχέση με τις μετρήσεις των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών.

**Πίνακας 12:** Αποτελέσματα μετρήσεων ποιοτικών χαρακτηριστικών των φύλλων σφολιάτας

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΦΟΛΙΑΤΑΣ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Απόδοσης (%)	Ειδικής διόγκωσης (mm/g)	Ανάπτυξης (mm)	Ανομοιομορφία διόγκωσης (mm)	Εκκενρότητας της ζύμης (%)	Ειδικού όγκου (Specific volume) (cm <sup>3</sup> /g)
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1	77,93	0,62	3,00	4,00	40,54	2,22
ΜΙΓΜΑ ΤΡΙΓΛΥΚΕΡΙΔΩΝ	2	80,00	1,48	6,88	12,75	51,27	2,31
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 8% (25w/w) (Μείωση λίπους 50%)	3	80,95	0,84	3,25	5,50	65,61	2,98
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 8% (25w/w) + ΓΑΛΑΚΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 50%)	4	80,00	0,62	2,11	5,20	44,85	2,39
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 8% (20 w/w) (Μείωση λίπους 50%)	5	77,69	1,06	4,45	6,40	64,94	3,57
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 8% (20 w/w) + ΓΑΛΑΚΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 50%)	6	80,85	0,89	4,85	7,50	42,62	2,83
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 4% (25w/w) (Μείωση λίπους 30%)	7	82,39	0,55	2,79	4,67	40,54	2,72
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 4% (25w/w) + ΓΑΛΑΚΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 30%)	8	76,19	0,81	3,67	6,17	38,65	2,96
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w) (Μείωση λίπους 30%)	9	75,97	1,19	4,18	5,33	60,47	4,19
ΜΑΛΤΟΔΕΕΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w) + ΓΑΛΑΚΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 30%)	10	79,14	0,99	5,03	5,80	51,10	3,08
ΓΑΛΑΚΤΗΣ (Μείωση λίπους 30%)	11	77,44	0,93	4,92	8,17	39,93	2,59



## 4.2 Προσδιορισμός Συνολικής Ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε ο υπολογισμός της Συνολικής ενέργειας των δειγμάτων και της διατροφικής επισήμανσης έγινε υπολογιστικά μετά το ψήσιμο και έγινε με την βοήθεια των προδιαγραφών των α' υλών. Στον Πίνακα 13, παρατηρούμε ότι η διαφορά της συνολικής ενέργειας των δειγμάτων σε σχέση με τον μάρτυρα, ήταν σημαντική και κυμάνθηκε από 5,9% – 26,4%.

**Πίνακας 13:** Συνολική Ενέργεια δειγμάτων σε σχέση με τον μάρτυρα και η διαφορά τους επί %.

ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΣΦΟΛΙΑΤΑΣ	Κωδικός	% Total energy ( Kcal / 100g )	Διαφορά επί %
ΜΑΡΤΥΡΑΣ	1	526,8	-
ΜΙΓΜΑ <i>MLCT</i>	2	387,7	26,4
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 5% (25w/w) (Μείωση λίπους 50%)	3	432,3	17,9
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 5% (25w/w) + ΓΑΛΑΚ/ΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 50%)	4	436,1	17,2
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 5% (20 w/w) (Μείωση λίπους 50%)	5	448,9	14,8
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 5% (20 w/w) + ΓΑΛΑΚ/ΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 50%)	6	431,5	18,1
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 4% (25w/w) (Μείωση λίπους 30%)	7	447,4	15,1
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 4% (25w/w) + ΓΑΛΑΚ/ΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 30%)	8	495,8	5,9
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w) (Μείωση λίπους 30%)	9	491,8	6,64
ΜΑΛΤΟΔΕΞΤΡΙΝΗ 4% (20 w/w) + ΓΑΛΑΚ/ΤΗΣ 3% (Μείωση λίπους 30%)	10	489,6	7,06
ΓΑΛΑΚ/ΤΗΣ (Μείωση λίπους 30%)	11	484,1	8,1

Παρατηρούμε ότι υπάρχει αρκετά σημαντική διαφορά της συνολικής ενέργειας των δειγμάτων σε σχέση με τον μάρτυρα, κυρίως μεταξύ του δείγματος και του λιπαρού που ανέρχεται στο 26,4%. Αυτή η διαφορά δεν ήταν αρκετή, ώστε να χαρακτηριστεί το τρόφιμο με μειωμένη ενεργειακή αξία όπως απαιτείται από τον **Καν. 1924/2006**, καθώς όπως αναφέρεται και στο θεωρητικό μέρος θα έπρεπε η θερμιδική διαφορά να είναι τουλάχιστον 30%. Ακολουθούν το δείγμα 6 με 18,1%, το δείγμα 3 με 17,9 % και το δείγμα 4 με 17, 2 %. Αναλυτικότερα, στους παρακάτω πίνακες ακολουθούν οι διατροφική επισήμανση των δειγμάτων, που θα μας δώσουν πληροφορίες για την μείωση των λιπαρών στα δείγματα:

**Πίνακας14:** Διατροφική επισήμανση του μάρτυρα

	Ανά 100g προϊόντος
<b>KCAL</b>	526,8
<b>KJ</b>	2202,0
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	36,7
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	41,1
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	8,1
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

**Πίνακας 15:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με Μίγμα MLCT αντί για μαργαρίνη (100% αντικατάσταση)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	387,7
<b>KJ</b>	1620,6
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	37,0
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	42,3
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	8,3
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

**Πίνακας 16:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 5% και πηκτής (25w/w)(Αντικατάσταση 50%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	432,3
<b>KJ</b>	1806,8
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	18,4
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	55,2
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,5
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,6

**Πίνακας 17:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 5% και πηκτής (25w/w) και 3% πάστας Γαλα/των)(Αντικατάσταση 50%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	436,1
<b>KJ</b>	1823,0
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	18,4
<b>ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΛΙΠΑΡΑ</b>	3,6
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	52,3
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,6
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,6
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,6

**Πίνακας 18:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 5% και πηκτής (20w/w)(Αντικατάσταση 50%).

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	448,9
<b>KJ</b>	1876,3
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	18,5
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	59,3
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	11,1
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,7

**Πίνακας 19:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 5% και πηκτής (20w/w) και 3% πάσας Γαλα/των(Αντικατάσταση 50%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	431,5
<b>KJ</b>	1803,8
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	18,4
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	56,0
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,6
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,5
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,6

**Πίνακας 20:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 4% και πηκτής (25w/w)(Αντικατάσταση 30%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	447,1
<b>KJ</b>	1869,0
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	25,8
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	45,3
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	8,5
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,6

**Πίνακας 21:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 4% και πηκτής (25w/w) και 3% πάστας Γαλα/των(Αντικατάσταση 30%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	495,8
<b>KJ</b>	2072,6
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	25,6
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	55,7
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,6
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,5
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

**Πίνακας 22:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 4% και πηκτής (20w/w)(Αντικατάσταση 30%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	491,8
<b>KJ</b>	2055,5
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	25,7
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	54,6
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,0
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,4
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

**Πίνακας 23:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με μαλτοδεξτρίνη 4% και πηκτής (20w/w) και 3% πάστας Γαλα/των (Αντικατάσταση 30%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	489,6
<b>KJ</b>	2046,7
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	25,8
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΑΚΕΣ</b>	54,2
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,6
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,2
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

**Πίνακας 24:** Διατροφική επισήμανση του δείγματος με πάστα Γαλακ/η 3% (Αντικατάσταση 30%)

	<b>Ανά 100g προϊόντος</b>
<b>KCAL</b>	484,0
<b>KJ</b>	2023,3
<b>ΛΙΠΑΡΑ</b>	25,9
<b>ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ</b>	52,3
<b>ΖΑΧΑΡΑ</b>	0,6
<b>ΙΝΕΣ</b>	0,0
<b>ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ</b>	10,3
<b>ΑΛΑΤΙ</b>	1,5

Ο κανονισμός **1624/2006** της Ευρωπαϊκής ένωσης αναφέρει χαρακτηριστικά ότι ένα τρόφιμο μπορούμε να το χαρακτηρίσουμε με τον όρο ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ (ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΤΗΣ ΘΡΕΠΤΙΚΗΣ ΟΥΣΙΑΣ όταν έχει μειωθεί η περιεκτικότητα μιας ή περισσότερων θρεπτικών ουσιών, και κάθε ισχυρισμός που ενδέχεται να έχει το ίδιο νόημα για τον καταναλωτή, μπορεί να χρησιμοποιείται μόνον όταν η περιεκτικότητα έχει μειωθεί τουλάχιστον κατά 30 % σε σύγκριση με παρόμοιο προϊόν, εκτός από την περίπτωση ιχνοστοιχείων όπου επιτρέπεται διαφορά της τάξης του 10 % ως προς τις τιμές αναφοράς που ορίζονται με την οδηγία 90/496/ΕΟΚ, και του νατρίου, ή της ισοδύναμης τιμής νατρίου, όπου επιτρέπεται διαφορά της τάξης του 25 %. Έτσι στην δική μας περίπτωση θα μπορούσαμε και στα 9 δείγματα, σε σύγκριση με τον μάρτυρα, να τα χαρακτηρίσουμε ως δείγματα με μειωμένη περιεκτικότητα σε λιπαρά, εκτός του δείγματος με το μίγμα MLCT.

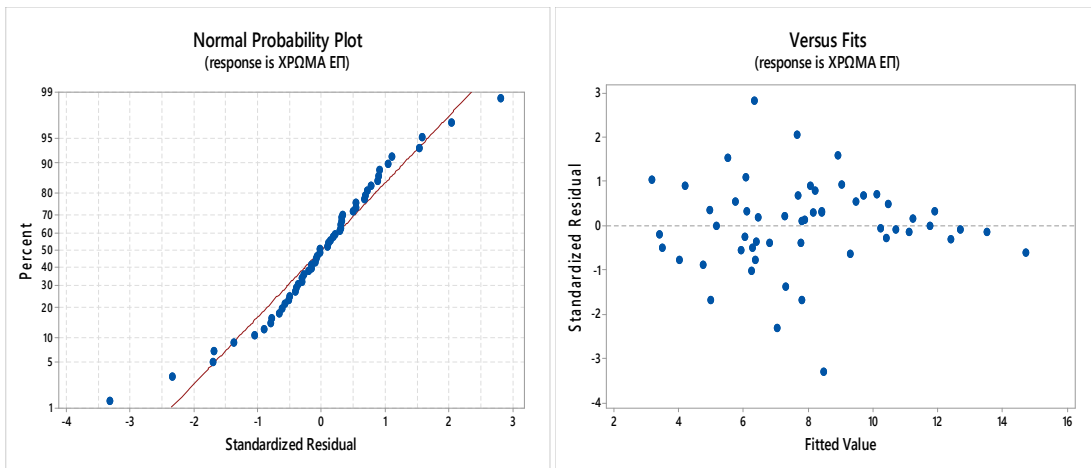
### 4.3 Ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA)

Η ανάλυση της διακύμανσης εφαρμόστηκε στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και τα οργανοληπτικά. Στα ποιοτικά χαρακτηριστικά δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και έτσι θεωρείται ότι τα δείγματα δεν διέφεραν μεταξύ τους. Αντίθετα οι οργανοληπτικές μεταβλητές που παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα είναι οι εξής: Χρώμα Επιφάνειας(Χρώμα ΕΠ) ( $p=0,001$ ), Σκληρότητα( $p=0,002$ ) και Λιπαρότητα( $p=0,003$ ), όπως αυτά φαίνονται αναλυτικότερα στους **Πίνακες 25, 26, 27**. Αντίθετα οι υπόλοιπες οργανοληπτικές μεταβλητές, χρώμα εσωτερικό, φυλλοποίηση, άρωμα, ελαστικότητα, ευθρυπτότητα και αρεστότητα δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και έτσι θεωρείται ότι τα δείγματα δεν διέφεραν μεταξύ τους προς αυτά τα χαρακτηριστικά.

**Πίνακας 25:** Στατιστική σημαντικότητα Χρώματος επιφάνειας

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ	10	137,4	13,743	2,25	0,038
ΔΕΙΓΜΑ	10	236,1	23,608	3,87	<b>0,001</b>

Στο παρακάτω **Σχήμα 22** απεικονίζεται η κανονικότητα και η ομοιογένεια του Χρώματος της Επιφάνειας.

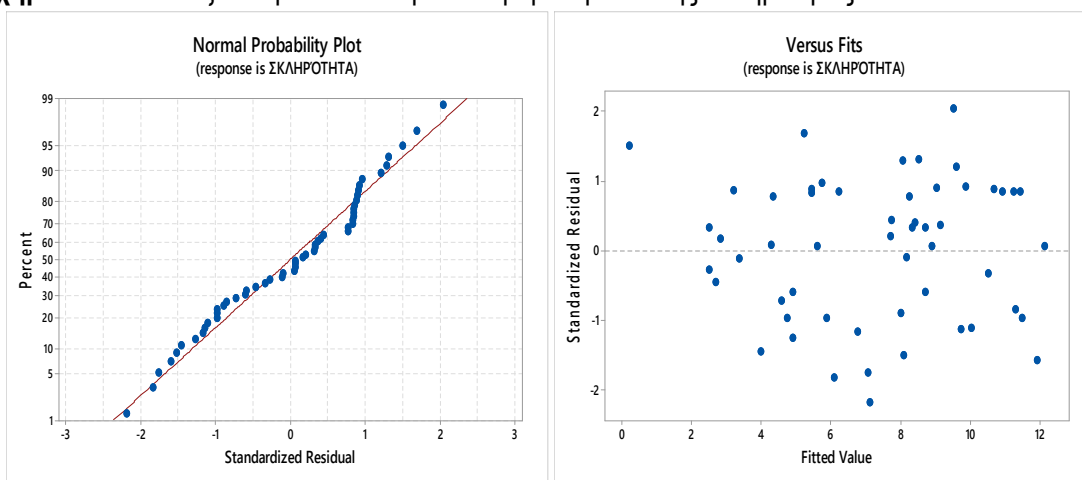


**Σχήμα 22:** Κανονικότητα και ομογένεια, Χρώμα ΕΠ.

**Πινάκας 26:** Σημαντικότητα Σκληρότητας

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ	10	317,9	31,788	8,60	0,000
ΔΕΙΓΜΑ	10	135,3	13,526	3,66	0,002

Στο Σχήμα 23 απεικονίζεται η κανονικότητα και η ομοιογένεια της Σκληρότητας.

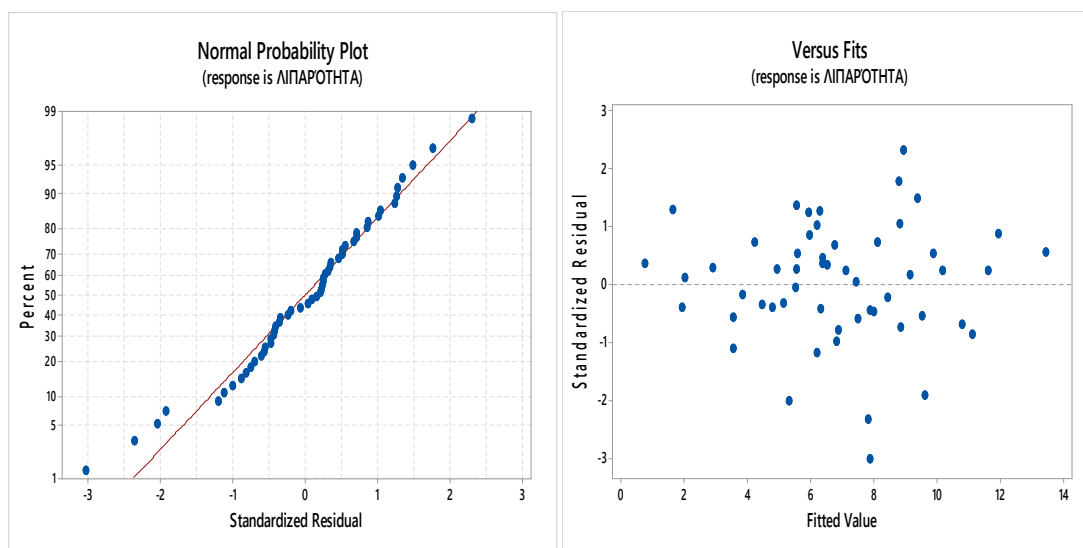


**Σχήμα 23:** Κανονικότητα και ομογένεια της Σκληρότητας

**Πινάκας 27:** Σημαντικότητα της λιπαρότητας

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
ΔΟΚΙΜΑΣΤΕΣ	10	128,4	12,839	2,37	0,031
ΔΕΙΓΜΑ	10	193,2	19,324	3,56	0,003

Στο Σχήμα 24 απεικονίζεται η κανονικότητα και η ομοιογένεια της Λιπαρότητας.



Σχήμα 24: Κανονικότητα και ομοιογένειας της Λιπαρότητας

Ακολούθησε η σύγκριση κατά ζεύγη των μέσων τιμών του χρώματος επιφάνειας με την τεχνική του Fisher. Μέσοι όροι με διαφορετικό γράμμα και χρωματισμένο διαφέρουν στατιστικά σημαντικά από τους υπόλοιπους.

### Χρώμα Επιφάνειας

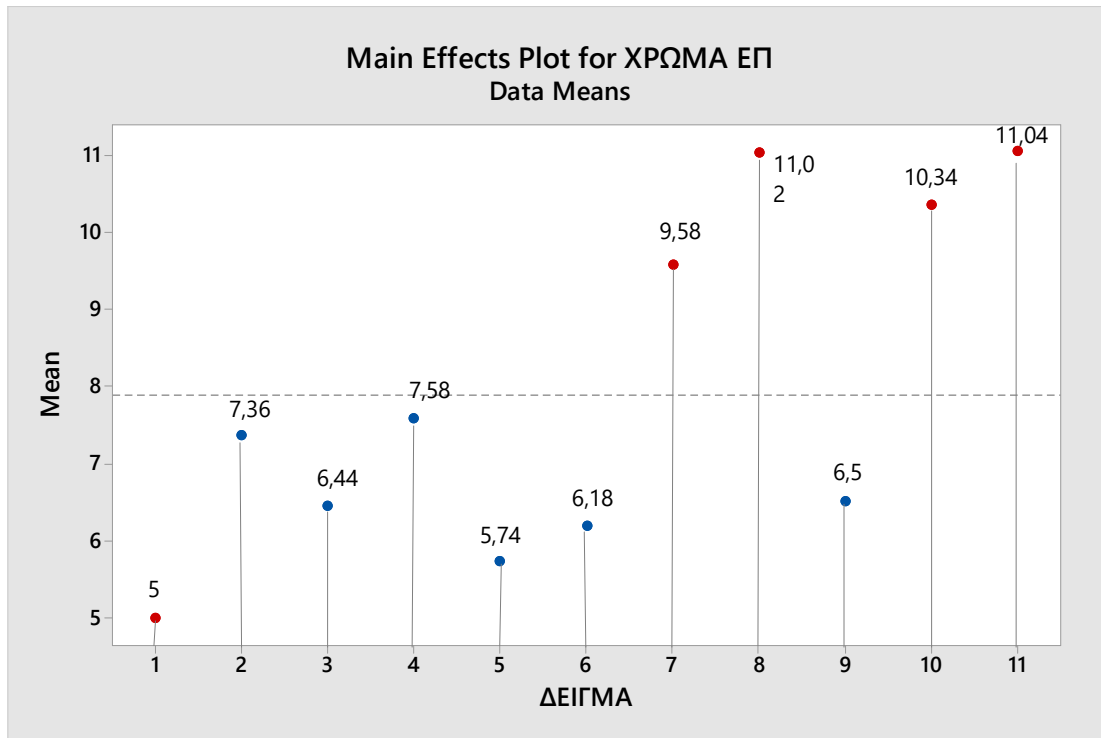
Στον Πίνακα 28 περιγράφεται ο έλεγχος Fisher που έγινε για το Χρώμα της Επιφάνειας και οι διαφορές που προκύπτουν.

Πίνακας 28: Σύγκριση μέσων όρων για το Χρώμα Επιφάνειας με την τεχνική του ελέγχου Fisher

ΔΕΙΓΜΑ	N	Mean	Grouping
11	5	11,5664	A
8	5	11,0345	A
7	5	10,1982	A B
10	5	9,2618	A B C
4	5	7,6118	B C D
9	5	7,3436	B C D
2	5	7,2118	B C D
3	5	6,3300	C D
5	5	6,2618	C D
6	5	5,2845	D
1	5	4,6755	D

Παρατηρούμε ότι η διαφορά του Χρώματος της Επιφάνειας έγινε αντιληπτή από τους δοκιμαστές για τα δείγματα 11 και 8. Αντίθετα δεν έγινε αντιληπτή για τα δείγματα 7, 10, 4, 9 και 2. Τέλος, για τα δείγματα 3, 5, 6, και 1 παρουσίαζαν εμφανώς λιγότερη ένταση του χρώματος στην επιφάνεια τους σε σχέση με τις μεταχειρίσεις 11 και 8. Στην συνέχεια, με την βοήθεια του γραφήματος των κύριων παραγόντων (main

effects plot) (Σχήμα 25) γίνεται η γραφική απεικόνιση του αποτελέσματος των διαφορών που προκύπτουν.



Σχήμα 25. Κατανομή των μέσων τιμών του Χρώματος Επιφάνειας των έντεκα μεταχειρίσεων.

Γενικώς από το Σχήμα 25, προκύπτει ότι τα δείγματα που εμφανίζουν εντονότερες διαφορές ως προς το χρώμα της επιφάνειας είναι κυρίως το 1(μάρτυρας) με το 7,8,10,11.

### Σκληρότητα

Ακολούθησε ο στατιστικός έλεγχος Fisher για να γίνει η ανάλυση των διαφορών ανάμεσα στα δείγματα σχετικά με την σκληρότητα των δειγμάτων όπως φαίνεται στον Πίνακα 29.

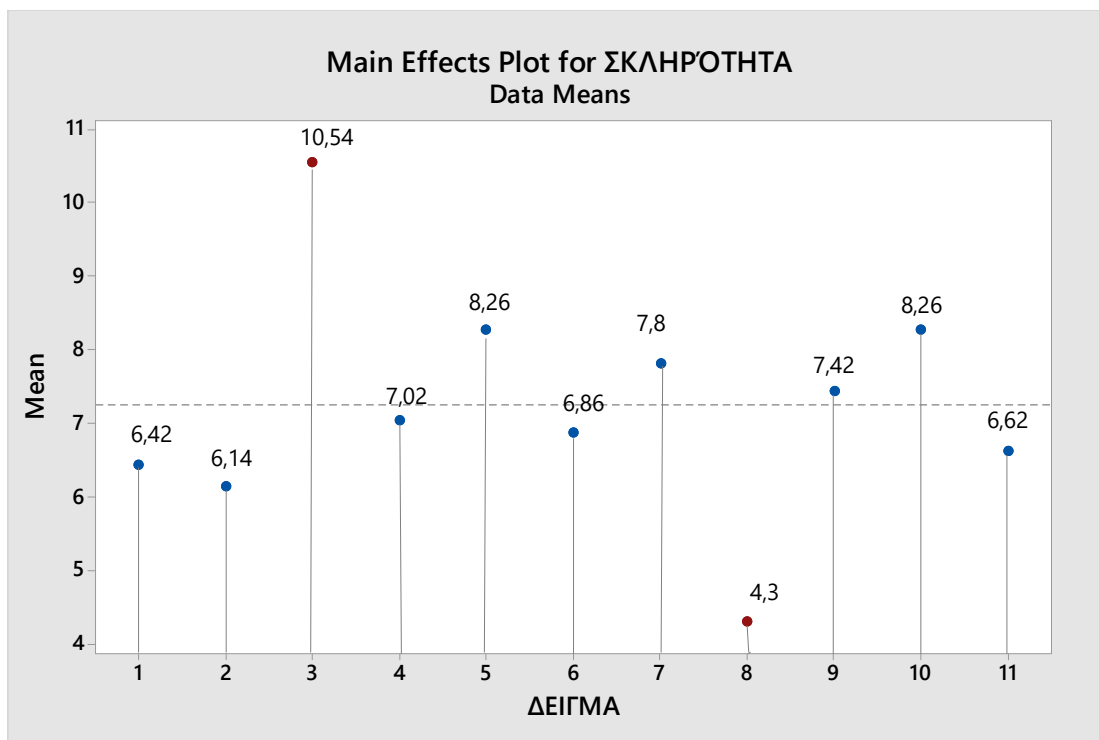
Πίνακας 29: Σύγκριση μέσων όρων για την σκληρότητα με την τεχνική του ελέγχου Fisher

ΔΕΙΓΜΑ	N	Mean	Grouping
3	5	10,4477	A
5	5	9,4614	A B
11	5	7,9205	A B C
9	5	7,7511	B C
4	5	7,5784	B C
10	5	7,2420	B C
2	5	7,0523	B C
6	5	6,4295	C D
7	5	6,2750	C D
1	4	6,0477	C D
8	5	3,8193	D



Από τον έλεγχο Fisher προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Οι δοκιμαστές εντόπισαν σημαντική διαφορά στο δείγμα 3 ως προς την σκληρότητα. Αντίθετα για τα δείγματα 5, 11, 9, 4, 10 και 2 η διαφορά της σκληρότητας δεν έγινε αντιληπτή από τους δοκιμαστές. Τέλος, στα δείγματα 1, 7, 6 και 8 η σκληρότητα ήταν μικρότερη σε σχέση με τα δείγμα 3. Στην συνέχεια, με την βοήθεια του γραφήματος των κύριων παραγόντων (**Σχήμα 26**) γίνεται η γραφική απεικόνιση του αποτελέσματος των διαφορών που προκύπτουν.



**Σχήμα 26:** Κατανομή των μέσων τιμών της σκληρότητας των έντεκα μεταχειρίσεων.

Γενικώς από το **Σχήμα 26**, προκύπτει ότι τα δείγματα που εμφανίζουν εντονότερες διαφορές ως προς την σκληρότητα είναι κυρίως το 3 με το 8.

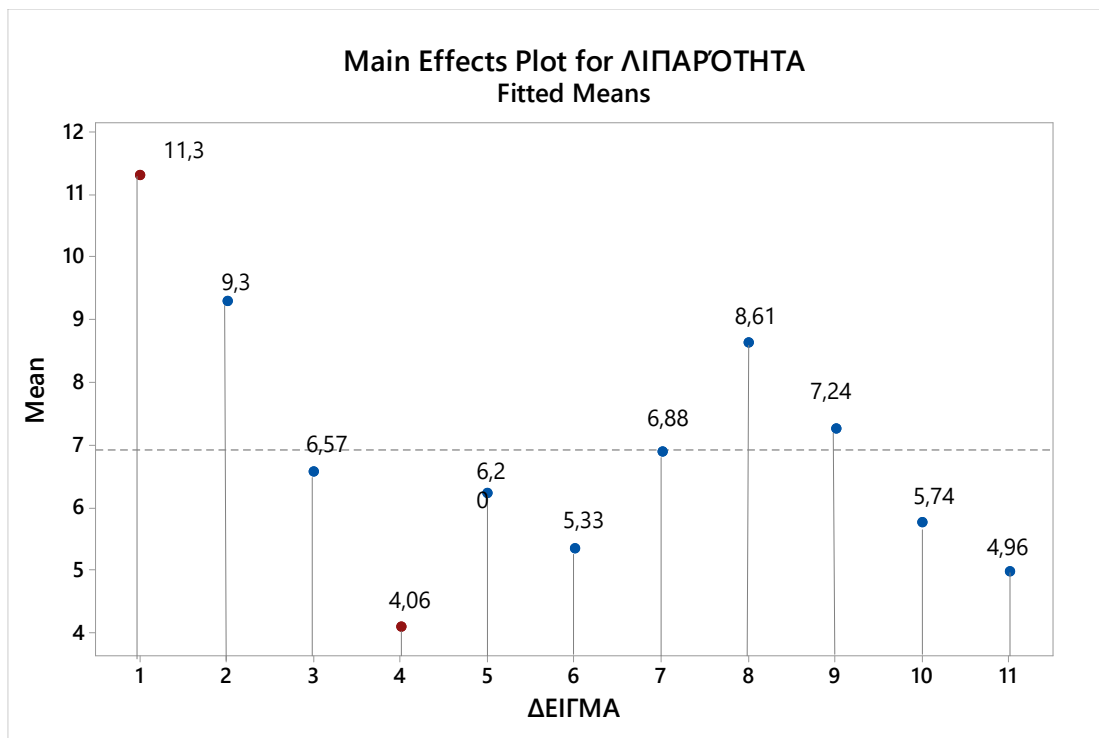
### Λιπαρότητα

Ακολούθησε ο στατιστικός έλεγχος Fisher για να γίνει η ανάλυση των διαφορών ανάμεσα στα δείγματα σχετικά με την λιπαρότητα. Στον παρακάτω **Πίνακα 30** φαίνονται τα αποτελέσματα του έλεγχου και οι διαφορές που προκύπτουν.

**Πίνακας 30:** Σύγκριση μέσων όρων για την Λιπαρότητα με την τεχνική του ελέγχου Fisher.

ΔΕΙΓΜΑ	N	Mean	Grouping
1	5	11,3003	A
2	5	9,3028	A B
8	4	8,6172	A B C
9	5	7,2412	B C D
7	5	6,8846	B C D
3	5	6,5710	B C D
5	5	6,2074	B C D
10	5	5,7412	C D
6	5	5,3301	C D
11	5	4,9664	D
4	5	4,0685	D

Οι δοκιμαστές που εξέτασαν τα δείγματα ως προς την λιπαρότητα, το δείγμα 1 παρουσίαζε την μεγαλύτερη λιπαρότητα. Στην συνέχεια, οι δοκιμαστές δεν μπόρεσαν να διακρίνουν διαφορές μεταξύ των δειγμάτων 2, 8, 9, 7, 3 και 5. Τέλος, οι μεταχειρίσεις 10, 6, 11, 4, παρουσίαζαν εμφανώς λιγότερη λιπαρότητα σε σχέση με τις άλλες μεταχειρίσεις με τις 11 και 4 να παρουσιάζουν την λιγότερη. Στην συνέχεια, με την βοήθεια του γραφήματος των κύριων παραγόντων (Σχήμα 27) γίνεται η γραφική απεικόνιση του αποτελέσματος των διαφορών που προκύπτουν.



**Σχήμα 27:** Κατανομή των μέσων τιμών της Λιπαρότητας των έντεκα μεταχειρίσεων.

Με βάση το διάγραμμα μέσων τιμών της λιπαρότητας παρατηρούμε ότι 2 μεταχειρίσεις παρουσιάζουν τιμές με εντονότερες διαφορές η 1 και η 4.

### 4.3.1 Ανάλυση κύριων συνιστωσών (Principal Component Analysis-PCA)

Στην συνέχεια με την βοήθεια της PCA προσπαθήσαμε να μελετήσουμε ποιές μεταβλητές συσχετίζονται μεταξύ τους, πώς συσχετίζονται και σε τι βαθμό.

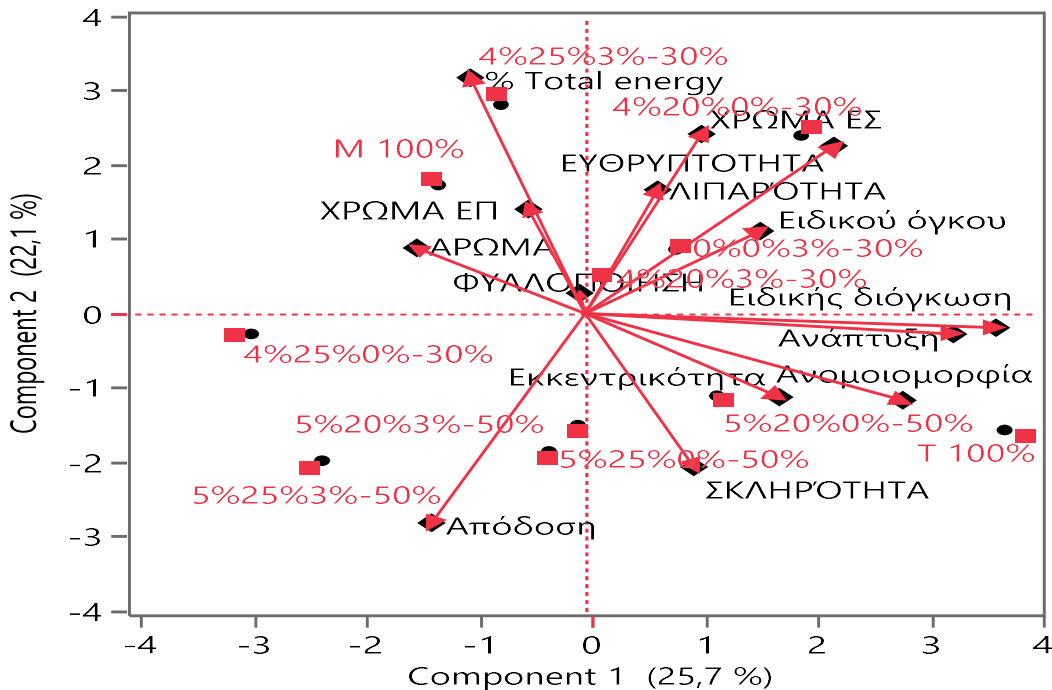
Εκτιμούμε πρώτα τις συσχετίσεις (**Πίνακας 31**) για να σχηματίσουμε μια πρώτη γενική εικόνα των σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των μεταβλητών. Οι μεταβλητές με το κίτρινο χρώμα είναι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, ενώ οι υπόλοιπες αφορούν τα οργανοληπτικά.

**Πίνακας 31:** Πίνακας συσχετίσεων των μεταβλητών με τις δύο συνιστώσες.

	<b>Άξονας 1</b>	<b>Άξονας 2</b>
Ειδικής διόγκωση	0,979558	-0,051467
Ανάπτυξη	0,877410	-0,074839
Ανομοιομορφία	0,756683	-0,314238
% Totalenergy	-0,274013	0,853437
ΧΡΩΜΑ ΕΣ	0,276921	0,649967
ΕΥΘΡΥΠΤΟΤΗΤΑ	0,592800	0,606599
Ειδικού όγκου	0,417021	0,298567
Εκκεντρότητα	0,462518	-0,302966
ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	0,258628	-0,555593
ΦΥΛΛΟΠΟΙΗΣΗ	-0,013317	0,073826
ΑΡΩΜΑ	-0,402182	0,237678
ΧΡΩΜΑ ΕΠΙΦΑΝ	-0,136076	0,377744
Απόδοση	-0,367054	-0,757975
ΛΙΠΑΡΟΤΗΤΑ	0,172426	0,447711

Κυρίως υπεύθυνες για το σχηματισμό της πρώτης κύριας συνιστώσας (**άξονας 1**) είναι οι μεταβλητές: Ειδική διόγκωση, Ανάπτυξη και η Ανομοιομορφία, ενώ οι κυρίως υπεύθυνες για το σχηματισμό της δεύτερης κύριας συνιστώσας (**άξονας 2**) είναι οι μεταβλητές: Συνολική Ενέργεια (total energy), Απόδοση αλλά και το χρώμα στο εσωτερικό με μικρότερη όμως συμμετοχή.

Το **Σχήμα 28** παρουσιάζει το τριγράφημα των συσχετίσεων των μεταβλητών ενδιαφέροντος, δηλαδή μία ολοκληρωμένη εικόνα των δράσεων όλων των μεταβλητών και τη θέση των δειγμάτων, στα 11 δείγματα των σφολιάτας με βάση τα αποτελέσματα της ανάλυσης πλεονασμού.



**Σχήμα 28:** Τριγράφημα της PCA των συσχετίσεων των οργανοληπτικών μεταβλητών, των ποιοτικών μεταβλητών, των βαθμών των δειγμάτων σφολιάτας και της διασποράς της θέσης αυτών.

Οι δυο πρώτες συνιστώσες ερμηνεύουν το 47,8% της ολικής μεταβλητότητας του πειράματος, ποσοστό αρκετά σημαντικό.

Το 1ο τεταρτημόριο αφορά τις μεταβλητές: Συνολική Ενέργεια (total energy) με το χρώμα επιφάνειας, άρωμα και παρουσιάζουν θετική συσχέτιση μεταξύ τους, οι οποίες είναι και αντιδιαμετρικές με τις μεταβλητές του 4ου τεταρτημορίου (ανάπτυξη, ανομοιομορφία, εκκεντρότητα και σκληρότητα). Επειδή το βέλος της συνολικής ενέργειας είναι μεγαλύτερο θεωρείται πιο σημαντική στην πρόκληση αποτελεσμάτων, ενώ οι άλλες μεταβλητές επειδή το βέλος τους είναι μικρότερης ακτίνας θεωρούνται μέτριας έντασης. Το βέλος της μεταβλητής της φυλλοποίησης έχει πολύ μικρή ακτίνα η οποία είναι πολύ κοντά στην αρχή των αξόνων, έτσι το αποτέλεσμα της δεν θεωρείται σημαντικό. Το δείγμα που περιείχε 4% μαλτοδεξτρίνη, 25 w/wgel, 3 % Γαλακ/τη και 30% λιγότερο λιπαρά χαρακτηρίζεται από υψηλή συνολική ενέργεια (total energy) (8), ενώ το δείγμα 100% λιπαρά μαργαρίνης (μάρτυρας) μπορεί να χαρακτηριστεί από σχετικό άρωμα, Χρώμα Επ., και Συνολική Ενέργεια (total energy).

Το 2ο τεταρτημόριο αφορά τις εξής μεταβλητές: Ειδικός όγκος, Λιπαρότητα, χρώμα εσωτερικό και ευθρυπτότητα που παρουσιάζουν θετική συσχέτιση μεταξύ τους και είναι αντιδιαμετρικές με τις μεταβλητές του 3ου τεταρτημορίου, δηλαδή όσο θα αυξάνονται οι μεταβλητές του 2ου τεταρτημορίου θα μειώνονται οι άλλες του 3ου και αντίστροφα. Το βέλος της λιπαρότητας είναι μεγαλύτερο συγκριτικά με τα βέλη των άλλων μεταβλητών και θεωρείται πιο σημαντική, ενώ τα βέλη των άλλων μεταβλητών είναι μικρότερης ακτίνας και θεωρούνται μικρότερης έντασης. Το δείγμα που περιείχε 4% μαλτοδεξτρίνη, 20w/wgel, 0 % Γαλακ/τη και 30% λιγότερο λιπαρά (9), μπορεί να χαρακτηριστεί από χρώμα ΕΣ και λιπαρότητα, ενώ το δείγμα που περιείχε μόνο 3 % Γαλακ/τη και 30% (11) λιγότερο λιπαρά από μεγάλη λιπαρότητα. Τέλος, για το δείγμα που περιείχε 4% μαλτοδεξτρίνη, 20w/w gel, 3 % Γαλακ/τη και 30% (10) λιγότερο λιπαρά δεν μπορεί να χαρακτηριστεί από κάποια μεταβλητή καθώς είναι πολύ κοντά στο κέντρο των αξόνων.

Η απόδοση που βρίσκεται στο 3<sup>ο</sup> τεταρτημόριο είναι η πιο απομονωμένη και δεν παρατηρείται κάποια ιδιαίτερη θετική συσχέτιση με άλλες μεταβλητές, αλλά παρατηρείται αρνητική συσχέτιση με την Λιπαρότητα, χρώμα ΕΣ και ευθρυπτότητα (είναι αντιδιαμετρικές). Τα δείγματα που μπορούν να χαρακτηριστούν από την υψηλή σχετικά απόδοση είναι αυτό που περιείχε 5% μαλτοδεξτρίνη, 25 w/wgel, 3 % Γαλακ/τη και 50% (4) λιγότερο λιπαρά και το δείγμα που περιείχε 5% μαλτοδεξτρίνη, 25 w/wgel, 0 % Γαλακ/τη και 50% (5) λιγότερο λιπαρά. Ενώ το δείγμα που περιείχε 4% μαλτοδεξτρίνη, 25 w/wgel, 0 % Γαλακ/τη και 30% (7) λιγότερα λιπαρά μπορεί να χαρακτηριστεί μόνο ότι έχει αρνητική συσχέτιση με την ειδική διόγκωση και την ανάπτυξη.

Το 4<sup>ο</sup> τεταρτημόριο αφορά τις μεταβλητές: σκληρότητα, εκκεντρότητα ανομοιομορφία, ανάπτυξη και ειδική διόγκωση, που παρουσιάζουν θετική συσχέτιση μεταξύ τους. Τα βέλη της ειδικής διόγκωσης και της ανομοιομορφία είναι μεγαλύτερα συγκριτικά με τα βέλη των άλλων μεταβλητών και θεωρούνται πιο σημαντικά, ενώ τα βέλη των άλλων μεταβλητών είναι μικρότερης ακτίνας και θεωρούνται μικρότερης έντασης. Το δείγμα που περιείχε 5% μαλτοδεξτρίνη, 20w/wgel, 0 % Γαλακ/τη και 50% (3) λιγότερο λιπαρά μπορεί να χαρακτηριστεί από σχετική σκληρότητα, εκκεντρικότητα και ανομοιομορφία, ενώ το δείγμα που περιείχε 100% λιπαρά (2) από το μίγμα τριγλυκεριδίων χαρακτηρίζεται από μικρή ανομοιομορφία.

Στον **Πίνακα 32** φαίνονται συνοπτικά τα αποτελέσματα που περιγράφηκαν παραπάνω.

**Πίνακας 32:** Χαρακτηρισμός των πειραματικών δειγμάτων Σφολιάτας με βάση τη δράση των οργανοληπτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών.

<b>ΤΕΤΑΡΤΗΜΟΡΙΟ</b>	<b>Κωδικός</b>	<b>ΔΕΙΓΜΑ ΣΦΟΛΙΑΤΑΣ</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
1	8	4%25%3%30%	Εμφανίζει μεγάλη τιμή Συνολικής Ενέργειας (total energy)
	1	M 100%	Χαρακτηρίζεται από σχετικό άρωμα, Χρώμα Επ., και Συνολική Ενέργεια (total energy)
2	9	4% - 20% - 0% - 30%	Μπορεί να χαρακτηριστεί από έντονο χρώμα ΕΣ και λιπαρότητα
	11	0%-0%-3%-30%	Εμφανίζει μεγάλη τιμή λιπαρότητας.
	10	4%-20%-3%-30%	Δεν μπορεί να χαρακτηριστεί με κάποια μεταβλητή.
3	7	4%-25%-0%-30%	Μπορεί να χαρακτηριστεί μόνο ότι έχει αρνητική συσχέτιση με την ειδική διόγκωση και την ανάπτυξη.
	6	5%-20%-3%-50%	Δεν μπορεί να χαρακτηριστεί με κάποια μεταβλητή.
	4	5%-25%-3%-50%	Μπορούν να χαρακτηριστούν από την υψηλή σχετικά απόδοση
	5	5%-25%-0%-50%	
4	3	5%-20%-0%-50%	Μπορεί να χαρακτηριστεί από σχετική σκληρότητα, εκκεντρότητα και ανομοιομορφία,
	2	T100%	Μπορεί να χαρακτηριστεί από μικρή ανομοιομορφία

#### 4.4 Προσδιορισμός των λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία

Αντιπροσωπευτικό δείγμα μαργαρίνης τύπου σφολιάτας εμπορίου και δείγμα από το μίγμα MLCT που δημιουργήθηκε, υπέστησαν χημική ανάλυση και προσδιορισμό του προφίλ των λιπαρών οξέων που περιέχουν, με την βοήθεια την αέριας χρωματογραφίας (GC) (Πίνακας 33).

Πίνακας 33: Προσδιορισμός λιπαρών οξέων με την βοήθεια της αέριας χρωματογραφίας (GC)

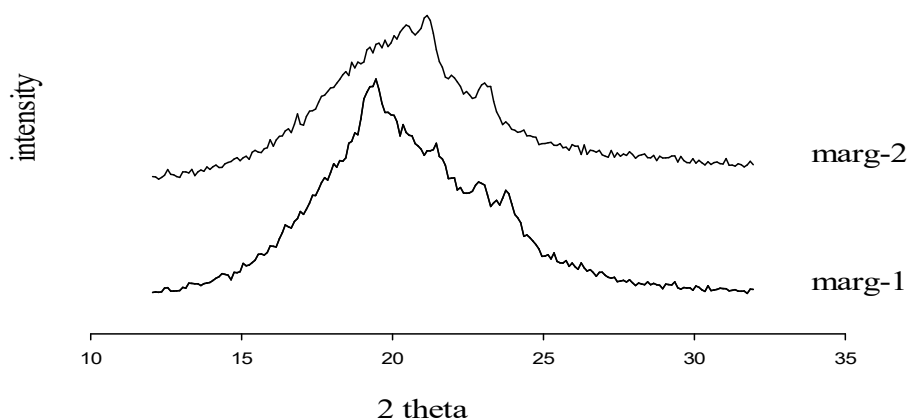
ΛΙΠΑΡΟ ΟΞΥ (% λιπαρής ύλης)	Μίγμα MLCT	ΜΑΡΓΑΡΙΝΗ (ΕΜΠΟΡ.)
C 6:0 Καπρικό	0.1	1.27
C 8:0 Καπρυλικό	1.54	0.04
C 10:0 Καπρινικό	1.28	0.06
C 12:0 Λαουρικό	9.56	0.55
C 14:0 Μυριστικό	4.19	0.94
C 14:1 Μυριστελαϊκό	0.03	ND
C 15:0 Πενταδεκυλικό	0.04	0.04
C 16:0 Παλμιτικό	37.79	34.79
C 16:1 Παλμιτελαϊκό	0.37	0.16
C 17:0 Μαργαρικό	0.09	0.09
C 17:1επτα δεκενοϊκό	ND	0.02
C 18:0 Στεατικό	4.45	6.19
C 18:1trans Ελαϊκό	0.03	0.16
C 18:1 Ελαϊκό	31.53	34.68
C 18:2 trans Λινελαϊκό	0.34	0.43
C 18:2 cis Λινελαϊκό	7.75	19.42
C 18:3 ω6 γ - λινολενικό	0.09	0.11
C 18:3 ω3 α - λινολενικό	0.16	0.12
C 20:0 Αραχιδικό	0.33	0.36
C 20:1 ω9 Γκαδελαιϊκό	0.11	0.12
C 22:0Βεχενικό	0.07	0.23
C 20:5 EPA	0.006	0.03

C 22:2Εικοσανοϊκό οξύ	0.006	0.02
C 24:0Λιγνοκερικό	0.07	0.12
C 22:6 DHA	0.02	0.03
Κορεσμένα λιπαρά	59.51	44.68
Μονοακόρεστα λιπαρά(MUFA)	32.10	35.15
Πολυακόρεστα λιπαρά(PUFA)	8.38	20.17
Trans λιπαρά	0.37	0.59

Τα μικρής αλυσίδας λιπαρά οξέα (<14:0), χαμηλού μοριακού βάρους είναι συστατικά των τρυγλυκεριδίων της καρύδας και των φοινικόσπορων (*Belitz D.H.,etal 2006*). Έτσι, στο δείγμα Μίγμα MLCT, το ποσοστό των λιπαρών οξέων C6:0–C 14:0 αποτελεί το 16,67% σε σχέση με το δείγμα της μαργαρίνης που αποτελεί το 2,86%. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι λογική και οφείλεται στην προσθήκη του λίπους καρύδας στο μίγμα των λιπαρών, όπου το ποσοστό λαυρικού ανέρχεται στο 47,5% (**Πίνακας 7**). Αντίθετα, τα ποσοστά του Παλμιτικού C 16:0 και του Ελαϊκού C 18:1 είναι περίπου ίδια στα δυο δείγματα. Τα συγκεκριμένα λιπαρά οξέα είναι χαρακτηριστικά των λιπαρών που προέρχονται από φοινικόλιπος.

Έπειτα, από την ανάλυση των λιπαρών οξέων, όπως απεικονίζονται στον **Πίνακα 33** μπορούμε να διακρίνουμε διαφορές μεταξύ των δυο δειγμάτων αναφορικά με τα κορεσμένα λιπαρά οξέα που θεωρούνται βλαβερά για την υγεία των καταναλωτών, τα ακόρεστα και τα πολυακόρεστα. Αναλυτικότερα, παρατηρούμε ότι στο μίγμα του λιπαρού το ποσοστό των κορεσμένων είναι 59,51%, ενώ στο δείγμα μαργαρίνης είναι 44,68%. Στην προκειμένη περίπτωση όμως, η διαφορά των κορεσμένων λιπαρών οξέων μεταξύ των δύο δειγμάτων οφείλεται σε λιπαρά οξέα με μικρή και μέση αλυσίδα, που τα συγκριμένα έχουν αποδειχθεί σε διάφορες μελέτες ότι δεν ανεβάζουν σημαντικά τα επίπεδα της χοληστερόλης στο αίμα (*Noble, 1978*). Αναλυτικότερα, στο Μίγμα MLCT τα κορεσμένα λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας είναι 16,67% και έτσι το ποσοστό των βλαβερών για την υγεία κορεσμένων λιπαρών οξέων στην πραγματικότητα είναι 42,84%, ενώ στην μαργαρίνη το αντίστοιχο ποσοστό είναι 41,82%. Άρα, ουσιαστικά δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές στο ποσοστό των κορεσμένων λιπαρών οξέων μεταξύ των δειγμάτων. Η διαφορά του ποσοστού των μονοακόρεστων λιπαρών στα δυο δείγματα είναι μικρή, ενώ για τα πολυακόρεστα η διαφορά είναι αρκετά σημαντική και ανέρχεται στο 11,82%. Τέλος, παρατηρείται μια μικρή μείωση των transλιπαρών από 0,59 % που υπάρχουν στη μαργαρίνη σε σχέση με το Μίγμα MLCT που το αντίστοιχο ποσοστό είναι 0,37%.

#### 4.5 Προσδιορισμός της κρυσταλλικότητας με την βοήθεια περιθλασίμετρου ακτινών-X (X-RD)



**Σχήμα 29:** Διαγράμματα περίθλασης ακτινών X της μαργαρίνης και του λιπαρού.

Στο **Σχήμα 29** απεικονίζονται τα διαγράμματα από το περιθλασίμετρο X-RD των δύο δειγμάτων. Αναλυτικότερα, στο διάγραμμα το δείγμα Marg 2 αντιστοιχεί στο δείγμα της εμπορικής μαργαρίνης του εμπορίου, στο οποίο εμφανίζεται μια κύρια κορυφή μεγάλης έντασης στην τιμή  $2\theta=21^\circ$  ενώ για το δείγμα MLCT (marg-1) παρατηρείται μια μετατόπιση της συγκεκριμένης κορυφής στην τιμή  $2\theta=19^\circ$ , οι οποίες αποδίδονται στο μίγμα των κρυστάλλων των λιπαρών οξέων του κάθε δείγματος. Παρατηρώντας τα φάσματα ακτίνων χ διαπιστώνεται σύμπτωση κάποιων κορυφών και η εμφάνιση μιας επιπλέον κορυφής για το δείγμα MLCT (marg-1) στην τιμή  $2\theta=24^\circ$

Επιπλέον, ο βαθμός κρυσταλλικότητας του μίγματος MLCT βρέθηκε 23.56%, ενώ η κρυσταλλικότητα της μαργαρίνης εμπορίου είναι 23.00%. Ο βαθμός κρυσταλλικότητας στη θερμοκρασία περιβάλλοντος που διεξήχθη το πείραμα, είναι παρόμοιος και για τα 2 δείγματα.

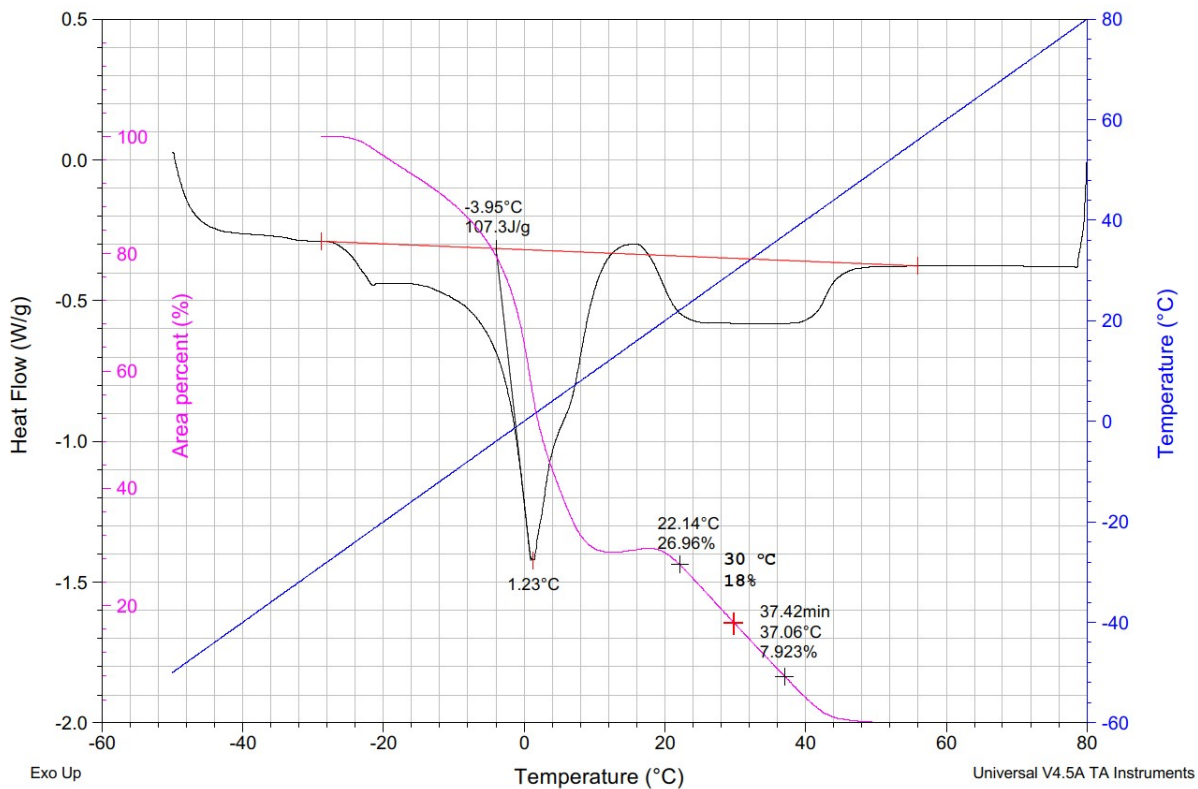
#### 4.6 Προσδιορισμός των ιδιοτήτων τήξης και κρυσταλλικότητας των λιπαρών με τη βοήθεια της Διαφορικής Θερμιδομετρίας Σάρωσης

Στο **Σχήμα 30** παριστάνεται το θερμόγραμμα μαργαρίνης, στο **Σχήμα 31** παριστάνεται το θερμογράφημα του λιπαρού, ενώ στο **Σχήμα 32** παριστάνεται τα θερμογράφημα της εναπόθεσης των δυο δειγμάτων.

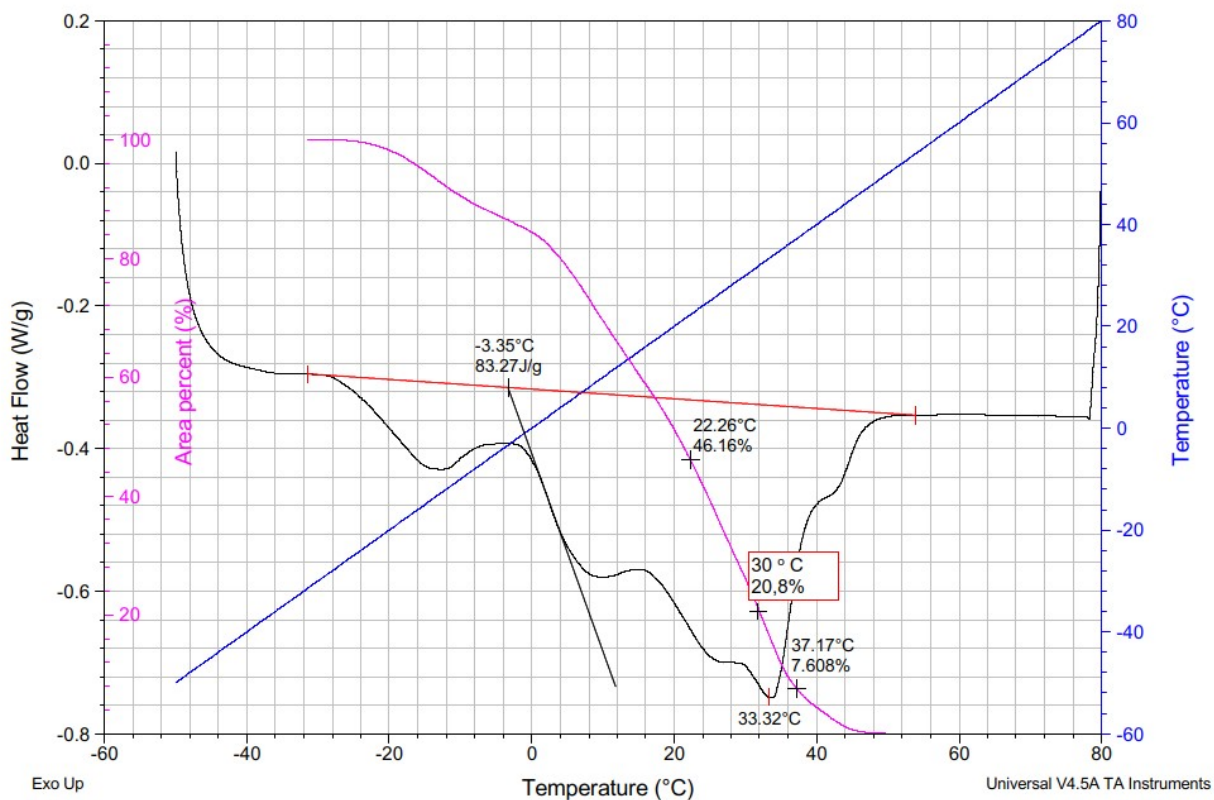
Το **Σχήμα 32** δείχνει τις καμπύλες των δύο λιπαρών που προκύπτουν από το DSC μετά από ψύξη στους  $-50^\circ\text{C}$  και θέρμανση με  $5^\circ\text{C}/\text{min}$  στους  $80^\circ\text{C}$ . Η περιοχή τήξης εκτείνεται από κάτω από  $-30^\circ\text{C}$  έως πάνω από  $+50^\circ\text{C}$  και για τα 2 δείγματα. Η περιοχή της κορυφής υποδεικνύει τη συνολική ενθαλπία τήξης. Η συνολική ενθαλπία τήξης της μαργαρίνης είναι  $106,4\text{ J/g}$  ενώ η ενθαλπία τήξης του λιπαρού είναι  $84,1\text{ J/g}$ . Η καμπύλη στερεών (solid curve) που εμφανίζεται με ιώδες χρώμα στα Σχ. 32 και 33 μας δείχνει πολύ σημαντικά συμπεράσματα για τα συνολικά στερεά των λιπαρών. Αναλυτικότερα, παρατηρούμε ότι σε θερμοκρασία  $22,6^\circ\text{C}$  το ποσοστό των συνολικών στερεών του μίγματος MLCT ανέρχεται 46,16%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό της μαργαρίνης είναι 26,96%. Η καμπύλη αυτή στη θερμοκρασία επεξεργασίας του λιπαρού θα πρέπει να είναι 15-35% για να φθάσει την επιθυμητή δυνατότητα επάλειψης των πλαστικών λιπών.



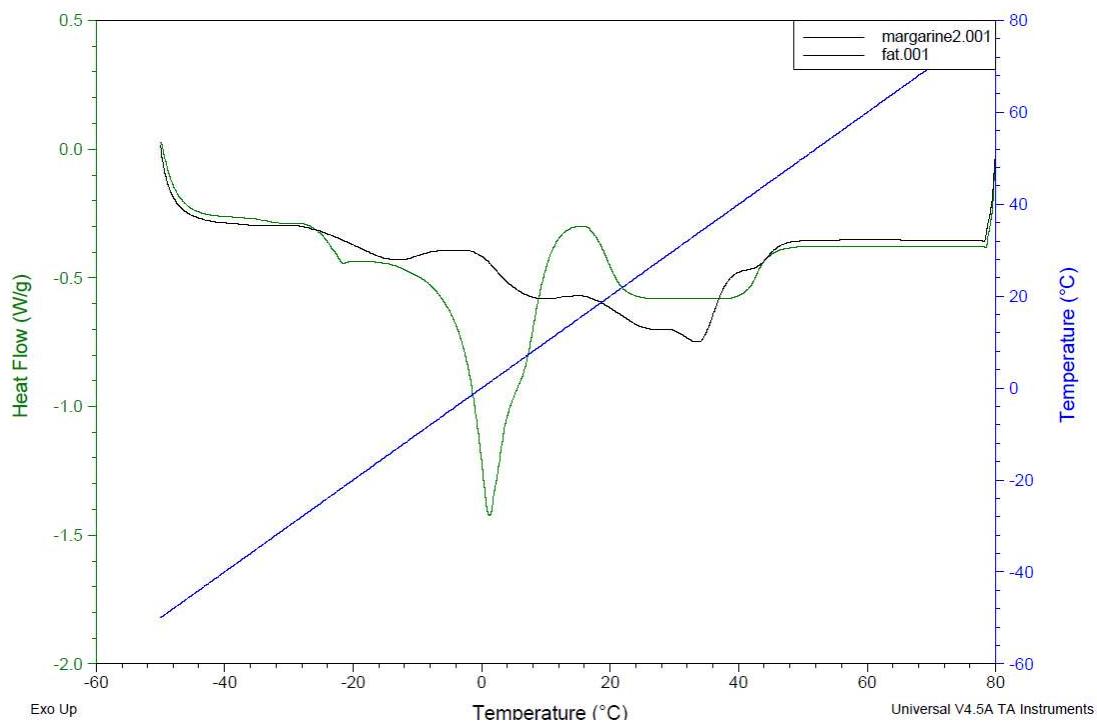
Η διαφορά αυτή έγινε αντιληπτή και από την κατεργασία των δειγμάτων στην θερμοκρασία αυτή. Η μαργαρίνη χαρακτηρίζεται από πλαστικότητα, ενώ το μίγμα MLCT είναι πιο δύσκολο να επεξεργαστεί. Τέλος, σε θερμοκρασία 30 °C που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία του στόματος, τα λιπαρά έχουν το παρόμοιο ποσοστό στερεών και έτσι προσδίδουν τη ίδια αίσθηση κατά την κατανάλωση τους. Η περιεκτικότητα σε στερεά λίπη είναι υπεύθυνη για πολλά σημαντικά χαρακτηριστικά του λίπους, όπως η φυσική τους εμφάνιση, οργανοληπτικές ιδιότητες και δυνατότητα επάλειψης (Rao, R. et al., (2001) ).



**Σχήμα 30:** Θερμόγραμμα της μαργαρίνης.



**Σχήμα 31:** Θερμόγραμμα του μίγματος MLCT



**Σχήμα 32:** Θερμόγραμμα DSC της εναπόθεσής του λιπαρού και της μαργαρίνης

## 5. Συμπεράσματα

Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μπορούν να συναχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Στο δείγμα που περιείχε μίγμα MLCT η θερμιδική του ενέργεια ήταν 26,4% χαμηλότερη σε σχέση με τον μάρτυρα, χωρίς αυτό το ποσοστό μείωσης να είναι ικανό, ώστε να μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το δείγμα ως μειωμένης περιεκτικότητας σε θερμίδες.
- Τα δείγματα 3 έως 11 μπορούν να χαρακτηριστούν, ως προϊόντα με μειωμένη περιεκτικότητα σε λιπαρά, καθώς περιέχουν 30% τουλάχιστον λιγότερα λιπαρά, σε σύγκριση με τον μάρτυρα.
- Η ανάλυση της διακύμανσης που εφαρμόστηκε στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων δεν ανέδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και έτσι θεωρείται ότι τα δείγματα δεν διέφεραν μεταξύ τους.
- Αντίθετα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων που παρουσιάζουν στατιστική σημαντικότητα είναι τα εξής: Χρώμα Επιφάνειας, Σκληρότητα και Λιπαρότητα. Αντίθετα, οι υπόλοιπες οργανοληπτικές μεταβλητές, χρώμα εσωτερικό, φυλλοποίηση, άρωμα, ελαστικότητα, ευθρυπτότητα και αρεστότητα δεν παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές και έτσι θεωρείται ότι τα δείγματα δεν διέφεραν μεταξύ τους ως προς αυτά τα χαρακτηριστικά
- Στο δείγμα με Μίγμα MLCT, το ποσοστό των λιπαρών οξέων C 6:0–C 14:0 αποτελεί το 16,67% σε σχέση με το δείγμα της μαργαρίνης που αποτελεί το 2,86%. Η συγκεκριμένη διαφορά είναι λογική και οφείλεται στην προσθήκη του λίπους καρύδας στο μίγμα των λιπαρών.
- Στα ποσοστά των κορεσμένων λιπαρών οξέων ουσιαστικά δεν υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και η διαφορά που υπάρχει οφείλεται σε λιπαρά οξέα μικρής αλυσίδας.
- Τα ποσοστά των transλιπαρών του μίγματος MLCT παρουσίασαν μείωση σε σχέση με την μαργαρίνη εμπορίου.
- Ο βαθμός κρυσταλλικότητας στη θερμοκρασία περιβάλλοντος που διεξήχθη το πείραμα, είναι παρόμοιος και για τα 2 δείγματα ( μίγμα MLCT και μαργαρίνη Εμπορίου).
- Τέλος, παρατηρούμαι ότι σε θερμοκρασία 22,6 °C το ποσοστό των συνολικών στερεών του μίγματος MLCT ανέρχεται 46,16%, ενώ το αντίστοιχο ποσοστό της μαργαρίνης είναι 26,96%. Η διαφορά αυτή μπορεί να γίνει αντιληπτή και από την επεξεργασία των δειγμάτων στην θερμοκρασία αυτή, όπου η μαργαρίνη χαρακτηρίζεται από πλαστικότητα, ενώ το μίγμα MLCT είναι πιο δύσκολο να επεξεργαστεί, ενώ σε θερμοκρασία 30 °C που αντιστοιχεί στην θερμοκρασία του στόματος, τα λιπαρά έχουν το ίδιο ποσοστό στερεών και έτσι προσδίδουν τη ίδια αίσθηση κατά την κατανάλωση τους.

## 6. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

Παραγωγή σε πειρατικό επίπεδο ζύμης κρουασάν χαμηλότερων θερμίδων με μίγμα MLCT και λιγότερων λιπαρών με διάφορα υποκατάστατα και μελέτη ποιοτικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους.

## 7. Βιβλιογραφία

### Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Belitz D.H., Grosch W. & Schieberle P. (2006). Χημεία τροφίμων, 3η έκδοση, p.p. 295-300, , Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.

Καραγιάννη Κατερίνα, (2012). Ποιοτικά χαρακτηριστικά αρτοσκευασμάτων τύπου κέικ με χαμηλή θερμιδική αξία. Πτυχιακή Εργασία. Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, ΤΕΙ Καρδίτσας.

Μποσδικός Δημήτρης (2005). Από το στάρι στο ψωμί. Έκδοση 2 . p.p 199-203. Εκδόσεις Κορμός. Αθήνα.

Πετρίδης Δημήτριος (2012). Εφαρμοσμένη Στατιστική με έμφαση στην επιστήμη τροφίμων. Έκδοση 3η, p.p 93-101. Εκδόσεις Δίβατον. Θεσσαλονίκη.

Πετρίδης Δημήτριος (2016). Ανάλυση Πολυμεταβλητών Τεχνικών, Εφαρμογές Περιπτώσεων. Έκδοση 1η, p.p 24, 130-136, 311-320. Θεσσαλονίκη.

Ψιμούλη Βασιλική, (2015). Μελέτη ιδιοτήτων προϊόντων αρτοποιίας εμπλουτισμένων με λειτουργικά συστατικά και υποκατάστατα λιπαρού ή ζάχαρης. Διδακτορική Διατριβή . Σχολή Χημικών Μηχανικών, Εργαστήριο Χημείας & Τεχνολογίας Τροφίμων του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

### Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Aftab Kandhro, S.T.H. Sherazi, S.A. Mahesar, M.I. Bhangar, M. Younis Talpur, Abdul R., GC-MS quantification of fatty acid profile including trans FA in the locally manufactured margarines of Pakistan. National Center of Excellence in Analytical Chemistry, University of Sindh, Jamshoro 76080, Pakistan

André's L. Ma´rquez, Mari´a P. Perez. Jorge R. Wagner. (2013). Solid Fat Content Estimation by Differential Scanning Calorimetry: Prior Treatment and Proposed Correction. Am Oil Chem Soc 90: p.p. 467–473

Anonymous, (1990). Fat Substitute Update, Food Technology, March 1990, p.p. 92, 94, 97

Cauvain, S.P. (2001). The Production of Laminated Bakery Products (Review No. 25). Gloucestershire, UK: Campden & Chorleywood Food Research Association Group.

Cauvain, S.P. (2002). Providing pastry with a lift. European Baker, May–June, 32, 34. P.p 36–39.

Dianyu Yu, Xiaofen Qi, Yang J., Dezhi Zou, Liqi W., Lianzhou Jiang. Lanxia Qin (2018). Preparation of Margarine Stock Rich in Naturally Bioactive Components by Enzymatic Interesterification. Journal of Oleo Science. 67, (1) p.p 29-37

Frye & Setser. Bulking Agents & Fat Substitutes in Low Calorie Foods Handbook, Edited by Aaron M. Altschull, New York 1993, p.p. 216- 227, 237 –245

- Gerrard, J.A., Newberry, M.P., Ross, M., Wilson, A.J., Fayle, S.E. & Kavale, S. (2000). Pastry lift and croissant volume as affected by microbial transglutaminase. *Journal of Food Science*, 65, 312–314.
- Girish N. Desai. (1994). Reduced fat shortening substitute for bakery products. United States Patent. p.p 982-929
- Hay, R.L. (1993). Effect of flour quality characteristics on puff pastry baking performance. *Cereal Chemistry*, 70, p.p 392–396.
- Hong Z., Xuebing Xua, , Jörgen N., Huiling Mu, Jens A., and Carl-Erik H., (2000). Production of Margarine Fats by Enzymatic Interesterification with Silica-Granulated *Thermomyces lanuginosa* Lipase in a Large-Scale Study. *JAOCS*, Vol. 78, no. 1.
- J. M. de Man, (1992). X-ray diffraction spectroscopy in the study of fat polymorphism. *Food Research International* 25 p.p 471 – 476.
- Kamolchat P., Nantawan T., Kamolwan J., (2008). Effects of Fat Replacers on the Physical, Chemical and Sensory Characteristics of Puff Pastry. *Kasetsart J. (Nat. Sci.)* 42 : p.p 739 – 746
- Kanchana S. Wickramarachchi, Mike J. Sissons & Stanley P. Cauvain. (2015). Puff pastry and trends in fat reduction: an update. *International Journal of Food Science and Technology*, 50, p.p. 1065–1075
- Karin B., Gorichem., Jeannette D., (1996). Fat-Reduced laminated dough's. *Food Technology*, V. 38, pp. 114-117.
- K.F. Menard and W.J. Sichina (2000). Prediction of Solid Fat Index (SFI) Values of Food Fats Using DSC. *PETech-49 Thermal Analysis*
- Ke, V.H. & Brown, R.A. (1985). Modified puff pastry and process for preparing the same. US Patent 4622226.
- Leung, H.K., Matlock, J.P., Meyer, R.S. & Morad, M.M. (1984). Storage stability of a puff pastry dough with reduced water activity. *Journal of Food Science*, 49, p.p 1405–1409.
- McGill, E.A. (1975). Puff pastry production. *Bakers Digest*, 49, p.p 28–38.
- Moonen, H. & Bas, H. (2004) Mono- and diglycerides. In: *Emulsifiers in Food Technology*, (edited by R.J. Whitehurst). Pp. 40–58. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Noble, RC. 1978. "Digestion, absorption and transport of lipids in ruminant animals". *Prog Lipid Res*; 17: p. 55–91.
- Norman S. Singer & Robert H. Moser (1993). Microparticulated Proteins as Fat Substitute in Low Calorie-Foods Handbook, Edited by Aaron M. Altschull, New York, p.p. 171-179.
- Rao, R.; Sankar, K.U.; Sambaiah, K.; Lokesh, B.R. Differentialscanning calorimetric studies on structuredlipids from coconut oil triglycerides containing stearicacid. *Eur. Food Res. Technol.* 212, 334-43 (2001
- Renato G., Renata T., Lireny A., Rosana N., (1998). Characterization of hydrogenated fats for margarine manufacturing purposes. *Grasas y Aceites Vol. 49. Fase.*, p.p 1-8

Stribeck, N. (2007). X-ray scattering of soft matter, in: Determination of WAXS crystallinity, Springer, Berlin, pp. 102-104

Sliwinski, E.L., Kolster, P. & van Vliet, T. (2004). On the relationship between large-deformation properties of wheat flour dough and baking quality. *Journal of Cereal Science*, 39,p.p 231–245.

Telloke, G.W. (1991). Puff Pastry 1: Process and Dough Ingredient Variables (Report No.144). Gloucestershire, UK: Flour Milling and Baking Research Association (FMBRA).