

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΦΙΛΟΘΕΗ ΓΚΙΟΚΑ

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2017

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

**«ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΕ
ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ»**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΦΙΛΟΘΕΗ ΓΚΙΟΚΑ

Εξεταστική Επιτροπή: Βαρζάκας Θεόδωρος (επιβλέπων)

Κουτρομπής Φώτιος (μέλος)

ΚΑΛΑΜΑΤΑ

2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο Α.Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου, στο Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας υπό την επίβλεψη των καθηγητών, κ. Βαρζάκα Θεόδωρο και κ. Κουτρουμπή Φώτιο.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους επιβλέποντες καθηγητές μου, κ. Βαρζάκα Θεόδωρο και κ. Κουτρουμπή Φώτιο για τη στήριξη και την καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας και την ευκαιρία που μου έδωσαν να ασχοληθώ με ένα σύγχρονο και ενδιαφέρον θέμα.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου, οι οποίοι μου πρόσφεραν ψυχολογική και ηθική υποστήριξη και την υπομονή τους κατά τη διάρκεια της συγγραφής της παρούσας εργασίας, αλλά και σε όλα τα στάδια της φοίτησής μου στο Α.Τ.Ε.Ι. Πελοποννήσου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία τείνει να αναλύσει μια νέα τεχνολογία επεξεργασίας των γαλακτοκομικών προϊόντων, η οποία θα επιφέρει πιο ποιοτικά τελικά προϊόντα σε σχέση με τα θερμικά επεξεργασμένα προϊόντα. Αυτό συμβαίνει, διότι οι καταναλωτές τα τελευταία χρόνια έχουν ανάγκη από τρόφιμα, τα οποία είναι ποιοτικά καλύτερα. Έτσι, μελετάται η εφαρμογή υπερυψηλής πίεσης σε συνδυασμό με τη θέρμανση, η οποία μπορεί να προσφέρει προϊόντα με υψηλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και μεγάλη διάρκεια ζωής. Παρόλα αυτά είναι δύσκολο να εφαρμοστεί αυτή η μέθοδος επεξεργασίας από τη βιομηχανία γάλακτος, εξαιτίας του υψηλού κόστους του ειδικού εξοπλισμού. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η θερμική επεξεργασία είναι η βασική μέθοδος επεξεργασίας του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Λέξεις – κλειδιά: υπερυψηλή πίεση, γάλα, ποιότητα, επεξεργασία γάλακτος

ABSTRACT

The present thesis tends to analyze a new dairy processing technology that will result in higher quality products than heat treated products. This happens because consumers, in recent years need food products with better quality. Thus, the application of ultra-high pressure combined with heating, which can offer products with high quality characteristics and long self life, is being studied. However, it is difficult to apply this method of processing by the industry in dairy due to the high cost of special equipment. So, heat treatment is the basic method of processing milk and dairy products.

Key words: ultra high pressure, milk, quality, milk processing

Περιεχόμενα

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT	4
Περιεχόμενα	5
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	10
ΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ	10
1.1. Γενικά	10
1.2. Δομή του γάλακτος.....	11
1.3. Παραγωγή του γάλακτος	11
1.4. Συστατικά του γάλακτος.....	12
1.5. Ιδιότητες του γάλακτος.....	14
1.5.1. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος	14
1.5.3. Πυκνότητα και ειδικό βάρος	15
1.5.4. Σημείο πήξης του γάλακτος.....	15
1.5.5. Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Eh)	15
1.6. Βακτήρια και παθογόνοι μικροοργανισμοί στο γάλα.....	15
1.7. Επεξεργασία γάλακτος	16
1.7.1. Καθαρισμός του γάλακτος.....	16

1.7.2. Τυποποίηση του γάλακτος.....	16
1.7.3. Ομογενοποίηση του γάλακτος.....	17
1.7.4. Μέθοδος Παστερίωσης-Αποστείρωσης	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°	19
ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΗΞΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ	19
2.1. Όξινη πήξη του γάλακτος.....	19
2.2. Πήξη του γάλακτος με πυτιά	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3°.....	21
ΒΑΣΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ	21
3.1. Τυριά.....	21
3.1.1. Παραγωγή τυριών και στάδια τυροκόμησης	21
3.1.2. Είδη τυριών.....	22
3.2. Γιαούρτι.....	22
3.3. Βούτυρο	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4°.....	25
ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	25
4.1. Γένος <i>Streptococcus</i>	25
4.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά	25
4.1.2. Κατάταξη των Στρεπτοκόκκων σε ομάδες.....	25
4.1.3. <i>Streptococcus thermophilus</i>	25

4.2. Γένος <i>Lactobacillus</i>	27
4.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά	27
4.2.2. Είδη του γένους <i>Lactobacillus</i>	27
4.2.3. <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	27
4.3. Γένος <i>Bacillus</i>	28
4.3.1. Γενικά χαρακτηριστικά	28
4.3.2. Ειδικά χαρακτηριστικά.....	29
4.3.3. <i>Bacillus subtilis</i>	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	31
ΥΠΕΡΥΨΗΛΗ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ.....	31
5.1. Διαδικασία εφαρμογής και αρχές υδροστατικής πίεσης	31
5.2. Εξοπλισμός υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης	32
5.3. Νομοθεσία επεξεργασμένων τροφίμων με υπερυψηλή πίεση.....	33
5.4. Επίδραση της υδροστατικής πίεσης στα τρόφιμα	34
5.4.1. Επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων.....	34
5.4.2. Επίδραση στις φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων.....	35
5.4.3. Επίδραση στα ένζυμα και τους μικροοργανισμούς.....	36
5.5. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	39
ΥΠΕΡΥΨΗΛΗ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ.....	39

6.1. Σύστημα πλασμίνης - πλασμινογόνου.....	39
6.2. Επίδραση της υπερυψηλής πίεσης κατά την πήξη γάλακτος με πυτιά.....	41
6.3. Παραγωγή πρόβειου τυριού άλμης με χρήση οξυγαλακτικής καλλιέργειας εκκίνησης	43
6.4. Επίδραση της υπερυψηλής πίεσης στις φυσικοχημικές ιδιότητες.....	44
6.5. Αδρανοποίηση του <i>Bacillus</i>	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	47
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	47
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	48
Ελληνική βιβλιογραφία	48
Ξένη βιβλιογραφία.....	49

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της δράσης μιας μη θερμικής τεχνολογίας, της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης κατά την επεξεργασία και παραγωγή των γαλακτοκομικών προϊόντων. Με τη μέθοδο της υπερυψηλής πίεσης παρατηρούνται σημαντικές αλλαγές στην ενζυμική δράση, η οποία επιδρά στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των γαλακτοκομικών προϊόντων, κυρίως στην ωρίμανση του τυριού. Η συγκεκριμένη μέθοδος συμβάλλει θετικά στη βελτίωση των χαρακτηριστικών της πήξης του γάλακτος και συγκρατείται μεγάλο μέρος της υγρασίας στο φρέσκο τυρί χωρίς να τροποποιούνται σε μεγάλο βαθμό άλλες ιδιότητες, οι οποίες είναι χρήσιμες κατά την τυροκόμηση στη φάση της παστερίωσης ή της αποστείρωσης. Αξιοσημείωτη είναι η επίδραση της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης στα καζεϊνικά μικκύλια και σε άλλες πρωτεΐνες του γάλακτος. Παράλληλα, είναι μία μέθοδος, η οποία μπορεί να αδρανοποιήσει ορισμένους παθογόνους μικροοργανισμούς χωρίς να αλλοιώνει τα φυσικά συστατικά του γάλακτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ

1.1. Γενικά

Το γάλα και τα προϊόντα του ανήκουν στο καθημερινό διαιτολόγιο του ανθρώπου, διότι προσφέρουν ένα μεγάλο εύρος από θρεπτικά συστατικά. Το γάλα είναι έκκριση του μαστού των θηλαστικών ζώων και αποτελεί τη μοναδική τροφή των νεογνών τους στα πρώτα στάδια της ζωής τους. Είναι φυσική τροφή, διότι περιέχει συστατικά, τα οποία δίνουν ενέργεια στον οργανισμό (λίπος, λακτόζη), με δομικά συστατικά (πρωτεΐνες, ανόργανα άλατα) και βιταμίνες και ιχνοστοιχεία για την πραγματοποίηση των βιοχημικών διεργασιών που είναι απαραίτητες για τη ζωή.

Η κατανάλωση γίνεται κυρίως με τη μορφή γάλακτος, τυριού και γιαουρτιού. Επιπλέον, αυτά τα προϊόντα μπορούν να καταναλωθούν σε άπαχη ή ημιάπαχη μορφή, εξαιτίας της υψηλής περιεκτικότητας του γάλακτος σε λίπος. Οι βιομηχανίες προκειμένου να ικανοποιήσουν όλες τις ανάγκες των καταναλωτών εισάγουν καινούργιες τεχνολογίες, οι οποίες βελτιώνουν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων και είναι πιο οικονομικές διεργασίες. Μια τέτοια τεχνολογία είναι αυτή της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης, η οποία είναι μια ήπια, μη θερμική επεξεργασία του γάλακτος και των προϊόντων του που διατηρεί τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους, όπως το άρωμα, τη γεύση και άλλα θρεπτικά συστατικά και παρατείνει τη διάρκεια ζωής τους. Επίσης, είναι ικανή να καταστρέψει μικροοργανισμούς και ένζυμα, τα οποία προκαλούν αλλοίωση στα προϊόντα.

Σύμφωνα με τον ελληνικό κώδικα τροφίμων και ποτών (2003), γάλα είναι το απαλλαγμένο από πρωτόγαλα προϊόν της ολοσχερούς, χωρίς διακοπής άμελης υγιούς γαλακτοφόρου ζώου, που ζει και τρέφεται υπό υγιεινούς όρους και που δε βρίσκεται σε κατάσταση υπερκόπωσης. Με τον όρο << γάλα >> νοείται το γάλα, το οποίο:

A) προέρχεται από αγελάδα

B) είναι νωπό

Γ) είναι πλήρες

Δ) δεν έχει υποστεί αφυδάτωση ή συμπύκνωση

Ε) δεν έχει άλλες πρόσθετες ύλες

1.2. Δομή του γάλακτος

Το γάλα είναι ένα σύνθετο βιολογικό υγρό, στο οποίο υπάρχουν όλες οι μορφές διαμερισμού (αδρομερής, κολλοειδής, μοριακός). Τα βασικότερα δομικά στοιχεία που υπάρχουν στο γάλα είναι:

- Τα λιποσφαίρια, τα οποία είναι μικρά σφαιρίδια της λιπαρής φάσης του γάλακτος και αποτελούνται από έναν ετερογενή πυρήνα τριγλυκεριδίων, ο οποίος περιβάλλεται από μεμβράνη πρωτεϊνικής φύσης. Όταν το γάλα είναι απαλλαγμένο από λιποσφαίρια ονομάζεται πλάσμα γάλακτος και αναφέρεται στο άπαχο γάλα.
- Τα καζεϊνικά μικκύλια, τα οποία είναι μικρά σωματίδια που αποτελούνται από νερό, καζεΐνη, άλατα και ένζυμα. Το πλάσμα γάλακτος ή το άπαχο γάλα χωρίς καζεΐνη ονομάζεται ορός γάλακτος.
- Οι πρωτεΐνες του ορού, οι οποίες είναι σφαιρικά μόρια πρωτεϊνών και υπάρχουν στο γάλα ως μεμονωμένα μόρια ή μικρά ολιγομερή.
- Τα διαλυτά συστατικά, όπως η λακτόζη, τα άλατα, οι βιταμίνες και άλλα μόρια.

1.3. Παραγωγή του γάλακτος

Το γάλα είναι απαραίτητο για τη διατροφή των νεογνών, εξαιτίας των απαραίτητων θρεπτικών συστατικών που περιέχει. Η αγελάδα αποδίδει περίπου 8.000 kg/έτος γάλα, καθώς αξιοποιεί κατάλληλα τις φυτικές τροφές. Εκτός, όμως, από την άμεση κατανάλωσή του, το γάλα μπορεί να υποστεί διάφορες επεξεργασίες και να μετατραπεί σε προϊόντα, τα οποία έχουν πολλά θρεπτικά συστατικά.

Πίνακας 1.2: Διαδικασίες που εφαρμόζονται στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα που προκύπτουν (Fox & McSweeney 1998)

Διεργασίες	Κύριο προϊόν	Περαιτέρω προϊόντα
Φυγοκεντρικός διαχωρισμός	Κρέμα	Βούτυρο, βουτυρέλαιο, κρέμες με λιποπεριεκτικότητες, σαντιγύ,

		επιδόρπια
	Άπαχο γάλα	Σκόνες
Συμπύκνωση-αποξήρανση		Συμπυκνωμένο και ζαχαρούχο συμπυκνωμένο γάλα, σκόνες, γάλα για βρέφη
Ενζυμική πήξη	Τυρί	Περίπου 1000 είδη
	Τυρόγαλα	Τυριά τυρογάλακτος, σκόνες τυρογάλακτος, συμπυκνώματα πρωτεϊνών του ορού, λακτόζη
Όξινη πήξη	Φρέσκο τυρί	
Ζύμωση		Διάφορα γιαούρτια και ρευστά όξινα γάλατα
Κατάψυξη		Παγωτά

1.4. Συστατικά του γάλακτος

Το γάλα είναι ένα κολλοειδές εναιώρημα που περιέχει γαλακτωματοποιημένα σφαιρίδια λίπους, μια ετερογενή ομάδα πρωτεϊνών, τον υδατάνθρακα λακτόζη, άλατα, βιταμίνες και ένζυμα. Στο αγελαδινό γάλα γίνονται περισσότερες μελέτες και χρησιμοποιείται περισσότερο καθημερινά, εξαιτίας της μεγαλύτερης παραγωγής σε σχέση με τα άλλα είδη γάλακτος. Παρόλο που το αγελαδινό γάλα είναι ένα υγρό τρόφιμο, περιέχει περίπου 12% στερεά συστατικά, από τα οποία το 8,6% είναι στερεά συστατικά χωρίς λίπος.

Πίνακας 1.1 : Συστατικά του αγελαδινού γάλακτος

Κύρια	Δευτερεύοντα
-Νερό (87,7%)	-Αέρια
-Λίπος (3,7%)	-Λιπίδια
-Λακτόζη (4,7%)	-Ενδογενή ένζυμα
-Πρωτεΐνες (3,2%)	-Λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες
Καζεΐνη	-Μη-πρωτεϊνικές αζωτούχες ουσίες
Πρωτεΐνες ορού	-Ιχνοστοιχεία
-Ανόργανα στοιχεία (0,7%)	-Ορμόνες/αυξητικοί παράγοντες
	-Μικροοργανισμοί
	-Σωματικά κύτταρα

Το **νερό** είναι το συστατικό, το οποίο βρίσκεται σε πλειοψηφία στο γάλα και μέσα σε αυτό βρίσκονται όλα τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος.

Η **λακτόζη** είναι ο υδατάνθρακας του γάλακτος και είναι ένας δισακχαρίτης, ο οποίος αποτελείται από γλυκόζη και γαλακτόζη.

Το **λίπος** του γάλακτος αποτελείται στο μεγαλύτερο μέρος από τριγλυκερίδια. Σε πιο μικρές συγκεντρώσεις βρίσκονται και άλλα λιπίδια, όπως είναι τα φωσφολιπίδια, η χοληστερόλη, τα ελεύθερα λιπαρά οξέα και τα διγλυκερίδια.

Η **καζεΐνη** είναι η βασική πρωτεΐνη του γάλακτος και αποτελεί το 80% του συνόλου των πρωτεϊνών. Αποτελείται από 10 περίπου διαφορετικά συστατικά και δε διαλύεται σε pH 4,6. Οι υπόλοιπες βιταμίνες διαλύονται σε pH 4,6 και αποτελούν τις **πρωτεΐνες του ορού** και τα ένζυμα, τα οποία έχουν σημαντική δράση στο γάλα.

Τα **άλατα** που βρίσκονται στο γάλα είναι απλά ή σύμπλοκα. Είναι κυρίως φωσφορικά, κίτρικά, χλωριούχα, θειικά, ανθρακικά και δισανθρακικά άλατα.

1.5. Ιδιότητες του γάλακτος

Οι φυσικές ιδιότητες του γάλακτος προσδιορίζονται με απλές και γρήγορες μεθόδους και δίνουν πληροφορίες για τη σύσταση και την ποιότητά του. Σύμφωνα με αυτές τις μεθόδους γίνεται ο σχεδιασμός για τα μηχανήματα και τις συνθήκες για την επεξεργασία του γάλακτος. Οι σημαντικότερες ιδιότητες αναφέρονται παρακάτω.

1.5.1. Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος

Χάρη στα λιποσφαίρια και τα καζεϊνικά μικκύλια προκύπτει το λευκό χρώμα που έχει το γάλα, χωρίς να το μέγεθος των σωματιδίων να παίζει ρόλο στο χρώμα. Επίσης, το γάλα έχει ελαφρώς γλυκιά γεύση, την οποία την αποκτά εξαιτίας της παρουσίας της γλυκόζης. Μπορεί, όμως, να γίνει όξινη η γεύση αν δε γίνει άμεση ψύξη, διότι γίνεται ανάπτυξη των μικροοργανισμών, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να ζυμώνουν τη λακτόζη προς γαλακτικό οξύ.

1.5.2. Οξύτητα και pH του γάλακτος

Με τον όρο "οξύτητα του γάλακτος" εκφράζεται η συγκέντρωση του γαλακτικού οξέος και έχει μεγάλη σημασία για την επεξεργασία και την παρασκευή των προϊόντων, διότι:

- Έχει επιρροή στην αντοχή του κατά την εφαρμογή θερμικών επεξεργασιών για την παραγωγή των προϊόντων.
- Γίνεται έλεγχος της ποιότητας κατά την άμελξη.
- Ο προσδιορισμός της οξύτητας ελέγχει αν αναπτύσσονται μικροοργανισμοί από την άμελξη μέχρι την παραλαβή του γάλακτος.

Η ρυθμιστική ικανότητα του γάλακτος διαμορφώνεται από την αρχική οξύτητα και εκφράζει την αντίστασή του στις αλλαγές του pH. Το γάλα που έχει πιο πλούσια σύσταση, άρα και μεγαλύτερη ρυθμιστική ικανότητα, θα χρειαστεί μεγαλύτερη ποσότητα οξέος ή αλκάλειος για να αλλάξει το pH του.

Το pH του αγελαδινού γάλακτος είναι 6,60-6,75 στους 25 °C και μειώνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. Όταν το γάλα είναι μαστιτικό ή προέρχεται από το τέλος της

γαλακτικής περιόδου το pH είναι μικρότερο από 6,8, ενώ το pH στο πρωτόγαλα είναι 6,1-6,4. Η τιμή του pH στο γάλα είναι σημαντική, διότι επηρεάζει τις πρωτεΐνες, τη δράση των ενζύμων και τα οξέα.

1.5.3. Πυκνότητα και ειδικό βάρος

Ως πυκνότητα ορίζεται το πηλίκο της μάζας μιας συγκεκριμένης ποσότητας της ουσίας προς τον όγκο της. Συμβολίζεται με ρ , εξαρτάται από τη θερμοκρασία και στα υγρά εκφράζεται σε g/mL. Ο προσδιορισμός της πυκνότητας στο γάλα γίνεται μετρώντας την τιμή του ειδικού βάρους (EB) που συμβολίζεται ως: ρ μιας ουσίας προς ρ ουσίας αναφοράς (νερό). Το EB επηρεάζεται από όλους τους παράγοντες που αλλάζουν τη σύσταση του γάλακτος. Είναι μια τιμή, η οποία προσδιορίζεται εύκολα και γρήγορα και δείχνει πιθανή νοθεία του γάλακτος με νερό, όταν γίνει συνδυασμός με την τιμή της λιποπεριεκτικότητας. Μείωση του EB προκαλείται με την άνοδο της θερμοκρασίας (5-40 °C), γιατί διαστέλλεται το νερό με το λίπος.

1.5.4. Σημείο πήξης του γάλακτος

Το σημείο πήξης είναι μια ιδιότητα, η οποία προσδιορίζεται από τα συνολικά μόρια των ουσιών που έχουν διαλυθεί στο νερό του γάλακτος. Το λίπος και η καζεΐνη δεν το επηρεάζουν, εφόσον βρίσκονται σε αδιάλυτη κατάσταση. Η αραίωση με νερό αυξάνει το σημείο πήξης, διότι μειώνονται τα διαλυτά μόρια.

1.5.5. Οξειδοαναγωγικό δυναμικό (Eh)

Το Eh είναι η έκφραση της δυνατότητας ενός συστήματος να δέχεται ή να δίνει ηλεκτρόνια. Η τιμή του Eh του φρέσκου γάλακτος είναι + 0,05 V και εξαρτάται από κάποια συστατικά που συμβάλλουν στα οξειδοαναγωγικά συστήματα. Τέλος, η τιμή του μεταβάλλεται και με τις διάφορες επεξεργασίες, οι οποίες εφαρμόζονται στο γάλα.

1.6. Βακτήρια και παθογόνοι μικροοργανισμοί στο γάλα

Μετά την άμελξη πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή στους παράγοντες που μπορούν να οδηγήσουν σε ανάπτυξη ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, ακόμα και αν η ποιότητα της πρώτης ύλης είναι πολύ καλή. Αρκετοί μικροοργανισμοί είναι μη παθογόνοι και κυρίως ανήκουν στα γένη *Lactococcus* και *Micrococcus*.

Τα βακτήρια που συναντώνται στο γάλα ανήκουν στα γένη *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Lactobacillus*, *Brucella*, *Staphylococcus*, *Mycobacterium*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Klebsiela*, *Serratia*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*. Σε μικρότερο βαθμό, σε σχέση με τα βακτήρια μπορούν να υπάρχουν ζύμες, μύκητες και διάφοροι ιοί.

1.7. Επεξεργασία γάλακτος

Στο γάλα εφαρμόζονται διάφορες θερμικές επεξεργασίες με διάφορους συνδυασμούς θερμοκρασίας και χρόνου θέρμανσης και είναι απαραίτητη διαδικασία για να παραχθούν τα προϊόντα του γάλακτος. Πριν από αυτή την επεξεργασία πρέπει να προηγηθούν άλλες διαδικασίες, οι οποίες είναι ο καθαρισμός και η τυποποίηση και κάποιες φορές και η ομογενοποίηση του γάλακτος.

1.7.1. Καθαρισμός του γάλακτος

Η πρώτη διαδικασία για τον καθαρισμό του γάλακτος γίνεται στο αγρόκτημα με τη μέθοδο της διήθησης. Έπειτα, γίνεται καθαρισμός με ένα μεταλλικό πλέγμα, το οποίο συγκρατεί την ακάθαρτη ύλη. Ακολουθεί αυτοματοποιημένη διήθηση που γίνεται γρήγορα όταν η θερμοκρασία είναι στους 35-40 °C. Άλλη μια διαδικασία καθαρισμού είναι η διαύγαση, όπου το γάλα καθαρίζεται περνώντας από φυγοκεντρικούς διαχωριστές, οι οποίοι μοιάζουν με τους κορυφολόγους και ονομάζονται διαυγαστές. Κατά τη φυγοκέντρωση, όταν το γάλα έχει θερμανθεί στους 50 °C, απομακρύνονται οι ξένες ουσίες που υπάρχουν στο γάλα με τη μορφή λάσπης. Με τον ίδιο τρόπο γίνεται απόσπηση και απομάκρυνση των σωματικών κυττάρων.

1.7.2. Τυποποίηση του γάλακτος

Η τυποποίηση του γάλακτος έχει αναλάβει το ρόλο να ρυθμίζει τη σύστασή του σε κύρια συστατικά, ώστε να καλύπτονται οι προδιαγραφές της χημικής σύστασης, οι οποίες ορίζονται από τη νομοθεσία για τα γαλακτοκομικά προϊόντα ή να γίνεται τήρηση των τεχνολογικών μεθόδων για την παραγωγή τυριών με επιτυχία. Η τυποποίηση αναφέρεται στη λιποπεριεκτικότητα του γάλακτος, καθώς είναι το συστατικό με τη μεγαλύτερη διακύμανση και αφαιρείται εύκολα με φυσικές μεθόδους. Το λίπος αφαιρείται με φυγοκεντρικούς διαχωριστές, των οποίων η ονομασία τους είναι κορυφολόγοι ή αποκορυφωτές.

1.7.3. Ομογενοποίηση του γάλακτος

Είναι μία μέθοδος για σταθεροποίηση του γαλακτώματος του λίπους. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η ομοιογενής εμφάνιση του συσκευασμένου γάλακτος, ώστε να μη διαχωρίζεται το λίπος στην επιφάνεια. Επιπλέον, συμβάλλει στη διαμόρφωση των ρεολογικών χαρακτηριστικών σε κάποια γαλακτοκομικά προϊόντα. Εφαρμόζεται σε προϊόντα, όπως το πόσιμο γάλα, το βιομηχανικό γιαούρτι και το παγωτό. Δεν εφαρμόζεται στο γάλα για παραδοσιακό γιαούρτι, τυριά και στην κρέμα που προορίζεται για την παραγωγή βουτύρου.

Στη συνέχεια εφαρμόζονται οι θερμικές επεξεργασίες τους γάλακτος, οι οποίες έχουν ως σκοπό την ασφάλεια των καταναλωτών, καθώς θα έχουν απομακρυνθεί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί από το γάλα και τα προϊόντα του. Επίσης, αυξάνεται ο χρόνος διατήρησης, καθώς έχουν θανατωθεί οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και έχουν αδρανοποιηθεί κάποια ένζυμα. Τέλος, βελτιώνονται επιτυχώς τα προϊόντα ζύμωσης μαζί με τις οξυγαλακτικές καλλιέργειες εκκίνησης.

1.7.4. Μέθοδος Παστερίωσης-Αποστείρωσης

Η **παστερίωση του γάλακτος** είναι μια θερμική κατεργασία, η οποία σκοπεύει στη θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών που ίσως υπάρχουν στο γάλα, αλλά και την καταστροφή πολλών άλλων μικροοργανισμών και ενζύμων, που μπορεί να δρουν κατά την ωρίμανση των τυριών. Αδρανοποιεί την αλκαλική φωσφατάση που είναι το ένζυμο του γάλακτος. Η αδρανοποίηση επιτυγχάνεται με σωστό συνδυασμό θερμοκρασίας και χρόνου, δηλαδή 63 °C για 30 min ή 72 °C για 15 s. Η λακτοϋπεροξειδάση παραμένει ενεργή. Κατά την παστερίωση θανατώνονται όλες οι ζύμες, οι μύκητες και τα περισσότερα αλλοιογόνα βακτήρια και μετουσιώνονται πολλά ενδογενή ένζυμα. Η επίδραση της παστερίωσης δεν επηρεάζει σημαντικά τα συστατικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του γάλακτος.

Η **υψηλή παστερίωση** είναι θερμική επεξεργασία πιο έντονη από την παστερίωση και αδρανοποιεί την λακτοϋπεροξειδάση. Οι συνδυασμοί θερμοκρασίας και χρόνου θέρμανσης είναι διαφορετικοί και οι θερμοκρασίες κυμαίνονται κοντά στους 100 °C. Στους αλλοιογόνους μικροοργανισμούς προκαλείται θανάτωση, όχι όμως και στα σπόρια. Υπάρχουν κάποιες επιδράσεις σε κάποια συστατικά του γάλακτος (π.χ. μετουσίωση σε πρωτεΐνες του ορού) και αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του (π.χ. ελαφριά γεύση που διαμορφώνεται από το βρασμό).

Η **αποστείρωση** είναι η μέθοδος, η οποία χρησιμοποιείται για τη θανάτωση όλων των μικροοργανισμών και των σπορίων. Υπάρχουν 2 τρόποι, με τους οποίους μπορεί να εφαρμοστεί:

A) U.H.T. (ultra-high-temperature) ή θερμική επεξεργασία με πολύ υψηλή θερμοκρασία, δηλαδή 130 °C για 30 s ή 145 °C για 1s.

B) Κλασική αποστείρωση: Αδρανοποιεί όλα τα ενδογενή ένζυμα του γάλακτος στους 115-125 °C για 20-30 °C. Δίνει καστανή απόχρωση στο γάλα και αλλάζει τη γεύση του εξαιτίας των αντιδράσεων της λακτόζης, όπως είναι η αντίδραση Maillard, μειώνει τις βιταμίνες του γάλακτος και αλλάζει σημαντικά τις πρωτεΐνες του. Είναι προτιμότερη η U.H.T.

Η πιο γνωστή μέθοδος θερμικής επεξεργασίας του γάλακτος είναι η παστερίωση Υψηλής Θερμοκρασίας Σύντομου Χρόνου (HTST, High Temperature Short Time), κατά την οποία η θέρμανση του γάλακτος γίνεται καθώς το γάλα περνά μέσα σε εναλλάκτη θερμότητας με πλάκες με συνεχή ροή. Ο παστεριωτήρας είναι μια ομάδα, την οποία αποτελούν ο πλακοειδής εναλλάκτης θερμότητας, αποτελούμενος από τρία μέρη και από άλλα μηχανήματα που αφορούν την παραγωγή του γάλακτος με μέθοδο επεξεργασίας, την παστερίωση. Μετά την παστερίωση, το γάλα ψύχεται στους 25 °C και ακολουθεί το νωπό γάλα με προθέρμανση στους 65 °C. Με αυτό τον τρόπο, μειώνεται η κατανάλωση ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΗΞΗΣ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ

Χρησιμοποιώντας τον όρο πήξη εννοείται το πήγμα, το οποίο δημιουργείται και είναι αποτέλεσμα των μεταβολών των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του γάλακτος που προκαλούν μεταβολές στα καζεϊνικά μικκύλια. Η όξινη πήξη και η πήξη με πυτιά είναι δύο βασικές μέθοδοι, οι οποίες χρησιμοποιούνται κατά την Παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων, όπως στο γιαούρτι και στο τυρί και προκαλούν αποσταθεροποίηση της δομής των καζεϊνικών μικκυλίων.

2.1. Όξινη πήξη του γάλακτος

Όταν το pH είναι μικρότερο από 5,2 αποσυνδέεται από τα καζεϊνικά μικκύλια το φωσφορικό ασβέστιο κολλοειδούς μορφής και διαλύεται, δημιουργώντας την αποδιοργάνωση των μικκυλίων. Όταν το pH ισοδυναμεί με 4,6, όπου βρίσκεται στο ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών, εξουδετερώνεται η καζεΐνη με αρνητικό φορτίο και έτσι προκαλείται η διάλυσή της. Το σύνολο του πήγματος (όξινο πήγμα) αποτελείται από το νερό και τα συστατικά του γάλακτος. Η οξίνιση του γάλακτος προέρχεται από τη ζύμωση της λακτόζης από τους μικροοργανισμούς και παράγει γαλακτικό οξύ (γαλακτική ζύμωση). Τέλος, οξίνιση μπορεί να προκληθεί και από την προσθήκη οξέος στο γάλα.

2.2. Πήξη του γάλακτος με πυτιά

Κατά το πρώτο στάδιο της τυροκόμησης γίνεται πήξη του γάλακτος με πυτιά. Πυτιά ονομάζεται το εκχύλισμα του 4^{ου} στομάχου των νεαρών μη απογαλακτισμένων μοσχαριών κυρίως, αλλά και αρνιών ή κατσικιών, που περιέχει τα πρωτεολυτικά ένζυμα χυμοσίνη (~80%) και πεψίνη (~20%). Με την πάροδο των χρόνων, χρησιμοποιούνται και άλλα ένζυμα πήξης, όπως για παράδειγμα ανασυνδιασμένη χυμοσίνη, βιοτεχνολογική πυτιά και ένζυμα φυτικής ή μικροβιακής προέλευσης.

Η πήξη του γάλακτος με πυτιά γίνεται σε δύο φάσεις:

1. **την ενζυμική φάση**, όπου γίνεται η υδρόλυση της κ-καζεΐνης στο δεσμό Phe105-Met106 από τη χυμοσίνη, η οποία είναι πρωτεολυτικό ένζυμο και παλιότερα αναφερόταν ως ρεννίνη.

2. τη μη ενζυμική φάση ή την κροκίδωση των μικκυλίων, ένα στάδιο κατά το οποίο συσσωματώνονται τα αποσταθεροποιημένα καζεϊνικά μικκύλια με τη χρήση ιόντων ασβεστίου σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 20 °C. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει ένα τρισδιάστατο καζεϊνικό πλέγμα, στο οποίο περιλαμβάνονται τα λιποσφαίρια και ένα μέρος του ορού γάλακτος, που είναι γνωστό ως τυρόπηγμα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΒΑΣΙΚΑ ΓΑΛΑΚΤΟΚΟΜΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ

3.1. Τυριά

3.1.1. Παραγωγή τυριών και στάδια τυροκόμησης

Το τυρί είναι ένα από τα βασικότερα γαλακτοκομικά προϊόντα, το οποίο παράγεται σε τεράστιες ποσότητες σε παγκόσμιο επίπεδο και είναι πολύ σημαντικό για την ελληνική γαλακτοκομία. Υπάρχουν πολλές κατηγορίες τυριών που αναπτύσσονται και παρουσιάζουν διαφορές μεταξύ τους. Έχουν, όμως, τα παρακάτω κοινά χαρακτηριστικά:

- Στο τυρί συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο μέρος της καζεΐνης και του λίπους του γάλακτος.
- Τα τυριά έχουν περισσότερο χρόνο ζωής από το γάλα και το γιαούρτι. Κατά τη συντήρησή τους, μεταβάλλονται πολλά ποιοτικά χαρακτηριστικά και η διαδικασία αυτή ονομάζεται **ωρίμανση των τυριών**.
- Όλες οι ποικιλίες τυριών εμφανίζουν ιδιαίτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, καθώς η σύστασή τους εξαρτάται από την τεχνολογία παρασκευής τους, η οποία περιέχει πολλά στάδια και πολλές βιοχημικές διαδικασίες.

Η παραγωγή όλων των τυριών περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

- Πήξη του γάλακτος με δράση της πυτιάς, της οξύτητας ή και των δύο αυτών παραγόντων.
- Απομάκρυνση τυρογάλακτος από το πήγμα.
- Παραγωγή οξέος εξαιτίας της δράσης των γαλακτικών βακτηρίων
- Αλάτισμα
- Κατάλληλο σχήμα του τυροπήγματος, ώστε να είναι εύκολη η μεταφορά και η διατήρησή του.
- Ωρίμανση σε κατάλληλο χρόνο, κατά τον οποίο λαμβάνουν χώρα βιοχημικές και μικροβιακές κατεργασίες, ικανές να αλλάξουν τη σύσταση και τη δομή του τυριού, διαμορφώνοντας τη γεύση και το άρωμα του τυριού. Κατά την ωρίμανση του τυριού, το τυρί αποκτά οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, τα οποία έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Οι σπουδαιότεροι συντελεστές κόστους για τη μονάδα παραγωγής τυριού είναι ο χρόνος που απαιτείται από τη φάση ωρίμανσης μέχρι την παρασκευή του τελικού προϊόντος και η εξασφάλιση των κατάλληλων συνθηκών ωρίμανσης.

3.1.2. Είδη τυριών

Τα τυριά χωρίζονται με διάφορους τρόπους:

- Σύμφωνα με την πρώτη ύλη (τυριά από γάλα, από τυρόγαλα, μετουσιωμένα, τηγμένα ή ακατέργαστα)
- Σύμφωνα με το είδος του γάλακτος (αγελαδινό, πρόβειο, αίγαιο)
- Σύμφωνα με το ποσοστό υγρασίας (μαλακά, σκληρά)
- Σύμφωνα με την ποσότητα του λίπους (μερικής λιποπεριεκτικότητας, άπαχα)
- Σύμφωνα με την ωρίμανση (φρέσκα τυριά, τυριά ωρίμανσης)
- Σύμφωνα με την τεχνολογία παρασκευής και τα χαρακτηριστικά τους (τυριά άλμης, τυριά Ελβετικού τύπου π.χ. Emmental, τυριά Ολλανδικού τύπου π.χ. Edam, τυριά με ανάπτυξη μυκήτων π.χ. Roquefort, τυριά με πλαστική μάζα π.χ. κασέρι και Mozzarella.

3.2. Γιαούρτι

Σύμφωνα με την “Euromonitor Research”, η αξία του γιαουρτιού έχει αυξηθεί από το 1998. Είναι το πιο γνωστό προϊόν, το οποίο προκύπτει από τη ζύμωση του γάλακτος που παράγεται από πλήρες ή αποκορυφωμένο γάλα. Μπορεί να γίνει προσθήκη και άλλων προϊόντων στο γιαούρτι, όπως φρούτα και ζάχαρη. Τότε το τελικό προϊόν χαρακτηρίζεται ως επιδόρπιο γιαουρτιού.

Το γιαούρτι παράγεται έπειτα από τη γαλακτική ζύμωση της λακτόζης. Γίνεται ζύμωση του γάλακτος με τη συνεργασία των *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus bulgaricus*, τα οποία είναι θερμοφιλά γαλακτικά βακτήρια. Από τη ζύμωση της λακτόζης παράγεται γαλακτικό οξύ και έτσι μειώνεται το pH. Μόλις το pH φτάσει στο ισοηλεκτρικό σημείο των καζεϊνών, το οποίο είναι 4,6, τότε προκαλείται όξινη πήξη και δημιουργείται το πήγμα του γιαουρτιού.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του γιαουρτιού είναι:

- Το χαμηλό pH (περίπου 4,2), η γεύση και το άρωμα, τα οποία οφείλονται στη δράση των οξυγαλακτικών βακτηρίων.
- Ο τρόπος πήξης με τους βαθμούς ρευστότητας
- Η παρουσία των ζωντανών βακτηριακών κυττάρων

Υπάρχουν δύο είδη γιαουρτιού, τα οποία χωρίζονται σύμφωνα με το διαφορετικό τρόπο παρασκευής τους. Τα είδη του γιαουρτιού είναι:

A) Το **βιομηχανικό γιαούρτι**, το οποίο χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, το συμπαγές ή στερεάς δομής και το αναδευμένο. Ο λόγος για τον οποίο υπάρχουν δύο κατηγορίες οφείλεται στη διαφορά της συνεκτικότητάς τους. Το γάλα που χρησιμοποιείται πρέπει να μην περιλαμβάνει αντιβιοτικά ή άλλους αντιμικροβιακούς παράγοντες, διότι δεν αναπτύσσεται σωστά η καλλιέργεια εκκίνησης. Το γάλα πρώτα ομογενοποιείται και έπειτα θερμαίνεται με υψηλή θερμοκρασία και αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- Την καταστροφή των παθογόνων μικροοργανισμών
- Τη συμπύκνωση των στερεών συστατικών
- Τις φυσικοχημικές αλλαγές των πρωτεϊνών του γάλακτος

Τα επιδόρπια γάλακτος προκύπτουν από την προσθήκη διαφορετικών συστατικών του γάλακτος (π.χ. σκόνη γάλακτος), γλυκαντικών ουσιών και παρασκευασμάτων φρούτων και χρωμάτων και σταθεροποιητών για μεγαλύτερη συνεκτικότητα (π.χ. ζελατίνη).

B) Το **παραδοσιακό γιαούρτι** είναι το γιαούρτι με επιδερμίδα (πέτσα), το οποίο προκύπτει από το βρασμό του γάλακτος, χωρίς να έχει προηγηθεί τυποποίηση και ομογενοποίηση. Μετά το βρασμό του γάλακτος, το γάλα μοιράζεται σε συσκευασίες, χωρίς να αναδεύεται και έτσι δημιουργείται η επιδερμίδα στην επιφάνεια. Στους 45 °C σηκώνεται λίγο η πέτσα και γίνεται εμβολιασμός με γιαούρτι που έχει παρασκευαστεί από την προηγούμενη μέρα και λειτουργεί ως καλλιεργητής εκκίνησης. Έπειτα, γίνεται επώαση και ψύξη.

Η γαλακτοβιομηχανία εφαρμόζει διάφορες μεθόδους για την επεξεργασία και παρασκευή του. Στη βιβλιογραφία έχει δοθεί έμφαση σε τρεις μεθόδους που έχουν ως σκοπό να βελτιώσουν το άρωμα, την υφή και τη γεύση. Αυτές οι τεχνικές είναι: α) αύξηση του αρώματος και του ιξώδους καθώς αυξάνεται η συμπύκνωση των στερεών, β) πρόσθετες ύλες και γ) αυξομειώσεις της θερμοκρασίας και του χρόνου (Etievant et al.,

1999 και Curic, 1998). Το γιαούρτι είναι ακόμα ένα γαλακτοκομικό προϊόν στο οποίο επεμβαίνει η υπερυψηλή πίεση για καλύτερες συνθήκες κατά την επεξεργασία και για να προσφέρουν οι βιομηχανίες ένα βελτιωμένο προϊόν στον καταναλωτή.

3.3. Βούτυρο

Είναι το προϊόν, το οποίο παρασκευάζεται από την απόδαρση και μάλαξη της κρέμας του γάλακτος σε κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας. Η ελάχιστη λιποπεριεκτικότητά του πρέπει να είναι 80%, η υγρασία μέχρι 16% και τα υπόλοιπα συστατικά (πρωτεΐνες, γαλακτικό οξύ και άλατα) μέχρι 2%. Πρέπει να έχει ομοιόμορφο χρώμα και ενιαία και συμπαγή δομή.

Αρχικά παστεριώνεται η κρέμα, ώστε να σκοτωθούν οι παθογόνοι μικροοργανισμοί και τα ένζυμα του γάλακτος. Έπειτα, γίνεται ωρίμανση του κρέμας με ζύμωση. Το σημαντικότερο σημείο σε αυτή τη φάση είναι η κρυστάλλωση του λίπους με τη μείωση της θερμοκρασίας, με σκοπό να είναι επιθυμητή η συνεκτικότητα του βουτύρου και να μπορεί να αλείφεται εύκολα. Ακολουθεί η απόδαρση, δηλαδή η βίαιη ανατάραξη της κρέμας για να σπάσει τη μεμβράνη των λιποσφαιρίων και να προκύψουν οι κόκκοι του βουτύρου. Στη συνέχεια, γίνεται πλύσιμο των κόκκων, ώστε να φύγουν τα υπολείμματα του γάλακτος και να κολλήσουν καλύτερα οι κόκκοι μεταξύ τους. Τέλος, ακολουθεί η μάλαξη, όπου οι κόκκοι του βουτύρου περνούν από περιστρεφόμενους κυλίνδρους, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μία ενιαία μάζα και να προκύψει ένα πιο συμπαγές προϊόν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΒΑΚΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΗ ΓΑΛΑΚΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

4.1. Γένος *Streptococcus*

4.1.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Είναι σφαιρικά κύτταρα με διάμετρο λιγότερο από 2 μm που εμφανίζονται σε ζεύγη ή αλυσίδες. Είναι θετικά κατά Gram και ομοζυμωτικά, σχηματίζοντας γαλακτικό οξύ. Μερικά από αυτά τα είδη ζυμώνουν οργανικά οξέα και κάποια αμινοξέα, όπως είναι η σερίνη και η αργινίνη. Δε σχηματίζουν υμένιο και είναι αρνητικά προς την καταλάση. Οι χρωστικές που σχηματίζουν κάποια είδη είναι κόκκινες και κίτρινες. Επίσης, είναι προαιρετικώς αναερόβια και έχουν την ανάγκη από πολλά θρεπτικά συστατικά.

4.1.2. Κατάταξη των Στρεπτοκόκκων σε ομάδες

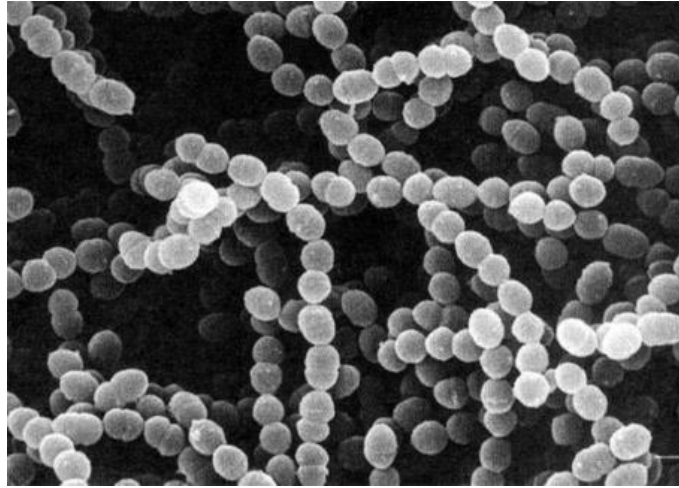
Οι Στρεπτόκοκκοι διαφέρουν αρκετά ως προς τη σύνθεσή τους. Είναι δύσκολο να ταξινομηθούν σε είδη και μέχρι και σήμερα δεν έχει επιτευχθεί πλήρης ταξινόμηση. Έχουν γίνει αποδεκτά 37 είδη, αλλά και πάλι είναι αβέβαιη η ταξινόμησή τους. Οι κατηγορίες, στις οποίες κατατάσσονται τα είδη των Στρεπτοκόκκων είναι:

1. Πυογόνοι
2. Στοματικοί
3. Εντερόκοκκοι
4. Γαλακτόκοκκοι
5. Αναερόβιοι
6. Αχαρακτήριστοι

4.1.3. *Streptococcus thermophilus*

Ο *Streptococcus thermophilus* είναι ένα είδος που αφορά τη Μικροβιολογία Τροφίμων. Είναι σφαιρικά κύτταρα με διάμετρο 0,7 - 0,9 μm και βρίσκονται σε ζεύγη ή αλυσίδες. Καταφέρνουν και ζυμώνουν τα απλά σάκχαρα, καθώς επίσης και τους

δισακχαρίτες σακχαρόζη και λακτόζη μέχρι να φτάσει το pH 4 – 4,5. Είναι ένα είδος που έχει υψηλές απαιτήσεις σε παράγοντες τροφής του υποστρώματος. Αναπτύσσεται άριστα σε θερμοκρασία 37 °C. Η ελάχιστη θερμοκρασία είναι 19 – 21 °C και η μέγιστη 52 °C. Έχει μεγάλη θερμοαντοχή και αυτό είναι σημαντικό για τη Μικροβιολογία Τροφίμων, διότι μπορεί να αντέξει τη θέρμανση μέχρι 65 °C για 30 λεπτά.



Εικόνα 1: *Streptococcus thermophilus*

Αυτό το είδος βρίσκεται στο γάλα και στα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως στο τυρί Ελβετικού τύπου και στο γιαούρτι. Για την παραγωγή των παραπάνω προϊόντων μπορεί να χρησιμεύσει ως καλλιέργεια εκκίνησης (μαγιά). Είναι το είδος των Στρεπτοκόκκων, το οποίο επιβιώνει κατά την ξήρανση του γιαουρτιού.

Η ενεργότητα του νερού (a_w) είναι, ως γνωστόν, μέτρο του διαθέσιμου νερού για βιοχημικές και βιολογικές αντιδράσεις. Η σημασία της μεταβλητής a_w στη συντήρηση των τροφίμων είναι τεκμηριωμένη (Troller 1980). Για παράδειγμα, όταν παράγονται κάποιοι τύποι γιαουρτιού, γίνεται προσθήκη γλυκαντικών ουσιών πριν την πήξη, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η τιμή της a_w στο υπόστρωμα όπου βρίσκονται ο *Streptococcus thermophilus* και ο *Lactobacillus bulgaricus*. Η συμπεριφορά των δύο αυτών ειδών αλλάζει, καθώς διαφοροποιείται η a_w , επιδρώντας έτσι στην ποιότητα του γιαουρτιού.

4.2. Γένος *Lactobacillus*

4.2.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Είναι κύτταρα θετικά κατά Gram, των οποίων η δομή θυμίζει μακριά και λεπτά ραβδία, που μικραίνουν και σχηματίζουν κοκκοβακίλλους σε κάποια είδη. Είναι εύκολο να σχηματιστούν οι αλυσίδες των κυττάρων, ενώ οι Γαλακτοβακίλλοι δεν έχουν την ικανότητα να κινηθούν, εκτός από ορισμένους βακίλλους που διαθέτουν βλεφαρίδες. Ο μεταβολισμός τους είναι ζυμωτικός και τα είδη είναι ομοζυμωτικά ή προαιρετικώς και υποχρεωτικώς ετεροζυμωτικά. Είναι αρνητικά ως προς την καταλάση και το χρώμα άλλοτε είναι κίτρινο, πορτοκαλί ή κόκκινο κεραμιδί. Έχουν πολλές απαιτήσεις από θρεπτικά συστατικά, όπως αμινοξέα, βιταμίνες και πεπτίδια. Μπορούν να αναπτυχθούν σε θερμοκρασία 2 – 53 °C, αλλά η άριστη θερμοκρασία είναι 30 – 40 °C.

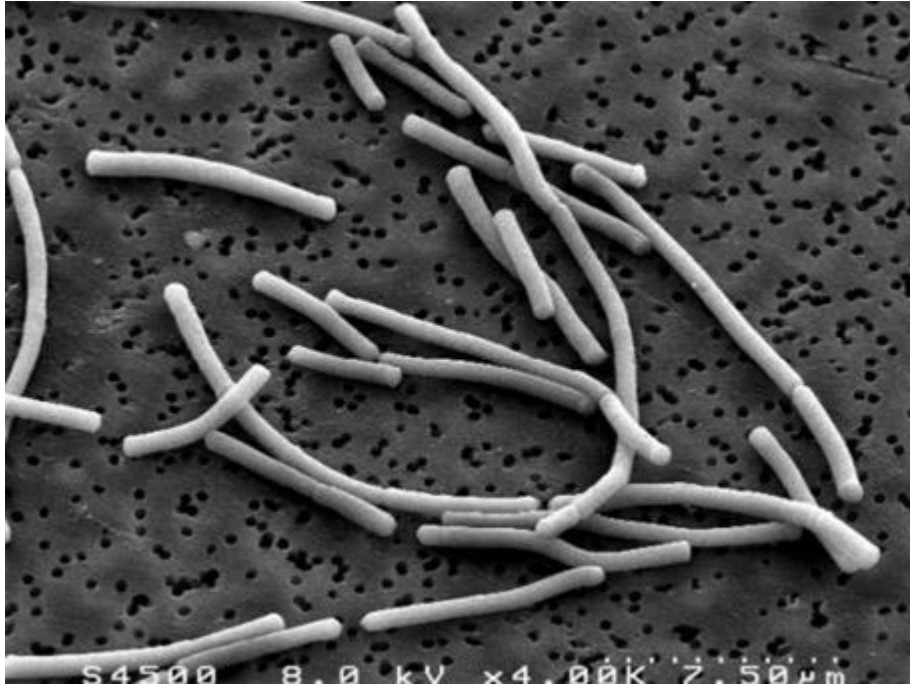
4.2.2. Είδη του γένους *Lactobacillus*

Η τελευταία ταξινόμηση των ειδών των Γαλακτοβακίλλων έχει γίνει κατά Bergey (1984) από τα οποία έχουν γίνει αποδεκτά 44 είδη. Η ταξινόμηση έχει γίνει σε 3 κατηγορίες, σύμφωνα με τον τρόπο που γίνεται η διάσπαση των υδατανθράκων και είναι:

1. Δέκα πέντε είδη υποχρεωτικώς ομοζυμωτικά.
2. Δέκα οκτώ είδη υποχρεωτικώς ετεροζυμωτικά.
3. Έντεκα είδη προαιρετικώς ετεροζυμωτικά.

4.2.3. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*

Είναι ένα είδος Γαλακτοβακίλλου, το οποίο έχει όλα τα χαρακτηριστικά που έχουν προαναφερθεί, αλλά ζυμώνει λιγότερους υδατάνθρακες. Επίσης, καταφέρνει και επιβιώνει κατά την ξήρανση του γιαουρτιού με τη μέθοδο του νεφελοψεκασμού.



Εικόνα 2: *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*

4.3. Γένος *Bacillus*

4.3.1. Γενικά χαρακτηριστικά

Είναι θετικά κατά Gram σποριογόνα ραβδία και κόκκοι θετικά και σχηματίζονται μέσα στο μητρικό κύτταρο του ενδοσπορίου. Έχουν ανθεκτική δομή, κυρίως στη θέρμανση, καθώς οι βάκιλλοι μπορούν να υποστούν βρασμό για αρκετές ώρες χωρίς να χαθεί η ζωτικότητα τους. Ο σχηματισμός των ενδοσπορίων γίνεται μετά την εκθετική φάση ανάπτυξης των κυττάρων, γι' αυτό και παρατηρείται μείωση σε θρεπτικά συστατικά.

Τα ενδοσπόρια παρουσιάζουν ανθεκτικότητα σε υψηλές θερμοκρασίες, στην ξήρανση, στις ακτινοβολίες και σε πολλούς χημικούς παράγοντες. Έτσι, η αντοχή των ενδοσπορίων σε συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας, δίνει τη δυνατότητα διαχωρισμού των σποριογόνων από τα μη σποριογόνα με θέρμανσή τους σε υγρό υπόστρωμα, όπου έχει γίνει προσθήκη CaCO_3 .

Η θερμοαντοχή των σπορίων και η δυνατότητά τους να αναπτύσσονται υπό αναερόβιες συνθήκες, καθιστά τα σποριογόνα βακτήρια ως κύριους παθογόνους μικροοργανισμούς για την κονσερβοποίηση.

4.3.2. Ειδικά χαρακτηριστικά

Τα είδη του γένους *Bacillus* είναι αναερόβια και κάποια είδη έχουν οξειδωτικό και ζυμωτικό μεταβολισμό, όπου ο τελικός αποδέκτης των ηλεκτρονίων είναι το οξυγόνο. Είναι θετικά ως προς την καταλάση.

Τα βακτήρια του γένους *Bacillus* έχουν την πεπτιδογλυκάνη ως βασικό συστατικό του κυτταρικού τους τοιχώματος, αντί για την L-λυσίνη, η οποία παρουσιάζεται σε άλλα βακτήρια. Στην πλειοψηφία τους είναι μεσόφιλα βακτήρια με άριστη θερμοκρασία ανάπτυξης 30 – 45 °C. Παρόλα αυτά, υπάρχουν είδη του συγκεκριμένου γένους που αναπτύσσονται στους 65 °C και είναι θερμοφιλοι μικροοργανισμοί. Στη βιομηχανία τροφίμων και κυρίως κατά την κονσερβοποίηση, όταν καθυστερεί η ψύξη χωρίς λόγο μετά τη θερμική επεξεργασία, υπάρχει ανάπτυξη των συγκεκριμένων βακτηρίων.



Εικόνα 3: Ενδοσπόρια της οικογένειας Bacillaceae

4.3.3. *Bacillus subtilis*

Είναι ένας πρωτεολυτικός βάκιλλος με έντονη κινητικότητα, καθώς διαθέτει βλεφαρίδες. Εξαιτίας της κινητικότητάς του, σχηματίζονται αποικίες, οι οποίες μοιάζουν με εκείνες των μυκήτων. Δημιουργεί μεμβράνη που αποτελείται από θρεπτικά συστατικά υγρής μορφής και μολύνει με ευκολία τα τρόφιμα, προξενώντας αλλοιώσεις. Ακόμα, μπορεί να

οδηγήσει σε τροφικές δηλητηριάσεις, ιδιαίτερα μετά την κατανάλωση κονσερβοποιημένων προϊόντων, όπου δεν έχει γίνει σωστή επεξεργασία .

Σύμφωνα με τους Kanda et al. (1991), η εκβλάστηση των σπορίων του *Bacillus subtilis* προάγεται με την παρουσία της L-ασπαραγίνης και των καραμελωποιημένων σακχάρων, κυρίως της γλυκόζης και της φρουκτόζης. Οι παράγοντες που προάγουν την εκβλάστηση των βακτηριακών σπορίων έχουν κατά καιρούς μελετηθεί και είναι ειδικά αμινοξέα όπως η L-αλανίνη και τα ανάλογά της (Kanda et al., 1988), ζάχαρα, νουκλεοζίδια, ανόργανα ιόντα κατά μόνας ή σε συνδυασμό (Moir & Smith, 1990).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΥΠΕΡΥΨΗΛΗ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

5.1. Διαδικασία εφαρμογής και αρχές υδροστατικής πίεσης

Μία νέα μέθοδος παρασκευής και συντήρησης των τροφίμων είναι η υπερυψηλή υδροστατική πίεση, κατά την οποία εφαρμόζονται πιέσεις από 100 έως 1000 MPa στα τρόφιμα. Είναι μια ήπια, μη θερμική μέθοδος, η οποία είναι ικανή να απενεργοποιήσει τους μικροοργανισμούς και τα ένζυμα, τα οποία βοηθούν στην ποιοτική υποβάθμιση των τροφίμων. Η αναφορά στην υδροστατική πίεση σημαίνει ότι ένα υγρό, το οποίο ασκεί πίεση, βρίσκεται σε ηρεμία στην επιφάνεια του υγρού αυτού. Η εφαρμογή αυτής της μεθόδου συμβάλλει θετικά ώστε να παραμένουν αναλλοίωτα τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων, όπως άρωμα, γεύση και θρεπτικές ουσίες. Επίσης, παρατείνεται η διάρκεια ζωής των προϊόντων σε σχέση με αυτά που έχουν υποστεί θερμική κατεργασία. Η υπερυψηλή υδροστατική πίεση εφαρμόζεται στα τρόφιμα κατά τη διαδικασία της παστερίωσης ή της αποστείρωσης. Επιπλέον, είναι μια μέθοδος, η οποία εφαρμόζεται σε τρόφιμα που θα χρειάζονταν προσθήκη συντηρητικών κατά την επεξεργασία τους με θερμική κατεργασία. Η υπερυψηλή πίεση έχει την ικανότητα να αποτρέψει την παρέμβαση πρόσθετων ουσιών, καθώς παρέχει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής στα τρόφιμα και τα καθιστά "διατροφικά" καλύτερα. Κατά την επεξεργασία με υπερυψηλή υδροστατική πίεση, η θερμοκρασία μπορεί να είναι μικρότερη από 0 °C και μεγαλύτερη από 100 °C. Η λειτουργία της μεθόδου στηρίζεται στην αρχή "Le Chatelier" όπου κάθε φαινόμενο, το οποίο βρίσκεται σε ισορροπία και μειώνεται ο όγκος (αλλαγή φάσης, αλλαγή στη διαμόρφωση των μορίων και χημικές αντιδράσεις) ευνοείται από την πίεση. Αντίθετα, φαινόμενα που οδηγούν σε αύξηση του όγκου παρεμποδίζονται από την αύξηση της πίεσης. Η υπερυψηλή πίεση επιδρά στην πρωτοταγή δομή των πρωτεϊνών, η οποία σχηματίζεται από την αλληλουχία των αμινοξέων που συνδέονται με πεπτιδικούς δεσμούς. Παρόλα αυτά, προκαλεί αντιδράσεις ανταλλαγής ημιμοιοπολικών δεσμών – δισουλφιδικοί δεσμοί – με ελεύθερες σουλφιδικές ομάδες (Visschers & de Jong, 2005). Οι δεσμοί υδρογόνου επηρεάζονται από την υπερυψηλή πίεση προκαλώντας σταθερότητα της δευτεροταγούς δομής, όπως είναι οι α-έλικες (Mozhaev et al., 1996;

Boonyaratanakornkit et al., 2002), αλλά οι πολύ υψηλές πιέσεις μπορεί να προκαλέσουν διάσπαση των δεσμών υδρογόνου των πρωτεϊνών, οδηγώντας σε μη αναστρέψιμη καταστροφή της δευτεροταγούς δομής (Hayakana et al., 1996). Άρα, η δράση της υπερυψηλής πίεσης, η οποία εφαρμόζεται για μετουσίωση των πρωτεϊνών επηρεάζει περισσότερο την τριτοταγή και τεταρτοταγή δομή (Mozhaev et al., 1996).

Οι τρόποι, οι οποίοι μπορούν να δημιουργήσουν υψηλές πιέσεις είναι:

1. Άμεση συμπίεση από την πίεση που ασκεί το μέσο στο έμβολο με την ελάχιστη διάμετρο.
2. Έμμεση συμπίεση ενός μέσου σε μια δεξαμενή μέχρι το διάστημα που θα γίνει επιθυμητή η πίεση. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται από τις βιομηχανίες που εφαρμόζουν υψηλές πιέσεις.
3. Θέρμανση του μέσου πίεσης, η οποία είναι μια μέθοδος που λειτουργεί για παραγωγή υψηλών πιέσεων με την αύξηση της θερμοκρασίας. Άρα, πρέπει να ελέγχεται προσεκτικά η θερμοκρασία σε ένα δοχείο πίεσης.

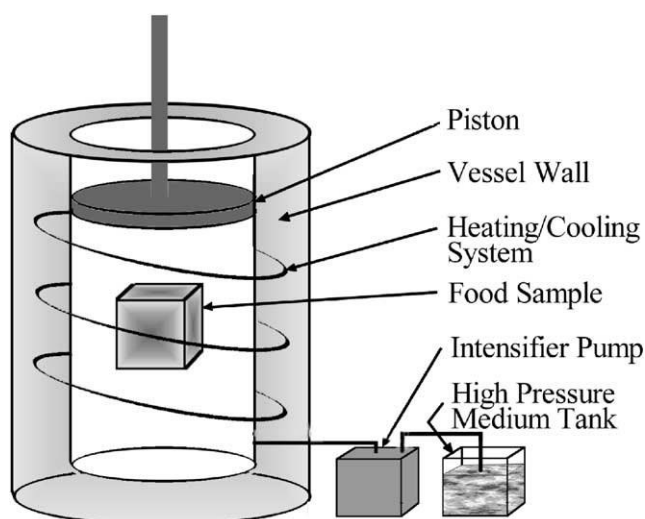
5.2. Εξοπλισμός υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης

Ένα σύστημα υπερυψηλής πίεσης αποτελείται από δοχεία υψηλής πίεσης μαζί με τα καλύμματά τους, το σύστημα πίεσης, το σύστημα ελέγχου της θερμοκρασίας και το σύστημα ελέγχου του συστήματος, το οποίο περιλαμβάνει όργανα και συσκευές. Τα στάδια της επεξεργασίας με υπερυψηλή πίεση είναι:

- A) Γέμισμα του δοχείου κατεργασίας με το προϊόν προς επεξεργασία
- B) Κλείσιμο του δοχείου
- Γ) Εφαρμογή των κατάλληλων συνθηκών πίεσης
- Δ) Αποσυμπίεση του δοχείου και απομάκρυνση του προϊόντος

Τα δοχεία, τα οποία είναι για λειτουργία πιέσεων πάνω από 200 MPa είναι κατασκευασμένα από δύο ή περισσότερους ομόκεντρους κυλίνδρους από χάλυβα, ο οποίος έχει μεγάλη αντοχή στον εφελκυσμό. Ο ρόλος των εξωτερικών κυλίνδρων είναι η συμπίεση των εσωτερικών κυλίνδρων, με σκοπό τα τοιχώματα του θαλάμου πίεσης να

δεχθούν μια παραπάνω συμπίεση λόγω της πίεσης λειτουργίας του συστήματος. Τα συστήματα, τα οποία δε χρησιμοποιούν ανοξειδωτο χάλυβα υψηλής αντοχής σε εφελκυσμό, μπορούν να χρησιμοποιούν ένα κατάλληλο υγρό μεταφοράς της πίεσης που θα έχει αντιμικροβιακές ουσίες και δε θα προκαλεί διάβρωση.



Εικόνα 4: Σχηματικό διάγραμμα εξοπλισμού υπερυψηλής πίεσης για κατεργασία τροφίμων

5.3. Νομοθεσία επεξεργασμένων τροφίμων με υπερυψηλή πίεση

Τα επεξεργασμένα τρόφιμα με υπερυψηλή πίεση ανήκουν στην κατηγορία των τροφίμων, για τα οποία υπάρχει εφαρμοσμένη μέθοδος παραγωγής χωρίς να χρησιμοποιείται ευρέως, εξαιτίας της μεθόδου αυτής, η οποία προκαλεί αλλαγές στη σύνθεση ή τη δομή των τροφίμων ή άλλες αλλαγές που αλλοιώνουν τη θρεπτική αξία τους και την περιεκτικότητά τους σε μη επιθυμητές ουσίες. Έπειτα από έρευνα, η ευρωπαϊκή νομοθεσία κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα επεξεργασμένα τρόφιμα με υπερυψηλή πίεση είναι το ίδιο ασφαλή με αυτά που έχουν υποστεί τη συνηθισμένη μέθοδο παστερίωσης. Σύμφωνα, όμως, με απόφαση είναι σημαντικό να αναγράφεται στη συσκευασία αυτών των τροφίμων ο όρος “παστερίωση με υπερυψηλή πίεση” (Commission Decision 2001/424/EC, Document number C (2001) 1462).

5.4. Επίδραση της υδροστατικής πίεσης στα τρόφιμα

Η εφαρμογή της υδροστατικής πίεσης στα τρόφιμα επιδρά σε ορισμένα συστατικά τους. Τα συστατικά, τα οποία επηρεάζονται από την εφαρμογή αυτής της μεθόδου επεξεργασίας είναι:

- Το **νερό**. Όταν συμπιέζεται το νερό παρατηρείται μείωση του όγκου, ανάλογη με την τιμή της υδροστατικής πίεσης που έχει εφαρμοστεί. Επίσης, μειώνεται το pH του νερού στα ασθενή οξέα και σε κάποια ρυθμιστικά διαλύματα, αλλά είναι μια μεταβολή, η οποία επανέρχεται με την αφαίρεση των υδροστατικών πιέσεων.
- Οι **πρωτεΐνες**. Η εφαρμογή υψηλών υδροστατικών πιέσεων υψηλότερων από 100 – 200 MPa, προκαλούν: διάσπαση των ολογοπεπτιδίων, εν μέρει ξεδίπλωμα και μετουσίωση των πρωτεϊνών, θρόμβωση των πρωτεϊνών και δημιουργία πηκτώματος.
- Τα **λίπη**. Το σημείο τήξεως αυξάνεται με την εφαρμογή υδροστατικών πιέσεων κατά 10 °C/100 MPa. Βέβαια είναι μια τιμή αναστρέψιμη. Οι κρύσταλλοι των τριγλυκεριδίων γίνονται πιο σταθεροί και με αυξημένη πυκνότητα.
- Το **άμυλο**. Παρατηρείται ομοιόμορφη δομή και μικρή απορρύθμιση στα μόρια του αμύλου, με αποτέλεσμα να γίνεται το άμυλο πιο γλυκό και τα μόρια ευαισθητοποιούνται απέναντι στα αμυλολυτικά ένζυμα, όπως η α-αμυλάση. Επιπλέον, οι αμυλόκοκκοι παραμένουν σταθεροί με τη δράση της υπερυψηλής πίεσης, ενώ με θερμική επεξεργασία καταστρέφονται και το άμυλο διαλύεται. Αυτό αποδεικνύεται από τη σταθερότητα των δεσμών υδρογόνου, διατηρώντας τους αμυλοκόκκους στην ίδια κατάσταση, όπως ήταν αρχικά.

5.4.1. Επίδραση στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων

Αν γίνει σύγκριση της υδροστατικής πίεσης με άλλες μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων, παρατηρείται ότι τα προϊόντα που έχουν υποστεί υψηλές πιέσεις έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και διατηρούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους σχεδόν αναλλοίωτα. Οι Palou et al., (2002) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η εφαρμογή υψηλών πιέσεων στο αβοκάντο μπορεί να διατηρήσει καλά τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά και να παραμείνει ασφαλές και με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.

5.4.2. Επίδραση στις φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων

Βιταμίνες

Έχουν γίνει αρκετές μελέτες προκειμένου να αποδειχθεί αν η επεξεργασία με υψηλές υδροστατικές πιέσεις έχει δράση στις βιταμίνες των τροφίμων. Το σύνηθες αποτέλεσμα είναι ότι δε μεταβάλλεται σημαντικά η ποσότητα του ασκορβικού οξέος. Μια έρευνα έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι το ασκορβικό οξύ διατηρείται κατά 82% σε νωπό πράσινο αρακά μετά από πίεση με 900 MPa/20 °C για 5 – 10 min (Qualia et al., 1996).

Έχουν γίνει και άλλες έρευνες, προκειμένου να φανεί η επίδραση της υψηλής πίεσης, σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες. Για παράδειγμα, η υπερυψηλή υδροστατική πίεση (μέχρι 850 MPa) σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 80 °C) για μεγάλο χρόνο επεξεργασίας μπορεί να προκαλέσει μείωση του ασκορβικού οξέος (van den Broeck et al., 1998).

Άρα, η τεχνολογική μέθοδος της υψηλής υδροστατικής πίεσης είναι μια μέθοδος, η οποία κάνει φανερό να συμπεράσσει ότι συμβάλλει θετικά στη διατήρηση των αναλλοίωτων βιταμινών.

Χρώμα

Οι καταναλωτές δίνουν μεγάλη σημασία στην εξωτερική εμφάνιση των τροφίμων και κυρίως στο χρώμα τους. Κατά την εφαρμογή πιέσεων για κάποιο χρονικό διάστημα ίσως να παρατηρηθεί πιθανή αλλοίωση στη δομή των πρωτεϊνών κατά τη χρονική διάρκεια της επεξεργασίας ενός τροφίμου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της αρχικής λειτουργικότητας του προϊόντος, αλλά και πιθανή μεταβολή στο χρώμα του.

Υφή

Τα τρόφιμα, τα οποία έχουν υψηλά ποσοστά υγρασίας, δε υπόκεινται σε αλλαγή της αρχικής δομής τους κατά την εφαρμογή υπερυψηλών πιέσεων. Τα προϊόντα που περιέχουν αέρια μετά τη χρήση υπερυψηλών υδροστατικών πιέσεων είναι πιθανόν να μεταβληθεί το

χρώμα και η σύστασή τους, διότι αλλάζουν θέση τα αέρια και εισέρχονται ρευστά. Από την άλλη πλευρά, τα προϊόντα χωρίς αέρια έχουν σχεδόν μηδενική μεταβολή των ιδιοτήτων της υφής μετά τη χρήση υπερυψηλών πιέσεων. Βέβαια, υπάρχουν κάποια τρόφιμα, τα οποία ευεργετούνται από την αλλαγή της σύστασης για να παρασκευαστούν νέα προϊόντα με μεγαλύτερη και διαφορετική λειτουργικότητα.

5.4.3. Επίδραση στα ένζυμα και τους μικροοργανισμούς

Η πίεση συνήθως λαμβάνει δράση σε μη - ομοιοπολικούς δεσμούς (ιοντικοί δεσμοί, δεσμοί υδρογόνου), αλλά δεν επηρεάζει τόσο τους ομοιοπολικούς δεσμούς. Έτσι τα συστατικά που έχουν μικρό μοριακό βάρος, τα οποία είναι η γεύση, το άρωμα και οι βιταμίνες έχουν σχεδόν μηδενική αλλοίωση (Hoover, 1993; Knorr, 1993; Tewari et al., 1999). Από την άλλη πλευρά, οι πρωτεΐνες εξαιτίας του υψηλού μοριακού βάρους τους έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία στην πίεση.

Υπερυψηλή υδροστατική πίεση στα ένζυμα

Οι πρωτεΐνες εξαρτώνται από αλληλεπιδράσεις μέσα στην αλυσίδα των πρωτεϊνών και από το περιβάλλον τους (Jaenicke, 1991). Είναι δομές, οι οποίες μεταβάλλονται εύκολα. Οι αλλαγές της θερμοκρασίας και της πίεσης διαταράσσουν τους διαμοριακούς δεσμούς και ξεδιπλώνουν την πολυπεπτιδική αλυσίδα (μετουσίωση). Μία υποκατηγορία των πρωτεϊνών είναι τα ένζυμα. Η καταλυτική δράση των ενζύμων προέρχεται από τη δομή του ενεργού τους κέντρου. Αλλαγές στο ενεργό κέντρο μπορούν να μεταβάλλουν την ενζυμική δράση. Η δράση της πίεσης και της θερμοκρασίας εξηγούν το μηχανισμό μετουσίωσης των πρωτεϊνών, άρα και των ενζύμων. Κατά τη μετουσίωση με θέρμανση είναι συχνά μη αντιστρεπτή, λόγω της διάσπασης των ομοιοπολικών δεσμών. Αντιθέτως, στη μετουσίωση με πιέσεις τα περισσότερα μόρια παραμένουν στην αρχική τους μορφή.

Οι αμινοπεπτιδάσες είναι πρωτεολυτικά ένζυμα, τα οποία είναι καθοριστικά για την ωρίμανση του τυριού και προέρχονται από οξυγαλακτικές καλλιέργειες κατά την τυροκόμηση. Αυτά τα ένζυμα χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι: α) τα γλυκολυτικά ένζυμα, β) οι πεπτιδάσες μεμβράνης και γ) οι ενδοκυτταρικές μεμβράνες. Τα πρωτεολυτικά ένζυμα προσδίδουν γεύση και υφή στο τυρί, ενώ παράλληλα με την αύξηση της δράσης τους μειώνεται ο χρόνος ωρίμανσης του προϊόντος. Τα συγκεκριμένα ένζυμα είναι πολύ σημαντικά κατά το στάδιο ωρίμανσης των τυριών σε άλμη. Είναι θερμοάντοχα ένζυμα και διατηρούν την ενεργότητά τους, παρόλο που το γάλα έχει θερμανθεί. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο είναι σημαντικά για τη βέλτιστη γεύση και υφή του τυριού (Fallico et al., 2004). Η υπερυψηλή πίεση μπορεί να προκαλέσει την ενεργοποίηση ή/και απενεργοποίηση ενδογενών ενζύμων, όπως είναι οι ενδοκυτταρικές πεπτιδάσες των οξυγαλακτικών καλλιεργειών, προστατεύοντας έτσι τη γεύση και το άρωμα του τυριού (Malone et al. 2002; O' Reilly et al., 2001).

Υπερυψηλή υδροστατική πίεση στους μικροοργανισμούς

Οι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν ευαισθησία στις πιέσεις και κυρίως όταν είναι υψηλές. Τα σπόρια των μικροοργανισμών είναι ανθεκτικά στην πίεση. Για την καταστροφή τους απαιτείται συνδυασμός πιέσεων με θερμοκρασίες πάνω από 60 °C. Οι ζύμες και οι μύκητες είναι πιο ευαίσθητοι μικροοργανισμοί στις αλλαγές της πίεσης, διότι πιέσεις έως 400 MPa μπορούν να προκαλέσουν την απενεργοποίησή τους σε μικρό χρονικό διάστημα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος (Prestano et al., 1999; Zook et al., 1999; Linton et al., 1999a).

Η υπερυψηλή υδροστατική πίεση αλλάζει τη μορφή, την κυτταρική μεμβράνη και τη βιοχημική σύσταση των μικροοργανισμών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την καταστροφή τους.

5.5. Πλεονεκτήματα – Μειονεκτήματα της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης

Η μέθοδος επεξεργασίας και διατήρησης των τροφίμων με υπερυψηλή υδροστατική πίεση έχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη θερμική επεξεργασία. Μερικά από τα πλεονεκτήματα της υδροστατικής πίεσης είναι:

- Γρήγορη και ομοιόμορφη κατανομή των πιέσεων προς όλες τις κατευθύνσεις του προς επεξεργασία τροφίμου, ανεξάρτητα από το μέγεθος και το σχήμα του προϊόντος σε ελάχιστο χρονικό διάστημα επεξεργασίας. Αντίθετα, η θερμική κατεργασία απαιτεί αρκετή χρονική διάρκεια θέρμανσης και ψύξης του προϊόντος.
- Η αρχική δομή των ομοιοπολικών δεσμών, η οποία δεν καταστρέφεται στις χημικές ενώσεις, άρα δεν υπάρχουν οι αντιδράσεις Maillard. Επομένως, δεν παρατηρούνται άσχημες οσμές και διατηρούνται οι βιταμίνες, οπότε το τρόφιμο έχει πλούσια θρεπτική αξία και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του παραμένουν αναλλοίωτα.
- Η εφαρμογή των υπερυψηλών πιέσεων, η οποία γίνεται σε θερμοκρασία δωματίου με συνθήκες ψύξης ή συνδυασμένη με ήπια θέρμανση. Με αυτό τον τρόπο γίνεται ικανοποιητική εξοικονόμηση ενέργειας, σε αντίθεση με τη θερμική επεξεργασία χωρίς να μεταβάλλονται ανεπιθύμητα η υφή, οι θρεπτικές ιδιότητες και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων.

- Η επεξεργασία των τροφίμων με υπερυψηλές πιέσεις χωρίς να χρησιμοποιούνται πάντα συντηρητικά, αλλά η διάρκεια ζωής των προϊόντων είναι μακροχρόνια και χωρίς τη χρήση τους.
- Ο μικρός χρόνος επεξεργασίας σε αντίθεση με το χρόνο που χρειάζεται για μια θερμική κατεργασία.

Υπάρχουν, βέβαια και κάποια μειονεκτήματα που αφορούν τη μέθοδο επεξεργασίας και συντήρησης των τροφίμων με υπερυψηλές υδροστατικές πιέσεις. Τα βασικά μειονεκτήματα είναι το υψηλό κόστος του μηχανισμού και η περιορισμένη δυνατότητα παραγωγής αυτού του συστήματος. Για παράδειγμα, το κόστος εγκατάστασης της μονάδας μηχανισμού το 1996 για παραγωγή χυμών φρούτων ήταν 20 φορές μεγαλύτερο από την οικονομική αξία ενός εναλλάκτη θερμότητας, ο οποίος είχε τις ίδιες δυνατότητες με την υδροστατική πίεση για την παστερίωση των προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΥΠΕΡΥΨΗΛΗ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ

6.1. Σύστημα πλασμίνης - πλασμινογόνου

Η πλασμίνη (PL) εμφανίζεται στο γάλα με αδρανές πλασμινογόνο (PG) και είναι η πιο σημαντική πρωτεΐνη που συμβάλλει στη συνολική πρωτεολυτική δράση (Politis et al., 1989, Politis, 1996). Είναι το κύριο ενδογενές ένζυμο του γάλακτος και υπάρχει σε σημαντικές ποσότητες και στο πρόβειο γάλα (Theodorou et al., 2007). Η πλασμίνη προκαλεί αλλοίωση στα αρχικά χαρακτηριστικά του γάλακτος κατά την επεξεργασία. Υδρολύει τις καζεΐνες, γι' αυτό το λόγο ο συνδυασμός της πλασμίνης και του πλασμινογόνου καθιστά ευάλωτες τις ιδιότητες της πήξης του γάλακτος. Η δράση της προκύπτει μετά από ενεργοποίηση του πλασμινογόνου με τη μεσολάβηση των ενεργοποιητών του πλασμινογόνου. Είναι ένας από τους κύριους πρωτεολυτικούς παράγοντες που δραστηριοποιούνται κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης των τυριών.

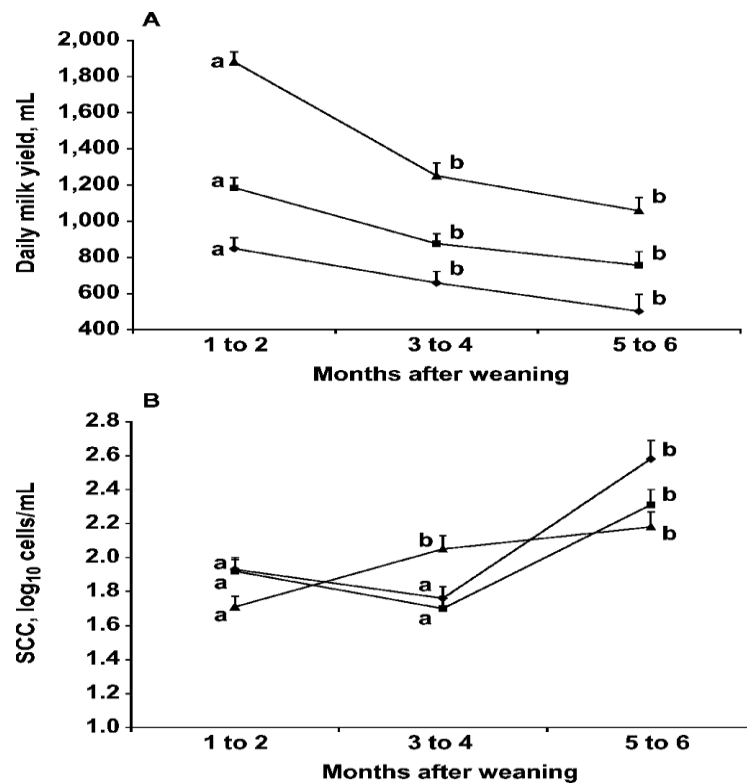
Έγινε μια έρευνα, με σκοπό να μελετηθεί η επίδραση της επεξεργασίας με υπερυψηλή υδροστατική πίεση στις ενεργότητες πλασμίνης (PL) και των ενεργοποιητών του πλασμινογόνου (PA) στην καζεΐνη και στον ορό του πρόβειου γάλακτος. Η μέθοδος, η οποία χρησιμοποιήθηκε είναι η εξής:

- Πρόβειο γάλα επεξεργάστηκε με υπερυψηλή υδροστατική πίεση (200, 450 και 650 MPa) σε διάφορες θερμοκρασίες (20, 40 και 55 °C).
- Απολιπασμένα δείγματα γάλακτος μετά την επεξεργασία με υπερυψηλή υδροστατική πίεση (3 mL) αναμίχθηκαν με 1 mL 0,4 M κιτρικού τρινατρίου και μετά τη φυγοκέντρωση διαχωρίστηκε ο ορός του γάλακτος από το καζεϊνικό ίζημα.
- Ο προσδιορισμός του συνόλου της ενεργότητας πλασμίνη – πλασμινογόνο (PL) βασίστηκε στη μέθοδο των Politis et al. (1993). Ο προσδιορισμός έγινε στο καζεϊνικό κλάσμα και στον ορό του γάλακτος. Η ανίχνευση βασίζεται στην ικανότητα της πλασμίνης και ενεργοποιημένου μετά από προσθήκη ουροκινάσης πλασμινογόνου να υδρολύουν το χρωμογόνο υπόστρωμα Val;Lys-p-nitroanilide σε pH 7,4.

- Ο προσδιορισμός των ενεργοποιητών του πλασμινογόνου (PA) βασίστηκε στη μέθοδο των White et al., (1995). Το PA του ορού ή του καζεϊνικού κλάσματος, μπορεί να ενεργοποιήσει το πλασμινογόνο που προστίθεται εξωγενώς με αποτέλεσμα την υδρόλυση του χρωμαγόνου υποστρώματος.

Μετά από την παραπάνω έρευνα, προέκυψαν τα συμπεράσματα ότι:

- Ο κύριος μηχανισμός επίδρασης της υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης σε αυτά τα ένζυμα (PA και PL) του πρόβειου γάλακτος ήταν η μείωση της ενζυμικής ενεργότητας.
- Δεν παρατηρήθηκε μεταφορά της ενεργότητάς τους από την καζεΐνη στον ορό του γάλακτος. Αντίθετα, η μεταφορά ενεργότητας είναι η κυρίαρχη επίδραση της υπερυψηλής πίεσης στο σύστημα πλασμίνης του αγελαδινού γάλακτος.
- Η εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης στους 20 °C, δεν επηρέασε τις ενεργότητες. Η μείωση ήταν στατιστικά σημαντική μετά από επεξεργασία στα 450 και 650 MPa και σε αυτές τις συνθήκες παρατηρήθηκαν έντονα συνεργιστικά φαινόμενα μεταξύ της υπερυψηλής πίεσης και της θερμοκρασίας.
- Η υπερυψηλή πίεση επέδρασε με παρόμοιο τρόπο στην πλασμίνη (PL) και στους ενεργοποιητές του πλασμινογόνου (PL).



Εικόνα 5: Επίδραση του σταδίου γαλουχίας στην καθημερινή απόδοση γαλακτοπαραγωγής (A) και (B) αριθμό σωματικών κυττάρων (SCC) για τις 3 ελληνικές φυλές προβάτων γαλακτοπαραγωγής: Boutsiko, synthetic και Chios.

6.2. Επίδραση της υπερυψηλής πίεσης κατά την πήξη γάλακτος με πυτιά

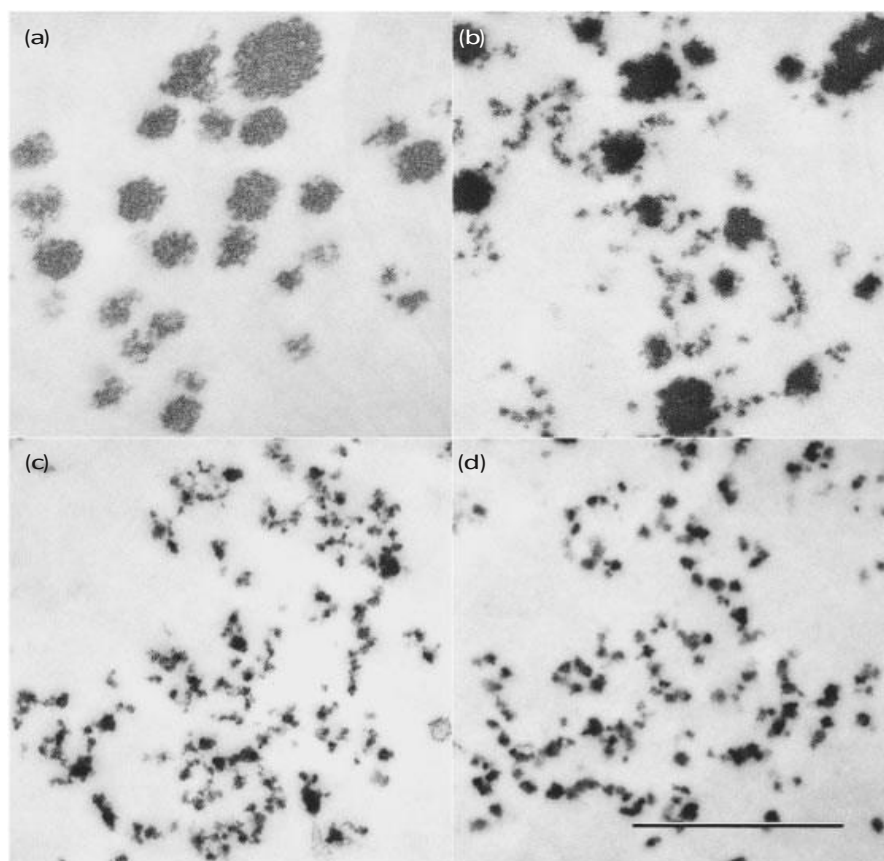
Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων σε γάλα από το οποίο θα παραχθεί τυρί έχει προταθεί πρόσφατα από πολλούς ερευνητές σα μέσο για τον έλεγχο της μικροχλωρίδας του τυριού, για την αύξηση της απόδοσης σε τυρί, καθώς και για την επιτάχυνση της ωρίμανσης αυτού (Coker et al., 2005). Η απόδοση σε τυρί μπορεί να αυξηθεί με την εφαρμογή πιέσεων εξαιτίας της προκαλούμενης αλλοδομής των πρωτεϊνών του ορού (Huppertz et al., 2002) και της ενσωμάτωσής τους στο πρωτεϊνικό δίκτυο του τυροπήγματος (Lopez-Fandino et al., 1996; Needs et al., 2000; Trujillo et al., 1999; Arias et al., 2000). Η κατάσταση αυτή επηρεάζει με δύο τρόπους την απόδοση, άμεσα με την ανάκτηση επιπλέον πρωτεΐνης και έμμεσα επιδρώντας στη συναίρεση και την αποβολή υγρασίας από το πήγμα κατά τη διάρκεια της τυροκόμησης. Η υψηλότερη υγρασία ευνοεί την ταχύτερη ωρίμανση των τυριών και μπορεί να επηρεάσει και το ρυθμό πρόσληψης του αλατιού, αλλά μπορεί να επιδράσει αρνητικά στα τελικά ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η εφαρμογή υψηλών πιέσεων

επιφέρει αλλαγές στα βιοχημικά και τεχνολογικά χαρακτηριστικά του γάλακτος, οι οποίες εξαρτώνται και από την προηγούμενη μεταχείρισή του (pH, θερμική επεξεργασία). Οι μεταβολές αυτές σχετίζονται με το ισοζύγιο αλάτων, την αλλοδομή των πρωτεϊνών του ορού, την κρυστάλλωση του λίπους, την αλλαγή του μεγέθους των καζεϊνικών μικκυλίων, τη δραστηριότητα της πλασμίνης και το χρόνο πήξης με πυτιά. Οι τρεις τελευταίες αλλαγές έχουν μεγάλη σημασία για την ποιότητα των παραγόμενων τυριών, καθώς συσχετίζονται άμεσα με την έκταση και το βάθος της πρωτεόλυσης κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης. Το τυρόπηγμα διαμορφώνεται κυρίως από τις καζεΐνες με ενσωμάτωση μικρών ποσοτήτων πρωτεϊνών του ορού. Αντικείμενο μιας μελέτης που πραγματοποιήθηκε ήταν η μελέτη εφαρμογής υψηλών πιέσεων σε γάλα τυροκόμησης, ενός τυριού άλμης και η μελέτη ταχύτητας πήξης κατά την τυροκόμηση.

Για την επεξεργασία γάλακτος εφαρμόστηκε υπερυψηλή υδροστατική πίεση (200 – 650 MPa) σε συνδυασμό και με θερμοκρασία (20 – 55 °C) εμβολιάστηκε με πυτιά και προσδιορίστηκε η αύξηση της συνεκτικότητας του τυροπήγματος με το χρόνο δράσης της πυτιάς. Η ταχύτητα πήξης μετρήθηκε με τη μεθοδολογία της διάτμησης με μικρού πλάτους ταλάντωση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση υπερυψηλής πίεσης μέχρι τα 300 MPa οδήγησε σε μείωση του χρόνου πήξης των δειγμάτων, ενώ περαιτέρω αύξησή της απαίτησε μεγαλύτερους χρόνους πήξης. Ταυτόχρονα, η αύξηση της θερμοκρασίας δημιούργησε τυρόπηγμα με μικρότερη συνεκτικότητα.

Πίνακας 6.1. Χρόνοι πήξης δειγμάτων και τιμές ιξώδους για δείγματα επεξεργασμένα με υπερυψηλή υδροστατική πίεση

Συνθήκες επεξεργασίας	Χρόνος πήξης (min)	Ιξώδες (Pa*s)
Ανεπεξέργαστο	>30	2.00
200 MPa - 20 °C	20	5.28
200 MPa – 40 °C	18	3.40
200 MPa – 55 °C	12	2.92



Εικόνα 6: Μικρογραφίες ηλεκτρονίων μετάδοσης που δείχνουν καζεϊνικά μικκύλια σε (α) έλεγχο, μη επεξεργασμένο αποβουτυρωμένο γάλα και αποβουτυρωμένο γάλα υπό πίεση για 15 λεπτά στο (β) 200, (γ) 400 ή (δ) 600 MPa. Γραμμή κλίμακας, 500 nm.

6.3. Παραγωγή πρόβειου τυριού άλμης με χρήση οξυγαλακτικής καλλιέργειας εκκίνησης

Για την παραγωγή τυριού φέτα πραγματοποιήθηκε μια μελέτη προκειμένου να δειχθούν ποιες επιπτώσεις έχει η οξυγαλακτική καλλιέργεια εκκίνησης κατά την επεξεργασία του γάλακτος με υπερυψηλή υδροστατική πίεση. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι:

- Η οξίνιση του τυροπήγματος με την επεξεργασμένη με υπερυψηλή πίεση καλλιέργεια καθυστερεί τις πρώτες μέρες μετά την τυροκόμηση και φτάνει στα επίπεδα του μάρτυρα μετά από περίπου μία εβδομάδα.
- Η χρήση καλλιέργειας εκκίνησης δεν επηρέασε κύρια χαρακτηριστικά των τυριών (pH, στερεό υπόλειμμα).

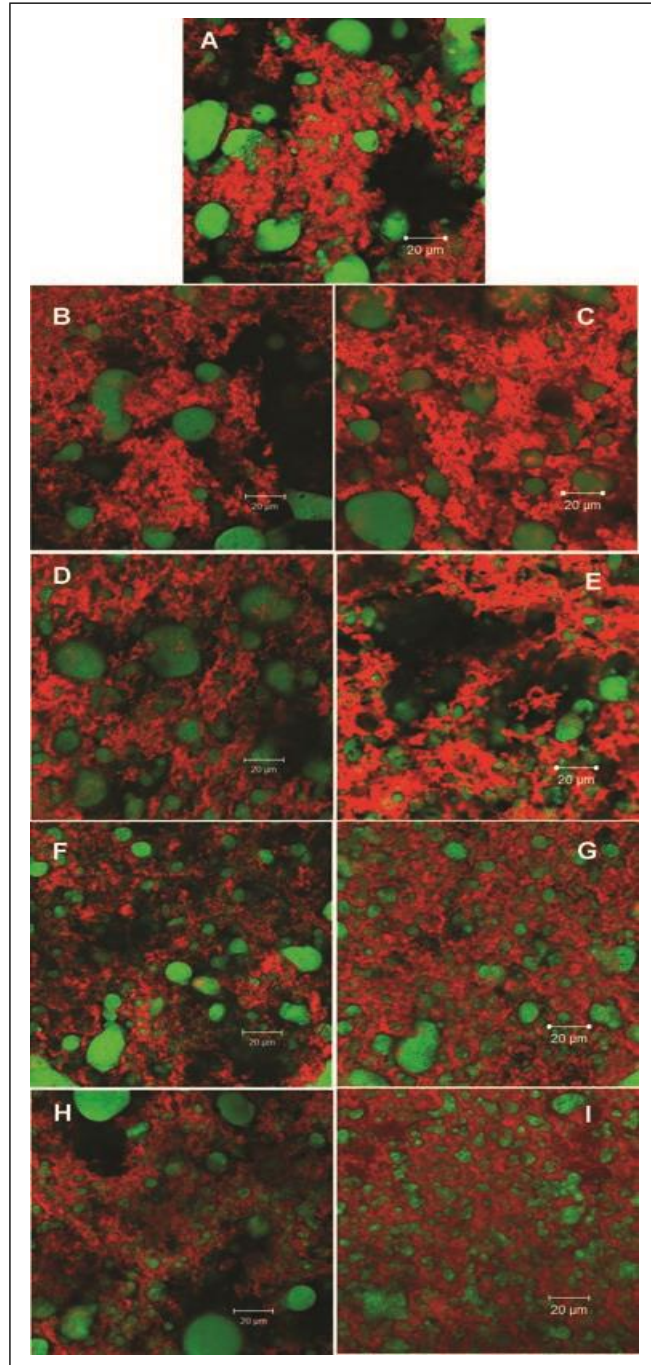
- Από τη μελέτη της εξέλιξης των αζωτούχων κλασμάτων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης προκύπτει ότι η καλλιέργεια εκκίνησης εμπλούτισε το τυρί με πρωτεολυτικά ένζυμα κατά τα πρώτα στάδια της ωρίμανσης.
- Τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως κύρια ή πρόσθετη καλλιέργεια εκκίνησης με σκοπό την επιτάχυνση της ωρίμανσης.

6.4. Επίδραση της υπερυψηλής πίεσης στις φυσικοχημικές ιδιότητες

Η ομογενοποίηση του γάλακτος με υπερυψηλή πίεση, παράγει γάλα με παρόμοια μικροβιακά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά με το γάλα που έχει υποστεί θερμική επεξεργασία. Για την απόδειξη αυτής της θεωρίας έγινε πειραματική μελέτη προκειμένου να φανεί με ποιον τρόπο δρα η εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης στις βιταμίνες του γάλακτος, σε σχέση με τη θερμική επεξεργασία. Εφαρμόστηκε πίεση ίση με 300 MPa σε θερμοκρασίες 45, 55, 65, 75 και 85 °C, ενώ κατά τη θερμική επεξεργασία η θερμοκρασία ήταν στους 90 °C για 15s και 138 °C για 4s.

Έπειτα, από την παραπάνω επεξεργασία, το αποτέλεσμα ήταν να μειωθεί η καταστροφή του νικοτιναμίδιου, της θειαμίνης, της ριβοφλαβίνης, και της βιταμίνης C στο γάλα με δράση της υπερυψηλής πίεσης, σε σχέση με τη θέρμανση, που είχε προκαλέσει μεγαλύτερη καταστροφή. Με τη χρήση της υπερυψηλής πίεσης επιτεύχθηκε η διατήρηση των ποσοτήτων των βιταμινών σε παρόμοια ποσότητα των βιταμινών του επεξεργασμένου γάλακτος.

Επιπλέον, λευκά τυριά άλμης επεξεργάστηκαν με υπερυψηλή πίεση στα 50, 100, 200, και 400 MPa στους 22 °C για 5 και 15 min και η ωρίμανσή τους έγινε εντός 60 ημερών. Σκοπός ήταν να προσδιοριστεί η δράση της υπερυψηλής πίεσης στη χημική σύσταση, την υφή, τη μικροδομή και το χρώμα. Αποδείχθηκε ότι η υπερυψηλή πίεση δεν προκάλεσε μεταβολή του ποσοστού υγρασίας, πρωτεΐνης και λίπους των τυριών. Εφαρμόζοντας, όμως, πιέσεις στα 200 και 400 MPa προέκυψε τυρί πιο μαλακό, λιγότερο ελαστικό, κολλώδες και λαστιχωτό. Το χρώμα του έγινε κιτρινωπό και πρασινωπό. Οπότε, το συμπέρασμα είναι ότι η πίεση είναι πιο ικανοποιητική, όταν δεν είναι πολύ υψηλή.



Εικόνα 7: Μικρογραφίες συναναστροφικής σάρωσης των δειγμάτων μη συμπιεσμένου (A) και συμπιεσμένου λευκού τυριού στα 50 MPa για 5 min (B) και 15 min (C), 100 MPa για 5 min (D) και 15 min (E), 200 MPa για 5 min (F) και 15 min (G) και 400 MPa για 5 min (H) και 15 min (I). Τα σφαιρίδια λίπους εμφανίζονται με πράσινα χρώματα και οι πρωτεΐνες με κόκκινα χρώματα.

6.5. Αδρανοποίηση του *Bacillus*

Η αδρανοποίηση των σπορίων *Bacillus* σε αποστειρωμένο γάλα έχει μελετηθεί εκτενώς (Peleg et al., 2006, Tabit and Buy, 2011). Τα σπόρια κατά τη θερμική επεξεργασία είναι ικανά να επιβιώσουν και έπειτα να βλαστήσουν στο γάλα. Έγιναν προσπάθειες, προκειμένου να μειωθούν κάποια από τα μειονεκτήματα της θερμικής επεξεργασίας, όπως η απώλεια θρεπτικών συστατικών, η ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών από το βρασμό του γάλακτος και η μετουσίωση των πρωτεϊνών (Cattaneo et al., 2008, Datta and Deeth, 2003, Walstra et al., 2006). Μία από τις μεθόδους που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε αυτή την περίπτωση είναι η εφαρμογή της υπερυψηλής πίεσης.

Στη μελέτη, η οποία έγινε για την επιτυχία της αδρανοποίησης, εφαρμόστηκε πίεση στα 300 MPa με θερμοκρασία 55,65, 75 και 85 °C σε πλήρες γάλα, το οποίο εμβολιάστηκε με σπόρια *Bacillus*. Κατά την εφαρμογή πίεσης στα 300 MPa στους 75 και 85 °C έγινε αδρανοποίηση των σπορίων ~5 log cfu/mL. Κάποια είδη του *Bacillus* αδρανοποιήθηκαν και στους 65 °C. Όλη αυτή η διαδικασία αποδεικνύει ότι η τεχνολογία υπερυψηλής υδροστατικής πίεσης είναι κατάλληλη για την αδρανοποίηση των σπορίων σε υψηλό βαθμό, παράγοντας αποστειρωμένο γάλα έτοιμο προς κατανάλωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα, τα οποία έχουν προκύψει από διάφορες μελέτες, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η υπερυψηλή υδροστατική πίεση είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται κατά την παστερίωση και την αποστείρωση του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων. Στις περισσότερες περιπτώσεις επιφέρει επιθυμητά αποτελέσματα στα προϊόντα, τα οποία έχουν επεξεργαστεί με εφαρμογή πίεσης, σε σχέση με τα θερμικά επεξεργασμένα προϊόντα. Βέβαια, σημαντική προϋπόθεση είναι η πίεση που ασκείται στο προς επεξεργασία τρόφιμο, να συνδυάζεται με κατάλληλη θερμοκρασία.

Η επεξεργασία του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων με υπερυψηλή πίεση σε κατάλληλες θερμοκρασίες καταλήγει σε προϊόντα, τα οποία έχουν καλύτερα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και φυσικοχημικές ιδιότητες, σε σχέση με τα προϊόντα που έχουν υποστεί θερμική επεξεργασία. Καταφέρνει να μειώσει τους παθογόνους μικροοργανισμούς και κάποια ένζυμα, που καταστρέφουν την ποιότητα των τελικών γαλακτοκομικών προϊόντων. Επίσης, με αυτή τη διαδικασία μειώνεται ο χρόνος πήξης του τυρογάλακτος κατά την τυροκόμηση, αλλά μόνο όταν η εφαρμοσμένη θερμοκρασία δεν είναι υψηλή. Ταυτόχρονα, σε μεγάλες τιμές πίεσης και θερμοκρασίας μειώνεται η τιμή του ιξώδους, αλλά αυξάνεται ο χρόνος πήξης.

Απ' όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, το συμπέρασμα είναι ότι η υπερυψηλή υδροστατική πίεση, συνδυασμένη με κατάλληλη θερμοκρασία είναι μία μέθοδος, η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται στη βιομηχανία του γάλακτος. Δύο από τους λόγους που δε χρησιμοποιείται συχνά είναι το υψηλό κόστος για τις μονάδες παραγωγής και η αδυναμία να παράγονται μεγάλες ποσότητες τελικών προϊόντων. Έτσι, η θερμική κατεργασία παραμένει ως βασική διαδικασία για την επεξεργασία και τη συσκευασία των γαλακτοκομικών προϊόντων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Αρβανιτογιάννης Σ. Ιωάννης, Στρατάκος Χ. Αλέξανδρος, Τεχνολογίες επεξεργασίας και συσκευασίας τροφίμων, UNIVERSITY STUDIO PRESS

ΓΙΑΝΝΟΓΛΟΥ Ν. ΜΑΡΙΑΝΝΑ, Έλεγχος της Δομής και της Δράσης Ενζύμων με Υπερυψηλή Πίεση: Εφαρμογή στην Παραγωγή και Ωρίμανση Γαλακτοκομικών Προϊόντων, ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Σύνθεσης και Ανάπτυξης Βιομηχανικών Διαδικασιών (IV), Εργαστήριο Χημείας και Τεχνολογίας Τροφίμων, Αθήνα, ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ 2016

Γώγου Γ. Ελένη, Χημικός Μηχανικός, ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΔΕΙΚΤΩΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΤΗΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΕΡΥΨΗΛΗΣ ΥΔΡΟΣΤΑΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ ΣΤΑ ΤΡΟΦΙΜΑ, ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ, ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΝΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ, ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2010

ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΕΛΛΑΔΑΣ, ΠΡΑΚΤΙΚΑ Α΄ ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΥ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΣΥΝΕΔΡΙΟΥ ΓΙΑ ΤΟ ΓΑΛΑ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΟΥ, ΕΙΔΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ • ΕΤΟΣ 2009

Καμιναρίδης Στέλιος, Αν. καθηγητής Γ.Π.Α., Μοάτσου Γκόλφω, Επ. Καθηγήτρια Γ.Π.Α., Γαλακτοκομία, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΒΡΥΟ

ΚΑΝΑΠΙΤΣΑΣ Α. ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ, Κινητική Απενεργοποίηση των *Staphylococcus aureus* και *Streptococcus* spp. στο γάλα με Εφαρμογή Υπερυψηλής Υδροστατικής Πίεσης, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Αθηνών, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, Εργαστήριο Μικροβιολογίας Τροφίμων, Αθήνα 2009

Μπαλατσούρας Γιώργος, Ομότιμος Καθηγητής Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών, Μικροβιολογία Τροφίμων, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΕΜΒΡΥΟ

ΜΠΛΟΥΚΑΣ Γ. ΙΩΑΝΝΗΣ, Καθηγητής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης,
Επεξεργασία & Συντήρηση Τροφίμων, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΑΘ. ΣΤΑΜΟΥΛΗΣ

Ξένη βιβλιογραφία

Coker C.J., Crawford R.A., Johnston K.A., Singh H., Creamer L.K., Towards the classification of cheese variety and maturity on the basis of statistical analysis of proteolysis data—a review, *International Dairy Journal* 15 (2005) 631–643

Espejo Amador G.G., Chacon Gallardo J.J., Nykänen H., Juan B., Trujillo A.J., Effect Of Ultra High-Pressure Homogenization on hydro- and liposoluble milk vitamins, *Food Research International*

Espejo Amador Genaro Gustavo, Hernandez-Herrero M.M., Juan B., Trujillo A.J., Inactivation of Bacillus spores inoculated in milk by Ultra High Pressure Homogenization, *Food Microbiology*

Huppertz Thom, Alan L. Kelly*, Fox F. Patrick, Effects of high pressure on constituents and properties of milk, *INTERNATIONAL DAIRY JOURNAL*

Juan Bibiana, Zamora Anna, Quevedo Joan Miquel, Trujillo Antonio-Jose, Proteolysis of cheese made from goat milk treated by ultra high pressure homogenization, *LWT - Food Science and Technology*

Koca N., Balasubramaniam V.M., and Harper W.J., High-Pressure Effects on the Microstructure, Texture, and Color of White-Brined Cheese

Koutsouli P., Patounas G., Massouras Th., Bizelis I., Politis I., Plasmin–plasminogen system and milk coagulation properties of two Greek dairy sheep breeds, *Small Ruminant Research*

LOPEZ-FANDINO R., CARRASCOSA A. V. CA, and OLANO A., The Effects of High Pressure on Whey Protein Denaturation and Cheese-Making Properties of Raw Milk, Instituto de Fermentaciones Industriales (CSIC), Juan de la Cierva 3. 28006 Madrid, Spain, *DAIRY FOODS*

Meng Jun, Gong Yi, Qian Ping, Yu Yong-Jian, Zhang Juan-Xiao, Lu Rong-Rong, Combined effects of ultra-high hydrostatic pressure and mild heat on the inactivation of *Bacillus subtilis*, *LWT - Food Science and Technology*

NEED C. ERIC, STENNING A. ROBERT, GILL L. ALISON, FERRAGUT VICTORIA AND RICH T. GILLIAN, High-pressure treatment of milk: effects on casein micelle structure and on enzymic coagulation, Institute of Food Research, Reading Laboratory, Earley Gate, Reading RG6 6BZ, UK, Unitat de Tecnologia dels Aliments, Facultat de Veterinaria, Universitat Autònoma de Barcelona, E-08193 Bellaterra (Barcelona), Espanya, Institute of Food Research, Norwich Laboratory, Norwich Research Park, Colney, Norwich, NR4 7UA, UK, ResearchGate

Pereda J., Ferragut V., Quevedo J. M., Guamis B., and Trujillo A. J., Effects of Ultra-High Pressure Homogenization on Microbial and Physicochemical Shelf Life of Milk, *American Dairy Science Association*, 2007

Pereda J., Ferragut V., Quevedo J.M., Guamis B., Trujillo A.J., Heat damage evaluation in ultra-high pressure homogenized milk, *Food Hydrocolloids*

POUTIS I., ZAVIZION B., BARBANO D. M. and GOREWIT R. C., Enzymatic Assay for the Combined Determination of Plasmin Plus Plasminogen In Milk: Revisited, Northeast Dairy Foods Research Center, Department of Animal Science, Cornell University Ithaca, NY 14853

Theodorou G., Kominakis A., Rogdakis E., and Politis I., Factors Affecting the Plasmin-Plasminogen System in Milk Obtained from Three Greek Dairy Sheep Breeds with Major Differences in Milk Production Capacity, Department of Animal Science, Agricultural University of Athens, 11855 Athens, Greece, *American Dairy Science Association*, 2007