



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ

THE AROMATIC PROFILE OF CHEESES



ΜΥΛΩΝΑ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

A.M. 14478

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2022

Έγινε δεκτή

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει τη πτυχιακή εργασία με τίτλο “ΤΟ ΑΡΩΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΦΙΛ ΤΩΝ ΤΥΡΙΩΝ” , που παρουσιάστηκε από την Μυλωνά Αικατερίνη και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια
Ευσταθία Τσάκαλη


Μέλος Επιτροπής
Δήμητρα Μάργαρη

Μέλος Επιτροπής
Μυρτώ Τριάντη

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Μυλωνά Αικατερίνη του Ιωάννη, με αριθμό μητρώου 14478 φοιτήτρα του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής Επιστημών Τροφίμων του Τμήματος Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Μυλωνά Αικατερίνη



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτρια , για τον χρόνο, την βοήθεια και την καθοδήγηση που μου παρείχε, ώστε να ολοκληρωθεί η παρούσα πτυχιακή εργασία, αλλά και για τις γνώσεις που μου πρόσφερε καθ' όλα τα φοιτητικά μου χρόνια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τα αδέρφια μου και τους φίλους μου για την κατανόηση, την υπομονή, την στήριξη και την ηθική συμπαράσταση που μου πρόσφεραν το διάστημα της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας, καθώς και το διάστημα που ήμουν φοιτήτρια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή	10
1.1 Σκοπός και στόχοι της πτυχιακής εργασίας	10
1.2 Οργάνωση κεφαλαίων	10
Κεφάλαιο 2ο: Γάλα και παραγωγή τυριού	11
2.1 Ορισμός γάλακτος	11
2.2 Συστατικά γάλακτος	11
2.2.1 Λίπος γάλακτος	11
2.2.2 Πρωτεΐνες γάλακτος	12
2.2.3 Λακτόζη	13
2.2.4 Άλατα γάλακτος	14
2.2.5 Βιταμίνες γάλακτος	14
2.2.6 Ένζυμα γάλακτος	15
2.2.7 Νερό	16
2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση του γάλακτος	16
2.4 Μεταποίηση και εκμετάλλευση του γάλακτος	17
2.5 Ιδιότητες γάλακτος	18
2.5.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες του γάλακτος	18
2.5.2 Βιολογικές ιδιότητες γάλακτος	20
2.5.3 Διατροφική αξία του γάλακτος	21
Κεφάλαιο 3 : Τυρί	23
3.1 Εισαγωγικά στοιχεία	23
3.2 Ταξινόμηση τυριών	24
3.3 Παράγοντες που συντελούν στην ποικιλομορφία των τυριών	29
3.4 Πυτιά	30
3.5 Στάδια τυροκόμησης	31
3.5.1 Επεξεργασία γάλακτος πριν την τυροκόμηση	31
3.5.2 Πήξη γάλακτος	32
3.5.3 Προσθήκη καλλιέργειας εκκίνησης	33
3.5.4 Μετά την πήξη	35
3.6 Διατροφική αξία τυριού	39
Κεφάλαιο 4 : Αρωματικό προφίλ τυριών	41
4.1 Εισαγωγικά στοιχεία	41
4.2 Flavor τυριού	42

4.2 Η ωρίμανση των τυριών και η διαμόρφωση του αρώματος και της γεύσης τους	49
4.2.1 Καταβολισμός λακτόζης, γαλακτικού και κιτρικού οξέος	51
4.2.2 Καταβολισμός Λιπιδίων	52
4.2.3 Καταβολισμός πρωτεϊνών	52

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΤΥΡΙ	54
5.1 Εισαγωγικά στοιχεία	54
5.2 Απομόνωση αρωματικών ενώσεων τυριού	55
5.2.1 Εκχύλιση Απόσταξη / εκχύλιση με τη βοήθεια διαλυτών (distillation / solvent extraction)	56
5.2.2 Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (Solid Phase Microextraction – SPME)	58
5.2.3 Θερμική εκρόφηση (Thermal Desorption -TD)	59
5.1.6 Purge & trap (PT)	61
5.2 Αέρια χρωματογραφία – ολφακτομετρία – φασματομετρία μάζας (Gas Chromatography – Olfactometry – Mass Spectrometry, GC – O – MS)	62
5.3 Ερευνητικά στοιχεία	63
Συμπεράσματα	66
Ξενόγλωσση βιβλιογραφία	68
Ελληνική βιβλιογραφία	72

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1: Λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες γάλακτος	15
Πίνακας 2: Διάκριση τυριών από γάλα με ωρίμανση σε κατηγορίες και ποιότητες σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών	25
Πίνακας 3: Διάκριση φρέσκων τυριών σε ποιότητες	25
Πίνακας 4: Διάκριση τυριών τυρογάλακτος σε ποιότητες	26
Πίνακας 5: Κατάλογος τυριών ΠΟΠ ή ΠΓΕ	27
Πίνακας 6: Παραδείγματα σημαντικών αρωματικών ενώσεων σε ορισμένους τύπους τυριών	46
Πίνακας 7: Τεχνικές εκχύλιση κατάλληλες για την πτητική ανάλυση γαλακτοκομικών προϊόντων	55

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1: Καταβολισμός λιπιδίων	52
Διάγραμμα 2: Καταβολισμός πρωτεϊνών	53

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1: Μόριο λακτόζης (β-D-γαλακτόζη και β-D-γλυκόζη ενωμένες με γλυκοζιτικό δεσμό 1,4).....	13
Εικόνα 2: Απεικόνιση των ανθρωπίνων οργάνων που συμβάλουν στον σχηματισμό του flavon, δηλαδή του οσφρητικού επιθηλίου, των οσφρητικών και των γευστικών υποδοχέων καθώς και του τρίδυμου νεύρου.....	42
Εικόνα 3: Ανατομία της ανθρώπινης γλώσσας. Διακρίνονται οι γευστικοί κάλυκες, οι οποίοι ανταποκρίνονται στις πέντε βασικές γεύσεις	44
Εικόνα 4: Headspace - Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (HS-SPME)	59
Εικόνα 5: Θερμική εκρόφηση	60
Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση του σχήματος purge & trap.....	62
Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος GC-O-MS.....	63

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Θέμα αυτής της πτυχιακής εργασίας είναι το αρωματικό προφίλ των τυριών. Κατά την κατανάλωση του τυριού, η ανθρώπινη όσφρηση διεγείρεται είτε μέσω της εισπνοής, όπου αερομεταφερόμενες οσμηγόνες ενώσεις από το συγκεκριμένο τρόφιμο εισέρχονται στη μύτη και επικάθονται στο επιθήλιο είτε μέσω της μεταφοράς πτητικών ενώσεων που ελευθερώνονται κατά τη μάσηση, από τη στοματική στη ρινική κοιλότητα. Ο αρωματικός χαρακτήρας των τυριών δεν είναι σταθερός, αλλά καθορίζεται από διάφορους παράγοντες, όπως είναι η προέλευση, η ποιότητα και η σύσταση της πρώτης ύλης, οι τεχνικές παραγωγής που εφαρμόζονται, το είδος των μικροοργανισμών και των ενζύμων που συμμετέχουν στην παραγωγική διαδικασία, οι φυσικοχημικές μεταβολές που σημειώνονται κατά την παραγωγή, την αποθήκευση και την ωρίμανση του τυριού. Κατά την ωρίμανση, συντελούνται σημαντικές βιοχημικές αντιδράσεις καταβολισμού με τη βοήθεια μικροοργανισμών και ενζύμων, όπως ο καταβολισμός της λακτόζης, του γαλακτικού και του κιτρικού οξέος, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών. Πολλά από τα προϊόντα αυτών των αντιδράσεων επιδρούν στην αρωματική σύνθεση και στον ιδιαίτερο αρωματικό χαρακτήρα που παρουσιάζουν ορισμένα τυριά. Εκτός από την οργανοληπτική εκτίμηση του αρωματικού προφίλ των τυριών, έχουν αναπτυχθεί και διάφορες τεχνικές με τις οποίες απομονώνονται, ανιχνεύονται και ταυτοποιούνται οι αρωματικές ενώσεις. Η απομόνωση πτητικών αρωματικών ενώσεων ενός δείγματος τυριού μπορεί να γίνει παραδοσιακά με εκχύλιση ή/και απόσταξη, αλλά και με πιο καινοτόμες μεθόδους όπως η μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (SPME), η θερμική εκρόφηση (TD), η τεχνική purge & trap (PT). Η ανίχνευση και ταυτοποίηση των συστατικών που συνθέτουν το αρωματικό προφίλ των τυριών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια της αέριας χρωματογραφίας-ολφακτομετρίας-φασματομετρία μάζας (GC-O-MS).

Λέξεις κλειδιά: αρωματικό προφίλ τυριού, ωρίμανση τυριού, μικροεκχύλιση, θερμική εκρόφηση, purge & trap, ολφακτομετρία

ABSTRACT

The subject of this thesis is the aromatic profile of cheeses. When eating the cheese, the human sense of smell is stimulated either through inhalation, where airborne osmogenic compounds from the particular food enter the nose and deposit on the epithelium, or through the transport of volatile compounds released during chewing from the oral cavity to the nasal cavity. The aromatic character of cheeses is not constant, but is determined by various factors, such as the origin, quality and composition of the raw material, the production techniques applied, the type of microorganisms and enzymes involved in the production process, the physicochemical changes that occur during the production, storage and ripening of the cheese. During ripening, important biochemical catabolism reactions take place with the help of microorganisms and enzymes, such as the catabolism of lactose, lactic and citric acid, lipids and proteins. Many of the products of these reactions affect the aromatic composition and the particular aromatic character presented by certain cheeses. In addition to the organoleptic assessment of the aromatic profile of cheeses, various techniques have been developed to isolate, detect and identify aromatic compounds. The isolation of volatile aromatic compounds of a cheese sample can be done traditionally by extraction and/or distillation, but also by more innovative methods such as solid phase microextraction (SPME), thermal desorption (TD), purge & trap technique (PT). The detection and identification of the components that make up the aromatic profile of cheeses can be carried out with the help of gas chromatography-olfactometry-mass spectrometry (GC-O-MS).

Keywords: cheese aroma profile, cheese ripening, microextraction, thermal desorption, purge & trap, olfactometry

Κεφάλαιο 1ο: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και στόχος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο μελέτης τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ των τυριών. Στόχος είναι η ανάλυση των τυριών, εντοπίζοντας τις βασικές γνώσεις που απαιτούνται και εφαρμόζοντας μια δομημένη μεθοδολογία για την απόκτηση συμπληρωματικών γνώσεων σχετικά με τις ενώσεις που διαμορφώνουν τον αρωματικό χαρακτήρα των τυριών. Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε η εργασία να διατηρήσει είναι γραμμένη με κατανοητό και σαφή τρόπο και το περιεχόμενο να είναι συνεπές, επαληθεύσιμο κι σύμφωνο με τα επιστημονικά δεδομένα που συγκεντρώθηκαν.

1.2 Οργάνωση κεφαλαίων

Η εργασία αποτελείται από πέντε κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μία αναφορά στους στόχους και στην οργάνωση των κεφαλαίων.

Το δεύτερο και το τρίτο κεφάλαιο λειτουργούν ως εισαγωγικά, καθώς σε αυτά περιγράφονται βασικές έννοιες που αφορούν το γάλα και το τυρί αντίστοιχα. Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύεται το γάλα, κυρίως ως πρώτη ύλη, αλλά και οι κυριότερες βιολογικές και φυσικοχημικές του ιδιότητες, αλλά και η διατροφική του αξία. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρονται τα κυριότερα στάδια παρασκευής των τυριών, καθώς και η διατροφική αξία του τυριού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, εξηγείται η έννοια του flavonol και αναφέρονται αρωματικές ενώσεις που προσδιορίστηκαν μέσα από επιστημονικές μελέτες, καθώς και οι βιοχημικές οδοί που αφορούν την παραγωγή των ενώσεων που διαμορφώνουν το αρωματικό προφίλ των τυριών.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αντικείμενο μελέτης είναι ορισμένοι μέθοδοι εκχύλισης και προσδιορισμού του αρωματικού προφίλ των τυριών, εκτός από την οργανοληπτική δοκιμή.

Κεφάλαιο 2ο: Γάλα και παραγωγή τυριού

2.1 Ορισμός γάλακτος

Το γάλα ορίζεται η φυσιολογική έκκριση από το μαστό γαλακτοφόρου ζώου, η λήψη του οποίου γίνεται με τη βοήθεια μίας ή περισσότερων αμέλξεων ή από ένα πλήρες και χωρίς διακοπή άρμεγμα, χωρίς να έχει υποστεί καμία προσθήκη ή αφαίρεση και προορίζεται να καταναλωθεί ως πόσιμο γάλα ή για περαιτέρω επεξεργασία. Σύμφωνα με τον ελληνικό Κώδικα Τροφίμων και Ποτών, θα πρέπει να μην περιέχει πρωτόγαλα, δηλαδή το γαλακτώδες υγρό που παράγουν τα γαλακτοπαραγωγικά ζώα τις πρώτες μέρες μετά τον τοκετό. Κάθε γαλακτοφόρο ζώο που προορίζεται να παράγει γάλα για ανθρώπινη κατανάλωση και χρήση θα πρέπει να είναι υγιές, σε καλή φυσική κατάσταση, να διατρέφεται καλά και να μην έχει υποστεί καταπόνηση.

Το γάλα από φυσική άποψη είναι ένα αραιό γαλάκτωμα της λιπαρής φάσης, στο οποίο τα μικύλλια της καζεΐνης βρίσκονται σε κολλοειδή διασπορά, ενώ τα υδατοδιαλυτά συστατικά υπό τη μορφή μοριακού διαλύματος. Το γάλα θα μπορούσε επίσης να περιγραφεί ως ένα κολλοειδές εναιώρημα.

2.2 Συστατικά γάλακτος

Η ποιότητα του γάλακτος εξαρτάται άμεσα από τη χημική του σύσταση και την μικροβιακή του κατάσταση. Τα βασικότερα συστατικά που συνθέτουν το γάλα είναι γαλακτωματοποιημένα σφαιρίδια λίπους (τριγλυκερίδια, φωσφολιπίδια, χοληστερόλη, ελεύθερα λιπαρά οξέα και διγλυκερίδια), μια ετερογενή ομάδα πρωτεϊνών (80% καζεΐνη, 20% πρωτεΐνες του ορού), υδατάνθρακες με σημαντικότερη τη λακτόζη (γλυκόζη και γαλακτόζη), άλατα - ιχνοστοιχεία, βιταμίνες, ένζυμα και νερό.

2.2.1 Λίπος γάλακτος

Το λίπος του γάλακτος καθορίζει την αίσθηση που αφήνει το τυρί στο στόμα, αλλά και συμβάλλει στην ανάπτυξη της γεύσης. Το είδος και η ποσότητα των λιπιδίων που περιέχονται στο γάλα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών ειδών θηλαστικών. Πρόκειται κυρίως για ένα μίγμα που αποτελείται από τριγλυκερίδια (~98%), ενώ τα υπόλοιπα συστατικά ανήκουν στις κατηγορίες των φωσφολιπιδίων, στεροειδών, καροτενοειδών και λιποδιαλυτών βιταμινών A, D, E και K (Kailasapathy, 2015).

Τα λιπαρά συστατικά του γάλατος σχηματίζουν γαλακτωματοποιημένα σφαιρικά σωματίδια, μεγέθους 1-20 μm. Στην εξωτερική επιφάνεια κάθε σφαιριδίου προσροφούνται άλλα συστατικά, όπως πρωτεΐνες και φωσφολιπίδια, τα οποία σχηματίζουν ένα περίβλημα, μία μεμβράνη, η οποία λειτουργεί ως σταθεροποιητικός παράγοντας του γαλακτώματος λίπους. Τα σφαιρικά αυτά σωματίδια λέγονται λιποσφαίρια (Kailasapathy, 2015).

Τα λιπαρά συστατικά μπορούν εύκολα να διαχωριστούν από την υπόλοιπη μάζα γάλατος με την εφαρμογή φυσικών μεθόδων, καθώς έχουν την τάση να ανέβουν στην επιφάνεια, λόγω μικρής πυκνότητας (Kailasapathy, 2015).

2.2.2 Πρωτεΐνες γάλακτος

Οι πρωτεΐνες που περιέχονται στο γάλα διακρίνονται σε δύο τύπους, με διαφορετικές φυσικοχημικές ιδιότητες που επιτρέπουν τον διαχωρισμό τους.

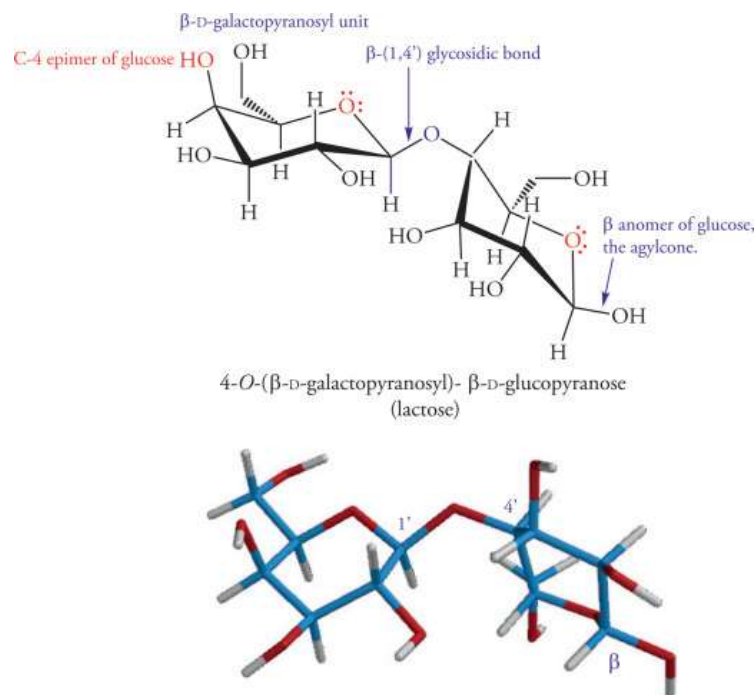
- Καζεΐνες. Είναι σφαιρικά μόρια και αντιστοιχούν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 80% της συνολικής πρωτεΐνης του γάλακτος. Διαιρούνται σε πέντε υποκατηγορίες: α-s1, α-s2, β, γ και κ-καζεΐνες. Σε συγκεκριμένες συνθήκες pH (pH=4,6) και θερμοκρασίας (20°C) απομακρύνονται από το γάλα με καταβύθιση.
- Πρωτεΐνες ορού γάλακτος. Περιλαμβάνουν αλβουμίνες (~75%), γλοβουλίνες (~15%) και ένα ποσοστό πεπτονών (~10%). Ένα μικρό ποσοστό είναι πρωτεΐνες που έχουν προέλευση το αίμα, όπως είναι η λευκωματίνη ορού και οι ανοσοσφαιρίνες. Οι αλβουμίνες και οι γλοβουλίνες είναι θερμοευαίσθητα πρωτεϊνικά μόρια που παθαίνουν

μετουσίωση αν εκτεθούν σε θερμοκρασία 90°C για χρονικό διάστημα 5 min.

Οι πρωτεΐνες είναι τα κύρια συστατικά που επιτρέπουν τη μετατροπή του γάλακτος σε γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως γιαούρτι και τυρί. Η διατροφική αξία των πρωτεΐνων του γάλακτος είναι υψηλή, λόγω των ειδικών βιολογικών δράσεων τους.

2.2.3 Λακτόζη

Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης, που σχηματίζεται από δύο μόρια μονοσακχαριτών, β-D-γαλακτόζη και β-D-γλυκόζη ενωμένες με γλυκοζιτικό δεσμό 1,4 (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Μόριο λακτόζης (β-D-γαλακτόζη και β-D-γλυκόζη ενωμένες με γλυκοζιτικό δεσμό 1,4)

Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128128381500281>

Η λακτόζη είναι το σάκχαρο που βρίσκεται στη μεγαλύτερη αναλογία στο γάλα. Η σύνθεση του πραγματοποιείται στα οργανίδια Golgi που βρίσκονται στα γαλακτικά

μαστικά κύτταρα των γαλακτοπαραγωγικών ζώων. Σχηματίζεται με τη βοήθεια της γλυκόζης που περιέχεται στο αίμα. Η απομόνωση και παραλαβή της από τη συνολική ποσότητα γάλακτος μπορεί να γίνει με τη διαδικασία της κρυστάλλωσης. Προσδίδει στο γάλα ελαφρώς γλυκιά γεύση. Διαμορφώνει τις φυσικοχημικές ιδιότητες των συμπυκνωμένων και κονιοποιημένων γαλακτοκομικών προϊόντων.

2.2.4 Μέταλλα γάλακτος

Τα μέταλλα που περιέχονται στο γάλα μπορεί να σχηματίζουν είτε οργανικές είτε ανόργανες ενώσεις, δηλαδή άλατα. Τα μεταλλικά στοιχεία χωρίζονται σε δύο ομάδες:

- Κύρια μέταλλα. Βρίσκονται στο γάλα στη μεγαλύτερη περιεκτικότητα που υπάρχουν στη μεγαλύτερη συγκέντρωση, όπως είναι το κάλιο (K), το νάτριο (Na), το ασβέστιο (Ca) και το μαγνήσιο (Mn)
- Δευτερεύοντα άλατα ή ιχνοστοιχεία. Βρίσκονται σε μικροποσότητες στο γάλα. Παραδείγματα ιχνοστοιχείων είναι ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), ο σίδηρος (Fe), ο μόλυβδος (Pb), το μαγγάνιο (Mn), το βρώμιο (Br), το ιώδιο (I).

Η σύσταση των μεταλλικών στοιχείων και η αναλογία με την οποία βρίσκονται στο γάλα είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης πολλών παραγόντων. Επηρεάζεται παράγοντες όπως το είδος και η φυλή του ζώου, το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, η χρονική απόσταση μεταξύ δύο κυοφοριών, οι ζωοτροφές που καταναλώνει, αλλά και το αν είναι υγιές ή πάσχει, για παράδειγμα, από μαστίτιδα.

2.2.5 Βιταμίνες γάλακτος

Οι βιταμίνες διαχωρίζονται με κριτήριο αν έχουν την ικανότητα να διαλύονται στο νερό ή όχι, υδατοδιαλυτές και λιποδιαλυτές βιταμίνες, αντίστοιχα. Το γάλα που χρησιμοποιείται για την παραγωγή των γαλακτοκομικών προϊόντων μπορεί να είναι πλήρες σε λιπαρά, αλλά μπορεί να έχει υποβληθεί σε μερική ή ολική απομάκρυνση των λιπαρών ουσιών που περιέχει. Ένα γαλακτοκομικό προϊόν που παρασκευάστηκε με γάλα που διατηρεί όλο το λίπος του, είναι ένα γαλακτοκομικό προϊόν στο οποίο

περιέχονται όλες οι λιποδιαλυτές βιταμίνες του γάλακτος. Η περιεκτικότητα των τυριών σε υδατοδιαλυτές βιταμίνες διαφέρει και εξαρτάται από την τεχνολογία παρασκευής τους (π.χ. ορός που συγκρατήθηκε στο τυρόπηγμα, μικροοργανισμοί που αναπτύχθηκαν) . Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι κυριότερες λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες που περιέχονται στο γάλα, καθώς και η μέση ποσότητα τους ανά 100g γάλα.

Πίνακας 1: Λιποδιαλυτές και υδατοδιαλυτές βιταμίνες γάλακτος

Όνομασία βιταμινών	Ποσότητα ανά 100g γάλα
Λιποδιαλυτές βιταμίνες	
Βιταμίνη Α (ρετινόλη)	40 µg
Βιταμίνη D (καλσιφερόλη)	4 IU
Βιταμίνη Ε (τοκοφερόλες)	100 µg
Βιταμίνη Κ (φυλλικινόνη-μεμακινόνη)	5 µg
Υδατοδιαλυτές βιταμίνες	
Βιταμίνη Β1 (θειαμίνη)	45 µg
Βιταμίνη Β2 (ριβοφλαμίνη)	175 µg
Βιταμίνη Β3 (νιασίνη)	90 µg
Βιταμίνη Β6 (πυριδοξαμίνη)	350 µg
Βιοτίνη	3,5 µg
Φυλλικό ή φολικό οξύ	5,5 µg

Πηγή: Kailasapathy, 2015

2.2.6 Ένζυμα γάλακτος

Τα ενδογενή ή φυσικά ένζυμα στο γάλα ανήκουν στα δευτερεύοντα συστατικά του. Η προέλευση αυτών των ενζύμων είναι είτε από το γαλακτοφόρο ζώο είτε από τα κύτταρα των γαλακτικών βακτηρίων. Αρκετά βρίσκονται στον ορό του γάλακτος.

Τα ενδογενή ένζυμα έχουν ανιχνευθεί σε μικρή συγκέντρωση, με αποτέλεσμα να μην αποτελούν άμεσο κίνδυνο για την αλλοίωση του γάλακτος. Θεωρείται, ωστόσο, ότι μπορούν να οδηγήσουν στην παραγωγή συστατικών, τα οποία επηρεάζουν τον οργανοληπτικό χαρακτήρα του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων. Πρόκειται για χημικές ενώσεις με συγκεκριμένο αρωματικό και γευστικό χαρακτήρα. Επίσης, είναι υπεύθυνα για την πρωτεϊνική υδρόλυση του γάλακτος και των προϊόντων του. Το σύνολο των ενζύμων αδρανοποιείται κατά την επεξεργασία του γάλακτος. Οι θερμικές κατεργασίες, όπως η παστερίωση, είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικές για τα ένζυμα. Ορισμένα από τα πιο σημαντικά ένζυμα που περιέχονται στο γάλα είναι η πλασμίνη(πρωτεάση), η λιποπρωτεϊνική λιπάση, η αλκαλική φωσφατάση, η λακτουπεροξειδάση ή γαλακτουπεροξειδάση, η καταλάση, η ξανθίνη-οξειδάση, η λυσοζύμη.

2.2.7 Νερό

Το συστατικό που εμπεριέχεται σε μεγαλύτερη αναλογία (80-88%) στο γάλα είναι το νερό. Λειτουργεί ως διαλύτης για τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος. Ένα μικρό ποσοστό του νερού έχει δεσμευτεί στα μόρια των πρωτεϊνών και της λακτόζης.

2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τη σύσταση του γάλακτος

Η σύσταση του γάλακτος δεν είναι σταθερή, ακόμη και για το ίδιο ζώο. Διάφοροι παράγοντες έχουν την ικανότητα να επιδρούν στην ποιοτική και ποσοτική σύστασή του, όπως (Kailasapathy, 2015):

- Είδος. Κάθε διαφορετικό είδος γαλακτοπαραγωγικού ζώου, όπως αγελάδα, αίγα, πρόβατο, γαϊδούρι, καμήλα, φώκια παράγει γάλα διαφορετικής σύστασης
- Φυλή. Ένας γενικός κανόνας είναι ότι οι φυλές με μεγάλη γαλακτοπαραγωγική ικανότητα, συνήθως παράγουν γάλα που έχουν χαμηλότερο ποσοστό λιπιδίων.

- Χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μεταξύ δύο αρμέξεων. Όσο το μεσοδιάστημα αυξάνει, η ποσότητα του γάλακτος αυξάνει αλλά η περιεκτικότητα των λιπιδίων μειώνεται.
- Χαρακτηριστικά αρμέγματος. Η πληρότητα και η συχνότητα αρμέγματος μπορούν να επηρεάσουν την ποσότητα του γάλακτος που παραλαμβάνεται και, σε μικρότερο βαθμό, τη σύνθεσή του.
- Υγεία ζώου: Ένα ζώο που ασθενεί, μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα στο γάλα που παράγει, ως προς την ποιότητα, αλλά και την απόδοση.
- Στάδιο γαλουχίας. Αμέσως μετά το τέλος του τοκετού από το μαστό πολλών θηλαστικών εκκρίνεται ένα υγρό που καλείται πρωτόγαλα και έχει πολύ διαφορετική σύσταση από το γάλα που θα ξεκινήσει να παράγεται λίγες μέρες μετά.
- Σίτιση. Η διατροφή του ζώου μπορεί να επηρεάσει τόσο την ποσότητα όσο και την ποιότητα του γάλακτος. Έχει παρατηρηθεί ότι η υπερβολική ποσότητα τροφής δεν συνεπάγεται αύξηση της απόδοσης σε γάλα, η ελλιπής ποσότητα, όμως, οδηγεί σε σημαντική μείωση της ποσότητας του παραγόμενου γάλακτος. Επίσης, μία ζωοτροφή που έχει μολυνθεί με αντιβιοτικά, φάρμακα ή αφλατοξίνες, θα τις μεταφέρει στο ζώο και από εκεί θα περάσουν στο γάλα.

2.4 Μεταποίηση και εκμετάλλευση του γάλακτος

Το γάλα είναι τρόφιμο που έχει εξαιρετικά υγιεινές και θρεπτικές ιδιότητες για τον οργανισμό. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως ρόφημα, είτε ως τυρί μετά από επεξεργασία (παστερίωση - συσκευασία). Συνήθως, το αγελαδινό γάλα παράγει το παστεριωμένο γάλα που διατίθεται στο εμπόριο, ενώ το γάλα από πρόβατα ή αίγες χρησιμοποιείται στην παραγωγή τυριών (κυρίως Φέτας).

Οι παραγόμενες ποσότητες γάλακτος καλύπτουν μόνο το 50-60% των αναγκών της χώρας. Οι εξαγωγές κατά βάση είναι μικρές (2%) και περιορίζονται κυρίως στη Φέτα. Τα κυριότερα προϊόντα που εισάγονται είναι τα τυριά, η σκόνη γάλακτος και το συμπυκνωμένο γάλα.

2.5 Ιδιότητες γάλακτος

2.5.1 Φυσικοχημικές ιδιότητες του γάλακτος

Με τον όρο φυσικοχημικές ιδιότητες, νοούνται στοιχεία που σχετίζονται με τον οργανοληπτικό χαρακτήρα του γάλακτος (χρώμα, γεύση, οσμή), καθώς και η οξύτητα του γάλακτος, το σημείο πήξεως και το ειδικό βάρος.

Πιο συγκεκριμένα:

- **Χρώμα γάλακτος.** Κυμαίνεται από λευκό μέχρι λευκοκίτρινο. Ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την χρωματική ένταση που παρουσιάζει το γάλα είναι η περιεκτικότητα σε λίπος. Έτσι, ο λευκός χρωματισμός είναι αποτέλεσμα της διάθλασης του φωτός, λόγω της παρουσίας των λιποσφαιρίων και των μικκυλίων καζεΐνης. Το κίτρινο χρώμα οφείλεται στη φυσική παρουσία ορισμένων κίτρινων χρωστικών ουσιών στο γάλα, όπως είναι η ξανθοφύλλη και τα καροτένια. Το γάλα προβάτου και αίγας είναι λευκό, καθώς τα καροτένια μεταβολίζονται από τα ζώα. Οπότε το γάλα, αλλά και τα παραγόμενα γαλακτοκομικά προϊόντα, όπως τυρί ή γιαούρτι, διατηρούν έναν πιο λευκό χρωματισμό από τα γαλακτοκομικά προϊόντα που παράγονται από αγελαδινό γάλα.
- **Γεύση και αρωματικός χαρακτήρας.** Το φρέσκο γάλα έχει ελαφρώς χαρακτηριστική οσμή και υπόγλυκη γεύση. Η υπόγλυκη γεύση οφείλεται κυρίως στην παρουσία της λακτόζης. Η λακτόζη σταδιακά διασπάται και παράγει, με τη βοήθεια των γαλακτικών βακτηρίων, κυρίως όταν η θερμοκρασία είναι υψηλή, γαλακτικό οξύ. Επίσης, κατά τη θερμική επεξεργασία σχηματίζονται νέες ενώσεις, που μπορούν να επηρεάσουν τη γεύση και την οσμή του γάλατος, όπως είναι το υδρόθειο (H_2S), οι μεθυλοκετόνες και οι γ- και δ-λακτόνες. Τέλος, η θερμική επεξεργασία επιδρά και στην υφή του γάλακτος. Με θέρμανση αρκετά εντονότερη της παστερίωσης, η υφή του γάλακτος από ομαλή γίνεται κάπως αμμώδης.
- **Οξύτητα του γάλακτος.** Το φρέσκο γάλα έχει όξινη αντίδραση οφειλόμενη στο διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που είναι διαλυμένο στο γάλα, στην καζεΐνη, στην αλβουμίνη, στα φωσφορικά και κιτρικά άλατα. Με την πάροδο του χρόνου, παρατηρείται αύξηση της οξύτητας, που

αποδίδεται στη ζύμωση της λακτόζης προς γαλακτικό οξύ από μικροοργανισμούς. Η μέτρηση της οξύτητας επιτρέπει στον παραγωγό να παρακολουθήσει την εξέλιξη της γαλακτικής ζύμωσης. Με τον έλεγχο μπορούν να αποκλείσουμε από την επεξεργασία μη φυσιολογικό γάλα (μαστιπικό ή πρωτόγαλα). Τέτοιο γάλα μπορεί να πήξει κατά τη θερμική επεξεργασία και τα προϊόντα που θα τύχει να παρασκευασθούν από αυτό να είναι κατώτερης ποιότητας ή και επικίνδυνα για τους καταναλωτές.

- **pH.** Το pH εκφράζει το βαθμό ιονισμού των χημικών ουσιών που περιέχονται στο γάλα, δηλαδή τα κατιόντα υδρογόνου (H^+). Το pH του γάλακτος είναι ελαφρώς όξινο 6,6 - 6,8. Μεταβολές στην τιμή του pH μπορεί να προκληθούν από την ανάπτυξη οξυγαλακτικών βακτηρίων, οπότε θα έχουμε και πτώση του pH ή από μεταβολές στη σύνθεση του γάλακτος. Η τιμή του pH στο πρωτόγαλα μπορεί να φθάσει την τιμή 6,0, ενώ του μαστιπικού την τιμή 7,5. Η οξύτητα είναι σημαντική για την πορεία της τυροκόμησης και κυρίως για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, τόσο των ωφέλιμων όσο και των ανεπιθύμητων.
- **Σημείο πήξεως.** Αποτελεί μία από τις λίγες φυσικοχημικές ιδιότητες που έχει σχεδόν σταθερή τιμή. Η μεταβολή του σημείου πήξεως του γάλακτος δεν μεταβάλλεται σημαντικά κατά τη διάρκεια της γαλακτικής περιόδου και έτσι αποτελεί ένα ακριβές και αποτελεσματικό μέτρο εύρεσης της νοθείας στο γάλα. Η αλλαγή στην τιμή του μπορεί να αποτελέσει ένδειξη ότι προστέθηκε νερό στο γάλα. Το σημείο πήξεως εξαρτάται κυρίως από τη συγκέντρωση του γάλακτος σε λακτόζη και υδατοδιαλυτά συστατικά, κυρίως χλώριο, και προσδιορίζεται με ειδικές συσκευές που ονομάζονται κρουοσκόπια. Όταν αυξάνεται η ποσότητα λακτόζης μειώνεται το Cl^- και αντίστροφα. Αύξηση στο σημείο πήξης επέρχεται όταν προστεθεί νερό, του οποίου η % ποσότητα μπορεί να υπολογιστεί από τον προσδιορισμό του σημείου πήξης ενός δείγματος και συγκρίνοντας το με το σημείο πήξης αναφοράς το οποίο υπολογίζεται στους $-0,545^\circ C$. Αν το γάλα παρουσιάζει τιμές στο σημείο πήξεως που υπερβαίνουν τη συγκεκριμένη τιμή, τότε μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει γίνει νοθεία με προσθήκη νερού. Η λιποπεριεκτικότητα (λιποσφαίρια και καζεΐνη) φαίνεται ότι έχουν μηδαμινή επίδραση, στο σημείο πήξεως. Επίσης γάλατα που παράγονται από ζώα

που ασθενούν με μαστίτιδα δείχνουν μικρότερο σημείο πήξης από το κανονικό.

- **Ειδικό βάρος.** Πυκνότητα είναι η μάζα μιας συγκεκριμένης ποσότητας διαιρούμενη με τον όγκο που καταλαμβάνει. Στην περίπτωση του γάλακτος συνηθίζεται να εκφράζεται η πυκνότητα σε σχέση με το νερό και στην περίπτωση αυτή είναι γνωστή ως ειδικό βάρος. Το ειδικό βάρος είναι η μάζα (βάρος) ενός συγκεκριμένου όγκου προϊόντος διαιρούμενο με τη μάζα ίδιου όγκου νερού. Η μέτρηση του ειδικού βάρους έχει ιδιαίτερη σημασία στον ποιοτικό έλεγχο του γάλακτος, γιατί δίνει μια γρήγορη εικόνα της περιεκτικότητας του γάλακτος σε συστατικά και σε συνδυασμό με την λιποπεριεκτικότητα είναι δυνατόν να γίνει προσδιορισμός των στερών συστατικών, ενώ έμμεσα ελέγχεται το γάλα για τυχόν νοθεία με προσθήκη νερού. Η μέτρηση αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση ειδικών οργάνων, που ονομάζονται γαλακτόμετρα.

2.5.2 Βιολογικές ιδιότητες γάλακτος

Στο γάλα υπάρχουν ορισμένες βιοδραστικές ουσίες, οι οποίες, σύμφωνα με τα πρόσφατα επιστημονικά δεδομένα, δείχνουν να έχουν θετική επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό. Πρόκειται για συστατικά που είτε προέρχονται από το γαλακτοπαραγωγικό ζώο είτε από το ίδιο το γάλα είτε παράγονται κατά τη ζύμωση του γάλακτος σε ένα από τα γαλακτοκομικά προϊόντα. Μερικές βιοδραστικές ουσίες του γάλακτος είναι:

- Ανοσογλοβουλίνες
- Λακτοφερίνη
- Λισοζύμη
- Γλυκομακροπεπτίδιο
- β-γαλακτογλοβουλίνη
- συζευγμένο λινελαϊκό οξύ
- λακτουλόζη
- Μembrάνη λιποσφαιρίων, καθώς περιέχει πάρα πολλά συστατικά (γλυκοπρωτεΐνες, ειδικά λιπαρά οξέα, σφυγγομυελίνη, βιταμίνη E και καροτενοειδή, φωσφολιπίδες) με ευνοϊκές επιδράσεις στην υγεία.

2.5.3 Διατροφική αξία του γάλακτος

Το γάλα αποτελεί τη φυσική και συχνά μοναδική τροφή ενός νεογνού. Τα πρώτο χρονικό διάστημα το νεογέννητο θηλαστικό τρέφεται με γάλα, το οποίο πρέπει να έχει τέτοια σύσταση ώστε να καλύπτει τις διατροφικές ανάγκες και τις ενεργειακές απαιτήσεις του νεαρού οργανισμού.

Αν και αυτή τη στιγμή στην αγορά διατίθενται γάλατα τόσο ζωικής όσο και φυτικής προέλευσης, στις προτιμήσεις των καταναλωτών προηγείται το αγελαδινό γάλα. Έχει υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο και συγκεκριμένα σε καζεΐνες. Έχει αποδειχθεί ότι τα πεπτίδια των καζεϊνών μπορούν να ενισχύσουν το ανοσοποιητικό σύστημα, να βοηθήσουν στη ρύθμιση της αρτηριακής πίεσης ενώ, επιπλέον, έχουν καταπραϋντικές και ηρεμιστικές ιδιότητες, οι οποίες είναι κατάλληλες για την αντιμετώπιση του καθημερινού στρες. Επίσης, το γάλα αγελάδας, συγκριτικά με γάλατα διαφορετικής προέλευσης, έχει αποδειχθεί ότι έχει πιο πλούσια συγκέντρωση σε συστατικά όπως ασβέστιο, φώσφορο και βιταμίνη B12, τα οποία μπορούν να ασκήσουν θετική επίδραση στον οργανισμό, και συγκεκριμένα στα οστά, στα δόντια, στην παραγωγή ερυθρών αιμοσφαιρίων και στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Η λακτόζη του αγελαδινού γάλακτος είναι ένας υδατάνθρακας με λειτουργικό ρόλο, καθώς ενισχύει την απορρόφηση ασβεστίου από το έντερο.

Το γάλα αποτελεί μία ισορροπημένη και πλήρης τροφή. Το γάλα και τα προϊόντα του πλεονεκτούν έναντι άλλων τροφίμων, καθώς μπορούν να εφοδιάσουν τον οργανισμό του ανθρώπου με ένα σύνολο απαραίτητων θρεπτικών συστατικών (πρωτεΐνες, ασβέστιο, φώσφορο, ριβοφλαβίνη, βιταμίνη A, θειαμίνη).

Τα συστατικά με τη μεγαλύτερη κάλυψη των ημερησίων αναγκών από διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα είναι οι βιταμίνες B12 και B2, το ασβέστιο (Ca) και η πρωτεΐνη. Από τα πιο βασικά συστατικά του γάλακτος μπορούμε να θεωρήσουμε τις πρωτεΐνες, που έχουν υψηλή βιολογική αξία και είναι πλούσιες σε λυσίνη, σε συνδυασμό με πρωτεΐνες φυτικής προελεύσεως που είναι ελλειμματικές σε αυτό το αμινοξύ.

Το γάλα είναι η βασικότερη πηγή ασβεστίου και χρειάζεται σε σχετικά μεγάλες ποσότητες στον οργανισμό του ανθρώπου. Στις χώρες όπου καταναλίσκονται σημαντικές ποσότητες γάλακτος δεν παρατηρούνται ανεπάρκειες ασβεστίου. Αντίθετα, στις χώρες όπου δεν καταναλίσκονται σημαντικές ποσότητες γάλακτος και το διαιτολόγιό τους βασίζεται σε άλλες τροφές, έχουν παρατηρηθεί σοβαρές ανεπάρκειες ασβεστίου. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν υπάρχουν πολλές άλλες τροφές πλούσιες σε ασβέστιο για να συμπεριληφθούν στο καθημερινό διαιτολόγιο.

Ένα σημαντικό ποσοστό του ανθρώπινου πληθυσμού δεν διαθέτει το κατάλληλο ένζυμο στην κατάλληλη ποσότητα για τον μεταβολισμό της λακτόζης. Η απουσία της λακτάσης μπορεί να οδηγήσει σε δυσανεξία της λακτόζης, η οποία συνοδεύεται από γαστρεντερικά προβλήματα, όπως φούσκωμα, διάρροια ή κράμπες. Στους ανθρώπους με αυτή την ευαισθησία στη λακτόζη συνιστάται η κατανάλωση προϊόντων γάλακτος που δεν περιέχουν καθόλου λακτόζη ή μικρές ποσότητες λακτόζης.

Κεφάλαιο 3 : Τυρί

3.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Με τον όρο τυρί νοείται ένα σύνολο από διατροφικά προϊόντα τα οποία χρησιμοποιούν σαν πρώτη ύλη το γάλα ,παράγονται σε παγκόσμια κλίμακα και παρουσιάζουν σημαντική ποικιλομορφία ως προς την γεύση, την υφή και την μορφή τους. Πρόκειται για προϊόντα με υψηλή διατροφική αξία και με σημαντική διακύμανση στη διατροφική ποιότητα που παρουσιάζουν, με κοινά γνωρίσματα αλλά και ουσιαστικές διαφορές.

Η διαδικασία της τυροκόμησης είναι ουσιαστικά η απομάκρυνση μέρους του νερού του γάλακτος ώστε να συντηρηθεί καλύτερα και να βελτιώσει τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Η σύσταση του γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παραγωγή του τυριού είναι ο πρωταρχικός παράγοντας που καθορίζει τη σύσταση του φρέσκου τυριού. Κατά την παραγωγή του τυριού, ένα μέρος των συστατικών του γάλακτος απομακρύνεται μαζί με τη μεγαλύτερη ποσότητα νερού (τυρόγαλα), ενώ ένα άλλο μέρος, ουσιαστικά συμπυκνώνεται σχεδόν στο 1/10 του αρχικού όγκου και σχηματίζει το τυρόπηγμα, που στη συνέχεια μετατρέπεται σε τυρί. Στο τυρόπηγμα παραμένει το μεγαλύτερο μέρος του πρωτεϊνικού και λιπιδικού περιεχομένου του γάλακτος. Υπολογίζεται ότι το 74% της συνολικής πρωτεΐνης και το 92% του συνόλου των λιπαρών ενώσεων μεταφέρονται από το γάλα στο τυρί. Από τις πρωτεΐνες του γάλακτος, στο τυρόπηγμα μεταφέρεται κυρίως η καζεΐνη, ενώ οι πρωτεΐνες του ορού γάλακτος μένουν στο τυρόπηγμα.

Το τυρί είναι ένα γαλακτοκομικό προϊόν μπορεί να παραμείνει να ωριμάσει είτε για ένα μικρό χρονικό διάστημα λίγων ημερών είτε για μερικά έτη. Κατά την ωρίμανση, διατηρείται σε κατάλληλο χώρο όπου επικρατούν συγκεκριμένες συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και ο οργανοληπτικός χαρακτήρας του τυριού, όπως χρώμα, υφή, οσμή μεταβάλλονται σημαντικά.

Οι διαφορετικοί τύποι τυριών έχουν ιδιαίτερα οργανοληπτικά γνωρίσματα που καθιστούν κάθε τύπο τυριού ξεχωριστό. Κάθε ποικιλία τυριού που παράγεται διαφέρει από τις υπόλοιπες σε ένα ή περισσότερα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας, όπως για παράδειγμα τον τύπο του γάλακτος που χρησιμοποιείται, τα στάδια επεξεργασίας

που ακολουθούνται, οι καλλιέργειες μικροβίων που εφαρμόζονται ή ο χρόνος ωρίμανσης.

Χαρακτηριστικό της ελληνικής γαλακτοπαραγωγής από την αρχαιότητα αποτελεί, η μεγάλη παραγωγή πρόβειου και αίγειου (αιγοπρόβειου) γάλακτος, όπου και παράγεται μια ποικιλία γαλακτοκομικών προϊόντων κυρίως τυριών.

3.2 Ταξινόμηση τυριών

Ο αριθμός των τυριών που έχουν μέχρι σήμερα ταυτοποιηθεί και έχουν διακριτή ονομασία είναι μεγαλύτερος από 2 000. Η διάκριση τους σε κατηγορίες τους είναι μία δύσκολη διαδικασία και κατά καιρούς έχουν υπάρξει διάφορα συστήματα ταξινόμησης με πολλά και διαφορετικά κριτήρια, όπως είναι η μέθοδος επεξεργασίας, η συνοχή, η χώρα προέλευσης, η εμφάνιση, η χημική σύνθεση, οι μικροβιολογικές ιδιότητες, η πρώτη ύλη, δηλαδή το γάλα από το οποίο παράγονται (Chambers et al., 2005).

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και ποτών, άρθρο 83, η ταξινόμηση των τυριών γίνεται ως εξής:

- Τυριά από γάλα, με ωρίμανση: *«προϊόντα ωρίμανσης του πήγματος (στάλπης) που είναι απαλλαγμένο από το τυρόγαλα στον επιθυμητό κάθε φορά βαθμό και τα οποία παρασκευάστηκαν, με την επενέργεια πυτιάς ή άλλων ενζύμων που δρουν ανάλογα σε γάλα (νωπό ή παστεριωμένο, αγελάδος, προβάτου, κασίκας, βουβάλου και μίγματα αυτών) ή σε μερικώς αποβουτυρωμένο γάλα ή σε μίγμα αυτών ή/και σε μίγματα αυτών με κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα)»*. Η περιεκτικότητα σε υγρασία επιτρέπει την διάκριση των τυριών, ανάλογα με τη συνοχή σε τυριά: πολύ σκληρά τυριά, σκληρά τυριά, ημίσκληρα τυριά, μαλακά τυριά. Επίσης, στο άρθρο αυτό αναφέρονται οι επιμέρους διακρίσεις των τυριών ανάλογα με τη μέγιστη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε υγρασία, την ελάχιστη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε λίπος σε ξηρή ουσία (πίνακας 1)

Πίνακας 2: Διάκριση τυριών από γάλα με ωρίμανση σε κατηγορίες και ποιότητες σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών

	Πολύ σκληρά τυριά		Σκληρά τυριά		Ημίσκληρα τυριά		Μαλακά τυριά	
	% υγρασία (max)	% Λίπος σε ξηρή ουσία (min)	% υγρασία (max)	% Λίπος σε ξηρή ουσία (min)	% υγρασία (max)	% Λίπος σε ξηρή ουσία (min)	% υγρασία (max)	% Λίπος σε ξηρή ουσία (min)
Εξαιρετική ποιότητα	30	50	35	47	40	50	54	46
Πρώτη ποιότητα	32	45	38	40	45	40	56	43
Δεύτερη ποιότητα	32	32	38	32	46	30	58	35
Μερικώς αποβουτυρωμένα	32	20-32	38	20-32	46	20-30	58	23,8-35

Πηγή: Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, άρθρο 83

• Τυριά από γάλα χωρίς ωρίμανση: «Τυριά χωρίς ωρίμανση με αλοιφώδη υφή χαρακτηρίζονται τα φρέσκα (νωπά) τυριά που παρασκευάζονται με την επενέργεια αβλαβών οξυγαλακτικών καλλιεργείων βακτηρίων σε παστεριωμένο γάλα ή παστεριωμένο γάλα και παστεριωμένη κρέμα γάλακτος (αφρόγαλα) και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 75%». Τα τυριά αυτής της κατηγορίας διακρίνονται σε φρέσκα (νωπά) τυριά με αλοιφώδη υφή ή τυριά κρέμα. Στον πίνακα 2, παρουσιάζονται οι προδιαγραφές της μέγιστης εκατοστιαίας περιεκτικότητας σε υγρασία και της ελάχιστη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε λίπος σε ξηρή ουσία των φρέσκων τυριών

Πίνακας 3: Διάκριση φρέσκων τυριών σε ποιότητες

	% υγρασία (max)	% υγρασία (min)
Εξαιρετική ποιότητα	58	70
Πρώτη ποιότητα	62	60

Δεύτερη ποιότητα	75	60
Μερικώς αποβουτυρωμένα	75	50-60

Πηγή: Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, άρθρο 83

• Τυριά από τυρόγαλα με ή χωρίς ωρίμανση: «Τυριά τυρογάλακτος χαρακτηρίζονται τα τυριά, τα οποία λαμβάνονται με ισχυρή θέρμανση τυρογάλακτος (με ή χωρίς οξίνιση) και με ή χωρίς προσθήκη:

α) γάλακτος (πρόσγαλα),

β) γάλακτος και κρέμας γάλακτος (αφρόγαλα),

γ) βρωσίμου χλωριούχου νατρίου (κ. αλάτι), τα οποία μπορούν να διατεθούν νωπά (φρέσκα) [μερικά από αυτά μπορούν να διατεθούν και με μερική αφυδάτωση (ξερά) και άλλα κατόπιν ωρίμανσης] και των οποίων η υγρασία δεν υπερβαίνει το 70%».

Στον πίνακα 3, παρουσιάζονται οι ποιότητες στις οποίες διακρίνονται τα τυριά τυρογάλακτος καθώς και η μέγιστη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε υγρασία και η ελάχιστη εκατοστιαία περιεκτικότητα σε λίπος σε ξηρή ουσία.

Πίνακας 4: Διάκριση τυριών τυρογάλακτος σε ποιότητες

	% υγρασία (max)	% υγρασία (min)
Εξαιρετική ποιότητα	58	70
Πρώτη ποιότητα	62	60
Δεύτερη ποιότητα	75	60
Μερικώς αποβουτυρωμένα	75	50-60

Πηγή: Κώδικας Τροφίμων και Ποτών, άρθρο 83

• Προϊόντα που δεν θεωρούνται και δεν ονομάζονται τυρί

Ορισμένες ειδικές κατηγορίες τυριών με ειδικά χαρακτηριστικά είναι:

- Πλαθόμενα τυριά
- Τυριά άλμης
- Τυριά τύπου Emmental με οπές
- Τυριά με εμφανή ανάπτυξη μικροοργανισμών (τυριά με επιφανειακή ανάπτυξη μυκήτων, μπλέ τυριά, τυριά με επιφανειακή ανάπτυξη βακτηρίων)
- Ανακατεργασμένα τυριά. Παρασκευάζονται με ανάμειξη, άλεση και θέρμανση-τήξη διαφόρων τυριών, μαζί με διάφορα πρόσθετα, όπως γαλακτοματοποιητές, συντηρητικά, άλατα, καρυκεύματα, μπαχαρικά κ.α. Παρουσιάζουν σταθερότητα και υπό προϋποθέσεις, κάλυψη διατροφικών αναγκών παρόμοιων με αυτών των φυσικών τυριών. Για την παρασκευή ενός μείγματος με ικανοποιητική διατροφική αξία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν χαμηλής ποιότητας τυριά.

Ορισμένα τυριά που ικανοποιούν συγκεκριμένες προϋποθέσεις παραγωγής και προέλευσης του γάλακτος από το οποίο παράγονται, αλλά και συγκεκριμένα χαρακτηριστικά και ποιότητα που σχετίζονται με την περιοχή, τον άνθρωπο και τον τρόπο παραγωγής, μεταποίησης και επεξεργασίας, φέρουν την επωνυμία τυριά Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) ή Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) σύμφωνα με τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής ένωσης 510/2016. Στον πίνακα 4, φέρονται ονομαστικά τα ονόματα των ελληνικών τυριών που είναι ΠΟΠ ή ΠΓΕ καθώς και το ΦΕΚ και οι προδιαγραφές, όπως αναγράφονται στην επίσημη ιστοσελίδα του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ, 2020).

Πίνακας 5: Κατάλογος τυριών ΠΟΠ ή ΠΓΕ

A/A	ΠΡΟΙΟΝ ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗΣ ΠΟΠ ή ΠΓΕ	ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΕΝΕΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ
1	Ανεβατό	ΠΟΠ	313060/14.01.94 (ΦΕΚ 24/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
2	Γαλοτύρι	ΠΟΠ	313031/11.01.94 (ΦΕΚ 8/11.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996

3	Γραβιέρα Αγράφων	ΠΟΠ	313045/14.01.94 (ΦΕΚ 16/14.01.94) 313045/14.01.94 (ΦΕΚ 101 Β'/16.02.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
4	Γραβιέρα Κρήτης	ΠΟΠ	313047/14.01.94 (ΦΕΚ 16/14.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
5	Γραβιέρα Νάξου	ΠΟΠ	Προδιαγραφές 313071/18.01.94(ΦΕΚ 23/18.01.94) 318849/21.08.08(ΦΕΚ 1725/28.08.08) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
6	Καλαθάκι Λήμνου	ΠΟΠ	313044/14.01.94 (ΦΕΚ 16/14.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
7	Κασέρι	ΠΟΠ	313027/11.01.94 (ΦΕΚ 8/11.01.94) 379116/19.07.2000 (ΦΕΚ 949 Β'/31.07.2000) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996 Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L174/2000
8	Κατίκι Δομοκού	ΠΟΠ	313048/14.01.94 (ΦΕΚ 16/14.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
9	Κεφαλογραβιέρα	ΠΟΠ	313032/11.01.94 (ΦΕΚ 8/11.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
10	Κοπανιστή	ΠΟΠ	Προδιαγραφές Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996 Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. C186/2012 Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L129/2013
11	Λαδοτύρι Μυτιλήνης	ΠΟΠ	313058/17.01.94 (ΦΕΚ 25/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε L148/1996
12	Μανούρι	ΠΟΠ	313028/11.01.94 (ΦΕΚ 8/11.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
13	Μετσοβόνε	ΠΟΠ	313070/18.01.94 (ΦΕΚ 23/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
14	Μπάτζος	ΠΟΠ	313057/17.01.94 (ΦΕΚ 25/18.01.94) 313057/17.01.94 (ΦΕΚ 101 Β'/16.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996

15	Ξυνομυζήθρα Κρήτης	ΠΟΠ	313051/14.01.94 (ΦΕΚ 18/14.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
16	Πηχτόγαλο Χανίων	ΠΟΠ	313062/17.01.94 (ΦΕΚ 24/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
17	Σαν Μιχάλη	ΠΟΠ	313069/18.01.94 (ΦΕΚ 23/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
8	Φέτα	ΠΟΠ	313025/11.01.94 (ΦΕΚ 8/11.01.1994) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L277/2002
19	Σφέλα	ΠΟΠ	313056/17.01.94 (ΦΕΚ 25/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
20	Φορμαέλλα Αράχωβας Παρνασσού	ΠΟΠ	313063/17.01.94 (ΦΕΚ 25/18.01.94) Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L148/1996
21	Ξύγαλο Σητείας ή Ξίγαλο Σητείας	ΠΟΠ	Προδιαγραφές Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. C312/2010 <u>Επίσημη Εφημερίδα της</u> <u>Ε.Ε. L200/2011</u>
22	Κρασοτύρι Κω/ Τυρί της Πόσιας	ΠΓΕ	Προδιαγραφές Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. L332/23.12.2019 Επίσημη Εφημερίδα της Ε.Ε. C283/21.08.2019
23	ΑΡΣΕΝΙΚΟ ΝΑΞΟΥ ARSENICO NAXOU	ΠΟΠ	Προδιαγραφές Επίσημη Εφημερίδα ΕΕ L15/20.01.2020 Επίσημη Εφημερίδα ΕΕ C271/13.08.2019

Πηγή: ΥΠΑΑΤ, 2020

3.3 Παράγοντες που συντελούν στην ποικιλομορφία των τυριών

Τα τυριά παρουσιάζουν σημαντική οργανοληπτική ποικιλομορφία, που οφείλεται σε ένα σύνολο παραγόντων, όπως (Drake & Delahunty, 2017):

- Είδος γάλακτος. Παράγεται από το γάλα διαφορετικών ζώων, όπως αγελάδας, προβάτου, αίγας, καμήλας, γαϊδάρου. Όπως αναφέρθηκε, η ποιότητα και η

σύνθεση του γάλακτος διαφέρουν ανάλογα τις διατροφικές συνήθειες του ζώου, την κατάσταση της υγείας του και το στάδιο της γαλακτικής περιόδου.

- Τεχνική παραγωγής και μορφοποίηση. Για την παραγωγή τυριού χρησιμοποιούνται ποικίλες τεχνικές, άλλες παραδοσιακές άλλες πιο σύγχρονες. Το σχήμα, το μέγεθος, η συσκευασία ή/και η επικάλυψη του τελικού προϊόντος διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή, το είδος τυριού αλλά ακόμη και τη βιομηχανική μονάδα.
- Είδος μικροβιακής καλλιέργειας, δηλαδή οι μικροοργανισμοί και τα ένζυμα που εφαρμόζονται
- Ποσότητα και ρυθμός με τον οποίο σχηματίζεται το γαλακτικό οξύ
- Βαθμός αφυδάτωσης στον οποίο υποβάλλεται το τυρόπηγμα και η τεχνική αφυδάτωσης η οποία εφαρμόζεται
- Χρόνος κατανάλωσης. Σε ορισμένες περιπτώσεις καταναλώνεται φρέσκο και σε άλλες απαιτεί ωρίμανση ακόμη και για χρονικό διάστημα ετών.
- Ποσότητα παραγωγής. Το τυρί μπορεί να παραχθεί σε μικρές ποσότητες ώστε να καλύψει τις ανάγκες μίας οικογένειας, όπως σε ένα αγρόκτημα, αλλά και σε μεγάλες ποσότητες με αυτοματοποιημένες διαδικασίες. ώστε να διατεθεί στη διεθνή αγορά.

3.4 Πυτιά

Τα περισσότερα τυριά παράγονται από την πήξη του γάλακτος με ένζυμα με προέλευση ζωική, φυτική ή από μικροοργανισμούς. Το ένζυμο που συναντάται πιο συχνά στην τυροκομία προέρχεται από ζώα και καλείται ρεννίνη. Βγαίνει από την κατεργασία του τέταρτου τμήματος του στομαχιού των βοοειδών, που καλείται ήνυστρο. Έχει τη μορφή εκχυλίσματος και ονομάζεται πυτιά. Αλλά μπορεί να εκχυλιστεί και από τα στομάχια και μικρών αρνιών ή κατσικιών, που περιέχουν τα πρωτεολυτικά ένζυμα χυμοσίνη και πεψίνη και χρησιμοποιείται για την πήξη του γάλακτος.

Τα ένζυμα στην πυτιά μπορεί να βρίσκονται ως προένζυμα της χυμοσίνης και της ρεννίνης, δηλαδή ως προχυμοσίνη ή προρεννίνη. Κάτω από κατάλληλα όξινες συνθήκες (pH=2 ως pH=4,7), ενεργοποιούνται και αποσπούν ένα πεπτιδίο. Η πυτιά

περιέχει πεψίνη και ενδεχομένως τρυψίνη και πεπτιδάσες. Είναι ετερογενής ουσία από την οποία παρασκευάζεται κρυσταλλική χυμοσίνη με εξαπλάσια δραστηριότητα.

Η πτυιά διατίθεται στην αγορά είτε ως υγρό είτε με τη μορφή σκόνης. Σημαντικός παράγοντας που εξετάζεται και ενδιαφέρει τον παραγωγό τυριού είναι η πηκτική της δύναμη. Ως πηκτική δύναμη ορίζεται ο αριθμός που εκφράζει ένα μέρος πτυιάς πόσα μέρη από το γάλα μπορεί να πήξει, σε χρόνο 40 min στους 35°C.

Εναλλακτικά ένζυμα πήξης του γάλακτος είναι η ανασυνδιασμένη χυμοσίνη ή βιοτεχνολογική πτυιά, ένζυμα φυτικής ή μικροβιακής προέλευσης.

3.5 Στάδια τυροκόμησης

3.5.1 Επεξεργασία γάλακτος πριν την τυροκόμηση

Η τυροκόμηση είναι ουσιαστικά η απομάκρυνση μέρους του νερού του γάλακτος ώστε να συντηρηθεί καλύτερα και να βελτιώσει τα οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά.

Η παρασκευή των τυριών ξεκινά με τους απαραίτητους ελέγχους στο γάλα και την τυποποίηση της λιποπεριεκτικότητας του, καθώς η αναλογία καζεΐνη / λίπος επηρεάζει τις αποδόσεις σε τυρί και την ποιότητα του πήγματος.

Η **παστερίωση** του γάλακτος ονομάζεται η θερμική επεξεργασία και έχει ως σκοπό τη θανάτωση όλων των βλαστικών μορφών των παθογόνων μικροοργανισμών που τυχόν υπάρχουν στο γάλα, αλλά και την καταστροφή πολλών άλλων μικροοργανισμών και ενζύμων, όπως είναι όπως είναι η λιποπρωτεϊνική λιπάση, που μπορεί να επιδράσουν ανεξέλεγκτα στην ωρίμανση των τυριών. Η παστερίωση συνήθως γίνεται στους 63 °C για 30 min, ή στους 72°C για 15 s. Η θέρμανση στους 63°C για 30 min θεωρείται προτιμότερη, καθώς έχει τον μικρότερο αντίκτυπο στα συστατικά του γάλακτος. Στο γάλα που χρησιμοποιηθεί για παρασκευή τυριών που ωριμάζουν για περισσότερο από 3 μήνες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί θερμική επεξεργασία που υπολείπεται της παστερίωσης. Επιζεί μέρος της ωφέλιμης φυσικής μικροχλωρίδας, η οποία είναι χρήσιμη για την ωρίμανση, ενώ οι παθογόνοι οργανισμοί καταστρέφονται μετά από ωρίμανση ~3 μήνες, διαδικασία που λέγεται εξυγίανση. Το

παστεριωμένο γάλα έχει 3-5% μεγαλύτερη απόδοση σε τυρί, λόγω της μετουσίωσης, μέρους της αλβουμίνης και γλοβουμίνης που έχει ως αποτέλεσμα τη συγκράτηση ποσού υγρασίας στο τυρόπηγμα.

Κατά την παστερίωση, το ζητούμενο είναι να βρεθεί ο κατάλληλος συνδυασμός θερμοκρασίας και χρόνου ώστε η θερμική επεξεργασία να μην προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στο τελικό προϊόν. Σκοπός είναι να διασφαλιστεί η ασφάλεια του τροφίμου, χωρίς όμως να επηρεαστεί η ποιότητά του. Κατά τη θερμική επεξεργασία οι παθογόνοι μικροοργανισμοί θανατώνονται και τα ενδογενή ένζυμα αδρανοποιούνται. Κατά συνέπεια, το τελικό προϊόν διατηρείται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα .

Μετά την παστερίωση παρατηρείται μικρή μείωση του διαλυτού ασβεστίου του γάλακτος με αποτέλεσμα την καθυστέρηση της πήξης του με πυτιά, αφού το κλάσμα αυτό του ασβεστίου συμμετέχει στη δεύτερη μη ενζυμική φάση της πήξης. Έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις πραγματοποιείται προσθήκη χλωριούχου ασβεστίου σε αναλογία 10-20g ανά 100L γάλακτος.

Ομογενοποίηση: Πρόκειται για μία διαδικασία επεξεργασίας σύμφωνα με την οποία τα λιποσφαιρίδια που περιέχονται στο γάλα τεμαχίζονται και διασπώνται, με απώτερο στόχο να αποφευχθεί η τάση που έχουν να συσσωρεύονται, να δημιουργούν συσσωματώματα και να οδηγούνται στην επιφάνεια. Γίνεται συνήθως στους 60-70°C. Το ομογενοποιημένο γάλα δίνει μαλακό τυρόπηγμα που συναιρείται αργά και συγκρατεί την υγρασία.

Τυποποίηση: αφορά στη ρύθμιση λίπους. Συνίσταται στην ρύθμιση του λίπους από το γάλα σε ένα ορισμένο επίπεδο, ώστε η απομένουσα ποσότητα να βρίσκεται σε ορισμένη αναλογία με τις καζεΐνες. Μπορεί να γίνει με την ανάμιξη γάλακτος με γάλα διαφορετικής λιποπεριεκτικότητας ή με την προσθήκη κρέμας.

3.5.2 Πήξη γάλακτος

Ο μηχανισμός πήξης του γάλακτος περιλαμβάνει δύο φάσεις:

1. Στην πρώτη φάση, η οποία ονομάζεται και ενζυμική, η πτυιά (αποτελείται από πρωτεολυτικά ένζυμα που χρησιμοποιούνται για το πήξιμο του γάλακτος για παρασκευή τυριού, με βασικότερο τη χυμοσίνη) δρα επιλεκτικά πάνω στο δεσμό 105-106 φαινυλαλανίνης - μεθειονίνης της κ-καζείνης και διασπά από την κ-καζείνη, παραμένει συνδεδεμένη στις μικέλλες. Η προσθήκη πτυιάς γίνεται στα περισσότερα τυριά σε θερμοκρασίες 32-34°C και σκοπό έχουν την πήξη του γάλακτος.
2. Στη δεύτερη φάση, η οποία καλείται και μη ενζυματική, με τη διάσπαση της κ-καζείνης, αποσταθεροποιούνται και αντιδρούν μεταξύ τους (δεύτερη φάση μη ενζυματική) και σχηματίζουν το πήγμα.

Η πρώτη φάση προηγείται της δεύτερης, ωστόσο η δεύτερη αρχίζει πριν ολοκληρωθεί πλήρως η πρώτη.

Η πτυιά είναι το συστατικό εκείνο που προστίθεται και οδηγεί στην πήξη του γάλακτος.

3.5.3 Προσθήκη καλλιέργειας εκκίνησης

Ένας από τους πρώτους επιστήμονες που ασχολήθηκε με τη ζύμωση του γάλακτος ήταν, το 1948, ο Λουί Παστέρ. Ήταν αυτός που απόδειξε ότι η ζύμωση είναι μία διαδικασία που οφείλεται στη δράση των μικροοργανισμών.

Κατά την διαδικασία παραγωγής τυριού, πραγματοποιείται προσθήκη καλλιέργειας μικροοργανισμών. Η προσθήκη καλλιεργειών μικροοργανισμών στο γάλα είναι απαραίτητη αν το γάλα έχει παστεριωθεί. Πρόκειται κυρίως για καλλιέργειες εκκίνησης οξυγαλακτικών βακτηρίων, ενώ σε μερικές κατηγορίες τυριών χρησιμοποιούνται και άλλα είδη μικροοργανισμών. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη δράση τους είναι η απουσία αντιβιοτικών και άλλων αντιμικροβιακών παραγόντων από το γάλα.

Οι καλλιέργειες εκκίνησης προστίθενται με σκοπό να παραχθεί γαλακτικό οξύ. Το γαλακτικό οξύ μπορεί να αυξήσει την οξύτητα και να μειώσει το pH του γάλατος, του τυροπήγματος και πιθανότητα και του φρέσκου τυριού με καθορισμένο ρυθμό, μέχρι την πλήρη στράγγιση του προϊόντος. Η δράση της καλλιέργειας, με την αύξηση της οξύτητας, διευκολύνει τη δράση της πτυιάς κατά το πήξιμο και βοηθάει τη συναίρεση του πήγματος. Επίσης, η παρουσία των μικροοργανισμών βοηθάει στην παραγωγή αρωματικών ενώσεων με τη βοήθεια των ενζύμων τους και τα οποία δρουν κατά την ωρίμανση.

Τα γαλακτικά βακτήρια θέλουν αυξημένες θερμοκρασίες. Η σημασία της θερμοκρασίας είναι μεγάλη, καθώς σε χαμηλές θερμοκρασίες μένουν αδρανή, ενώ σε υψηλές θανατώνονται. Ιδανικά, η τυροκόμηση γίνεται σε θερμοκρασίες που βγαίνει το γάλα από το ζώο, δηλαδή 37°C

Ως καλλιέργειες (cultures) νοούνται ένα ή περισσότερα στελέχη μικροοργανισμών, δηλαδή βακτηρίων, ζυμών ή/και μυκήτων, τα οποία εφαρμόζονται κατά την παραγωγική διαδικασία ορισμένων τροφίμων. Κατά την παραγωγή τυριού, η καλλιέργεια που συνηθίζεται να χρησιμοποιείται αποτελείται κυρίως από οξυγαλακτικά βακτήρια (Lactic Acid Bacteria - LAB). Συνήθως, χρησιμοποιούνται μεσόφιλοι οξυγαλακτικοί μικροοργανισμοί όπως οι *Lactococcus lactis subsp. cremoris* και *L. lactis subsp. Lactis*. Πρόκειται για μία καλλιέργεια που δυνητικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί για όλους τους τύπους τυριού, ώστε να ζυμώσει τη λακτόζη και να τη μετατρέψει σε γαλακτικό οξύ. Η αύξηση της οξύτητας που επιτυγχάνεται με αυτόν τον τρόπο επιδρά θετικά στη πηκτική ικανότητα της πτυιάς και στον αποτελεσματικό διαχωρισμό τυρογάλακτος και τυροπήγματος.

Τα βακτήρια που περιέχονται στην καλλιέργεια εκκίνησης, παράγουν ένζυμα τα οποία έχουν την ικανότητα να προκαλέσουν την υδρόλυση του λίπους και της καζεΐνης, όσο το τυρί αφήνεται να ωριμάσει. Ο παραγωγός επιδιώκει μέσα από τη δράση των μικροοργανισμών να πετύχει μέσα σε ένα χρονικό διάστημα περίπου 20 ωρών μείωση του pH περίπου κατά 1,5 μονάδα, από pH=6,7 το οποίο αντιστοιχεί στο γάλα σε pH=5-5,2. Η καλλιέργεια των οξυγαλακτικών βακτηρίων μπορεί να προστεθεί είναι σε ρευστή μορφή είτε ως λυοφιλιωμένοι μικροοργανισμοί. Συνήθως για την επιλογή του είδους και του συνδυασμού των μικροοργανισμών που αποτελούν την καλλιέργεια εκκίνησης, καθοριστικές είναι οι περιβαλλοντικές συνθήκες που

επικρατούν κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Για παράδειγμα, πρέπει να συνυπολογίζεται η θερμοκρασία επεξεργασίας, η περιεκτικότητα του τυροπήγματος σε χλωριούχο νάτριο, οι επιθυμητές συνθήκες στις οποίες θα αφεθεί το τυρί να ωριμάσει. Επίσης, σε ορισμένες περιπτώσεις, απαιτείται η χρήση ειδικών στελεχών οξυγαλακτικών βακτηρίων ή άλλων μικροοργανισμών, οι οποίοι παράγουν συγκεκριμένα αρωματικά συστατικά, χαρακτηριστικά ενός είδους τυριού. Έτσι, ο παραγωγός μπορεί να επιλέξει να κάνει προσθήκη από :

- Προπιονικά βακτήρια (εμφάνιση οπών, Γραβιέρα, Emmental) όπως *Propionibacterium shermanii*, τα οποία μπορούν να μετατρέψουν το γαλακτικό οξύ σε προπιονικό οξύ και CO₂. Το διοξείδιο είναι αυτό που μπορεί να δημιουργήσει οπές σε Ελβετικού τύπου όπως το Emmental.
- Μύκητες (επηρεάζουν εμφάνιση και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, Roquefort, Μπλε τυριά). Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το γένος *Penicillium*.
- Άλλα βακτήρια, τα οποία σχηματίζουν επίχρισμα στην επιφάνεια του τυριού και επηρεάζουν τον οργανοληπτικό χαρακτήρα και την τελική εμφάνιση του τυριού.

Τα οξυγαλακτικά βακτήρια αρχικά ζυμώνουν τη λακτόζη και σχηματίζουν γαλακτικό οξύ.

3.5.4 Μετά την πήξη

Μετά την πήξη, ακολουθεί η απομάκρυνση του τυρογάλακτος από το τυρόπηγμα. Το παραλαμβανόμενο τυρόπηγμα αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό ίσο με 10% ως 30% του αρχικού όγκου γάλακτος που χρησιμοποιήθηκε. Εκτός από την ειδική δράση της στην πήξη του γάλακτος, ένα μέρος της πτυιάς παραμένει στο τυρόπηγμα μετά την μετά τη διαίρεση του και δραστηριοποιείται αργότερα, όταν το τυρί έχει ήδη οδηγηθεί για ωρίμανση. Στην τελική αυτή φάση, η πτυιά λειτουργεί υδρολύοντας την καζεΐνη με τη βοήθεια των πρωτεολυτικών ενζύμων τα οποία περιέχει. Η καζεΐνη δημιουργεί μία τρισδιάστατη δομή, ένα πλέγμα, το οποίο σταθεροποιείται με γέφυρες ασβεστίου. Εσωτερικά του πλέγματος αυτού εγκλωβίζεται λίπος και ένα ποσοστό από τον ορό του γάλακτος. Ο ορός σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται τυρόγαλα και περιέχει τα υδατοδιαλυτά συστατικά του γάλακτος, συμπεριλαμβανομένου και του

καζεΐνομακροπεπτιδίου (π.χ. λακτόζη, πρωτεΐνες του ορού, άλατα). Τα στάδια επεξεργασίας που ακολουθούν έχουν σκοπό την απομάκρυνση τυρογάλακτος από το πήγμα

- **Διαίρεση, ανάδευση, αναθέρμανση του τυροπήγματος:** Για να διευκολυνθεί η έξοδος του τυρογάλακτος από το τυρόπηγμα γίνεται διαίρεση, ανάδευση ή και αναθέρμανση σε θερμοκρασίες από 43-47° C. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαίρεση και μεγαλύτερο το διάστημα ανάδευσης ή και αναθέρμανσης τόσο περισσότερο τυρόγαλα αποβάλλεται, με αποτέλεσμα την παρασκευή τυριού με λιγότερη υγρασία (σκληρά τυριά). Στα μαλακά τυριά που έχουν μεγαλύτερη υγρασία, όπως η φέτα, δεν γίνεται ανάδευση και αναθέρμανση, γίνεται μόνο τεμαχισμός. Είναι ένα πολύ βασικό στάδιο για την επιτυχημένη παρασκευή τυριού να καθορίζεται η υφή του τυροπήγματος μετά το πέρας της διαδικασίας αναθέρμανσης ή ανάδευσης.

- Ρόλος του παραγόμενου γαλακτικού οξέος:

- Δρα ανταγωνιστικά έναντι της ανάπτυξης μη επιθυμητών μικροοργανισμών
- Προσδίδει όξινο χαρακτήρα στο τυρόπηγμα (ξινή γεύση)
- Συμβάλει στη διαδικασία σχηματισμού του τυροπήγματος
- Ενισχύει την δραστική ικανότητα της πτυιάς
- Βοηθάει στον διαχωρισμό του μίγματος τυρόπηγμα - ορός γάλακτος
- Συμμετέχει στον σχηματισμό της υφής των παραγόμενων τυριών

- **Στράγγιση, μορφοποίηση και πίεση τυροπήγματος.** Όταν τα τεμαχίδια του τυροπήγματος αποκτήσουν την κατάλληλη υφή στα προηγούμενα στάδια, τότε απομακρύνεται το τυρόγαλα από τον τυρολέβητα και τα τεμαχίδια τοποθετούνται στα καλούπια που διαμορφώνουν το σχήμα (μορφοποίηση). Το τελικό pH στο τέλος της διαδικασίας σχηματισμού κυμαίνεται μεταξύ 5,1 ως 5,4. Η πίεση και το στράγγισμα μπορεί να διαρκέσει μερικές ώρες.

- **Προσθήκη άλατος.** Το τυρί που παράγεται συνήθως έχει μία περιεκτικότητα σε χλωριούχο νάτριο που κυμαίνεται κατά μέσο όρο από 1 ως 4%. Η περιεκτικότητα αυτή σε αλάτι είναι κατάλληλη ώστε να εξασφαλίσει το τυρόπηγμα, αλλά και το τυρί δε θα υποστούν αλλοιώσεις κατά τη ζύμωση. Επίσης, το χλωριούχο νάτριο παραδοσιακά θεωρείται ένα φυσικό βελτιωτικό της γεύσης των τυριών. Κάθε είδος τυριού ακολουθεί μία διαφορετική διαδικασία όσο αφορά τον χρόνο και τον τρόπο αλάτισης.

Το αλάτι μπορεί να προστεθεί στα τεμαχίδια του τυροπήγματος (Cheddar) ή στην επιφάνεια της τυρομάζας μετά το καλούπωμα (Φέτα, Μπλε) ή με την τοποθέτηση της τυρομάζας μέσα στην άλμη (Τελεμές, Gouda) ή μπορεί να γίνει συνδυασμός ξηρού αλατίσματος στην επιφάνεια με καταβύθιση σε άλμη (Romano).

Ο τρόπος αλατίσματος επηρεάζει τα χαρακτηριστικά του τυριού. Στη Φέτα που αλατίζεται επιφανειακά το αλάτι διαχέεται βαθμιαία και όχι απότομα, όπως στην περίπτωση των τυριών που τοποθετούνται σε άλμη. Ο τρόπος αυτός αλατίσματος της Φέτας επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της, αφού η ζύμωση γίνεται έντονα στο εσωτερικό μέρος, ενώ στο εξωτερικό μέρος αναπτύσσεται ειδική μικροχλωρίδα, γιατί το τυρί είναι εκτεθειμένο στον αέρα, σε αντίθεση με τα τυριά που είναι βυθισμένα στην άλμη

Υπάρχει μία κατηγορία τυριών που έχει γίνει γνωστή ως τυριά άλμης (cheeses in brine), τα οποία παραμένουν στην άλμη μέχρι να διατεθούν στους καταναλωτές (Φέτα, Σφέλα, Domiati)

Το ξηρό αλάτισμα στην επιφάνεια των τυριών μπορεί να βοηθήσει ώστε να απομακρυνθεί το τυρόγαλα από την τυρομάζα. Αν όμως η ποσότητα άλατος που θα προστεθεί είναι μεγάλη, τότε δημιουργούνται προβλήματα στην ανάπτυξη και τη δράση των οξυγαλακτικών βακτηρίων. Κατά συνέπεια, η υφή και ο αρωματικός χαρακτήρας του τυριού δεν διαμορφώνονται σωστά. Επίσης, η αυξημένη προσθήκη άλατος είναι ανεπιθύμητη από τους καταναλωτές ειδικά αν παρουσιάζουν ορισμένα προβλήματα υγείας, όπως αυξημένη αρτηριακή πίεση.

- **Ωρίμανση:** Η διαδικασία της ωρίμανσης είναι το τελικό στάδιο όπου το τυρί διαμορφώνει τη σύσταση και την χαρακτηριστική υφή του με τη βοήθεια βιοχημικών αντιδράσεων και της δράσης μικροοργανισμών και ενζύμων. Το στάδιο αυτό μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ως προς τον χρόνο, ανάλογα το είδος του παραγόμενου τυριού. Η τυρομάζα όταν είναι ακόμη φρέσκια ένα υφάλμυρο και όξινο γευστικό χαρακτήρα, που δε φέρει χαρακτηριστικά αρώματα. Με εξαίρεση ορισμένα τυριά που προορίζονται για άμεση κατανάλωση, η ωρίμανση είναι ένα απαραίτητο στάδιο για την παραγωγή των τυριών και τη διαμόρφωση των ιδιαίτερων και χαρακτηριστικών αρωμάτων και γεύσεων τους. Τα ένζυμα τα οποία συμμετέχουν στην ωρίμανση είτε προέρχονται από την πυτιά είτε από τις καλλιέργειες εκκίνησης είτε από μικροοργανισμούς που υπήρχαν στο γάλα πριν την τυροκόμηση ή αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της. Ορισμένα ένζυμα, όπως η πλασμίνη, είναι ενδογενή.

Για την πραγματοποίηση των μεταβολών κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης, το φρέσκο τυρί οδηγείται σε κατάλληλα διαμορφωμένους αποθηκευτικούς χώρους όπου επικρατούν κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (θερμοκρασία 8-20° C και σχετική υγρασία 70-90%). Οι βιοχημικές μεταβολές που συντελούνται στο στάδιο της ωρίμανσης των τυριών συνίστανται στη μερική ή ολική διάσπαση των κυρίων συστατικών του γάλακτος. Στη διάσπαση των συστατικών αυτών οφείλεται ο σχηματισμός της χαρακτηριστικής γεύσης, αρώματος, υφής και δομής των τυριών

Η λακτόζη, μέσα σε λίγες ημέρες μετατρέπεται σε άλλα προϊόντα λόγω ζύμωσης. Τα συστατικά που σχηματίζονται από αυτή την αντίδραση είναι το γαλακτικό οξύ, πτητικά οξέα, καθώς και άλλες ουσίες

Οι πρωτεΐνες του τυροπήγματος είναι αδιάλυτες στο νερό. Καθώς όμως η ωρίμανση προχωρά ένα ποσοστό αυτών υδρολύεται και μετατρέπονται σε υδατοδιαλυτές. Οι πρωτεΐνες διασπώνται σε πεπτίδια, αμινοξέα και από τα αμινοξέα στη συνέχεια σχηματίζονται διάφορες ουσίες που συμβάλλουν στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τυριών (οργανικά οξέα, αμμωνία, αμίνες) Το λίπος υφίσταται μικρότερες μεταβολές σε σύγκριση με τις πρωτεΐνες και τη λακτόζη. Ένα μέρος λιπολύεται και σχηματίζονται πτητικά λιπαρά οξέα

Μικρή πτώση του pH μπορεί να συνεχιστεί και κατά τις πρώτες ημέρες της ωρίμανσης του τυριού, στη συνέχεια όμως παρατηρείται αύξηση επειδή παράγονται διάφορες αλκαλικές ουσίες (αμμωνία, αλδεΐδες, κετόνες

3.6 Διατροφική αξία τυριού

Το τυρί θεωρείται μία τροφή με μεγάλη βιολογική αξία. Αποτελεί για τον άνθρωπο μία από τις πιο σημαντικές πηγές για την πρόσληψη ασβεστίου, φωσφόρου και πρωτεΐνης. Ενδείκνυται για την διατροφή των παιδιών, λόγω της περιεκτικότητας του σε υψηλής βιολογικής αξίας πρωτεΐνες (αμινοξέα).

Το ασβέστιο και το φώσφορο είναι δύο μεταλλικά στοιχεία με σημαντικό βιολογικό ρόλο, καθώς βοηθούν στο να διατηρήσει ο ανθρώπινος οργανισμός γερά οστά και δόντια, αλλά και στο να αποφύγει την οστεοπόρωση. Το ασβέστιο βρίσκεται σε διαφορετικές συγκεντρώσεις στα διάφορα είδη τυριών. Έχει παρατηρηθεί ότι αν το τυρί είναι σκληρό συνήθως έχει μεγαλύτερη ποσότητα ασβεστίου συγκριτικά με ένα πιο μαλακό τυρί. Επίσης, ένας παράγοντας που επηρεάζει τη συγκέντρωση ασβεστίου φαίνεται ότι είναι και η λιποπεριεκτικότητα. Αύξηση της περιεκτικότητας σε λίπος, συνεπάγεται τη μείωση της περιεκτικότητας σε ασβέστιο.

Αξιοσημείωτη είναι και η περιεκτικότητα των τυριών σε λιποδιαλυτές βιταμίνες, όπως είναι οι βιταμίνες A, D και E. Κάθε μία από τις βιταμίνες έχει ένα βιολογικό ρόλο και ενισχύει την υγεία του καταναλωτή. Για παράδειγμα, η βιταμίνη A έχει αποδειχθεί ότι ο ρόλος της είναι να βοηθάει να αναπτυχθούν τα κύτταρα του οργανισμού και το ανοσοποιητικό σύστημα του ατόμου, ενώ βοηθάει στην αποφυγή οφθαλμολογικών προβλημάτων.

Επίσης οι πρωτεΐνες του τυριού, είναι πολύτιμες και υψηλής διατροφικής αξίας καθώς περιέχουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα και είναι πλούσιες σε ιστιδίνη. Επιπλέον τα τυριά θεωρούνται τρόφιμα υψηλού θερμιδικού περιεχομένου, εξαιτίας της αυξημένης λιποπεριεκτικότητας. Τέλος, οι πρωτεΐνες των τυριών περιέχουν συγκεκριμένες αλληλουχίες αμινοξέων, οι οποίες έχουν βιολογική δραστηριότητα. Πρόκειται για αλληλουχίες αμινοξέων, δηλαδή πεπτίδια, για αυτό και χαρακτηρίζονται από τον όρο βιοενεργά πεπτίδια. Τα βιοενεργά πεπτίδια δυνητικά μπορούν να

τροποποιήσουν διάφορες φυσιολογικές λειτουργίες το οργανισμού και να επηρεάσουν τη διαδικασία της πέψης, της απορρόφησης θρεπτικών συστατικών, ενώ έχουν αιμοδυναμικό και ανοσοποιητικό ρόλο. Στα τυριά, τα βιοενεργά πεπτίδια φαίνεται να παράγονται κατά την ωρίμανση, από την ενζυμική δράση των οξυγαλακτικών βακτηρίων.

Κεφάλαιο 4 : Αρωματικό προφίλ τυριών

4.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Το τυρί είναι ένα προϊόν που βρίσκεται σε μία συνεχή δυναμική κατάσταση. Ο όρος δυναμική κατάσταση χρησιμοποιείται για να δηλώσει ότι κάθε χρονική στιγμή μέσα στο τυρί υπάρχουν συστατικά που είτε παράγονται είτε διασπώνται σε νέα συστατικά με τη βοήθεια ενζύμων ή μικροοργανισμών με αποτέλεσμα ο οργανοληπτικός χαρακτήρας του τυριού να μη διατηρείται σταθερός σε συνάρτηση με τον χρόνο αλλά να μεταβάλλεται συνεχώς (Drake & Delahunty, 2017).

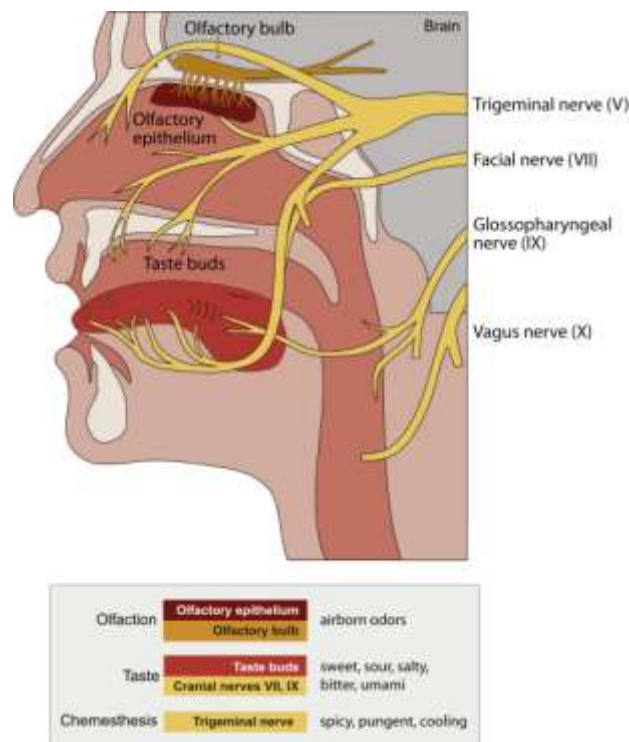
Τη στιγμή που το άτομο καταναλώνει το τυρί, ο οργανοληπτικός χαρακτήρας που παρουσιάζει αντικατοπτρίζει την πρώτη ύλη, τις τεχνικές παραγωγής, τις φυσικοχημικές μεταβολές που σημειώθηκαν κατά την ωρίμανση. Έτσι, τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά ενός τυριού από πρόβειο γάλα διαφέρουν σημαντικά από τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του αγελαδινού γάλακτος, ακόμη και αν ο παραγωγός ακολουθήσει την ίδια παραγωγική διαδικασία, την ίδια αρχική καλλιέργεια και την ίδια πυτιά. Επίσης, οι διαφορετικές φυσικοχημικές μεταβολές που σημειώνονται κατά την παραγωγή, αποθήκευση και ωρίμανση του τυριού παράγουν προϊόντα που διαφέρουν ως προς τη σύνθεση και την ποσότητα των συστατικών που περιέχουν. Η πυτιά, η καλλιέργεια εκκίνησης και οι συμπληρωματικές καλλιέργειες των μικροοργανισμών καθορίζουν τα διαφορετικά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (Drake & Delahunty, 2017).

Όταν το τυρί οδηγείται για αποθήκευση και ωρίμανση υπάρχει ένα στάδιο κατά τη διάρκεια του οποίου το προϊόν έχει αποκτήσει τον οργανοληπτικό χαρακτήρα που είναι επιθυμητός για το κάθε είδος τυριού (σκληρότητα, άρωμα, υφή). Στο στάδιο αυτό το τυρί είναι αποδεκτό από τον καταναλωτή και οφείλει να οδηγηθεί στην αγορά ή να αποθηκευτεί σε χαμηλή θερμοκρασία ώστε να επιβραδυνθούν οι βιοχημικές διαδικασίες που μπορούν να προκαλέσουν περαιτέρω διαφοροποίηση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του (Drake & Delahunty, 2017).

4.2 Flavor τυριού

Το flavor του τυριού συχνά ορίζεται ως «η ολοκληρωμένη αντίληψη των ερεθισμάτων όσφρησης, γεύσης και χημειοθεσίας (ή του τρίδυμου)». Πρόκειται για τη συνολική γευστική εμπειρία που βιώνει το άτομο που δοκιμάζει ένα τυρί και χαρακτηρίζεται από διάρκεια και πολυπλοκότητα. Η πρώτη αίσθηση που διεγείρεται και συμβάλει στη διαμόρφωση του flavor του τυριού είναι η όσφρηση. Το άτομο μυρίζει το τυρί, πριν ακόμη το καταναλώσει. Τη στιγμή της κατανάλωσης, πτητικές χημικές ενώσεις απελευθερώνονται από το τυρί και οδηγούνται στα κύτταρα-υποδοχείς, όπου διεγείρουν το οσφρητικό σύστημα της μύτης, το σύστημα γεύσης του στόματος και το τρίδυμο (trigeminal) νεύρο. Οι δοκιμαστές για να περιγράψουν το flavor χρησιμοποιούν συγκεκριμένη ορολογία (Drake & Delahunty, 2017).

Στην εικόνα 2, απεικονίζονται τα κύρια όργανα που συμμετέχουν στον σχηματισμό του flavor, όπως το οσφρητικό επιθήλιο, οι οσφρητικοί και γευστικοί υποδοχείς και το τρίδυμο νεύρο.



Εικόνα 2: Απεικόνιση των ανθρωπίνων οργάνων που συμβάλουν στον σχηματισμό του flavor, δηλαδή του οσφρητικού επιθηλίου, των οσφρητικών και των γευστικών υποδοχέων καθώς και του τρίδυμου νεύρου

Πηγή: Cooper et al., 2020

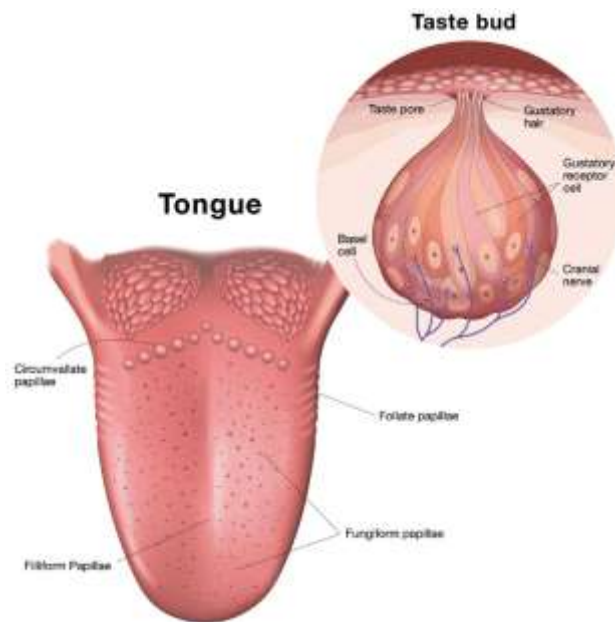
Πιο αναλυτικά, σε πρώτο στάδιο μόρια πτητικών και αερομεταφερόμενων χημικών συστατικών οδηγούνται από το τυρί στη μύτη στους οσφρητικούς υποδοχείς του καταναλωτή, όπου δημιουργούν το κατάλληλο ερέθισμα που το άτομο αντιλαμβάνεται ως μυρωδιά. Συγκεκριμένα, οι πτητικές ουσίες ελευθερώνονται από το τυρί κατά το άνοιγμα της συσκευασίας ή κατά την αφαίρεση ενός κομματιού για δοκιμή και μεταφέρονται με τη βοήθεια του ατμοσφαιρικού αέρα στη μύτη, όπου επικάθονται στο οσφρητικό επιθήλιο (Delahunty & Drake, 2017). Οι οσμηγόνες ουσίες, όπως για παράδειγμα οι αρωματικές ενώσεις, φθάνουν στο επιθήλιο είτε μέσω της εισπνοής είτε μέσω του ρινοφάρυγγα από τη στοματική κοιλότητα, όπου μπορεί να εισέλθει ατμοσφαιρικός αέρας. Το επιθήλιο καλύπτεται από μία βλέννη που είναι υδαρή και σε αυτή εγκλωβίζονται-διαλύονται τα μόρια των οσμηγόνων ουσιών. Την διαδικασία της διάλυσης βοηθούν ορισμένες εξειδικευμένες πρωτεΐνες οι οποίες συνδέονται με τις υδρόφοβες πτητικές ουσίες. Στο επιθήλιο υπάρχουν επίσης οσφρητικοί νευρώνες, στην άκρη του οποίου βρίσκονται τα οσφρητικά κύτταρα-υποδοχείς της οσμηγόνας ουσίας (Cooper et al., 2020). Κατά την οργανοληπτική δοκιμή, οι εισπνοές μπορούν να είναι συνειδητά πιο έντονες και η είσοδος των πτητικών ουσιών στη μύτη να πραγματοποιούνται σε υψηλότερη συγκέντρωση.

Επιπλέον, σε δεύτερο στάδιο, τα πτητικά συστατικά του τυριού απελευθερώνονται σε σημαντικό βαθμό μη συνειδητά στον αέρα της στοματικής κοιλότητας κατά τη μάσηση. Μέσω του ρινοφάρυγγα οδηγούνται στην επιθηλιακή βλέννη (Delahunty & Drake, 2017).

Πολλές φορές, ο γευστικός και ο αρωματικός χαρακτήρας στη στοματική κοιλότητα συγχέονται από τον καταναλωτή. Η σύγχυση αυτή μπορεί να γίνει κατανοητή στην περίπτωση όπου κάποιος σφραγίσει με αποτελεσματικό τρόπο την κυκλοφορία του αέρα μεταξύ στοματικής και ρινικής κοιλότητας. Οι αρωματικές ουσίες εγκλωβίζονται στο στόμα και το άτομο μόνο «γεύεται», χωρίς να «μυρίζει». Στην περίπτωση αυτή, αν του προσφερθεί με τυφλή δοκιμή ένας συγκεκριμένος τύπος τυριού, όπως το τσένταρ, δεν θα μπορέσει να το αναγνωρίσει. (Delahunty & Drake, 2017).

Ως γεύση νοείται η αίσθηση που δημιουργείται στη στοματική κοιλότητα κατά την κατανάλωση ενός τροφίμου και αποτελείται από τα ερεθίσματα που δέχεται η γλώσσα, αλλά και ο ουρανίσκος. Η γλώσσα καλύπτεται από επιθηλιακά κύτταρα, διάσπαρτα

των οποίων βρίσκονται οι γευστικοί κάλυκες, δηλαδή θύλακες που περιέχουν γευστικά κύτταρα και έχουν πόρο από τον οποίο έρχονται σε επαφή τα χημικά συστατικά των τροφίμων με τα γευστικά κύτταρα. Δημιουργούνται ερεθίσματα που μεταφέρονται μέσω νευρικών κυττάρων στον εγκέφαλο, όπου και προκαλούν την αίσθηση της γεύσης (εικόνα 3) (Gravina et al., 2013).



Εικόνα 3: Ανατομία της ανθρώπινης γλώσσας. Διακρίνονται οι γευστικοί κάλυκες, οι οποίοι ανταποκρίνονται στις πέντε βασικές γεύσεις
Πηγή: Gravina et al., 2013

Οι γευστικοί κάλυκες ανταποκρίνονται στις πέντε βασικές γεύσεις (Gravina et al., 2013):

- Γλυκιά. Είναι μία από τις πιο ευχάριστες γεύσεις. Πρωταρχικός στόχος της γλυκιάς γεύσης είναι η ανίχνευση σακχάρων, τα οποία έχουν υψηλή θερμιδική αξία και τα οποία σε ένα πρωτόγονο στάδιο της ζωής του ανθρώπου ενίσχυαν την πιθανότητα επιβίωσης του. Η γλυκιά γεύση είναι ενσωματωμένη στο ανθρώπινο γονιδίωμα, και συγκεκριμένα στα *tas1R2* και *tas1R3* γονίδια.
- Αλμυρή.
- Ξινή.

- Πικρή. Είναι μία γεύση που θεωρείται εξαιρετικά δυσάρεστη. Έχουν ταυτοποιηθεί περίπου 25 πικρικοί υποδοχείς στην ανθρώπινη στοματική κοιλότητα.
- Umami. Η έννοια του umami εισήχθη αρχικά στην Ιαπωνία το 1908 από τον χημικό Kikunae Ikeda (1864-1936) για να περιγράψει τη γεύση που προκαλείται από τα αμινοξέα (αλμυρό) και το όξινο γλουταμινικό νάτριο [HOOC-(CH₂)₂-CH(NH₂)-COO⁻Na⁺]. Το όξινο γλουταμινικό νάτριο χρησιμοποιείται περισσότερο από έναν αιώνα με σκοπό να ενισχύσει τη γεύση umami των αλμυρών γευμάτων. Το τυρί προκαλεί με φυσικό τρόπο τη γεύση umami.

Ορισμένες από τις ουσίες που συμμετέχουν στη διαμόρφωση του γευστικού χαρακτήρα των τυριών, είναι το γαλακτικό οξύ (CH₃CHCO₂H), που έχει ξινή γεύση, το χλωριούχο νάτριο (NaCl), τα ανόργανα άλατα καλίου (K⁺), ασβεστίου (Ca²⁺) και μαγνησίου (Mg²⁺) τα οποία έχουν αλμυρή γεύση και ορισμένα ελεύθερα αμινοξέα και πεπτίδια διαφόρων τύπων, που μπορούν να έχουν γλυκιά, πικρή ή γεύση umami (Drake et al., 2007).

Ο τελευταίος παράγοντας που διαμορφώνει το flavor είναι η χημειοθεσία (chemesthesis). Πρόκειται για μία έννοια που αναφέρεται στο σύστημα που διαθέτει ο οργανισμός ώστε να αντιλαμβάνεται με τη βοήθεια των αισθήσεων χημικές ερεθιστικές ουσίες. Πρόκειται για μία αίσθηση πιο γενική από τη γεύση και την οσμή και περιλαμβάνει συχνά τον ταυτόχρονο ερεθισμό περισσοτέρων από ένα όργανα αισθήσεων, κυρίως μάτια, μύτη και στόμα. Έχει άμεση σύνδεση με ορισμένα ερεθίσματα που προκαλούν ισχυρή σωματική και αισθητηριακή απόκριση, όπως είναι ο πόνος, η αίσθηση καψίματος ή η αλλαγή θερμοκρασίας. Διεγείρεται το τρίδυμο νεύρο και ειδοποιείται ο οργανισμός για την ύπαρξη πιθανού κινδύνου (Spencer & Dalton, 2019).

Η χημειοθεσία προσφέρει πληροφορίες στον καταναλωτή για την υφή, τη θερμοκρασία, τη συνοχή και την ερεθιστική αίσθηση που μπορεί να προκαλέσει το τρόφιμο. Ο μηχανισμός ενεργοποίησης δεν έχει προσδιοριστεί πλήρως για όλες τις χημικές ουσίες που προκαλούν χημικό ερεθισμό. Οι περισσότερες πληροφορίες αφορούν την καψαϊκίνη, η οποία επιδρά χημικά στον θερμοϋποδοχέα TRV1, το οποίο είναι μη εξειδικευμένο κανάλι κατιόντων ευαίσθητο στη θερμοκρασία και την μηχανική πίεση. Η δράση αυτή εξαρτάται από τη συγκέντρωση της ουσίας και μπορεί να

οδηγήσει σε μία φλεγμονώδη απόκριση, η οποία γίνεται αντιληπτή αρχικά ως αυξημένη θερμοκρασία και μπορεί να καταλήξει στο κάψιμο που δημιουργούν τα πικάντικα τρόφιμα (Spencer & Dalton, 2019).

Παραδείγματα χημειοθεσίας στο τυρί είναι το τσίμπημα ή το δάγκωμα, όπως αλλιώς αποκαλείται, των πικάντικων τυριών, αλλά και η οξύτητα του ώριμου Cheddar (Delahunty & Drake, 2017).

Το τυρί αποτελεί πηγή πολυάριθμων αρωματικών ενώσεων, όπου κάθε μία έχει συγκεκριμένο άρωμα ή οσμή. Ο συνδυασμός των διαφορετικών αρωματικών χαρακτήρων, αλλά και η ποσοτική αναλογία κάθε μίας χημικής ένωσης συμβάλλει στη διαμόρφωση του αρωματικού προφίλ ενός συγκεκριμένου τύπου τυριού. Έχουν ταυτοποιηθεί ενώσεις που ανήκουν στην κατηγορία των λιπαρών οξέων, των εστέρων, των ανώτερων εστέρων, των μεθυλοκετονών, των αλειφατικών και αρωματικών υδρογονανθράκων, των απλών, των ανώτερων και των αρωματικών αλκοολών, των αλδευδών, των αμινών, των αμιδίων, των φαινολών και των ενώσεων του θείου. (Delahunty & Drake, 2017).

Ορισμένα παραδείγματα ενώσεων που έχουν προσδιορισθεί σε διάφορους τύπους τυριών και συμβάλλουν στη διαμόρφωση του flavor παρουσιάζονται στον πίνακα 6.

Πίνακας 6: Παραδείγματα σημαντικών αρωματικών ενώσεων σε ορισμένους τύπους τυριών

Τύπος τυριού	Χημικές Ενώσεις	Προέλευση	Αρωματικός χαρακτήρας	Αναφορά
Gouda	2-πεντανόνη	Λιπίδιο	Μπανάνα	Chen et al., 2022
Gouda, Cheddar, Camembert, Romano, Parmesan	Βουτυρικό οξύ (βουτανικό οξύ)	Λιπίδιο	Τάγγιση, οσμή τυριού	Smit et al., 2005, Chen et al., 2022, Qian & Burbank, 2007
Gouda, Cheddar	Βουτανόνη	Λιπίδιο		Smit et al., 2005
Gouda	Εξανάλη	Λιπίδιο		Smit et al., 2005

Gouda	Πεντανάλη	Λιπίδιο		Smit et al., 2005
Gouda	Εξανικό οξύ	Λιπίδιο	Άρωμα γλυκού	
Cheddar Gouda	Οξικό οξύ	Κιτρικό, λακτόζη	Ξινό, ξύδι, πικάντικο	Smit et al., 2005, Chen et al., 2022
Camembert, Brie, Gorgonzola, Mozzarella	1-οκτεν-3-όλη	Προϊόν του μεταβολισμού του Penicillium στα τυριά με μούχλα	Πράσινη νότα, μανιτάρι	Curioni & Bosset, 2002, Smit et al., 2005
Cheddar, Camembert	1-οκτεν-3-όνη		Ενισχύει την ένταση της 1-οκτεν-3-όλης	Curioni & Bosset, 2002, Smit et al., 2005
Camembert	γ-δεκαλακτόνη			
Gouda, Cheddar, Swiss-type	Διακετύλιο	Σάκχαρα	Έντονη οσμή βουτύρου	Smit et al., 2005
Cheddar, Swiss-type, Regiano, Parmesan, Romano	Προπιονικό οξύ (ή προπανικό οξύ)		Ξινό γάλα, πικάντικο	Smit et al., 2005, Qian & Burbank, 2007
Camembert	2,3-βουτανοδιόνη			
Gouda, Cheddar, Camembert, Swiss-type Emmental, Gruyere	3-μεθυλο-βουτανάλη	Αμινοξέα (λευκίνη)	Βύνη	Smit et al., 2005
Gouda,	3-μεθυλο-βουτανόλη	Αμινοξέα (λευκίνη)	Φρέσκο τυρί, αλκοόλη	Curioni & Bosset, 2002, Smit et al., 2005
Gouda, Camembert	Διμεθυλο-σουλφίδιο (DMS)			Smit et al., 2005
Gouda, Cheddar	Διμεθυλο-τρισουλφίδιο			Smit et al., 2005

Gouda	2-μεθυλο-προπανόλη			Smit et al., 2005
Gouda, Cheddar, Camembert	Μεθανοθειόλη		Λάχανο, «σάπιο», θειάφι	Smit et al., 2005
Cheddar, Gouda	Ισοβαλερικό οξύ		Άρωμα γλυκού	Smit et al., 2005, Chen et al., 2022
Cheddar, Camembert, Swiss-type	Μεθιονάλη		Βραστή πατάτα, άρωμα κρέατος	Smit et al., 2005
Camembert, Gouda	Βενζαλδεΐδη	Αμινοξέα	Πικραμύγδαλο, γλυκό κεράσι	Smit et al., 2005, Chen et al., 2022
Camembert, Gruyere, Mozzarella βοοειδών	Φαινυλακεταλδεΐδη	Αμινοξέα (φαινυλαλίνη)		Curioni & Bosset, 2002, Smit et al., 2005
Gouda, Cheddar, Swiss-type	Βουτυρικός αιθυλεστέρας	-	Φρουτώδες, βουτυρώδες άρωμα, ώριμο φρούτο	Smit et al., 2005
Gouda	Εξανικός μεθυλεστέρας	Λίπος, αμινοξέα, σάκχαρα	Φρουτώδες άρωμα (ανανά)	Chen et al., 2022
Cheddar, Swiss-type	Εξανικός αιθυλεστέρας	-		Smit et al., 2005
Κατσικίσιο τυρί, Gruyere	Φαινυλαιθανόλη	Αμινοξέα (φαινυλαλανίνη)	Οσμή τριαντάφυλλου	Curioni & Bosset, 2002
Camembert, Swiss-type	Οξικός Φαινυλαιθυλεστέρας		Οσμή άνθεων (κρίνοι-γιασεμί με μεταλλικές νότες	Smit et al., 2005
Gouda	Λεμονένιο	-		Smit et al., 2005
Gouda	Οξικός βουτυλεστέρας		Φρουτώδες άρωμα (αχλάδι)	Chen et al., 2022

Gouda	Ακετοΐνη (3-υδροξυ-2-βουτανόνη)	Κιτρικό οξύ, λακτόζη	Βούτυρο	Chen et al., 2022
Gorgonzola (φυσικής και κρεμώδους υφής), Grana Padano	2-επτανόλη	Λιπαρά οξέα $\xrightarrow{\beta\text{-οξειδωση}}$ μεθυλοκετόνες $\xrightarrow{\text{αναγωγή}}$ δευτεροταγείς αλκοόλες		Curioni & Bosset, 2002

Σε μελέτη που πραγματοποίησαν οι Chen et al. (2022) σε 12 εμπορικά δείγματα τυριών Gouda της Κίνας πραγματοποιήθηκε αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας (GC – MS), αέρια χρωματογραφία – ολφακτομετρία (GC – O) και οργανοληπτική αξιολόγηση. Η αέρια χρωματογραφία – φασματομετρία μάζας οδήγησε στην ταυτοποίηση 77 αρωματικών ενώσεων, εκ των οποίων οι 28 είχαν ενεργή συμμετοχή στη διαμόρφωση του αρωματικού προφίλ των τυριών, σύμφωνα με τη αέρια χρωματογραφία – ολφακτομετρία. Ορισμένες από αυτές τις αρωματικές ενώσεις αναφέρονται στον πίνακα 6 (Chen et al., 2022).

4.2 Άρωμα και γεύση κατά την ωρίμανση του τυριού

Εκτός από τα αρώματα του τυριού που οφείλονται στις πρώτες ύλες και από τις αρωματικές ενώσεις που παράγονται από τους μικροοργανισμούς κατά τη παραγωγική διαδικασία του κρασιού, το αρωματικό προφίλ του τυριού διαμορφώνεται και ολοκληρώνεται κατά τη φάση της ωρίμανσης. Πρόκειται για μία πολύπλοκη διαδικασία στην οποία συμμετέχουν μικροβιολογικές, βιοχημικές και μεταβολικές διαδικασίες, οι οποίες συμβάλουν ώστε το τυρί εκτός από το χαρακτηριστικό άρωμά του, να αλλάξει υφή, αλλά και γεύση (Murtaza et al., 2013).

Ο καταναλωτής μπορεί να αντιληφθεί το προφίλ του αρώματος ενός τυριού, όπως αναφέρθηκε, μέσω δύο οδών: με την βοήθεια της εισόδου του αέρα στη ρινική κοιλότητα και κατά την μάσηση και κατάποση, όπου πτητικές ουσίες διέρχονται από την στοματική στη ρινική κοιλότητα. Υπάρχει σαφή διαφορά μεταξύ αυτών των διαδικασιών που οφείλεται στο γεγονός ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι ξηρότερος και πλουσιότερος σε οξυγόνο από τον αέρα που μεταφέρεται μέσω της ρινοφαρυγγικής κοιλότητας. Ωστόσο, η συγκέντρωση των πτητικών ουσιών είναι μεγαλύτερη στη

δεύτερη περίπτωση, όπου η μάσηση επιτρέπει την απελευθέρωση περισσότερων χημικών ουσιών (Fisk, 2015) .

Το αρωματικό προφίλ του τυριού εξαρτάται, επίσης, από τη σύνθεση των πτητικών χημικών ουσιών, τη συγκέντρωση, τις χημικές σταθερότητες, το κατώφλι αντίληψης κάθε ουσίας, τη σχετική διαθεσιμότητα κάθε ουσίας. (Fisk, 2015) . Το pH, το χλωριούχο νάτριο, η μικροχλωρίδα και οι μικροοργανισμοί εκκίνησης συμβάλλουν στη διαμόρφωση του αρωματικού προφίλ του τυριού (NaCl) (Murtaza et al., 2013).

Η περίοδος ωρίμανσης του τυριού παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις ανάλογα τον τύπο του τυριού. Έτσι, για τυριά όπως η Mozzarella που τρώγονται κυρίως φρέσκα, η περίοδος αυτή μπορεί να είναι μικρή, περίπου 15 ημέρες, ενώ για το Parmigiano Reggiano, η ωρίμανση μπορεί να διαρκέσει ακόμη και περισσότερα από 2 χρόνια. Κατά την περίοδο της ωρίμανσης, συντελούνται αλλαγές στον πληθυσμό και το είδος των μικροοργανισμών που βρίσκονται στο τυρί, καθώς η αρχική καλλιέργεια συνήθως θανατώνεται και αναπτύσσονται νέοι μικροοργανισμοί, δηλαδή μία νέα δευτερεύουσα μικροχλωρίδα. Για παράδειγμα, στα τυριά ελβετικού τύπου, όπως Emmental, αναπτύσσονται βακτήρια *Propionibacterium freudenreichii*, ενώ σε άλλους τύπους τυριών αναπτύσσονται στην επιφάνεια τους μύκητες ή θετικά-(+)-Gram βακτήρια. Η γεύση και η υφή που χαρακτηρίζουν τους διαφόρους τύπους τυριών αναπτύσσονται συνήθως αυτή την περίοδο (McSweeney, 2017)

Κατά την περίοδο της ωρίμανσης, συντελείται μεταβολή στη σύνθεση των συστατικών του τυριού, αλλά και στην ποσότητα στην οποία βρίσκονται στο τυρί. Η υφή, η δομή και η σύσταση μεταβάλλονται και κατά συνέπεια μεταβάλλεται και ο οργανοληπτικός χαρακτήρας των τυριών. Οι κυριότερες βιοχημικές οδοί που συμβάλλουν στη διαμόρφωση του αρωματικού προφίλ των τυριών, ειδικά κατά την ωρίμανση είναι κυρίως (Le Quere & Buchin, 2022):

- Ο καταβολισμός της λακτόζης, του γαλακτικού και του κιτρικού οξέος
- Ο καταβολισμός των λιπιδίων
- Ο καταβολισμός των πρωτεϊνών

Οι μεταβολικές αυτές διαδικασίες πραγματοποιούνται με τη βοήθεια ενζύμων, είτε ενδογενών είτε ενζύμων πήξης είτε ενζύμων που παράγονται από τους μικροοργανισμούς που συμμετέχουν στην παραγωγή και την ωρίμανση των τυριών. Τα προϊόντα αυτών των διαδικασιών ανήκουν στις κατηγορίες των λιπαρών οξέων,

των κετονών, των αλκοολών, των λακτονών, των εστέρων, των αλδεϋδών, των θειούχων ενώσεων, των αμινών και των πυραζινών. Η παρουσία ή η απουσία ορισμένων ενώσεων, η συγκέντρωση και οι μεταξύ τους αναλογίες συνθέτουν το αντιπροσωπευτικό αρωματικό προφίλ ορισμένων τύπων τυριών (Le Quere & Buchin, 2022).

4.2.1 Καταβολισμός λακτόζης, γαλακτικού και κιτρικού οξέος

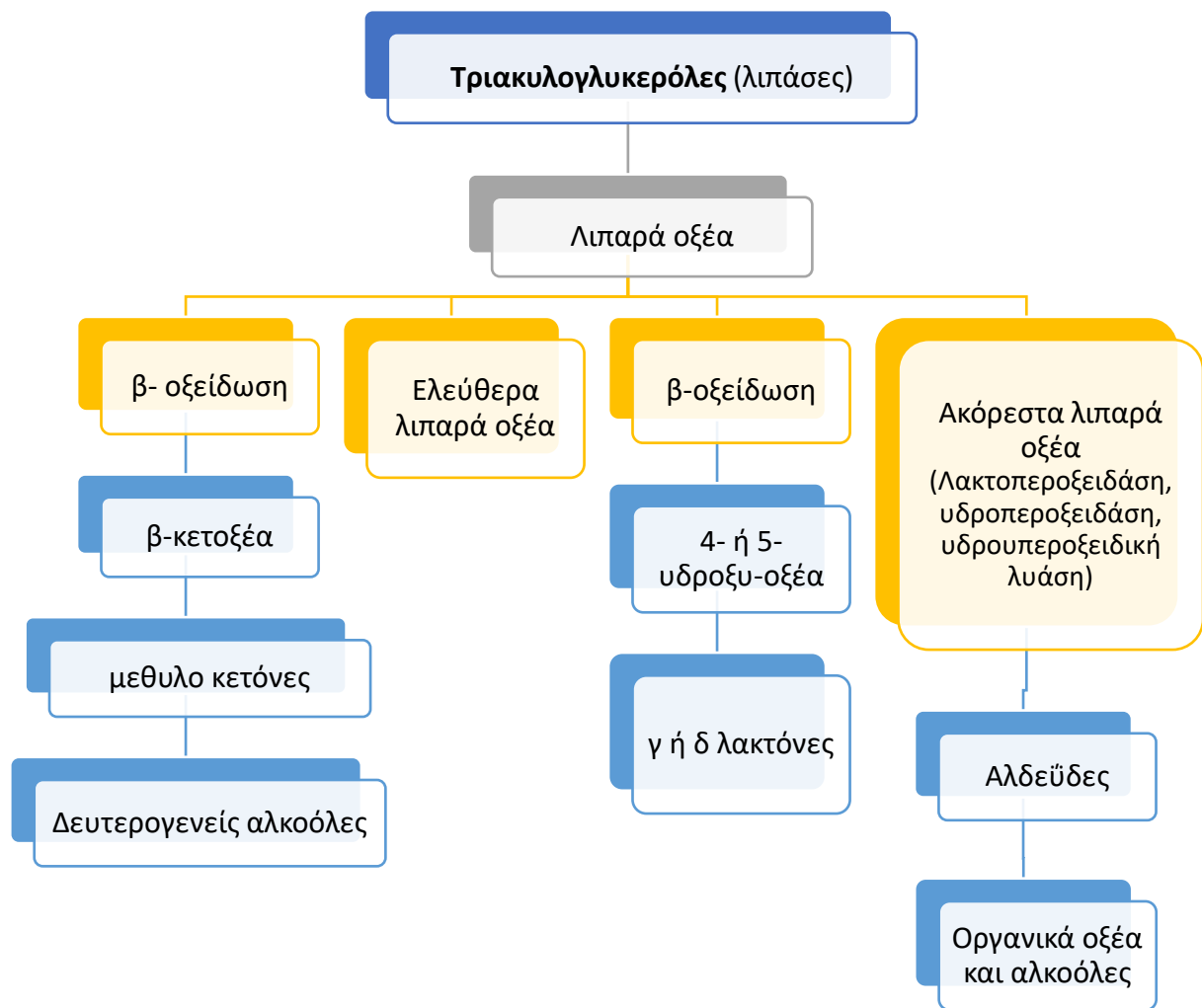
Τα σάκχαρα που περιέχει το τυρί, με σημαντικότερο τη λακτόζη, μεταβολίζονται με γλυκόλυση κυρίως σε L- γαλακτικό με τη βοήθεια καλλιέργειας βακτηρίων γαλακτικού οξέος. Από τη ζύμωση αυτή, ως δευτερογενή προϊόντα, παράγονται διακετύλιο, οξικό και προπιονικό οξύ. Η προσθήκη χλωριούχου νατρίου μειώνει την δραστικότητα των μικροοργανισμών (Murtana et al., 2014)

Το παραγόμενο L- γαλακτικό οξύ δύναται να λειτουργήσει ως υπόστρωμα για την ανάπτυξη μικροοργανισμών, τα οποία μπορούν είτε να υποστούν ρακεμοποίηση και να μετατραπούν εν μέρει σε D-γαλακτικό οξύ, το οποίο μπορεί να δημιουργήσει κρυστάλλους γαλακτικού ασβεστίου στο τυρί που αν και δεν αποτελούν αλλοίωση, δρουν αρνητικά στην αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή. Το γαλακτικό μπορεί, επίσης, να οξειδωθεί και να μετατραπεί σε οξικό οξύ (CH_3COOH) και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) ή να μεταβολιστεί από τον *Lactococcus lactis ssp. biovar diacetylactis* και *Leuconostoc spp.* και να παράγει διακετύλιο, ακετοΐνη και 2, 3-βουτυλενογλυκόλη, που συμβάλλουν θετικά στο άρωμα του τυριού (Murtana et al., 2014).

Το κιτρικό οξύ που βρίσκεται στο γάλα απομακρύνεται στο μεγαλύτερο ποσοστό του με τον ορό γάλακτος. Το κιτρικό οξύ του τυριού είναι το ποσοστό που απομένει και επιπρόσθετα όσο παράγεται από τον καταβολισμό των σακχάρων, αμινοξέων και λιπιδίων, όπου μόρια ακετυλοCoA εισέρχονται στον κύκλο του Krebs. Μπορεί να μεταβολιστεί, παρουσία αναγόντων σακχάρων, σε οξικό οξύ, διακετύλιο και διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) (Murtana et al., 2014).

4.2.2 Καταβολισμός Λιπιδίων

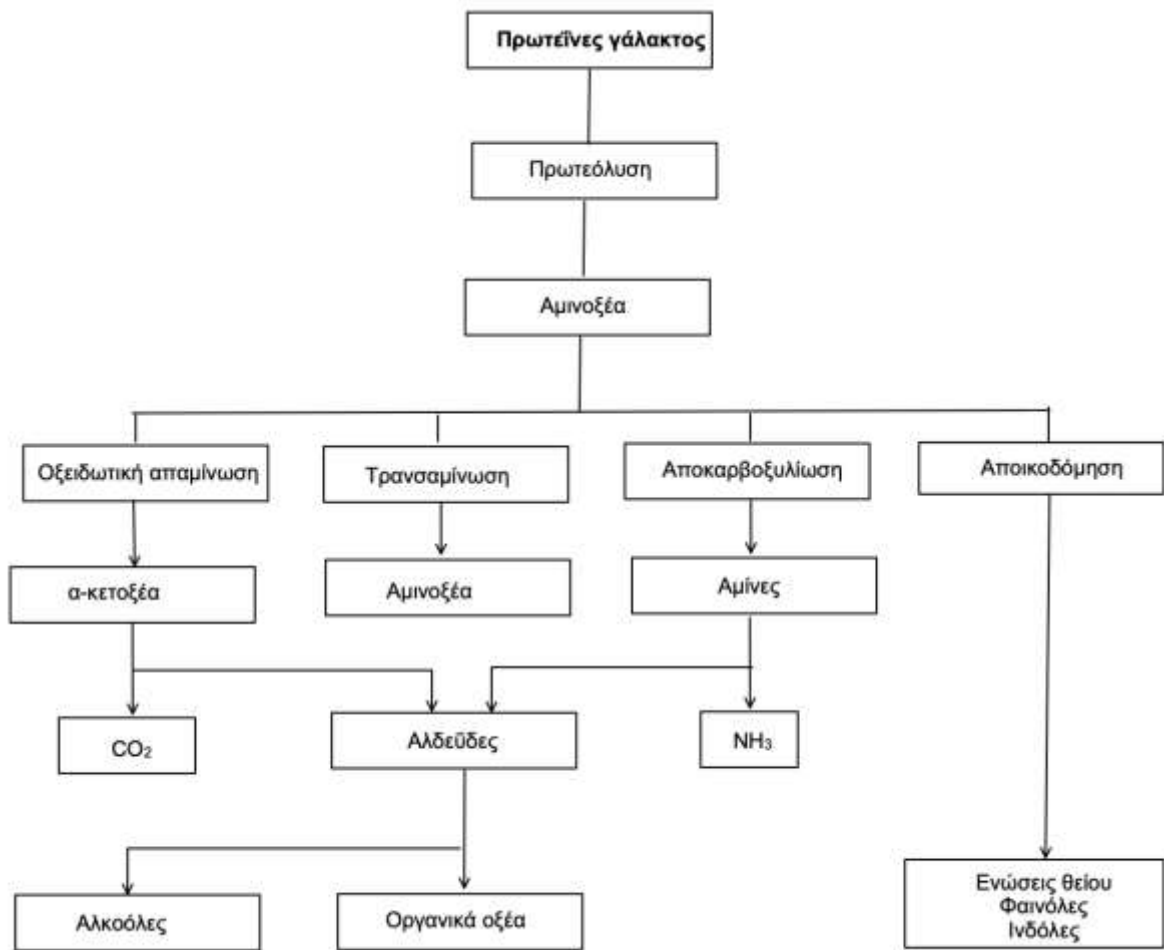
Στο διάγραμμα 1, απεικονίζεται ο καταβολισμός των λιπιδίων. Τα προϊόντα μπορεί να είναι δευτερογενείς αλκοόλες, ελεύθερα λιπαρά οξέα, γ και δ λακτόνες, οργανικά οξέα και αλκοόλες.



Διάγραμμα 1: Καταβολισμός λιπιδίων
Πηγή: Le Quere & Buchin, 2022

4.2.3 Καταβολισμός πρωτεϊνών

Στο διάγραμμα 2, δίνεται σχηματικά ο καταβολισμός των πρωτεϊνών του γάλακτος. Κατά τη διαδικασία αυτή, παράγονται αλκοόλες, οξέα, ενώσεις του θείου, φαινόλες και ινδόλες.



Διάγραμμα 2: Καταβολισμός πρωτεϊνών
 Πηγή: Le Quere & Buchin, 2022

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΤΗΤΙΚΩΝ ΑΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ ΣΤΟ ΤΥΡΙ

5.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Το αρωματικό προφίλ στα τυριά μπορεί να προσδιοριστεί με οργανοληπτική δοκιμή και / ή με τη βοήθεια διαφόρων καινοτόμων τεχνικών, όπως προσδιορίζεται είναι η αέρια χρωματογραφία (GC). Τα τρία βασικά στάδια των τεχνικών αυτών περιλαμβάνουν: εκχύλιση – διαχωρισμός αρωματικών συστατικών και ανίχνευση – ταυτοποίηση των αρωματικών συστατικών (Bertuzzi et al, 2018).

Μία από τις πρώτες καταγεγραμμένες προσπάθειες να ταυτοποιηθούν οι ενώσεις που συνθέτουν το αρωματικό προφίλ των τυριών δημοσιεύθηκε το 1910. Στη δημοσίευση αυτή αναφερόταν μία τεχνική απομόνωσης των πτητικών οργανικών οξέων από δείγματα τυριού. Για την ακρίβεια, ζυγίστηκαν δείγματα τυριού Cheddar μάζας 250–300 g, τα οποία οδηγήθηκαν για άλεση με προσθήκη άμμου. Στη συνέχεια, έγινε προσθήκη αραιού διαλύματος θειικού οξέος (H_2SO_4), και ακολούθησε απόσταση με ατμό. Ποσότητα αποστάγματος ίση με 1 L, εξουδετερώθηκε με υδροξείδιο του βαρίου [$Ba(OH)_2$] και ακολούθησε δεύτερη απόσταξη. Το παραγόμενο διάλυμα εξατμίστηκε ως τα 150-200 mL, και έγινε προσθήκη διαλύματος θειικού οξέος (H_2SO_4) 0,1N και ακολούθησε διήθηση ώστε να απομακρυνθεί το θειικό βάριο ($BaSO_4$) που σχηματίστηκε και, τελικά, διηθήθηκε και τα οξέα διαχωρίστηκαν με κλασματική απόσταξη. Προσδιορίστηκαν ποιοτικά και ποσοτικά τα εξής οργανικά οξέα: οξικό, προπιονικό, βουτυρικό, γαλακτικό οξύ (Suzuki et al., 1910).

Σημαντικοί σταθμοί για τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ των τυριών ήταν (Tunick, 2014):

- η εμφάνιση της χρωματογραφίας περίπου στη λήξη του Β΄ Παγκοσμίου πολέμου
- η περιγραφή της αέριας χρωματογραφία (Gas Chromatography - GC) το 1952
- η σύζευξη της αέριας χρωματογραφίας με τη φασματομετρία μάζας (Gas Chromatography – Mass Spectrometry – GC-MS)

- η ανάπτυξη της αέριας χρωματογραφίας σε σύζευξη με ολφακτομετρία (Gas Chromatography – Olfactometry – GC-O), δηλαδή με μία μέθοδο που χρησιμοποιεί την ανθρώπινη μύτη ως ανιχνευτή οσμών, η οποία για πρώτη φορά εφαρμόστηκε το 1971.

5.2 Απομόνωση αρωματικών ενώσεων τυριού

Η απομόνωση των αρωματικών ενώσεων του τυριού είναι μία προ- επεξεργασία του δείγματος, απαραίτητη για τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ ενός γαλακτοκομικού προϊόντος, άρα και του τυριού. Οι πτητικές αρωματικές ενώσεις με τη βοήθεια των διαφόρων μεθόδων διαχωρισμού, απομονώνονται από το τρόφιμο και στη συνέχεια οδηγούνται για περαιτέρω ποιοτική και ποσοτική ανάλυση (Tunick, 2014).

Οι πιο κοινές μέθοδοι απομόνωσης των αρωματικών ενώσεων από το τυρί είναι η απόσταξη, η εκχύλιση και ο συνδυασμός ταυτόχρονης απόσταξης και εκχύλισης. Έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετές τεχνικές εκχύλισης ώστε να επιτευχθεί η απομόνωση και εν μέρει η συμπύκνωση των αρωματικών πτητικών ενώσεων των τυριών. Ορισμένες από τις κυριότερες τεχνικές εκχύλισης, οι οποίες θεωρούνται κατάλληλες για τα γαλακτοκομικά προϊόντα, η αρχή μεθόδου και ο υποδοχέας στον οποίο συγκεντρώνονται οι πτητικές ουσίες αναφέρονται στον πίνακα 7.

Πίνακας 7: Τεχνικές εκχύλιση κατάλληλες για την πτητική ανάλυση γαλακτοκομικών προϊόντων

A/A	Μέθοδος Εκχύλισης	Αρχή λειτουργίας μεθόδου	Υποδοχέας πτητικών ουσιών
01	Απόσταξη (distillation) / εκχύλιση με τη βοήθεια διαλυτών (solvent extraction)	Σε φιάλη με δείγμα και διαλύτες εφαρμόζεται κενό και θέρμανση και απελευθερώνονται οι πτητικές ενώσεις.	Συμπυκνωτής (ψυχρή παγίδα)
02	Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (solid-phase micro extraction – SPME)	Δείγμα σε κλειστό φιαλίδιο. Μικρο-ίνα επικαλυμμένη με silica (στατική φάση) προσροφά μέρος των πτητικών ουσιών με	Μικρο-ίνα με silica

		βύθιση στο δείγμα ή στο headspace ¹	
03	Εκχύλιση με μαγνήτη ανάδευσης (stir bar extraction – SBE)	Δείγμα σε κλειστό φιαλίδιο. Μαγνήτης ανάδευσης επικαλυμμένος με προσροφητικό υλικό, δεσμεύει πτητικές ενώσεις με βύθιση ή από το headspace	Μαγνήτης ανάδευσης επικαλυμμένος με προσροφητικό υλικό
04	Purge and trap	Αδρανές αέριο διέρχεται μέσα από γυάλινο σκεύος-παγίδα σχήματος U που φέρει το δείγμα και παρασύρει τις πτητικές ουσίες	Παγίδευση σε προσροφητικό υλικό (πχ ενεργός άνθρακας) μέσα στη μονάδα
05	Θερμική εκρόφηση (thermal desorption - TD)	Αδρανές αέριο διοχετεύεται στο θάλαμο δειγματοληψίας (δείγμα)	Παγίδα
06	Δυναμική εκχύλιση στερεάς φάσης (solid phase dynamic extraction – SPDE)	Δείγμα σε κλειστό φιαλίδιο. Προσρόφηση πτητικών ουσιών από το headspace με σύριγγα που φέρει βελόνα κατάλληλα επικαλυμμένη με στερεά φάση	Βελόνα επικαλυμμένη με στερεά φάση
07	Εκχύλιση σε σωλήνα (in tube extraction - ITEx)	Δείγμα σε κλειστό φιαλίδιο. Σύριγγα με βελόνα κατασκευασμένη με παγίδα απορροφά τα πτητικά από το χώρο πάνω από το δείγμα	Βελόνα με παγίδα

Πηγή: Bertuzzi et al, 2018

5.2.1 Εκχύλιση Απόσταξη / εκχύλιση με τη βοήθεια διαλυτών (distillation / solvent extraction)

Η τεχνική απόσταξης / εκχύλισης με τη βοήθεια διαλυτών είναι μία διαδικασία απομόνωσης των πτητικών αρωματικών ουσιών όπου συνδυάζεται η απόσταξη με την εκχύλιση. Στο πρώτο στάδιο πραγματοποιείται η διαδικασία της απόσταξης υπό μερικό κενό ή ελαττωμένη πίεση. Η εφαρμογή του μερικού κενού στο σύστημα ($P < 10^{-3}$ Pa) οδηγεί σε μείωση του σημείου βρασμού των συστατικών του δείγματος, οπότε με αυτόν τον τρόπο προστατεύονται τα θερμοευαίσθητα συστατικά που πιθανότατα υπάρχουν στη σύνθεση του τυριού. Αρχικά το τυρί αναμειγνύεται με ποσότητα νερού και δημιουργείται ένας υδαρής πολτός που οδηγείται για απόσταξη υπό κενό. Το

¹ Headspace: διάκενος χώρος πάνω από το δείγμα

απόσταγμα συλλέγεται σε παγίδες ψύξης. Σε δεύτερο στάδιο, το απόσταγμα μπορεί να υποβληθεί σε εκχύλιση με οργανικό διαλύτη, όπως είναι το ακετονιτρίλιο, το πεντάνιο, το διχλωρομεθάνιο ή ο διαιθυλαιθέρας. Ακολουθεί νέα απόσταξη υπό κενό στο λαμβανόμενο εκχύλισμα και με ρύθμιση του pH μπορούν να ληφθούν περισσότερα από ένα κλάσματα, που περιέχουν διαφορετικά είδη πτητικών ενώσεων (Bertuzzi, 2018).

Τα κλάσματα που μπορούν να ληφθούν είναι (Bertuzzi et al, 2018):

- Όξινο κλάσμα, το οποίο έχει υψηλή συγκέντρωση σε φαινολικά συστατικά και ελεύθερα λιπαρά οξέα.
- Ουδέτερο κλάσμα, το οποίο είναι πλούσιο σε περιεκτικότητα αλκοολών, αλδεϋδών, κετονών, εστέρων και λακτόνων.
- Αλκαλικό κλάσμα, στο οποίο βρίσκεται η μεγαλύτερη ποσότητα των αζωτούχων ενώσεων, των τερπενίων και των θειούχων ενώσεων του τυριού.

Τα κλάσματα που απομονώνονται οδηγούνται στον αέριο χρωματογράφο.

Μία διαφορετική εκδοχή της παραπάνω διαδικασίας απομόνωσης των πτητικών αρωματικών ενώσεων των τυριών, είναι η ταυτόχρονη απόσταξης με ατμό και εκχύλιση σε διαλύτη. Ο διαλύτης, ο οποίος είναι συνήθως μία οργανική ουσία με χαμηλό σημείο βρασμού, επιτρέπει την εκχύλιση των αρωματικών ενώσεων. Κατά την συμπύκνωση του αποστάγματος στο δοχείο συλλογής εμφανίζονται δύο φάσεις, η μία φάση είναι οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί που περιέχουν μη πτητικές ουσίες και η άλλη φάση είναι οι συμπυκνωμένοι ατμοί του διαλύτη που περιέχουν τα πτητικά αρωματικά συστατικά. Το συγκεκριμένο εκχύλισμα μπορεί να οδηγηθεί απευθείας για αέρια χρωματογραφία (Bertuzzi et al, 2018). Οι Godefroot et al., 1981 οι ήταν από τους πρώτους που εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη τεχνική παρατήρησαν ότι είναι μία ταχύτερη μέθοδος από τη διαδοχική εφαρμογή απόσταξης και εκχύλισης, πραγματοποιείται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αφού ο διαλύτης εκχύλισης έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού και απαιτεί μικρότερες ποσότητες διαλυτών (Godefroot et al., 1981).

Οι τεχνικές που συνδυάζουν απόσταξη και εκχύλιση είτε διαδοχικά είτε ταυτόχρονα δεν χρησιμοποιούνται με την ίδια συχνότητα όσο τις προηγούμενες δεκαετίες. Έχουν αντικατασταθεί σε ένα βαθμό από καινοτόμες μεθόδους, καθώς

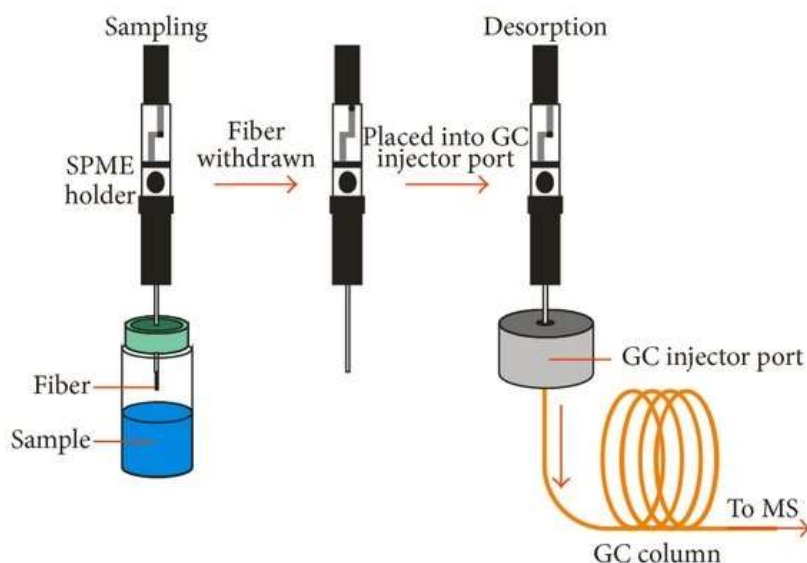
θεωρούνται χρονοβόρες διαδικασίες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν θερμική αποσταθεροποίηση ορισμένων πτητικών ενώσεων λόγω της υψηλής θερμοκρασίας στην οποία εκτίθεται το δείγμα, ενώ η ανάκτηση των πτητικών ουσιών που διαμορφώνουν το αρωματικό προφίλ των τυριών δεν έχει σταθερό ρυθμό ή απόδοση. Επίσης, οι διαλύτες που χρησιμοποιούνται κατά την εκχύλιση μπορούν να προκαλέσουν παρεμβολές κατά τη διαδικασία της αέριας χρωματογραφίας (GC) (Bertuzzi et al, 2018).

5.2.2 Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (Solid Phase Microextraction – SPME)

Η μέθοδος SPME παρουσιάζει επιλεκτικότητα και ευαισθησία, ενώ δεν απαιτεί τη χρήση διαλυτών, τοξικών ή επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Στην διαδικασία αυτή χρησιμοποιούνται ίνες, οι οποίες έχουν επικαλυφθεί με συγκεκριμένες ουσίες. Υπάρχουν διαθέσιμες ίνες από (Sykora et al., 2020):

- πολυδιμεθυλοσιλοξάνιο (polydimethylsiloxane) και πολυακρυλικό (polyacrylate) που επιτρέπουν την απορρόφηση ουσιών σε όλο τον όγκο της επικάλυψης, και όχι μόνο επιφανειακά.
- Καρβοξένιο (carboxene), διβινυλοβενζόλιο (divinylbenzene) ή συνδυασμό αυτών των συστατικών, συνήθως σε ανάμιξη με πολυμεθυλοσιλοξάνιο (polydimethylsiloxane), που επιτρέπουν την επιφανειακή προσρόφηση και έχουν χαμηλά όρια ανίχνευσης.

Η μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (SPME) είναι μία μέθοδος εκχύλισης που χρησιμοποιείται συχνά για τον προσδιορισμό των πτητικών συστατικών ενός τροφίμου (Sykora et al., 2020). Διακρίνεται ανάλογα με τον τρόπο που λαμβάνεται το δείγμα σε άμεσης εμβάπτισης - SPME (Direct Immersion -SPME, DI-SPME), όταν η επικαλυμμένη ίνα βυθίζεται στο υγρό δείγμα για την ανίχνευση ημι- και μη πτητικών ενώσεων, ή ως headspace - SPME (HS - SPME) όπου η επικαλυμμένη ίνα ουσιαστικά αιωρείται στον διάκενο χώρο, πάνω από το υγρό δείγμα (εικόνα 3). Η DI-SPME εφαρμόζεται κυρίως για την ανίχνευση μη πτητικών ή μικρής πτητικότητας ενώσεων, ενώ η HS - SPME εφαρμόζεται για την ανίχνευση των πιο πτητικών ουσιών (Schmindt & Podmore, 2015). Κατά τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ των τυριών, προτιμάται η εφαρμογή της HS-SPME.



Εικόνα 4: Headspace - Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (HS-SPME)

Πηγή: Schmidt & Podmore, 2015

Η HS-SPME εφαρμόζεται στον υπερκείμενο ελεύθερο χώρο πάνω από το δείγμα. Οι ουσίες που ζητείται να προσδιορισθούν έχουν κατανεμηθεί στην υγρή (δείγμα), στην αέρια φάση (headspace) και στην στερεή φάση της ίνας, χωρίς όμως να είναι απαραίτητη η αποκατάσταση της ισορροπίας μεταξύ τους, ώστε να πραγματοποιηθούν οι περαιτέρω αναλύσεις. Η ίνα που φέρει τα πτητικά συστατικά οδηγείται για ποιοτικές και ποσοτικές αναλύσεις με τη βοήθεια της αέριας χρωματογραφίας (GC), της αέριας χρωματογραφίας – φασματομετρία μάζας (GC-MS) ή / και σε ολφакτομετρίας (Sykora et al., 2020).

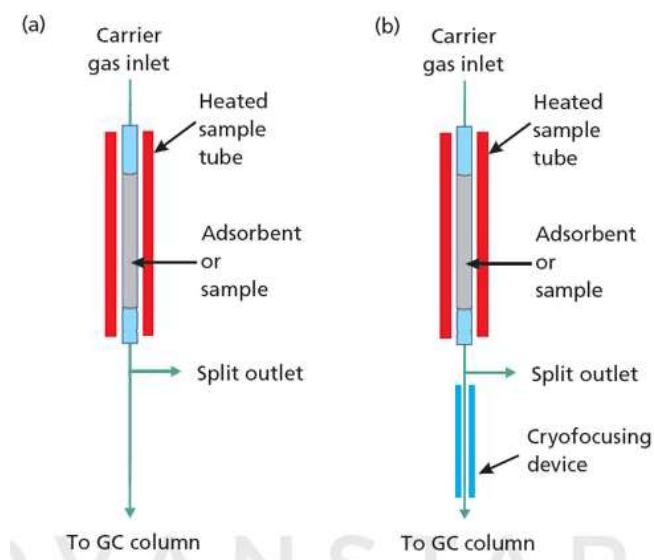
Μετά το τέλος της διαδικασίας, ο καθαρισμός της ίνας γίνεται με έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, όπου οι πτητικές ουσίες που πιθανότατα έμειναν προσκολλημένες να απομακρυνθούν και να μην μεταφερθούν στην επόμενη ανάλυση (Risticvic & Pawliszyn, 2013).

5.2.3 Θερμική εκρόφηση (Thermal Desorption -TD)

Η θερμική εκρόφηση (Thermal Desorption TD) χρησιμοποιείται συχνά ώστε να επιτευχθεί η διάκριση και η ταυτοποίηση των αρωματικών ενώσεων που

παρουσιάζονται σε διαφορετικούς τύπους τυριών, αλλά και για την ανάλυση των ατμοσφαιρικών ρύπων και την ανάλυση των πτητικών ενώσεων φυτικών υλικών (Gogus et al., 2006).

Το δείγμα τυριού οδηγείται σε θάλαμο δειγματοληψίας όπου θερμαίνεται σε κατάλληλες θερμοκρασίες ώστε οι πτητικές ενώσεις να απελευθερωθούν από τη μάζα του τροφίμου. Ένα αδρανές αέριο, συνήθως ήλιο (He) ή άζωτο (N₂), διέρχεται από το δείγμα και παρασύρονται σε ένα σωλήνα θερμικής εκρόφησης, όπου υπάρχει ένα προσροφητικό υλικό παγίδευσης. Τα υλικά παγίδευσης διαφοροποιούνται ανάλογα την κατηγορία των ενώσεων που θέλει ο αναλυτής να απομονωθούν (εικόνα 4). Μπορεί, επίσης, να χρησιμοποιηθεί ψυχρή παγίδα πριν την έγχυση στον αέριο χρωματογράφο, με υγρό άζωτο ή υγρό διοξείδιο του άνθρακα, ώστε να συμπυκνωθούν τα πτητικά συστατικά και να βελτιωθεί η ανάλυση (Kilcawley, 2016).



Εικόνα 5: Θερμική εκρόφηση

Πηγή: Henshaw, 2016

Η θερμική εκρόφηση (TD) είναι μια μέθοδος που παρουσιάζει ακρίβεια και ταχύτητα καθώς και τη δυνατότητα αυτοματισμού (Gogus et al., 2006). Επίσης, η ποσότητα του δείγματος παρουσιάζει διακυμάνσεις ανάλογα με το μέγεθος του χρησιμοποιούμενου θαλάμου. Ένας σημαντικός αριθμός κατασκευαστών προσφέρουν τον κατάλληλα εξειδικευμένο εξοπλισμό, με δυνατότητα

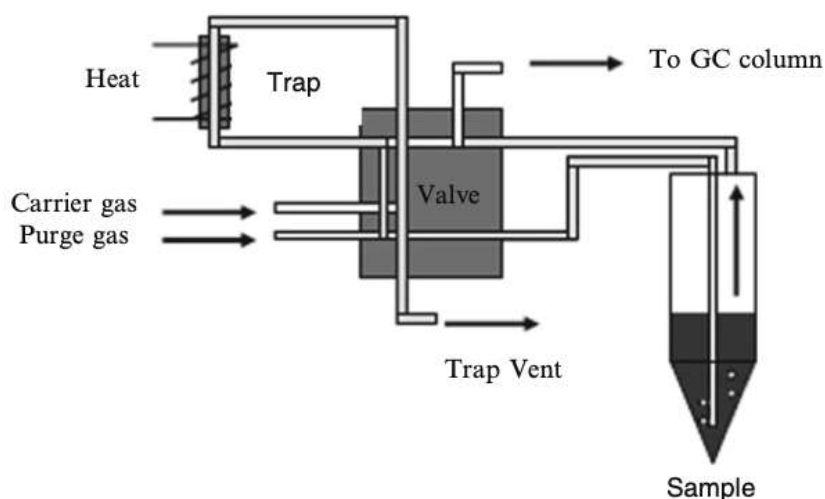
αυτοματοποίησης, ο οποίος μπορεί να συνδεθεί απευθείας με στήλη αέριας χρωματογραφίας (GC) ή με σύστημα έγχυσης (Kilcawley, 2016).

Το κυριότερο μειονέκτημα που παρουσιάζει είναι ότι το δείγμα έχει υψηλή υγρασία και μπορεί να δημιουργηθούν συμπυκνώματα στους θαλάμους θερμικής εκρόφησης που μπορούν να εμποδίσουν την ορθή καλή εκρόφηση των πτητικών αρωματικών ουσιών (Bertuzzi et al, 2018).

5.1.6 Purge & trap (PT)

Η purge & trap (PT) είναι μία δυναμική τεχνική εκχύλισης του headspace, η οποία έχει ευρεία χρήση κατά τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ των τυριών. Επιτρέπει την ανίχνευση ορισμένων πολύ πτητικών ενώσεων, όπως ορισμένες αλκοόλες που έχουν πολύ χαμηλό σημείο βρασμού. Πλεονεκτεί έναντι αρκετών άλλων μεθόδων απομόνωσης ουσιών στο γεγονός ότι δεν απαιτεί την παρουσία διαλύτη (Mallia et al, 2005).

Το τυρί είναι ένα τρόφιμο τυπικά διασκορπισμένο στο νερό ή σε διάλυμα χλωριούχου νατρίου (NaCl) ή σε τρίμματα. Κατά την εφαρμογή της purge & trap (PT), το δείγμα υποβάλλεται σε πρώτο στάδιο σε ομογενοποίηση με προσθήκη νερού και, στη συνέχεια, το δείγμα οδηγείται σε γυάλινο σκεύος το οποίο έχει σχήμα U. Ακολουθεί θέρμανση ώστε να ελευθερωθούν από τη μάζα του δείγματος οι πτητικές ενώσεις. Έπειτα, ένα αδρανές αέριο, όπως είναι το άζωτο ή το ήλιο, εισάγεται και «παρασύρει» τις πτητικές ουσίες σε ένα προσροφητικό υλικό όπου παγιδεύονται. Χαρακτηριστικό υλικό που χρησιμοποιείται για να παγιδεύσει τις επιθυμητές ουσίες είναι το Tenax ή μίγματα Tenax και γραφίτη, τα οποία έχουν καλύτερη συγγένεια με τις οργανικές πτητικές ενώσεις συγκριτικά με το νερό. Με τη βοήθεια παγίδας, οι ουσίες συμπυκνώνονται και οδηγούνται στη στήλη της αέριας χρωματογραφίας (Kilcawley, 2016).



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση του σχήματος purge & trap
Πηγή: Kilcawley, 2016

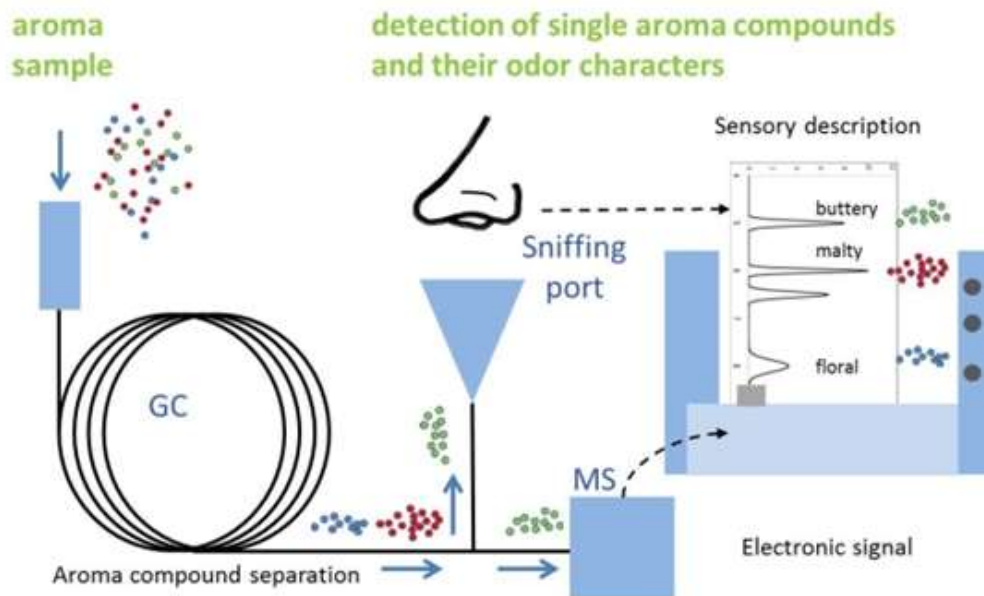
Η αποτελεσματικότητα της μεθόδου εξαρτάται από τον όγκο του δείγματος, τον χρόνο, τη θερμοκρασία και τον ρυθμό ροής του φέροντος αερίου. Η υψηλή υγρασία του δείγματος μπορεί να μειώσει την ακρίβεια, καθώς δύναται να εμποδίσει τις πτητικές ουσίες να δεσμευτούν στο προσροφητικό υλικό (Kilcawley, 2016).

5.2 Αέρια χρωματογραφία – ολφακτομετρία – φασματομετρία μάζας (Gas Chromatography – Olfactometry – Mass Spectrometry, GC – O – MS)

Η αέρια χρωματογραφία-ολφακτομετρία-φασματομετρία μάζας (GC-O-MS) είναι ένας συνδυασμός αέριας χρωματογραφίας-ολφακτομετρίας (GC-O) και αέριας χρωματογραφίας-φασματομετρίας μάζας (GC-MS) (Song & Liu, 2018).

Η αέρια χρωματογραφία-ολφακτομετρία (GC-) βασίζεται στο συνδυασμό των πληροφοριών που παρέχονται από την αέρια χρωματογραφία αλλά και από την αντίληψη της οσμής ενός εκπαιδευμένου ατόμου. Η οργανοληπτική ανάλυση με τη βοήθεια κατάλληλα εκπαιδευμένων δοκιμαστών δίνει χρήσιμες πληροφορίες για την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή, αλλά και για τον ποιοτικό προσδιορισμό ορισμένων αρωματικών συστατικών. Η ηλεκτρονική μύτη ωστόσο προσφέρει μεγαλύτερη αξιοπιστία και ακρίβεια και εκτός από τον ποιοτικό, επιτρέπει και τον ποσοτικό προσδιορισμό των αρωματικών πτητικών συστατικών των τυριών (Bertuzzi et al, 2018).

Η αέρια χρωματογραφία – φασματοφωτομετρία μάζας (GC- MS)



Εικόνα 7: Σχηματική αναπαράσταση συστήματος GC-O-MS

Πηγή: <https://odourobbservatory.org/el/measuring-odour/gas-chromatography-olfactometry/>

5.3 Ερευνητικά στοιχεία

Στον πίνακα εμφανίζονται παραδείγματα εφαρμογής των διαφόρων μεθόδων εκχύλισης και εύρεσης του αρωματικού προφίλ διαφόρων τύπων τυριών, όπως αναφέρονται στη βιβλιογραφία.

Τύπος τυριού	Μέθοδος απομόνωσης και προσδιορισμός αρωματικών ενώσεων τυριών	Μέθοδος προσδιορισμού αρωματικών ενώσεων	Συμπεράσματα	Αναφορά
Gouda, Cheddar, Danish Blue	Ταυτόχρονη εκχύλιση - απόσταξη	GC-MS	Ταυτοποίηση 61 διαφορετικών ενώσεων: 23 λιπαρά οξέα, 14	Alewijn et al., 2003

			λακτόνες, 9 εστέρες, 5 κετόνες, 10 αλκοόλες και αρκετές διάφορες ενώσεις	
Roncal, Pecorino Sardo, Fiore Sardo	Purge and Traps (DHS) συγκριτικά με ταυτόχρονη εκχύλιση-απόσταξη (SDE)	GC [με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (FID)+ ευαίσθητο στη μάζα ανιχνευτή (MSD)]	Συμπληρωματικές μέθοδοι εκχύλισης. Η DHS κατάλληλη για πιο πτητικές ενώσεις. Η SDE αποτελεσματικότερη για αλκοόλες, φαινόλες, ελεύθερα λιπαρά οξέα, εστέρες, λακτόνες, αλδεΐδες μεγαλύτερης αλυσίδας	Larrayoz et al., 2001
Edam, Emmentaler, Gouda, Maasdam	Μικροεκχύλιση στερεάς φάσης (SPME) και vacuum -SPME	GC-MS	Πιο σημαντική παράμετρος: χρόνος. Η επίδραση του κενού και της θερμοκρασία: όχι σημαντικές	Sykora et al., 2020
Gouda, Edam, Emmental	HS-SPME	GC-MS	50 πτητικές ενώσεις	El-Shamy & Farag, 2022
Pecorino	HS-SPME	GC-MS		Di Donato et al., 2021
Mozzarella με γάλα από βουβάλια	Thermal desorption (TD)	GC-MS	Η σύνθεση του συγκεκριμένου τύπου τυριού εξαρτάται από τη διατροφή των ζώων	Sabia et al., 2020
Feta	Thermal desorption (TD)	GC-MS	Η προσθήκη <i>Lb. paracasei</i> και <i>D. hansenii</i> στην παρασκευή φέτας συμβάλλει στο σχηματισμό ενός πλουσιότερου αρωματικού προφίλ, όπως αλκοόλες, αλδεΐδες και εστέρες.,	Bintsis & Robinson, 2004
Cheddar	Thermal desorption (TD)	GCxGC-TOF/MS	Ταυτοποιήθηκαν 12 αλδεΐδες, 13 οξέα, 13 κετόνες, 5 αλκοόλες, 3 υδρογονάνθρακες και 9 διάφορες ενώσεις.	Gogus et al., 2006

Μίγματα (3) Danish Danbo, Goya cheese, Blue	Thermal desorption (TD)	GC – O / MS	Διαφορετικά αρωματικό προφίλ. Το δείγμα με σκόνη Blue cheese, υψηλή ένταση γεύσης και οσμή φρουτώδης και «μπλε». Οφείλονται σε μεθυλοκετόνες και αλκοόλες, εστέρες και ελεύθερα λιπαρά οξέα που παράγονται συνήθως από τα είδη Penicillium.	Varming et al., 2013
Gruyere, Manchego, Ragusano	Purge & trap σε σύγκριση με SPME	GC – O / MS	Διαφορετικά αρωματικά προφίλ, με τη μέθοδο SPME	Mallia et al., 2005

TOF/MS: time-of-flight mass spectrometry

Συμπεράσματα

Η πρώτη ύλη από την οποία παράγεται το τυρί, είναι το γάλα. Η σύσταση του γάλακτος καθορίζει και τη σύσταση και την ποιότητα του παραγόμενου τυριού. Τα τυριά ταξινομούνται σε κατηγορίες με διάφορα κριτήρια, όπως είναι η μέθοδος παραγωγής, η πρώτη ύλη και η σκληρότητα. Ο Κώδικας Τροφίμων και Ποτών ταξινομεί τα τυριά ως εξής:

- Τυριά από γάλα με ωρίμανση
- Τυριά από γάλα χωρίς ωρίμανση
- Τυριά από τυρόγαλα με ή χωρίς ωρίμανση
- Προϊόντα που δεν θεωρούνται και δεν ονομάζονται τυρί.

Ανάλογα τις προδιαγραφές υγρασίας και λιποπεριεκτικότητας, τα τυριά διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες, ανάλογα τη σκληρότητα (πολύ σκληρά, σκληρά, ημίσκληρα, μαλακά τυριά) που παρουσιάζουν και την ποιότητα (εξαιρετική ποιότητα, πρώτη ποιότητα, δεύτερη ποιότητα, μερικώς αποβουτυρωμένα). Τα τυριά φέρουν την επωνυμία ΠΟΠ ή ΠΓΕ, όταν ανταποκρίνονται σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, πληρούν ορισμένες προδιαγραφές ποιότητας, παράγονται και επεξεργάζονται με συγκεκριμένο τρόπο σε καθορισμένη περιοχή.

Τα κυριότερα στάδια τυροκόμησης είναι:

- παστερίωση του γάλακτος
- ομογενοποίηση
- τυποποίηση
- πήξη (προσθήκη πυτιά και αρχικής καλλιέργειας)
- απομάκρυνση ορού από το τυρόπηγμα
- διαίρεση τυροπήγματος
- ανάδευση τυροπήγματος
- αναθέρμανση τυροπήγματος
- μορφοποίηση τυροπήγματος
- αλάτισμα
- αποθήκευση

Το άρωμα του τυριού πραγματοποιείται από δύο οδούς: τη μύτη και την στοματική κοιλότητα, όπου οι αρωματικές ενώσεις οδηγούνται στους οσφρητικούς

υποδοχείς είτε απευθείας από τον αέρα είτε μέσω του ρινοφάρυγγα. Οι κυριότερες μεταβολικές διαδικασίες που συμμετέχουν στο σχηματισμό των αρωματικών ενώσεων είναι οι διαδικασίες καταβολισμού των σακχάρων, κυρίως της λακτόζης, του γαλακτικού και του κιτρικού οξέος, των λιπιδίων και των πρωτεϊνών.

Για τον προσδιορισμό του αρωματικού προφίλ χρησιμοποιούνται διάφορες διαδικασίες εκχύλισης, ανίχνευσης και ταυτοποίησης των πτητικών αρωματικών ενώσεων.

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

1. Alewijn, M., Sliwinski, E.L., Wouters, J.T.M. (2003). A fast and simple method for quantitative determination of fat-derived medium and low-volatile compounds in cheese. *International Dairy Journal*, 13 (9): 733-741: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00098-0](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00098-0)
2. Bertuzzi, A.S., McSweeney, P.L.H., Rea, M.C., Kilcawley, K.N. (2018). Detection of Volatile Compounds of Cheese and Their Contribution to the Flavor Profile of Surface-Ripened Cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17(2): 371-390: <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12332>
3. Bintsis, T. & Robinson, R.K. (2004). A study of the effects of adjunct cultures on the aroma compounds of Feta-type cheese. *Food Chemistry*, 88 (3): 435-441: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.057>
4. Chambers, D.H., Chambers, E., Johnson, D. (2005). Flavor description and classification of selected natural cheeses, In: Edwards, J.S.A., Kowrygo, B., Rejman, K. (eds). *Culinary Arts and Sciences V: Global and National Perspectives*. Bournemouth, Poole, UK: Worshipful Company of Cooks Research Centre: 641–654. Available online [02/01/2023]: <https://core.ac.uk/download/pdf/5166184.pdf>
5. Chen, C., Tian, T., Yu, H., Yuan, H., Wang, B., Xu, Z., Tian, H. (2022). Characterisation of the key volatile compounds of commercial Gouda cheeses and their contribution to aromas according to Chinese consumers' preferences. *Food Chemistry:X*, 12: 100416: <https://doi.org/10.1016%2Fj.fochx.2022.100416>
6. Cooper, K.W., Brann, D.H., Farruggia, M.C., Bhutani, S., Pellegrino, R., Tsukahara, T., Weinreb, C., Joseph, P.V., Larson, E.D., Parma, V., Albers, M.W., Barlow, L.A., Datta, S.R., Di Pizio, A. (2020). COVID-19 and the Chemical Senses: Suprotting Players Take Center Stage. *Neuron*, 107 (2): 219-233: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2020.06.032>
7. Curioni, P.M.G & Bosset, J.O. (2002). Key odorants in various cheese types as determined by gas chromatography-olfactometry. *International Dairy Journal*, 12 (12): 959-984: [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(02\)00124-3](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(02)00124-3)

8. Di Donato, F., Biancolilo, A., Mazzulli, D., Rossi, L., D' Archivio, A.A. (2021). HS-SPME/GC-MS volatile fraction determination and chemometrics for the discrimination of typical Italian Pecorino cheeses. *Microchemical Journal*, 165: 106133: <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106133>
9. Drake S.L., Whetstine M.E.C., Drake M.A., Courtney P., Fligner K., Jenkins J., Pruitt C. (2007). Sources of Unami Taste in Cheddar and Swiss cheeses. *Journal of Food Science*, 72(6): S360-366: <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00402.x>
10. Drake M.A. & Delahunty, C.M. (2017). Chapter 20 - Sensory Character of Cheese and Its Evaluation. In the book: McSweeney P.L.H., Fox, P.F, Cotter P.D. & Everett D.W., (eds), *Cheese (Fourth edition): Chemistry, Physics and Microbiology*: 517-545: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00020-X>
11. El-Shamy, S. & Farag, M.A. (2022). Volatiles profiling in heated cheese as analyzed using headspace solid-phase microextraction coupled to gas chromatography coupled to mass spectrometry. *eFood*, 3 (1-2): e2: <https://doi.org/10.1002/efd2.2>
12. Fisk, I.D. (2015). 6 – Aroma release. In the book: Parker, J.K., Elmore, J.S., Methven, L. (eds). *Flavour Development, Analysis and Perception in Food in Beverages. A volume in Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*: 105-123: <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-103-0.00006-0>
13. Gravina, S.A., Yep, G.L., Khan, M. (2013). Human Biology of Taste. *Annals of Saudi Medicine*, 33 (3): 217-222: <https://doi.org/10.5144%2F0256-4947.2013.217>
14. Godefroot, M., Sandra, P., Verzele, M. (1981). New method for quantitative essential oil analysis. *Journal of Chromatography A*, 203: 325-335: [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(00\)80304-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(00)80304-0)
15. Gogus, F., Ozel, M.Z., Lewis, A.C. (2006). Analysis of the volatile components of Cheddar cheese by direct thermal desorption- GCxGC-TOF/MS. *Journal of Separation Science*, 29 (9): 1217-1222: <https://doi.org/10.1002/jssc.200500400>

16. Henshaw, J.V. (2016). Thermal Desorption Sampling. *LCGC Europe*, 29 (1): 31-35: <https://www.chromatographyonline.com/view/thermal-desorption-sampling-0>
17. Kailasapathy, K. (2015). Chapter 4- Compostion, Physical, and Functional Properties of Milk and Milk Ingredients. In the book: Chandan, R.C., Kilara, A., Shah, N.P. (eds). *Dairy Processing and Quality Assurance*: 77-105: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118810279.ch04>
18. Kilcawley, K.N. (2016). Cheese Flavour. In the book: *Fundamentals of Cheese Science*. Springer, Boston, M.A. : 443-474: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_13
19. Larrayoz, P., Addis, M., Gauch, R., Bosset, J.O. (2001). Comparison of dynamic headspace and simultaneous distillation extraction techniques used for the analysis of the volatile componets in three European PDO ewes' milk cheeses. *International Dairy Journal*, 11 (11-12): 911-926: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694601001443>
20. Le Quere, J.-L. & Buchin, S. (2022). Cheese Flavor. In the book: McSweeney, P.L.H. & McNamara, J.P. (eds). *Encyclopedia of Dairy Sciences*: 79-90: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00091-X>
21. Mallia S., Fernandez-Garcia E., Bosset J.O. (2005). Comparison of purge and trap and solid phase microextraction techniques for studying the volatile aroma compounds of three European PDO hard cheeses. *International Dairy Journal*, 15 (9): 741-758: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.11.007>
22. McSweeney, P.L.H. (2017). Chapter 14- Biochemistry of Cheese Ripening: Introduction and Overview. In the book: Fox, P.F, McSweeney (eds). P.L.H., Cotter, P.D., Everett D.W., (eds), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, Volume I : Section IVQ Cheese Ripening, Academic Press: 379-387: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00014-4>
23. Murtaza M.A., Ur-Rehman S., Anjum F.M., Huma N., Hafiz I. (2013). Cheddar Cheese Ripening and Flavor Characterization: A Review. *Journal Critical Reviews in food Science and Nutrition*, 54, (10): 1309-1321: <https://doi.org/10.1080/10408398.2011.634531>

24. Risticovic S. & Pawliszyn J. (2013). Solid-phase Microextraction in Targeted and Nontargeted Analysis: Displacement and Desorption Effects, *Analytical Chemistry*, 85 (19): 8987-95: <https://doi.org/10.1021/ac4003112>
25. Sabia, E., Gauly M., Napolitano, F., Cifuni, G.F., Claps, S. (2020). The effect of different dietary treatments on volatile organic compounds and aromatic characteristics of buffalo Mozzarella cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 73 (3): 594-603: <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12696>
26. Schmidt, K. & Podmore, I. (2015). Current Challenges in Volatile Organic Compounds Analysis as Potential Biomarkers of Cancer. *Journal of Biomarkers*, (7): 1-16: https://www.researchgate.net/publication/274709453_Current_Challenges_in_Volatile_Organic_Compounds_Analysis_as_Potential_Biomarkers_of_Cancer
27. Smit, G., Smit, B.A., Engels, W.J.M. (2005). Flavour formation by lactic acid bacteria and biochemical flavour profiling of cheese products. *FEMS Microbiology Reviews*, 29 (3): 591-610: <https://doi.org/10.1016/j.femsre.2005.04.002>
28. Song, H & Liu, J. (2018). GC-O-MS technique and its applications in food flavor analysis. *Food Research International*, 114: 187-198: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.037>
29. Spencer, M. & Dalton, P. (2019). The third dimension of flavor: A chemesthetic approach to healthier eating (a review). *Journal of sensory Studies*, 35 (2): e12551: <https://doi.org/10.1111/joss.12551>
30. Suzuki, S.K., Hastings, E.G., Hart, E.B. (1910). The Production of Volatile Fatty Acids and Esters in Cheddar Cheese and Their Relation to the Development of Flavor. *Journal of Biological chemistry*, 7 (6): 431-458: [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)91548-6](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)91548-6)
31. Sykora, M., Vitova, E., Jelen, H.H. (2020). Application of vacuum solid-phase microextraction for the analysis of semi-hard cheese volatiles. *European Food Research and Technology*, 246: 573-580: <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03426-x>

32. Tunick, M.H. (2014). Analyzing volatile compounds in dairy products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94 (9): 1701-1705: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6586>
33. Qian, M.C. & Burbank, H.M. (2007). 19- Hard Italian cheeses: parmigiano-reggiano and grana-padano. In the book: Weiber, B.C. (edt). *Improving the Flavour of Cheese*: 421-443: <https://doi.org/10.1533/9781845693053.4.421>
34. Varming, C., Andersen, L.T., Petersen, M.A., Ardo, Y. (2013). Flavour compounds and sensory characteristics of cheese powders made from matured cheeses. *International Dairy Journal*, 20 (1): 19-28: <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2012.11.002>

Ελληνική βιβλιογραφία

1. Το γάλα, το τυρί και τα δικά μας τυριά, β' έκδοση, Έντυπο Ιδρύματος Βαρώνου Μιχαήλ Τσοσίτσα, ΜΕΤΣΟΒΟ 1993
2. ΕΛΛΗΝΙΚΑ ΤΥΡΙΑ, Μια παράδοση αιώνων, Εμμανουήλ Μιχ. Ανυφαντάκης, ΕΘΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΓΑΛΑΚΤΟΣ ΕΛΛΑΔΟΣ
3. <https://www.cheeselovers.gr/>
4. Γαλακτοκομία, Στέλιος Καμινारीδης Αν.Καθηγητής Γ.Π.Α. , Γκόλφω Μοάτσου Επ.Καθηγήτρια Γ.Π.Α. , εκδόσεις ΕΜΒΡΥΟ
5. Εργαστηριακές ασκήσεις στην Τεχνολογία και ποιότητα του γάλακτος και των γαλακτοκομικών προϊόντων, Χρήστου Κεχαγιά PhD καθηγητή, Σπύρου Κουλούρη MSc καθηγητή Εφαρμογών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ. Ε. Ι.) Αθήνας, Σχολή Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων
6. Επιστήμη και Τεχνολογία Γάλακτος και Γαλακτοκομικών Προϊόντων, Χρήστος Κεχαγιάς, Ευσταθία Τσάκαλη, Αθήνα 2017, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

7. Τυρί, Τεχνολογία γάλακτος - Τυροκομία - Παρουσίαση τυριών, Θωμάς Μπιντσης - Φώτης Παπαδήμας, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΨΥΧΑΛΟΥ
8. Κώδικας Τροφίμων και Ποτών. ΙΧ. Προϊόντα ζωικής προέλευσης εκτός αυτών του Κεφαλαίου Χ. Άρθρο 83: Τυροκομικά προϊόντα. Διατίθεται στο διαδίκτυο [30/12/2022]: <https://www.aade.gr/himeio/ix-proionta-zoikis-proeleysis-ektos-ayton-toy-kefalaiou-h>
9. ΥΠΑΑΤ (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων). (2020). Τυριά. Κατάλογος προϊόντων Προστατευόμενης Ονομασίας Προέλευσης (ΠΟΠ) & Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (ΠΓΕ) στα πλαίσια του Καν. (ΕΟΚ) αριθ. 510/06 του Συμβουλίου. Διατίθεται στο διαδίκτυο [30/12/2022]: <http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/2012-02-02-07-52-07/ellinikaproionta/1270-tiria>