

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΤΡΟΦΙΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***Ζύμωση Αλλαντικών – Βακτήρια του
γαλακτικού οξέως***

Εισηγητής: Στέφανος Σαπουνάς

Επιβλέπων καθηγητής: Ανθιμία Μπατρίνου

ΑΘΗΝΑ 2022

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια

1. **ΑΝΘΙΜΙΑ ΜΠΑΤΡΙΝΟΥ**

Επίκουρη καθηγήτρια , Σχολή Επιστημών Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.

Μέλη επιτροπής

2. **ΚΥΡΑΝΑ ΒΑΣΙΛΙΚΗ**

Μέλος ΕΔΙΠ , Σχολή Επιστημών Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.

3. **ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΝΤΕΛΕΣ**

Επίκουρος καθηγητής, Σχολή Επιστημών Τροφίμων, Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΜΗ ΛΟΓΟΚΛΟΠΗΣ

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του νόμου περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι είμαι ο αποκλειστικός συγγραφέας της παρούσας πτυχιακής εργασίας, η οποία δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής, ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) που χρησιμοποιήθηκαν για την συγγραφή της περιλαμβάνονται στην βιβλιογραφία. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, σε περίπτωση που αποδειχθεί διαχρονικά ότι η εργασία αυτή αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Σαπουνάς Στέφανος



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αλαντικά ζυμώσεως αποτελούν τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας. Στη ζύμωση κρέατος, διάφοροι τύποι μικροοργανισμών διαφορετικών γενών, ειδών και στελεχών λόγω διαφορετικών βιοχημικών δυνατοτήτων τροποποιούν το οργανοληπτικό προφίλ και ενισχύουν τη θρεπτική αξία, διατηρώντας την ποιότητα καθώς και τη σταθερότητα του τελικού προϊόντος. Η ζύμωση ανάλογα με τον τρόπο της αξιοποίησης των μικροοργανισμών μπορεί να χωριστεί σε δύο επιμέρους κλάδους. Ο πρώτος αφορά την επονομαζόμενη φυσική ζύμωση, ενώ ο δεύτερος εκείνον της ελεγχόμενης ζύμωσης με καλλιέργεια εκκίνησης. Η πρώτη αναφέρεται σε μια διεργασία όπου οι αξιοποιήσιμοι για την διεργασία μικροοργανισμοί ανήκουν στη μικροχλωρίδα της πρώτης ύλης και ενεργοποιούνται αυθόρμητα. Στην δεύτερη περίπτωση πρέπει να εισαχθούν αρχικά οι μικροοργανισμοί σε κατάλληλα ποσοστά ανάλογα την πρώτη ύλη την οποία καλούμαστε να επεξεργαστούμε. Η ζύμωση των τροφίμων βασίζεται στις χημικές διεργασίες της γαλακτικής ζύμωσης, μέσω της οποίας διάλυση διαφόρων σακχάρων τα οποία προέρχονται από τα γαλακτικά βακτήρια. Τα κυριότερα βακτήρια ανήκουν στα γένη *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Streptococcus*. Οι ζυμομύκητες και οι μύκητες έχουν την ικανότητα να παράγουν λιπάνση και πρωτεάσες, βοηθώντας έτσι στη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων καθώς και στη διευκόλυνση της αφυδάτωσης σχηματίζοντας μικρο-πόρους στο περίβλημα. Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και οι αρνητικοί σταφυλόκοκκοι (ΚΝΣ) είναι οι δύο ομάδες βακτηρίων που κυριαρχούν στα ζυμούμενα αλλαντικά. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η διερεύνηση, μέσω βιβλιογραφικής ανασκόπησης, της διαδικασίας της γαλακτικής ζύμωσης και της σημασίας των βακτηρίων γαλακτικού οξέος, οπροκειμένου να παραχθούν αλλαντικά ζύμωσης.

Λέξεις κλειδιά: Αλλαντικά Ζύμωσης, Γαλακτική Ζύμωση, Βακτήρια Γαλακτικού Οξέος, Καλλιέργεια Εκκίνησης.

ABSTRACT

Fermented meat products are foods of high nutritional value. In meat fermentation, different types of microorganisms of different genera, species and strains due to different biochemical capabilities modify the organoleptic profile and enhance the nutritional value, maintaining the quality as well as the stability of the final product. Depending on the way the micro-organisms are used, fermentation can be divided into two sub-sectors. The first concerns what is known as natural fermentation, while the second is controlled fermentation with starter cultures. The former refers to a process where the micro-organisms that can be used for the process belong to the microflora of the raw material and are activated spontaneously. In the second case, the micro-organisms have to be introduced initially in appropriate proportions depending on the raw material to be processed. Food fermentation is based on the chemical processes of lactic fermentation, through which various sugars derived from lactic bacteria are dissolved. The main bacteria belong to the genera *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* and *Streptococcus*. Yeasts and fungi are capable of producing lipase and proteases, thus helping to improve organoleptic properties and facilitate dehydration by forming micropores in the rind. Lactic acid bacteria and negative staphylococci are the two predominant bacterial groups in fermented sausages. The aim of this study is to investigate, through a literature review, the process of lactic fermentation and the importance of lactic acid bacteria in order to produce fermented sausages.

Keywords: Fermented meat products, Lactic Fermentation, Lactic Acid Bacteria, Starter Culture.

Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
Περιεχόμενα	6
Πίνακες.....	7
Πίνακας Εικόνων.....	7
Εισαγωγή.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	10
Γενικά στοιχεία για τα ζυμωμένα αλλαντικά	10
1.1. Η έννοια της ζύμωσης	10
1.2. Ιστορική αναδρομή.....	12
1.3. Ζυμωμένα αλλαντικά	15
1.4. Γαλακτική Ζύμωση	21
1.5. Τεχνολογία Ζυμούμενων Αλλαντικών	24
1.6. Θρεπτικές ιδιότητες και υγιεινή των ζυμωμένων αλλαντικών	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	41
Ανάλυση των μικροοργανισμών γαλακτικού οξέος που αναπτύσσονται στα αλλαντικά	41
2.1. Είδη μικροοργανισμών που απαντώνται στα αλλαντικά ζυμώσεως	41
2.2. Ανάλυση των γαλακτικών βακτηρίων LAB.....	46
2.3. Ζύμες, Μύκητες που συναντώνται στα αλλαντικά και η σημασία τους	50
2.4. Καλλιέργειες γαλακτικών βακτηρίων που προστίθενται κατά τη ζύμωση των αλλαντικών.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	57
Αντιμικροβιακή δράση των LAB βακτηρίων και η σημαντικότητα τους στην βιοσυντήρηση των αλλαντικών	57
3.1. Επίδραση των γαλακτικών στην μείωση των <i>Listerias</i> , <i>Salmonella</i> , <i>Escherichia coli</i> και γενικά των παθογόνων μικροοργανισμών.....	57
3.2. Παραγωγή βιογενών αμινών	61
3.3. Πρωτεολυτική και λιπολυτική ενζυμική δραστηριότητα.....	65
3.4. Επίδραση των γαλακτικών στη μείωση του pH	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	71
Πρόσθετα συστατικά (συστατικά ενσωμάτωσης) στα αλλαντικά ζύμωσης και πρακτικές ωρίμανσης αυτών	71
4.1. Ανάλυση συστατικών ενσωμάτωσης	71
4.2. Νέες τάσεις σε προϊόντα και διαδικασίες παραγωγής αλλαντικών με τη χρήση γαλακτικών βακτηρίων.....	73

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
Βιβλιογραφία.....	79

Πίνακες

Πίνακας 1. Συμβολή των πρόσθετων και βοηθητικών υλών στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αλλαντικών αέρος.....	27
Πίνακας 2 Ποσότητες πρόσθετων υλών για τη σύνθεση της κρεατόμαζας σε g/ kg κρέατος & λαρδιού	29
Πίνακας 3 Συνθήκες ζύμωσης & ωρίμανσης αλλαντικών αέρος.....	32

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Διαφοροποίηση θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων.....	22
Εικόνα 2 Διάγραμμα ροής βιομηχανικής παραγωγής αλλαντικών αέρος.....	31
Εικόνα 3 Παράγοντες (εμπόδια) που διασφαλίζουν την ασφάλεια και την συντήρηση των ζυμούμενων αλλαντικών. Πηγή: Μπλούκας, 2007	35

Εισαγωγή

Από τα αρχαία χρόνια οι άνθρωποι βάσιζαν το «ευ ζην» στο γνωμικό «νοῦς ὑγιής ἐν σώματι ὑγιεῖ». Αυτή η φράση αποτελεί ένα ρητό που ίσχυε, ισχύει και θα ισχύει για όλο τον ανθρώπινο πληθυσμό. Ο καθένας από εμάς είναι μια ενιαία μονάδα, ένα σύμπλεγμα των δύο, του νου αλλά και του σώματος. Είναι κοινώς λοιπόν, αποδεκτό ότι «είμαστε ότι τρώμε». Ψυχή και σώμα είναι άρρηκτα συνδεδεμένα και αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους. Η καθημερινή διατροφή είναι αυτή που διαδραματίζει πρωτεύοντα ρόλο στη σωματική μας υγεία. Πολλές φορές καταναλώνουμε διάφορα σκευάσματα όχι από πραγματική ανάγκη, αλλά εξαιτίας της έντονης επιθυμίας μας για κάτι γλυκό ή αλμυρό, επιθυμία περισσότερο ψυχολογικής φύσεως, παρά σωματικής.

Από τον μέσο άνθρωπο μέχρι εκείνους που ακολουθούν για οποιοδήποτε λόγο περιορισμένη - συγκεκριμένη διατροφή (όπως π.χ. κάποια δίαιτα), τα αλλαντικά αποτελούν ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ανθρώπινης διατροφής. Το πρωινό σύμφωνα με αναρίθμητες έρευνες αποτελεί το κύριο και σημαντικότερο γεύμα της ημέρας. Σε πολλές χώρες, όπως και στην Ελλάδα τα αλλαντικά αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του σημαντικότερου γεύματος αλλά και διαφόρων άλλων γευμάτων της ημέρας. Τα αλλαντικά επομένως αν και διαδραματίζουν τόσο έντονο μέρος της καθημερινότητας μας, ανήκουν σε ένα τομέα για τον οποίο ένα μεγάλο μέρος του πληθυσμού δεν είναι ενημερωμένο.

Επικρατεί παράλληλα η άποψη ότι τα αλλαντικά δεν είναι υγιεινά, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε διάφορα πρόσθετα χαμηλής ποιότητας και σε συντηρητικά. Η άποψη αυτή εδρεύει σε ένα μεγάλο ποσοστό των Ελλήνων πολιτών και ανέρχεται στην τάξη του 80% του πληθυσμού. Ως άμεση συνέπεια των ανωτέρω, μόλις το 60% των καταναλωτών στην Ελλάδα αγοράζουν αλλαντικά, στερώντας έτσι ένα πολύ μεγάλο μέρος προϊόντων, τα οποία όχι μόνο δεν είναι επιβλαβή αλλά επιπροσθέτως είναι και πολύ εύγεστα σύμφωνα με την κοινή γνώμη. Η έλλειψη λοιπόν, γνώσης επί του θέματος, κατατάσσει την Ελλάδα στις χώρες με τα μικρότερα ποσοστά κατανάλωσης αλλαντικών στην Ευρώπη.

Ωστόσο, στην πραγματικότητα τα αλλαντικά ζυμώσεως αποτελούν τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας. Στη ζύμωση κρέατος, διάφοροι τύποι μικροοργανισμών διαφορετικών γενών, ειδών και στελεχών λόγω διαφορετικών βιοχημικών

δυνατοτήτων τροποποιούν το οργανοληπτικό προφίλ και ενισχύουν τη θρεπτική αξία, διατηρώντας την ποιότητα καθώς και τη σταθερότητα του τελικού προϊόντος

Η ζύμωση ανάλογα με τον τρόπο της αξιοποίησης των μικροοργανισμών μπορεί να χωριστεί σε δύο επιμέρους κλάδους. Ο πρώτος αφορά την επονομαζόμενη φυσική ζύμωση, ενώ ο δεύτερος εκείνον της ελεγχόμενης ζύμωσης με καλλιέργεια εκκίνησης. Η πρώτη αναφέρεται σε μια διεργασία όπου οι αξιοποιήσιμοι για την διεργασία μικροοργανισμοί ανήκουν στη μικροχλωρίδα της πρώτης ύλης και ενεργοποιούνται αυθόρμητα. Στην δεύτερη περίπτωση πρέπει να εισαχθούν αρχικά οι μικροοργανισμοί σε κατάλληλα ποσοστά ανάλογα την πρώτη ύλη την οποία καλούμαστε να επεξεργαστούμε.

Η ζύμωση των τροφίμων βασίζεται στις χημικές διεργασίες της γαλακτικής ζύμωσης, μέσω της οποίας διάλυση διαφόρων σακχάρων τα οποία προέρχονται από τα γαλακτικά βακτήρια. Τα κυριότερα βακτήρια ανήκουν στα γένη *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Streptococcus*. Όλα αυτά τα βακτήρια είναι θετικά κατά Gram και αναπτύσσονται καλύτερα σε περιβάλλοντα απουσία αέρα. Στην ουσία, η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω της έκκρισης ενζύμων από τους μικροοργανισμούς, τα οποία επιδρούν στη χημική σύσταση των πρώτων υλών και, με την επίδραση και συμμετοχή του οξυγόνου της ατμόσφαιρα, προκαλούνται χημικές αντιδράσεις παραγωγής γαλακτικού οξέως, με συνέπεια την αλλαγή των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων των πρώτων υλών και, τελικά, την παραγωγή νέων τροφίμων, τα οποία, μάλιστα, είναι δυνατόν πλέον να διατηρηθούν αναλλοίωτα για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, πολύ μεγαλύτερο συγκριτικά με την αρχική ύλη ή με παρόμοια προϊόντα που παράγονται, ωστόσο, με διαφορετικές διαδικασίες – χωρίς, δηλαδή, να έχουν υποστεί ζύμωση.

Οι ζυμομύκητες και οι μύκητες έχουν την ικανότητα να παράγουν λιπάνση και πρωτεάσες, βοηθώντας έτσι στη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων καθώς και στη διευκόλυνση της αφυδάτωσης σχηματίζοντας μικρο-πόρους στο περίβλημα. Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και οι αρνητικοί σταφυλόκοκκοι (ΚΝΣ) είναι οι δύο ομάδες βακτηρίων που κυριαρχούν στα ζυμούμενα αλλαντικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενικά στοιχεία για τα ζυμωμένα αλλαντικά

1.1. Η έννοια της ζύμωσης

Ορισμένα τρόφιμα υπόκεινται σε μια διαδικασία που ονομάζεται ζύμωση πριν να μπορέσουν να διατεθούν στον πελάτη. Με τον όρο «ζυμούμενα τρόφιμα» ορίζονται τα προϊόντα, τα οποία πρόκειται να παραχθούν από μη επεξεργασμένες πρώτες ύλες με τη δράση διαφόρων μικροοργανισμών, ενώ το προϊόν που θα προκύψει εν τέλει θα έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από αυτά που διέθετε η πρώτη ύλη αρχικά. Ορισμένες περιπτώσεις περιλαμβάνουν θερμική επεξεργασία των πρώτων υλών (όπως η χρήση παστεριωμένου γάλακτος για την παραγωγή τυριών). Ακόμα τα ενδογενή ένζυμα, τα οποία υπάρχουν στις πρώτες ύλες διαδραματίζουν κυρίαρχο ρόλο στην πορεία της ζύμωσης (Buckenhuskes, 1993).

Η ζύμωση είναι μια από τις παλαιότερες και πιο οικονομικές διαδικασίες που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων για τη μετάδοση θρεπτικής αξίας, ευχάριστης γεύσης και παράτασης της διάρκειας αποθήκευσης των προϊόντων διατροφής με την εφαρμογή ωφέλιμων μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί που ανήκουν στην μικροβιακή χλωρίδα ποικίλουν με κυριότερους τους *Lactobacillus sakei* και *Lactobacillus curvatus* μεταξύ των βακτηρίων γαλακτικού οξέος (LAB), του *Staphylococcus xylosus* μεταξύ των αρνητικών κατά της πηκτικότητας σταφυλόκοκκων (CNS), και *Debaryomyces hansenii* μεταξύ των ζυμομυκήτων, *Streptococcus*, *Lactococcus*, *Bidobacterium* κ.λπ. (Toldrá, 2017 • Alessandria et al., 2015). Τα τρόφιμα αυτά υπήρχαν από την αρχαιότητα, απλώς η λειτουργία του μηχανισμού της ζύμωσης δεν ήταν γνωστή καθώς δεν υπήρχαν τα κατάλληλα μηχανήματα και υστερούσαν ακόμα σε γνώση για την κατανόηση των μικροοργανισμών.

Οι μικροοργανισμοί με τη δράση τους έχουν τη δυνατότητα να αναδιαμορφώσουν την πρώτη ύλη σε επίπεδο φυσικοχημικό αλλά και οργανοληπτικό με αποτέλεσμα να παράγονται προϊόντα με διαφορετικές ιδιότητες και χαρακτηριστικά (Μπλούκας Ι., 2001). Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης διαδικασίας είναι η αύξηση του χρόνου συντήρησης των προϊόντων, ανάλογα και με την πρώτη ύλη από την οποία προέρχονται. Τα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση έχουν χαρακτηριστικό άρωμα και ενισχυμένη τη θρεπτική τους αξία.

Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος (Lactic Acid Bacteria - LAB) είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα βακτήρια για ζύμωση λόγω της ασφαλούς μεταβολικής τους δραστηριότητας, της ικανότητας παραγωγής οργανικών οξέων γρήγορα, της μακροχρόνιας σύνδεσης και της αποδοχής τους ως «Γενικά Αναγνωρισμένα Ασφαλή» (Generally Recognized As Safe - GRAS), όπως ορίζεται από τα άρθρα 201(s) και 409 του ομοσπονδιακού νόμου για τα τρόφιμα, τα φάρμακα και τα καλλυντικά (FDA,2019). Η ασφάλεια του καταναλωτή είναι αναγκαία και πρέπει να εξασφαλίζεται από τα εγκεκριμένα προϊόντα. Η ασφάλεια αυτή απορρέει από την επίδραση της ανταγωνιστικής μικροχλωρίδας, για τη μείωση του pH αλλά και από την παραγωγή οργανικών οξέων κατά τη διάρκεια παραγωγής, δηλαδή αλκοόλης και ουσιών με αντιμικροβιακή δράση.

Η ζύμωση μπορεί να οριστεί ως ο μικροβιακός μεταβολισμός που παράγει ενέργεια στον οποίο ένα οργανικό υπόστρωμα, συνήθως ένας υδατάνθρακας, οξειδώνεται ατελώς και ένας οργανικός υδατάνθρακας δρα ως δέκτης ηλεκτρονίων (Adams, 1990). Ο Adam (1990) περιέγραψε τρία κύρια πλεονεκτήματα της ζύμωσης του κρέατος, δηλαδή: ασφάλεια, αποδοχή και σταθερότητα. Ο Campbell-Platt (1987) όρισε τα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση ως τα τρόφιμα που υπόκεινται σε δράση μικροοργανισμών ή ενζύμων, έτσι ώστε οι επιθυμητές βιοχημικές αλλαγές να προκαλούν σημαντική τροποποίηση στα τρόφιμα. Είναι βασικά μια μεταβολική διαδικασία για την απόκτηση ενέργειας από κύτταρα ζυμομυκήτων και βακτηρίων μετατρέποντας τα σάκχαρα σε οξέα, αέρια και αλκοόλ απουσία οξυγόνου ή συστήματος μεταφοράς ηλεκτρονίων.

Η ζύμωση περιλαμβάνει γλυκόλυση και χρησιμοποιεί οργανικά μόρια για τη μεταφορά ηλεκτρονίων. Παράγεται στα μυϊκά κύτταρα κατά τη διάρκεια έντονης άσκησης ή λόγω περιορισμένης παροχής οξυγόνου. Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, τα σάκχαρα είναι το κύριο υπόστρωμα και η αιθανόλη και το γαλακτικό οξύ είναι τα κύρια προϊόντα. Υπάρχουν διάφοροι μεταβολίτες που παράγονται κατά τη ζύμωση ανάλογα με τους τύπους των μικροοργανισμών που χρησιμοποιούνται, την πρώτη ύλη, τις συνθήκες επεξεργασίας κ.λπ. Τα προϊόντα που παράγονται με ζύμωση κατά κανόνα έχουν μεγαλύτερη θρεπτική αξία αλλά και διάρκεια ζωής από την πρώτη ύλη από την οποία έχουν παραχθεί. Τα ανωτέρω πλεονεκτήματα προέρχονται από τη συνδυασμένη επίδραση της μικροχλωρίδας, της μείωσης του PH κατά την παραγωγή και ακόμα την προσθήκη διαφόρων συντηρητικών (Μπλούκας, 2004).

1.2. Ιστορική αναδρομή

Η πρακτική της συντήρησης του κρέατος με ζύμωση είναι πολύ παλιά και ασκείται από αμνημονεύτων χρόνων. Ιστορικά, λέγεται ότι ο Έλληνας επικός ποιητής Όμηρος ανέφερε την παραγωγή λουκάνικων και τον Επίχαρμο στην Οδύσσεια και έγραψε μια κωμωδία με το όνομα «Λουκάνικο». Αυτό το προϊόν ανέφερε και ο Αριστοφάνης σε κάποια έργα του. Τα ιστορικά στοιχεία επιβεβαιώνουν ότι τα λουκάνικα ήταν γνωστά στους αρχαίους Έλληνες και Ρωμαίους, και με τον μεγάλο αριθμό αποικιών ευρωπαϊκών φυλών, αυτή η τεχνική εξαπλώθηκε στα περισσότερα μέρη της ευρωπαϊκής ηπείρου.

Τα προϊόντα με ζύμωση κρέατος κέρδισαν δημοτικότητα την εποχή του Β' Παγκοσμίου Πολέμου λόγω της διατήρησης, των οφελών για την υγεία και της καλύτερης διατήρησης της ποιότητας. Επί του παρόντος, το 20-40% των συνολικών επεξεργασμένων προϊόντων κρέατος στις ευρωπαϊκές χώρες είναι προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση, τα περισσότερα από αυτά είναι λουκάνικα. Η πρώτη ένδειξη προϊόντος ζυμωμένου κρέατος έχει αναφερθεί στην Ινδία με την προσθήκη ghee, που περιέχει LAB – γαλακτικά βακτήρια κατά την παρασκευή επεξεργασμένων προϊόντων κρέατος.

Τα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση είναι πολύ δημοφιλή στην Ευρώπη και αντιπροσωπεύουν σχεδόν το 3-5% του συνόλου του κρέατος που καταναλώνεται. Υπάρχουν περισσότεροι από 350 διαφορετικοί τύποι λουκάνικων που έχουν υποστεί ζύμωση στην Ισπανία και τη Γερμανία αντίστοιχα. Σύμφωνα με μια εκτίμηση, περισσότερα από 600 εκατομμύρια κιλά λουκάνικων που έχουν υποστεί ζύμωση καταναλώνονται στη Γερμανία, την Ισπανία, τη Γαλλία και την Ιταλία. Η ενισχυμένη θρεπτική αξία των τροφίμων που έχουν υποστεί ζύμωση αποδίδεται στο αυξανόμενο διαλυτό κλάσμα των τροφίμων, στη μείωση των αντιθρεπτικών παραγόντων σε ασφαλές επίπεδο, στη σύνθεση βιταμινών (κυρίως θειαμίνης, B12, φυλλασίνης και ριβοφλαβίνης) και βασικών αμινοξέων, μειώνοντας την περιεκτικότητα σε ξηρή ουσία των τροφίμων (Adam, 1990).

Η ζύμωση αυξάνει την πεπτικότητα των τροφίμων, εξοικονομεί κόστος μεταφοράς μειώνοντας τον όγκο της τροφής και εξοικονομεί ενέργεια για το μαγείρεμα κονσερβοποιημένων τροφίμων (Simango, 1997). Η ζύμωση αποτοξινώνει και μειώνει τις ανεπιθύμητες ουσίες που υπάρχουν στα ωμά τρόφιμα όπως τα φυτικά

άλατα, οι τανίνες και οι πολυφαινόλες (Gadaga et al., 1999). Εκτός από τη βελτίωση των θρεπτικών και οργανοληπτικών ιδιοτήτων, τα γαλακτικά βακτήρια- LAB των προϊόντων διατροφής που έχουν υποστεί ζύμωση, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων κρέατος, διασφαλίζουν την ασφάλεια των τροφίμων αποτρέποντας την ανάπτυξη επιβλαβών μικροοργανισμών. Η ζύμωση του κρέατος βελτιώνει την ικανότητα κοπής σε φέτες και υποστηρίζει το κοκκίνισμα αυτών των προϊόντων.

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) συνέστησε επίσης τη χρήση τεχνολογίας ζύμωσης για την προετοιμασία και αποθήκευση διαφόρων προϊόντων διατροφής προκειμένου να αποφευχθούν οι διαρροϊκές ασθένειες που αντιπροσωπεύουν το ένα δέκατο του συνολικού θανάτου βρεφών παγκοσμίως λόγω αφυδάτωσης. Οι Singh et al. (2012) συγκέντρωσαν τα ακόλουθα οφέλη των προϊόντων κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση έναντι των παραδοσιακών προϊόντων κρέατος:

- i. Ανάπτυξη προϊόντων κρέατος με βελτιωμένα αισθητήρια χαρακτηριστικά όπως η γεύση, το άρωμα και το χρώμα.
- ii. Τα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση είναι τρυφερά λόγω της δράσης των πρωτεολυτικών ενζύμων που παράγονται από καλλιέργειες εκκίνησης κατά τη στιγμή της ζύμωσης.
- iii. Η διάρκεια αποθήκευσης των προϊόντων κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση είναι μεγαλύτερη λόγω της οξίνισης, της χαμηλής δραστηριότητας του νερού και της παραγωγής βακτηριοσινών.
- iv. Τα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση είναι ασφαλή για ανθρώπινη κατανάλωση λόγω της πρόληψης της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών και μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση.
- v. Τα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση παρασκευάζονται ευκολότερα και είναι ενεργειακά αποδοτικά.

Στα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση, η διαδικασία ζύμωσης πραγματοποιείται είτε στη «χλωρίδα του σπιτιού» για παραδοσιακά προϊόντα ή σε καλλιέργειες εκκίνησης για χειροποίητα και βιομηχανικά λουκάνικα, τα οποία πρέπει να είναι ανταγωνιστικά για την πρόληψη της ανάπτυξης εγχώριων βακτηρίων (Leroy

et al., 2006). Προηγουμένως, τα τρόφιμα που είχαν υποστεί ζύμωση παρασκευάζονταν με τεχνικό τρόπο χωρίς να έχουν ιδέα για το ρόλο των μικροοργανισμών που εμπλέκονται σε αυτά. Στα μέσα του 19ου αιώνα, με την εκβιομηχάνιση και την αστικοποίηση, παρατηρείται συγκέντρωση πληθυσμού γύρω από τις αστικές περιοχές, και έτσι η ταχεία αύξηση της ζήτησης τροφίμων είχε ως αποτέλεσμα την παραγωγή τροφίμων σε μεγάλη κλίμακα.

Η εμφάνιση της μικροβιολογίας ως επιστήμης στη δεκαετία του 1850 είχε ως αποτέλεσμα την καλύτερη κατανόηση του ρόλου των μικροοργανισμών στη ζύμωση και των οφελών τους (Kabak & Dobson, 2011; Blandino et al., 2003). Παραδοσιακά, ένα μείγμα φυσικής μικροχλωρίδας χρησιμοποιήθηκε για τη ζύμωση κρέατος και προϊόντων κρέατος. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την ασυνεπή ποιότητα και πολλές παραλλαγές στα τελικά προϊόντα. Η διαδικασία εξαρτιόταν από τους τύπους των πρώτων υλών των τροφίμων, τη φυσική χλωρίδα των συστατικών, τις επιφανειακές επαφές καθώς και τη θερμοκρασία περιβάλλοντος και το PH. Αυτά έγιναν πιο εύκολα ελεγχόμενα με την ανάπτυξη εμπορικής καλλιέργειας εκκίνησης υπό ελεγχόμενες συνθήκες, αποτελούμενες από καθορισμένη μικροχλωρίδα για τη διατήρηση της ίδιας ποιότητας μέρα με τη μέρα. Επιπλέον, η χρήση εμπορικής καλλιέργειας εκκίνησης έχει λύσει το πρόβλημα της μακράς περιόδου ωρίμανσης που αντιμετωπίζει η βιομηχανία κρέατος κατά την παρασκευή κρέατος και προϊόντων κρέατος που έχουν υποστεί ζύμωση. Ο εμβολιασμός επιλεγμένων μικροοργανισμών εισήχθη πριν από περίπου 100 χρόνια. Η χρήση της καλλιέργειας εκκίνησης ξεκίνησε στα μέσα του 20ου αιώνα (Talon & Leroy, 2011).

Η εισαγωγή της καλλιέργειας εκκίνησης στο κρέας κατά την παρασκευή ξηρού λουκάνικου μειώνει σημαντικά την περίοδο ωρίμανσης. Μια καλλιέργεια εκκίνησης είναι μια μικροβιολογική καλλιέργεια καθορισμένων οργανισμών που αποτελείται από καλλιεργητικό μέσο ή θρεπτικά υγρά αποικισμένα από ζωντανούς μικροοργανισμούς που χρησιμοποιούνται για ζύμωση. Οι προστατευτικές καλλιέργειες είναι οι καλλιέργειες μικροοργανισμών που προστίθενται στο τελικό προϊόν για προστασία, καθώς και αξιολόγηση, δείχνοντας τις αστοχίες των ρυθμίσεων θερμοκρασίας κατά την αποθήκευση. Δεν προκαλούν συγκεκριμένες αλλαγές και δεν μπορούν να αναπτυχθούν σε χαμηλή θερμοκρασία.

1.3. Ζυμωμένα αλλαντικά

Αλλαντικά χαρακτηρίζονται τα προϊόντα κρέατος που έχουν υποστεί ειδική τεχνολογική επεξεργασία και παρασκευάζονται από κρέας ή/και παραπροϊόντα κρέατος, στα οποία μπορεί να προστεθούν και πρόσθετες ύλες. Τα προϊόντα αυτά υφίστανται διάφορες διεργασίες, πριν να φτάσουν στον καταναλωτή. Μερικές φορές υπόκεινται σε θέρμανση ή ψύξη ενώ άλλες σε ζύμωση ή κάπνιση (Αμβροσιάδης & Γεωργιάκης, 2005).

Τα ζυμωμένα αλλαντικά προέρχονται από ωμό κρέας και λίπος που ζυμώνεται από μικροοργανισμούς και έτσι προκύπτουν τρόφιμα υψηλής διατροφικής αξίας. Σε αυτό συμβάλει η έλλειψη της αυξημένης θερμοκρασίας, η οποία είναι ικανή να καταστρέψει ως ένα βαθμό τις ευεργετικές για τον ανθρώπινο οργανισμό βιταμίνες και πρωτεΐνες που εμπεριέχονται στο κρέας. Ακόμα η ξήρανση που θα υποστεί το κρέας θα ωθήσει στην συμύκνωση των θρεπτικών συστατικών. Τέλος η ζύμωση που θα επέλθει λόγω των γαλακτικών βακτηρίων, θα εμπλουτιστεί σε βιταμίνες Β όπως Β6 ή Β12 (Γιαβάσης, 2019).

Σήμερα, ο όρος ζύμωση χρησιμοποιείται προκειμένου να περιγράψει την αποικοδόμηση των υδατανθράκων και άλλων ουσιών, είτε υπό αναερόβιες είτε αερόβιες συνθήκες, όπως η διάσπαση πρωτεϊνών (πρωτεόλυση) και λιπιδίων (λιπόλυση) που προκαλούν οι μικροοργανισμοί κατά την ανάπτυξή τους στα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση.

Τα αποτελέσματα της ζύμωσης είναι δυνατόν να χαρακτηρισθούν ως θετικά, αν η ζύμωση τελεσφορηθεί επιτυχώς. Ωστόσο δεν μπορούν όλα τα προϊόντα και δη όλα τα αλλαντικά να υποστούν την διεργασία αυτή. Βασική προϋπόθεση που πρέπει να πληροί το τρόφιμο ή το διάλυμα, είναι να περιέχει σάκχαρα και λίγα ακόμη θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των απαραίτητων μικροοργανισμών, αναλυτικότερα πρέπει να διαθέτει πηγές αζώτου, άλατα Κ, Na, Ca, Fe, S, κ.λπ., ώστε να μπορεί να ζυμωθεί υπό την παρουσία αρκετής υγρασίας.

Τα αλλαντικά επομένως αποτελούν μονάχα μια από τις κατηγορίες που μπορούν να υποστούν ζύμωση, με τα γαλακτοκομικά, τα φρούτα και τα λαχανικά αλλά και τα σιτηρά να διαδραματίζουν και αυτά κύριους τομείς εφαρμογής της μεθόδου (Γιαβάσης, 2019).

Συγκεντρωτικά λοιπόν, πέραν της μακροζωίας που προσδίδεται στα αλλαντικά, η ζύμωση είναι μια μοναδική διεργασία, με τα οφέλη της να την κρατούν προτιμητέα ακόμα και σήμερα. Εκπροσωπεί μια διεργασία πλήρους ασφάλειας με ελάχιστες απαιτήσεις σε ενέργεια λόγω των ήπιων συνθηκών που εφαρμόζονται και συνεπώς διατηρεί χαμηλό το κόστος παραγωγής, ενώ παράλληλα καθιστά εφικτή τη μαζική παραγωγή προϊόντων, πράγμα απαραίτητο στις σημερινές υπερπληθής κοινωνίες (Μπλούκας, 2004).

Η ζύμωση ανάλογα με τον τρόπο της αξιοποίησης των μικροοργανισμών μπορεί να χωριστεί σε δύο επιμέρους κλάδους. Ο πρώτος αφορά την επονομαζόμενη φυσική ζύμωση, ενώ ο δεύτερος εκείνον της ελεγχόμενης ζύμωσης με καλλιέργεια εκκίνησης. Η πρώτη αναφέρεται σε μια διεργασία όπου οι αξιοποιήσιμοι για την διεργασία μικροοργανισμοί ανήκουν στη μικροχλωρίδα της πρώτης ύλης και δεν χρειάζεται να γίνει κάποια διαδικασία προκειμένου να την εισάγουμε. Το μόνο για το οποίο χρειάζεται να μεριμνήσουμε σε αυτή την κατηγορία είναι η προσφορά των κατάλληλων συνθηκών για να ευδοκιμήσουν οι υπάρχοντες μικροοργανισμοί. Στην δεύτερη περίπτωση πρέπει να εισαχθούν αρχικά οι μικροοργανισμοί σε κατάλληλα ποσοστά ανάλογα την πρώτη ύλη την οποία καλούμαστε να επεξεργαστούμε. Και κατ' επέκταση να γίνει λεπτομερής έλεγχος των απαραίτητων συνθηκών ώστε να καταστεί εφικτό να ευδοκιμήσουν οι επιθυμητοί μικροοργανισμοί (Γιαβάσης, 2019).

Τα αλλαντικά προέρχονται από πολυάριθμες πρώτες ύλες και συνεπώς, υπάρχουν κάποια που υπάγονται σε φυσική ζύμωση και άλλα που χρειάζονται την καλλιέργεια. Σε όλες όμως, τις προαναφερθέντες περιπτώσεις πρόκειται για γαλακτική ζύμωση, η οποία αποτελεί αναερόβια διαδικασία. Τα αλλαντικά που μπορούν να υποστούν ζύμωση είναι το Σαλάμι αέρος, το Προσούτο, ο Παστουρμάς και η Λούτζα.

Τα αλλαντικά αυτά επιδέχονται ζύμωση και παρασκευάζονται από :

- **Σαλάμι αέρος:**
 - **Σύγκοπτο κρέας (~80%)**
 - Χοιρινό λίπος (~20%)
 - Χλωριούχο νάτριο
 - Άλατα (π.χ. ασκορβικά, νιτρώδη, νιτρίτκά)
 - Σάκχαρα

- Βοηθητικές ουσίες
- Καρυκεύματα

Ζύμωση:

- ✓ Στους 16-22 °C για πάνω από 3 εβδομάδες
- ✓ Ύπαρξη σχετικής υγρασίας με σταδιακή μείωση
- ✓ Στο τέλος PH ~ 5.2
- ✓ Απώλεια βάρους: 25% - 40%
- ✓ Διάρκεια ζωής υπό ψύξη: περισσότερο από 6 μήνες

○ Προσούτο:

- Αυτούσιο τεμάχιο κρέατος : Χοιρινό μπούτι ή φιλέτο
- Χοιρινό λίπος
- Χλωριούχο νάτριο
- Άλατα (π.χ. ασκορβικά, νιτρώδη, νιτρίτκά)
- Σάκχαρα
- Βοηθητικές ουσίες
- Ξηρή αλάτιση για 1 ως 2 εβδομάδες

Ζύμωση:

- ✓ Στους 16-22 °C για 2 ως 12 μήνες ανάλογα το μέγεθος
- ✓ Ύπαρξη σχετικής υγρασίας με σταδιακή μείωση
- ✓ Στο τέλος PH ~ 5.2
- ✓ Απώλεια βάρους: 30% - 40%
- ✓ Διάρκεια ζωής υπό ψύξη: περισσότερο από 6 μήνες

○ Παστουρμάς:

- Αυτούσιο τεμάχιο κρέατος: Μοσχάρι ή Καμήλα ή φιλέτο βουβαλιού
- Χοιρινό λίπος
- Χλωριούχο νάτριο
- Άλατα (π.χ. ασκορβικά, νιτρώδη, νιτρίτκά)
- Σάκχαρα
- Βοηθητικές ουσίες
- Ξηρή αλάτιση για 1 ως 2 εβδομάδες
- Προσθήκη τσιμενιού

Ζύμωση:

- ✓ Στους 16-22 °C για ~ 2 μήνες
- ✓ Ύπαρξη σχετικής υγρασίας με σταδιακή μείωση
- ✓ Στο τέλος PH ~ 5.2
- ✓ Απώλεια βάρους: 25% - 40%
- ✓ Διάρκεια ζωής υπό ψύξη: περισσότερο από 6 μήνες

○ Λούτζα:

- **Αυτούσιο τεμάχιο κρέατος:** Χοιρινό φιλέτο σε κρασί (παραμονή σε κρασί για 2 ως 3 μέρες πριν την ζύμωση)
- Χοιρινό λίπος
- Χλωριούχο νάτριο
- Άλατα (π.χ. ασκορβικά, νιτρώδη, νιτритικά)
- Σάκχαρα
- Βοηθητικές ουσίες
- Ξηρή αλάτιση για 1 ως 2 εβδομάδες

Ζύμωση:

- ✓ Στους 16-22 °C ~ για 2 μήνες (ή περισσότερο με μείωση της θερμοκρασίας)
- ✓ Ύπαρξη σχετικής υγρασίας με σταδιακή μείωση
- ✓ Στο τέλος PH ~ 5.2
- ✓ Απώλεια βάρους: 25% - 40%
- ✓ Διάρκεια ζωής υπό ψύξη: περισσότερο από 6 μήνες (Γιαβάσης, 2019).

Η καλλιέργεια εκκίνησης που θα χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία κρέατος για ζύμωση θα πρέπει να έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- i. Να μην περιέχει επιβλαβείς ή παθογόνους μικροοργανισμούς και να μην παράγει επιβλαβείς μεταβολητές.
- ii. Να έχει θετική επίδραση στην υγεία του καταναλωτή.
- iii. Να έχει τη δυνατότητα να σχηματίζει το ίδιο ποιοτικό τελικό προϊόν κάθε φορά.

- iv. Να έχει υψηλό ρυθμό ανάπτυξης και πολλαπλασιασμού.
- v. Να μπορεί να αναπτυχθεί σε φθηνά υποστρώματα.
- vi. Να προστατεύει τα προϊόντα κρέατος από την ανάπτυξη αλλοιώσεων και παθογόνων οργανισμών.
- vii. Να βοηθά στην παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων διατροφής.
- viii. Θα πρέπει η καλλιέργεια εκκίνησης να είναι χαρακτηριστική για το τρόφιμο, όπως ο σχηματισμός ειδικών αρωματικών ενώσεων.
- ix. Θα πρέπει να ανιχνεύεται εύκολα.

Σύμφωνα με τον Κώδικα Τροφίμων και Ποτών (2014), τα λουκάνικα αέρος ανήκουν στην κατηγορία των λουκάνικων που έχουν υποστεί ζύμωση και των ώριμων αλλαντικών, ιδιαίτερα στην υποκατηγορία των προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση που αποτελείται από τεμαχισμένο (σύγκοπτο) κρέας. Βασική προϋπόθεση για τον ορισμό ενός προϊόντος ως λουκάνικο αέρος είναι το προϊόν να μην έχει υποστεί θερμική επεξεργασία σε θερμοκρασία $> 55^{\circ}\text{C}$. Τυπικά προϊόντα αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν το Chorizo de Pamplona (Ισπανία) ή Chouriço (Πορτογαλία), το σαλάμι (Ιταλία), το Cabanossi (Αυστραλία), το Saucisson (Γαλλία), το ουγγρικό σαλάμι (Ουγγαρία), το πολίτικο σουτζούκι (Κωνσταντινούπολη), Ελληνικό σαλάμι (Λευκάδας, Κέρκυρας και Θάσου).

Αντιθέτως, τα νωπά λουκάνικα παράγονται σε πολλά μέρη του κόσμου και έχουν πολλές παραλλαγές. Αποτελούν ένα ιδιαίτερο και αμφιλεγόμενο προϊόν κρέατος ως προς την ταξινόμηση. Αυτό σημαίνει ότι οι επιστήμονες και οι τεχνικοί έχουν διαφορετικές απόψεις για το αν τα φρέσκα λουκάνικα είναι προϊόντα κρέατος. Ως εκ τούτου, ορισμένοι ερευνητές πιστεύουν ότι τα χωριάτικα λουκάνικα πρέπει να αντιμετωπίζονται ως προϊόντα κρέατος (υπαγόμενα δηλαδή στην κατηγορία των αλλαντικών) (Γεωργάκης, 2005), κάτι που δεν συμμορφώνεται με τον περί Τροφίμων και Ποτών Νόμο (2004), όπου τα νωπά λουκάνικα είναι παρασκευασμένα κρέατα και όχι προϊόντα αλλαντικών.

Αυτή η σύγχυση στην ταξινόμηση προέρχεται από την παρόμοια διαδικασία παραγωγής λουκάνικων αέρα και φρέσκων αλλαντικών. Αφενός, τα δύο προϊόντα

ζυμώνονται, δηλαδή το ΡΗ των κομματιών κρέατος πέφτει από βακτήρια γαλακτικού οξέος σε διαφορετικά επίπεδα, αλλά από την άλλη, ο μόνος στόχος είναι να αφυδατωθούν τα προϊόντα και να σχηματιστούν συμπαγή κομμάτια κρέατος. Αφενός, η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο προϊόντων κρέατος αφορά τις βοηθητικές ουσίες που προστίθενται στο κρέας, μεταξύ αυτών, πολλές ουσίες που συμβάλλουν στη φυσικοχημεία και τις αισθήσεις στον αέρα, ενώ στη χώρα τα φρέσκα λουκάνικα, επιτρέπεται η προσθήκη κρέατος και προσθήκη μόνο μπαχαρικών και λαχανικών. Από την άλλη, ο χρόνος παραγωγής αυτών των δύο προϊόντων είναι διαφορετικός. Σύμφωνα με τον απαιτούμενο ρυθμό αφυδάτωσης, το χωριάτικο νωπό λουκάνικο μπορεί να καταναλωθεί σε λιγότερο από 1 εβδομάδα, ενώ ο χρόνος ωρίμανσης του λουκάνικου στο μακρομαγειρεμένο προϊόν μπορεί να φτάσει 3-4 μήνες. Ωστόσο, η κύρια διαφορά είναι ότι τα λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση μπορούν να καταναλωθούν ως έχουν, ενώ τα νωπά λουκάνικα, όπως υποδηλώνει το όνομα, συνιστάται να καταναλώνονται μετά το τηγάνισμα ή το ψήσιμο.

Οι σύγχρονοι άνθρωποι συνειδητοποίησαν γρήγορα τα ευεργετικά αποτελέσματα της τοποθέτησης κρέατος στο φυσικό σάκο που προέρχεται από τη μεμβράνη του λεπτού εντέρου κατοικίδιων θηλαστικών (όπως οι χοίροι) στο τελικό προϊόν. Αυτά τα αποτελέσματα αφορούν κυρίως την ικανότητα διατήρησης αυτών των προϊόντων, προσθέτοντας ορισμένα αρώματα, αλλά δεύτερον, τις αισθητηριακές τους ιδιότητες. Από τα νωπά λουκάνικα μέχρι τα αλλαντικά αέρος που έχουν υποστεί ζύμωση που παράγονται στην Ευρώπη και την Ασία, όλοι οδηγούμαστε από την τεχνολογική ανάπτυξη. Στην Ελλάδα έχουμε παραδοσιακό σαλάμι Λευκάδας και Θάσου (Γεωργάκης, 2005), Saucisson στη Γαλλία και Βέλγιο, Chorizo στην Ισπανία, σαλάμι στην Ιταλία, ουγγρικό σαλάμι στην Ουγγαρία και παραδοσιακό στην Τουρκία Suzuki.

Σε όλες όμως, τις προαναφερθέντες περιπτώσεις των ζυμωμένων αλλαντικών (Σαλάμι αέρος, Προσούτο, Λούτζα, Παστουρμά), πρόκειται για γαλακτική ζύμωση, η οποία αποτελεί αναερόβια διαδικασία.

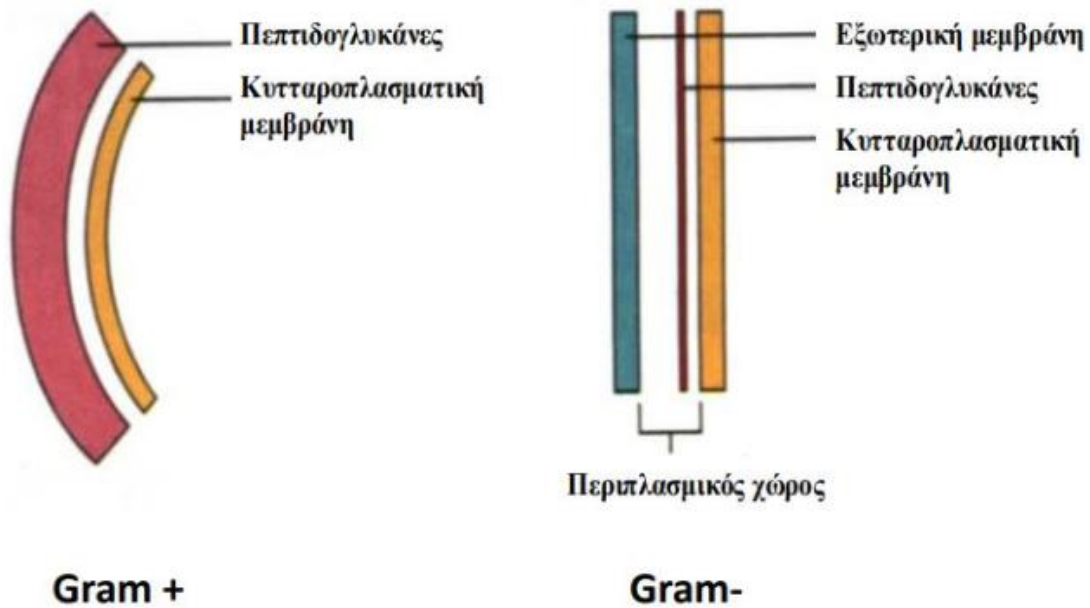
1.4. Γαλακτική Ζύμωση

Κατά την πραγματοποίηση της διεργασίας της γαλακτικής ζύμωσης πραγματοποιείται διάλυση διαφόρων σακχάρων τα οποία προέρχονται από τα γαλακτικά βακτήρια. Τα κυριότερα βακτήρια ανήκουν, όπως προαναφέραμε, στα γένη *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Streptococcus* (Μπλούκας, 2004). Όλα αυτά τα βακτήρια είναι θετικά κατά Gram και αναπτύσσονται καλύτερα σε περιβάλλοντα απουσία αέρα.

Όπως είναι γνωστό τα προϊόντα που προέρχονται από ζύμωση είναι ασφαλή ως προς τον καταναλωτή. Συνεπώς ανήκουν σε μια καλά μελετημένη ομάδα, πλήρως διαχειρίσιμη στην περίπτωση που κάτι, για οποιονδήποτε λόγο δεν παρουσιάσει την αναμενόμενη συμπεριφορά. Για την καλύτερη λοιπόν αντίληψη της κατηγορίας αυτής, ήτο απαραίτητη η κατανόηση των βακτηριδίων που εδρεύουν της διαδικασίας αυτής. Η μελέτη αυτή ξεκίνησε από τον Hans Christian Joachim Gram, (1853 – 1938), ο οποίος κατηγοριοποίησε τα βακτήρια σε θετικά και αρνητικά κατά Gram.

Η έρευνα του, εξελίχθηκε και χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα. Πολλά βακτήρια πέρα από κυτταρική μεμβράνη διαθέτουν και κυτταρικό τοίχωμα. Η μεν πρώτη είναι υπεύθυνη για την μεταφορά πληροφοριών και ουσιών από και προς το σύστημα του κυττάρου-μικροοργανισμού ενώ το κυτταρικό τοίχωμα είναι αυτό που παρέχει προστασία στο βακτήριο από τοξικές για τα ίδια ουσίες. Έτσι ένα βακτήριο γίνεται ανθεκτικότερο απέναντι σε βλαπτικούς για το ίδιο παράγοντες καθιστώντας το πιο επικίνδυνο για τον ανθρώπινο οργανισμό. Στην περίπτωση που καταφέρουμε να απομονώσουμε τα βακτήρια από το κυτταρικό τους τοίχωμα αυτά θα διαλυθούν.

Το κύριο συστατικό του τοιχώματος αποτελεί η πεπτιδογλυκάνη η οποία είναι συντιθέμενη από δύο παράγωγα σακχάρων και μια ομάδα αμινοξέων με κύρια μέριμνα την προστασία των βακτηρίων (Tamura et al., 1995). Η μελέτη και ο διαχωρισμός βασίστηκε στην διαφορά της δομής του κυτταρικού τοιχώματος διαφόρων μικροοργανισμών και την ευαισθησία αυτών σε αντιβιοτικά σκευάσματα. Έτσι τα Gram -θετικά χρωματίζονται με μπλε ή μωβ χρώμα ενώ τα Gram -αρνητικά χρωματίζονται κόκκινα, ροζ ή φούξια (Med-Chem.com, 2019; HealthyLiving.gr, 2020).



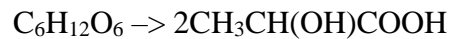
Εικόνα 1: Διαφοροποίηση θετικών και αρνητικών κατά Gram βακτηρίων.

Πηγή: HealthyLiving, 2020

Η διάκριση αυτή απορρέει από την ευαισθησία των βακτηριδίων στα αντιβιοτικά και το ανοσοποιητικό σύστημα του ανθρώπου. Στα Gram-θετικά πέρα του ομογενούς κυτταρικού τοιχώματος και της πεπτιδογλυκάνης δεν υπάρχει κάτι άλλο ενώ αντίθετα στα Gram-αρνητικά υπάρχει επιπρόσθετα ένα εξωτερικό περίβλημα με λειτουργία μεμβράνης που περιβάλλει το κυτταρικό τοίχωμα. Έτσι στη δεύτερη περίπτωση όπου η πεπτιδογλυκάνη είναι προστατευμένη, καθιστά τα βακτήρια αυτά πολύ πιο επικίνδυνα για τον ανθρώπινο οργανισμό λόγω της μεγαλύτερης ανοχής τους σε αντιβιοτικά. Στα αλλαντικά τα βακτήρια που ανήκουν στην μικροχλωρίδα είναι θετικά κατά Gram, πράγμα που επιβεβαιώνει την ασφάλεια ως προς τον καταναλωτή (HealthyLiving.gr, 2020).

Τα γαλακτικά βακτήρια που θα χρησιμοποιηθούν είτε σε φυσική ζύμωση είτε σε ελεγχόμενη, διαχωρίζονται ανάλογα με τα προς την τελική χρήση προϊόντα που θα προκύψουν σε δύο επιμέρους κατηγορίες: τα ομοζυμωτικά και τα ετεροζυμωτικά. Οι γενικές χημικές αντιδράσεις για τις κατηγορίες αυτές διατυπώνονται ως εξής (Μπλούκας, 2004):

ο **Ομοζυμωτικά :**



Εξόζη Γαλακτικό οξύ

ο **Ετεροζυμωτικά :**



Εξόζη Γαλακτικό οξύ Οξικό οξύ

ή



Εξόζη Γαλακτικό οξύ αλκοόλη Διοξείδιο του άνθρακα

Για την διασφάλιση ωστόσο, των επιθυμητών ιδιοτήτων προτιμάται η χρήση καλλιιεργειών εκκίνησης. Οι καλλιέργειες παρασκευάζονται από εξειδικευμένους χώρους πάνω στον κλάδο και καταφθάνουν στα παρασκευαστήρια της ζύμωσης σε μορφή κατεψυγμένη ή αφυδατωμένη. Η απευθείας εισαγωγή τους στα προϊόντα άλλες φορές είναι εφικτή, όπως γίνεται στο σαλάμι αέρος, και άλλες φορές απαιτείται η παστερίωση του προϊόντος πρώτα, όπως στην περίπτωση του γάλακτος.

Η φυσική καλλιέργεια γίνεται με εισαγωγή μικρής ποσότητας τρόφιμου που έχει ήδη υποστεί ζύμωση. Μέσω της διασποράς του, στο προς ζύμωση υλικό, επικρατούν οι επιθυμητοί μικροοργανισμοί. Δυστυχώς προκειμένου να γίνει αυτό, απαιτείται η ποσότητα του τροφίμου που εισάγεται να είναι άριστης ποιότητας. Ακόμα και έτσι όμως υπάρχει το ενδεχόμενο να μην επικρατήσουν οι επιθυμητοί οργανισμοί και συνεπώς προτιμάται η ελεγχόμενη καλλιέργεια (Μπλούκας, 2004).

1.5. Τεχνολογία Ζυμούμενων Αλλαντικών

Τα αλλαντικά αέρος, αποτελούν προϊόντα ζύμωσης και ωρίμανσης, σύμφωνα με τον κώδικα τροφίμων και ποτών (2014) από σύγκοπτο κρέας στα οποία η μέθοδος συντήρησης εντοπίζεται στο συνδυασμό πτώσης του pH από τα γαλακτικά βακτήρια και πτώσης της ενεργότητας νερού λόγω αφυδάτωσης, η οποία ουσιαστικά επιτελείται από την παρουσία του άλατος (Γεωργάκης, 2005).

Τα κύρια συστατικά των αλλαντικών αέρος είναι το βοδινό και χοιρινό κρέας και το ζωικό λίπος, το οποίο προέρχεται από τη ράχη και το τράχηλο του χοίρου (λαρδί). Τα συστατικά αυτά απαντούν στη κρεατόμαζα σε αναλογία 1/3 το καθένα. Η προσθήκη μεν του βοδινού κρέατος στο μίγμα εξυπηρετεί τη σκοπιμότητα του ερυθρότερου χρώματος και του χοιρινού, από την άλλη, κρέατος, συμβάλλει στην τρυφερότητα και την ανάπτυξη του χυμώδους στο τελικό προϊόν λόγω κυρίως, της υψηλότερης, γενικά, λιποπεριεκτικότητας σε σχέση με το βοδινό κρέας. Η επιλογή του χοίρειου κρέατος, ωστόσο, πρέπει να γίνεται από ηλικιωμένα ζώα, καθώς το κρέας τους παρουσιάζει χαμηλή ικανότητα συγκράτησης υγρασίας (ΙΣΥ), κάτι το οποίο είναι επιθυμητό στην παραγωγή ζυμούμενων αλλαντικών, κατά την οποία όπως προαναφέρθηκε, βασικός στόχος είναι η αποβολή υγρασίας.

Η διαδικασία παραγωγής των αλλαντικών ζύμωσης & ωρίμανσης είναι στενά συνδεδεμένη με την πορεία του pH της κρεατόμαζας, καθώς αυτή επηρεάζει τα φυσικοχημικά, τα μικροβιολογικά και επομένως και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Επομένως ενδείκνυται το κρέας που χρησιμοποιείται στην παραγωγή των προϊόντων αυτών να έχει pH 5,4-5,9. Επιπλέον, τόσο ο Μπλούκας (2007), όσο και ο Γεωργάκης (2005), επισημαίνουν ότι δεν πρέπει το χρησιμοποιούμενο κρέας να είναι τύπου DFD, καθώς δημιουργούνται προβλήματα στην αφυδάτωση και οξίνιση αυτών των προϊόντων. Επίσης, υποστηρίζεται από τους ίδιους ερευνητές ότι είναι ανεπιθύμητη και η παρουσία κρέατος τύπου PSE καθώς παρουσιάζει πολύ μικρή ΙΣΝ με αποτέλεσμα να παρατηρείται ορισμένες φορές αποκόλληση της θήκης και κατάρρευση της δομής των αλλαντικών. Κάτω από ορισμένες συνθήκες εντούτοις, ο Μπλούκας (2007) υποστηρίζει ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί DFD κρέας, πάντα σε ανάμιξη με κανονικό και με την προσθήκη επιπλέον σακχάρων για περαιτέρω οξίνιση καθώς επίσης και PSE σε ποσοστά περίπου 30% σε ανάμιξη με κανονικό κρέας.

Η προσθήκη, επιπλέον του λαρδιού στην κρεατόμαζα πρέπει να είναι προσεκτική και να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το προστιθέμενο λαρδί στην κρεατόμαζα αποτελεί το 1/3 της κρεατόμαζας μαζί με το βοδινό και χοιρινό κρέας. Το ποσοστό αυτό στο τελικό προϊόν αυξάνεται σε 40-45% λόγω της αφυδάτωσης του, κατά την οποία αυξάνονται τα στερεά συστατικά. Το άρθρο 91 του κώδικα τροφίμων και ποτών (2014), προβλέπει ανώτατο ποσοστό λίπους το 45% στο τελικό προϊόν και κατώτερο όριο μυϊκών πρωτεϊνών το 14%. Το προστιθέμενο λαρδί πρέπει να είναι σκληρό, πλούσιο σε συνδετικό ιστό και πτωχό σε ακόρεστα λιπαρά οξέα τα οποία είναι πολύ πτητικά, δηλαδή έχουν πολύ χαμηλή θερμοκρασία ζέσης, και υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας ανεπιθύμητων οσμών. Η ψύξη και η κατάψυξη του λαρδιού επιπροσθέτως, πριν την επεξεργασία της κρεατόμαζας, συμβάλλει στη μείωση της υγρασίας του στο 5% και το καθιστά σκληρό, μειώνοντας έτσι το κίνδυνο ανάπτυξης αλειφώδους υφής κατά το τεμαχισμό στο κούτερ λόγω της αύξησης θερμοκρασίας από τα μαχαίρια. Η ανάπτυξη αλειφώδους υφής του λαρδιού στην κρεατόμαζα λειτουργεί μονωτικά ως προς την υγρασία, με αποτέλεσμα να εμποδίζεται η ομαλή αφυδάτωση του προϊόντος.

Επίσης, στην κρεατόμαζα προστίθεται το χλωριούχο νάτριο σε ποσοστό 2,5-3,0% το οποίο λόγω της αφυδάτωσης στο τελικό προϊόν ανέρχεται σε ποσοστό 3,5-4,0%. Η προσθήκη του χλωριούχου νατρίου συμβάλλει κυρίως στη μείωση της ενεργότητας νερού, κάτι το οποίο βοηθά την ανάπτυξη και επικράτηση της επιθυμητής μικροχλωρίδας. Προσθήκη χλωριούχου νατρίου σε ποσοστό μικρότερο του 2% προκαλεί προβλήματα στη δομή λόγω της ασθενικής ανάπτυξης του πρωτεϊνικού πλέγματος που οφείλεται στην εκχύλιση των μυϊκών πρωτεϊνών στο αλατούχο διάλυμα. Ωστόσο, και ποσοστά άνω των 3,5% άλατος στην κρεατόμαζα προκαλούν αδυναμία ανάπτυξης της επιθυμητής μικροχλωρίδας.

Στην κρεατόμαζα προστίθενται και τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα, λόγω κυρίως της αντιμικροβιακής τους δράσης εναντίον του *Clostridium Botulinum* και δευτερευόντως για σταθεροποίηση του ερυθρού χρώματος, λόγω σχηματισμού του συμπλόκου της νιτροζομυοσφαιρίνης στην κρεατόμαζα, και του χαρακτηριστικού αρώματος (Μπλούκας, 2007, Γεωργάκης, 2005). Ανώτερη ποσότητα νιτρωδών αλάτων που ενδείκνυται να προστεθεί στην κρεατόμαζα είναι 150 mg/kg εκφρασμένη ως NaNO_2 και τα νιτρικά σε ποσότητα 300 mg/kg εκφρασμένα ως NaNO_3 βάσει

των καν. 1333/2008 και 1129/2011. Στην κρεατόμαζα προστίθενται επίσης και ασκορβικά άλατα, λόγω της αντιοξειδωτικής τους δράσης σε ποσότητες έως 500 ppm, ζάχαρα όπως η γλυκονική-δ-λακτόνη για γρήγορη πτώση του pH, διάφορα καρυκεύματα, αντιμυκητιακά σε ορισμένες περιπτώσεις και καλλιέργειες εκκίνησης (Μπλούκας, 2007). Τα αντιμυκητιακά (σορβικά άλατα, βενζοϊκά άλατα, παραυδροξυβενζοϊκά άλατα) συμβάλουν στην αντιμετώπιση της ανάπτυξης μικροοργανισμών στην επιφάνεια των θηκών, κυρίως τις πρώτες ημέρες της ζύμωσης, όπου αναπτύσσεται μια γλίτσα από τη συνένωση των αποικιών των αερόβιων βακτηρίων, των μηκυλιακών υφών και των ζυμών που οδηγούν στην καταστροφή της θήκης.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί προηγουμένως, η παραγωγή των αλλαντικών αέρος στηρίζεται στην πτώση του pH της κρεατόμαζας, κάτι που στερεοποιεί τη δομή της και βοηθά στην αποβολή ενός ποσοστού υγρασίας. Αυτή η πτώση του pH είναι η λεγόμενη ζύμωση η οξίνιση της κρεατόμαζας και επιτελείται από τα γαλακτικά βακτήρια, τα οποία αποικοδομούν τα σάκχαρα που υπάρχουν ενδογενώς από το κρέας και τα προστιθέμενα από τον παραγωγό, παράγοντας οργανικά οξέα που ρίχνουν το pH σε τιμές 4,8-5,2.

Δεδομένου όμως ότι η μικροχλωρίδα της κρεατόμαζας δεν αποτελείται μόνο από γαλακτικά βακτήρια, τα οποία είναι επιθυμητά, αλλά η σύστασή της είναι απρόβλεπτη, είναι επιτακτική ανάγκη να προστίθενται καλλιέργειες εκκίνησης είτε φυσικές, είτε καθαρές, οι οποίες επιταχύνουν την οξίνιση της κρεατόμαζας, ελαχιστοποιούν τις απώλειες, βελτιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, αυξάνουν τη διάρκεια συντήρησης και μειώνουν τον κίνδυνο ανάπτυξης παθογόνων. Οι καλλιέργειες εκκίνησης που χρησιμοποιούνται τεχνολογικά είναι οι καλλιέργειες γαλακτικών βακτηρίων, οι καλλιέργειες μικρόκοκκων και σταφυλόκοκκων και οι καλλιέργειες μυκήτων, με σκοπό αφενός τον περιορισμό της ανάπτυξης της γλίτσας στην επιφάνεια και μείωση της διαπερατότητας στο οξυγόνο και το φως. Δευτερευόντως, οι καλλιέργειες μυκήτων προσδίδουν και το χαρακτηριστικό λευκό χρώμα της επιφάνειας που συνοδεύει ορισμένες φίρμες αλλαντικών αέρος όπως το σαλάμι Ουγγαρίας. Στον Πίνακα 2 παρατίθενται οι κύριες προστιθέμενες ουσίες κατά την παραγωγή των αλλαντικών αέρος και η συμβολή τους στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων.

Πίνακας 1. Συμβολή των πρόσθετων και βοηθητικών υλών στα διάφορα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αλλαντικών αέρος

	Δημιουργία ερυθρού χρώματος	Συγκράτηση ερυθρού χρώματος	Δημιουργία σύστασης, δομής	Ανάπτυξη γεύσης	Ανάπτυξη αρώματος	Ικανότητα συντήρησης
Αλάτι	-	-	+	+++	-	++
Νιτρώδη/ Νιτρικά	+++	+++	-	++	++	+
MSG	-	-	-	+	+	-
Σορβικά	-	-	-	-	-	+
GdL	++	++	++	-	-	+++
Σάκχαρα	+	+	+++	++	++	+++
Ασκορβικά	+++	++	-	-	-	+
Καλλιέργειες εκκίνησης	+++	+++	++	+++	+++	+++
Επεξηγήσεις: - = καμία δράση, + = μερική δράση, ++ = μέτρια δράση, +++ = έντονη δράση						

(Πηγή: Γεωργάκης, 2005).

Η επεξεργασία, ο τεμαχισμός του κρέατος και του λαρδιού και η προσθήκη των βοηθητικών υλών γίνεται στο κούτερ (Cutter). Το κούτερ είναι μια διάταξη τεμαχισμού με πολλαπλά μαχαίρια, τα οποία περιστρέφονται εγκάρσια σε μία κοίλη δεξαμενή η οποία κινείται κυκλικά γύρω από έναν άξονα που αποτελεί τον κορμό του μηχανήματος. Το κούτερ έχει δυνατότητα αεροστεγούς κλεισίματος με εφαρμογή κενού, για την ταχύτερη και καλύτερη ανάπτυξη του ερυθρού χρώματος, την αποφυγή ενσωμάτωσης αέρα στην κρεατόμαζα και καθυστέρηση της οξειδωσης του λίπους. Η κοίλη δεξαμενή είναι μια κοιλότητα στην οποία προστίθενται τα προς τεμαχισμό συστατικά και οι βοηθητικές πρόσθετες ύλες. Η ύπαρξη αυτής της κοιλότητας, εκτός του ότι εξυπηρετεί τον αδρομερή και ομοιογενή λεπτοτεμαχισμό κρέατος και λίπους, βοηθά στην απομάκρυνση της κρεατόμαζας στο επόμενο στάδιο από το κούτερ και τη μεταφορά της στην πληρωτική μηχανή η γεμιστικό όπου θα ακολουθήσει το αυτόματο γέμισμα των θηκών.

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι της επεξεργασίας της κρεατόμαζας των αλλαντικών αέρος στο κούτερ είναι η σειρά που προστίθενται τα διάφορα συστατικά. Στο κούτερ, λοιπόν, προστίθεται αρχικά το κρέας με σκοπό τον προτεμαχισμό του ώστε να αναμιχθεί αποτελεσματικά το βοδινό με το χοιρινό και να γίνει ομοιογενές. Σε δεύτερη φάση, προστίθεται το λαρδί, το οποίο προηγουμένως έχει καταψυχθεί με σκοπό την αποβολή υγρασίας και την αύξηση της σκληρότητας του για αποφυγή του ‘‘αλειφώδους’’. Ένα σύνηθες φαινόμενο με αρνητικές επιδράσεις στη ποιότητα της κρεατόμαζας, που παρατηρείται κατά την επεξεργασία της στο κούτερ είναι η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω τριβής από την κίνηση των μαχαιριών. Αυτή η αύξηση της θερμοκρασίας επηρεάζει αρνητικά την παραγωγή των αλλαντικών αέρος καθώς επάγει φυσικοχημικές και μικροβιολογικές αντιδράσεις αρνητικού περιεχομένου, όπως η λιπόλυση και η οξειδώσεις.

Η μέχρι στιγμής λύση στο συγκεκριμένο πρόβλημα είναι η προσθήκη πάγου σε τακτά χρονικά διαστήματα στην κρεατόμαζα με σκοπό την πτώση της θερμοκρασίας. Η ενδεικτική θερμοκρασία της κρεατόμαζας στο τέλος της διαδικασίας λεπτοτεμαχισμού της στο κούτερ είναι +1 με +2° C, σύμφωνα με τον Μπλούκα (2007). Η εξέλιξη, εντούτοις της τεχνολογίας, συνέβαλε ώστε να βρεθούν συστήματα, εντός των διατάξεων κοπής (κούτερ), διατήρησης της θερμοκρασίας στα συγκεκριμένα επίπεδα. Έτσι στις μέρες μας, σταδιακά αρχίζουν να χρησιμοποιούνται συστήματα αυτόματου ψεκασμού των μαχαιριών του κούτερ με υγρό άζωτο και συνηθέστερα έχουμε τους αυτόματα ψυχόμενους κλειστούς θαλάμους κοπής.

Ιδιαίτερα σημεία της επεξεργασίας της κρεατόμαζας στο κούτερ που πρέπει να δίνεται προσοχή αφενός έχει να κάνει με τις πρόσθετες ύλες και αφετέρου με τη σειρά που πρέπει να προστίθενται στην κρεατόμαζα κατά την επεξεργασία στο κούτερ. Έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο η προσθήκη ασκορβικών για σταθεροποίηση του χρώματος των αλλαντικών αέρος. Η δράση των ασκορβικών συνίσταται στις αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες έναντι των ενεργών μορφών οξυγόνου και προστατεύουν το ενεργό, στην δημιουργία του χρώματος, σύμπλοκο της νιτροζομυοσφαιρίνης, το οποίο είναι σταθερό. Η δράση αυτή των ασκορβικών οφείλεται στη μεταφορά ηλεκτρονίων στα αντιδρώντα των αλυσιδωτών οξειδωτικών αντιδράσεων και τον επαγωγικό τερματισμό τους.

Επίσης δεν πρέπει να αναμιγνύονται το ασκορβικό ή ερυθροβικό οξύ με τα νιτρώδη ή νιτρικά, καθώς το ασκορβικό ανάγει τα νιτρώδη σε NO, το οποίο είναι

αέριο και διαχέεται στην ατμόσφαιρα, μειώνοντας τη συγκέντρωση των νιτρωδών στην κρεατόμαζα με επακόλουθο να μην έχουν ικανοποιητική συμβολή στην ανάπτυξη του χρώματος. Εξάλλου, η σταθεροποίηση του ερυθρού χρώματος των ζυμούμενων αλλαντικών, οφείλεται κατά ένα πολύ μεγάλο ποσοστό στη δημιουργία του συμπλόκου της νιτροζομυοσφαιρίνης, το οποίο είναι σταθερό. Εκτός, όμως του απαγορευτικού της ανάμιξης νιτρωδών και ασκορβικών πριν την προσθήκη τους στη κρεατόμαζα, οι δύο αυτές πρόσθετες ύλες δεν πρέπει να προστίθενται μαζί στο κούτερ για τους ίδιους λόγους. Τέλος, θα πρέπει να υπολογίζονται και να προστίθενται με ακρίβεια οι ποσότητες των πρόσθετων συστατικών στη κρεατόμαζα, καθώς απόκλιση ανώτερου ή κατώτερου ορίου ενδεδειγμένων ποσοτήτων, εγκυμονεί κινδύνους για την ποιότητα και την ασφάλεια των τελικών προϊόντων. Παρακάτω, στον Πίνακα 3 φαίνονται οι προβλεπόμενες ποσότητες πρώτων υλών και πρόσθετων ουσιών για την σύνθεση της κρεατόμαζας σε g/ kg κρέατος & λαρδιού.

Πίνακας 2 Ποσότητες πρόσθετων υλών για τη σύνθεση της κρεατόμαζας σε g/ kg κρέατος & λαρδιού

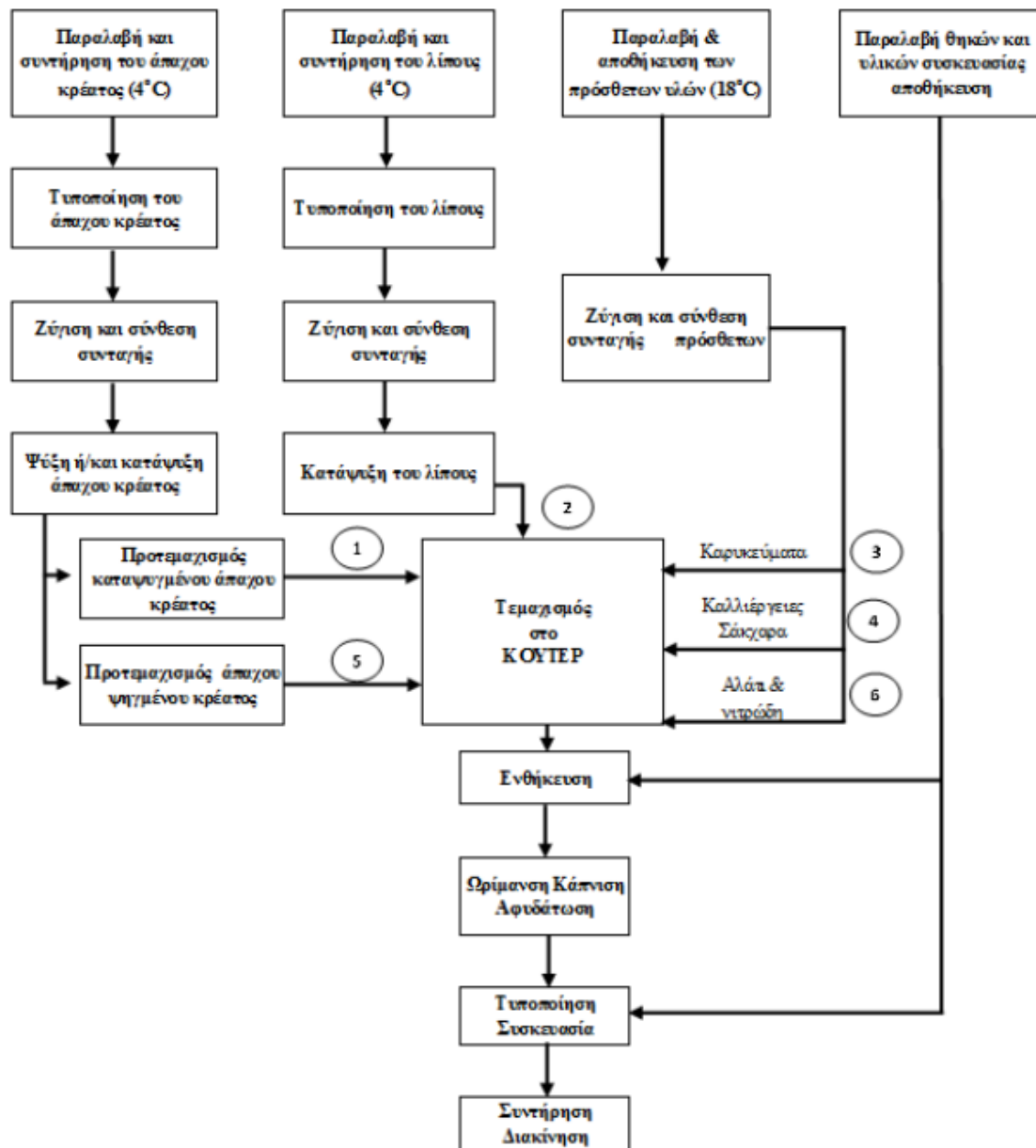
Είδος	Ποσότητα (g)
γλωριούχο νάτριο	28 έως 30
Νιτρώδες νάτριο (150 ppm)	0,15
Νιτρικό Νάτριο (200 ppm)	0,2
Ερυθροβικό Νάτριο (500 ppm)	0,5
Σακχαρόζη	3 έως 5
Λακτόζη	0,1
Καρυκεύματα	3 έως 5
Σκόρδο	0,5 – 2

(Πηγή: Κατσανίδης, 2021)

Αμέσως μετά το λεπτοτεμαχισμό της κρεατόμαζας και την επεξεργασία της στο κούτερ, το μίγμα μεταφέρεται χειρωνακτικά ή αυτόματα σε βιομηχανικό κυρίως επίπεδο, στις πληρωτικές μηχανές ή γεμιστικά κενού. Τα γεμιστικά κενού είναι κατακόρυφες διατάξεις, όπου η είσοδος της κρεατόμαζας γίνεται από την επιφάνεια μέσω ενός ανοίγματος. Στο μέσον περίπου της πλευράς του μηχανήματος, υπάρχει τοποθετημένη μια οπή συγκεκριμένης διαμέτρου, όπου προσαρμόζονται τα ακροφύσια πλήρωσης των αλλαντικών. Τα ακροφύσια διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τη διάμετρο ανάλογα με το είδος του αλλαντικού για το οποίο είναι κατασκευασμένα, σε ένα εύρος 10-20 χιλιοστών. Τα γεμιστικά κενού όπως μαρτυρά και το όνομα τους, είναι εξοπλισμένα με απαερωτή, με σκοπό την έξοδο του αέρα από την κρεατόμαζα κατά την ενθήκευση. Ο εγκλωβισμός αέρα και συνεπώς οξυγόνου στην κρεατόμαζα κατά την ενθήκευση, μπορεί να προκαλέσει σοβαρό πρόβλημα στην ποιότητα αλλά και την ασφάλεια των τελικών προϊόντων, καθώς οι μικροβιολογικές και φυσικοχημικές αλλοιώσεις αυξάνονται λόγω της αύξησης του οξειδοαναγωγικού δυναμικού. Ο εγκλωβισμός αέρα κατά την ενθήκευση μπορεί επίσης να προκαλέσει αποκόλληση και ρήξη της θήκης. Οι μεταβλητές επομένως, οι οποίες ελέγχονται κατά την ενθήκευση της κρεατόμαζας, είναι η πίεση κατά την αφαίρεση του αέρα και η θερμοκρασία της κρεατόμαζας κατά την ενθήκευση η οποία διατηρείται στον 1° C.

Όσον αφορά στο τελικό στάδιο της ενθήκευσης της κρεατόμαζας, αυτό επιτελείται μέσω του ακροφυσίου εξόδου, στο οποίο τοποθετείται η θήκη. Οι θήκες που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των αλλαντικών μπορεί να είναι φυσικές ή τεχνητές. Οι φυσικές θήκες, που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή των νωπών χωριάτικων λουκάνικων προέρχονται από εδώδιμες μεμβράνες του γαστρεντερικού συστήματος μηρυκαστικών και χοίρων. Οι τεχνητές θήκες που χρησιμοποιούνται κατά την παραγωγή αλλαντικών αέρος προέρχονται από αβλαβή, μη τοξικά παράγωγα πλαστικών και κυτταρίνης, όπως για παράδειγμα το Pliofilm, που προέρχεται από πολυβινύλιο και πολυπροπυλένιο, το cellulose, που προέρχεται από υδροκυτταρίνη, το Naturin ή collagen, που προέρχεται από ζωικούς μεταποιημένους ιστούς, το Pergament και το Sapinell. Οι χρησιμοποιούμενες τεχνητές θήκες, πριν την πληρωτική διαδικασία θα πρέπει να εμβαπτίζονται σε διάλυμα σορβικού καλίου 5-10% με σκοπό την αποφυγή ανάπτυξης μυκήτων στο εσωτερικό και στην επιφάνεια τους, στα αρχικά στάδια της ζύμωσης. Μετά την ενθήκευση της κρεατόμαζας, τα

προϊόντα μεταφέρονται κρεμασμένα με καρότσια στους θαλάμους ζύμωσης και έπειτα ωρίμανσης, στις ενδεδειγμένες συνθήκες και χρόνους. Στην Εικόνα 2 φαίνεται το διάγραμμα ροής των αλλαντικών αέρος αναλυτικά.



Εικόνα 2 Διάγραμμα ροής βιομηχανικής παραγωγής αλλαντικών αέρος.

Πηγή: Γεωργάκης, 2005

Ωστόσο, το πρωτόκολλο της παραγωγής των αλλαντικών αέρος που αναλύθηκε προηγουμένως, έχει ως αποτέλεσμα την παραγωγή μιας ενθηκευμένης κρεατόμαζας, η οποία έχει υψηλό ποσοστό υγρασίας, υψηλό pH γύρω στο 5.8-6.2, υψηλή ενεργότητα νερού γύρω στο 0,98 και μικροαερόβιες συνθήκες. Σε αυτές τις

συνθήκες τα αλλαντικά αέρος εισέρχονται στα στάδια της ζύμωσης και ακολούθως της ωρίμανσης συνίστανται στις μικροβιολογικές και φυσικοχημικές μεταβολές που υφίστανται τα προϊόντα οι οποίες διαμορφώνουν το τελικό προφίλ του προϊόντος. Τα στάδια της ζύμωσης και της ωρίμανσης είναι επίσης διακριτά μεταξύ τους. Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Μπλούκας (2007), οι συνθήκες που επικρατούν αντίστοιχα στους θαλάμους ζύμωσης και ωρίμανσης είναι διαφορετικές. Χρόνος παραμονής, σχετική υγρασία, θερμοκρασία και ταχύτητα κίνησης αέρα διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των δύο σταδίων. Οι τιμές των παραγόντων αυτών φαίνονται στον πίνακα 4. Επιπλέον, στο στάδιο της ωρίμανσης λαμβάνει χώρα και ο διαχωρισμός των αλλαντικών αέρος βραχείας και μακράς ωρίμανσης. Αυτό συμβαίνει, διότι όπως υποστηρίζει ο Μπλούκας (2007), οι συνθήκες στους θαλάμους ωρίμανσης διαφέρουν για τους δύο τύπους αλλαντικών και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στα αλλαντικά αέρος βραχείας ή Ταχείας ζύμωσης είναι επιθυμητή η γρήγορη πτώση του pH σε μικρότερα του 4,8 επίπεδα.

Πίνακας 3 Συνθήκες ζύμωσης & ωρίμανσης αλλαντικών αέρος

Day	T (°C)	% RH
0	21	95
1	20	93
2	19	92 ->90
3	18	92 ->90
4-7	17	90
8	15	82
9	15	80
15	15	75 -> 80
*μέχρι 28 ημέρες στους 15°C, μετά συσκευασία υπό κενό και στους 4°C		

(Πηγή: Μπλούκας, 2007)

Οι φυσικοχημικές και μικροβιολογικές μεταβολές που υφίσταται η ενθηκευμένη κρεατόμαζα οφείλονται στη συνεργατική δράση των συστατικών που περιέχει, και διαμορφώνουν το προφίλ του τελικού προϊόντος. Τα αλλαντικά αέρος όπως και τα νωπά χωριάτικα λουκάνικα ανήκουν στα προϊόντα ζύμωσης, κάτι που μαρτυρά ότι η κύρια διαδικασία που διαμορφώνει τα τελικά προϊόντα είναι η ζύμωση, δηλαδή η αποικοδόμηση των σακχάρων που περιέχονται στην κρεατόμαζα από μικροοργανισμούς και η παραγωγή οργανικών οξέων, τα οποία προκαλούν την επιθυμητή πτώση του pH σε επίπεδα κάτω από 5,0. Ωστόσο, εάν σταθούμε απλώς στην πτώση του pH ως την βασική διεργασία των μικροοργανισμών στην κρεατόμαζα θα είναι μια υπεραπλούστευση, καθώς η δράση αυτή είναι πολύπλοκη και περιέχει πολλά επιμέρους σημεία. Οι μικροοργανισμοί, λοιπόν, επηρεάζουν την διαμόρφωση του τελικού προϊόντος τόσο με την παραγωγή οργανικών οξέων που προκαλούν την πτώση του pH, όσο και με την παραγωγή άλλων ενώσεων, οι οποίες συμμετέχουν στη στερεοποίηση της υφής και της δομής, τη σταθεροποίηση του n

χρώματος και την ανάπτυξη του χαρακτηριστικού αρώματος των τελικών προϊόντων.

Γι' αυτό και είναι εξαιρετικά σημαντικό, τόσο κατά τον Γεωργάκη (2005) όσο και κατά τον Μπλούκα (2007), κατά την παραγωγή των ζυμούμενων αλλαντικών να επιλέγεται τόσο ο τύπος όσο και η σύνθεση της μικροχλωρίδας των καλλιεργειών εκκίνησης ανάλογα με τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος. Αυτό είναι εξαιρετικά κρίσιμο, καθώς χρησιμοποιώντας μία φυσική καλλιέργεια, της οποίας η σύνθεση είναι απρόβλεπτη εν μέρει, μπορεί να έχουμε παραγωγή μη επιθυμητών ενώσεων, που επηρεάζουν αρνητικά το τελικό προϊόν. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τους Samelis et al. (1993), κατά τη χρήση φυσικών καλλιεργειών, ορισμένα ετεροζυμωτικά στελέχη λακτοβάκιλλων παράγουν υπεροξειδία και άλλες οξειδωτικές ενώσεις, οι οποίες επάγουν την καταστροφή του ερυθρού χρώματος των αλλαντικών, την τάγγιση του λίπους καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις τη ρήξη των θηκών.

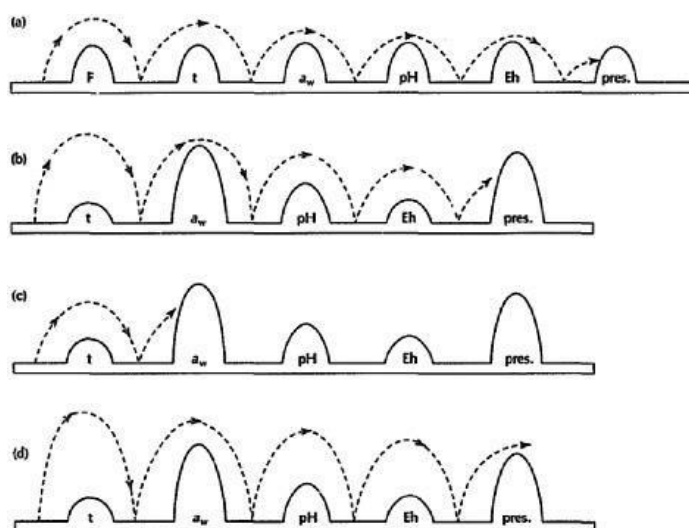
Μία αποτελεσματική αλλά περισσότερο ακριβή λύση στο πρόβλημα αυτό αποτελεί η χρήση καθαρών καλλιεργειών σταφυλόκοκκων, μικρόκοκκων και γαλακτικών βακτηρίων. Ειδικότερα, οι σταφυλόκοκκοι και οι μικρόκοκκοι έχουν τη δυνατότητα παραγωγής του ενζύμου καταλάση, το οποίο διασπά το παραγόμενο H₂O₂, εμποδίζοντας έτσι την καταστροφή του χρώματος και την τάγγιση του λίπους.

Επιπλέον, οι μικρόκοκκοι ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη, σταθεροποιώντας έτσι το χρώμα και προσδίδοντας στα τελικά προϊόντα προστασία έναντι των κλωστριδίων. Συμβάλλουν, επίσης, σημαντικά στη δημιουργία του χαρακτηριστικού αρώματος λόγω της περιορισμένης πρωτεϊνολυτικής και λιπολυτικής τους δράσης (Μπλούκας, 2007). Βασική επιδίωξη, ωστόσο, κατά την προσθήκη των καλλιεργειών εκκίνησης είναι η γρήγορη, κατά τα αρχικά στάδια της ωρίμανσης, πτώση του pH, ώστε να επικρατήσει η επιθυμητή έναντι της απρόβλεπτης ανεπιθύμητης εν μέρει μικροχλωρίδας της κρεατόμαζας. Η μικροχλωρίδα της κρεατόμαζας περιέχει πληθυσμούς εντεροβακτηριοειδών, κλωστριδίων, ψευδομονάδων, ζυμών, μυκήτων και άλλων Gram(-) βακτηρίων. Πολλά από αυτά είναι αλλοιογόνα λόγω της πρωτεϊνολυτικής και λιπολυτικής τους δράσης, όπως οι ψευδομονάδες, αλλά και παθογόνα, όπως ορισμένα στελέχη κλωστριδίων. Συνεπώς, είναι ανάγκη, να δημιουργηθούν οι συνθήκες εκείνες στην κρεατόμαζα, οι οποίες θα αναστέλλουν τη δράση αυτής της μικροχλωρίδας και θα επιτρέπουν την ανάπτυξη των επιθυμητών μικροοργανισμών.

Οι παράγοντες που επιτρέπουν την επικράτηση της επιθυμητής μικροχλωρίδας, εξαρτώνται τόσο από τις συνθήκες των θαλάμων ζύμωσης και ωρίμανσης όσο και από τις προστιθέμενες στη κρεατόμαζα ουσίες, καθώς επίσης και από το βαθμό επιμόλυνσης των πρώτων υλών δηλαδή του κρέατος και του λαρδιού. Συγκεκριμένα, όπως χαρακτηριστικά αναφέρει ο Μπλούκας (2007), εάν κατά τη σφαγή και τη διακίνηση του ζώου έχουν επικρατήσει υγιεινές συνθήκες, σύμφωνα με τα πρωτόκολλα HACCP, ISO, η ολική μεσόφιλη χλωρίδα του κρέατος δεν πρέπει να ξεπερνά τα $10^3 - 10^4$ cfu/ cm², ενώ αν δεν τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες υγιεινής, το ανώτατο ανεκτό όριο είναι 10^6 cfu/ cm².

Οι προστιθέμενες ουσίες, επίσης, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στην επικράτηση της επιθυμητής μικροχλωρίδας στην κρεατόμαζα, όπως αναφέρθηκε προηγουμένως. Ειδικότερα, η προσθήκη χλωριούχου νατρίου, προκαλεί πτώση της ενεργότητας νερού σε 0,96, ενώ η προσθήκη νιτρωδών προκαλεί αναστολή της ανάπτυξης πολλών Gram(-) βακτηρίων, όπως στελέχη του γένους *Salmonella* αλλά και του πλέον παθογόνου Gram(+) σπορογόνου *Clostridium botulinum*. Εκτός όμως της αναστολής των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, στην οποία συμβάλλουν αυτοί οι παράγοντες, έμμεσα δημιουργείται ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της επιθυμητής μικροχλωρίδας, δηλαδή των γαλακτικών βακτηρίων, των μικρόκοκκων,

των σταφυλόκοκκων και ορισμένων μυκήτων και ζυμών. Η πτώση της ενεργότητας νερού, τα προστιθέμενα νιτρώδη, τα ασκορβικά άλατα που προστατεύουν τα ευκόλως οξειδούμενα στοιχεία της κρεατόμαζας και η ενθήκευση υπό κενό που δημιουργεί αναερόβιες συνθήκες στο εσωτερικό της κρεατόμαζας, δημιουργεί ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη της προαναφερθείσης επιθυμητής μικροχλωρίδας και αναστολή της ανεπιθύμητης από τις πρώτες ημέρες της ζύμωσης, πράγμα που είναι εξαιρετικά κρίσιμο, ειδικά αν το μικροβιολογικό φορτίο των πρώτων υλών είναι υψηλό. Αυτή είναι η λεγόμενη, τεχνική των «πολλαπλών εμποδίων» όπως ονομάζεται στην βιβλιογραφία και συνίσταται στην ύπαρξη διαδοχικών εμποδίων, τα οποία πρέπει να «υπερπηδήσουν» οι παράγοντες κινδύνου, για να προκαλέσουν αλλοίωση αλλά και προβλήματα ασφάλειας στα ζυμούμενα αλλαντικά. Αυτά φαίνονται χαρακτηριστικά στο Σχήμα 2.



Εικόνα 3 Παράγοντες (εμπόδια) που διασφαλίζουν την ασφάλεια και την συντήρηση των ζυμούμενων αλλαντικών. Πηγή: Μπλούκας, 2007

Οι μικροβιολογικές μεταβολές όπως αναφέρθηκε προηγουμένως συνίστανται στην πτώση του pH σε τιμές 4,8-5,2 όπου αναστέλλεται η ανάπτυξη της αλλοιογόνου και παθογόνου μικροχλωρίδας. Ταυτόχρονα, η πτώση του pH σε τιμές κοντά στο ισοηλεκτρικό σημείο των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων (5,2-5,3), μειώνει την ικανότητα συγκράτησης υγρασίας, η οποία ωθεί τη σταδιακή αποβολή ποσοστού 6-15% υγρασίας που αποτελεί και τον στόχο της παραγωγής των συγκεκριμένων αλλαντικών. Η συγκεκριμένη επίσης πτώση της ικανότητας συγκράτησης υγρασίας,

συμβάλλει στην αύξηση της συνεκτικότητας. Εξάλλου και η ίδια η πτώση του pH προκαλεί έξοδο της υγρασίας της κρεατόμαζας καθώς μεταβάλλονται οι δυνάμεις συγκράτησης των συστατικών της. Η εκχύλιση των πρωτεϊνών των μυϊκών ινιδίων, από την άλλη, λόγω της προσθήκης του χλωριούχου νατρίου και η δημιουργία ενός τρισδιάστατου πρωτεϊνικού πλέγματος, συμβάλλει στην αύξηση της συνεκτικότητας των προϊόντων, στην αποβολή υγρασίας καθώς και στη διαδικασία πρωτεόλυσης από την οποία παράγονται πτητικά πεπτίδια που συμβάλλουν στο άρωμα του τελικού προϊόντος. Η απομάκρυνση επομένως τη υγρασίας, η ανάπτυξη του επιθυμητού ερυθρού χρώματος και του χαρακτηριστικού αρώματος και η στερεοποίηση της κρεατόμαζας αποτελούν τους βασικούς στόχους της τεχνολογικής προσέγγισης της παραγωγής των αλλαντικών αέρος.

Όπως γίνεται κατανοητό λοιπόν, η διαδικασία αφυδάτωσης των ζυμούμενων αλλαντικών, η στερεοποίηση της κρεατόμαζας, η οξίνιση, η ανάπτυξη του χαρακτηριστικού αρώματος και γεύσης των τελικών προϊόντων, περιλαμβάνει πολλούς παράγοντες ενδογενούς χαρακτήρα, όπως η καλλιέργεια εκκίνησης, το άλας, το λαρδί και οι προστιθέμενες ουσίες. Ωστόσο, μια ομάδα παραγόντων που επηρεάζουν εξίσου πολύ τη διαδικασία παραγωγής των ζυμούμενων αλλαντικών είναι εξωγενούς χαρακτήρα και έχουν να κάνουν με τις συνθήκες που επικρατούν στους θαλάμους ζύμωσης και ωρίμανσης. Αυτοί οι παράγοντες είναι η σχετική υγρασία του θαλάμου, η ταχύτητα του αέρα στο εσωτερικό του θαλάμου και η θερμοκρασία που επικρατεί.

Οι εν λόγω παράγοντες είναι σημαντικοί, καθώς απόκλιση από τις ενδεδειγμένες τιμές τους, μπορεί να προκαλέσει αποτυχία της παραγωγής, κάτι που σημαίνει κόστος σε βιομηχανικό επίπεδο. Η αποτυχία μπορεί να προκληθεί, λόγω της αδυναμίας απομάκρυνσης της υγρασίας από τα αλλαντικά, λόγω κακής ρύθμισης της σχετικής υγρασίας και της ταχύτητας του αέρα. Αυτό συμβαίνει διότι η αφυδάτωση της κρεατόμαζας γίνεται μέσω ανταλλαγής υδρατμών μεταξύ των στρωμάτων της κρεατόμαζας, της θήκης και του περιβάλλοντος. Έτσι, κορεσμός του αέρα με υδρατμούς, ή από την άλλη μεγάλη ταχύτητα αέρα, οδηγεί σε αποτυχία παραγωγής.

Μια άλλη κατηγορία προϊόντων κρέατος που υφίστανται μερική ζύμωση είναι τα χωριάτικα νωπά λουκάνικα τα οποία παράγονται σε αρκετά μέρη του κόσμου με πολλές παραλλαγές. Ωστόσο τα νωπά χωριάτικα λουκάνικα έχουν μεγάλη παράδοση στη χώρα μας, με μεγάλη ποικιλομορφία τοπικής παραγωγής. Οι πρώτες ύλες

παραγωγής των νωπών λουκάνικων είναι βοδινό, χοίρειο η και πρόβειο σε ορισμένες περιοχές κρέας και χοίρειο λίπος από τη ράχη ή τον τράχηλο (λαρδί) σε αναλογίες 1/3, ομοίως δηλαδή με τα αλλαντικά αέρος. Η διαφορά τους από αυτά είναι ότι στα νωπά χωριάτικα λουκάνικα δεν επιτρέπεται η χρήση συντηρητικών σύμφωνα με την παραδοσιακή συνταγή. Οι πρόσθετες ουσίες που επιτρέπονται είναι το αλάτι, διάφορα καρυκεύματα καθώς και φυτικά προϊόντα (πράσα, κρεμμύδια, κ. α) και σε μερικές περιοχές και μικρή ποσότητα κόκκινου κρασιού (Γεωργάκης, 2005).

Η προσθήκη του πράσου στην τεχνολογία των νωπών λουκάνικων, αν και δεν είναι γνωστό το πότε προστέθηκε για πρώτη φορά, συνέβαλε καθοριστικά στην συντηρησιμότητα των προϊόντων αυτών, καθώς και στην ανάπτυξη των ιδιαίτερων οργανοληπτικών χαρακτηριστικών, λόγω κυρίως της περιεκτικότητας του πράσου σε νιτρικά άλατα που οφείλεται στην αζωτούχο λίπανση των καλλιεργειών. Εντούτοις ο Γεωργάκης (2005), αναφέρει χαρακτηριστικά ότι κατά την παραγωγή των νωπών χωριάτικων λουκάνικων επιτρέπεται η χρήση νιτρικών, ασκορβικών και φωσφορικών, κάτι που έρχεται σε αντίθεση με τον κώδικα τροφίμων και ποτών (2014).

Επίσης έχουν παρατηρηθεί στην αγορά, νωπά χωριάτικα λουκάνικα συσκευασμένα υπό κενό με παρουσία νιτροδών για προστασία από το *Cl. Botulinum*. Είναι προφανές ότι αυτά τα προϊόντα δεν μπορούν να χαρακτηριστούν ως παραδοσιακά χωριάτικα λουκάνικα, πλην όμως ανήκουν στην ομάδα των νωπών αλλαντικών μερικής ωρίμανσης. Η τεχνολογία παραγωγής, όπως και στα αλλαντικά αέρος, έχει ως σκοπό την δημιουργία μιας κρεατόμαζας με ευδιάκριτα τα τεμαχίδια του λίπους, ελαφρά (μερική) οξίνιση και ένα ποσοστό ξήρανσης.

Επίσης όπως μας πληροφορεί ο Γεωργάκης (2005), το λίπος δεν πρέπει να γίνει αλειφώδες κατά το λεπτοτεμαχισμό, αλλά να διατηρήσει τη δομή του στην κρεατόμαζα, δεσμεύοντας υγρασία, συμβάλλοντας έτσι στην τρυφερότητα μετά το μαγείρεμα. Τα νωπά χωριάτικα λουκάνικα, επίσης, υφίστανται μερική ξήρανση καθώς παραδοσιακά τοποθετούνται σε εξωτερικό χώρο, με παροχή αέρα η οποία ευνοεί την αφυδάτωση. Επίσης, λόγω της μικροχλωρίδας του κρέατος τα προϊόντα αυτά υφίστανται και μερική ζύμωση με πτώση τελικά του pH σε τιμές όμως υψηλότερες από τις αντίστοιχες των αλλαντικών αέρος, αρκετή ωστόσο για να δημιουργηθούν τα επιθυμητά αρώματα καθώς και η υπόξινη χαρακτηριστική τους γεύση.

1.6. Θρεπτικές ιδιότητες και υγιεινή των ζυμωμένων αλλαντικών

Στη ζύμωση κρέατος, διάφοροι τύποι μικροοργανισμών διαφορετικών γενών, ειδών και στελεχών λόγω διαφορετικών βιοχημικών δυνατοτήτων τροποποιούν το οργανοληπτικό προφίλ και ενισχύουν τη θρεπτική αξία, διατηρώντας την ποιότητα καθώς και τη σταθερότητα του τελικού προϊόντος (Leroy et al., 2006). Υπάρχουν διάφορες βιοχημικές και φυσικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά τη διάρκεια της ζύμωσης και έχουν ως αποτέλεσμα τη βελτιωμένη λειτουργικότητα των τελικών προϊόντων, όπως τα λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση, με χαρακτηριστικό άρωμα (Schmidt & Berger, 1998; Flores et al., 2004), ξηρά ζύμωση λουκάνικα με βελτιωμένη υφή (Ordóñez et al., 1999), ημιξηρά λουκάνικα με βελτιωμένη υφή και γεύση, κ.λπ. Η παραγωγή οξέος κατά τη ζύμωση οδηγεί σε βελτίωση της ποιότητας και της ασφάλειας των λουκάνικων που έχουν υποστεί ζύμωση (Lücke, 1998).

Με τη διαδικασία της ζύμωσης για την παραγωγή προϊόντων κρέατος – ζυμούμενων αλλαντικών, επιτυγχάνεται η δημιουργία ενός τελικού προϊόντος μέσα από μια διαδικασία που χαρακτηρίζεται από ήπιες συνθήκες επεξεργασίας. Λόγω αυτού, η θρεπτική αξία των συστατικών δεν αλλοιώνεται αλλά διατηρείται, ενώ, σε αρκετές περιπτώσεις, παρατηρείται και ενίσχυση της θρεπτικής αξίας του τελικού προϊόντος, δεδομένου ότι κατά τη διάρκεια της ζύμωσης παράγονται από τους συμμετάσχοντες μικροοργανισμούς ένζυμα και βιταμίνες (κυρίως τύπου Β), τα οποία παραμένουν στο τελικό προϊόν, ενώ, μάλιστα, αποδομούν τους υδατάνθρακες σε λιγότερο σύνθετους, συμβάλλοντας στην αύξηση της πεπτικότητας του παραγομένου τροφίμου και, δημιουργώντας μια χαρακτηριστική υφή και γεύση. Εξάλλου, το γεγονός ότι τα προϊόντα αυτά δεν υφίστανται θερμική επεξεργασία, που θα μπορούσε να υποβαθμίσει τη θρεπτική τους αξία, μέσω της καταστροφής των ευαίσθητων στη θερμότητα βιταμινών, ενώ η ξήρανση συμβάλει στη συμπύκνωση των θρεπτικών στοιχείων. Παράλληλα, μέσω της διαδικασίας της ζύμωσης, εξουδετερώνεται η ισχύς τοξικών ουσιών, που, ενδεχομένως να προϋπήρχαν στην πρώτη ύλη. Σημαντικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι και το χαμηλό απαιτούμενο αρχικό κόστος για μια νεοσύσταση επιχείρηση του τομέα, καθώς και το χαμηλό κόστος παραγωγής, συντήρησης και λειτουργίας (Μπλούκας, 2004).

Ωστόσο, στα ζυμούμενα αλλαντικά παρατηρείται συνήθως υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι (χλωριούχο νάτριο, NaCl), καθώς χρησιμοποιείται ως πολυλειτουργικό συστατικό για την προώθηση της απελευθέρωσης της γεύσης, την ανάπτυξη μιας επιθυμητής υφής και την αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών που ευθύνονται για την αλλοίωση και τις ανησυχίες για την ασφάλεια (Hu, Y. Et al., 2022 • Ruusunen & Puolanne, 2005). Η περιεκτικότητα σε NaCl στα λουκάνικα ζυμώσεως μπορεί να φτάσει το 3,0% -5,0% λόγω της αφυδάτωσης κατά τη διαδικασία της ζύμωσης (Hu, Y. Et al., 2022 • Toldra, 2012). Παράλληλα, σε παγκόσμιο επίπεδο, περίπου το 20-30% της πρόσληψης νατρίου στη διατροφή ενός ατόμου προέρχεται από τα προϊόντα κρέατος (Hu, Y. Et al., 2022 • Jimenez - Colmensero, Carballo, & Cofrades, 2001). Δεδομένου ότι η υψηλή πρόσληψη νατρίου αυξάνει τον κίνδυνο καρδιαγγειακών, υπέρτασης και οστικών παθήσεων, η υψηλή περιεκτικότητα των προϊόντων αυτών σε NaCl μπορεί να προκαλέσει σημαντικά προβλήματα υγείας (Hu, Y. Et al., 2022 • Desmond, 2006).

Μάλιστα, όπως αναφέρει η Papaveriou (2011), οι συνθήκες κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, της ωρίμανσης και της αποθήκευσης των ζυμούμενων λουκάνικων (όξινο pH, υψηλή διαθεσιμότητα ελεύθερων αμινοξέων λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των πρώτων υλών σε πρωτεΐνες και της παρατεταμένης πρωτεόλυσης, εμφάνιση υψηλών πληθυσμών μικροβιακών ομάδων ζύμωσης ή επιμόλυνσης με δραστηριότητα αποκαρβοξυλίωσης αμινοξέων, μεγάλοι χρόνοι ωρίμανσης κ.λπ.) μπορεί να ευνοήσουν την βακτηριακή αποκαρβοξυλίωση αμινοξέων και τη συσσώρευση βιογενών αμινών (BA) στο τελικό προϊόν. Οι BA που απομονώνονται από τα ζυμωμένα λουκάνικα είναι η τυραμίνη (TY), η ισταμίνη (HI), η τρυπταμίνη (TR), η β-φαινυλοαιθυλαμίνη (PHE), η πουτρεσκίνη (PU), η καδαβερίνη (CA) και οι φυσικές πολυαμίνες σπερμιδίνη (SD) και σπερμίνη (SP). Οι BA είναι βιολογικά ενεργές ενώσεις. Οι HI, TY, TR και PHE μπορούν να επηρεάσουν το νευρικό, το γαστρικό και το αγγειακό σύστημα και η κατανάλωση τροφίμων πλούσιων σε αυτές τις ουσίες μπορεί να οδηγήσει σε διάφορους τύπους τροφιμογενών ασθενειών.

Συνεπώς, υψηλά επίπεδα TY σε έναν οργανισμό μπορεί να οδηγήσουν σε υπέρταση και ημικρανία (αντίδραση τυριού) και μπορεί να προκαλέσουν εγκεφαλική αιμορραγία και καρδιακή ανεπάρκεια. Η δηλητηρίαση από HI μπορεί να προκαλέσει υπόταση, πονοκέφαλο, ναυτία, διάρροια, κοιλιακές κράμπες, κνίδωση, έξαψη κ.λπ.

Διάφοροι ενισχυτικοί παράγοντες που σχετίζονται με τον καταναλωτή, όπως η ταυτόχρονη θεραπεία με φάρμακα που αναστέλλουν τη μονο- και δι-αμινοξειδάση (MAOIs, DAOIs), η κατανάλωση αλκοόλ, οι γαστρεντερικές παθήσεις και οι γενετικές ανεπάρκειες μπορεί να αναστέλλουν την ικανότητα καταβολισμού της ΒΑ από τον ανθρώπινο οργανισμό και να μειώνουν την ανοχή του σε αυτές. Οι αλειφατικές διαμίνες PU και CA, αν και δεν θεωρούνται οι ίδιες τοξικές, μπορεί να ενισχύσουν την επίδραση των αγγειοδραστικών αμινών παρεμβαίνοντας στον μηχανισμό αποτοξίνωσής τους. Οι υψηλές περιεκτικότητες σε ΒΑ στα ζυμωμένα λουκάνικα, εκτός από τις τοξικολογικές τους επιδράσεις, προκαλούν επίσης ανησυχία σε σχέση με την υγιεινή των τροφίμων και τη δημόσια υγεία, καθώς μπορεί να είναι αποτέλεσμα της πρωτεολυτικής δραστηριότητας και της δραστηριότητας αποκαρβοξυλίωσης αμινοξέων της ανεπιθύμητης μολυσματικής μικροβιακής χλωρίδας που υπάρχει στα ζυμωμένα λουκάνικα. Οι ΒΑ θεωρούνται ανεπιθύμητα συστατικά τροφίμων και, ως εκ τούτου, παρά την απουσία ειδικών κανόνων και κανονισμών σχετικά με την εμφάνισή τους στα ζυμωμένα λουκάνικα, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την παρακολούθησή τους (Paraverrou, 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Ανάλυση των μικροοργανισμών γαλακτικού οξέος που αναπτύσσονται στα αλλαντικά

2.1. Είδη μικροοργανισμών που απαντώνται στα αλλαντικά ζυμώσεως

Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, η διαδικασία της ζύμωσης εφαρμόζεται με στόχο την παραγωγή τροφίμων μέσω της ελεγχόμενης εφαρμογής και επίδρασης μικροοργανισμών σε υλικά του πρωτογενούς τομέα (παραγόμενες, εδώδιμες, πρώτες ύλες των τομέων της γεωργίας και της κτηνοτροφίας). Στην ουσία, η διαδικασία επιτυγχάνεται μέσω της έκκρισης ενζύμων από τους μικροοργανισμούς, τα οποία επιδρούν στη χημική σύσταση των πρώτων υλών και, με την επίδραση και συμμετοχή του οξυγόνου της ατμόσφαιρα, προκαλούνται χημικές αντιδράσεις παραγωγής γαλακτικού οξέως, με συνέπεια την αλλαγή των χημικών και φυσικών ιδιοτήτων των πρώτων υλών και, τελικά, την παραγωγή νέων τροφίμων, τα οποία, μάλιστα, είναι δυνατόν πλέον να διατηρηθούν αναλλοίωτα για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, πολύ μεγαλύτερο συγκριτικά με την αρχική ύλη ή με παρόμοια προϊόντα που παράγονται, ωστόσο, με διαφορετικές διαδικασίες – χωρίς, δηλαδή, να έχουν υποστεί ζύμωση (Μπλούκας, 2004).

Οι περισσότερες κατηγορίες και γένη μικροοργανισμών είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για την έκκριση των απαραίτητων για τη ζύμωση τροφίμων. Ωστόσο, στις περισσότερες περιοχές της Ευρώπης, χρησιμοποιούνται κυρίως τα βακτήρια και οι ζυμομύκητες (ζύμες), ενώ οι μύκητες (σπόροι μανιταριών, μούχλα i.e. fungus/i) χρησιμοποιούνται σπανιότερα (με τα βακτήρια γαλακτικού οξέος – LAB – να είναι τα σημαντικότερα για την επίτευξη της ζύμωσης τροφίμων). Σημειώνεται, μάλιστα, ότι παρόλο που οι περισσότερες μέθοδοι (αναλόγως πάντα της εδώδιμης πρώτης ύλης και του παραγομένου τροφίμου) βασίζονται σε διεργασίες με βάση τη χρήση του γαλακτικού οξέος, πολλά τρόφιμα ζυμώσεως παράγονται με συνδυαστικές μεθόδους ζύμωσης (π.χ. στην περίπτωση του "στεγνού" λουκάνικου, συχνά εφαρμόζονται μικρόκοκκοι συνδυαστικά με καλλιέργειες εκκίνησης κατά τη στιγμή της ζύμωσης). Μάλιστα, στην ίδια τη φύση συναντώνται φυσικές διεργασίες ζύμωσης, οι οποίες προκαλούνται από μικροοργανισμούς, προερχόμενους είτε από τις ίδιες τις πρώτες ύλες είτε από το περιβάλλον αυτών (Buckenhuskes, 1993).

Οι μέθοδοι ζύμωσης διαχωρίζονται σε «αργές» και «ταχείες» μεθόδους. Στην «αργή» μέθοδο, προστίθενται χαμηλές ποσότητες ζάχαρης και καθόλου βακτήρια γαλακτικού οξέος, χρησιμοποιούνται νιτρικά αντί για νιτρώδη ως μέσο ωρίμανσης και τα λουκάνικα ωριμάζουν σε χαμηλές θερμοκρασίες. Η παραγωγή οξέος είναι αργή και η δραστηριότητα των ευαίσθητων στο οξύ μικροοργανισμών (καταλάση-θετικοί κόκκοι, αρνητικά κατά Gram βακτήρια) είναι υψηλότερη. Αντίθετα, στις «γρήγορες» μεθόδους ζύμωσης που χρησιμοποιούν υψηλότερες ποσότητες σακχάρων, νιτρώδη ως παράγοντα ωρίμανσης και θερμοκρασίες ζύμωσης στην περιοχή 22 - 25 °C, παρατηρούνται χαμηλότεροι αριθμοί ευαίσθητων στα οξέα βακτηρίων. Ωστόσο, για να διασφαλιστεί ότι ανεπιθύμητα ή επικίνδυνα ευαίσθητα στα οξέα βακτήρια καταστέλλονται ακόμη και αν υπάρχουν πολύ λίγα βακτήρια γαλακτικού οξέος στις πρώτες ύλες, τα προϊόντα αυτά παρασκευάζονται σήμερα συνήθως με καλλιέργειες εκκίνησης, που περιέχουν βακτήρια γαλακτικού οξέος (Lücke, 1998).

Το κύριο προϊόν της ζύμωσης των υδατανθράκων στα λουκάνικα ωρίμανσης είναι το γαλακτικό οξύ. Η αναλογία των δύο εναντιομερών ποικίλλει κάπως, ανάλογα με το είδος των παρόντων βακτηρίων γαλακτικού οξέος (Lücke, 1998 • Kagermeier, 1981), αλλά κανονικά, στα τελικά προϊόντα υπάρχουν περίπου ίσες ποσότητες D- και L-γαλακτικού (Lücke, 1998 • List & Klettner, 1978). Κατά τη ζύμωση των λουκάνικων σχηματίζεται επίσης λίγο οξικό οξύ.

Οι Deketelaere et al. (1974) και Demeyer (1982) διαπίστωσαν ότι οι μέσες μοριακές αναλογίες γαλακτικού προς οξικό οξύ είναι 7 μετά από ζύμωση σε 12 μετά την ξήρανση. Αυτή η αναλογία είναι παρόμοια με την αναλογία που βρέθηκε σε υγρές καλλιέργειες γαλακτοβακίλλων κρέατος (Lücke, 1998 • Reuter, 1971b- Nordal and Slinde, 1980). Αυτοί οι γαλακτοβάκιλλοι είναι προαιρετικά ετεροζυμωτικοί, πράγμα που σημαίνει ότι ζυμώνουν πεντόζες (όπως ριβόζη από νουκλεοτίδια) σε ισομοριακές ποσότητες γαλακτικού και οξικού οξέος και πολλά στελέχη είναι ικανά να οξειδώνουν το γαλακτικό ή/και το πυρουβικό οξύ σε οξικό οξύ εάν υπάρχει οξυγόνο (Lücke, 1998 • Kandler, 1983). Τα δευτερεύοντα προϊόντα ζύμωσης που σχηματίζονται από υδατάνθρακες από τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και τους θετικούς στην καταλάση κοκκία περιλαμβάνουν την ακετοΐνη, το διακετύλιο ή/και την 2,3-βουτανοδιόλη. Οι ποσότητες που απαντώνται στα ζυμωμένα λουκάνικα είναι μικρές, αλλά φαίνεται ότι αποτελούν το "τυροειδές" συστατικό του αρώματος του

λουκάνικου (Lücke, 1998 • Dainty and Blom, 1995).

Στην περίπτωση των αλλαντικών ζυμώσεως, συναντώνται συνήθως μέθοδοι και διεργασίες που βασίζονται στην πρόκληση γαλακτικής ζύμωσης, με την έκλυση σακχαρωδών ενζύμων από γαλακτικά βακτήρια (κυρίως εκείνων που ανήκουν στα γένη *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* και *Streptococcus* (Μπλούκας, 2004). Τα τελευταία χρόνια αυξάνεται η συχνότητα χρήσης λειτουργικών καλλιιεργειών εκκίνησης με LAB, όπως η *Pediococcus cerevisiae*, *Micrococcus M 53*, *Lactobacilli spp.*, *Pediococcus acidilacti*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus xylosus* και *S. Carosus* (Everson et al., 1970; Μπλούκας, 2004). Ωστόσο, συχνά χρησιμοποιούνται και μύκητες (π.χ. ασπέργιλλος, ριζόποδας, βλεννογόνος, ακτινομουκόρ, αμυλομύκητας, *neurospora monascus* και *penicillium spp*). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι μικροοργανισμοί που συναντώνται συχνότερα σε κάθε κατηγορία ζυμούμενου αλλαντικού.

Αναλυτικότερα, στα ξηρά λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση, οι *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Weissella* και *Enterococcus* κυριαρχούν στα γένη LAB (Ammor & Mayo, 2007; Albano et al., 2009). Τα είδη *Lactobacillus* είναι πιο διαδεδομένα μεταξύ όλων των γενών LAB (Talon & Leroy, 2011) με τους *Lactobacillus sakei*, *Lactobacillus curvatus* και *Lactobacillus plantarum* να αποτελούν την πιο κοινή μικροχλωρίδα στα παραδοσιακά λουκάνικα (Leroy et al., 2014; Bonomo, 2008).

Άλλα είδη *Lactobacillus* που έχουν αναφερθεί είναι οι *Lactobacillus pentosus*, *Lactobacillus paracasei*, *Lactobacillus casei* και *Lactobacillus alimentarius* (Comi et al., 2005• Aymerich et al., 2006). Διαφορετικά γένη LAB με διαφορετική βιοποικιλότητα έχουν αναφερθεί από διαφορετικά μέρη του κόσμου, όπως *Enterococcus faecium* και *Enterococcus faecalis* σε ζυμωμένα ισπανικά λουκάνικα (Martín et al., 2007), *Pediococci* σε ιβηρικά λουκάνικα ξηρής ζύμωσης, *Chorizo* (Benito et al., 2007; Benito et al., 2008) σε ορισμένα ιταλικά λουκάνικα (Bonomo et al., 2008), *Pediococcus acidilactici* και *Pediococcus pentosaceus* ως καλλιέργεια εκκίνησης σε λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση στις Ηνωμένες Πολιτείες (Leroy et al., 2006) και *L. sakei*, *L. curvatus*, *L. plantarum* και *L. pentosus* σε καλλιέργεια εκκίνησης στην Ευρωπαϊκή Ένωση (Ammor & Mayo, 2007).

Οι ζυμομύκητες και οι μύκητες έχουν την ικανότητα να παράγουν λιπάνση και πρωτεάσες, βοηθώντας έτσι στη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων καθώς και στη διευκόλυνση της αφυδάτωσης σχηματίζοντας μικρο-πόρους στο περίβλημα (Incze, 2004). Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και οι αρνητικοί σταφυλόκοκκοι (ΚΝΣ) είναι οι δύο ομάδες βακτηρίων που κυριαρχούν στα ζυμούμενα αλλαντικά. Ενδεικτικά αναφέρονται έρευνες των Comi et al. (2005) και των Greco et al., (2005) οι οποίες έδειξαν ότι κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, υπήρξε απότομη αύξηση της συγκέντρωσης του LAB στο ωμό κρέας, από τα αρχικά 3 σε 4 log CFU/g σε 8 log, ενώ αντίστοιχες έρευνες των Moro-Bizot et al (2006) και Iacumin et al., (2006) παρατηρήθηκε αλλαγή της συγκέντρωσης των LAB έως και μέχρι 5-7 log CFU/g και ΚΝΣ σε παραδοσιακά λουκάνικα. Τα γαλακτικά βακτήρια (LAB) είναι σημαντικά για την ανάπτυξη των αισθητηριακών ιδιοτήτων των λουκάνικων μέσω της οξίνισης (Leroy et al., 2006; Weckx et al., 2009) ενώ οι ΚΝΣ σταθεροποιούν το χρώμα και τροποποιεί τη γεύση με αντιοξειδωτικές ιδιότητες και καταβολισμό αμινοξέων (Leroy et al., 2006).

Οι εντερόκοκκοι έχουν μια παράδοξη θέση στη ζύμωση του κρέατος με ευεργετικές επιδράσεις της ζύμωσης αλλά ταυτόχρονα ενέχουν δυνητικό κίνδυνο (Hugas et al., 2003; Ogier & Serror, 2008). Μεταξύ του ΚΝΣ, μόνο δύο είδη, το *S. carnosus* και το *S. xylosus* χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης στην παρασκευή ξηρών λουκάνικων στην ΕΕ (Morot-Bizot et al., 2008). Το ΚΝΣ είναι ο φυσικός βιότοπος του δέρματος και της βλεννογόνου μεμβράνης και έρχεται σε επαφή με τα τρόφιμα ακούσια ή προστίθεται ως καλλιέργεια εκκίνησης για ζύμωση (Martín et al., 2007; Irlinger, 2008; Leroy et al., 2010).

Πρόσφατα, η βιομηχανία κρέατος άρχισε να προτιμά τη χρήση λειτουργικών καλλιεργείων εκκίνησης (De Vuyst & Leroy, 2007). Το 1959, οι Niven et al. (1959) ανέπτυξαν την καλλιέργεια *Pediococcus cerevisiae* για ζύμωση κρέατος (Everson et al., 1970). Ήταν η πρώτη καλλιέργεια εκκίνησης LAB που χρησιμοποιήθηκε για κρέας. Αργότερα χρησιμοποιήθηκαν πολλές άλλες καλλιέργειες εκκίνησης όπως *Micrococcus M 53*, *Lactobacilli spp.*, *Pediococcus acidilacti*, *Pediococcus pentosaceus*, *Staphylococcus xylosus* και *S. carosus*. Εκτός από τα βακτήρια, πολλοί μύκητες χρησιμοποιούνται επίσης για τη ζύμωση κρέατος και προϊόντων κρέατος όπως ο ασπέργιλλος, ο ριζόποδας, ο βλεννογόνος, ο ακτινομουκόρ, ο αμυλομύκητας, το *neurospora monascus* και το *penicillium spp.*

Ο Jessen (1995) ομαδοποίησε τις αρχικές καλλιέργειες σε δύο ομάδες, δηλαδή τα LAB: κυρίως υπεύθυνα για τη διαδικασία οξίνισης (*Lactobacillus*, *Pediococcus*) και τους αρωματικούς μικροοργανισμούς: ικανούς να μειώνουν τα νιτρώδη άλατα (*Staphylococcus*, *Kocuria*, *Debaryomyces*, *Penicillium*). Το *Debaryomyces hansenii* είναι το κυρίαρχο είδος ζύμης που υπάρχει ευρέως σε λουκάνικα που έχουν υποστεί φυσική ζύμωση και είναι διαθέσιμο ως καλλιέργεια εκκίνησης (Jessen, 1995; Metaxopoulos et al., 1996; Encinas et al., 2000).

Δεδομένου ότι απαιτείται άφθονη ποσότητα οξυγόνου για την ανάπτυξη γαλακτικού οξέως, τα μέγιστα ποσοστά ανάπτυξης επιτυγχάνονται στην περιφέρεια των λουκάνικων. Αυτό καθυστερεί το τάγγισμα και μειώνει τους κινδύνους που σχετίζονται με την ξήρανση των λουκάνικων (Lücke, 1998). Βοηθά στην ανάπτυξη του χρώματος, στην αποικοδόμηση του γαλακτικού και οξικού οξέος και παράγει αμμωνία (Geisen et al., 1992) στα λουκάνικα. Ωστόσο, δεν έχει καμία σημαντική επίδραση στα αισθητηριακά χαρακτηριστικά. Στα λουκάνικα που έχουν υποστεί ζύμωση, οι ζύμες βρίσκονται κατά προτίμηση εσωτερικά, ενώ οι μύκητες βρίσκονται στις επιφάνειες λόγω της διαθεσιμότητας του οξυγόνου (Santos et al., 2001).

2.2. Ανάλυση των γαλακτικών βακτηρίων LAB

Σύμφωνα με μελέτη του Klaenhammer (1988) τα γαλακτικά βακτήρια συντελούν στην παραγωγή μιας ποικιλίας ανταγωνιστικών παραγόντων, που περιλαμβάνουν μεταβολικά τελικά προϊόντα, χημικές ουσίες που προσιδιάζουν αντιβιοτικά, καθώς και βακτηριοκτόνες πρωτεΐνες (βακτηριοκίνες). Μάλιστα, το φάσμα της ανασταλτικής δράσης των εν λόγω βακτηριοκίνων, μπορεί να είναι είτε στενό, αναστέλλοντας μόνο τα στελέχη που έχουν στενή συγγένεια με τον παραγωγό οργανισμό, είτε ευρεία, αναστέλλοντας μια ομάδα πολυποίκιλων Gram- θετικών μικροοργανισμών. Αναλυτικότερα, αντιπροσωπεύουν ένα εκτενές γένος παραγόντων βακτηριακών ανταγωνιστών, τα μέλη του οποίου παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία από άποψη μοριακού βάρους, βιοχημικών ιδιοτήτων, εύρους ευαίσθητων ξενιστών και τρόπου δράσης. Η αντιμικροβιακή τους δράση, αναγνωρίζεται ως εξαιρετικά σημαντική για τους τομείς της ζύμωσης και συντήρησης τροφίμων, αλλά και για την οικολογία του εντέρου.

Παράλληλα, τα προβιοτικά, τα οποία προέρχονται από λειτουργικά τρόφιμα (functional food, όρος που περιγράφει τα τρόφιμα εκείνα, που συμβάλλουν στην προαγωγή της υγείας του ανθρώπου, λόγω του ότι παρέχουν στον οργανισμό σημαντικά θρεπτικά στοιχεία), καταλαμβάνουν πλέον μια υψηλή θέση στην προτίμηση των καταναλωτών. Οι κυριότερες προβιοτικές καλλιέργειες αφορούν τα βακτήρια γαλακτικού οξέως (bifidobacteria), τα οποία, εντοπίζονται μεν στα αλλαντικά ζυμώσεως, αλλά η βιωσιμότητά τους συχνά περιορίζεται λόγω των συνθηκών παραγωγής των αλλαντικών αυτών (Rouhi et al., 2013). Ωστόσο, τα ζυμούμενα αλλαντικά της μορφής του «ξηρού» λουκάνικου αέρος, παρέχουν κατάλληλες συνθήκες επέκτασης της βιωσιμότητας των προβιοτικών, λόγω, κυρίως, της σφικτής ενθυλάκωσης των συστατικών κρέατος και λίπους στο εξωτερικό ζωικό έντερο, εγκλωβίζοντας τα εν λόγω γαλακτικά βακτήρια και περιορίζοντας την πιθανή έκθεσή τους σε εξωγενείς ανασταλτικούς παράγοντες. Από την άλλη πλευρά, η χαμηλή υδάτινη δραστηριότητα (a_w) και το χαμηλό pH των ζυμούμενων ξηρών λουκάνικων, δημιουργούν ένα περιβάλλον που αντενδείκνυται για τη βιωσιμότητα των προβιοτικών (Rouhi et al., 2013).

Τα βακτήρια γαλακτικού οξέως, όπως προαναφέρεται, αποτελούν ένα αρκετά ευρύ γένος αναεροβίων, αερόφιλων, θετικών κατά Gram, καταλάση αρνητικών, μη

σπορογόνων βακίλλων και κοκκίων, συνήθως μη κινητών, που χρησιμοποιούν υδατάνθρακες για την επίτευξη ζύμωσης και σχηματίζουν γαλακτικό οξύ ως κύριο τελικό προϊόν. Διακρίνονται σε ομάδες ομοιογαλακτικής ή ετερογαλακτικής ζύμωσης, ανάλογα με τις μεταβολικές οδούς που χρησιμοποιούν και τα προκύπτοντα τελικά προϊόντα. Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος κατατάσσονται σε δώδεκα διαφορετικά γένη: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Enterococcus*, *Carnobacterium*, *Oenococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* και *Weissella*., εκ των οποίων τα γαλακτικά βακτήρια του γένους *Lactobacillus* (που διαχωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες: *Streptobacteria* και *Thermobacteria*) και του γένους *Pediococcus*, σχετίζονται περισσότερο με το κρέας και τα προϊόντα του (Guerrero & Taylor, 1994).

Ο Lücke (1998) αναφέρει ότι ο σχηματισμός γαλακτικού οξέος κατά τη ζύμωση των αλλαντικών οφείλεται στη δραστηριότητα των προαιρετικά ετεροζυμωτικών *Lactobacillus spp.*, (γνωστά και ως *Streptobacteria*), εκτός εάν έχει χορηγηθεί στο αρχικό μίγμα μεγάλη ποσότητα άλλων γαλακτικών βακτηρίων. Αναφερόμενος, μάλιστα, σε παλαιότερες μελέτες, παραθέτει ότι τα κυρίαρχα στελέχη γαλακτικού οξέος σε αλλαντικά ζυμώσεως, δεν ήταν δυνατόν έως τις αρχές της δεκαετίας του 1980 να αποδοθούν ως είδη περιγραφόμενα με έγκυρο τρόπο και, ως εκ τούτου, σχεδιάστηκαν ως άτυπα στελέχη *Lactobacillus plantarum* (Lücke, 1998 • Coretti, 1958, 1959- Urbaniak and Pezacki, 1975) ή ως "μη ταξινομημένα" ή "άτυπα" ((Lücke, 1998 • Deibel et al., 1961a- Sharpe, 1962- Reuter, 1967- Laban et al., 1978- Nordal and Slinde, 1980).

Σε σύγκριση με τα "τυπικά" στρεπτοβακτήρια, αυτοί οι "άτυποι" γαλακτοβάκιλλοι, φαινόταν ότι ήταν ικανοί να αναπτυχθούν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες (4°C), παρουσίαζαν χαμηλότερη ανοχή στο pH (καμία ανάπτυξη σε pH 3,9) και παρουσίαζαν είχαν μεγαλύτερη τάση για πλειομορφισμό (ανάπτυξη ως κοκκοειδή κύτταρα σε ξενιστές με χαμηλή περιεκτικότητα σε ζάχαρη) (Lücke, 1998 • Reuter, 1967, 1975). Οι εν λόγω "άτυποι" γαλακτοβάκιλλοι, όπως αναφέρεται από τον Lücke (1998), ταξινομήθηκαν από τον Kagermeier το 1981, σύμφωνα με τον οποίο αυτοί κατατάχθηκαν στους *Lactobacillus sake* και *Lactobacillus curvatus*, ενώ παράλληλα διαπιστώθηκε και η παρουσία του *Lb. plantarum* αποκλειστικά σε ορισμένα λουκάνικα ζυμώσεως που παράγονταν σε χώρες με θερμό κλίμα. Η κατάταξη του Kagermeier επιβεβαιώθηκε αργότερα από τους Klein et al. (1996) με τη

χρήση πιο προηγμένων μεθόδων. Ο Kagermeier (1981) διαπίστωσε επίσης ότι μόνο σε, ο ήταν παρών σε μεγάλους αριθμούς.

Τα είδη *Streptococcus*, *Enterococcus* και *Pediococcus* δεν μπορούν να ανταγωνιστούν καλά με τα στρεπτοβακτήρια στις θερμοκρασίες ζύμωσης που χρησιμοποιούνται συνήθως στην Ευρώπη και, ως εκ τούτου, αποτελούν μόνο ένα μικρό μέρος του πληθυσμού (Lücke, 1998 • Reuter, 1967- Kagermeier, 1981). Ωστόσο, ορισμένοι πεδιδόκοκκοι αποδεικνύονται καλοί εκκινητές για διάφορους τύπους λουκάνικων. Γενικά, οι *Leuconostoc*, *Weissella* και οι ετεροζυμωτικοί γαλακτοβάκιλλοι συναντώνται σε μικρά ποσοστά (<10 % του πληθυσμού), δεδομένου ότι σχηματίζουν αέρια από τα σάκχαρα και ορισμένα στελέχη παράγουν γλίτσα από τη σακχαρόζη (Lücke, 1998).

Τα συνηθέστερα γαλακτικά βακτήρια, που αναπτύσσονται στα αλλαντικά ζυμώσεως, φαίνεται ότι είναι τα στελέχη των *Pediococcus acidilactici*, *Lactobacillus casei* και *Lactobacillus paracasei*, τα οποία, μάλιστα, παρουσιάζουν ισχυρά αντιλιστεριακή δράση (Amezquita & Brashears, 2002). Παράλληλα, LAB, όπως ο *Lactobacillus plantarum* και ο *Pediococcus cerevisiae*, χρησιμοποιούνται ως καλλιέργειες εκκίνησης για τη διαδικασία ζύμωσης των προϊόντων κρέατος, συμβάλλοντας κυρίως στην ανάπτυξη της γεύσης και στην ασφάλεια των προϊόντων στα κρέατα (Arihara et al., 1998).

Σύμφωνα με τον Toldrá, F. (2017), τα περισσότερο κοινά γαλακτικά οξέα που χρησιμοποιούνται ως φυσικά αναπτυσσόμενα ή ως καλλιέργειες εκκίνησης των ζυμούμενων προϊόντων κρέατος είναι τα *Lactobacillus sakei* και *Lactobacillus curvatus*, που αναπτύσσονται σε ήπιες θερμοκρασίες από 20-30°C (και συναντώνται περισσότερο στις μεθόδους ζύμωσης αλλαντικών της Ευρώπης) και τα *Lactobacillus plantarum* και *Pediococcus acidilactici*, που χρησιμοποιούνται περισσότερο στις Η.Π.Α. λόγω του ότι αναπτύσσονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες (30-35°C).

Οι Paramanolí et al. (2002) σε έρευνά τους με σκοπό τον χαρακτηρισμό βακτηρίων γαλακτικού οξέος που απομονώθηκαν από ελληνικό λουκάνικο ξηρής ζύμωσης σε σχέση με τις τεχνολογικές και προβιοτικές τους ιδιότητες, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι σε ένα σύνολο 147 βακτηρίων γαλακτικού οξέος που απομονώθηκαν, εντοπίστηκαν *Lactobacillus* (90%), *Enterococci* (4%) *Pediococcus sp.* (3%), καθώς και σποραδικές συγκεντρώσεις *Weissella viridescens*, *Leuconostoc*

pseudomesenteroides, και *Leuconostoc sp.* Από τους *Lactobacillus* απομονώθηκαν σε μεγαλύτερη συχνότητα στελέχη *Lactobacillus sakei* (49 περιπτώσεις), *Lactobacillus curvatus* (24 περιπτώσεις) και *Lactobacillus plantarum* (7 περιπτώσεις). Σε παρόμοια αποτελέσματα κατέληξαν και οι Drosinos et al. (2005), οι οποίοι κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα βακτήρια γαλακτικού οξέος ήταν το κυρίαρχο είδος στα δείγματα ζυμούμενων λουκάνικων αέρος, που ελέγχθηκαν στα πλαίσια της έρευνάς τους, εντοπίζοντας στελέχη *Lb. plantarum*, *Lb. plantarum/pentosus*, *Lb. pentosus*, *Lb. curvatus*, *Lb. sakei*, *Lb. paracasei subsp. Paracasei* και *Lb. rhamnosus* σε μεγάλη περιεκτικότητα, καθώς και *Lb. salivarius*, *Lb. brevis*, είδη του γένους *Leuconostoc*, *Lactococcus lactis subsp. lactis* και *Enterococcus faecium*.

Αντίστοιχη μελέτη των Rantsiou et al. (2005) σχετικά με την απομόνωση ειδών του γένους *Lactobacillus* σε αλλαντικά ζυμώσεως στην Ελλάδα, την Ουγγαρία και την Ιταλία, αναφέρουν ότι, σύμφωνα με τις υπάρχουσες έρευνες, οι περισσότερο συχνά εντοπιζόμενοι σε τέτοια προϊόντα κρέατος γαλακτοβάκιλλοι είναι οι *Lactobacillus sakei*, *L. curvatus* και *L. Plantarum*. Κατά την έρευνά τους κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα, καθώς εντόπισαν αρκετά μέλη της οικογένειας των *Lactobacillus*, με τους *L. sakei*, *L. curvatus* και *L. Plantarum* να αντιστοιχούν στο 91,0% του συνόλου των βακτηρίων γαλακτικών οξέων που βρέθηκαν στα μελετώμενα δείγματα. Επίσης, ταυτοποιήθηκαν μέλη των *Leuconostoc*, (*Leuconostoc spp.* σε ποσοστό 1,9% επί του συνόλου, καθώς και *Lc. mesenteroides* στην Ουγγαρία) *Weissella* (*W. paramesenteroides/hellenica* και *W. viridescens*), *Lactococcus* και *Enterococcus* (1,9% του συνολικού αριθμού των απομονωμένων στελεχών προέρχονταν από τα γένη *Lactococcus* και *Enterococcus*).

2.3. Ζύμες, Μύκητες που συναντώνται στα αλλαντικά και η σημασία τους

Όπως φαίνεται από τα όσα αναφέρονται ανωτέρω, η συμβολή των βακτηρίων γαλακτικού οξέος στη διαδικασία της ζύμωσης του κρέατος προς την παραγωγή αλλαντικών ζυμώσεως είναι μεγάλη, ενώ τα LAB αντιστοιχούν στο μεγαλύτερο ποσοστό παρόντων μικροοργανισμών στα εν λόγω προϊόντα. Ωστόσο, εκτός των γαλακτικών οξέων, αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται και ζυμομύκητες (ζύμες) και μύκητες (μούχλα) προκειμένου να επιτευχθεί η διαδικασία της ζύμωσης. Οι ζυμομύκητες και οι μύκητες έχουν την ικανότητα να παράγουν λιπάνση και πρωτεάσες, βοηθώντας έτσι στη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων καθώς και στη διευκόλυνση της αφυδάτωσης σχηματίζοντας μικρο-πόρους στο περίβλημα (Incze, 2004). Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και οι αρνητικοί σταφυλόκοκκοι (ΚΝΣ) είναι οι δύο ομάδες βακτηρίων που κυριαρχούν στα ζυμούμενα αλλαντικά, με τους ΚΝΣ να συμβάλλουν στη σταθεροποίηση του χρώματος και στην τροποποίηση της τελικής γεύσης (Leroy et al., 2006).

Σύμφωνα με τον Lücke (1994), η ζύμη *Debaryomyces hansenii* και ο μύκητας *Penicillium nalgiovense* αποτελούν κυρίαρχους μικροοργανισμούς στη σύσταση των αλλαντικών ζυμώσεως. Οι ζυμομύκητες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις χημικές διεργασίες απομάκρυνσης του οξυγόνου, και στη λιπόλυση, ενώ συμβάλλουν στην καθυστέρηση της αλλοίωσης με τη μορφή ταγγίσματος και στη διαμόρφωση του αρώματος του τελικού προϊόντος. Οι μύκητες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις διεργασίες κατανάλωσης οξυγόνου, στην εξουδετέρωση των υπεροξειδίων, στην οξείδωση της λακτάσης, στην πρωτεόλυση και στη λιπόλυση, ενώ συμβάλλουν και στη διαμόρφωση της εικόνας του τελικού προϊόντος, επιδρώντας στη σταθερότητα του χρώματος, στην καθυστέρηση του ταγγίσματος και στη διαμόρφωση του αρώματος.

Όπως αναφέρει ο Toldrá (2017), στα αλλαντικά ζυμώσεως, συναντάται ο *Staphylococcus*, ο οποίος χαρακτηρίζεται από εξωπεπτιδάση και λιπολυτική δραστηριότητα που συμβάλλουν στην καλή ανάπτυξη γεύσης, ενώ ο *D. hansenii* είναι ο κυρίαρχος ζυμομύκητας στα αλλαντικά ζυμώσεως, και οι μούχλες *Penicillium nalgiovense* και *Penicillium chrysogenum* μπορούν να αναπτυχθούν στην εξωτερική επιφάνεια ορισμένων χαρακτηριστικών λουκάνικων. Το ίδιο αναφέρει και ο Lücke

(1998), ο οποίος γράφει ότι στα προϊόντα ζύμωσης, ζύμες και μύκητες (μούχλες) αποικίζουν την επιφάνεια και αποικοδομώντας πρωτεΐνες και γαλακτικό οξύ. Μάλιστα, τα αμινοξέα που δεν αφομοιώνονται από τη μικροχλωρίδα μεταβολίζονται περαιτέρω, τόσο σε καπνιστά (Lücke, 1998 • Dierick et al., 1974) όσο και σε αποξηραμένα στον αέρα λουκάνικα, ενώ η αμμωνία και οι αμίνες που σχηματίζονται, σε συνδυασμό με την οξείδωση του γαλακτικού στην επιφάνεια και την αύξηση της ωσμωτικότητας ευθύνονται για την αύξηση του pH που παρατηρείται κατά την ξήρανση των λουκάνικων.

Ο τύπος της μικροχλωρίδας που αναπτύσσεται κατά τη ζύμωση των αλλαντικών συνδέεται συχνά στενά με την τεχνική ωρίμανσης που χρησιμοποιείται. Σε ορισμένα ζυμωμένα λουκάνικα, οι οργανοληπτικές ιδιότητες των προϊόντων επηρεάζονται επίσης από την ανάπτυξη της επιφανειακής χλωρίδας, η οποία αποτελείται από μούχλες και ζύμες. Στα λουκάνικα φυσικής ζύμωσης υπάρχει μια εμφανής και ισχυρή σχέση μεταξύ της μικροχλωρίδας που αναπτύσσεται κατά τη μετατροπή και των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του τελικού προϊόντος. Η βακτηριακή μικροχλωρίδα φαίνεται να χαρακτηρίζεται κυρίως από την παρουσία γαλακτικών οξέων, ωστόσο εντοπίζονται αρκετά είδη ζύμης που ανήκουν στο γένος *Debaryomyces hanseni*, καθώς και συγκέντρωση *Candida* και *Willopsis saturnus* (Rantsiou & Cocolin, 2006).

2.4. Καλλιέργειες γαλακτικών βακτηρίων που προστίθενται κατά τη ζύμωση των αλλαντικών

Οι καλλιέργειες εκκίνησης αναπτύσσονται προσεκτικά με βάση τις τυπικές καλλιέργειες που αναπτύσσονται στην παραδοσιακή ζύμωση. Οι καλλιέργειες αυτές πρέπει να ανέχονται υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι, όξινο pH και χαμηλή δραστηριότητα νερού, που είναι τυπικά χαρακτηριστικά των ζυμούμενων λουκάνικων. Πρέπει να αναπτύσσονται καλά σε θερμοκρασίες ζύμωσης (δηλαδή 18-25°C στην Ευρώπη ή 35-40°C στις Ηνωμένες Πολιτείες) και πρέπει να περιέχουν τα κατάλληλα ένζυμα για την επίτευξη των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών στο προϊόν. Η τεχνική εφαρμογής βασίζεται στην προσθήκη μεγάλου αριθμού κυττάρων, τουλάχιστον ενός μικροοργανισμού στο μείγμα πρώτων υλών, με σκοπό την ενίσχυση της διαδικασίας της ζύμωσης (Toldrá, 2017 • Leroy & De Vuyst, 2004). Η δράση των κυττάρων που προστίθενται, ενισχύεται από τους ήδη υπάρχοντες μικροοργανισμούς στο νωπό κρέας που χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη (Oliveira et al., 2018).

Ωστόσο, δεν θα πρέπει να περιλαμβάνονται αποκαρβοξυλάσες για την αποφυγή δημιουργίας αμινών ή οξειδωτικά ένζυμα για την αποφυγή οξείδωσης. Τα περισσότερα από τα σημερινά ζυμούμενα λουκάνικα και λοιπά αλλαντικά ζυμώσεως, παράγονται με καλλιέργειες εκκίνησης που αποτελούνται από LAB μόνο ή σε συνδυασμό με ΚΝΣ και ζύμες ή μούχλες (Toldrá, 2017 • Flores and Toldra, 2011). Η χρήση καλλιεργειών εκκίνησης για την εξασφάλιση μιας συντομότερης και τυποποιημένης διαδικασίας ζύμωσης και για τη βελτίωση της οργανοληπτικής ποιότητας των προϊόντων είχε αποδειχθεί χρήσιμη για τη βιομηχανία κρέατος. Τις τελευταίες δεκαετίες, έχει αυξηθεί το ενδιαφέρον για την εφαρμογή καλλιεργειών εκκίνησης που παρουσιάζουν ανασταλτική δράση έναντι σημαντικών τροφιμογενών παθογόνων μικροοργανισμών. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες έχουν πραγματοποιηθεί αρκετές μελέτες που αποδεικνύουν τη χρήση βιοπροστατευτικών καλλιεργειών στη ζύμωση λουκάνικων μεσογειακού τύπου (Oliveira et al., 2018).

Οι Drosinos et al. (2007) έχουν αναφερθεί εκτενώς στις καλλιέργειες εκκίνησης. Όπως αναφέρουν, οι καλλιέργειες εκκίνησης αποτελούνται από βακτήρια γαλακτικού οξέος, θετικούς κατά Gram, καταλάση - θετικούς κόκκους (*Staphylococcus*, *Kocuria*), ζύμες και μύκητες (μούχλες), ανάλογα με τον τύπο του

λουκάνικου. Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος κατέχουν τον κύριο ρόλο στη διενέργεια των χημικών αντιδράσεων, επηρεάζοντας τόσο τις τεχνολογικές ιδιότητες όσο και τη μικροβιακή σταθερότητα του τελικού προϊόντος μέσω των παραγωγής γαλακτικού και οξικού οξέος και της επακόλουθης μείωσης του pH της πρώτης ύλης, ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή τιμή pH 4,6-5,9 (στην οποία, οι μυϊκές πρωτεΐνες πήζουν, χάνουν την ικανότητα συγκράτησης του νερού και έχουν ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα τεμαχισμού, τη σφριγηλότητα και τη συνεκτικότητα του τελικού προϊόντος).

Η ωρίμανση ευνοείται επίσης σε αυτό το όξινο περιβάλλον καθώς και η ανάπτυξη χρώματος. Επιπλέον, η συσσώρευση γαλακτικού και οξικού οξέος αναστέλλει την ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση και παθογόνων μικροοργανισμών. Οι θετικοί κατά Gram, καταλάση-θετικοί κόκκοι διαδραματίζουν, επίσης, σημαντικό ρόλο στην παρασκευή ζυμωμένων λουκάνικων. Ενισχύουν τη σταθερότητα του χρώματος, αποτρέπουν το τάγγισμα, μειώνουν την αλλοίωση, μειώνουν το χρόνο επεξεργασίας και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της γεύσης. Οι ζύμες και οι μούχλες χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάπτυξη της γεύσης, οι πρώτοι μέσω της ζύμωσης των υδατανθράκων και οι δεύτεροι μέσω της οξειδωσης του γαλακτικού οξέος, της πρωτεόλυσης, της αποδόμησης των αμινοξέων και της λιπόλυσης (Drosinos et al., 2007 • Hugas and Monfort, 1997- Luecke, 2000).

Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, οι υδατάνθρακες μετατρέπονται σε γαλακτικό οξύ από τους LAB. Η αναλογία μεταξύ των εναντιομερών L και D εξαρτάται από τη δράση της L και D γαλακτικής αφυδρογονάσης, αντίστοιχα, και την παρουσία της γαλακτικής ρακεμάσης. Το pH μειώνεται σύμφωνα με την ποσότητα του παραγόμενου γαλακτικού οξέος που εξαρτάται κυρίως από το είδος των στοιχείων που χρησιμοποιούνται ως εκκινητή, τη σύνθεση και την περιεκτικότητα σε υδατάνθρακες και τη ζύμωση θερμοκρασία. Η μείωση του pH εξισορροπείται εν μέρει από τις αλατοδιαλυμένες και μερικώς υδρολυμένες μυϊκές πρωτεΐνες και από την παραγωγή αμμωνίας, ενώ στις περιπτώσεις με ανάπτυξη μυκήτων καταναλώνεται μέρος του γαλακτικού οξέος και το τελικό pH μπορεί ακόμη και να αυξηθεί (Toldrá, 2017 • Demeyer et al., 2014).

Ο Buckenhuskes (1993) αναφέρει ότι προκειμένου να επιτευχθούν τα ζητούμενα χαρακτηριστικά από τη διαδικασία της ζύμωσης στα προϊόντα κρέατος (υφή, σύσταση, άρωμα, γεύση, χρώμα, θρεπτική αξία, μικροοργανισμοί, διάρκεια

συντήρησης) πρέπει να υπόκεινται σε συγκεκριμένη και πολύπλοκη αλληλεπίδραση χημικών και βιολογικών αντιδράσεων μεταξύ των μικροοργανισμών (βακτηρίων, ζύμης και μυκήτων). Συνεπώς, η αυθόρμητη ζύμωση των λουκάνικων χαρακτηρίζεται από τη συμμετοχή LAB, καταλάση-θετικών κοκκίων, ζυμομυκήτων και μούχλας.

Ωστόσο, οι σημαντικότεροι μικροοργανισμοί είναι τα βακτήρια, αποτελώντας στις περισσότερες περιπτώσεις τις εμπορικά διαθέσιμες καλλιέργειες εκκίνησης, οι οποίες αποτελούνται από μείγματα LAB και καταλάση-θετικών κοκκοειδών (σταφυλόκοκκοι, μικροκόκκοι ή μείγμα και των δύο ειδών). Οι ζύμες είναι μερικές φορές παρούσες σε αυτές τις καλλιέργειες, ενώ οι μύκητες (μούχλες) χρησιμοποιούνται μόνο στην επιφάνεια των ωριμασμένων με μούχλα λουκάνικων. Ωστόσο, το κύριο ζητούμενο από την εφαρμογή καλλιέργειών εκκίνησης είναι η βέλτιστη δυνατή εξισορρόπηση κόστους – κέρδους, εστιάζοντας, έτσι, στην επίτευξη του καλύτερου δυνατού αρώματος, στη μεγαλύτερη δυνατή χρονική διάρκεια συντήρησης, στον ισχυρότερο ανταγωνισμό κατά των παθογόνων μικροοργανισμών, στον ταχύτερο σχηματισμό χρώματος και στη μεγαλύτερη ευκολία χειρισμού, κατά τη διαδικασία επιλογής και χρήσης της καλλιέργειας εκκίνησης (Buckenhuskes, 1993).

Ποικίλες μελέτες διερευνούν τη σύσταση των καλλιέργειών εκκίνησης, ώστε να επιτυγχάνεται το επιθυμητό και βέλτιστο αποτέλεσμα. Στην πλειονότητα των ερευνών αυτών, μελετάται βασική σύσταση βακτηρίων γαλακτικού οξέος (ή συνύπαρξης LAB), λόγω του αναγνωρισμένου βασικού ρόλου τους στα ζυμούμενα τρόφιμα και της μακράς ιστορίας ασφαλούς χρήσης τους, καθώς και επειδή αρκετά στελέχη που ανήκουν σε είδη που ανήκουν στην ομάδα των LAB υπάγονται σε καθεστώς GRAS σύμφωνα με τον FDA (Oliveira et al., 2018).

Τα μέλη του γένους *Lactobacillus*, *Lactococcus* και *Pediococcus* διερευνήθηκαν συχνότερα και συγκεκριμένα, τα *L. curvatus*, *L. plantarum*, *L. debruelkii*, *L. sake*, *L. fermentum*, *Lc. lactis* και *P. acidilactici* (Albano, Oliveira, Aroso, Cubero, Hogg, & Teixeira, 2007; Benkerroum et al., 2005- Di Gioia et al., 2016- Marcos et al., 2007- Nieto-Lozano et al., 2010). Τα περισσότερα από αυτά τα είδη παρουσιάζουν ανταγωνιστική δράση έναντι των βακτηρίων αλλοίωσης ή παθογόνων βακτηρίων λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν βακτηριοκίνες, δηλαδή πεπτιδία χαμηλού μοριακού βάρους (συνήθως 30-60 αμινοξέα), που συντίθενται και απεκκρίνονται ριβοσωμικά, τα οποία έχουν βακτηριοκτόνο ή

βακτηριοστατική δράση έναντι κλειστών συγγενικών ειδών (στενό φάσμα) ή αντιβακτηριακή δράση ευρέος φάσματος (Cotter, Hill, & Ross, 2005- Klaenhammer, 1988- Nishie, Nagao, & Sonomoto, 2012- Tagg, Dajani, & Wannamaker, 1976).

Σύμφωνα με τους Oliveira et al. (2018), ορισμένα είδη *Enterococcus* που παράγουν βακτηριοκίνες (εντεροκίνες) έχουν επίσης χρησιμοποιηθεί ευρέως στη ζύμωση κρέατος, συγκεκριμένα το *E. faecium* και το *E. caseiflavus* (Rubio et al., 2013), ωστόσο επειδή οι εντερόκοκκοι έχουν συνδεθεί με ανθρώπινες ασθένειες, παρουσία παραγόντων ιογένεσης και ανθεκτικότητα στη βανκομυκίνη, η χρήση του είναι αμφιλεγόμενη (Barbosa, Gibbs, & Teixeira, 2010- Moreno, Sarantinopoulos, Tsakalidou, & De Vuyst, 2006).

Αναφέρουν ακόμη ότι οι σταφυλόκοκκοι έχουν χρησιμοποιηθεί ως καλλιέργειες εκκίνησης σε προϊόντα κρέατος σε συνδυασμό με LAB, κυρίως λόγω του ρόλου τους στην πρωτεόλυση και τη λιπόλυση που συμβάλλουν σημαντικά στη χαρακτηριστική γεύση και υφή του προϊόντος, αλλά είναι καλά τεκμηριωμένο ότι ορισμένα είδη είναι επίσης βιοπροστατευτικά. Τα είδη που έχουν δοκιμαστεί στη ζύμωση κρέατος περιλαμβάνουν το *S. carnosus* (Kaban & Kaya, 2006- Tyorpponen, Petäjä, & Mattila-Sandholm, 2003) και το *S. xylosus* (Marcos et al., 2007- Ortiz et al., 2014). Τα περισσότερα από αυτά τα είδη επιλέχθηκαν λόγω της ανταγωνιστικής τους δράσης έναντι του *L. monocytogenes* (Benkerroum et al., 2003- Benkerroum et al., 2005- Ortiz et al., 2014- Pragalaki et al., 2013). Άλλοι μικροοργανισμοί που φαίνεται να δρουν στοχευμένα είναι οι *S. aureus* (Kaban & Kaya, 2006), *Clostridium spp.* (Di Gioia et al., 2016- Nieto-Lozano et al., 2010), *E. coli O157:H7* (Pragalaki et al., 2013), και *Yersinia enterocolitica* (Ceylan & Fung, 2000).

Οι Rouhi et al. (2011) αναφέρονται εκτενώς στη σημασία των προβιοτικών τόσο ως παράγοντες καλλιέργειας εκκίνησης, όσο και ως θρεπτικά στοιχεία του τελικού προϊόντος, παραθέτοντας σημαντικά ευρήματα άλλων ερευνητικών εργασιών, σύμφωνα με τις οποίες φαίνεται ότι στο σαλάμι, στο τέλος μιας περιόδου ωρίμανσης (60 ημέρες), ο μέσος αριθμός των γαλακτοβακίλλων ήταν υψηλότερος ($30 \pm 20 \times 10^7$ CFU/g) από τον αριθμό που είχε χορηγηθεί υπό τη μορφή καλλιεργιών εκκίνησης, με τα στελέχη *Lactobacillus* ήταν *L. casei* (38% του συνόλου), *L. paracasei* (32%), *L. rhamnosus* (21%) και *L. sakei sakei* (9%) (Rouhi et al., 2011 • Rebutti et al., 2007).

Σε άλλη έρευνα των Burdychova et al. (2008), οι οποίοι διεξήγαγαν συγκριτικές καλλιέργειες εκκίνησης με προβιοτικά βακτήρια *L. casei* σε λουκάνικα ζυμώσεως εφαρμόζοντας ένα μείγμα με καλλιέργεια εκκίνησης με *Staphylococcus carnosus* και ένα με *L. curvatus* ή *Pediococcus acidilactici*, το *L. casei* ανιχνεύθηκε σε συγκέντρωση 104 CFU/g κατά τη διάρκεια 28 ημερών της περιόδου ωρίμανσης σε 11-13°C και 75% σχετική υγρασία και παρέμεινε σε αυτό το επίπεδο κατά τη διάρκεια ολόκληρης της περιόδου αποθήκευσης (21 ημέρες) στους 15°C. Η συγκέντρωση LAB στις προβιοτικές παρτίδες ήταν σημαντικά υψηλότερη από ό,τι στα δείγματα ελέγχου χωρίς προβιοτικά ($p < 0,05$) λόγω της προσθήκης των στελεχών εκκίνησης. Κατά τη διάρκεια των πρώτων 14 ημερών της ωρίμανσης, οι αριθμοί LAB έφτασαν σε επίπεδα έως και 107 CFU/g σε όλες τις παρτίδες, στη συνέχεια, κατά τη διάρκεια των επόμενων 14 ημερών ωρίμανσης, οι αριθμοί των LAB μειώθηκαν σημαντικά σε όλες τις παρτίδες σε επίπεδο 106 CFU/g (Rouhi et al., 2011).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Αντιμικροβιακή δράση των LAB βακτηρίων και η σημαντικότητα τους στην βιοσυντήρηση των αλλαντικών

1.1. Επίδραση των γαλακτικών στην μείωση των *Listerias*, *Salmonella*, *Escherichia coli* και γενικά των παθογόνων μικροοργανισμών

Σύμφωνα και με όσα αναφέρονται ανωτέρω, οι γαλακτοβάκιλλοι αποτελούν την μεγαλύτερη ομάδα οξυγαλακτικών βακτηρίων Zagorec et al. 2017; Wright et al.2011) και έχουν χρησιμοποιηθεί ιστορικά για τη συντήρηση του κρέατος (Stiles & Holzapfel, 1997). Αναγνωρίζονται από την FDA και θεωρούνται ως μικροοργανισμοί ποιότητας των τροφίμων. Η επιτυχημένη παρεμπόδιση των γαλακτικών βακτηρίων στην αύξηση της δραστηριότητας των μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοιώσεις σε ποικίλα τρόφιμα και των παθογόνων μικροοργανισμών οφείλεται στην ποικιλομορφία και των μηχανισμών που μπορεί να συνδυαστούν. Οι πιο συνηθέστεροι μηχανισμοί που έχουν αναφερθεί στην βιβλιογραφία είναι η παραγωγή των οργανικών οξέων, των βακτηριοσινών και άλλες χαμηλού μοριακού βάρους ενώσεις όπως είναι το υπεροξειδίο υδρογόνου και το διακετύλιο (Cleveant et al., 2001).

Τα έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα με βάση το ψυγείο ready-to-eat -RTE επεξεργάζονται με θερμική επεξεργασία για την εξόντωση φυτικών μικροοργανισμών. Ως εκ τούτου, τα προϊόντα είναι γενικά απαλλαγμένα από φυτικά παθογόνα. Ωστόσο, αναφορές έχουν δείξει ότι τα προϊόντα είναι επιρρεπή σε επαναμόλυνση με *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli O157:H7* και *Salmonella spp.* Αυτό αποδεικνύεται από πολλά κρούσματα τροφιμογενών ασθενειών που συνδέθηκαν με την κατανάλωση κρέατος RTE (Centers for Disease Control and Prevention, 2001; Centers for Disease Control and Prevention, 2010; Ojha & Kostrzynska, 2007).

Το *L. monocytogenes* προκαλεί λιστερίωση με υψηλή τιμή θνησιμότητας. Το *E. coli O157:H7* προκαλεί σοβαρές ασθένειες που περιλαμβάνουν την αιμορραγική

κολίτιδα και τα αιμολυτικά ουραιμικά σύνδρομα, ενώ η *Salmonella* spp προκαλεί σοβαρή γαστρεντερίτιδα στον άνθρωπο (Ojha & Kostrzynska, 2007).

Η μόλυνση των κρέατων RTE μετά τη θερμική επεξεργασία εμφανίζεται κυρίως κατά την αφαίρεση, τον τεμαχισμό ή τη συσκευασία του προϊόντος στις εγκαταστάσεις παραγωγής. Τα κρέατα RTE καταναλώνονται χωρίς προηγούμενο μαγείρεμα, επομένως ο έλεγχος της ανάπτυξης των παθογόνων που μπορεί να μολύνουν τα κρέατα RTE είναι ιδιαίτερα σημαντικός για τη διασφάλιση της μικροβιακής ασφάλειας των προϊόντων. Δεδομένου ότι το *L. monocytogenes* μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες ψύξης, αποτελεί ιδιαίτερη ανησυχία μεταξύ των παθογόνων που μπορεί να μολύνουν τα κρέατα RTE. Τα κρέατα RTE μολυσμένα με *L. monocytogenes* ενοχοποιήθηκαν σε πολλά κρούσματα λιστερίωσης (Centers for Disease Control and Prevention, 2001). Το *L. monocytogenes* σε κρέατα RTE, το *E. coli* O157:H7 και η *Salmonella* spp έχουν συνδεθεί όλο και περισσότερο με τα κρέατα RTE ως συχνές προσμείξεις στα ωμά κρέατα που χρησιμοποιούνται ως συστατικά για τα προϊόντα κρέατος RTE.

Μια έρευνα ανέφερε ότι η *Salmonella* spp βρέθηκε σε 1,9% δειγμάτων βοείου κρέατος λιανικής (Zhao et al., 2001) και, το 2007, ανακλήθηκαν 9,9 εκατομμύρια κιλά φρέσκου και κατεψυγμένου κιμά βοείου κρέατος λόγω μόλυνσης από *E. coli* O157:H7 (The Food Safety and Inspection Service, US Department of Agriculture, 2007). Αυτό συνεπάγεται ότι και τα δύο παθογόνα είναι πιθανό να εισαχθούν στο περιβάλλον επεξεργασίας κρέατος RTE μέσω του συστατικού του ωμού κρέατος.

Τα άλατα του γαλακτικού έχουν χρησιμοποιηθεί όλο και περισσότερο στο κρέας, τα πουλερικά και τα καπνιστά θαλασσινά για τον έλεγχο της ανάπτυξης των τροφιμογενών παθογόνων (Lianou et. al., 2007; Thompson et al., 2008). Χρησιμοποιούνται σε κρέατα RTE για την ενίσχυση της μικροβιακής ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των τροφίμων και ως γευστικοί παράγοντες. Το γαλακτικό επιβεβαιώνεται ως γενικά αναγνωρισμένο ως ασφαλές (GRAS) και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως άμεσο συστατικό τροφίμων σε προϊόντα κρέατος και πουλερικών σε επίπεδα που δεν υπερβαίνουν το 4,8% κατά βάρος της συνολικής σύνθεσης (Code of Federal Regulations, 2009).

Η αντιμικροβιακή δράση του γαλακτικού, μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα πρόσθετα τροφίμων, έχει εξεταστεί και αναφερθεί. Οι Ukuku et al. (2005)

χρησιμοποίησε ένα διάλυμα από 1% γαλακτικό νάτριο, 1% υπεροξειδίο του υδρογόνου, 25 μg/ml νισίνη και 0,5% κιτρικό οξύ ως διάλυμα πλύσης για τη θεραπεία του *E. Coli* O157 σε ολόκληρα πεπόνια εμβολιασμένα με H7. Τα επίπεδα του παθογόνου στην επιφάνεια των πεπονιών μειώθηκαν κατά 3-4 log CFU/cm².

Οι Raybaudi Massilia et al. (2009) χρησιμοποίησαν ένα διάλυμα εμβάπτισης που περιέχει 1% N-ακετυλο-L-κυστεΐνη, 1% γλουταθειόνη και 1% γαλακτικό ασβέστιο για τη θεραπεία του φρέσκου μήλου Fuji και ανέφεραν μειώσεις 2,0 log CFU/g για το *L. monocytogenes*, 1,5 log CFU/g για το *S. Enteritidis* και 3,0 log CFU/g για το *E. coli* O157:H7 σε κομμάτια μήλου μετά από αποθήκευση 30 ημερών στους 5°C.

Οι Quilo et al. (2010) εξέτασαν μια επεξεργασία με 200 ppm υπεροξυοξικού οξέος ακολουθούμενη από γαλακτικό 3% για τεμάχια βοείου κρέατος εμβολιασμένα με *E. coli* και *S. Typhimurium*. Ανέφεραν σημαντική μείωση του *S. Typhimurium*, αλλά όχι του *E. coli*, στα εξαρτήματα κατά τη διάρκεια αποθήκευσης 7 ημερών στο ψυγείο. Οι Maks et al. (2010) ανέφεραν ότι το γαλακτικό και η πεδιοκίνη μαζί κατέστησαν το *L. monocytogenes* πιο ευαίσθητο στη θερμότητα στη Μπολόνια.

Μελέτες εξέτασαν επίσης το συνδυασμό γαλακτικού με υπεριώδη ακτινοβολία (254 nm) στην αδρανοποίηση του *L. monocytogenes* στα λουκάνικα Φραγκφούρτης (Sommers et al., 2009), του γαλακτικού σε βιοενεργές επικαλύψεις αλγινικού για τον έλεγχο του *L. monocytogenes* σε φέτες και φιλέτα κρύου καπνιστού σολομού (Neetoo et al., 2010), από γαλακτικό και λάδι ρίγανης σε κιμά για τον έλεγχο του *Salmonella* spp (The International Commission on Microbiological Specifications for Foods, 1996).

Οι παραπάνω και πολλές άλλες μελέτες (Centers for Disease Control and Prevention, 2010; Barbalia et. al., 2005; Hwang & Tamplin, 2007) δείχνουν ότι η αντιμικροβιακή δράση του γαλακτικού στα κρέατα RTE έχουν επικεντρωθεί κυρίως στο *L. Monocytogenes*. Λίγοι έχουν εξετάσει την επίδραση τον λακτοβάκιλου για το *E. coli* και τη *Salmonella* spp.

Οι Hwang et. al. (2011) εξέτασαν τις επιδράσεις του γαλακτικού σε *L. monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 και *Salmonella* spp. σε μαγειρεμένο ζαμπόν RTE υπό συνθήκες ψύξης και κατάχρησης θερμοκρασίας. Το *L.*

monocytogenes συμπεριλήφθηκε σε αυτή τη μελέτη για να χρησιμεύσει ως σύγκριση με το E. Coli O157:H7 και Salmonella spp. Η συγκεκριμένη μελέτη έδειξε ότι το γαλακτικό είχε ευρεία αντιμικροβιακή δράση στο ζαμπόν καθώς καθυστέρησε την ανάπτυξη του L. monocytogenes καθώς και του E. coli O157:H7 σε θερμοκρασίες ψύξης και κατάχρησης. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ατομική και συνδυασμένη επίδραση του γαλακτικού και της θερμοκρασίας αποθήκευσης στην καθυστέρηση της ανάπτυξης των L. monocytogenes, E. coli O157:H7 και Salmonella spp στο ζαμπόν. Τα μαθηματικά μοντέλα που περιγράφουν τους μέσους ρυθμούς ανάπτυξης των τριών παθογόνων στο ζαμπόν θα είναι ωφέλιμα για τους κατασκευαστές κρέατος RTE στη διαμόρφωση συγκεντρώσεων γαλακτικού στο ζαμπόν για λόγους ασφάλειας των τροφίμων και αισθητηριακής ποιότητας.

1.2. Παραγωγή βιογενών αμινών

Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος (LAB) θεωρούνται ως οι κύριοι παραγωγοί βιογενών αμινών (BA) σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση. Αυτές οι ενώσεις προέρχονται από αποκαρβοξυλίωση αμινοξέων μέσω μικροβιακών δράσεων και μπορούν να προκαλέσουν τοξικές επιδράσεις στον άνθρωπο, με συμπτώματα (όπως πονοκέφαλος, αίσθημα παλμών, έμετος, διάρροια) ανάλογα και με την ατομική ευαισθησία. Πολλές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στο αμινοβιογενές δυναμικό του LAB που σχετίζεται με τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση, λαμβάνοντας υπόψη τις συνθήκες που επηρεάζουν τη συσσώρευση BA και τα ένζυμα/γονίδια που εμπλέκονται στους βιοσυνθετικούς μηχανισμούς (Pereira et al., 2009; Perez et al., 2015).

Οι βιογενείς αμίνες μπορούν να συσσωρευτούν σε υψηλές συγκεντρώσεις σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση λόγω της μικροβιακής δραστηριότητας και μπορούν να προκαλέσουν τοξικές επιδράσεις στους καταναλωτές. Τα LAB θεωρούνται κυρίως υπεύθυνα για τη συσσώρευση BA σε αυτά τα προϊόντα και στελέχη που ανήκουν σε διαφορετικά είδη και γένη, που βρίσκονται συνήθως σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση, έχουν χαρακτηριστεί για τις δραστηριότητες της αποκαρβοξυλάσης (Perez et al., 2015; Romano et al., 2014).

Είναι γνωστό ότι αυτή η δραστηριότητα αποκαρβοξυλάσης παρέχει πλεονεκτήματα στα κύτταρα επειδή επιτρέπει την αύξηση του περιβαλλοντικού pH και οδηγεί στην ενεργοποίηση της μεμβράνης. Οι γενετικές ομάδες που είναι υπεύθυνες για την παραγωγή BA έχουν περιγραφεί μεμονωμένα και μπορούν να εμφανίσουν διαφορές, εντός της ίδιας αμίνης, που εξαρτώνται κυρίως από το είδος και το στέλεχος. Παρόλα αυτά, είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι οι μηχανισμοί αποκαρβοξυλίωσης αποτελούν ένα σημαντικό οικολογικό εργαλείο που μπορεί να ευνοήσει την ανταγωνιστικότητα του στελέχους σε στρεσογόνες συνθήκες (δηλ., όξινο στρες και διατροφικό στρες) (Pereira et al., 2009; Perez et al., 2015; Romano et al., 2014).

Αν και οι γνώσεις σχετικά με την προέλευση και τους παράγοντες που εμπλέκονται στην παραγωγή BA σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση είναι καλά τεκμηριωμένες, είναι δύσκολο να αποτραπεί η συσσώρευση αυτών των ενώσεων καθώς οι συνθήκες ζύμωσης δεν μπορούν να τροποποιηθούν εύκολα και η

αμινοβιογονική ικανότητα εξαρτάται από το στέλεχος. Για αυτούς τους λόγους, η επιλογή συγκεκριμένων εκκινητών LAB που δεν έχουν τις οδούς συσσώρευσης BA και μπορούν να ξεπεράσουν την αυτόχθονη μικροχλωρίδα υπό συνθήκες παραγωγής είναι απαραίτητη για την απόκτηση τροφίμων υψηλής ποιότητας με μειωμένη περιεκτικότητα σε αυτές τις τοξικές ενώσεις. Στην πραγματικότητα, η αδυναμία ενός στελέχους να συνθέσει BAs πρέπει να συμπεριληφθεί ως επιλεκτικό κριτήριο για καλλιέργειες εκκίνησης (Torgiani et al., 2001).

Από την άλλη πλευρά, η μεταβολική ετερογένεια που παρατηρείται σε φυσικές καλλιέργειες εκκίνησης θα μπορούσε να δημιουργήσει μια σοβαρή ανησυχία για την παρουσία αμινοβιογενών στελεχών LAB. Αυτός ο κίνδυνος θα μπορούσε να αποφευχθεί με τη χρήση καθορισμένων εκκινητών ή επιλεγμένων μιγμάτων αυτόχθον στελεχών, που επιλέγονται με βάση την απουσία τέτοιας δραστηριότητας και είναι εφοδιασμένα με μεταβολικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του Taylor για συγκεκριμένα προϊόντα. Ωστόσο, όταν χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν απροσδιόριστες καλλιέργειες, θα πρέπει να ενεργοποιηθούν στρατηγικές για την πρόληψη της παρουσίας και της ανάπτυξης αμινοβιογενών LAB. Μεταξύ αυτών, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η χρήση μικροοργανισμών τροφίμων ικανών να αποικοδομήσουν BA που είχαν συντεθεί προηγουμένως στη μήτρα τροφίμων (Romano et al., 2014).

Ο ρόλος του LAB στο περιεχόμενο BA έχει υποστεί ζύμωση και η γενετική οργάνωση των συστάδων αποκαρβοξυλάσης τους. Η περιεκτικότητα σε BA στα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον όχι μόνο για τις πιθανές ανησυχίες για την υγεία αλλά και από οικονομική άποψη. Από την άλλη πλευρά, η παρουσία μικρών συγκεντρώσεων αυτών των ενώσεων στα τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση είναι αναπόφευκτη. Στην πραγματικότητα, η περιεκτικότητα σε BA σε αυτά τα προϊόντα μπορεί να κυμαίνεται από συγκεντρώσεις κάτω των 20 mg/kg για αλκοολούχα και μη αλκοολούχα ποτά, λαχανικά που έχουν υποστεί ζύμωση και προϊόντα σόγιας, έως αρκετές εκατοντάδες mg/kg για ορισμένα λουκάνικα και τυριά (Efsa, 2011).

Η παρουσία διαφορετικών BAs εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα του προδρόμου λόγω της πρωτεόλυσης κατά την ωρίμανση. Επιπλέον, η παρουσία θετικής αποκαρβοξυλάσης μη-εκκίνησης μικροχλωρίδας, που προέρχεται από πρώτη

ύλη και παραγωγικό περιβάλλον, συχνά οδηγεί σε υψηλές συγκεντρώσεις ΒΑ σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση, ειδικά σε αυτά που λαμβάνονται χωρίς τη χρήση καλλιέργειες εκκίνησης (Latorre-Moratalla et. al., 2010). Εκτός από τη διαθεσιμότητα προδρόμου και την παρουσία μικροοργανισμών που παράγουν ΒΑ, η συσσώρευση αυτών των ενώσεων εξαρτάται από διάφορους εγγενείς, περιβαλλοντικούς και τεχνολογικούς παράγοντες, που αναθεωρήθηκαν πρόσφατα από τους Gardini et al. (2016).

Η δράση της αποκαρβοξυλάσης εκφράζεται συχνά ανεξάρτητα από τη βιωσιμότητα των κυττάρων και αυτά τα ένζυμα διατηρούν τη δραστηριότητά τους μετά τη λύση των κυττάρων επίσης σε σκληρές περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, μόλις παραχθούν, τα ΒΑ είναι σταθερά στη θερμική επεξεργασία, την κατάψυξη και το κάπνισμα (Rossi et al., 2011).

Τα γαλακτοκομικά προϊόντα, ιδιαίτερα τα ώριμα τυριά, έχουν συσχετιστεί με τροφικές δηλητηριάσεις λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε ΒAs, όπως η τυραμίνη, η ισταμίνη, η πουτρεσκίνη και η 2-φαινυλαιθυλαμίνη. Σε κάθε περίπτωση, η περιεκτικότητα σε ΒΑ ποικίλλει μεταξύ διαφορετικών τύπων τυριών και ακόμη και μεταξύ διαφορετικών τμημάτων του ίδιου τυριού. Στα κρέατα που έχουν υποστεί ζύμωση, τα πιο διαδεδομένα ΒΑ είναι η τυραμίνη, η πτωματερίνη, η πουτρεσκίνη και, σε μικρή έκταση, η ισταμίνη και τα επίπεδά τους ποικίλλουν έντονα μεταξύ διαφορετικών τύπων προϊόντων (Jairath et al., 2015).

Η παρουσία αυτών των ενώσεων σε τέτοια προϊόντα εξαρτάται από συνθήκες επεξεργασίας χαμηλής ποιότητας που ευνοούν τη μόλυνση και από την παρουσία αυτόχθων μικροβίων με δυναμικό αποκαρβοξυλάσης (Jairath et al., 2015). Επίσης, στα αλκοολούχα ποτά, τα ΒAs (κυρίως ισταμίνη, τυραμίνη, πουτρεσκίνη και καδαβερίνη) μπορούν να σχηματιστούν μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας κατά την παραγωγή και την αποθήκευση (Poveda et al., 2017). Η παρουσία ΒAs έχει επίσης αναφερθεί σε λαχανικά που έχουν υποστεί ζύμωση, όπως το ξινόλαχανο ή οι επιτραπέζιες ελιές, όπου η παρουσία αμινοβιογενών μικροοργανισμών αλλοίωσης μπορεί να οδηγήσει σε υψηλή περιεκτικότητα σε πουτρεσκίνη, πτωματίνη και τυραμίνη. Άφθονες ποσότητες ισταμίνης έχουν ανιχνευθεί σε προϊόντα ψαριών που έχουν υποστεί ζύμωση (Medina-Pradaw & Arroyo-Lopez, 2015).

Ακόμα κι αν η παραγωγή διαμινών συνήθως αποδίδεται σε αλλοιώσεις Gram αρνητικών βακτηρίων, όπως εντεροβακτήρια και ψευδομονάδες, τα LAB θεωρούνται κυρίως υπεύθυνα για την παραγωγή ΒΑ σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση. Αν και οι καλλιέργειες εκκίνησης επιλέγονται με ακρίβεια για την απουσία δραστηριότητας αποκαρβοξυλάσης, το μη ελεγχόμενο αυτόχθονο LAB που εμπλέκεται στη διαδικασία ωρίμανσης μπορεί να συμβάλει στη συσσώρευση ΒΑ. Αυτά τα μη εκκινητικά LAB (NSLAB) αποτελούνται κυρίως από μεσόφιλα προαιρετικά ή υποχρεωτικά ετεροζυμωτικά βακτήρια, τα οποία ασκούν κρίσιμο ρόλο σε φαινόμενα ωρίμανσης όπως η ανάπτυξη της γεύσης (Gobbetti et al., 2015).

Πρόσφατα, τα γονίδια που ανήκουν στις βιοσυνθετικές οδούς ΒΑ στο LAB έχουν ταυτοποιηθεί και η γενετική οργάνωση των συστάδων αποκαρβοξυλάσης έχει αναθεωρηθεί. Γενικά, τα ένζυμα που είναι υπεύθυνα για την ειδική αποκαρβοξυλίωση αμινοξέων οργανώνονται σε ομάδες στις οποίες υπάρχουν πάντα ορισμένα γονίδια , δηλαδή η ειδική αποκαρβοξυλίωση αμινοξέος και η αντίστοιχη αντιμεταφορική περμεάση (Wunderlichova et al., 2014).

1.3. Πρωτεολυτική και λιπολυτική ενζυμική δραστηριότητα

Οι μύκητες παίζουν σημαντικό ρόλο στην παραγωγή των αλλαντικών ξηρού. Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, τα αλλαντικά με ξηρή ωρίμανση αναπτύσσουν μια επιφανειακή μούχλα που είναι χαρακτηριστικό της γεωγραφικής περιοχής παραγωγής (Scolari et al. 2003). Η μυκητιακή χλωρίδα εκτιμάται γενικά λόγω της ενζυματικής της δράσης, όπως λιπόλυση, οξείδωση λιπιδίων, πρωτεόλυση και αποικοδόμηση αμινοξέων, η οποία συμβάλλει στην ανάπτυξη της χαρακτηριστικής γεύσης αυτού του προϊόντος (Toledano et al. 2011; Scolari et al. 2003; Bruna et al. 2002).

Οι αλλαγές στα λιπίδια κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας των αλλαντικών με ξηρή ωρίμανση, όπως η λιπόλυση και η οξείδωση των λιπιδίων, έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα του τελικού προϊόντος. Έτσι, η λιπόλυση αποτελεί το πρώτο βήμα για την οξείδωση των ελεύθερων λιπαρών οξέων. Μετά την απελευθέρωση, οι δευτερογενείς αντιδράσεις των λιπαρών οξέων έχουν ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη πολυάριθμων προϊόντων οξείδωσης, όπως αλδεΐδες, αλκοόλες, κετόνες και άλλες ενώσεις, που παίζουν σημαντικό ρόλο στο σχηματισμό της χαρακτηριστικής γεύσης του ξηρού ζαμπόν (Marusic et al. 2011). Με αυτόν τον τρόπο, οι Selgas et al. (1999) και Toledo et al. (1996) ανέφεραν ότι οι λιπάσες που παράγονται από την ανάπτυξη μυκήτων στην επιφάνεια λουκάνικων ξηρής ωρίμανσης και άλλων προϊόντων κρέατος αύξησαν τα επίπεδα ελεύθερων λιπαρών οξέων στο προϊόν. Έχει παρατηρηθεί λιπολυτική δράση αρκετών ειδών *Penicillium* που περιγράφηκε προηγουμένως σε προϊόντα κρέατος, συμπεριλαμβανομένου του ξηρού ζαμπόν (Alonso, 2004).

Οι μύκητες περιέχουν επίσης ένζυμα ικανά να υδρολύουν τις μυϊκές πρωτεΐνες, συμβάλλοντας έτσι στην πρωτεόλυση και την απελευθέρωση αμινοξέων κυρίως μετά την έναρξη της ενδοπρωτεολυτικής δραστηριότητας. Τα αμινοξέα παίζουν κρίσιμο ρόλο στον καθορισμό της γεύσης των τροφίμων, μια επίδραση σαφώς ενισχυμένη από τη δραστηριότητα πρωτεολυτικών μικροοργανισμών. Έχει επίσης αναφερθεί μια έντονη πρωτεόλυση που υπέστη οι πρωτεΐνες σαρκοπλάσματος κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας ζαμπόν με ξηρή ωρίμανση, ιδιαίτερα κατά την περίοδο ωρίμανσης. Ορισμένα στελέχη *Penicillium* και *Mucor* που απομονώθηκαν

από αλλαντικά έχουν επιδείξει πρωτεολυτική δράση έναντι πρωτεϊνών κρέατος τόσο *in vitro* όσο και σε επεξεργασμένα κρέατα (Pérez et al. 2003).

Ο Binzel (1980) ανέφερε ότι το *Eurotium* και το *Penicillium* ήταν σε θέση να υδρολύσουν τη μυοσφαιρίνη. Τα στελέχη που ανήκουν σε αυτά τα γένη, που απομονώθηκαν σε ζαμπόν Ιβηρικής, έχουν επίσης επιδείξει σημαντική δραστηριότητα όταν εκτέθηκαν σε μυοσίνη.

Επιπλέον, ο πληθυσμός των μυκήτων φέρνει άλλα οφέλη στο ξηρό ζαμπόν. Οι συμπαγείς μυκητιακές δομές στις επιφάνειες του κρέατος μπορούν να διατηρήσουν ένα ευνοϊκό μικροκλίμα γύρω από τα προϊόντα κρέατος (Scolari et al. 2003). Τα καλούπια που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των ξηρών προϊόντων ασκούν αντιοξειδωτική δράση λόγω της κατανάλωσης οξυγόνου και των επιδράσεων φραγμού του μυκηλίου τους που μειώνει τη διείσδυση οξυγόνου και φωτός (Bruna et al. 2003). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σταθερό χρώμα και γεύση και εμποδίζει τα προϊόντα να γίνουν ταγγισμένα.

Επιπλέον, οι επιφανειακές μούχλες μπορούν επίσης να έχουν προστατευτικό ρόλο έναντι παθογόνων μικροοργανισμών ή μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση. Ωστόσο, όταν δεν χρησιμοποιούνται καλλιέργειες εκκίνησης ή εάν τα στελέχη που χρησιμοποιούνται δεν έχουν επιλεγεί προσεκτικά ή εάν η ανάπτυξή τους δεν ελέγχεται κατά την κατασκευή, μπορεί να αναπτυχθούν ανεπιθύμητοι μύκητες αλλοίωσης. Αυτά μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την εμφάνιση, την οσμή, τη γεύση και τη θρεπτική αξία των προϊόντων και να μειώσουν την ποιότητά τους (Scolari et al. 2003).

Αρκετά προϊόντα κρέατος, όπως τα λουκάνικα ξηρής ωρίμανσης, εμβολιάζονταν με αρχικές καλλιέργειες μυκήτων δεδομένων των πλεονεκτημάτων που μπορεί να παράγουν. Ωστόσο, το ξηρό ζαμπόν δεν εμβολιάζεται συνήθως με καλλιέργειες εκκίνησης. Επομένως, ένας ανεξέλεγκτος πληθυσμός μυκήτων, που εξαρτάται από κάθε περιοχή παραγωγής, θα μπορούσε να αναπτυχθεί στην επιφάνεια. Αυτή θα μπορούσε να είναι μία από τις αιτίες που καθορίζουν τις διαφορετικές αισθητηριακές ιδιότητες των ζαμπόν από κάθε περιοχή (Marusic et al., 2011).

1.4. Επίδραση των γαλακτικών στη μείωση του pH

Τα ωμά κρέατα που δεν έχουν αλεστεί διατηρούνται κυρίως με αλάτισμα και ξήρανση, χωρίς να παρατηρείται σημαντική μικροβιακή δραστηριότητα. Ωστόσο, η δραστηριότητα των ενζύμων κρέατος είναι σημαντική για την ανάπτυξη του αρώματος και της τρυφερότητας αυτών των προϊόντων. Συνεπώς, τα βακτήρια είναι απαραίτητα κυρίως για τη μείωση των νιτρικών αλάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται ακόμη συχνά ως μέσο ωρίμανσης, ενώ έχει αναφερθεί ότι τα βακτήρια βελτιώνουν επίσης τη γεύση. Επιπλέον, έχει προταθεί η έγχυση βακτηρίων γαλακτικού οξέος μαζί με ζάχαρη, προκειμένου να μειωθεί το pH των αλλαντικών από ακατέργαστα κομμάτια κρέατος και να διευκολυνθεί η μείωση της περιεκτικότητας σε νερό. Κατά συνέπεια, ορισμένα βακτηριακά στελέχη είναι διαθέσιμα ή έχουν προταθεί ως καλλιέργειες εκκίνησης (Lücke, 1994).

Ορισμένα ευπαθή προϊόντα κρέατος μπορούν επίσης να διατηρηθούν με την προσθήκη επιλεγμένων στελεχών βακτηρίων γαλακτικού οξέος ανταγωνιστικών προς τα παθογόνα και τη χλωρίδα αλλοίωσης, αλλά σε καμία περίπτωση δεν αποτελούν προϊόντα ζυμώσεως, παρά υφίστανται μια περισσότερο ήπια επεξεργασία, η οποία θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως «προστατευτική καλλιέργεια» (Lücke, 1994 • Lücke & Earnshaw, 1991). Ωστόσο, τα εν λόγω βακτήρια δεν πρέπει να αλλάζουν τη γεύση και την εμφάνιση του προϊόντος, με ιδιαίτερη σημασία να πρέπει να δίνεται στην τιμή του pH, καθώς, μια μεγάλη πτώση του pH δεν είναι επιθυμητή για την περίπτωση του κρέατος και των υποπροϊόντων του (Lücke, 1994).

Στην περίπτωση των αλλαντικών ζυμώσεως με βάση το σύγκοπο κρέας (λουκάνικα αέρος, με γνωστότερο αλλαντικό που εμπίπτει στην κατηγορία αυτή το σαλάμι αέρος, που στην πραγματικότητα χρησιμοποιείται για την περιγραφή αρκετών, διαφορετικών, αλλαντικών ζυμώσεως με την μορφή "ξηρού" λουκάνικου, ενώ, στην ίδια κατηγορία εντάσσεται το τσορίθο - Chorizo στην Ισπανία ή chourizo στην Πορτογαλία-, το Ιταλικό σαλάμι, το Αυστραλικό καμπανόσι (Cabanossi), το Γαλλικό Saucisson, το Ελληνικό σαλάμι που παράγεται στη Λευκάδα, την Κέρκυρα, και η παραλλαγή του της Θάσου, κ.ά.), η επίδραση των γαλακτικών οξέων είναι εξαιρετικά σημαντική.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δίνεται από τον Lücke (1994), τα αλλαντικά ζυμώσεως τύπου λουκάνικου αέρος, αποτελούνται από «κιμά, αναμειγμένο με αλάτι

και ενζύμων/σακχάρων που δρουν ως παράγοντες ζύμωσης, υλικά τα οποία περιβάλλονται από ζωικά έντερα και υποβάλλονται σε μια διαδικασία ζύμωσης, για την επίτευξη της οποίας η ύπαρξη μικροοργανισμών στο μείγμα είναι καθοριστικής σημασίας» (σελ. 299). Το μεγαλύτερο ποσοστό των λουκάνικων ζυμώσεως είναι αποξηραμένα και μπορούν να αποθηκευτούν με ελάχιστη ή καθόλου ψύξη. Στην Ευρώπη, η διαδικασία παρασκευής των λουκάνικων αυτού του τύπου δεν περιλαμβάνει τελική θερμική επεξεργασία, ενώ στις ΗΠΑ, για την εξουδετέρωση πιθανών τριχινίσκων (νηματοδών ζωικών παρασίτων, που συναντώνται στο χοιρινό κρέας και είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο), η ζύμωση των λουκάνικων που παρασκευάζονται από "μη πιστοποιημένο χοιρινό κρέας" ακολουθείται από θέρμανση στους 58,3°C.

Για την παρασκευή των αλλαντικών ζυμώσεως του τύπου αυτού, χρησιμοποιείται συνήθως ένα μείγμα που αποτελείται κατά 50 – 70% από άπαχο κρέας θηλαστικών (και, σε κάποιες περιπτώσεις, πουλερικών). Οι βιοχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μετά τη σφαγή του ζώου και τη συνεπακόλουθη διακοπή εισροής οξυγόνου μέσω της αναπνοής, και, συνεπώς, διακόπτεται η αναπαραγωγή της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP), με αποτέλεσμα την αποδόμηση του μυϊκού γλυκογόνου σε γαλακτικό οξύ. Όταν το pH των ερυθρών μυών μετά την ολοκλήρωση της διεργασίας της γλυκόλυσης είναι 5,5 – 5,9 (φυσιολογικά επίπεδα) το κρέας είναι κατάλληλο για την παρασκευή αλλαντικών. Ωστόσο, σε περιπτώσεις που το pH λαμβάνει τιμή >6,0, σημειώνεται υψηλότερος βαθμός δέσμευσης του νερού, καθώς και ταχύτερος ρυθμός αλλοίωσης, γεγονός που το καθιστά ακατάλληλο για την παραγωγή λουκάνικων προς ζύμωση (Lücke, 1998). Το επιθυμητό pH μετά τη ζύμωση κυμαίνεται μεταξύ του 5,3 και του 6,2, τιμές που συναντώνται στα περισσότερα μεσογειακά ζυμούμενα προϊόντα κρέατος (Rantsiou & Cocolin, 2004).

Όπως προαναφέρεται, η παρασκευή λουκάνικων με ζύμωση περιλαμβάνει την ανάμειξη κιμά και λίπους με άλατα, μπαχαρικά και παράγοντες ζύμωσης, τα οποία τοποθετούνται στο εσωτερικό ζωικών εντέρων και, τελικά, τη ζύμωση του μείγματος σύμφωνα με μια καθορισμένη καλλιέργεια εκκίνησης, υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Drosinos et al., 2006). Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης, πραγματοποιούνται πολύπλοκες βιοχημικές και φυσικές αντιδράσεις που έχουν ως αποτέλεσμα τη σημαντική αλλαγή των αρχικών χαρακτηριστικών. Επιπλέον, η παραγωγή αρωματικών ουσιών κατά τη διάρκεια ζύμωσης καθορίζουν τα οργανοληπτικά

χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος που διαφέρουν σημαντικά από εκείνα του ακατέργαστου προϊόντος, χρησιμοποιούμενων πρώτων υλών (Rantsiou & Cocolin, 2004).

Για την παραγωγή ζυμούμενων λουκάνικων, - ιδίως ξηρών με σκοπό τη μακροχρόνια αποθήκευση - το λίπος πρέπει να έχει υψηλό σημείο τήξης και, κατά συνέπεια, χαμηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα. Επειδή τα λουκάνικα που περιέχουν λίπος βοδινού κρέατος ή άλλους λιπαρούς ιστούς μηρυκαστικών είναι λιγότερο αποδεκτά από οργανοληπτική άποψη, το σκληρό χοιρινό λίπος χρησιμοποιείται συχνότερα για ξηρά λουκάνικα υψηλής ποιότητας. Η χρήση μαλακού λιπώδους ιστού (π.χ. λίπος ράχης από χοίρους που τρέφονται με διαίτα πλούσια σε ακόρεστα λιπαρά οξέα) όχι μόνο προκαλεί χρωματικές και γευστικές αλλοιώσεις, αλλά επίσης παρεμποδίζει τη διαδικασία ξήρανσης και μειώνει το χρόνο ζωής των ξηρών λουκάνικων, η οποία συνήθως περιορίζεται από την αυτοοξειδωτική αλλοίωση του λίπους. Για ξηρά λουκάνικα με μακρά διάρκεια ζωής, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα δεν πρέπει να αποτελούν περισσότερο από το 12 % των συνολικών λιπαρών οξέων στο λίπος (Lücke, 1998 • Stiebing et al., 1993). Η περιεκτικότητα του λιπώδους ιστού σε υπεροξειδίο πρέπει να διατηρείται στο ελάχιστο, π.χ. με ταχεία κατάψυξη μετά τη σφαγή και αποφεύγοντας τη μακροχρόνια αποθήκευση σε κατάψυξη.

Γενικά, οι καλλιέργειες εκκίνησης αποτελούνται από βακτήρια γαλακτικού οξέος, θετικούς κατά Gram-καταλάση κοκκοειδή (*Staphylococcus*, *Kocuria*), ζυμομύκητες και μύκητες, ανάλογα με τον τύπο του λουκάνικου. Τα βακτήρια γαλακτικού οξέος κατέχουν τον κύριο ρόλο, επηρεάζοντας τόσο τις τεχνολογικές ιδιότητες όσο και τη μικροβιακή σταθερότητα του τελικού προϊόντος μέσω της παραγωγής γαλακτικού και οξικού οξέος και της επακόλουθης μείωσης του pH. Σε μια τιμή pH 4,6-5,9, οι μυϊκές πρωτεΐνες πήζουν, χάνουν την ικανότητα συγκράτησης νερού και έχουν ως αποτέλεσμα τη δυνατότητα κοπής σε φέτες, τη σφριγηλότητα και τη συνεκτικότητα του τελικού προϊόντος (Drosinos et al., 2006). Οι παράγοντες ζύμωσης που χρησιμοποιούνται συνήθως

Η ωρίμανση ευνοείται επίσης σε αυτό το όξινο περιβάλλον καθώς και η ανάπτυξη χρώματος. Επιπλέον, η συσσώρευση γαλακτικού και οξικού οξέος αναστέλλει την ανάπτυξη μικροοργανισμών που προκαλούν αλλοίωση και παθογόνων μικροοργανισμών. Τα θετικοί κατά Gram - καταλάση κοκκοειδή έχουν

επίσης σημαντικό ρόλο στην παρασκευή λουκάνικων ζύμωσης. Ενισχύουν τη σταθερότητα του χρώματος, αποτρέπουν το τάγγισμα, μειώνουν την αλλοίωση, μειώνουν το χρόνο επεξεργασίας και συμβάλλουν στην ανάπτυξη της γεύσης. Οι ζυμομύκητες και οι μύκητες χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανάπτυξη της γεύσης, η πρώτη μέσω της ζύμωσης των υδατανθράκων και η δεύτερη μέσω της οξειδωσης του γαλακτικού οξέος, της πρωτεόλυσης, της αποικοδόμησης των αμινοξέων και της λιπόλυσης (Drosinos et al., 2006 • Hugas and Monfort, 1997- Luecke, 2000).

Η μικροχλωρίδα του νωπού κρέατος, που αποθηκεύεται αερόβια υπό ψύξη, αποτελείται σε μεγάλο βαθμό από αρνητικούς κατά Gram, θετικούς στην οξειδάση ράβδους, ιδίως ψυχρότροφες ψευδομονάδες (Lücke, 1998 • Gill, 1982). Ψυχροτροπικά εντεροβακτήρια είναι επίσης παρόντα, ενώ οι θετικοί κατά Gram οργανισμοί, συμπεριλαμβανομένων των βακτηρίων του γαλακτικού οξέος, εμφανίζονται συνήθως μόνο σε μικρούς αριθμούς. Εάν το κρέας υποστεί επεξεργασία σε μείγμα ωμών αλλαντικών, η ενεργότητα του νερού μειώνεται σε 0,96-0,97 και το οξυγόνο που υπάρχει στο μείγμα καταναλώνεται γρήγορα (Lücke, 1998 • Rödel et al., 1993a).

Κατ' αυτόν τον τρόπο, οι ψευδομονάδες, οι οποίες απαιτούν οξυγόνο και είναι συνήθως ευαίσθητες στο αλάτι και τα νιτρώδη, αναστέλλονται, όπως και η αποικοδόμηση των αμινοξέων που θα προκαλούσε τις τυπικές οσμές του αλλοιωμένου κρέατος. Ομοίως, η ανταγωνιστικότητα των εντεροβακτηρίων μειώνεται σε χαμηλή τάση οξυγόνου, χαμηλό pH και παρουσία αλατιού. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια μετατόπιση της σύνθεσης της μικροχλωρίδας προς τα βακτήρια γαλακτικού οξέος και προς τους σταφυλόκοκκους και τους μικροκόκκους ("*Micrococcaceae*", ή θετικοί στην καταλάση κόκκοι) (Lücke, 1998).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Πρόσθετα συστατικά (συστατικά ενσωμάτωσης) στα αλλαντικά ζύμωσης και πρακτικές ωρίμανσης αυτών

4.1. Ανάλυση συστατικών ενσωμάτωσης

Στα αλλαντικά ζυμώσεως εκτός του νωπού κρέατος (αυτούσιου τεμαχίου ή σύγκοπτου), το οποίο αποτελεί την ουσιαστική πρώτη ύλη, περιλαμβάνονται πρόσθετα συστατικά, όπως το λίπος, το χλωριούχο νάτριο (αλάτι), διάφορα άλατα (π.χ. ασκορβικά, νιτρώδη, νιτρικά), σάκχαρα, μέσα όξυνσης, μπαχαρικά και καρυκεύματα, φυτικές ίνες, τα οποία επιδρούν είτε στη διαδικασία ζύμωσης, είτε στην επίτευξη της τελικής υφής, γεύσης, αρώματος και χαρακτηριστικού χρώματος, ενώ, κάποια από αυτά τα χαρακτηριστικά, επιδρούν και στους δύο προαναφερθέντες τομείς. Σε κάθε περίπτωση, η επιλογή των συστατικών βασίζεται στην συμβολή τους για την παραγωγή του τελικού προϊόντος.

Το λίπος προστίθεται στην περίπτωση παραγωγής προϊόντων από σύγκοπτο κρέας, ενώ στην περίπτωση ζυμούμενων τεμαχίων κρέατος, εμπεριέχεται με τη μορφή του λιπώδους ιστού. Για την παραγωγή ζυμούμενων λουκάνικων, - ιδίως ξηρών με σκοπό τη μακροχρόνια αποθήκευση - το λίπος πρέπει να έχει υψηλό σημείο τήξης και, κατά συνέπεια, χαμηλή περιεκτικότητα σε ακόρεστα λιπαρά οξέα, με το χοιρινό λίπος να είναι το συχνότερα χρησιμοποιούμενο, λόγω της υψηλότερης πεπτικότητάς του συγκριτικά με άλλα ζωικά λίπη. Ωστόσο, πρέπει να επιλέγεται σκληρό λίπος, καθώς η χρήση μαλακού λιπώδους ιστού, μπορεί να προκαλέσει χρωματικές και γευστικές αλλοιώσεις, καθώς και να παρεμποδίσει τη διαδικασία ξήρανσης, μειώνοντας, παράλληλα, μειώνει τη διάρκεια συντήρησης των ξηρών λουκάνικων, η οποία συνήθως περιορίζεται από την αυτοοξειδωτική αλλοίωση του λίπους. Επιπλέον, για την παραγωγή λουκάνικων ζυμώσεως, τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα δεν πρέπει να αποτελούν περισσότερο από το 12 % των συνολικών λιπαρών οξέων στο λίπος (Lücke, 1998 • Stiebing et al., 1993).

Τα σάκχαρα αποτελούν σημαντικό συστατικό, δεδομένου ότι συμβάλλουν στο να διεξαχθούν οι χημικές αντιδράσεις παραγωγής γαλακτικού οξέος, το οποίο, όπως προαναφέρεται, είναι απαραίτητο για τη διαδικασία της ζύμωσης, οδηγώντας σε ταχεία μείωση του pH του κρέατος που οδηγεί σε εχθρικό περιβάλλον για την ανάπτυξη παθογόνων και αλλοιωτικών μικροοργανισμών. Περίπου 1,8 mol

γαλακτικού οξέος παράγονται από ένα mol μεταβολιζόμενης εξόζης (σάκχαρο) αποτελώντας περίπου το 10% όλων των υποπροϊόντων (Kumar et al., 2015).

Το χλωριούχο νάτριο, (NaCl, κοινό αλάτι), χρησιμοποιείται ως πολυλειτουργικό συστατικό για την προώθηση της απελευθέρωσης της γεύσης, την ανάπτυξη μιας επιθυμητής υφής και την αναστολή της ανάπτυξης μικροοργανισμών που ευθύνονται για την αλλοίωση και τις ανησυχίες για την ασφάλεια (Hu, Y. Et al., 2022 • Ruusunen & Puolanne, 2005).

Τα άλατα (K, Na, Ca, Fe, S, - ασκορβικά, νιτρώδη, νιτρικά κ.τ.λ.) αποτελούν βασικά απαιτούμενα στοιχεία προκειμένου να διατηρηθούν τα απαιτούμενα για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της ζύμωσης, επίπεδα υγρασίας. Παράλληλα, παρέχουν αντιμικροβιακή τους δράσης ενάντια στον *Clostridium Botulinum*, ενώ συμβάλλουν και στη σταθεροποίηση του ερυθρού χρώματος, λόγω σχηματισμού του συμπλόκου της νιτροζομυοσφαιρίνης στην κρεατόμαζα, και του χαρακτηριστικού αρώματος (Μπλούκας, 2007, Γεωργάκης, 2005). Ακόμη, τα ασκορβικά άλατα, προσφέρουν σημαντική αντιοξειδωτική δράση (Μπλούκας, 2007).

Στο μείγμα κρέατος περιλαμβάνονται διάφορα καρυκεύματα, αναλόγως του προϊόντος και της περιοχής, με σκοπό την επίτευξη του προσδοκώμενου γευστικού και αρωματικού αποτελέσματος, ενώ, σε πολλές περιπτώσεις, τα καρυκεύματα επηρεάζουν το τελικό χρώμα του περιβλήματος. Σε κάποια προϊόντα (π.χ. παστοურμάς) τα καρυκεύματα δημιουργούν μια λεπτή κρούστα που επικαλύπτει όλο το τελικό προϊόν.

Τέλος, κατά τη διάρκεια της ζύμωσης προϊόντων κρέατος, συχνά προστίθενται στο μείγμα φυτικές ίνες, μέσω των οποίων επιτυγχάνεται η βελτίωση της θρεπτικής τους αξίας, της γεύσης και του αρώματος. Στις φυτικές ίνες που είναι δυνατόν να προστεθούν στα αλλαντικά ζυμώσεως, περιλαμβάνονται πράσα, κρεμμύδια, δημητριακά και όσπρια. αλεύρι, πολτός λαχανικών και φρούτων κ.λπ.. Οι φυτικές ίνες ενσωματώνονται συνήθως αποτελεσματικά στα αλλαντικά ζύμωσης, λειτουργώντας ως συνδετικά, επεκτατικά και πληρωτικά υλικά, ενώ μπορούν ακόμα και να αντικαταστήσουν σημαντικά τα ανθυγιεινά λιπαρά συστατικά από τα προϊόντα. βελτιώνοντας τα θρεπτικά συστατικά, το pH, την ικανότητα συγκράτησης νερού, τη σταθερότητα του γαλακτώματος, τη διατηρητική πίεση, και τα αισθητηριακά χαρακτηριστικά των τελικών προϊόντων.

4.2. Νέες τάσεις σε προϊόντα και διαδικασίες παραγωγής αλλαντικών με τη χρήση γαλακτικών βακτηρίων

Τα προβιοτικά προέρχονται από λειτουργικά τρόφιμα που προσφέρουν οφέλη για την υγεία του ανθρώπου. Σήμερα, μια σημαντική εξέλιξη στα λειτουργικά τροφίμων σχετίζεται με τα τρόφιμα που περιέχουν προβιοτικές καλλιέργειες, κυρίως βακτήρια γαλακτικού οξέος ή bifidobacteria. Τα προβιοτικά πρέπει να είναι ζωντανά και να προσλαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες για να ασκούν τις θετικές επιδράσεις στην υγεία και την ευημερία του ξενιστή. Ως εκ τούτου, η βιωσιμότητα των προβιοτικών προϊόντων (τα ελάχιστα βιώσιμα προβιοτικά κύτταρα σε κάθε γραμμάριο ή χιλιοστόλιτρο προϊόντος μέχρι τη στιγμή της κατανάλωσης) είναι το σημαντικότερο χαρακτηριστικό τους. Ωστόσο, οι οργανισμοί αυτοί συχνά παρουσιάζουν φτωχή βιωσιμότητα σε προϊόντα που έχουν υποστεί ζύμωση λόγω των βλαβερών συνθηκών. Σήμερα, η ποικιλία των ζυμωμένων προϊόντων κρέατος που διατίθενται σε όλο τον κόσμο είναι σχεδόν ίση με εκείνη των τυριών. Με τα προϊόντα κρέατος, τα ωμά ζυμωμένα λουκάνικα θα μπορούσαν να αποτελέσουν κατάλληλο όχημα για τους εν λόγω μικροοργανισμούς σε στον ανθρώπινο γαστρεντερικό σωλήνα. Στο παρόν άρθρο, η βιωσιμότητα των προβιοτικών μικροοργανισμών στα ζυμωμένα λουκάνικα, το κύριο παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητά τους, καθώς και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (Rouhi et al., 2013).

Σήμερα, μια σημαντική εξέλιξη στα λειτουργικά τρόφιμα σχετίζεται με τα τρόφιμα που περιέχουν προβιοτικές καλλιέργειες κυρίως LAB ή bifidobacteria, οι οποίες έχουν ευεργετικές επιδράσεις στην υγεία και την ευημερία των καταναλωτών διατηρώντας την εντερική μικροβιακή ισορροπία όταν χορηγούνται σε επαρκείς ποσότητες (Fuller, 1989- FAO/WHO, 2001- Marteau et al., 2002- Reid et al., 2003- McFarland and Elmer, 2006- Korbekandi et al., 2010).

Ωστόσο, τα προβιοτικά υποτίθεται ότι είναι ζωντανά για να ασκούν αυτές τις θετικές επιδράσεις στην υγεία και την ευημερία του ξενιστή (Ouwehand and Salminen, 1998). Ως εκ τούτου, τα βιώσιμα προβιοτικά κύτταρα στα προϊόντα πρέπει να προσλαμβάνονται σε επαρκείς ποσότητες. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι γνωστό ως "βιωσιμότητα", δηλαδή ο επαρκής αριθμός ζωντανών προβιοτικών κυττάρων σε ένα τρόφιμο κατά τη στιγμή της κατανάλωσης (Erkkila and Pet " aj" a, 2000- "

Korbekandi et al., 2010). Η βιωσιμότητα των προβιοτικών αποτελεί την πρώτη πρόκληση για την ανάπτυξη ενός προβιοτικού προϊόντος (Klingberg et al., 2005). Η ελάχιστη βιωσιμότητα των προβιοτικών που απαιτείται για την άσκηση των ευεργετικών τους επιδράσεων στον άνθρωπο δεν είναι ακόμη σαφής και το προτεινόμενο επίπεδο ποικίλλει σε διάφορες μελέτες και πρότυπα.

Ωστόσο, γενικά, η τιμή 10⁶-10⁷ CFU/mL ή CFU/g έχει γίνει αποδεκτή ως ελάχιστο επίπεδο σε πολλούς κανονισμούς και η ποσότητα 10⁷-10⁸ CFU/mL ή CFU/g έχει προταθεί ως ικανοποιητικό επίπεδο από ορισμένες πηγές και πρότυπα (Robinson, 1987- Ishibashi and Shimamura, 1993- Salminen et al., 1993- Lucke, 2000- Shah, 2000- Krasaekoopt et al., 2003, Tamime et al., 2005- Korbekandi et al., 2010).

Τα λουκάνικα θα μπορούσαν να αποτελέσουν ένα καλό όχημα για τη μεταφορά προβιοτικών κυττάρων στο έντερο, επειδή "εγκλωβίζονται" από τη μήτρα του λουκάνικου που αποτελείται από κρέας και λίπος. Λόγω αυτής της ενθυλάκωσης οι εκκινητές κρέατος θα μπορούσαν να επιβιώσουν πολύ καλύτερα στο κρίσιμο πέρασμα από το στομάχι και το λεπτό έντερο, σε σύγκριση με την απροστάτευτη έκθεσή τους σε χαμηλό pH και χολικά άλατα. Ωστόσο, οι ερευνητικές αναφορές που σχετίζονται με τη συμπερίληψη προβιοτικών σε ζυμωμένα λουκάνικα είναι λίγες (Arihara et al., 1998- Erkkila et al., 2000- Erkkila et al., 2001b- Klingberg et al., 2005- Muthuku- marasamy and Holley, 2006- Muthukumarasamy and Holley, 2007- Burdychova et al., 2008- Kim et al., 2008). Επιπλέον, το ερώτημα εξακολουθεί να είναι, αν αυτοί οι τύποι προϊόντων κρέατος μπορούν να αποκαλούνται λειτουργικά τρόφιμα και να καταναλώνονται καθημερινά (Katsaras and Leistner, 1991- Burdychova et al., 2008). Οι Tyorpponen et al. (2003) και De Vuyst et al. (2008) εξέτασαν τις δυνατότητες των ξηρών ζυμωμένων λουκάνικα να χρησιμεύσουν ως φορέας προβιοτικών οργανισμών από κλινική άποψη. Το παρόν άρθρο εξετάζει τη βιωσιμότητα των προβιοτικών μικροοργανισμών στα ζυμωμένα λουκάνικα, καθώς και τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητά τους και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τελικού προϊόντος.

Ακολουθούνται συνήθως κάποια γενικά βήματα που εμπλέκονται στην παραγωγή λουκάνικου με προβιοτική ζύμωση. Αρχικά, τα συστατικά επιλέγονται, ζυγίζονται, αναμειγνύονται και γεμίζονται σε περιβλήματα. Οι προβιοτικοί εκκινητές προστίθενται πριν από το στάδιο της ανάμειξης. Δεύτερον, τα γεμιστά λουκάνικα

διατηρούνται σε συνθήκες που είναι απαραίτητες για την προώθηση της ζύμωσης. Τρίτον, το λουκάνικο υποβάλλεται σε ένα ή περισσότερα στάδια μετά τη ζύμωση που έχουν ως σκοπό να επηρεάσουν τη γεύση, την υφή και τις ιδιότητες συντήρησης. Αυτά τα τελευταία στάδια μπορεί να κυμαίνονται σε διάρκεια από μόλις 1 εβδομάδα στην περίπτωση των υγρών ή ημι-αποξηραμένων λουκάνικων έως περισσότερους από 2 μήνες για τα πολύ αποξηραμένα και έντονα αρωματισμένα λουκάνικα, όπως τα ιταλικά σαλάμια (Toldra, 2002- Hammes et al., 2003- Hutkins, 2006). Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι οι προβιοτικοί οργανισμοί επιβιώνουν ελάχιστα σε τρόφιμα που έχουν υποστεί ζύμωση (Shah et al., 1995- Kailasapathy and Rybka, 1997- Lucke, 2000- Shah and Ravula, 2000). Τα ξηρά ζυμωμένα λουκάνικα με τις σκληρές συνθήκες που επικρατούν, όπως οι χαμηλές aw και pH καθώς και τα άλατα ωρίμανσης και οι ανταγωνιστικοί οργανισμοί, φαίνεται να ένα δύσκολο περιβάλλον για την επιβίωση των προβιοτικών κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας. Ως εκ τούτου, υπάρχει αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη τεχνικών που εξασφαλίζουν επαρκή βιώσιμο αριθμό προβιοτικών βακτηρίων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής των ζυμωμένων λουκάνικων. (Farnsworth et al., 2006). Υπάρχουν αρκετές αναφορές που σχετίζονται με τη βιωσιμότητα των προβιοτικών βακτηρίων σε λουκάνικα ζύμωσης.

Παράλληλα, στις σύγχρονες τάσεις περιλαμβάνεται και η σωστή συσκευασία των αλλαντικών ζύμωσης, προκειμένου να διασφαλιστεί η μεγαλύτερη δυνατή διάρκεια ζωής. Δεδομένου ότι η ζύμωση είναι μια διαδικασία, η οποία αλλάζει τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά κάποιων τροφίμων, προς βελτίωση της διατροφικής τους αξίας αλλά και προς παράταση του χρόνου ζωής τους. Αποτελεί αντίδραση που οφείλεται στα γαλακτικά βακτήρια. Όπως προαναφέρθηκε η ζύμωση μπορεί να επιτευχθεί είτε φυσικά, το οποίο είναι επίφοβο όσο αναφορά την κυριαρχία των επιθυμητών μικροοργανισμών, είτε με ελεγχόμενη καλλιέργεια. Έπειτα αφού ολοκληρωθεί η διεργασία της ζύμωσης, κρίνεται απαραίτητο τα προϊόντα που θα προκύψουν να διατηρηθούν σωστά, ώστε να φτάσουν στον καταναλωτή αναλλοίωτα και χωρίς κίνδυνο να τον βλάψουν. Για την διασφάλιση αυτού του σκοπού, η κατάλληλη επιλογή των συνθηκών διατήρησης των τροφίμων αυτών αλλά και η σωστή επιλογή υλικού για την συσκευασία τους κρίνεται αναγκαία.

Τα πλαστικά στις μέρες μας αποτελούν ένα αυτονόητο και τεράστιο μέρος της καθημερινότητας μας. Για την συσκευασία των τροφίμων χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο πλαστικά, δηλαδή πολυμερή με τη χρήση πρόσθετων. Τα πολυμερή είναι

σύνολα μεγάλων μορίων που παρασκευάζονται από την επανάληψη μικρών δομικών μονάδων συνδεδεμένες με ομοιοπολικούς δεσμούς, (πλήθος δομικών μονάδων > 10). Τα πλαστικά αποτελούν μείγματα πολυμερών και άλλων υλικών, μειώνοντας το κόστος παρασκευής τους και προσδίδοντας παράλληλα περισσότερες ιδιότητες σε σχέση με αυτές που διέθετε το αρχικό υλικό μας. (Καραγιαννίδης & Σιδερίδου, 2006)

Δεν είναι όλα όμως τα πολυμερή ικανά, παρόλο τις προσθήκες, να καταστούν ιδανικά για την συσκευασία τροφίμων. Τα πολυμερή που είναι ικανά να παρέχουν τις επιθυμητές ιδιότητες για να χρησιμοποιηθούν στη συσκευασία των τροφίμων ανήκουν στην κατηγορία των Θερμοπλαστικών. Θερμοπλαστικά είναι τα υλικά τα οποία μπορούν να μορφοποιηθούν με την αύξηση της θερμοκρασίας καθώς διαθέτουν σχετικά ασθενείς δεσμούς. Η αύξηση της θερμοκρασίας προσδίδει κινητικότητα στις αλυσίδες, ενώ οι δεσμοί χαλαρώνουν, και έτσι καθίσταται δυνατή η μορφοποίηση τους. Έπειτα κατά την ψύξη επανέρχονται ως ένα βαθμό στο αρχικό τους σχήμα. Υπάρχουν και τα Θερμοσκληρινόμενα, τα οποία μετά την πρώτη μορφοποίηση με αύξηση της θερμοκρασίας, δημιουργούν πολύ ισχυρούς δεσμούς καθιστώντας αδύνατη την περαιτέρω μορφοποίηση τους, για αυτό και είναι δύσχρηστα σε αυτή την εφαρμογή.

Τα κυριότερα πολυμερή που χρησιμοποιούνται για συσκευασία είναι τα εξής:

- Πολυολεφίνες (C_nH_{2n})
 - Πολυαιθυλένιο πολύ χαμηλής πυκνότητας (Very low density polyethylene -VLDPE)
 - Συσκευασίες κρέατος, πουλερικών, φαρμακευτικών
 - Πολυβουτυλένιο (Polybutylene - PB)
 - Φιλμ συσκευασίες τροφίμων
- Πολυολεφίνες – Συμπολυμερή Αιθυλενίου ($C_nH_{2n} + R$)
 - Συμπολυμερή αιθυλενίου / (μεθ-) ακρυλικού οξέος (Copoly (ethylene) / (meth-) acrylic acid – EAA/EMAA)
 - Συσκευασίες τροφίμων
 - Συμπολυμερή αιθυλενίου / οξικού βινυλεστέρα (Copoly (ethylene) / vinyl acetate – EVA)
 - Φύλλα συσκευασίας
 - Συμπολυμερή αιθυλενίου / βινυλικής αλκοόλης (Copoly (ethylene) / vinyl alcohol – EVOH)

- Συσκευασίες τροφίμων (κυρίως χυμοί τυροκομικά, κατεργασμένα φρούτα)
- Αλογονούχα Βινυλοπολυμερή ($C_2H_{0-3}R_{1-4}$ με $R = Cl, F, Me, CN, OAc, Ph$)
 - Πολυβινυλοχλωρίδιο (Poly(vinyl chloride) – PVC)
 - Συσκευασία τροφίμων
 - Πολυβινυλιδενοχλωρίδιο (Poly(vinylidenechloride) – PVDC)
 - Υλικό συσκευασίας τροφίμων
- Βινυλοπολυμερή με πολικές πλευρικές ομάδες
 - Πολυ(βινυλική αλκοόλη) (Poly(vinyl alcohol) – PVA)
 - Αδιαπέραστο στρώμα σε πολυστρωματικά φιλμ συσκευασίας
- Θερμοπλαστικοί πολυεστέρες
 - Πολυ(τερεφθαλικός αιθυλενεστέρας) (Poly(ethylene terephthalate) – PET)
 - Συσκευασίες τροφίμων
- Θερμοπλαστικοί συμπολυεστέρες
 - Πολυανθρακικοί εστέρες (Polycarbonates – PCs)
 - Συσκευασίες
 - Πολυαμίδια (Polyamides – PAs)
 - Φιλμ συσκευασίας (μικρή διαπερατότητα αερίων)
- Πολυαιθέρες
 - Πολυαιθυλενογλυκόλη ή πολυαιθυλενοξείδιο (Polyethyleneglycole - PEG or polyethylene oxide – PEO)
 - Φιλμ συσκευασίας (Παναγιώτου, 2006).

Ο σκοπός λοιπόν των πολυμερών αυτών και κατ' επέκταση των πλαστικών είναι να προστατεύει τα προϊόντα από τους εξωτερικούς παράγοντες. Η συσκευασία προφυλάσσει το τρόφιμο από τους παθογόνους μικροοργανισμούς και από τον αέρα ορισμένες φορές ανάλογα την προεργασία που έχει δεχθεί το προϊόν πιο πριν και τι απαιτεί για την καλύτερη διατήρηση του. Υπάρχουν δηλαδή συσκευασίες που επιτρέπουν τη διέλευση του αέρα ενώ άλλες όχι. Συνεπώς λοιπόν, όπως είναι εύκολα αντιληπτό δεν είναι όλες οι συσκευασίες κατάλληλες για την διατήρηση προϊόντων που έχουν υποστεί ζύμωση καθώς πρέπει να μπορούν να διατηρήσουν στις επιθυμητές συνθήκες το αλλαντικό. Προτιμώνται συσκευασίες που δεν διαπερνά το οξυγόνο αλλά περαιτέρω μελέτες διεξάγονται ακόμα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Για να πραγματοποιηθεί η διεργασία της ζύμωσης πρέπει στο προϊόν είτε να προϋπάρχει μια φυσική καλλιέργεια μικροοργανισμών είτε να προστεθεί μια για την εκκίνηση της.
- Η διαδικασία της ζύμωσης υπάγεται στην γαλακτική ζύμωση και αποτελεί μια αναερόβια διαδικασία.
- Είναι μια τεχνική συντήρησης των τροφίμων για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, παρέχοντας παράλληλα ασφάλεια στον καταναλωτή όσο αναφορά την κατανάλωση τους.
- Λόγω του χαμηλού κόστους η τεχνική αυτή τείνει να κυριαρχεί σε πολλούς τομείς παραγωγής ακόμα και σήμερα, όπως αυτός των γαλακτοκομικών προϊόντων αλλά και αυτός των αλλαντικών.
- Η ζύμωση παρεμποδίζει την ανάπτυξη παθογόνων ή/και αλλοιογόνων μικροοργανισμών και εξυγιαίνει συνεπώς το τελικό τρόφιμο.
- Κάποια βρώσιμα λόγω της διεργασίας αυτής είναι ικανά να παρέχουν περαιτέρω βοήθεια σε άλλα προβλήματα, όπως την υποβοήθηση της λειτουργίας του εντέρου χάρη σε προβιοτικούς μικροοργανισμούς, αλλά ακόμα μπορούν να βελτιώσουν το ανοσοποιητικό μας σύστημα.
- Η ζύμωση συνεπώς αλλάζει τα χαρακτηριστικά της πρώτης ύλης βελτιώνοντας τα στο προς κατανάλωση τελικό σκεύασμα.
- Για να παραχθεί ένα επιθυμητό προϊόν η ζύμωση πρέπει να πραγματοποιηθεί υπό πλήρως ελεγχόμενες συνθήκες. Αυτό στην φυσική ζύμωση δεν είναι πάντα εφικτό καθώς μπορεί να υπάρξουν και ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί.
- Εφόσον πρέπει να προβούμε σε φυσική ζύμωση η ρύθμιση του PH, της θερμοκρασίας και του αέρα είναι μονάχα μερικοί από τους παράγοντες ελέγχου της διαδικασίας.

Βιβλιογραφία

- Adams, M. R. (1990). Topical aspects of fermented foods. *Trends in Food Science & Technology, 1*, 140-144.
- Albano, H., van Reenen, C. A., Todorov, S. D., Cruz, D., Fraga, L., Hogg, T., ... & Teixeira, P. (2009). Phenotypic and genetic heterogeneity of lactic acid bacteria isolated from “Alheira”, a traditional fermented sausage produced in Portugal. *Meat Science, 82*(3), 389-398.
- Alonso, M. (2004). Efecto de la utilización de cultivos iniciadores de *Penicillium chrysogenum* Pg222, *Derbaryomyces hansenii* Dh345 y *Staphylococcus xylosus* Sx5EA en productos cárnicos. PhD Thesis, University of Extremadura, Cáceres, Spain
- Αμβροσιάδης, Ι. & Γεωργάκης, Σ. Α. (2005). Τεχνολογία παραγωγής προϊόντων κρέατος στο Σ.Α. Γεωργάκη, Κ.Π. Βαρελτζή, Ι.Α. Αμβροσιάδη, *Τεχνολογία τροφίμων ζωικής προέλευσης*, Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία, σελ. 418 – 461
- Amézquita, A., & Brashears, M. M. (2002). Competitive inhibition of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat meat products by lactic acid bacteria. *Journal of Food Protection, 65*(2), 316-325.
- Ammor, M. S., & Mayo, B. (2007). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as functional starter cultures in dry sausage production: An update. *Meat science, 76*(1), 138-146.
- Arihara, K., Ota, H., Itoh, M., Kondo, Y., Sameshima, T., Yamanaka, H., ... Miki, T. (1998). *Lactobacillus acidophilus* Group Lactic Acid Bacteria Applied to Meat Fermentation. *Journal of Food Science, 63*(3), 544–547. doi:10.1111/j.1365-2621.1998.tb15782.x
- Aymerich, T., Martín, B., Garriga, M., Vidal-Carou, M. C., Bover-Cid, S., & Hugas, M. (2006). Safety properties and molecular strain typing of lactic acid bacteria from slightly fermented sausages. *Journal of Applied Microbiology, 100*(1), 40-49.

- Barmpalia, I. M., Koutsoumanis, K. P., Geornaras, I., Belk, K. E., Scanga, J. A., Kendall, P. A., Smith G. C., & Sofos, J. N., (2005). Effect of Antimicrobials as Ingredients of Pork Bologna for *Listeria Monocytogenes* Control during Storage at 4 or 10°C,” *Food Microbiology*, Vol. 22, 205-211. doi:10.1016/j.fm.2004.08.003
- Binzel, RM. (1980). Das Proteinasebildungsvermögen von fleischhygienisch bedeutsamen Arten der Gattung *Eurotium* Link ex Fries. PhD Thesis, Justus Liebig University, Giessen, Germany
- Blandino, A., Al-Aseeri, M. E., Pandiella, S. S., Cantero, D., & Webb, C. (2003). Cereal-based fermented foods and beverages. *Food research international*, 36(6), 527-543.
- Bonomo, M. G., Ricciardi, A., Zotta, T., Parente, E., & Salzano, G. (2008). Molecular and technological characterization of lactic acid bacteria from traditional fermented sausages of Basilicata region (Southern Italy). *Meat Science*, 80(4), 1238-1248.
- Bruna, JM., Hierro, EM., De la Hoz, L., Mottram, DS., Fernández, M., & Ordóñez, JA. (2003). Changes in selected biochemical and sensory parameters as affected by the superficial inoculation of *Penicillium camemberti* on dry fermented sausages. *Int J Food Microbiol*, 85, 111–125.
- Buckenhuskes, H. J. (1993). Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as starter cultures for various food commodities. *FEMS Microbiology Reviews*, 12(1-3), 253–271. doi:10.1111/j.1574-6976.1993.tb00022.x
- Γεωργάκης, Σ.Α. (2005). *Το κρέας και τα προϊόντα του*. Θεσσαλονίκη: Σύγχρονη Παιδεία., p. 747,748,750.
- Γιαβάσης, Ι. (2019). *Σημειώσεις Θεωρίας Τεχνολογίας & Ποιοτικού Ελέγχου Ζυμούμενων Τροφίμων*. Καρδίτσα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Campbell-Platt, G. (1987). *Fermented foods of the world. A dictionary and guide*. Butterworths.
- Centers for Disease Control and Prevention (2001). Public Health Dispatch: Outbreak of Listeriosis—Northeastern United States, *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 51, 950-951.

- Centers for Disease Control and Prevention (2010). Investigation Update: Multistate Outbreak of Human Salmonella Montevideo Infections, <http://www.cdc.gov/salmonella/montevideo/index.html>
- Cleveland, J., Montville, T.J., Nes, I.F. & Chikindas, M.L. (2001). Bacteriocins: safe, natural antimicrobials for food preservation. *Int J Food Microbiol.* 71(1), 1-20. doi: 10.1016/s0168-1605(01)00560-8.
- Code of Federal Regulations (2009). Title 9-Animals and Animal Products. Part 424, Preparation and Processing Operations,” The Office of the Federal Register, the US National Archives and Records Administration, College Park, MD.
- Comi, G., Urso, R., Iacumin, L., Rantsiou, K., Cattaneo, P., Cantoni, C., & Cocolin, L. (2005). Characterisation of naturally fermented sausages produced in the North East of Italy. *Meat Science*, 69(3), 381-392.
- De Vuyst, L., & Leroy, F. (2007). Bacteriocins from lactic acid bacteria: production, purification, and food applications. *Journal of molecular microbiology and biotechnology*, 13(4), 194-199.
- Dorn-In, S., Hölzel, C. S., Janke, T., Schwaiger, K., Balsliemke, J., & Bauer, J. (2013). PCR-SSCP-based reconstruction of the original fungal flora of heat-processed meat products. *International journal of food microbiology*, 162(1), 71-81.
- Drosinos, E. H., Mataragas, M., Xiraphi, N., Moschonas, G., Gaitis, F., & Metaxopoulos, J. (2005). Characterization of the microbial flora from a traditional Greek fermented sausage. *Meat Science*, 69(2), 307–317. doi:10.1016/j.meatsci.2004.07.012
- EFSA (2011). Scientific opinion on risk based control of biogenic amine formation in fermented foods. *EFSA J.* 9, 2393–2486
- Encinas, J. P., López-Díaz, T. M., García-López, M. L., Otero, A., & Moreno, B. (2000). Yeast populations on Spanish fermented sausages. *Meat Science*, 54(3), 203-208.
- Everson, C. W., Danner, W. E., & Hammes, P. A. (1970). Bacterial starter cultures in sausage products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 18(4), 570-571.

- FDA – Food and Drug Administration. (2019). *Generally Recognized as Safe (GRAS)* [online] διαθέσιμο στη διεύθυνση <https://www.fda.gov/food/food-ingredients-packaging/generally-recognized-safe-gras> πρόσβαση 3/2/2022.
- Flores, M., Durá, M. A., Marco, A., & Toldrá, F. (2004). Effect of *Debaryomyces* spp. on aroma formation and sensory quality of dry-fermented sausages. *Meat science*, 68(3), 439-446.
- Gadaga, T. H., Mutukumira, A. N., Narvhus, J. A., & Feresu, S. B. (1999). A review of traditional fermented foods and beverages of Zimbabwe. *International journal of food microbiology*, 53(1), 1-11.
- Gardini, F., Özogul, Y., Suzzi, G., Tabanelli, G., & Özogul, F. (2016). Technological factors affecting biogenic amine content in foods: A review. *Front. Microbiol.* 7, 1218.
- Geisen, R., Luecke, F. K., & Kröckel, L. (1992). Starter and protective cultures for meat and meat products. *Fleischwirtschaft (Frankfurt)*, 72(6), 894-898.
- Gobbetti, M., De Angelis, M., Di Cagno, R., Mancini, L., & Fox, P.F. (2015). Pros and cons for using non-starter lactic acid bacteria (NSLAB) as secondary/adjunct starters for cheese ripening. *Trends Food Sci. Technol.* 45, 167–178
- Gram Stain Protocol (pdf). Med-Chem.com. [online] Διαθέσιμο στη διεύθυνση <https://web.archive.org/web/20110716152659/http://www.med-chem.com/procedures/GRAMSTAIN.pdf>. πρόσβαση 15/02/2022.
- Greco, M., Mazzette, R., De Santis, E. P. L., Corona, A., & Cosseddu, A. M. (2005). Evolution and identification of lactic acid bacteria isolated during the ripening of Sardinian sausages. *Meat Science*, 69(4), 733-739.
- Guerrero, I., & Taylor, A. J. (1994). Meat surface decontamination using lactic acid from chemical and microbial sources. *LWT-Food Science and Technology*, 27(3), 201-209.
- Hu, Y., Li, Y., Li, X. A., Zhang, H., Chen, Q., & Kong, B. (2022). Application of lactic acid bacteria for improving the quality of reduced-salt dry fermented sausage: Texture, color, and flavor profiles. *LWT – Food Science and Technology*, 154, 112723.

- Hugas, M., Garriga, M., & Aymerich, M. T. (2003). Functionality of enterococci in meat products. *International journal of food microbiology*, 88(2-3), 223-233.
- Hwang C.-A. & M. L. Tamplin, M. L., (2007). Modeling the Lag Phase and Growth Rate of *Listeria Monocytogenes* in Ground Ham Containing Sodium Lactate and Sodium Diacetate at Various Storage Temperatures, *Journal of Food Science*, Vol. 72, M246-M253.
- Hwang, C-A., Sheen, S. & Juneja, V. (2011). Effects of Sodium Lactate on the Survival of *Listeria Monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Salmonella* spp. in Cooked Ham at Refrigerated and Abuse Temperatures, *Food and Nutrition Sciences*, 464-470 10.4236/fns.2011.25066
- Iacumin, L., Comi, G., Cantoni, C., & Cocolin, L. (2006). Ecology and dynamics of coagulase-negative cocci isolated from naturally fermented Italian sausages. *Systematic and applied microbiology*, 29(6), 480-486.
- Incze, K. (2004). Mold-ripened sausages. *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-*, 417-428.
- Irlinger, F. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: coagulase-negative staphylococci. *International journal of food microbiology*, 126(3), 302-310.
- Jairath, G., Singh, P.K., Dabur, R.S., Rani, M., & Chaudhari, M. (2015). Biogenic amines in meat and meat products and its public health significance: A review. *J. Food Sci. Technol.* 52, 6835–6846.
- Jessen, B. (1995). Starter cultures for meat fermentations. In *Fermented meats* (pp. 130-159). Springer, Boston, MA.
- Kabak, B., & Dobson, A. D. (2011). An introduction to the traditional fermented foods and beverages of Turkey. *Critical reviews in food science and nutrition*, 51(3), 248-260.
- Kumar, P., Chatli, M. K., Verma, A. K., Mehta, N., Malav, O. P., Kumar, D., & Sharma, N. (2015). *Quality, functionality, and shelf life of fermented meat and meat products: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(13), 2844–2856. doi:10.1080/10408398.2015.1074533
- Καραγιαννίδης, Γ. & Σιδερίδου, Ε. (2006). *Χημεία Πολυμερών*. Αθήνα: Ζήτη

- Κατσανίδης Ε., *Τεχνολογία Κρέατος και προϊόντων, πανεπιστημιακές παραδόσεις*, p. 16.
- Klaenhammer, T. R. (1988). Bacteriocins of lactic acid bacteria. *Biochimie*, 70(3), 337-349.
- Latorre-Moratalla, M.L., Bover-Cid, S., Talon, R., Garriga, M., Aymerich, T., Zanardi, E., Ianieri, A., Fraqueza, M.J., Elias, M., Drosinos, E.H. et al. (2010). Distribution of aminogenic activity among potential autochthonous starter cultures for dry fermented sausages. *J. Food Prot.*, 73, 524–525.
- Leroy, F., Verluyten, J., & De Vuyst, L. (2006). Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation. *International journal of food microbiology*, 106(3), 270-285.
- Leroy, S., Giammarinaro, P., Chacornac, J. P., Lebert, I., & Talon, R. (2010). Biodiversity of indigenous staphylococci of naturally fermented dry sausages and manufacturing environments of small-scale processing units. *Food Microbiology*, 27(2), 294-301.
- Leroy, S., Lebert, I., & Talon, R. (2014). Microorganisms in traditional fermented meats. *Handbook of fermented meat and poultry*, 97-105.
- Lianou, A., Geornaras, I., Kendall, P. A., Scanga, J. A., & Sofos, J. N. (2007). Behavior of *Listeria Monocytogenes* at 7°C in Commercial Turkey Breast, with or without Antimicrobials, after Simulated Contamination for Manufacturing, Retail and Consumer Settings, *Food Microbiology*, 24(5), 433-443. doi:10.1016/j.fm.2006.11.002
- Lücke, F. K. (1994). Fermented meat products. *Food Research International*. 27. Pp 299-307.
- Lücke, F. K. (1998). Fermented sausages. In *Microbiology of fermented foods* (pp. 441-483). Springer, Boston, MA.
- Maks, N., Zhu, L., Juneja, V., & Ravishankar, S., (2010). Sodium Lactate, Sodium Diacetate and Pediocin: Effect and Interactions on the Thermal Inactivation of *Listeria Monocytogenes* on Bologna,” *Food Microbiology*, 27 (1), 64-69. doi:10.1016/j.fm.2009.08.004

- Martín, A., Colín, B., Aranda, E., Benito, M. J., & Córdoba, M. G. (2007). Characterization of Micrococcaceae isolated from Iberian dry-cured sausages. *Meat Science*, 75(4), 696-708.
- Marusic, N., Petrovic, M., Vidacek, S., Petrak, T., & Medic, H. (2011). Characterization of traditional Istrian dry-cured ham by means of physical and chemical analyses and volatile compounds. *Meat Sci*, 88, 786–790.
- Medina-Pradas, E. & Arroyo-López, F.N. (2015). Presence of toxic microbial metabolites in table olives. *Front. Microbiol.* 6, 873
- Metaxopoulos, J., Stavropoulos, S., Kakouri, A., & Samelis, J. (1996). Yeasts isolated from traditional Greek dry salami. *Italian journal of food science*, 8(1), 25-32.
- Morot-Bizot, S. C., Leroy, S., & Talon, R. (2006). Staphylococcal community of a small unit manufacturing traditional dry fermented sausages. *International journal of food microbiology*, 108(2), 210-217.
- Μπλούκας, Ι. Γ. (2004). *Επεξεργασία και Συντήρηση Τροφίμων*. Θεσσαλονίκη: Σταμούλη.
- Μπλούκας, Ι. Γ. (2007). *Τεχνολογία κρέατος*. Θεσσαλονίκη: Σταμούλη.
- Neetoo, H., Ye, M., & Chen, H. (2010). Bioactive Alginate Coatings to Control *Listeria Monocytogenes* on Cold Smoked Salmon Slices and Fillets, *International Journal of Food Microbiology*, 136(3), 326- 331. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2009.10.003
- Ogier, J. C., & Serror, P. (2008). Safety assessment of dairy microorganisms: the *Enterococcus* genus. *International journal of food microbiology*, 126(3), 291-301.
- Ojha, S. & Kostrzynska, M. (2007). Approaches for Reducing Salmonella in Pork Production,” *Journal of Food Protection*, 70(11), 2676-2694.
- Oliveira, M., Ferreira, V., Magalhães, R., & Teixeira, P. (2018). Biocontrol strategies for Mediterranean-style fermented sausages. *Food Research International*, 103, 438-449.

- Ordóñez, J. A., Hierro, E. M., Bruna, J. M., & Hoz, L. D. L. (1999). Changes in the components of dry-fermented sausages during ripening. *Critical reviews in food science and nutrition*, 39(4), 329-367.
- Παναγιώτου, Κ. (2006). *Επιστήμη και Τεχνολογία Πολυμερών*. Αθήνα: Πήγασος
- Papamanoli, E., Tzanetakis, N., Litopoulou-Tzanetaki, E., & Kotzekidou, P. (2003). Characterization of lactic acid bacteria isolated from a Greek dry-fermented sausage in respect of their technological and probiotic properties. *Meat Science*, 65(2), 859–867. doi:10.1016/s0309-1740(02)00292-9
- Papavergou, E. J. (2011). Biogenic amine levels in dry fermented sausages produced and sold in Greece. *Procedia Food Science*, 1, 1126-1131.
- Pereira, C.I., Matos, D., Romão, M.V.S., & Barreto Crespo, M.T. (2009). Dual role for the tyrosine decarboxylation pathway in *Enterococcus faecium* E17: Response to an acid challenge and generation of a proton motive force. *Appl. Environ. Microbiol.* 75, 345–352.
- Pérez, AS., Ruiz, AG., Contreras, CM., & Ibáñez, MDC. (2003). Separation and identification of sarcoplasmic proteins from hams from three White pig crosses containing Duroc. *Eur Food Res Technol*, 216, 193–198.
- Perez, M., Calles-Enríquez, M., Nes, I., Martin, M.C., Fernández, M., Ladero, V., Alvarez, M.A. (2015). Tyramine biosynthesis is transcriptionally induced at low pH and improves the fitness of *Enterococcus faecalis* in acidic environments. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 99, 3547–3558.
- Porto-Fett, A. C. S., Campano, S. G., Smith, J. L., Oser, A., Shoyer, B., Call J. E., & Luchansky, J. B. (2010). Control of *Listeria Monocytogenes* on Commercially-Produced Frankfurters Prepared with and without Potassium Lactate and Sodium Diacetate and Surface Treated with Lauric Arginate Using the Sprayed Lethality in Container (SLIC®) Delivery Method, *Meat Science*, 85 (2), 312-318.doi:10.1016/j.meatsci.2010.01.020
- Poveda, J.M., Ruiz, P., Seseña, S., Palop, M.L (2017). Occurrence of biogenic amine-forming lactic acid bacteria during a craft brewing process. *LWT-Food Sci. Technol.*, 85, 129–136.

- Quilo, S. A., Pohlman, F. W., Dias-Morse, P. N., Brown, A. H., Crandall, P. G., & Story, R. P. (2010). Microbial, Instrumental Color and Sensory Characteristics of Inoculated Ground Beef Produced Using Potassium Lactate, Sodium Metasilicate or Peroxyacetic Acid as Multiple Antimicrobial Interventions,” *Meat Science*, 84, 470-476. doi:10.1016/j.meatsci.2009.09.018
- Rantsiou, K. & Cocolin, L. (2004). New developments in the study of the microbiota of naturally fermented sausages as determined by molecular methods: A review. *International Journal of Food Microbiology*. 108. pp. 255-267.
- Rantsiou, K., Drosinos, E. H., Gialitaki, M., Urso, R., Krommer, J., Gasparik-Reichardt, J., ... & Cocolin, L. (2005). Molecular characterization of *Lactobacillus* species isolated from naturally fermented sausages produced in Greece, Hungary and Italy. *Food Microbiology*, 22(1), 19-28.
- Raybaudi-Massilia, R. M., Mosqueda-Melgar, J., Sobrino-Lopez, A., Soliva-Fortuny, R., & Martin-Belloso, O. (2009). Use of Malic Acid and Other Quality Stabilizing Compounds to Assure The Safety of Fresh-Cut ‘Fuji’ Apples by Inactivation of *Listeria Monocytogenes*, *Salmonella Enteritidis* and *Escherichia Coli* O157:H7,” *Journal of Food Safety*, 29(2), 236-252. doi:10.1111/j.1745-4565.2009.00153.x
- Romano, A., Ladero, V., Alvarez, M.A., & Lucas, P.M., (2014). Putrescine production via the ornithine decarboxylation pathway improves the acid stress survival of *Lactobacillus brevis* and is part of a horizontally transferred acid resistance locus. *Int. J. Food Microbiol.*, 175, 14–19.
- Rossi, F., Gardini, F., Rizzotti, L., La Gioia, F., Tabanelli, G., & Torriani, S. (2011). Quantitative analysis of histidine decarboxylase gene (*hdcA*) transcription and histamine production by *Streptococcus thermophilus* PRI60 under conditions relevant to cheese making. *Appl. Environ. Microbiol.* 77, 2817–2822
- Rouhi, M., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (2011). Probiotic Fermented Sausage: Viability of Probiotic Microorganisms and Sensory Characteristics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(4), 331–348. doi:10.1080/10408398.2010.531407

- Samelis, J., Aggelis, G., & Metaxopoulos, J. (1993). Lipolytic and microbial changes during the natural fermentation and ripening of Greek dry sausages. *Meat science*, 35(3), 371-385.
- Santos, N. N., Santos-Mendonça, R. C., Sanz, Y., Bolumar, T., Aristoy, M. C., & Toldrá, F. (2001). Hydrolysis of pork muscle sarcoplasmic proteins by *Debaryomyces hansenii*. *International Journal of Food Microbiology*, 68(3), 199-206.
- Schmidt, S., & Berger, R. G. (1998). Aroma compounds in fermented sausages of different origins. *LWT-Food Science and Technology*, 31(6), 559-567.
- Scolari, G., Sarra, PG., Baldini P. (2003). Mikrobiologija suhega mesa. In: Bem Z, Adamic J, Zlender B, Smole S, Gasperlin L (eds) Mikrobiologija zivil zivalskega izvora, Biotehniška fakulteta. Oddelek za zivilstvo, Ljubljana, 351–362.
- Selgas, MD., Casas, C., Toledo, VM., García, ML. (1999). Effect of selected moulds strains on lipolysis in dry fermented sausages. *Eur Food Res Technol* 209, 360–365.
- Simango, C. (1997). Potential use of traditional fermented foods for weaning in Zimbabwe. *Social Science & Medicine*, 44(7), 1065-1068.
- Singh, V. P., Pathak, V., & Verma, A. K. (2012). Fermented meat products: Organoleptic qualities and biogenic. *American Journal of food technology*, 7(5), 278-288.
- Sommers, C. H., Cooke, P. H., Fan X. & Sites, J. E. (2009). Ultraviolet Light (254 nm) Inactivation of *Listeria Monocytogenes* on Frankfurters That Contain Potassium Lactate and Sodium Lactate,” *Journal of Food Science*, 74 (3), M114-M119.
- Stiles, M.E. & Holzapfel, W.H. (1997). Lactic Acid Bacteria of Foods and Their Current Taxonomy. *International Journal of Food Microbiology*, 36, 1-29. [https://doi.org/10.1016/S0168-1605\(96\)01233-0](https://doi.org/10.1016/S0168-1605(96)01233-0).
- Talon, R., & Leroy, S. (2011). Diversity and safety hazards of bacteria involved in meat fermentations. *Meat science*, 89(3), 303-309.

- Talukder, S. (2015). Effect of Dietary Fiber on Properties and Acceptance of Meat Products: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(7), 1005–1011. doi:10.1080/10408398.2012.682230
- Tamura, A., Ohashi, N., Urakami, H., & Miyamura, S. (1995). Classification of *Rickettsia tsutsugamushi* in a New Genus, *Orientia* gen. nov., as *Orientia tsutsugamushi* comb. nov. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 45(3), 589–591. doi:10.1099/00207713-45-3-589.
- The Food Safety and Inspection Service, US Department of Agriculture, (2007). Updated: New Jersey firm Expands Recall of Ground Beef Products Due to Possible *E. coli* O157:H7 Contamination, http://www.fsis.usda.gov/PDF/Recall_040_2007_Exp_Update.pdf.
- The International Commission on Microbiological Specifications for Foods (1996). Intestinally Pathogenic *Escherichia Coli*,” In: T. A. Robert, A. C. Baird-Parker and R. B. Tompkin, Eds., *Microorganisms in Foods 5: Characteristics of Microbial Pathogens*, Blackie Academic and Professional, London, p. 131.
- Thompson, R. L., Carpenter, C. E., Martini, S. & Broadbent, J. R. (2008). Control of *Listeria Monocytogenes* in Ready-to-Eat Meats Containing Sodium Levulinate, Sodium Lactate, or a Combination of Sodium Lactate and Sodium Diacetate, *Journal of Food Science*, 78(5), M239-M244.
- Toldrá, F. (2017). *The Storage and Preservation of Meat. Lawrie’s Meat Science*, 265–296. doi:10.1016/b978-0-08-100694-8.00009-1
- Toledano, A., Jordano, R., López, C., & Medina, LM. (2011). Proteolytic activity of lactic acid bacteria strains and fungal biota for potential use as starter cultures in dry-cured ham. *J Food Protect*, 74, 826–829.
- Toledo, VM., Selgas, MD., Casas, MC., Fernández, M., & García, ML. (1996). Cambios en la fracción de ácidos grasos libres en embutidos con mohos. X Congreso Nacional de Microbiología de Alimentos, Valencia (Spain), p 97
- Torriani, S., Felis, G.E., & Fracchetti, F. (2001). Selection criteria and tools for malolactic starters development: An update. *Annual Microbiology.*, 61, 33–39
- Ukuku, D. O., Bari, M. L., Kawamoto, S., & Isshiki, K. (2005). Use of Hydrogen Peroxide in Combination with Nisin, Sodium Lactate and Citric Acid for

- Reducing Transfer of Bacterial Pathogens from Whole Melon Surfaces to Fresh-Cut Pieces, *International Journal Food Microbiology*, 104(2), 225-233. doi:10.1016/j.ijfoodmicro.2005.01.016
- Von Wright, A. & Axelsson, L. (2011). Lactic Acid Bacteria: An Introduction. In: Lahtinen, S., Ouwehand, A.C., Salminen, S. and Von Wright, A., Eds., *Lactic Acid Bacteria: Microbiological and Functional Aspects*, Fourth Edition. CRC Press, Boca Raton, 1-15.
- Weckx, S., Allemeersch, J., Van der Meulen, R., Vrancken, G., Huys, G., Vandamme, P., ... & De Vuyst, L. (2009). Development and validation of a species-independent functional gene microarray that targets lactic acid bacteria. *Applied and environmental microbiology*, 75(20), 6488-6495.
- Wunderlichová, L., Bunková, L., Koutný, M., Jancová, P., & Bunka, F. (2014). Formation, degradation, and detoxification of putrescine by foodborne bacteria: A review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 13, 1012–1033.
- Zagorec, M., & Champomier-Vergès, M. C. (2017). *Lactobacillus sakei*: A starter for sausage fermentation, a protective culture for meat products. In *Microorganisms* (Vol. 5, Issue 3). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/microorganisms5030056>.
- Zhao, C., Ge, B., De Villena, J., Sudler, R., Yeh, E., Zhao, S., White, D. G., Wagner, D., & Meng, J. (2001). Prevalence of *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, and *Salmonella* Serovars in Retail Chicken, Turkey, Pork and Beef from the Greater Washington D.C. Area, *Applied and Environmental Microbiology*, 67(12) 5431-5436. doi:10.1128/AEM.67.12.5431-5436.2001