



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Ποιοτικός έλεγχος σε παρασκεύασμα κιμά εστιάζοντας στη
μικροβιολογική απόδοση του Διοξεικού Νατρίου για τη βελτίωση
της ασφάλειας και υγιεινής του προϊόντος»**

ΣΑΠΟΥΝΤΖΑΚΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ

Επιτροπή επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπων Καθηγητής:

ΜΠΕΣΣΕΡΗΣ ΓΕΩΓΙΟΣ

Συν- Επιβλέπων Καθηγητής:

ΤΣΑΡΟΥΧΑΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ, ΜΑΡΤΙΟΣ 2025



Η παρούσα μελέτη αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας Κωνσταντίνας Σαπουντζάκης που την εκπόνησε και την συνέγραψε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία διερευνά την επίδραση του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιολογική σταθερότητα, τη φυσικοχημική ποιότητα και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κιμά, με στόχο την παράταση της διάρκειας ζωής του και την ενίσχυση της ασφάλειάς του. Η χρήση συντηρητικών στα προϊόντα κρέατος αποτελεί κοινή πρακτική στη βιομηχανία τροφίμων, με σκοπό την αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών και την πρόληψη αλλοιώσεων. Στο πλαίσιο αυτό, το διοξειδικό νάτριο έχει αναγνωριστεί για την αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική του δράση, καθιστώντας το μία πολλά υποσχόμενη επιλογή για τη συντήρηση προϊόντων κιμά.

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του, παρασκευάστηκαν και αναλύθηκαν δείγματα κιμά με και χωρίς την προσθήκη διοξειδίου νατρίου, τα οποία αποθηκεύτηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες και εξετάστηκαν σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα (0, 2, 5, 7 και 10 ημέρες). Οι αναλύσεις περιέλαβαν μικροβιολογικούς ελέγχους, φυσικοχημικές μετρήσεις (pH, υγρασία, λιπαρότητα) και οργανοληπτική αξιολόγηση των δειγμάτων, ώστε να καταγραφούν οι πιθανές μεταβολές στα χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το διοξειδικό νάτριο επιβράδυνε σημαντικά την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. και *Enterobacteriaceae*, διατηρώντας το μικροβιακό φορτίο σε χαμηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με το δείγμα αναφοράς (Blank). Επιπλέον, η ολική βακτηριακή χλωρίδα (OMX) αναπτύχθηκε με χαμηλότερο ρυθμό στα δείγματα με διοξειδικό νάτριο, γεγονός που υποδηλώνει καθυστέρηση της μικροβιακής αλλοίωσης και ενισχυμένη ασφάλεια τροφίμων.

Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, το διοξειδικό νάτριο συνέβαλε στη διατήρηση της υγρασίας του κιμά, περιορίζοντας την αφυδάτωση κατά την αποθήκευση. Το pH μειώθηκε σταδιακά σε όλα τα δείγματα, όμως η πτώση ήταν πιο σταθερή στον κιμά με διοξειδικό νάτριο, γεγονός που ενίσχυσε τη συντηρητική του δράση. Η λιπαρότητα δεν επηρεάστηκε σημαντικά, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι η προσθήκη του συντηρητικού δεν αλλοιώνει τη σύσταση του προϊόντος.



Στην οργανοληπτική αξιολόγηση, δεν παρατηρήθηκαν αρνητικές επιπτώσεις στην υφή ή τη οσμή του κιμά. Η μικρή όξινη νότα που παρατηρήθηκε σε ορισμένα δείγματα με διοξεικό νάτριο ήταν ανεπαίσθητη και δεν επηρέασε τη συνολική αποδοχή του προϊόντος. Επίσης, το χρώμα του κιμά παρέμεινε σταθερό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, καθώς το διοξεικό νάτριο παρουσίασε ήπια αντιοξειδωτική δράση, αποτρέποντας την οξείδωση των λιπιδίων.

Συνολικά, τα ευρήματα της μελέτης επιβεβαιώνουν ότι το διοξεικό νάτριο αποτελεί μία αποτελεσματική επιλογή για τη συντήρηση του κιμά, προσφέροντας παράταση της διάρκειας ζωής, βελτίωση της μικροβιολογικής ασφάλειας και διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στα φυσικά και οργανοληπτικά του χαρακτηριστικά. Η εφαρμογή του μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση των διαδικασιών παραγωγής στη βιομηχανία κρέατος, παρέχοντας μία ασφαλή και φυσικά συμβατή λύση για την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κιμά. Παράλληλα, η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα επικεντρώνεται στην αξιολόγηση της δράσης του σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα αποθήκευσης, καθώς και στη σύγκρισή του με άλλα φυσικά και συνθετικά συντηρητικά.



Λέξεις - Κλειδιά: παρασκεύασμα κιμά, διοξεικό νάτριο, μικροβιολογική ανάλυση, μικροβιακό φορτίο, παθογόνοι μικροοργανισμοί, οργανοληπτικά-φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, κανονισμοί και πρότυπα τροφίμων, έλεγχος ποιότητας, ασφάλεια τροφίμων



Abstract

This dissertation investigates the effect of sodium diacetate on the microbiological stability, physicochemical quality, and organoleptic characteristics of minced meat, aiming to extend its shelf life and enhance its safety. The use of preservatives in meat products is a common practice in the food industry to inhibit the growth of pathogenic microorganisms and prevent spoilage. In this context, sodium diacetate has been recognized for its antimicrobial and antioxidant properties, making it a promising option for preserving minced meat products.

To evaluate its effectiveness, minced meat samples with and without the addition of sodium diacetate were prepared and analyzed under controlled storage conditions. The samples were examined at predetermined time intervals (0, 2, 5, 7, and 10 days). The analyses included microbiological testing, physicochemical measurements (pH, moisture, fat content), and organoleptic evaluation to document potential changes in the product's characteristics.

The results demonstrated that sodium diacetate significantly inhibited the growth of pathogenic microorganisms such as *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp., and *Enterobacteriaceae*, maintaining microbial load at lower levels compared to the control sample (Blank). Additionally, the total microbial flora (TMC) developed at a slower rate in the samples containing sodium diacetate, indicating delayed microbial spoilage and enhanced food safety.

Regarding physicochemical properties, sodium diacetate contributed to the retention of moisture in minced meat, reducing dehydration during storage. The pH gradually decreased in all samples; however, the reduction was more pronounced in minced meat with sodium diacetate, reinforcing its preservative effect. Fat content remained largely unaffected, confirming that the addition of this preservative does not alter the product's composition.

In the organoleptic evaluation, no adverse effects were observed on the texture or aroma of the minced meat. A slight acidic note was detected in some samples containing sodium diacetate, but it was subtle and did not impact overall product acceptance. Furthermore, the



color of the minced meat remained stable for a longer period, as sodium diacetate exhibited mild antioxidant activity, preventing lipid oxidation.

Overall, the study's findings confirm that sodium diacetate is an effective option for preserving minced meat, extending its shelf life, improving microbiological safety, and maintaining product quality without negatively affecting its physical or organoleptic characteristics. Its application could enhance meat industry production processes, providing a safe and naturally compatible solution for prolonging the shelf life of minced meat products. Future research should focus on evaluating its effects over extended storage periods and comparing its performance with other natural and synthetic preservatives.



Keywords: minced meat preparation, sodium diacetate, microbiological analysis, microbial load, pathogenic microorganisms, organoleptic-physicochemical characteristics, food regulations and standards, quality control, food safety



Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	6
Περιεχόμενα.....	9
Κατάλογος Πινάκων.....	12
Κατάλογος Σχημάτων.....	13
Συντομογραφίες και Ακρωνύμια.....	14
Εισαγωγή.....	15
Κεφάλαιο 1.Γενική παρουσίαση του κιμά ως τρόφιμο.....	21
1.1 Βασικά χαρακτηριστικά και σύσταση.....	21
1.2 Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και απειλές.....	23
1.2.1 Salmonella spp.....	23
1.2.2 Escherichia coli O157:H7.....	24
1.2.3 Listeria monocytogenes.....	25
1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα.....	27
1.3.1 Παράγοντες που σχετίζονται με το ζώο.....	27
1.3.2 Παράγοντες που σχετίζονται με τη σφαγή και την επεξεργασία.....	28
1.3.3 Παράγοντες που σχετίζονται με τη μικροβιολογική ασφάλεια.....	28
1.3.4 Παράγοντες που σχετίζονται με την αποθήκευση και τη διανομή.....	28



1.3.5 Παράγοντες που σχετίζονται με την χρήση πρόσθετων.....	29
1.4 Μέθοδοι διατήρησης και επεξεργασίας.....	30
1.5 Κανονισμοί και πρότυπα ασφαλείας.....	32
Κεφάλαιο 2. Ο ρόλος του διοξειδίου νατρίου στον κιμά.....	34
2.1 Χημική σύνθεση και λειτουργία.....	34
2.2 Αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση.....	35
2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα.....	38
2.4 Σύγκριση με άλλα πρόσθετα.....	39
2.5 Νομοθεσία και επιτρεπόμενα όρια χρήσης.....	42
Κεφάλαιο 3.Μικροβιολογικός έλεγχος και ασφάλεια κιμά.....	46
3.1 Παθογόνοι μικροοργανισμοί και επιπτώσεις στην υγιεινή.....	46
3.2 Διαχείριση κινδύνων στην παραγωγή κιμά.....	49
3.3 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροβίων (καλλιέργειες, PCR, ELISA).....	51
3.4 Μικροβιολογικά κριτήρια αποδοχής κιμά (CFU/g).....	54
Κεφάλαιο 4. Πειραματική διαδικασία.....	58
4.1 Η εξεταζόμενη εταιρεία.....	58
4.2 Διαδικασία παραγωγής.....	60
4.3 Περιγραφή της μεθοδολογίας παρασκευής κιμά.....	62
4.4 Εργαστηριακές διαδικασίες.....	67
4.5 Στατιστική ανάλυση.....	69
Κεφάλαιο 5.Αποτελέσματα και συζήτηση.....	83
5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων.....	83
5.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων με βιβλιογραφία.....	99



5.3 Επιπτώσεις στην ασφάλεια και την υγιεινή του κιμά.....	102
5.4 Κίνδυνοι και περιορισμοί στη χρήση του διοξειδίου νατρίου..	103
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και προτάσεις.....	105
6.1 Ανασκόπηση βασικών ευρημάτων.....	105
6.2 Εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων.....	107
6.3 Προτάσεις για βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και νέες μελέτες.....	111
6.4 Κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα.....	116
6.5 Βιβλιογραφία.....	120



Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Συγκριτική αξιολόγηση του διοξειδίου νατρίου με άλλα πρόσθετα.....	38
Πίνακας 2: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (cfu/g).....	69
Πίνακας 3: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (cfu/g).....	70
Πίνακας 4: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (OMX) (cfu/g).....	71
Πίνακας 5: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου <i>Listeria monocytogenes</i> (cfu/g).....	72
Πίνακας 6: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου <i>Salmonella spp</i> (cfu/g).....	73
Πίνακας 7: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου <i>Enterobacteriaceae</i> (cfu/g).....	74
Πίνακας 8: Δεδομένα μετρήσεων pH.....	76
Πίνακας 9: Δεδομένα μετρήσεων υγρασίας	76
Πίνακας 10: Δεδομένα μετρήσεων λιπαρότητας.....	77



Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξεικό Νάτριο 0,1% και Γαλακτικού Νάτριου (3%).....	69
Σχήμα 2: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξεικό Νάτριο 0,4% cfu/g.....	70
Σχήμα 3: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου OMX (cfu/g).....	72
Σχήμα 4: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου <i>Listeria monocytogenes</i> (cfu/g).....	73
Σχήμα 5: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου <i>Salmonella spp</i> (cfu/g).....	74
Σχήμα 6: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου <i>Enterobacteriaceae</i> (cfu/g).....	75
Σχήμα 7: Διάγραμμα τάσης pH.....	76
Σχήμα 8: Διάγραμμα τάσης υγρασίας %.....	77
Σχήμα 9: Διάγραμμα τάσης λιπαρότητας %.....	78



Συντομογραφίες και Ακρωνύμια

OMX	Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης
BPW	Buffered Peptone Water
CFU/g	Colony Forming Units per gram
DMAIC	(Define, Measure, Analyze, Improve, Control)
E. coli	Escherichia coli
ELISA	Enzyme-Linked Immunosorbent Assay
HACCP	Hazard Analysis and Critical Control Points
ISO	International Organization for Standardization
MAP	Modified Atmosphere Packaging
SPC	Statistical Process Control
PCA	Plate Count Agar
PCR	Polymerase Chain Reaction
VBNC	Viable But Non-Culturable



Εισαγωγή

Η διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων αποτελεί έναν από τους βασικότερους στόχους της βιομηχανίας τροφίμων και των ρυθμιστικών αρχών. Η αυξανόμενη παγκόσμια κατανάλωση επεξεργασμένων προϊόντων κρέατος, όπως ο κιμάς, σε συνδυασμό με την υψηλή του ευπάθεια στη μικροβιακή αλλοίωση, καθιστά αναγκαία τη διερεύνηση και εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων συντήρησης (Jay et al., 2020)., σε συνδυασμό με την υψηλή του ευπάθεια στη μικροβιακή αλλοίωση, καθιστά αναγκαία τη διερεύνηση και εφαρμογή αποτελεσματικών μεθόδων συντήρησης. Παράλληλα, η αυστηροποίηση των κανονισμών και η αυξανόμενη καταναλωτική απαίτηση για τρόφιμα με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής χωρίς τη χρήση συνθετικών προσθέτων εντείνει την ανάγκη για καινοτόμες προσεγγίσεις στην τεχνολογία τροφίμων.

Ο κιμάς αποτελεί ένα από τα πλέον ευπαθή τρόφιμα λόγω της μεγάλης επιφάνειας επαφής του με το περιβάλλον και της υψηλής περιεκτικότητας σε υγρασία και θρεπτικά συστατικά. Αυτές οι συνθήκες ευνοούν την ταχεία ανάπτυξη παθογόνων και αλλοιωγόνων μικροοργανισμών, όπως η *Salmonella* spp., το *Escherichia coli* O157:H7 και η *Listeria monocytogenes*. Η παρουσία αυτών των βακτηρίων δεν αποτελεί μόνο κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, αλλά επηρεάζει και τη συνολική ποιότητα του προϊόντος, καθώς οδηγεί σε αισθητές αλλαγές στην οργανοληπτική του σταθερότητα, τη σύσταση και την ασφάλεια κατανάλωσης.

Η μικροβιακή αλλοίωση στον κιμά μπορεί να εμφανιστεί ακόμη και μέσα σε 24-48 ώρες σε μη ελεγχόμενες συνθήκες αποθήκευσης, προκαλώντας αλλαγές στο χρώμα, την οσμή και τη γεύση του προϊόντος (Jay et al., 2020). Παράλληλα, η παρουσία παθογόνων βακτηρίων, όπως το *Escherichia coli* και η *Listeria monocytogenes*, έχει συνδεθεί με σοβαρά κρούσματα τροφιμογενών λοιμώξεων, ιδιαίτερα σε ευπαθείς πληθυσμούς (CDC, 2019). Οι λοιμώξεις αυτές μπορούν να έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία, ενώ συχνά οδηγούν σε νομικές κυρώσεις και οικονομικές απώλειες για τη βιομηχανία τροφίμων.



Επιπλέον, η κανονιστική συμμόρφωση καθιστά αναγκαία την αποτελεσματική διαχείριση των μικροβιακών φορτίων στα προϊόντα κιμά. Ο Κανονισμός (ΕΚ) 2073/2005 της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθορίζει τα μικροβιολογικά κριτήρια για την παρουσία παθογόνων στα τρόφιμα, επιβάλλοντας αυστηρούς περιορισμούς στα επίπεδα βακτηριακής επιμόλυνσης. Σε αυτό το πλαίσιο, η χρήση φυσικών ή ήπιων χημικών συντηρητικών, όπως το διοξεικό νάτριο και το γαλακτικό νάτριο, έχει προταθεί ως λύση για την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων κιμά και την ενίσχυση της ασφάλειάς τους (Zhang et al., 2017). Παρόλο που τα πρόσθετα αυτά είναι ευρέως χρησιμοποιούμενα, η αποτελεσματικότητά τους, καθώς και η επίδρασή τους στις οργανοληπτικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του κιμά, απαιτούν περαιτέρω διερεύνηση.

Η μικροβιακή αλλοίωση των τροφίμων αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη βιωσιμότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων, τόσο σε επίπεδο παραγωγής όσο και σε επίπεδο διανομής και κατανάλωσης (Rahman et al., 2022). Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO, 2021), τα τροφιμογενή νοσήματα ευθύνονται για εκατομμύρια κρούσματα κάθε χρόνο, με σημαντικό ποσοστό αυτών να αποδίδεται στην κατανάλωση μολυσμένων προϊόντων κρέατος (Scallan et al., 2011). Επιπλέον, οι οικονομικές απώλειες που προκύπτουν από την απόσυρση αλλοιωμένων προϊόντων, την ανάγκη για αυστηρότερη επιτήρηση και τις νομικές επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν από τροφιμογενείς δηλητηριάσεις, καθιστούν την ανάγκη για αποτελεσματικούς τρόπους συντήρησης πιο επιτακτική από ποτέ.

Η έρευνα γύρω από την ανάπτυξη και χρήση φυσικών συντηρητικών, όπως το διοξεικό νάτριο (sodium diacetate), έχει αποκτήσει ιδιαίτερη σημασία τα τελευταία χρόνια, καθώς τα συντηρητικά αυτά μπορούν να προσφέρουν προστασία έναντι των μικροοργανισμών, χωρίς να επηρεάζουν σημαντικά τις φυσικές ιδιότητες του τροφίμου.

Η χρήση οργανικών οξέων, όπως το γαλακτικό και το διοξεικό νάτριο, έχει ερευνηθεί εκτενώς όσον αφορά τη μικροβιακή σταθερότητα των προϊόντων κρέατος (Sofos, 2008; Zhang et al., 2017). Προηγούμενες μελέτες έχουν δείξει ότι αυτά τα συντηρητικά μπορούν να περιορίσουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής



του κιμά και άλλων ευπαθών προϊόντων. Ωστόσο, πολλές από αυτές τις μελέτες επικεντρώνονται σε απομονωμένα μικροβιακά στελέχη και σε συγκεκριμένες συνθήκες αποθήκευσης, χωρίς να λαμβάνουν υπόψη τη συνολική επίδραση αυτών των συντηρητικών στη φυσικοχημική και οργανοληπτική σταθερότητα του προϊόντος (Vermeiren et al., 2005).

Παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί στην έρευνα για τη συντήρηση των κρεατοσκευασμάτων, παραμένουν ανοιχτά ερωτήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου σε συνθήκες που προσομοιώνουν την εμπορική διανομή και κατανάλωση των προϊόντων (Juneja & Sofos, 2012). Δεν έχει μελετηθεί εκτενώς η συγκριτική του αποτελεσματικότητα έναντι του γαλακτικού νατρίου, ούτε η επίδρασή του σε ποιοτικά χαρακτηριστικά, όπως το χρώμα, η οσμή και η γεύση του κιμά κατά την αποθήκευση.

Η παρούσα μελέτη στοχεύει:

- Στην αξιολόγηση της αντιμικροβιακής δράσης του διοξειδίου νατρίου στον κιμά.
- Στη σύγκριση της αποτελεσματικότητάς του με το γαλακτικό νάτριο.
- Στην εξέταση της επίδρασης αυτών των συντηρητικών στη διάρκεια ζωής και στη συνολική ποιότητα του προϊόντος.
- Στην αξιολόγηση της συμμόρφωσης των μεθόδων συντήρησης με τα πρότυπα ISO 22000 και τις αρχές HACCP.
- Στη διερεύνηση της επίδρασης των συντηρητικών στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κιμά, όπως το pH, το χρώμα και η υφή.
- Στην καταγραφή των αλλαγών στη μικροβιακή χλωρίδα του προϊόντος κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.
- Στη μελέτη των επιπτώσεων των συντηρητικών στην αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές μέσω αισθητηριακής ανάλυσης

Η μελέτη βασίζεται στη δειγματοληψία και πειραματική ανάλυση τριών ομάδων κιμά, εκ των οποίων η μία περιέχει διοξειδικό νάτριο, η δεύτερη γαλακτικό νάτριο και η τρίτη δεν περιέχει συντηρητικά. Οι μικροβιολογικές αναλύσεις θα πραγματοποιηθούν για την ανίχνευση και



ποσοτικοποίηση παθογόνων μικροοργανισμών, ενώ οι φυσικοχημικές μετρήσεις θα αξιολογήσουν την επίδραση των συντηρητικών στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος.

Τέλος, θα χρησιμοποιηθούν στατιστικά εργαλεία, όπως διαγράμματα σύγκρισης των αποτελεσμάτων, για την οπτική απεικόνιση και ανάλυση των δεδομένων. Η ανάλυση βασίζεται στην περιγραφική στατιστική, ενώ χρησιμοποιούνται χρονικές σειρές και συγκριτικά διαγράμματα για την παρουσίαση των δεδομένων και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Αναμένεται ότι η χρήση διοξειδίου νατρίου θα περιορίσει σημαντικά τη μικροβιακή ανάπτυξη, επιβραδύνοντας την αλλοίωση του προϊόντος και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του κιμά. Επιπλέον, προβλέπεται ότι θα διατηρήσει τη φυσικοχημική και οργανοληπτική σταθερότητα του προϊόντος, καθιστώντας το μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση έναντι άλλων πρόσθετων.

Τα ευρήματα αυτής της έρευνας μπορούν να αξιοποιηθούν από τη βιομηχανία τροφίμων για την ανάπτυξη ασφαλέστερων προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Οι παραγωγοί κρέατος και οι μεταποιητές μπορούν να ενσωματώσουν το διοξειδικό νάτριο ως ένα αποτελεσματικό αντιμικροβιακό πρόσθετο, επιτρέποντας τη μείωση της χρήσης συνθετικών συντηρητικών και βελτιώνοντας την ασφάλεια των προϊόντων τους.

Επιπλέον, τα αποτελέσματα μπορούν να συμβάλουν στη διαμόρφωση κανονισμών από ρυθμιστικούς φορείς, ενισχύοντας τις κατευθυντήριες γραμμές για τη χρήση των συντηρητικών και προωθώντας πιο φυσικές και ασφαλείς μεθόδους συντήρησης των προϊόντων κρέατος. Οι υγειονομικές αρχές και οι ελεγκτικοί μηχανισμοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν τα δεδομένα της μελέτης για την επικαιροποίηση των μικροβιολογικών κριτηρίων για τον κιμά και άλλα κρεατοσκευάσματα.

Επιπρόσθετα, η υιοθέτηση φυσικών συντηρητικών όπως το διοξειδικό νάτριο μπορεί να μειώσει την ανάγκη για επιθετικές χημικές επεξεργασίες, οι οποίες συχνά επηρεάζουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Η έρευνα μπορεί επίσης να οδηγήσει σε



βελτιωμένες τεχνικές αποθήκευσης και διαχείρισης κρέατος, μειώνοντας τις απώλειες λόγω αλλοίωσης και συμβάλλοντας στη βιωσιμότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η δυνατότητα συνδυαστικής χρήσης του διοξειδίου νατρίου με άλλες φυσικές μεθόδους συντήρησης, όπως η τροποποιημένη ατμόσφαιρα και η χρήση βιοσυντηρητικών, αποτελεί ένα ενδιαφέρον πεδίο για μελλοντικές έρευνες. Επιπλέον, η ανάλυση της καταναλωτικής αποδοχής προϊόντων που περιέχουν διοξεικό νάτριο μπορεί να συμβάλει στην προώθηση πιο υγιεινών και ασφαλών τροφίμων στην αγορά.

Τέλος, η έρευνα αυτή μπορεί να λειτουργήσει ως βάση για περαιτέρω μελέτες στον τομέα της συντήρησης τροφίμων, παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες για τη βιομηχανία, τους επιστήμονες τροφίμων και τους φορείς υγειονομικής ασφάλειας, συμβάλλοντας στη δημιουργία νέων, πιο αποτελεσματικών στρατηγικών διατήρησης της ασφάλειας των τροφίμων.

Η παρούσα διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε συνολικά έξι κεφάλαια, τα οποία οργανώνονται με τρόπο που να επιτρέπουν τη σταδιακή παρουσίαση του θέματος, τη θεωρητική θεμελίωση, την ανάλυση των μεθόδων που χρησιμοποιήθηκαν, την παρουσίαση των αποτελεσμάτων και τη διατύπωση των τελικών συμπερασμάτων και προτάσεων. Στο Κεφάλαιο 1, παρουσιάζεται η γενική εικόνα του κιμά ως τρόφιμο, αναλύοντας τη σύστασή του, τους μικροβιολογικούς κινδύνους που ενδέχεται να προκύψουν κατά την παραγωγή και την αποθήκευσή του, καθώς και τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητά του. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις μεθόδους διατήρησης και επεξεργασίας του κιμά, καθώς και στα κανονιστικά πλαίσια και πρότυπα ασφαλείας που ισχύουν στη βιομηχανία τροφίμων.

Το Κεφάλαιο 2 επικεντρώνεται στον ρόλο του διοξειδίου νατρίου στη βιομηχανία κρέατος. Παρουσιάζεται η χημική σύνθεση και η λειτουργία του, αναλύεται η αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση του, ενώ εξετάζονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητά του. Επιπλέον, γίνεται σύγκριση με άλλα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων και καταγράφονται οι νομοθετικές διατάξεις και τα επιτρεπόμενα όρια χρήσης του διοξειδίου νατρίου. Στο Κεφάλαιο 3, παρουσιάζεται η σημασία του μικροβιολογικού ελέγχου του κιμά. Αναλύονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί



που σχετίζονται με το προϊόν και οι επιπτώσεις τους στην ασφάλεια και την ποιότητά του. Επιπλέον, περιγράφονται τα μέτρα διαχείρισης κινδύνων που εφαρμόζονται στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς και οι σύγχρονες μέθοδοι ανίχνευσης μικροβιακών φορτίων, όπως η καλλιέργεια, η PCR και η ELISA. Τέλος, γίνεται αναφορά στα μικροβιολογικά κριτήρια αποδοχής του κιμά, όπως αυτά ορίζονται από τη νομοθεσία.

Το Κεφάλαιο 4 περιγράφει την πειραματική διαδικασία που ακολουθήθηκε στη μελέτη. Παρουσιάζεται η εξεταζόμενη εταιρεία, η διαδικασία παραγωγής του κιμά και η μεθοδολογία που εφαρμόστηκε για τη διεξαγωγή του πειράματος. Αναλύονται οι εργαστηριακές διαδικασίες που πραγματοποιήθηκαν, συμπεριλαμβανομένων των μικροβιολογικών και φυσικοχημικών αναλύσεων, ενώ παρουσιάζεται η στατιστική μεθοδολογία που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων. Στο Κεφάλαιο 5, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, εστιάζοντας στη σύγκριση των μικροβιολογικών χαρακτηριστικών του κιμά μεταξύ των δειγμάτων με και χωρίς την προσθήκη διοξειδίου νατρίου. Αναλύονται οι διαφοροποιήσεις που προέκυψαν στα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, ενώ τα ευρήματα συσχετίζονται με τα δεδομένα της βιβλιογραφίας. Επιπλέον, εξετάζονται οι επιπτώσεις της χρήσης του διοξειδίου νατρίου στην ασφάλεια και την υγιεινή του κιμά, καθώς και οι πιθανοί κίνδυνοι και περιορισμοί που προκύπτουν από τη χρήση του συντηρητικού.

Τέλος, το Κεφάλαιο 6 περιλαμβάνει τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την παρούσα μελέτη. Παρουσιάζονται οι βασικές διαπιστώσεις της έρευνας, ενώ αναλύονται οι δυνατότητες εφαρμογής των ευρημάτων στη βιομηχανία τροφίμων. Επιπλέον, διατυπώνονται προτάσεις για τη βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα στον τομέα της ασφάλειας και της συντήρησης του κιμά.



Κεφάλαιο 1.Γενική παρουσίαση του κιμά ως τρόφιμο

1.1 Βασικά χαρακτηριστικά και σύσταση

Ο κιμάς αποτελεί ένα από τα πιο δημοφιλή και ευρέως καταναλωμένα προϊόντα κρέατος, με εφαρμογές σε πολλές διαφορετικές κουζίνες παγκοσμίως. Παρόλο που θεωρείται βασικό συστατικό σε πολλές διατροφικές συνήθειες, η φύση του τον καθιστά εξαιρετικά ευπαθή σε μικροβιολογικές αλλοιώσεις και μολύνσεις. Σε αυτό το κεφάλαιο, θα παρουσιαστούν τα βασικά χαρακτηριστικά του κιμά, τα είδη και η σύσταση του, οι πιθανές μικροβιολογικές απειλές και οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητά του.

Ο κιμάς είναι ένα προϊόν κρέατος που παράγεται μέσω της μηχανικής επεξεργασίας μυϊκών ιστών από διάφορα ζώα (βοδινό, χοιρινό, κοτόπουλο, αρνίσιο). Η θρεπτική του αξία εξαρτάται από την προέλευση του κρέατος, την περιεκτικότητα σε λιπαρά και την παρουσία πρόσθετων συστατικών. Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία, ο κιμάς περιέχει υψηλές ποσότητες πρωτεϊνών (15-20%), λιπαρών (10-30%), καθώς και μικρές ποσότητες υδατανθράκων (FAO, 2020).

Υπάρχουν διάφοροι τύποι κιμά, οι οποίοι διαφέρουν ως προς την περιεκτικότητα σε λιπαρά και τον βαθμό επεξεργασίας. Για παράδειγμα, ο άπαχος κιμάς έχει χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά (<10%), ενώ ο κοινός κιμάς μπορεί να περιέχει έως και 30% λιπαρά, ανάλογα με τη χώρα και τους κανονισμούς της εκάστοτε αγοράς (USDA, 2019). Επίσης, η προσθήκη μπαχαρικών, αλατιού και άλλων βελτιωτικών μπορεί να επηρεάσει την υφή και τη γεύση του προϊόντος.

Ο κιμάς μπορεί να παρασκευαστεί από διάφορα είδη κρέατος, όπως:

- Μοσχαρίσιο κιμάς, ο οποίος είναι πλούσιος σε πρωτεΐνες και σίδηρο, ενώ η περιεκτικότητά του σε λίπος ποικίλει ανάλογα με το μέρος του ζώου από το οποίο προέρχεται. Οι άπαχες επιλογές περιλαμβάνουν κομμάτια όπως το νουά και το



στρογγυλό, ενώ κομμάτια όπως η λάπα έχουν υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος (USDA, 2020).

- Χοιρινό κιμά, που χαρακτηρίζεται από υψηλότερη περιεκτικότητα σε λίπος, προσδίδοντας περισσότερη γεύση και τρυφερότητα στο τελικό προϊόν (FAO, 2019).
- Αρνίσιο κιμά, που έχει χαρακτηριστική γεύση και περιέχει υψηλές ποσότητες κορεσμένων λιπαρών και απαραίτητων μετάλλων, όπως ο ψευδάργυρος και το σελήνιο (EFSA, 2021).
- Κοτόπουλο κιμά, ο οποίος αποτελεί πιο υγιεινή επιλογή, καθώς έχει χαμηλότερα κορεσμένα λιπαρά και λιγότερες θερμίδες σε σύγκριση με άλλους τύπους κιμά (WHO, 2020).

Ο κιμάς μπορεί να διακριθεί σε:

- Νωπό κιμά: Μη επεξεργασμένος, συνήθως χωρίς προσθήκη συντηρητικών ή άλλων συστατικών.
- Επεξεργασμένο κιμά: Περιέχει επιπλέον συστατικά όπως μπαχαρικά, αλάτι, συντηρητικά και ενισχυτικά γεύσης, ενώ μπορεί να έχει υποστεί θερμική επεξεργασία για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.
- Κατεψυγμένο κιμά: Διατηρείται σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες (-18°C και κάτω) για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αλλά μπορεί να επηρεαστεί η υφή του λόγω της παρουσίας κρυστάλλων πάγου (Sofos, 2008).

Η σύσταση του κιμά επηρεάζεται επίσης από τον τρόπο παραγωγής και επεξεργασίας του. Οι σημαντικότεροι παράγοντες που διαμορφώνουν τη σύστασή του είναι:

- Περιεκτικότητα σε πρωτεΐνες: Ο κιμάς είναι εξαιρετική πηγή πρωτεϊνών υψηλής βιολογικής αξίας, παρέχοντας τα απαραίτητα αμινοξέα που χρειάζεται ο ανθρώπινος οργανισμός για τη μυϊκή ανάπτυξη και τη γενική υγεία (Scollan et al., 2022).
- Περιεκτικότητα σε λίπος: Η περιεκτικότητα σε λίπος ποικίλει ανάλογα με τον τύπο του κιμά και το μέρος του ζώου που χρησιμοποιείται. Για παράδειγμα, ο μοσχαρίσιος κιμάς μπορεί να έχει από 5% έως 30% λίπος, ενώ ο κοτόπουλο κιμάς έχει χαμηλότερη περιεκτικότητα (USDA, 2020).



- Περιεκτικότητα σε ανόργανα στοιχεία: Ο κιμάς αποτελεί καλή πηγή σημαντικών μετάλλων όπως ο σίδηρος, ο ψευδάργυρος και το σελήνιο, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία του αίματος, την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος και την αντιοξειδωτική προστασία (FAO, 2019).
- Περιεκτικότητα σε βιταμίνες: Ο κιμάς περιέχει βιταμίνες του συμπλέγματος B, ιδιαίτερα τη B12, η οποία είναι απαραίτητη για τη λειτουργία του νευρικού συστήματος και τη σύνθεση του DNA (EFSA, 2021).

Η διατροφική αξία του κιμά τον καθιστά σημαντικό στοιχείο στη διατροφή του ανθρώπου, προσφέροντας υψηλής ποιότητας πρωτεΐνη και σημαντικά θρεπτικά συστατικά. Ωστόσο, η περιεκτικότητα σε κορεσμένα λιπαρά και χοληστερόλη πρέπει να λαμβάνεται υπόψη, ειδικά σε άτομα που ακολουθούν ειδική διατροφή για την καρδιαγγειακή υγεία (WHO, 2020).

Συνολικά, ο κιμάς αποτελεί μια βασική πρωτεϊνική επιλογή, με σημαντικές διατροφικές ιδιότητες και ποικίλες εφαρμογές στη μαγειρική. Η κατανόηση της σύστασής του είναι κρίσιμη για τη βελτίωση της ποιότητάς του και την εξασφάλιση της διατροφικής του αξίας.

1.2 Μικροβιολογικοί κίνδυνοι και απειλές

Ο κιμάς, ως προϊόν αλεσμένου κρέατος, αποτελεί ιδιαίτερα ευπαθές τρόφιμο που μπορεί να φιλοξενήσει διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς. Αυτοί οι μικροοργανισμοί ευθύνονται για τροφιμογενείς λοιμώξεις, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα υγείας στον καταναλωτή. Οι σημαντικότερες μικροβιολογικές απειλές που σχετίζονται με τον κιμά περιλαμβάνουν τα βακτήρια *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes*, καθώς και άλλους αλλοιωγόνους μικροοργανισμούς, όπως *Clostridium perfringens* και *Staphylococcus aureus* (Scallan et al., 2011).

1.2.1 *Salmonella* spp.

Η *Salmonella* spp. αποτελεί ένα από τα πιο συχνά αναφερόμενα παθογόνα βακτήρια που σχετίζονται με την κατανάλωση μολυσμένου κιμά και προκαλεί τροφιμογενείς λοιμώξεις. Μπορεί να επιμολύνει το κρέας κατά τη σφαγή ή μέσω διασταυρούμενης μόλυνσης κατά τη



διάρκεια της επεξεργασίας. Τα συμπτώματα της σαλμονέλλωσης περιλαμβάνουν διάρροια, κοιλιακές κράμπες και πυρετό, τα οποία εμφανίζονται 6-72 ώρες μετά την κατανάλωση του μολυσμένου τροφίμου (WHO, 2021).

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005, οι έλεγχοι στα προϊόντα κιμά πρέπει να διασφαλίζουν ότι η *Salmonella* απουσιάζει από 25g δείγματος (European Commission, 2005). Μελέτες έχουν δείξει ότι η θερμική επεξεργασία του κιμά σε θερμοκρασίες άνω των 70°C είναι ικανή να εξουδετερώσει το βακτήριο (FDA, 2020).

Σύμφωνα με τους Genigeorgis και Koutsoumanis (2005), η παρουσία παθογόνων όπως η *Salmonella* spp. στον κιμά αποτελεί σημαντικό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, υπογραμμίζοντας την ανάγκη για αυστηρούς ελέγχους κατά την παραγωγή και διανομή του προϊόντος.

1.2.2 Escherichia coli O157:H7

Η *E. coli* O157:H7 αποτελεί μία από τις πλέον επικίνδυνες τροφιμογενείς απειλές, καθώς μπορεί να προκαλέσει σοβαρές επιπλοκές, τοξική λοίμωξη όπως το αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο (HUS), που οδηγεί σε νεφρική ανεπάρκεια (Scallan et al., 2011). Η μόλυνση του κιμά από *E. coli* μπορεί να συμβεί κατά τη σφαγή ή μέσω της επαφής με επιμολυσμένο εξοπλισμό κατά την επεξεργασία (FAO, 2019)

Μελέτες έδειξαν ότι η *E. coli* O157:H7 μπορεί να επιβιώσει σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης, καθώς και σε τροποποιημένες ατμόσφαιρες συσκευασίας, γεγονός που αυξάνει την ανθεκτικότητά της στο περιβάλλον του κιμά (Sofos, 2008). Για την εξάλειψή της, συνιστάται θερμική επεξεργασία τουλάχιστον 71°C και σωστή απολύμανση του εξοπλισμού και των επιφανειών επεξεργασίας (FDA, 2020). Τέλος, τα μη O157 στελέχη του *Escherichia coli* μπορούν επίσης να προκαλέσουν σοβαρές τροφικές δηλητηριάσεις, γεγονός που καθιστά τον έλεγχο του κιμά κρίσιμο για την ασφάλεια των καταναλωτών (USDA, 2019).



1.2.3 *Listeria monocytogenes*

Η *Listeria monocytogenes* είναι ένα ψυχρόφιλο βακτήριο που μπορεί να αναπτυχθεί σε θερμοκρασίες συντήρησης κάτω των 4°C, καθιστώντας το έναν ιδιαίτερα επικίνδυνο μικροοργανισμό για τον κιμά (European Food Safety Authority, 2021). Η λιστερίωση επηρεάζει κυρίως τις εγκύους, τα νεογνά, τους ηλικιωμένους και τα ανοσοκατεσταλμένα άτομα, με συμπτώματα που περιλαμβάνουν πυρετό, μυϊκούς πόνους και σε σοβαρές περιπτώσεις σηψαιμία και μηνιγγίτιδα (WHO, 2020).

Ο Κανονισμός (ΕΚ) 2073/2005 επιβάλλει ότι τα έτοιμα προς κατανάλωση τρόφιμα, όπως ο κιμάς που διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα, δεν πρέπει να περιέχουν περισσότερα από 100 cfu/g *Listeria monocytogenes* κατά τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (European Commission, 2005). Για την αντιμετώπιση της *Listeria monocytogenes*, συνιστάται η σωστή ψύξη και η αποφυγή διασταυρούμενης μόλυνσης (FAO, 2019).

Άλλοι μικροβιολογικοί κίνδυνοι περιλαμβάνουν την παρουσία *Clostridium perfringens*, το οποίο είναι αναερόβιο βακτήριο όπου αναπτύσσεται γρήγορα σε ακατάλληλα αποθηκευμένα τρόφιμα και μπορεί να προκαλέσει τροφική δηλητηρίαση. Συνιστάται η αποθήκευση του κιμά σε θερμοκρασίες κάτω των 4°C και η κατανάλωση εντός σύντομου χρονικού διαστήματος (Samelis et al., 2021). Παρόμοια, το *Clostridium botulinum*, αν και σπάνιο, μπορεί να οδηγήσει σε παραγωγή τοξίνης όταν ο κιμάς αποθηκεύεται χωρίς επαρκή αερισμό και σε αναερόβιες συνθήκες (Sofos, 2008).

Συμφώνα με τον Zhu et al., 2022, άλλος ένας μικροβιολογικός κίνδυνος είναι ο *Staphylococcus aureus* ο οποίος παράγει θερμοανθεκτικές τοξίνες που προκαλούν σοβαρές γαστρεντερικές διαταραχές. Η αποφυγή της διασταυρούμενης μόλυνσης και η κατάλληλη θερμική επεξεργασία είναι κρίσιμες για την πρόληψή του. Επιπλέον, ο *Campylobacter* spp. είναι ένας από τους κύριους αιτιολογικούς παράγοντες γαστρεντερίτιδας, με τη μόλυνση να προέρχεται κυρίως από την επαφή με μολυσμένες επιφάνειες ή την ανεπαρκή θερμική επεξεργασία του κιμά (WHO, 2021). Τέλος, η ανάπτυξη μυκήτων και ζυμών επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος και μπορεί να οδηγήσουν σε αλλοιώσεις όπως δυσάρεστη οσμή και αλλαγή χρώματος.



Επιπλέον, η Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα (OMX) αποτελεί σημαντικό δείκτη της μικροβιολογικής ποιότητας του κιμά, καθώς υψηλές τιμές της υποδηλώνουν πιθανή αλλοίωση ή επιμόλυνση του προϊόντος (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2023).

Η παραγωγή κιμά περιλαμβάνει διάφορα στάδια που μπορούν να αποτελέσουν πηγή μικροβιακής επιμόλυνσης. Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes*, αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία (European Commission, 2005).

Η επιμόλυνση του κιμά μπορεί να προέλθει από διάφορους παράγοντες:

- Διαδικασίες σφαγής και επεξεργασίας: Η έλλειψη υγιεινής στις σφαγές και στην περαιτέρω επεξεργασία του κρέατος αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο επιμόλυνσης (European Commission, 2004).
- Συνθήκες αποθήκευσης: Η διατήρηση του κιμά σε ακατάλληλες θερμοκρασίες, άνω των 4°C, μπορεί να οδηγήσει σε ταχεία ανάπτυξη βακτηρίων (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, 2023).
- Διασταυρούμενη μόλυνση: Η μη σωστή αποθήκευση και η επαφή του κιμά με άλλες τροφές ή επιφάνειες χωρίς απολύμανση αυξάνει τον κίνδυνο μόλυνσης (IME ΓΣΕΒΕΕ, 2023).

Για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας του κιμά, είναι απαραίτητη η εφαρμογή ορθών πρακτικών υγιεινής κατά την παραγωγή και την επεξεργασία του, η διατήρησή του σε κατάλληλες θερμοκρασίες (0-4°C για νωπό κιμά και -18°C για κατεψυγμένο), καθώς και η τήρηση των κανόνων ορθής υγιεινής πρακτικής (GHP) και ανάλυσης κινδύνων και κρίσιμων σημείων ελέγχου (HACCP) (IME ΓΣΕΒΕΕ, 2023).

Ο Κανονισμός (ΕΚ) 853/2004 καθορίζει αυστηρές απαιτήσεις για την υγιεινή των τροφίμων ζωικής προέλευσης, μεταξύ των οποίων και οι διαδικασίες επεξεργασίας κιμά (European Commission, 2004) και είναι απαραίτητη η εφαρμογή των εξής μέτρων:



1. **Θερμική επεξεργασία:** Ο κιμάς πρέπει να μαγειρεύεται σε εσωτερική θερμοκρασία τουλάχιστον 70°C ώστε να εξαλειφθούν οι περισσότεροι μικροοργανισμοί (WHO, 2021).
2. **Κατάλληλη αποθήκευση:** Η διατήρηση του κιμά σε θερμοκρασίες κάτω των 4°C μειώνει την ανάπτυξη παθογόνων (USDA, 2019).
3. **Έλεγχος ποιότητας:** Τακτικοί μικροβιολογικοί έλεγχοι είναι απαραίτητοι για τον εντοπισμό πιθανών μολύνσεων και την εξασφάλιση της ασφάλειας του προϊόντος (FAO, 2020).
4. **Εκπαίδευση προσωπικού:** Η συνεχής εκπαίδευση των εργαζομένων στη βιομηχανία τροφίμων αποτελεί κρίσιμο μέτρο για την αποφυγή επιμολύνσεων κατά την παραγωγή και επεξεργασία του κιμά (IME ΓΣΕΒΕΕ, 2023).
5. **Τήρηση κανόνων υγιεινής και HACCP** σε όλα τα στάδια της παραγωγής (FAO, 2019).

1.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα

Η ποιότητα και η διάρκεια ζωής του κιμά εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων που αφορούν τόσο την πρώτη ύλη, όσο και τη διαδικασία παραγωγής, την αποθήκευση και τη διανομή του προϊόντος. Αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν όχι μόνο την οργανοληπτική του αξία (γεύση, υφή, χρώμα), αλλά και την ασφάλεια και σταθερότητα του προϊόντος κατά τη διάρκεια της ζωής του (Samelis et al., 2021). Η σωστή διαχείριση όλων των παρακάτω παραμέτρων αποτελεί το κλειδί για τη διατήρηση της φρεσκάδας, της υγιεινής και της θρεπτικής αξίας του κιμά.

1.3.1 Παράγοντες που σχετίζονται με το ζώο

- **Φυλή και γενετική σύσταση:** Η φυλή του ζώου καθορίζει τη σύσταση του μυϊκού ιστού και την αναλογία λίπους στο κρέας, επηρεάζοντας την τελική ποιότητα του κιμά (FAO, 2019).
- **Ηλικία:** Τα νεαρά ζώα παρέχουν πιο τρυφερό και ανοιχτόχρωμο κρέας, ενώ τα μεγαλύτερα ζώα έχουν σκληρότερο μυϊκό ιστό και πιο έντονη γεύση (Scollan et al., 2022).



- Διατροφή πριν τη σφαγή: Η διατροφή του ζώου επηρεάζει τη γεύση, την περιεκτικότητα σε ενδομυϊκό λίπος και την ποιότητα των λιπαρών οξέων που περιέχει το κρέας (EFSA, 2021).

1.3.2 Παράγοντες που σχετίζονται με τη σφαγή και την επεξεργασία

- Συνθήκες σφαγής: Η σωστή μεταχείριση του ζώου πριν τη σφαγή επηρεάζει την ποιότητα του κρέατος, καθώς το άγχος μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολικές αλλαγές που επηρεάζουν το pH και την υφή του κιμά (WHO, 2020).
- Χρόνος και θερμοκρασία επεξεργασίας: Ο κιμάς είναι ευπαθές προϊόν και πρέπει να επεξεργάζεται γρήγορα και σε χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 4°C) ώστε να αποτραπεί η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (FDA, 2020).
- Τεχνικές άλεσης και ανάμιξης: Η άλεση επηρεάζει την υφή και τη δομή του κιμά. Οι πολλαπλές αλέσεις μπορούν να δημιουργήσουν πιο ομοιογενή υφή, αλλά παράλληλα αυξάνουν την επιφάνεια επαφής με τον αέρα, κάτι που μπορεί να επιταχύνει την οξείδωση (Sofos, 2008).

1.3.3 Παράγοντες που σχετίζονται με τη μικροβιολογική ασφάλεια

- Μικροβιακό φορτίο πρώτης ύλης: Ο κιμάς μπορεί να περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως *Salmonella* spp., *E. coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes*. Η τήρηση υψηλών προτύπων υγιεινής είναι απαραίτητη για την αποφυγή μόλυνσης (European Commission, 2005).
- Έλεγχος pH: Ένα pH μεταξύ 5.3-5.8 θεωρείται ιδανικό για τη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του κιμά, καθώς αποτρέπει την ταχεία ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών (EFSA, 2021).

1.3.4 Παράγοντες που σχετίζονται με την αποθήκευση και τη διανομή

- Θερμοκρασία αποθήκευσης: Η διατήρηση του κιμά σε θερμοκρασίες κάτω των 4°C είναι κρίσιμη για την αναστολή της ανάπτυξης βακτηρίων. Η κατάψυξη (κάτω των -



18°C) παρατείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής, αλλά μπορεί να επηρεάσει την υφή του προϊόντος (FDA, 2020).

- Συσκευασία: Οι σύγχρονες τεχνικές συσκευασίας, όπως η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP), μειώνουν την οξείδωση και παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του κιμά, διατηρώντας τη φρεσκάδα του προϊόντος (Samelis et al., 2021).
- Διανομή και χειρισμός: Η αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να διατηρεί τις κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγιεινής, ώστε να αποφεύγεται η επιμόλυνση του κιμά κατά τη μεταφορά του (WHO, 2020).

1.3.5 Παράγοντες που σχετίζονται με την χρήση πρόσθετων

Πρόσθετα όπως το διοξεικό νάτριο μπορούν να συμβάλουν στη μείωση της μικροβιακής ανάπτυξης και να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του κιμά. Μελέτες δείχνουν ότι η χρήση του σε συνδυασμό με χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης και MAP μπορεί να επεκτείνει τη διάρκεια ζωής του κιμά από 3-4 ημέρες (φυσικός κιμάς χωρίς συντηρητικά) σε έως και 10-14 ημέρες (Scollan et al., 2022).

1.4 Μέθοδοι διατήρησης και επεξεργασίας του κιμά

Ο κιμάς αποτελεί ένα εξαιρετικά ευπαθές προϊόν λόγω της μεγάλης επιφάνειας που προσφέρει στους μικροοργανισμούς για ανάπτυξη. Οι μέθοδοι διατήρησης και επεξεργασίας του είναι καθοριστικές για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της ποιότητάς του (FAO, 2019). Η εφαρμογή σωστών πρακτικών ψύξης, κατάψυξης, συσκευασίας και χρήσης συντηρητικών μπορεί να συμβάλει στη μείωση των μικροβιακών κινδύνων και στη διατήρηση της θρεπτικής αξίας του κιμά.

Οι θερμικές μέθοδοι διατήρησης του κιμά περιλαμβάνουν την ψύξη σε θερμοκρασίες από 0°C έως 4°C με αποτέλεσμα να επιβραδύνεται η ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων, αλλά δεν τα εξουδετερώνει (FDA, 2020). Ο κιμάς πρέπει να καταναλώνεται εντός 24-48 ωρών από την αγορά ή να αποθηκεύεται σε κατάλληλες συνθήκες. Όσο αναφορά την κατάψυξη η αποθήκευση συμβαίνει σε θερμοκρασίες κάτω από -18°C διατηρώντας τη μικροβιολογική



ασφάλεια και την ποιότητα του κιμά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, αλλά μπορεί να επηρεάσει την υφή λόγω της δημιουργίας κρυστάλλων πάγου (EFSA, 2021). Τέλος, η θερμική επεξεργασία είναι η πλήρης θέρμανση του κιμά σε θερμοκρασίες άνω των 71°C εξουδετερώνοντας τους παθογόνους μικροοργανισμούς, καθιστώντας το προϊόν ασφαλές προς κατανάλωση (WHO, 2020).

Παράλληλα, αξιόλογοι μέθοδοι διατήρησης του κιμά είναι οι μη θερμικές μέθοδοι στους οποίους περιλαμβάνεται η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) η οποία χρησιμοποιείται στην συσκευασία με αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το άζωτο (N₂) για την παράταση της διάρκειας ζωής του κιμά, επιβραδύνοντας την ανάπτυξη μικροοργανισμών (Samelis et al., 2021). Επιπλέον, η ακτινοβόληση δηλαδή η χρήση ιονίζουσας ακτινοβολίας μπορεί να μειώσει τη μικροβιακή επιβάρυνση χωρίς να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα του προϊόντος (FDA, 2020). Τέλος, η εφαρμογή υψηλών πιέσεων (400-600 MPa) είναι άλλη μια μέθοδος που βοηθά στην καταστροφή παθογόνων μικροοργανισμών, διατηρώντας παράλληλα τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κιμά (Sofos, 2008).

Η εφαρμογή του διοξειδίου νατρίου σε συνδυασμό με τη συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (Modified Atmosphere Packaging - MAP) αποτελεί μια καινοτόμο τεχνική που συμβάλλει σημαντικά στη διατήρηση της ποιότητας και της ασφάλειας του κιμά. Η χρήση αυτής της τεχνολογίας έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, καθώς δημιουργεί ένα περιβάλλον που δεν ευνοεί την ανάπτυξη παθογόνων βακτηρίων. Μελέτες δείχνουν ότι το διοξειδίο νατρίου, μέσω της ικανότητάς του να μειώνει το pH και να διαταράσσει τις μεταβολικές διεργασίες των βακτηρίων, μπορεί να συμβάλει στην αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων όπως η *Listeria monocytogenes*, η *Salmonella* spp. και η *Escherichia coli* O157:H7 (Smith et al., 2021).

Παράλληλα, η τροποποιημένη ατμόσφαιρα λειτουργεί επικουρικά, αντικαθιστώντας τον αέρα με ένα μείγμα αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) και το άζωτο (N₂), το οποίο συμβάλλει στην επιβράδυνση της οξείδωσης και στη μείωση του ρυθμού ανάπτυξης αερόβιων μικροοργανισμών (Johnson & Becker, 2020). Ο συνδυασμός αυτών των δύο



τεχνολογιών έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του κιμά κατά 30-50% σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα συσκευασίας (Mills et al., 2019).

Επιπλέον, η εφαρμογή του διοξειδίου νατρίου σε συνθήκες τροποποιημένης ατμόσφαιρας δεν επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κιμά, καθώς διατηρεί τη φυσική του υφή, το χρώμα και τη γεύση για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτό αποτελεί κρίσιμο πλεονέκτημα για τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς μπορεί να μειώσει τα τροφικά απόβλητα και να βελτιώσει την ασφάλεια των καταναλωτών, ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο μικροβιακής αλλοίωσης (Jayasena et al., 2022).

Η χρήση προσθέτων συντήρησης στον κιμά αποτελεί κοινή πρακτική στη βιομηχανία τροφίμων, προκειμένου να παραταθεί η διάρκεια ζωής του προϊόντος, να μειωθεί η μικροβιολογική ανάπτυξη και να διατηρηθούν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του. Τα πιο συνήθη πρόσθετα περιλαμβάνουν τα οργανικά οξέα, το διοξεικό νάτριο και τα νιτρικά/νιτρώδη άλατα.

Τα οργανικά οξέα, όπως το γαλακτικό και το οξικό οξύ, χρησιμοποιούνται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για τη μείωση της ανάπτυξης βακτηρίων και τη σταθεροποίηση της ποιότητας του κιμά. Έχει αποδειχθεί ότι το γαλακτικό οξύ δρα ως φυσικός αντιμικροβιακός παράγοντας, αναστέλλοντας την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών όπως η *Escherichia coli* και η *Salmonella* spp. (FAO, 2019). Παράλληλα, το οξικό οξύ συμβάλλει στη ρύθμιση του pH, δημιουργώντας ένα λιγότερο ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξη βακτηρίων, γεγονός που το καθιστά εξαιρετικά χρήσιμο στη συντήρηση των προϊόντων κιμά.

Το διοξεικό νάτριο είναι ένα άλλο συντηρητικό που χρησιμοποιείται για την ενίσχυση της μικροβιολογικής σταθερότητας του κιμά. Πρόκειται για μια ένωση με αποδεδειγμένη αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση, η οποία έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματική στην αναστολή της ανάπτυξης της *Listeria monocytogenes* και άλλων τροφιμογενών παθογόνων (Scollan et al., 2022). Η προσθήκη διοξειδίου νατρίου στον κιμά όχι μόνο βελτιώνει την ασφάλεια του προϊόντος, αλλά και συμβάλλει στη διατήρηση της φρεσκάδας του, καθυστερώντας την αλλοίωση που προκαλείται από την οξείδωση των λιπαρών οξέων.



Τέλος, τα νιτρικά και νιτρώδη άλατα αποτελούν συντηρητικά που χρησιμοποιούνται κυρίως σε αλλαντικά και σε ορισμένα προϊόντα κιμά, με σκοπό την αναστολή της ανάπτυξης του *Clostridium botulinum*, ενός βακτηρίου που μπορεί να προκαλέσει σοβαρές τροφιογενείς δηλητηριάσεις (WHO, 2020). Παρά την αποτελεσματικότητά τους, η χρήση νιτρικών και νιτρωδών αλάτων έχει τεθεί υπό συζήτηση λόγω των πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με το σχηματισμό νιτροζαμινών, οι οποίες έχουν κατηγορηθεί για καρκινογόνες επιδράσεις. Για τον λόγο αυτό, η χρήση τους ρυθμίζεται αυστηρά από τη νομοθεσία, ώστε να διασφαλίζεται η ασφαλής κατανάλωσή τους σε τρόφιμα.

Η σωστή χρήση των προσθέτων συντήρησης στον κιμά μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διατήρηση της ασφάλειας και της ποιότητας του προϊόντος. Ωστόσο, απαιτείται προσεκτική διαχείριση και συμμόρφωση με τους ισχύοντες κανονισμούς, ώστε να αποφεύγονται πιθανές αρνητικές επιπτώσεις για τη δημόσια υγεία.

1.5 Κανονισμοί και πρότυπα ασφάλειας

Η ασφάλεια του κιμά διέπεται από ένα σύνολο διεθνών, ευρωπαϊκών και εθνικών κανονισμών και προτύπων, τα οποία αποσκοπούν στη διασφάλιση της ποιότητας, της υγιεινής και της καταλληλότητας του προϊόντος για κατανάλωση. Οι κανονισμοί αυτοί επιβάλλουν αυστηρούς ελέγχους στις διαδικασίες παραγωγής, αποθήκευσης και διανομής του κιμά, ώστε να ελαχιστοποιηθεί ο κίνδυνος επιμολύνσεων και να διασφαλιστεί η συμμόρφωση με τα απαιτούμενα πρότυπα (FAO, 2019).

Οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί περιλαμβάνουν τον Κανονισμό (ΕΚ) 2073/2005, ο οποίος ορίζει τα μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένου του κιμά, επιβάλλοντας όρια για παθογόνους μικροοργανισμούς όπως η *Salmonella* spp., η *Listeria monocytogenes* και η *Escherichia coli* (European Commission, 2005). Επίσης, ο Κανονισμός (ΕΚ) 853/2004 καθορίζει συγκεκριμένες απαιτήσεις υγιεινής για τις επιχειρήσεις που ασχολούνται με τα προϊόντα ζωικής προέλευσης, περιλαμβάνοντας διατάξεις για τις συνθήκες επεξεργασίας, την ψύξη, την ιχνηλασιμότητα και τη συσκευασία (European Commission, 2004). Σε διεθνές επίπεδο, το πρότυπο Codex Alimentarius παρέχει κατευθυντήριες οδηγίες για την υγιεινή των



τροφίμων, με έμφαση στην επεξεργασία και αποθήκευση του κιμά, ακολουθώντας τις αρχές του HACCP (FAO, 2019).

Τα πρότυπα ISO και HACCP διαδραματίζουν επίσης σημαντικό ρόλο στη διαχείριση της ασφάλειας του κιμά. Το ISO 22000 αποτελεί διεθνές πρότυπο διαχείρισης της ασφάλειας τροφίμων, ενσωματώνοντας τις αρχές του HACCP και απαιτώντας συνεχή παρακολούθηση των κρίσιμων σημείων ελέγχου στη βιομηχανία κιμά (European Food Safety Authority, 2021). Παράλληλα, το ISO 9001 καθορίζει τις απαιτήσεις για τη διαχείριση ποιότητας στις επιχειρήσεις παραγωγής κιμά, εξασφαλίζοντας τη συνοχή και την ποιότητα του προϊόντος (TÜV NORD, 2021). Το σύστημα HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) είναι μια προληπτική μέθοδος που εστιάζει στον εντοπισμό και την εξάλειψη των κινδύνων που σχετίζονται με την ασφάλεια του κιμά, όπως η μικροβιακή μόλυνση και η χημική επιμόλυνση (WHO, 2020).

Σε εθνικό επίπεδο, η ασφάλεια του κιμά ελέγχεται από τον ΕΦΕΤ (Ενιαίο Φορέα Ελέγχου Τροφίμων), ο οποίος διενεργεί τακτικούς ελέγχους και επιθεωρήσεις στις επιχειρήσεις παραγωγής κιμά, εξασφαλίζοντας τη συμμόρφωση με τις προδιαγραφές ασφαλείας τροφίμων (ΕΦΕΤ, 2022). Οι υγειονομικές διατάξεις που ακολουθεί η Ελλάδα βασίζονται στους ευρωπαϊκούς κανονισμούς, επιβάλλοντας αυστηρούς ελέγχους στην παραγωγή, αποθήκευση και διακίνηση του κιμά, καθώς και στην εφαρμογή συστημάτων ποιότητας και ιχνηλασιμότητας (ΕΦΕΤ, 2022).

Οι έλεγχοι ποιότητας περιλαμβάνουν:

- Μικροβιολογικές αναλύσεις για την παρουσία παθογόνων.
- Φυσικοχημικές αναλύσεις για την αξιολόγηση της σύστασης του κιμά.
- Οργανοληπτικούς ελέγχους για τη διασφάλιση της συνοχής, της υφής και της γεύσης του προϊόντος.

Η συμμόρφωση με τους κανονισμούς και τα πρότυπα ασφαλείας είναι απαραίτητη για την παραγωγή ασφαλούς και ποιοτικού κιμά. Η εφαρμογή προτύπων όπως το ISO 22000 και το HACCP, σε συνδυασμό με τους ευρωπαϊκούς και εθνικούς κανονισμούς, εξασφαλίζει ότι ο



Σαπουντζάκη Κωνσταντίνα

*«Ποιοτικός έλεγχος σε παρασκεύασμα κιμά εστιάζοντας στην
μικροβιολογική απόδοση του διοξειδίου νατρίου για την βελτίωση
της ασφάλειας και υγιεινής του προϊόντος.»*

κιμάς πληροί τις απαιτούμενες προδιαγραφές ασφάλειας και υγιεινής. Οι έλεγχοι και οι επιθεωρήσεις από τις αρμόδιες αρχές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στη διασφάλιση της ποιότητας του προϊόντος και στην προστασία της δημόσιας υγείας.



Κεφάλαιο 2. Ο ρόλος του διοξειδίου νατρίου στον κιμά

2.1 Χημική σύνθεση και λειτουργία του διοξειδίου νατρίου στα τρόφιμα

Το διοξείδιο νάτριο (sodium diacetate) είναι ένα άλας του οξικού οξέος που χρησιμοποιείται ευρέως ως συντηρητικό και ρυθμιστής οξύτητας στη βιομηχανία τροφίμων. Χημικά, αποτελείται από ένα μόριο οξικού νατρίου και ένα μόριο οξικού οξέος, με μοριακό τύπο $\text{NaC}_2\text{H}_3\text{O}_2 \cdot \text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$. Η συνδυασμένη παρουσία του οξικού οξέος και του αλάτιού του προσδίδει στο διοξείδιο νάτριο τις μοναδικές του αντιμικροβιακές και αντιοξειδωτικές ιδιότητες (FAO, 2020).

Στη βιομηχανία τροφίμων, το διοξείδιο νάτριο χρησιμοποιείται κυρίως ως πρόσθετο για την αναστολή της ανάπτυξης βακτηρίων και μυκήτων. Έχει αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην καταπολέμηση παθογόνων μικροοργανισμών όπως η *Listeria monocytogenes*, η *Salmonella* spp. και η *Escherichia coli* O157:H7, καθιστώντας το σημαντικό συστατικό στη διατήρηση της ασφάλειας τροφίμων (Scollan et al., 2021). Η δράση του βασίζεται στη μείωση του pH και στη δημιουργία ενός δυσμενούς περιβάλλοντος για την ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Η χρήση του διοξειδίου νατρίου (E262ii) ως πρόσθετο στον κιμά είναι εγκεκριμένη από την Ευρωπαϊκή Ένωση, σύμφωνα με την Οδηγία 95/2/EK, λόγω της αποτελεσματικότητάς του στην αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών.

Μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές του διοξειδίου νατρίου είναι η χρήση του σε προϊόντα κρέατος, όπως ο κιμάς. Επειδή είναι ένα συστατικό εγκεκριμένο από τις διεθνείς ρυθμιστικές αρχές, συμπεριλαμβανομένης της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA), χρησιμοποιείται ευρέως ως αντιμικροβιακός παράγοντας που μπορεί να ενισχύσει τη διάρκεια ζωής των κρεατοσκευασμάτων (EFSA, 2022). Η ενσωμάτωσή του σε προϊόντα κιμά επιτρέπει τη μείωση των μικροβιολογικών κινδύνων, ενώ παράλληλα δεν επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος (Sofos, 2019).



Επιπλέον, το διοξικό νάτριο δρα ως ρυθμιστής οξύτητας, συμβάλλοντας στη σταθερότητα του pH σε ευπαθή τρόφιμα, γεγονός που μειώνει την ανάπτυξη βακτηριακών πληθυσμών και αυξάνει τη μικροβιολογική ασφάλεια. Το συστατικό αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περιπτώσεις όπου η θερμική επεξεργασία του τροφίμου δεν είναι επαρκής για την πλήρη εξάλειψη των παθογόνων μικροοργανισμών (FDA, 2021).

Μια ακόμα σημαντική λειτουργία του διοξειδίου νατρίου είναι η αντιοξειδωτική του δράση, η οποία περιορίζει την οξείδωση των λιπαρών οξέων στα τρόφιμα, συμβάλλοντας στη διατήρηση της φρεσκάδας και της γεύσης του κρέατος. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για προϊόντα όπως ο κιμάς, ο οποίος είναι ιδιαίτερα ευπαθής στην οξείδωση λόγω της αυξημένης επιφάνειας επαφής με το οξυγόνο (Samelis et al., 2020).

Πρόσφατες έρευνες (Maganga et al., 2021) έχουν επιβεβαιώσει ότι η συνδυαστική χρήση του διοξειδίου νατρίου με άλλα οργανικά οξέα μπορεί να βελτιώσει ακόμη περισσότερο την αντιμικροβιακή του δράση, παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κρέατος. Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται επίσης από παράγοντες όπως η συγκέντρωσή του στο προϊόν, η θερμοκρασία αποθήκευσης και η υγρασία, καθιστώντας την εφαρμογή του ιδανική για συστήματα διαχείρισης τροφίμων όπως το HACCP (TÜV NORD, 2022).

2.2 Αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση

Το διοξικό νάτριο (sodium diacetate, E262ii) είναι ένα συντηρητικό που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων λόγω των αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών του ιδιοτήτων. Πρόκειται για ένα άλας που αποτελείται από οξικό νάτριο και οξικό οξύ, το οποίο είναι γνωστό για τη δράση του στην αναστολή ανάπτυξης μικροοργανισμών και την επιβράδυνση των οξειδωτικών αντιδράσεων στα τρόφιμα (FAO, 2020).

Η αντιμικροβιακή δράση του διοξειδίου νατρίου βασίζεται κυρίως στην ικανότητά του να μειώνει το pH του τροφίμου, δημιουργώντας ένα όξινο περιβάλλον που είναι δυσμενές για την ανάπτυξη βακτηρίων, μυκήτων και άλλων αλλοιογόνων μικροοργανισμών (Sofos, 2020).



Σύμφωνα με έρευνες, το διοξεικό νάτριο είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικό στην αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων βακτηρίων, μέσα σε λίγες ημέρες αποθήκευσης (Scollan et al., 2021) όπως:

- *Listeria monocytogenes*
- *Salmonella* spp.
- *Escherichia coli* O157:H7
- *Clostridium botulinum*

Το οξικό οξύ, το οποίο απελευθερώνεται από το διοξεικό νάτριο, έχει ισχυρή βακτηριοστατική δράση. Διεισδύει στα κυτταρικά τοιχώματα των βακτηρίων, διαταράσσει τη μεταβολική τους δραστηριότητα και τελικά προκαλεί την αναστολή ή την εξόντωσή τους (Scollan et al., 2021).

Μια σημαντική εφαρμογή του διοξεικού νατρίου είναι η χρήση του στην επεξεργασία κρεατοσκευασμάτων, όπως ο κιμάς και τα αλλαντικά. Οι μελέτες δείχνουν ότι η προσθήκη διοξεικού νατρίου στα προϊόντα αυτά μειώνει σημαντικά την ανάπτυξη των βακτηρίων κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης (Sofos, 2019).

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι το διοξεικό νάτριο επηρεάζει τη διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών των βακτηρίων, προκαλώντας διαταραχή στη μεταφορά θρεπτικών ουσιών και στην παραγωγή ενέργειας εντός του κυττάρου (Davidson et al., 2022). Αυτή η δράση το καθιστά ιδιαίτερα αποτελεσματικό έναντι βακτηρίων που επιβιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες αποθήκευσης, γεγονός που το καθιστά ιδανικό για χρήση σε νωπά κρέατα και προϊόντα κιμά (Ricke et al., 2021).

Επιπλέον, το διοξεικό νάτριο δρα συνεργιστικά με άλλες τεχνολογίες συντήρησης, όπως η ψύξη και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP), ενισχύοντας έτσι τη μικροβιακή ασφάλεια των τροφίμων (FDA, 2021).

Μια πρόσφατη μελέτη (Samelis et al., 2020) έδειξε ότι η προσθήκη διοξεικού νατρίου σε κιμά κοτόπουλου μείωσε την ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* κατά 99% μέσα σε 10



ημέρες αποθήκευσης σε θερμοκρασίες ψύξης, γεγονός που υπογραμμίζει τη σημαντική του συμβολή στην ασφάλεια των τροφίμων.

Εκτός από την αντιμικροβιακή του ιδιότητα, το διοξεικό νάτριο δρα ως αντιοξειδωτικό προστατεύοντας τα τρόφιμα από την οξείδωση των λιπαρών και την αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών τους.

Η οξείδωση στα τρόφιμα, ιδιαίτερα στα προϊόντα κρέατος, μπορεί να προκαλέσει:

- Αλλοίωση της γεύσης και της οσμής (τάγγιση)
- Αλλαγές στο χρώμα του προϊόντος (π.χ. μείωση του ζωηρού κόκκινου χρώματος στο φρέσκο κρέας)
- Απώλεια θρεπτικών συστατικών

Το διοξεικό νάτριο περιορίζει την οξείδωση των λιπαρών οξέων, συμβάλλοντας έτσι στη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας των προϊόντων κρέατος (Samelis et al., 2020). Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για προϊόντα όπως ο κιμάς, ο οποίος είναι πιο ευπαθής στην οξείδωση λόγω της αυξημένης επιφάνειας επαφής του με το οξυγόνο.

Έρευνες δείχνουν ότι η χρήση διοξεικού νατρίου σε συνδυασμό με άλλα αντιοξειδωτικά (όπως ασκορβικό οξύ και τοκοφερόλες) μπορεί να προσφέρει ακόμα καλύτερα αποτελέσματα στη σταθεροποίηση των προϊόντων κρέατος (FAO, 2020).

Σύμφωνα με τον Cater et al. (2022), η χρήση διοξεικού νατρίου σε συνδυασμό με αντιοξειδωτικά όπως η τοκοφερόλη μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη σταθερότητα του προϊόντος και να μειώσει τις απώλειες κατά την αποθήκευση. Η έρευνα των Jayasena et al. (2022) έδειξε ότι η εφαρμογή διοξεικού νατρίου σε συνδυασμό με ασκορβικό οξύ είχε ακόμα καλύτερα αποτελέσματα στη σταθερότητα του χρώματος και τη μείωση της οξείδωσης των πρωτεϊνών στο κρέας.

Η αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, όπως η συγκέντρωσή του, η θερμοκρασία αποθήκευσης και η αλληλεπίδραση με άλλα συστατικά του τροφίμου. Για παράδειγμα, σε περιβάλλοντα με υψηλή υγρασία, η δράση του ενισχύεται



λόγω της ταχύτερης διάλυσής του και της αλληλεπίδρασης με βακτηριακές μεμβράνες (Montville & Matthews, 2021).

Η αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική του δράση προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, αλλά η υπερβολική χρήση του μπορεί να οδηγήσει σε μη επιθυμητές επιπτώσεις, όπως διαταραχές στην οξύτητα του γαστρεντερικού συστήματος και πιθανή αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κρέατος (FDA, 2020).

Συνολικά, το διοξεινικό νάτριο αποτελεί ένα από τα πλέον αξιόπιστα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων. Ο συνδυασμός των αντιμικροβιακών, αντιοξειδωτικών και ρυθμιστικών του ιδιοτήτων το καθιστά απαραίτητο για τη βελτίωση της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής των τροφίμων. Παράλληλα, η χρήση του είναι ρυθμισμένη από αυστηρούς κανονισμούς που διασφαλίζουν την καταλληλότητά του για κατανάλωση από τον άνθρωπο (European Commission, 2022).

2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα

Η αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση του διοξεικού νατρίου επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, οι οποίοι πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εφαρμογή του σε προϊόντα κρέατος. Η κατανόηση αυτών των παραγόντων είναι κρίσιμη για τη βέλτιστη χρήση του διοξεικού νατρίου ως πρόσθετο στα προϊόντα κιμά, διασφαλίζοντας την ασφάλεια και την ποιότητά τους. Παρακάτω αναλύονται οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου.

1. Συγκέντρωση του διοξεικού νατρίου: Η αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου εξαρτάται άμεσα από τη συγκέντρωσή του στο προϊόν. Υψηλότερες συγκεντρώσεις μπορούν να ενισχύσουν την αντιμικροβιακή δράση, αλλά πρέπει να τηρούνται οι κανονισμοί ασφαλείας και να αποφεύγεται η αλλοίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του προϊόντος. Σύμφωνα με τον Davidson et al. (2022), η βέλτιστη συγκέντρωση πρέπει να καθορίζεται με βάση το είδος του προϊόντος και τους επιθυμητούς στόχους συντήρησης.



2. pH του προϊόντος: Το διοξείκó νάτριο είναι πιο αποτελεσματικό σε όξινα περιβάλλοντα. Η μείωση του pH του προϊόντος μπορεί να ενισχύσει την αντιμικροβιακή δράση του, καθώς πολλά παθογόνα βακτήρια δεν ευδοκιμούν σε χαμηλά pH. Ο Sofos (2019) αναφέρει ότι η ρύθμιση του pH είναι κρίσιμη για τη βελτιστοποίηση της δράσης του διοξεικού νατρίου.
3. Θερμοκρασία αποθήκευσης: Η θερμοκρασία επηρεάζει την αντιμικροβιακή δράση του διοξεικού νατρίου. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, η ανάπτυξη των μικροοργανισμών επιβραδύνεται, ενισχύοντας την αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου. Ο Rieke et al. (2021) σημειώνουν ότι η συνδυασμένη χρήση διοξεικού νατρίου με κατάλληλες συνθήκες ψύξης μπορεί να παρατείνει σημαντικά τη διάρκεια ζωής των προϊόντων κρέατος.
4. Παρουσία άλλων συστατικών: Η παρουσία άλλων συστατικών, όπως πρωτεΐνες, λίπη και άλατα, μπορεί να επηρεάσει την αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου. Για παράδειγμα, τα λίπη μπορεί να προστατεύουν τα βακτήρια, μειώνοντας την αντιμικροβιακή δράση. Ο Montville & Matthews (2021) επισημαίνουν ότι η σύσταση του προϊόντος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον καθορισμό της δόσης του διοξεικού νατρίου.
5. Τύπος μικροοργανισμών: Διαφορετικοί μικροοργανισμοί παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στο διοξείκó νάτριο. Είναι σημαντικό να γνωρίζουμε ποιοι μικροοργανισμοί είναι παρόντες στο προϊόν για να εκτιμήσουμε την αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου. Ο Scollan et al. (2021) αναφέρουν ότι η στόχευση συγκεκριμένων παθογόνων μπορεί να απαιτεί προσαρμογή της συγκέντρωσης του διοξεικού νατρίου.

2.4 Σύγκριση με άλλα πρόσθετα

Η χρήση συντηρητικών στη βιομηχανία τροφίμων είναι απαραίτητη για την αναστολή της μικροβιακής ανάπτυξης, τη βελτίωση της ασφάλειας των τροφίμων και την επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των προϊόντων. Το διοξείκó νάτριο (sodium diacetate) αποτελεί μια από τις πιο διαδεδομένες επιλογές στη βιομηχανία επεξεργασίας κρέατος, ωστόσο, υπάρχουν και άλλα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται για παρόμοιους σκοπούς, όπως το σορβικό οξύ, το



βενζοϊκό οξύ, νιτρώδη και νιτρικά άλατα, καθώς και το γαλακτικό νάτριο. Η σύγκριση αυτών των ουσιών μπορεί να αναδείξει τα πλεονεκτήματα και τις πιθανές αδυναμίες του διοξειδίου νατρίου σε σχέση με άλλες διαθέσιμες επιλογές.

Το σορβικό οξύ (E200) και το σορβικό κάλιο (E202) είναι οργανικά οξέα που χρησιμοποιούνται ευρέως ως αντιμικροβιακά συντηρητικά στη βιομηχανία τροφίμων. Είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην αναστολή της ανάπτυξης ζυμών και μυκήτων, γεγονός που τα καθιστά ιδανικά για χρήση σε τυριά, αρτοσκευάσματα και αναψυκτικά (Sofos & Busta, 1981).

Έρευνες δείχνουν ότι η αποτελεσματικότητα του σορβικού οξέος μειώνεται σε τρόφιμα με υψηλό pH, καθώς δρα κυρίως σε όξινα περιβάλλοντα. Το διοξικό νάτριο, αντιθέτως, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα ευρύτερο φάσμα pH, γεγονός που του δίνει μεγαλύτερη ευελιξία στη χρήση του σε προϊόντα όπως ο κιμάς και τα αλλαντικά (FAO, 2020).

Το βενζοϊκό οξύ (E210) και το βενζοϊκό νάτριο (E211) είναι επίσης ευρέως χρησιμοποιούμενα αντιμικροβιακά συντηρητικά. Η δράση τους βασίζεται στην ικανότητα του βενζοϊκού οξέος να παρεμποδίζει την ανάπτυξη βακτηρίων και μυκήτων, ειδικά σε όξινα τρόφιμα όπως χυμοί, μαρμελάδες και σάλτσες (Chipley, 1993).

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα του βενζοϊκού οξέος είναι ότι η αποτελεσματικότητά του μειώνεται όταν το pH είναι πάνω από 4,5, περιορίζοντας έτσι τη χρήση του σε τρόφιμα με υψηλότερη οξύτητα (European Food Safety Authority - EFSA, 2022). Το διοξικό νάτριο, αντίθετα, παραμένει αποτελεσματικό σε ένα μεγαλύτερο εύρος pH, επιτρέποντας την εφαρμογή του σε προϊόντα που δεν έχουν όξινο περιβάλλον.

Τα νιτρώδη (E250) και νιτρικά άλατα (E251, E252) είναι συντηρητικά που χρησιμοποιούνται κυρίως σε επεξεργασμένα κρέατα για την πρόληψη της ανάπτυξης του *Clostridium botulinum*, του βακτηρίου που προκαλεί αλλαντίαση (Cassens, 1997). Επιπλέον, συμβάλλουν στη διατήρηση του κόκκινου χρώματος του κρέατος, αποτρέποντας την οξείδωση της μυοσφαιρίνης.



Παρόλο που τα νιτρώδη και νιτρικά άλατα είναι αποτελεσματικά στη διατήρηση της ασφάλειας των τροφίμων, η υπερβολική κατανάλωσή τους έχει συνδεθεί με τη δημιουργία νιτροζαμινών, οι οποίες είναι πιθανώς καρκινογόνες ενώσεις (European Commission, 2021). Αυτός ο κίνδυνος οδήγησε σε αυστηρούς περιορισμούς στη χρήση τους, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Αρχής για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA).

Τέλος, το γαλακτικό νάτριο (E325) είναι ένα άλας του γαλακτικού οξέος που χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων ως ρυθμιστής οξύτητας και συντηρητικό. Σύμφωνα με μελέτες, το γαλακτικό νάτριο εμφανίζει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση έναντι παθογόνων βακτηρίων όπως η *Listeria monocytogenes* και η *Salmonella* spp., κυρίως μέσω της μείωσης της ενεργότητας του νερού στα τρόφιμα και της αποσταθεροποίησης των βακτηριακών κυτταρικών μεμβρανών (Samelis et al., 2020). Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από τη συγκέντρωση και το pH του τροφίμου, με τη μέγιστη απόδοση να σημειώνεται σε χαμηλότερες τιμές pH (<6,0) (FAO, 2021).

Το διοξεικό νάτριο, από την άλλη, δεν σχετίζεται με τέτοιους κινδύνους, καθιστώντας το μια ασφαλέστερη εναλλακτική επιλογή για τη συντήρηση του κιμά και άλλων κρεατοσκευασμάτων (FDA, 2021).

Στον παρακάτω Πίνακα 1 παρουσιάζεται η συγκριτική αξιολόγηση του διοξεικού νατρίου με άλλα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων, όπως το σορβικό οξύ, το βενζοϊκό οξύ και τα νιτρώδη άλατα. Η σύγκριση βασίζεται σε βασικούς παράγοντες, όπως η αντιμικροβιακή και αντιοξειδωτική δράση, το εύρος pH στο οποίο είναι αποτελεσματικά, καθώς και οι πιθανές παρενέργειες της κατανάλωσής τους.

Συντηρητικό	Αντιμικροβιακή δράση	Αντιοξειδωτική δράση	Εύρος pH	Πιθανές παρενέργειες
Διοξεικό Νάτριο (E262ii)	Ναι(ευρύ φάσμα βακτηρίων)	Ναι	Ευρύ	Καμία σοβαρή παρενέργεια αναγνωρισμένη

				από EFSA
Σορβικό Οξύ (E200), Σορβικό Κάλιο (E202)	Ναι(κυρίως μύκητες και ζύμες)	Όχι	Μειωμένη αποτελεσματικότητα σε υψηλό pH	Χαμηλή τοξικότητα
Βενζοϊκό Οξύ (E210), Βενζοϊκό Νάτριο (E211)	Ναι(κυρίως βακτήρια & μύκητες)	Όχι	Αποτελεσματικό μόνο σε χαμηλό pH	Περιορισμένη χρήση σε όξινα τρόφιμα
Νιτρώδη (E250), Νιτρικά Άλατα (E251, E252)	Ναι (αναστέλλει Clostridium botulinum)	Όχι	Μέτριο	Πιθανή δημιουργία νιτροζαμινών (πιθανώς καρκινογόνες)
Γαλακτικό Νάτριο (E325)	Ναι (αναστέλλει Gram-θετικά και Gram- αρνητικά βακτήρια)	Όχι	Μέτριο (πιο αποτελεσματικό σε χαμηλό pH)	Καμία γνωστή τοξικότητα, επιτρεπτή χρήση σύμφωνα με FDA και EFSA (2022)

Πίνακας 1: Συγκριτική αξιολόγηση του διοξειδίου νατρίου με άλλα πρόσθετα

Η σύγκριση του διοξειδίου νατρίου με άλλα πρόσθετα αποδεικνύει ότι αποτελεί μια ασφαλή και αποτελεσματική επιλογή για τη συντήρηση του κιμά και των κρεατοσκευασμάτων. Η ευρεία αντιμικροβιακή του δράση, η σταθερότητά του σε διαφορετικά επίπεδα pH, καθώς



και η έλλειψη σοβαρών παρενεργειών το καθιστούν προτιμότερο σε σχέση με άλλα συντηρητικά, όπως τα νιτρώδη άλατα και το βενζοϊκό οξύ.

Ωστόσο, η επιλογή του κατάλληλου πρόσθετου εξαρτάται από το είδος του τροφίμου, τις συνθήκες επεξεργασίας και αποθήκευσης, καθώς και τις νομοθετικές απαιτήσεις που ισχύουν σε κάθε περιοχή. Η συνδυαστική χρήση του διοξειδίου νατρίου με άλλες τεχνολογίες (όπως η ψύξη και η συσκευασία σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα) μπορεί να βελτιώσει ακόμα περισσότερο τη διάρκεια ζωής των προϊόντων και να εξασφαλίσει τη μέγιστη ασφάλεια και ποιότητα των τροφίμων.

2.5 Νομοθεσία και επιτρεπόμενα όρια χρήσης

Η χρήση πρόσθετων αποτελεί ένα από τα πιο αυστηρά ρυθμιζόμενα θέματα στη βιομηχανία τροφίμων, με στόχο τη διασφάλιση της ασφάλειας των καταναλωτών και της ποιότητας των προϊόντων. Το διοξειδικό νάτριο (sodium diacetate, E262ii) χρησιμοποιείται στη βιομηχανία κρέατος και άλλων τροφίμων λόγω των αντιμικροβιακών και αντιοξειδωτικών του ιδιοτήτων. Ωστόσο, η χρήση του υπόκειται σε συγκεκριμένα ρυθμιστικά πλαίσια και όρια, τα οποία θεσπίζονται από διεθνείς και εθνικούς οργανισμούς.

Η αξιολόγηση της ασφάλειας του διοξειδίου νατρίου είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς η χρήση του συμβάλλει στην επέκταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων και στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, βελτιώνοντας την ποιότητα και την ασφάλεια του κρέατος. Ωστόσο, η σωστή εφαρμογή του, σύμφωνα με τις ρυθμιστικές οδηγίες, είναι απαραίτητη για να αποφευχθούν τυχόν ανεπιθύμητες επιπτώσεις τόσο στη δημόσια υγεία όσο και στα χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος (Montville & Matthews, 2021).

Ανάλογα με την περιοχή και τον αρμόδιο φορέα, οι επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις του διοξειδίου νατρίου διαφέρουν, ενώ οι έλεγχοι συμμόρφωσης διασφαλίζουν ότι η προσθήκη του γίνεται με ορθή βιομηχανική πρακτική, αποτρέποντας τη χρήση του σε επίπεδα που θα μπορούσαν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία ή να αλλοιώσουν τα χαρακτηριστικά των τροφίμων. Οι κανονισμοί αυτοί βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα και μελέτες που



αξιολογούν τόσο την αποτελεσματικότητα όσο και την τοξικολογική ασφάλεια του διοξειδίου νατρίου.

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το διοξείδιο νατρίου είναι εγκεκριμένο ως πρόσθετο τροφίμων με τον κωδικό E262ii, και η χρήση του καθορίζεται από τον Κανονισμό (ΕΚ) 1333/2008, που αφορά τα πρόσθετα τροφίμων (European Commission, 2008). Ο συγκεκριμένος κανονισμός προβλέπει ότι το διοξείδιο νατρίου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά από τρόφιμα, όπως προϊόντα κρέατος, αρτοσκευάσματα και γαλακτοκομικά προϊόντα, σε μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση 5.000 mg/kg του τελικού προϊόντος (EFSA, 2022).

Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) έχει αξιολογήσει την ασφάλεια του διοξειδίου νατρίου και έχει καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η χρήση του στις επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις δεν ενέχει κινδύνους για τη δημόσια υγεία (EFSA, 2018). Παράλληλα, η χρήση του πρέπει να συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις καλής βιομηχανικής πρακτικής, ώστε να μην επηρεάζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων.

Η EFSA έχει εξετάσει επίσης την πιθανότητα σχηματισμού επιβλαβών ενώσεων, όπως οι νιτροζαμίνες, όταν το διοξείδιο νατρίου χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα συντηρητικά όπως τα νιτρώδη άλατα. Μέχρι στιγμής, δεν έχουν βρεθεί επαρκή επιστημονικά δεδομένα που να υποστηρίζουν την ύπαρξη σοβαρών κινδύνων, αλλά οι μελέτες συνεχίζονται για να διασφαλιστεί η απόλυτη ασφάλεια του διοξειδίου νατρίου στα τρόφιμα (European Commission, 2022).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, το διοξείδιο νατρίου έχει αναγνωριστεί ως ασφαλές (Generally Recognized As Safe - GRAS) από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA). Σύμφωνα με τον Κώδικα Ομοσπονδιακών Κανονισμών (CFR), Τίτλος 21, Τμήμα 184.1754, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε τρόφιμα ως ρυθμιστής οξύτητας, αντιμικροβιακός παράγοντας και ενισχυτικό γεύσης (FDA, 2021).

Στα προϊόντα κρέατος, η χρήση του διοξειδίου νατρίου ρυθμίζεται αυστηρά με βάση τα όρια ασφαλείας που έχουν καθοριστεί από διεθνείς οργανισμούς. Οι έρευνες δείχνουν ότι η συγκέντρωση του διοξειδίου νατρίου στα κρεατοσκευάσματα κυμαίνεται συνήθως μεταξύ



0.1% και 0.6%, επίπεδα που θεωρούνται αποτελεσματικά στην καταπολέμηση των παθογόνων χωρίς να επηρεάζουν αρνητικά την ποιότητα του προϊόντος (Scollan et al., 2022). Ωστόσο, η υπέρβαση αυτών των ορίων μπορεί να επηρεάσει τη γεύση και τη σύσταση του κιμά, ενώ σε πολύ μεγάλες δόσεις ενδέχεται να έχει τοξική επίδραση (Jay et al., 2021).

Το FDA ορίζει ως ανώτατο επιτρεπόμενο όριο χρήσης του διοξειδίου νατρίου το 0,4% του συνολικού βάρους του τροφίμου, με την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται στη χαμηλότερη δυνατή συγκέντρωση που είναι απαραίτητη για την επίτευξη του επιθυμητού τεχνολογικού αποτελέσματος (US FDA, 2021). Οι επιχειρήσεις υποχρεούνται να συμμορφώνονται με τα όρια υπολειμμάτων και τις απαιτήσεις επισήμανσης, ώστε να διασφαλίζεται η διαφάνεια προς τους καταναλωτές.

Ο Codex Alimentarius, που έχει αναπτυχθεί από τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), έχει ενσωματώσει το διοξειδικό νάτριο στη λίστα των επιτρεπόμενων πρόσθετων τροφίμων. Σύμφωνα με τον Γενικό Κατάλογο Πρόσθετων Τροφίμων (GSFA), το διοξειδικό νάτριο επιτρέπεται να χρησιμοποιείται σε μια σειρά από τρόφιμα, συμπεριλαμβανομένων των προϊόντων κρέατος και των αρτοσκευασμάτων, με όριο 5.000 mg/kg τροφίμου (Codex Alimentarius, 2021).

Στην Ελλάδα, η χρήση του διοξειδίου νατρίου ακολουθεί τα ευρωπαϊκά πρότυπα, καθώς οι κανονισμοί της ΕΕ ενσωματώνονται στην εθνική νομοθεσία. Ο Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων (ΕΦΕΤ) είναι υπεύθυνος για τη διασφάλιση της συμμόρφωσης των επιχειρήσεων τροφίμων με τις κατευθυντήριες γραμμές της ΕΕ.

Σύμφωνα με τις Υγειονομικές Διατάξεις, οι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν πρόσθετα όπως το διοξειδικό νάτριο υποχρεούνται να τηρούν αυστηρές προδιαγραφές ελέγχου ποιότητας, ενώ η ετικέτα του προϊόντος πρέπει να αναφέρει με σαφήνεια την παρουσία του. Τα όρια χρήσης είναι ταυτόσημα με αυτά της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΦΕΤ, 2022).



Κεφάλαιο 3.Μικροβιολογικός έλεγχος και ασφάλεια κιμά

3.1 Παθογόνοι μικροοργανισμοί και επιπτώσεις στην υγιεινή

Ο κιμάς αποτελεί ένα από τα πιο ευπαθή προϊόντα κρέατος, καθώς λόγω της αλέσεως του κρέατος διαθέτει μεγάλη επιφάνεια επαφής με το περιβάλλον, καθιστώντας τον ιδιαίτερα ευάλωτο σε μικροβιακή επιμόλυνση. Οι μικροοργανισμοί που ενδέχεται να υπάρχουν στο κρέας, είτε λόγω της σφαγής είτε κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας, μπορούν να πολλαπλασιαστούν ραγδαία αν δεν τηρηθούν οι κατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης και υγιεινής (Hugas & Tsigarida, 2008). Ο μικροβιολογικός έλεγχος και η διασφάλιση της ασφάλειας του κιμά είναι απαραίτητα τόσο για τη δημόσια υγεία όσο και για την ποιότητα των τροφίμων. Η συμμόρφωση με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και η εφαρμογή αυστηρών μέτρων ελέγχου συμβάλλουν στην παραγωγή ασφαλών προϊόντων.

Η μικροβιολογική επιβάρυνση του κιμά σχετίζεται με την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes*, τα οποία είναι υπεύθυνα για σοβαρές τροφιμογενείς λοιμώξεις. Οι τροφιμογενείς ασθένειες που προκύπτουν από μολυσμένο κιμά αποτελούν σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας, καθώς μπορούν να οδηγήσουν σε νοσηλείες ή ακόμα και θανάτους σε ευπαθείς πληθυσμούς, όπως παιδιά, ηλικιωμένοι και άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα (European Food Safety Authority, 2021).

Οι κυριότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί που σχετίζονται με τον κιμά περιλαμβάνουν:

- *Salmonella* spp.: Είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα βακτήρια που σχετίζονται με τροφιμογενείς λοιμώξεις. Οι σαλμονέλλες μπορούν να ανιχνευθούν σε ωμό κρέας και προκαλούν σαλμονέλλωση, με συμπτώματα όπως διάρροια, πυρετό και κοιλιακές κράμπες (ISO 6579-1:2017).
- *Escherichia coli* O157:H7: Πρόκειται για ένα παθογόνο στέλεχος της *E. coli*, το οποίο μπορεί να προκαλέσει σοβαρές εντεροαιμορραγικές λοιμώξεις. Η κατανάλωση



ατελώς μαγειρεμένου κιμά έχει συνδεθεί με επιδημίες αιμολυτικού ουραιμικού συνδρόμου (HUS), που μπορεί να οδηγήσει σε νεφρική ανεπάρκεια (USDA, 2022).

- *Listeria monocytogenes*: Ένα ανθεκτικό βακτήριο που μπορεί να επιβιώσει σε χαμηλές θερμοκρασίες και να αναπτυχθεί ακόμα και σε ψύξη. Η κατανάλωση μολυσμένου κιμά μπορεί να προκαλέσει λιστερίωση, μια σοβαρή λοίμωξη επικίνδυνη για εγκύους, νεογνά και ηλικιωμένους (Codex Alimentarius, 2020).

Για τη διασφάλιση της ασφάλειας του κιμά, οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί και οι διεθνείς οργανισμοί τροφίμων έχουν θεσπίσει συγκεκριμένα μικροβιολογικά κριτήρια, τα οποία καθορίζονται στον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005. Τα βασικά κριτήρια περιλαμβάνουν:

- Κριτήρια Ασφάλειας Τροφίμων: Αυτά αφορούν την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών όπως η *Salmonella* spp. σε καθορισμένα δείγματα κιμά. Η απουσία των παθογόνων σε δείγματα 25g κρέατος αποτελεί προαπαιτούμενο για την ασφάλεια του τροφίμου.
- Κριτήρια Υγιεινής της Διαδικασίας: Αυτά περιλαμβάνουν μικροβιολογικούς δείκτες όπως η ολική καταμέτρηση μικροοργανισμών και τα εντεροβακτήρια, προκειμένου να ελεγχθεί η υγιεινή των διαδικασιών παραγωγής (EFSA, 2021).

Ο Κανονισμός (ΕΚ) 853/2004 ορίζει ειδικές απαιτήσεις για την παραγωγή κιμά, όπως τη θερμοκρασία αποθήκευσης ($\leq 2^{\circ}\text{C}$ για τον νωπό κιμά), τη μέγιστη διάρκεια ζωής και την εφαρμογή των αρχών HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) για τον έλεγχο των κρίσιμων σημείων κινδύνου (European Commission, 2004).

Για την ελαχιστοποίηση των μικροβιολογικών κινδύνων, οι επιχειρήσεις τροφίμων εφαρμόζουν αυστηρά μέτρα ελέγχου:

- Η επιλογή πρώτων υλών από πιστοποιημένους προμηθευτές που τηρούν τις απαιτήσεις των προτύπων ασφάλειας τροφίμων, όπως το ISO 22000, είναι κρίσιμη (Koutsoumanis & Sofos, 2004).
- Η σωστή διαχείριση της ψύξης και της αποθήκευσης του κιμά είναι βασική για την επιβράδυνση της ανάπτυξης παθογόνων. Μελέτες δείχνουν ότι η αποθήκευση του



κιμά σε θερμοκρασίες $>4^{\circ}\text{C}$ επιταχύνει την ανάπτυξη βακτηρίων όπως η *Salmonella* spp. και η *Listeria monocytogenes* (Gomes-Neves et al., 2012).

- Η χρήση προσθέτων, όπως το διοξεικό νάτριο (E262ii) και το γαλακτικό νάτριο (E325), συμβάλλει στην αναστολή της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών (Samelis et al., 2022).
- Το μαγείρεμα του κιμά σε θερμοκρασία $\geq 70^{\circ}\text{C}$ διασφαλίζει την πλήρη εξουδετέρωση των παθογόνων, σύμφωνα με το USDA (2022).
- Η εφαρμογή του HACCP και του ISO 22000 εξασφαλίζει ότι τα κρίσιμα σημεία κινδύνου παρακολουθούνται και ελέγχονται, ώστε να μειώνεται ο κίνδυνος επιμόλυνσης (Codex Alimentarius, 2020).

3.2 Διαχείριση κινδύνων στην παραγωγή κιμά

Η παραγωγή κιμά απαιτεί αυστηρά μέτρα διαχείρισης κινδύνων λόγω της ευπάθειάς του σε μικροβιολογική επιμόλυνση. Ο κιμάς, εξαιτίας της αυξημένης επιφάνειας επαφής του με το περιβάλλον και της υψηλής υγρασίας του, ευνοεί την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών όπως *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* και *Campylobacter* spp. (Sofos, 2019). Για την ελαχιστοποίηση αυτών των κινδύνων, εφαρμόζονται διεθνώς αναγνωρισμένα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπως το HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) και το ISO 22000, σε συνδυασμό με αποτελεσματικές μεθόδους συντήρησης, όπως η χρήση αντιμικροβιακών προσθέτων και τροποποιημένων συνθηκών αποθήκευσης (Montville & Matthews, 2021).

Το HACCP είναι ένα προληπτικό σύστημα που στοχεύει στην αναγνώριση, εκτίμηση και έλεγχο των βιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων που μπορεί να παρουσιαστούν κατά την παραγωγή τροφίμων. Στην παραγωγή κιμά, τα κρίσιμα σημεία ελέγχου (CCPs) περιλαμβάνουν:

- Πρώτες ύλες: Η ποιότητα του κρέατος που χρησιμοποιείται στον κιμά καθορίζει την αρχική μικροβιακή επιβάρυνση του προϊόντος. Η σωστή επιλογή προμηθευτών και ο



έλεγχος της ιχνηλασιμότητας αποτελούν βασικές προληπτικές ενέργειες (EFSA, 2022).

- Θερμοκρασία επεξεργασίας και αποθήκευσης: Ο κιμάς πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασίες $\leq 4^{\circ}\text{C}$ κατά την αποθήκευση και τη μεταφορά για να περιορίζεται η ανάπτυξη βακτηρίων όπως *Listeria monocytogenes* (Jay et al., 2021).
- Υγιεινή του εξοπλισμού και του προσωπικού: Η συχνή απολύμανση των μηχανών επεξεργασίας, των επιφανειών εργασίας και η τήρηση αυστηρών πρωτοκόλλων ατομικής υγιεινής είναι απαραίτητα για την πρόληψη επιμολύνσεων (Scollan et al., 2022).

Η εφαρμογή του HACCP στην παραγωγή κιμά επιτρέπει τη συστηματική παρακολούθηση των κρίσιμων σημείων ελέγχου, μειώνοντας την πιθανότητα μικροβιολογικής μόλυνσης και διασφαλίζοντας την ασφάλεια του τελικού προϊόντος (Montville & Matthews, 2021).

Το ISO 22000 αποτελεί ένα διεθνές πρότυπο διαχείρισης της ασφάλειας των τροφίμων, το οποίο ενοποιεί τις αρχές του HACCP με ένα σύστημα συνεχούς παρακολούθησης και βελτίωσης της παραγωγικής διαδικασίας. Οι βασικές απαιτήσεις του ISO 22000 για την παραγωγή κιμά περιλαμβάνουν:

- Αυστηρό έλεγχο των πρώτων υλών: Επιβάλλει διαδικασίες προληπτικού ελέγχου για την ποιότητα και την υγιεινή του κρέατος που χρησιμοποιείται στην παραγωγή κιμά (EFSA, 2021).
- Αναγνώριση και έλεγχος κινδύνων: Καθορίζει τις απαιτήσεις για την πρόληψη της μικροβιακής μόλυνσης, την ορθή θερμική επεξεργασία και την αποφυγή χημικών και φυσικών κινδύνων (Jay et al., 2021).
- Συνεχή εκπαίδευση του προσωπικού: Το πρότυπο απαιτεί την εκπαίδευση των εργαζομένων στη διαχείριση τροφίμων και την εφαρμογή βέλτιστων πρακτικών υγιεινής (Scollan et al., 2022).

Η συμμόρφωση με το ISO 22000 διασφαλίζει ότι η παραγωγή κιμά πληροί τα υψηλότερα πρότυπα ασφάλειας και υγιεινής, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και τη συμμόρφωση με τη νομοθεσία (European Commission, 2022).



Τέλος, η χρήση διοξειδίου νατρίου είναι ιδιαίτερα συμβατή με τα πρότυπα του ISO 22000, καθώς υποστηρίζει την προληπτική προσέγγιση της μείωσης των βιολογικών κινδύνων μέσω ελεγχόμενων παρεμβάσεων. Σύμφωνα με τον Montville & Matthews (2021), η ενσωμάτωσή του στη διαδικασία παραγωγής κρέατος μπορεί να μειώσει την ανάγκη για εντατικούς θερμικούς χειρισμούς, οι οποίοι συχνά αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κιμά..

3.3 Μέθοδοι ανίχνευσης μικροβίων (καλλιέργειες, PCR, ELISA)

Η ανίχνευση και ταυτοποίηση μικροοργανισμών είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των τροφίμων, καθώς και για τη διάγνωση μικροβιακών λοιμώξεων. Υπάρχουν διάφορες τεχνικές ανίχνευσης μικροβίων, οι οποίες ποικίλλουν ως προς την ευαισθησία, την ειδικότητα, το χρόνο ανάλυσης και το κόστος. Οι πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι περιλαμβάνουν τις καλλιέργειες, την αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης (PCR) και την ενζυμική ανοσοπροσοφητική δοκιμασία (ELISA).

Η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου ανίχνευσης μικροοργανισμών εξαρτάται από το είδος του δείγματος, την ευαισθησία που απαιτείται και τη διαθεσιμότητα εξοπλισμού. Οι καλλιέργειες παραμένουν ο «χρυσός κανόνας» για την ποσοτικοποίηση βακτηρίων, αλλά η PCR και η ELISA προσφέρουν ταχύτερη και πιο ευαίσθητη ανίχνευση. Ο συνδυασμός αυτών των μεθόδων μπορεί να προσφέρει τα πιο αξιόπιστα αποτελέσματα στην ανάλυση μικροοργανισμών στα τρόφιμα.

Η καλλιέργεια μικροοργανισμών σε επιλεκτικά θρεπτικά υποστρώματα αποτελεί την κλασική μέθοδο για την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση βακτηρίων και μυκήτων. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην ικανότητα των μικροοργανισμών να αναπτύσσονται σε κατάλληλα θρεπτικά υλικά υπό ελεγχόμενες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας.



Πλεονεκτήματα:

- Χαμηλό κόστος και ευρεία εφαρμογή: Χρησιμοποιείται ευρέως σε εργαστήρια τροφίμων και κλινικές μικροβιολογίας.
- Δυνατότητα ποσοτικοποίησης: Η ανάπτυξη αποικιών επιτρέπει την εκτίμηση της συγκέντρωσης μικροβιακού φορτίου σε δείγματα τροφίμων (Bintsis, 2018).
- Ικανότητα απομόνωσης και περαιτέρω ανάλυσης: Τα καλλιεργημένα βακτήρια μπορούν να αναλυθούν με βιοχημικές και μοριακές τεχνικές για την ταυτοποίησή τους (Jay et al., 2020).

Μειονεκτήματα:

- Χρονοβόρα διαδικασία: Οι περισσότερες καλλιέργειες απαιτούν από 24 έως 72 ώρες για την ανάπτυξη των βακτηρίων.
- Αδυναμία ανίχνευσης μη καλλιεργήσιμων μικροοργανισμών: Ορισμένα παθογόνα, όπως το Viable But Non-Culturable (VBNC) *E. coli*, δεν αναπτύσσονται σε συνθήκες εργαστηρίου (Oliver, 2020).
- Περιορισμένη ευαισθησία: Αδυνατεί να ανιχνεύσει μικροβιακούς πληθυσμούς σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις

Η μέθοδος αυτή εξακολουθεί να αποτελεί το «χρυσό πρότυπο» για τη μικροβιολογική ανάλυση των τροφίμων, αν και συμπληρώνεται από πιο σύγχρονες μοριακές και ανοσολογικές τεχνικές (Bintsis, 2018).

Η PCR (Polymerase Chain Reaction) είναι μια μοριακή τεχνική που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση του γενετικού υλικού μικροοργανισμών. Η μέθοδος επιτρέπει την αντιγραφή και ανίχνευση μικρών ποσοτήτων DNA ή RNA, επιτυγχάνοντας εξαιρετική ευαισθησία και ειδικότητα.

Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ευαισθησία: Μπορεί να ανιχνεύσει πολύ μικρές ποσότητες DNA ή RNA μικροοργανισμών (Dwivedi & Jaykus, 2011).



- Ταχύτητα ανάλυσης: Τα αποτελέσματα μπορούν να ληφθούν μέσα σε 3-5 ώρες, σε αντίθεση με τις καλλιέργειες που απαιτούν ημέρες.
- Ειδικότητα: Επιτρέπει την ταυτοποίηση συγκεκριμένων παθογόνων, ακόμα και σε μικτά δείγματα τροφίμων.

Μειονεκτήματα:

- Αδυναμία διάκρισης μεταξύ ζώντων και νεκρών κυττάρων: Η PCR ανιχνεύει το γενετικό υλικό των μικροοργανισμών ανεξάρτητα από τη ζωτικότητα τους (García-Fuentes et al., 2020).
- Αυξημένο κόστος και εξειδίκευση: Απαιτείται ειδικός εξοπλισμός και καταρτισμένο προσωπικό για την ανάλυση και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.
- Πιθανότητα επιμόλυνσης: Αν δεν ληφθούν προληπτικά μέτρα, υπάρχει κίνδυνος ψευδώς θετικών αποτελεσμάτων λόγω αλληλεπίδρασης με άλλα δείγματα (Kralik & Ricchi, 2017)

Η PCR έχει αναδειχθεί ως μια από τις πιο αξιόπιστες και ευρέως χρησιμοποιούμενες τεχνικές για την ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών στα τρόφιμα, αντικαθιστώντας σε πολλές περιπτώσεις τις κλασικές καλλιέργειες (Rahman et al., 2021).

Η ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) είναι μια ανοσολογική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση αντιγόνων ή αντισωμάτων. Η τεχνική βασίζεται στην ειδική αλληλεπίδραση μεταξύ αντιγόνου-αντισώματος, με αποτέλεσμα την παραγωγή ενός χρωμογενικού ή φθορίζοντος σήματος.

Πλεονεκτήματα:

- Γρήγορη ανίχνευση: Σε αντίθεση με τις καλλιέργειες, η ELISA μπορεί να παρέχει αποτελέσματα σε λιγότερο από 2 ώρες (Singh et al., 2019).
- Ευαισθησία και ειδικότητα: Η μέθοδος επιτρέπει την ανίχνευση πολύ μικρών ποσοτήτων πρωτεϊνικών δομών μικροοργανισμών.



- Μαζική ανάλυση: Μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά δείγματα ταυτόχρονα, καθιστώντας την ιδανική για ελέγχους ασφαλείας τροφίμων.

Μειονεκτήματα:

- Αλληλεπιδράσεις μη ειδικών πρωτεϊνών: Υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης ψευδώς θετικών ή αρνητικών αποτελεσμάτων (Abubakar et al., 2020).
- Απαίτηση εξειδικευμένων αντιδραστηρίων: Η επιτυχία της μεθόδου εξαρτάται από τη διαθεσιμότητα ειδικών αντισωμάτων.
- Αδυναμία διάκρισης ζώντων και νεκρών μικροοργανισμών: Όπως και η PCR, η ELISA δεν μπορεί να ξεχωρίσει αν τα ανιχνευθέντα αντιγόνα προέρχονται από ενεργά βακτήρια (Giese et al., 2021).

Η ELISA χρησιμοποιείται ευρέως για τον έλεγχο της παρουσίας τοξινών, αλλεργιογόνων και παθογόνων βακτηρίων στα τρόφιμα και θεωρείται βασική μέθοδος στη διασφάλιση της δημόσιας υγείας (Sanchez-Vargas et al., 2019).

3.4 Μικροβιολογικά κριτήρια αποδοχής κιμά (CFU/g)

Η μικροβιολογική ποιότητα του κιμά αποτελεί κρίσιμο παράγοντα για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας, δεδομένου ότι ο κιμάς είναι ευπαθές προϊόν και μπορεί να αποτελέσει μέσο μετάδοσης παθογόνων μικροοργανισμών. Για τον λόγο αυτό, έχουν θεσπιστεί συγκεκριμένα μικροβιολογικά κριτήρια αποδοχής, τα οποία καθορίζουν τα αποδεκτά επίπεδα μικροβιακού φορτίου σε μονάδες σχηματισμού αποικιών ανά γραμμάριο (CFU/g).

Η τήρηση των μικροβιολογικών κριτηρίων αποδοχής για τον κιμά είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας. Η συμμόρφωση με τα καθορισμένα όρια CFU/g για συγκεκριμένους μικροοργανισμούς συμβάλλει στην παραγωγή ασφαλών και ποιοτικών προϊόντων κρέατος.

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) αριθ. 2073/2005 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής, ο οποίος αφορά τα μικροβιολογικά κριτήρια για τα τρόφιμα, καθορίζονται συγκεκριμένα όρια για διάφορους μικροοργανισμούς στον κιμά. Τα κριτήρια αυτά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:



1. Κριτήρια Υγιεινής της Διαδικασίας: Αφορούν την αποδοτικότητα των διαδικασιών παραγωγής και υποδεικνύουν την ανάγκη για βελτιώσεις στην υγιεινή της παραγωγής όταν τα αποτελέσματα δεν είναι ικανοποιητικά. Δεν σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια του καταναλωτή, αλλά χρησιμεύουν ως δείκτες για την αποτελεσματικότητα των μέτρων υγιεινής στην παραγωγή.
2. Κριτήρια Ασφάλειας των Τροφίμων: Καθορίζουν τα αποδεκτά όρια για την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και σχετίζονται άμεσα με την ασφάλεια του τελικού προϊόντος. Ανιχνεύσιμες ποσότητες συγκεκριμένων μικροοργανισμών οδηγούν στην απόσυρση του προϊόντος από την αγορά.

Ο κανονισμός αυτός συμπληρώνεται από τα διεθνή πρότυπα, όπως το Codex Alimentarius, το οποίο προτείνει κατευθυντήριες οδηγίες για την υγιεινή των τροφίμων (FAO, 2020). Επιπλέον, οργανισμοί όπως ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) και η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) παρέχουν επιστημονικές αξιολογήσεις και κανονιστικές απαιτήσεις για τη μικροβιολογική ασφάλεια του κιμά (EFSA, 2021).

Σύμφωνα με τον Κανονισμό (ΕΚ) 2073/2005, για τον κιμά εφαρμόζονται μικροβιολογικά κριτήρια αποδοχής προκειμένου να διασφαλιστεί η ασφάλεια του καταναλωτή. Για τον κιμά τα μικροβιολογικά κριτήρια περιλαμβάνουν:

1. Σαλμονέλα (*Salmonella* spp.): Απουσία σε 25 γραμμάρια δείγματος. Η παρουσία της σαλμονέλας θεωρείται σοβαρή απόκλιση από τα κριτήρια ασφάλειας των τροφίμων και απαιτεί άμεσες διορθωτικές ενέργειες. Η παρουσία σαλμονέλας θεωρείται σοβαρή μη συμμόρφωση και οδηγεί στην απόσυρση του προϊόντος (EFSA, 2021).
2. *Escherichia coli*: Χρησιμοποιείται ως δείκτης κοπρανώδους ρύπανσης. Τα αποδεκτά όρια είναι:
 - m (όριο αποδοχής): 500 CFU/g
 - M (μέγιστο όριο): 5.000 CFU/g

Σύμφωνα με το σχέδιο δειγματοληψίας, λαμβάνονται 5 δείγματα ($n=5$), εκ των οποίων έως 2 δείγματα μπορούν να έχουν τιμές μεταξύ των ορίων m και M ($c=2$), ενώ κανένα δείγμα δεν



πρέπει να υπερβαίνει το όριο M. Η παρουσία του E. coli υποδηλώνει κοπρανώδη ρύπανση, γεγονός που υποδεικνύει ελλείψεις στην υγιεινή της παραγωγής (Rahman et al., 2021).

3. Σταφυλόκοκκοι θετικοί στην πηκτάση (*Staphylococcus aureus*): Τα αποδεκτά όρια είναι:

- m: 100 CFU/g
- M: 1.000 CFU/g

Το σχέδιο δειγματοληψίας είναι παρόμοιο με αυτό για το E. coli, με $n=5$ και $c=2$. Ο συγκεκριμένος μικροοργανισμός μπορεί να παράγει εντεροτοξίνες επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία, εάν το προϊόν δεν διατηρείται σε κατάλληλες θερμοκρασίες (García-Fuentes et al., 2020).

4. *Listeria monocytogenes*: Απουσία σε 25g. Παθογόνο με υψηλό ρίσκο για ευπαθείς ομάδες πληθυσμού.

5. Συνολική αερόβια μεσόφιλη χλωρίδα:

- Μέγιστο αποδεκτό όριο: 10^7 CFU/g
- Χρησιμοποιείται ως δείκτης φρεσκότητας του κιμά (Oliver, 2020)

Οι υπεύθυνοι επιχειρήσεων τροφίμων οφείλουν να εφαρμόζουν διαδικασίες που διασφαλίζουν τη συμμόρφωση με τα παραπάνω κριτήρια, ενσωματώνοντάς τα στα συστήματα διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπως το HACCP. Σε περίπτωση μη συμμόρφωσης, πρέπει να λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα, όπως η βελτίωση των διαδικασιών υγιεινής, η ενίσχυση των ελέγχων και, εάν απαιτείται, η απόσυρση των μη συμμορφούμενων προϊόντων από την αγορά.

Η συμμόρφωση με τα μικροβιολογικά κριτήρια αξιολογείται μέσω προτύπων δειγματοληψίας (ISO 18593:2018). Τα δείγματα εξετάζονται με τεχνικές όπως οι



καλλιέργειες σε εκλεκτικά θρεπτικά υποστρώματα, η PCR και η ELISA για την ταχεία ανίχνευση παθογόνων (Kralik & Ricchi, 2017).

Η μη συμμόρφωση με τα μικροβιολογικά κριτήρια απαιτεί διορθωτικές ενέργειες, όπως:

- Βελτίωση της υγιεινής στη διαδικασία παραγωγής.
- Ενίσχυση των θερμοκρασιακών ελέγχων αποθήκευσης.
- Απόσυρση ή ανάκληση του προϊόντος από την αγορά (WHO, 2020).



Κεφάλαιο 4. Πειραματική διαδικασία

4.1 Η εξεταζόμενη εταιρεία

Η KRIVEK SA είναι μια από τις κορυφαίες ελληνικές εταιρείες επεξεργασίας και διανομής προϊόντων κρέατος, με πολυετή παρουσία στη βιομηχανία τροφίμων. Ιδρύθηκε πριν από περισσότερα από 35 χρόνια στην Κρήτη, εμπνευσμένη από τις αξίες της κρητικής κουλτούρας, όπως η αυθεντικότητα, η ποιότητα και η αγάπη για τον τόπο. Το 2005, η εταιρεία μεταφέρθηκε σε νέες, υπερσύγχρονες εγκαταστάσεις συνολικής έκτασης 4.300 τ.μ., εξασφαλίζοντας την παραγωγή και επεξεργασία σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ποιότητας, υγιεινής και ασφάλειας με σκοπό την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων κρέατος, τηρώντας αυστηρά πρότυπα ασφαλείας και υγιεινής. Η εταιρεία εξειδικεύεται στην παραγωγή νωπών και κατεψυγμένων προϊόντων κρέατος, συμπεριλαμβανομένου του κιμά, των κρεατοσκευασμάτων και των αλλαντικών, εξυπηρετώντας τόσο τη λιανική όσο και τη βιομηχανική αγορά. Το 2022, η παραγωγική δυναμικότητα αυξήθηκε κατά 10%, και προγραμματίζεται επέκταση των γραμμών παραγωγής για περαιτέρω ενίσχυση της απόδοσης. Με τη συνεχή ανάπτυξη και επέκταση των εγκαταστάσεών της, η KRIVEK SA διασφαλίζει την ικανότητά της να ανταποκρίνεται στις αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς, προσφέροντας προϊόντα υψηλής ποιότητας στους πελάτες της.

Η KRIVEK SA διαμορφώνει τη στρατηγική της με βάση την ποιότητα, την καινοτομία και τη βιωσιμότητα, εξασφαλίζοντας ότι παραμένει ένας από τους πιο αξιόπιστους προμηθευτές προϊόντων κρέατος στην ελληνική και διεθνή αγορά. Μέσα από τη συνεχή επένδυση στην τεχνολογία, τη διαχείριση των πόρων και την προσαρμογή στις νέες διατροφικές τάσεις, η εταιρεία εδραιώνει τη θέση της ως ένας υπεύθυνος και καινοτόμος οργανισμός στον τομέα της βιομηχανίας τροφίμων.

Ο πρωταρχικός της στόχος είναι η διασφάλιση της υψηλότερης δυνατής ποιότητας και ασφάλειας των προϊόντων της, εφαρμόζοντας αυστηρά συστήματα διαχείρισης ποιότητας όπως το ISO 22000 και το HACCP. Με τη συνεχή παρακολούθηση και τον έλεγχο όλων των



σταδίων της παραγωγής, εξασφαλίζει την απόλυτη συμμόρφωση με τις διεθνείς προδιαγραφές ασφάλειας τροφίμων, ελαχιστοποιώντας τους μικροβιολογικούς κινδύνους και διατηρώντας τη σταθερή ποιότητα των προϊόντων της.

Η καινοτομία αποτελεί βασικό πυλώνα της στρατηγικής ανάπτυξης της KRIVEK SA. Η εταιρεία επενδύει σε νέες τεχνολογίες, εφαρμόζοντας προηγμένες μεθόδους επεξεργασίας και συντήρησης κρέατος, οι οποίες συμβάλλουν στη βελτίωση της διάρκειας ζωής των προϊόντων, στη μείωση των συντηρητικών και στην ενίσχυση της ασφάλειας των τροφίμων. Η χρήση αυτοματοποιημένων συστημάτων παραγωγής και προηγμένων τεχνικών ανίχνευσης μικροοργανισμών εξασφαλίζει τη βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας. Παράλληλα, η εταιρεία συνεργάζεται με ερευνητικά ιδρύματα και πανεπιστήμια, ώστε να αναπτύξει νέες τεχνολογίες και να ενσωματώσει τις τελευταίες επιστημονικές εξελίξεις στον τομέα της επεξεργασίας κρέατος.

Η εταιρεία διαδραματίζει επίσης ενεργό ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη, υιοθετώντας περιβαλλοντικά υπεύθυνες πρακτικές. Δεσμεύεται στη χρήση πρώτων υλών από υπεύθυνους παραγωγούς που εφαρμόζουν ηθικές και οικολογικές πρακτικές εκτροφής ζώων. Παράλληλα, λαμβάνει μέτρα για τη μείωση του περιβαλλοντικού της αποτυπώματος, μέσω της εφαρμογής φιλικών προς το περιβάλλον υλικών συσκευασίας, της μείωσης των πλαστικών απορριμμάτων και της βελτιστοποίησης της διαχείρισης των αποβλήτων. Επιπλέον, αναπτύσσει ενεργειακά αποδοτικά συστήματα παραγωγής, με στόχο τη μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών ρύπων.

Η οικονομική ανάπτυξη και η ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας αποτελούν κεντρικούς στόχους της KRIVEK SA. Μέσω της στρατηγικής επέκτασης των δραστηριοτήτων της, η εταιρεία στοχεύει στη διεύρυνση της παρουσίας της σε διεθνείς αγορές, διατηρώντας ισχυρές συνεργασίες με αλυσίδες λιανικής πώλησης και επιχειρήσεις εστίασης. Παράλληλα, εφαρμόζει αποτελεσματικές στρατηγικές διαχείρισης κόστους, ώστε να προσφέρει προϊόντα υψηλής ποιότητας σε ανταγωνιστικές τιμές, ενισχύοντας τη θέση της στην αγορά.

Ο προσανατολισμός της KRIVEK SA επικεντρώνεται επίσης στην ικανοποίηση των πελατών της, προσφέροντας εξατομικευμένες λύσεις που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες ανάγκες



του καταναλωτικού κοινού. Η εταιρεία αναπτύσσει ειδικές σειρές προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων premium κρεατοσκευασμάτων, βιολογικών επιλογών και προϊόντων που καλύπτουν συγκεκριμένες διατροφικές απαιτήσεις. Παράλληλα, βελτιώνει συνεχώς την εξυπηρέτηση των πελατών της, παρέχοντας προσαρμοσμένες λύσεις για επιχειρήσεις μαζικής εστίασης και αναπτύσσοντας νέα προϊόντα που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες διατροφικές τάσεις, όπως οι φυτικές εναλλακτικές πρωτεΐνες.

Τέλος, η KRIVEK SA επιλέχθηκε ως εξεταζόμενη εταιρεία για τη συγκεκριμένη μελέτη λόγω της ισχυρής δέσμευσής της στην ποιότητα, την καινοτομία και τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας. Η μελέτη επικεντρώνεται στη χρήση του διοξειδίου νατρίου ως πρόσθετο στον κιμά, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά του στη μικροβιολογική σταθερότητα και τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

4.2 Διαδικασία παραγωγής

Η διαδικασία παραγωγής κιμά αποτελείται από πολλαπλά στάδια, τα οποία πρέπει να τηρούν αυστηρές προδιαγραφές ασφαλείας και ποιότητας. Οι φάσεις παραγωγής περιλαμβάνουν την επιλογή της πρώτης ύλης, τη μηχανική επεξεργασία του κρέατος, την ανάμειξη των συστατικών, την ψύξη, τη συσκευασία και την αποθήκευση. Η σωστή τήρηση της μεθοδολογίας διασφαλίζει την ποιότητα του προϊόντος, την ασφάλεια των καταναλωτών και τη συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα, όπως τα HACCP, ISO 22000 και Codex Alimentarius.

Η πρώτη ύλη αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την ποιότητα του κιμά. Το κρέας που χρησιμοποιείται πρέπει να προέρχεται από υγιή ζώα και να συνοδεύεται από τα απαραίτητα κτηνιατρικά πιστοποιητικά, διασφαλίζοντας την καταλληλότητά του για ανθρώπινη κατανάλωση. Οι βασικές προδιαγραφές περιλαμβάνουν τη φρεσκάδα και την ποιότητα του κρέατος, την επιλογή μυϊκού ιστού χωρίς υπερβολικό λίπος και συνδετικό ιστό, όπως προβλέπεται από τον Κανονισμό (ΕΚ) 853/2004. Εξίσου σημαντικός είναι ο έλεγχος της θερμοκρασίας του εισερχόμενου κρέατος, η οποία δεν πρέπει να υπερβαίνει τους 4°C για νωπό κρέας και -18°C για κατεψυγμένο προϊόν σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission, 2021). Επιπλέον, πραγματοποιείται



οργανοληπτικός έλεγχος, που περιλαμβάνει την αξιολόγηση του χρώματος, της οσμής και της σύστασης του κρέατος, προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν αλλοιώσεις (ISO 22000, 2018).

Ακολουθεί το στάδιο του τεμαχισμού και της προετοιμασίας του κρέατος. Μετά την παραλαβή, το κρέας εισέρχεται σε μηχανές κοπής (cutter ή slicer), όπου τεμαχίζεται σε μικρότερα κομμάτια, συνήθως μεγέθους 3-5 cm, όπως προτείνεται από τον Sofos (2020). Στο στάδιο αυτό, απομακρύνονται ορατά λίπη, τένοντες και τυχόν υπολείμματα οστών, ώστε να διασφαλιστεί η ομοιογένεια και η σταθερότητα του τελικού προϊόντος. Το τεμαχισμένο κρέας ψύχεται εκ νέου πριν από την επεξεργασία του σε κιμά, διατηρώντας σταθερή τη θερμοκρασία για την αποφυγή της μικροβιακής ανάπτυξης.

Στη συνέχεια, το κρέας υποβάλλεται σε μηχανική άλεση, κατά την οποία μετατρέπεται σε κιμά μέσω εξειδικευμένων μηχανών άλεσης. Η θερμοκρασία του κρέατος πρέπει να παραμένει σταθερά κάτω από 4°C, ώστε να περιοριστεί η ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως η *Salmonella* spp. και η *Listeria monocytogenes*, σύμφωνα με τα ευρωπαϊκά μικροβιολογικά κριτήρια (EFSA, 2022). Η υφή και το μέγεθος του κιμά καθορίζονται από τις προδιαγραφές του προϊόντος, με κοινά μεγέθη άλεσης που κυμαίνονται από 2 έως 6 mm ανάλογα με τη χρήση του τελικού προϊόντος.

Ακολουθεί το στάδιο της ανάμειξης του κιμά, όπου προστίθενται ρυθμιστικοί παράγοντες και πρόσθετα για τη βελτίωση της διάρκειας ζωής του προϊόντος. Επιπλέον, μπορεί να προστεθούν άλατα, μπαχαρικά και άλλα σταθεροποιητικά συστατικά, ανάλογα με το τελικό προϊόν.

Η συσκευασία και αποθήκευση του κιμά αποτελεί το τελευταίο στάδιο της διαδικασίας. Ο κιμάς μπορεί να συσκευαστεί είτε σε απλές συσκευασίες τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), όπου χρησιμοποιούνται αέρια όπως CO₂ και O₂ για τον περιορισμό της βακτηριακής ανάπτυξης (Montville & Matthews, 2021), είτε σε κενό αέρος (vacuum packaging) για τη διατήρηση της φρεσκάδας και της ποιότητας του προϊόντος. Η αποθήκευση πρέπει να πραγματοποιείται σε θερμοκρασίες 0-2°C, προκειμένου να διατηρηθούν τα φυσικοχημικά και μικροβιολογικά χαρακτηριστικά του κιμά στα προβλεπόμενα όρια αποδοχής.



Τέλος, πριν από τη διάθεση του προϊόντος στην αγορά, πραγματοποιείται ποιοτικός και μικροβιολογικός έλεγχος, προκειμένου να διασφαλιστεί η συμμόρφωση του προϊόντος με τα ισχύοντα πρότυπα και κανονισμούς υγιεινής (ISO 22000, 2018). Τα αποτελέσματα των ελέγχων καταγράφονται, και εφόσον το προϊόν πληροί όλα τα απαιτούμενα κριτήρια, προωθείται για διανομή.

Η τήρηση όλων των παραπάνω σταδίων με αυστηρό έλεγχο και εφαρμογή των αρχών HACCP και ISO 22000 εξασφαλίζει την ασφάλεια και την υψηλή ποιότητα του κιμά, ενισχύοντας την εμπιστοσύνη των καταναλωτών και τη συμμόρφωση της παραγωγικής διαδικασίας με τις διεθνείς απαιτήσεις (Ricke et al., 2021).

4.3 Περιγραφή της μεθοδολογίας παρασκευής κιμά

Η παρούσα πειραματική μελέτη είχε ως κύριο στόχο την αξιολόγηση της επίδρασης του διοξειδίου νατρίου στο παρασκεύασμα κιμά, εστιάζοντας στη μικροβιολογική και φυσικοχημική του σταθερότητα κατά τη διάρκεια αποθήκευσης. Η μεθοδολογία ακολούθησε ένα τυποποιημένο πρωτόκολλο παραγωγής και ανάλυσης, το οποίο περιλαμβάνει διακριτές φάσεις επεξεργασίας, συντήρησης και μικροβιολογικής αξιολόγησης.

Η πρώτη ύλη (χοιρινή σπάλα) παραλήφθηκε από το τμήμα τεμαχιστηρίου σύμφωνα με το εγκεκριμένο πρόγραμμα παραγωγής. Η θερμοκρασία του εισερχόμενου κρέατος διατηρήθηκε κάτω από τους 4°C, ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια και η ποιότητά του.


Το κρέας ζυγίστηκε προκειμένου να δημιουργηθούν παρτίδες παραγωγής. Η παρτίδα που δημιουργήθηκε ζύγιζε 100kg. Στη συνέχεια, τοποθετήθηκε στην κιμαδομηχανή τύπου Mado, όπου αλέστηκε χρησιμοποιώντας σίτα No. 4 και απονευρωτή, ώστε να απομακρυνθούν τυχόν νεύρα και ίνες. Μετά την πρώτη άλεση, ο κιμάς τοποθετήθηκε σε ανοξείδωτο δοχείο «μπάνιο» και αφέθηκε να ξεκουραστεί στο ψυγείο για 1 ώρα.

Μετά την ξεκούραση του κιμά, πραγματοποιήθηκε η ανάμειξη των συστατικών στο μίξερ τύπου Novicky. Για κάθε παρτίδα, προστέθηκαν τα παρακάτω συστατικά:



- Μπαχαρικά & Πρόσθετα: Ρίγανη, μπαχάρι, σκόρδο γκρανουλέ, καρύκευμα παραδοσιακό(mix μπαχαρικών).
- Υλικά Δόμησης: Φρυγανιά.
- Υγρά Συστατικά: Νερό αφαλατωμένο παραγωγής, πάγος.

Παρακάτω επισυνάπτεται η συνταγή για την δημιουργία παρασκευάσματος μπιφτέκι παραδοσιακό χωρίς να αναγράφονται οι ποσότητες - αναλογίες της πρώτης ύλης, των μπαχαρικών και του υλικού δόμησης(Εικόνα 3).

	ΣΥΣΤΗΜΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ- ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΕΝΤΥΠΟ				Κωδικός Ε09-02β
	ΗΜΕΡΗΣΙΟ ΕΝΤΥΠΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΡΕΑΤΟΣΚΕΥΑΣΜΑΤΩΝ				Έκδοση 3η 20/04/2015
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ:		Υπεύθυνος: Υπογραφή:			
ΠΡΟΪΟΝ/ΗΜΙΕΤΟΙΜΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Α' ύλες που χρησιμοποιήθηκαν	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	LOT NUMBER	
ΜΠΙΦΤΕΚΙ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ		ΧΟΙΡΙΝΗ ΣΠΑΛΑ ΕΕ			
		ΝΕΡΟ ΑΦΑΛΑΤΩΜΕΝΟ (ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ) - ΠΑΓΟΣ			
		ΦΡΥΓΑΝΙΑ			
		ΚΑΡΥΚΕΥΜΑ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΟ			
		ΡΙΓΑΝΗ Α'			
		ΣΚΟΡΔΟ ΓΚΡΑΝΟΥΛΕ ΨΙΛΟ			
		ΜΠΑΧΑΡΙ ΑΛΕΣΜΕΝΟ			
		ΣΥΝΟΛΟ	100,000		
ΒΗΜΑ 1 : Παραλαβή κρέατος από το τμήμα τεμάχιστηρίου σύμφωνα με το πρόγραμμα παράγωγης.					
ΒΗΜΑ 2 : Ζύγιση κρέατος.					
ΒΗΜΑ 3 : Τοποθέτηση του κρέατος, στην κιμαδομηχανή, με χρήση της σίτας Ν. 4 και με χρήση απονευρωτή. Αλέθεται 1 φορά.					
ΒΗΜΑ 4 : Βάζουμε τον κιμά ,τα μπαχαρικά, την φρυγανιά, το νερό στο ΜΙΞΕΡ, Ανάδευση για 3-4min με ταχύτητα 1&2.					
ΒΗΜΑ 5 : Έπειτα γίνεται χρήση της μηχανής (ΑΒΜ/Κορπενς) όπου γίνεται και η μορφοποίηση του προϊόντος και τοποθέτηση σε ταγιά από καρότσι.					
ΒΗΜΑ 6 : Έπειτα το Προϊόν πηγαίνει στην συσκευασία και ζυγίζεται με τα απαραίτητα στοιχεία(Ημ λήξης, παρτίδα ημ. Παραγωγής)					

Εικόνα 1: Συνταγή του παρασκευάσματος μπιφτέκι παραδοσιακό



Η ανάδευση πραγματοποιήθηκε για 3-4 λεπτά, χρησιμοποιώντας ταχύτητες 1 και 2 στο μίξερ, διασφαλίζοντας την ομοιόμορφη κατανομή των συστατικών. Το τελικό μίγμα ξεκουράστηκε για 2 ώρες στο ψυγείο, προκειμένου να σταθεροποιηθεί η δομή του προϊόντος.

Μετά την ανάμειξη, το μίγμα του κιμά οδηγήθηκε στη μηχανή μορφοποίησης ABM/Korppens, όπου δημιουργήθηκαν μπιφτέκια βάρους 130g. Τα μπιφτέκια τοποθετήθηκαν σε ανοξείδωτα ταψιά και μεταξύ των στρωμάτων χρησιμοποιήθηκαν φύλλα πολυαιθυλενίου, εγκεκριμένα για επαφή με τρόφιμα.

Η συσκευασία πραγματοποιήθηκε με χρήση τροποποιημένης ατμόσφαιρας (MAP), με μίγμα 70% O₂ και 30% CO₂, προκειμένου να επεκταθεί η διάρκεια ζωής του προϊόντος. Κάθε συσκευασία περιλάμβανε τις απαραίτητες πληροφορίες: ημερομηνία παραγωγής, αριθμό παρτίδας και ημερομηνία λήξης.

Η πειραματική διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις διαφορετικές παρτίδες, προκειμένου να συγκριθούν τα αποτελέσματα μεταξύ διαφορετικών συνθέσεων. Οι τέσσερις κατηγορίες προϊόντων που παρασκευάστηκαν ήταν οι εξής:

1. Μπιφτέκι χωρίς πρόσθετα (Blank): Χρησιμοποιήθηκε ως δείγμα ελέγχου, ώστε να συγκριθεί η φυσική αλλοίωση του κιμά χωρίς την προσθήκη συντηρητικών.
2. Μπιφτέκι με διοξεικό νάτριο (0,4%): Περιείχε διοξεικό νάτριο ως πρόσθετο, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδρασή του στη διάρκεια ζωής και στη μικροβιολογική σταθερότητα του κιμά.
3. Μπιφτέκι με διοξεικό νάτριο (0,1%): Περιείχε διοξεικό νάτριο ως πρόσθετο, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδρασή του στη διάρκεια ζωής και στη μικροβιολογική σταθερότητα του κιμά.
4. Μπιφτέκι με γαλακτικό νάτριο (3%): Περιείχε γαλακτικό νάτριο, το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για την αναστολή της ανάπτυξης βακτηρίων.

Για κάθε μία από τις τέσσερις παρτίδες, συλλέχθηκαν μετά την παραγωγή και τη συσκευασία τους ένα σύνολο υποδειγμάτων μπιφτέκι. Ένα μέρος των υποδειγμάτων μπιφτέκι που



δημιουργήσαμε σταλθήκαν σε εξωτερικό διαπιστευμένο εργαστήριο έτσι ώστε να ελέγχουν τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά τους ενώ τα άλλα υποδείγματα παρέμειναν στο εργοστάσιο σε ψυγείο για να εξεταστούν τα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους. Τα υποδείγματα αποθηκεύτηκαν σε ελεγχόμενες συνθήκες ψύξης και αναλύθηκαν σε προκαθορισμένα χρονικά σημεία.

Για τη σύγκριση της μικροβιολογικής σταθερότητας, τα δείγματα εξετάστηκαν σε διαφορετικά χρονικά σημεία:

- Ημέρα 0 (αρχική κατάσταση)
- Ημέρα 2
- Ημέρα 5
- Ημέρα 7
- Ημέρα 10

Για κάθε δείγμα πραγματοποιήθηκαν οι ακόλουθες αναλύσεις:

Φυσικοχημικές Αναλύσεις:

- Οργανοληπτική αξιολόγηση: Έλεγχος υφής, χρώματος και οσμής.
- Μέτρηση pH: Προσδιορισμός της οξύτητας του προϊόντος.
- Ποσοστό υγρασίας: Υπολογισμός της περιεκτικότητας σε νερό.
- Λιπαρότητα: Προσδιορισμός της περιεκτικότητας σε λίπος.

Μικροβιολογικές Αναλύσεις:

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνεργασία με εξωτερικό διαπιστευμένο εργαστήριο, με στόχο τον ποσοτικό και ποιοτικό προσδιορισμό του μικροβιακού φορτίου. Οι μικροοργανισμοί που εξετάστηκαν ήταν:

- Συνολική βακτηριακή καταμέτρηση (CFU/g) και στις δυο φάσεις
- Παρουσία και ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών στην Φάση Β:
 - *Salmonella* spp.



- *Listeria monocytogenes*
- Enterobacteriaceae
- OMX (Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης) στην Φάση Α

Φάση Α: Σύγκριση όλων των δειγμάτων μεταξύ τους Blank – Διοξεικό Νάτριο(0,1%) – Γαλακτικό Νάτριο(3%)

Σε αυτή τη φάση, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου σε σχέση με το γαλακτικό νάτριο, ώστε να διαπιστωθεί ποιο συντηρητικό είναι πιο αποτελεσματικό στη διατήρηση της ποιότητας και ασφάλειας του κιμά.

Τα δείγματα αναλύθηκαν σε πέντε χρονικά σημεία:

- Χρόνος 0 (T0): Αμέσως μετά την παραγωγή.
- Μετά από 2 ημέρες (T2).
- Μετά από 5 ημέρες (T5).
- Μετά από 7 ημέρες (T7).
- Μετά από 10 ημέρες (T10).

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις επικεντρώθηκαν στη σύγκριση της ανάπτυξης ολικού αριθμού βακτηρίων στα τρία διαφορετικά προϊόντα.

Φάση Β: Σύγκριση του Blank με το μπιφτέκι που περιείχε διοξεικό νάτριο(0,4%)

Στη φάση αυτή, εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου στην αναστολή της μικροβιολογικής ανάπτυξης σε σύγκριση με το προϊόν αναφοράς (Blank).

Τα δείγματα αναλύθηκαν ξανά στα ίδια χρονικά σημεία (T0, T2, T5, T7, T10).

Οι αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν περιελάμβαναν:

- Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (υφή, χρώμα, οσμή).



- ο Φυσικοχημικές παράμετροι (pH, υγρασία, λιπαρότητα).
- ο Μικροβιολογικές αναλύσεις (ολικός αριθμός βακτηρίων, παθογόνα)

4.4 Εργαστηριακές διαδικασίες

Στο πλαίσιο της μελέτης, πραγματοποιήθηκαν μικροβιολογικές, φυσικοχημικές και οργανοληπτικές αναλύσεις για την αξιολόγηση της επίδρασης του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιακή ποιότητα και τη σταθερότητα του προϊόντος. Τα δείγματα παρασκευάστηκαν σύμφωνα με το πειραματικό πρωτόκολλο και αποθηκεύτηκαν υπό ελεγχόμενες συνθήκες ψύξης στους 0-4°C.

Στην Φάση Α πραγματοποιήθηκε σύγκριση μεταξύ των δειγμάτων Blank (χωρίς συντηρητικά), Διοξειδίου Νατρίου (0,1%) και Γαλακτικού Νατρίου (3%). Από το κάθε είδος συλλέχθηκαν 5 υποδείγματα και στάλθηκαν στο εργαστήριο για μικροβιολογικές αναλύσεις. Οι μικροβιολογικές μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στις ημέρες 0, 2, 5, 7 και 10, όπου εξετάστηκαν οι αλλαγές στο μικροβιακό φορτίο των δειγμάτων.

Στη Φάση Β εξετάστηκε η σύγκριση μεταξύ Blank και Διοξειδίου Νατρίου (0,4%). Επιπλέον, σε αυτή τη φάση διερευνήθηκαν η παρουσία και ανάπτυξη των μικροοργανισμών *Salmonella* spp., OMX (Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης), *Enterobacteriaceae* και *Listeria monocytogenes*, καθώς και οι αλλαγές στα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων. Από το κάθε είδος συλλέχθηκαν 10 υποδείγματα εκ των οποίων 5 υποδείγματα στάλθηκαν στο εργαστήριο για μικροβιολογικές αναλύσεις και 5 υποδείγματα διατηρήθηκαν στο εργοστάσιο για αξιολόγηση των φυσικοχημικών και οργανοληπτικών χαρακτηριστικών. Οι μικροβιολογικές μετρήσεις, τα φυσικοχημικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά εξετάστηκαν στις ημέρες 0, 2, 5, 7 και 10.

Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP: 70% O₂, 30% CO₂) ώστε να προσομοιωθούν οι πραγματικές συνθήκες διανομής. Πριν από την ανάλυση, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε αποστειρωμένα σακουλάκια και ομογενοποιήθηκαν με αποστειρωμένο διάλυμα Ringer (1:10).



Οι μικροβιολογικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε εξωτερικό διαπιστευμένο εργαστήριο.

Οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν βασίστηκαν σε διεθνή πρότυπα ISO.

Η καταμέτρηση του συνολικού αερόβιου μικροβιακού φορτίου έγινε με την τεχνική καλλιέργειας σε Plate Count Agar (PCA), με επώαση στους 30°C για 48 ώρες την ημέρα 0, 2, 5, 7 και 10.

Η ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών πραγματοποιήθηκε:

- *Listeria monocytogenes* (ISO 11290-1:2017): Εφαρμόστηκε εμπλουτισμός σε PALCAM Agar και επιβεβαίωση με PCR.
- *Salmonella* spp. (ISO 6579-1:2017): Χρησιμοποιήθηκε εμπλουτισμός σε Buffered Peptone Water (BPW) και καλλιέργεια σε XLD Agar.
- Enterobacteriaceae (ISO 21528-2:2017): Η καταμέτρηση πραγματοποιήθηκε σε VRBG Agar, με επώαση στους 37°C για 24 ώρες.
- Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης (OMX) (ISO 4833-1:2013): Η ανίχνευση πραγματοποιήθηκε με χρήση PCA Agar, με επώαση στους 30°C για 72 ώρες.

Για την αξιολόγηση της σταθερότητας των προϊόντων πραγματοποιήθηκαν οι εξής αναλύσεις:

- Μέτρηση pH: Χρησιμοποιήθηκε πεχάμετρο Testo 205 με τρυπητό ηλεκτρόδιο για άμεση μέτρηση στο προϊόν.
- Υγρασία (%): Προσδιορίστηκε με τη χρήση του αναλυτή τροφίμων FoodScan.
- Λιπαρότητα (%): Πραγματοποιήθηκε με το FoodScan, σύμφωνα με το πρότυπο ISO 1443:1973.

Τέλος, η οργανοληπτική αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε από την ομάδα ποιοτικού ελέγχου της εταιρείας. Τα κριτήρια περιλάμβαναν:

- Χρώμα: Αξιολόγηση πιθανών αλλαγών στο φρέσκο κόκκινο χρώμα του προϊόντος.
- Υφή: Εξέταση της συνοχής, της ζουμερότητας και τυχόν κολλώδους επιφάνειας.
- Οσμή: Ανίχνευση πιθανής ανάπτυξης δυσάρεστων οσμών και αλλοιώσεων.



Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα πρότυπα που εφαρμόζει η εταιρεία, βασισμένα στις απαιτήσεις της νομοθεσίας για τον ποιοτικό έλεγχο προϊόντων κρέατος (Regulation EC 853/2004).

4.5 Στατιστική ανάλυση

Η αξιολόγηση των μικροβιολογικών δεδομένων και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων κιμά πραγματοποιήθηκε με τη χρήση στατιστικών εργαλείων που επιτρέπουν τη σύγκριση και την οπτικοποίηση των διαφορών μεταξύ των παρασκευασμάτων. Η εφαρμογή συστηματικών μεθόδων ανάλυσης δεδομένων είναι απαραίτητη στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς διασφαλίζει την επιστημονική εγκυρότητα και τη στατιστική ακρίβεια των ευρημάτων (Montville & Matthews, 2021).

Στη συγκεκριμένη μελέτη, χρησιμοποιήθηκαν διαγράμματα τάσης (trend analysis plots) για την καταγραφή της μικροβιακής ανάπτυξης σε διαφορετικά χρονικά σημεία, καθώς και συγκριτικά γραφήματα για την απεικόνιση των διαφορών μεταξύ των δειγμάτων. Τα δεδομένα επεξεργάστηκαν μέσω του λογισμικού Minitab, το οποίο είναι ένα ευρέως αποδεκτό εργαλείο στατιστικής ανάλυσης στον τομέα της ασφάλειας τροφίμων (Montgomery, 2019).

Η ανάλυση δεδομένων βασίστηκε σε διεθνώς αναγνωρισμένα πρότυπα ποιότητας, συμπεριλαμβανομένων των ISO 13053-1:2011 και ISO 18404:2015, τα οποία καθορίζουν τις διαδικασίες και τις απαιτήσεις για τη στατιστική διαχείριση των δεδομένων.

Το ISO 13053-1:2011 είναι ένα διεθνές πρότυπο που αφορά την εφαρμογή του Six Sigma, μιας στατιστικής μεθοδολογίας που στοχεύει στη βελτίωση των διαδικασιών μέσω του κύκλου DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) (ISO, 2011). Το πρότυπο χρησιμοποιείται στη βιομηχανία τροφίμων για τη διαχείριση της ποιότητας και την ανάλυση μεταβλητών παραμέτρων, όπως το μικροβιακό φορτίο και οι φυσικοχημικές ιδιότητες των τροφίμων (Antony, 2021). Στην παρούσα μελέτη, η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιήθηκε για να καθορίσει:



- Define (Ορισμός προβλήματος): Την ανάγκη σύγκρισης των μικροβιολογικών δεδομένων των παρασκευασμάτων.
- Measure (Μέτρηση): Τη συλλογή δεδομένων σε διαφορετικά χρονικά σημεία.
- Analyze (Ανάλυση): Τη χρήση στατιστικών μεθόδων για τη σύγκριση των αποτελεσμάτων.
- Improve (Βελτίωση): Την αναγνώριση της αποτελεσματικότερης μεθόδου συντήρησης.
- Control (Έλεγχος): Την επιβεβαίωση των αποτελεσμάτων μέσω επαναλαμβανόμενων δοκιμών.

Η εφαρμογή του ISO 13053-1:2011 στη βιομηχανία κρέατος έχει αποδειχθεί αποτελεσματική στη μείωση των μικροβιολογικών κινδύνων και στην αύξηση της διάρκειας ζωής των προϊόντων μέσω της εφαρμογής βελτιστοποιημένων διαδικασιών παραγωγής (Sokovic et al., 2010).

Το ISO 18404:2015 επικεντρώνεται στις δεξιότητες και τις ικανότητες των επαγγελματιών που εφαρμόζουν ποσοτικές μεθόδους διαχείρισης ποιότητας, όπως το Six Sigma και Lean Management (ISO, 2015). Στη βιομηχανία τροφίμων, το πρότυπο χρησιμοποιείται για:

- Τη βελτιστοποίηση των παραγωγικών διαδικασιών μέσω της ανάλυσης μεταβλητών ποιοτικών χαρακτηριστικών.
- Την εφαρμογή εργαλείων στατιστικού ελέγχου, όπως τα διαγράμματα ελέγχου διεργασιών (SPC – Statistical Process Control).
- Τη διασφάλιση της σταθερότητας των διεργασιών μέσω της στατιστικής παρακολούθησης των αποκλίσεων (Basu, 2015).

Στην παρούσα μελέτη, το ISO 18404:2015 εφαρμόστηκε για τη διαχείριση της ποιότητας των δεδομένων και την τυποποίηση των στατιστικών μεθόδων ανάλυσης, εξασφαλίζοντας ότι οι χρησιμοποιούμενες τεχνικές τηρούν τα διεθνή πρότυπα επιστημονικής εγκυρότητας.



Η ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συγκριτικών διαγραμμάτων για τη γραφική απεικόνιση των διαφορών μεταξύ των δειγμάτων κιμά. Τα στατιστικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν περιλαμβάνουν:

- Διαγράμματα τάσης (trend analysis) για την απεικόνιση της μικροβιακής ανάπτυξης σε διαφορετικά χρονικά σημεία.
- Διαγράμματα σύγκρισης (comparison plots) για την απεικόνιση των διαφορών μεταξύ των προϊόντων με και χωρίς διοξείδιο νάτριο.
- Box plots για την κατανομή των δεδομένων και την ανίχνευση τυχόν ακραίων τιμών.

Η εφαρμογή αυτών των εργαλείων επιτρέπει την αντικειμενική αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των πρόσθετων που χρησιμοποιήθηκαν, συμβάλλοντας στην καλύτερη κατανόηση της επίδρασής τους στη διάρκεια ζωής του κιμά.

Η στατιστική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για τις εξής εξαρτημένες μεταβλητές:

1. Ολικός αριθμός βακτηρίων (cfu/g),
2. Enterobacteriaceae
3. *Listeria monocytogenes*
4. *Salmonella* spp.
5. *E. coli*
6. Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης (OMX)
7. Υγρασία
8. Λιπαρότητα
9. pH

Η ανεξάρτητη μεταβλητή ήταν ο τύπος (Blank, Διοξείδιο Νάτριο, Γαλακτικό Νάτριο), ενώ η επίδραση της αποθήκευσης αξιολογήθηκε ανά χρονικό σημείο (ημέρες 0, 2, 5, 7, 10).

Η εφαρμογή των ISO 13053-1:2011 και ISO 18404:2015 στην παρούσα μελέτη επέτρεψε τη συστηματική ανάλυση των δεδομένων, διασφαλίζοντας ότι η επεξεργασία και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων βασίστηκαν σε αναγνωρισμένα διεθνή πρότυπα. Τα στατιστικά εργαλεία



που χρησιμοποιήθηκαν παρείχαν μια αξιόπιστη προσέγγιση για την αξιολόγηση της επίδρασης του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιολογική σταθερότητα του κιμά, προσφέροντας επιστημονικά τεκμηριωμένες πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη βιομηχανία τροφίμων.

Τα αποτελέσματα των στατιστικών αναλύσεων παρουσιάζονται στα διαγράμματα και τους πίνακες που ακολουθούν. Στα επόμενα κεφάλαια θα συζητηθούν οι διαφορές μεταξύ των δειγμάτων και η σημασία τους για την ποιότητα και ασφάλεια του κιμά.

Φάση Α: Σύγκριση όλων των δειγμάτων μεταξύ τους Blank – Διοξείδιο Νάτριο(0,1%) – Γαλακτικό Νάτριο(3%)

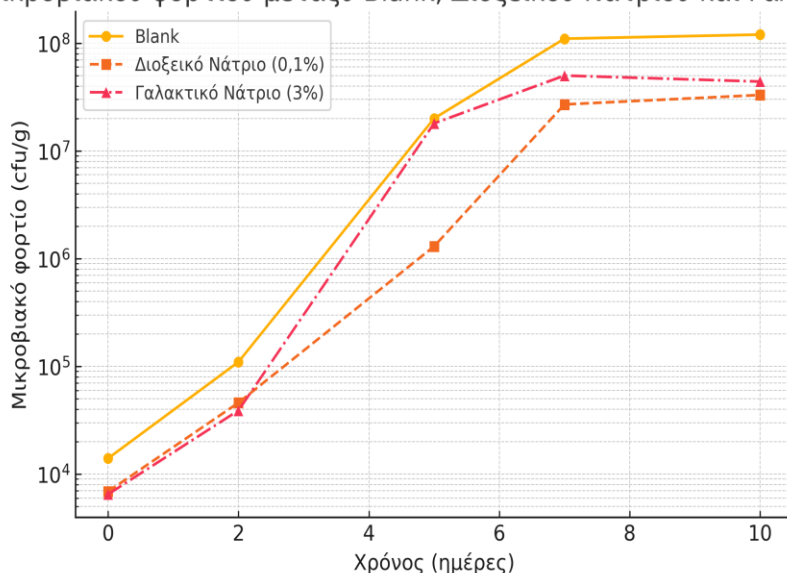
Τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν από τις αναλύσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 2, όπου αποτυπώνονται οι τιμές του μικροβιακού φορτίου για κάθε χρονική στιγμή αποθήκευσης.

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξείδιο νάτριο(0,1%) cfu/g	Γαλακτικό νάτριο (3%) cfu/g
0	1.4×10^4	6.9×10^3	6.5×10^3
2	1.1×10^5	4.6×10^4	3.9×10^4
5	2.0×10^7	1.3×10^6	1.8×10^7
7	1.1×10^8	2.7×10^7	5.0×10^7
10	1.2×10^8	3.3×10^7	4.4×10^7

Πίνακας 2: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη σε σύγκριση με το δείγμα Blank και γαλακτικό νάτριο(3%). Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:

Σύγκριση μικροβιακού φορτίου μεταξύ Blank, Διοξειδικού Νατρίου και Γαλακτικού Νατρίου



Σχήμα 1: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξειδικό Νάτριο 0,1% και Γαλακτικού Νατρίου (3%)

Φάση Β: Σύγκριση μεταξύ προϊόν αναφοράς Blank και Διοξειδικού Νατρίου 0,4%

Τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν από τις αναλύσεις παρουσιάζονται στον Πίνακα 3, όπου αποτυπώνονται οι τιμές του μικροβιακού φορτίου για κάθε χρονική στιγμή αποθήκευσης.

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξειδικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	2.9x 10 ⁶	1.0x10 ⁶
2	6.5x10 ⁶	2.5x10 ⁶
5	1.3x10 ⁸	2.6x10 ⁶
7	2.6x10 ⁸	8.1x10 ⁶
10	6.0x10 ⁸	1.4x10 ⁷

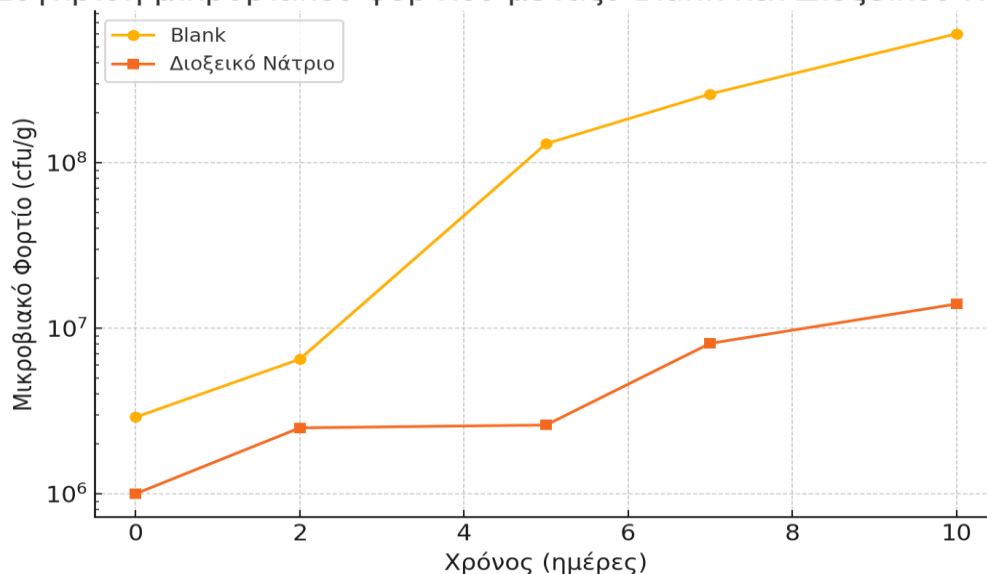
Πίνακας 3: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξειδικού νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη σε



σύγκριση με το δείγμα Blank. Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:

Σύγκριση μικροβιακού φορτίου μεταξύ Blank και Διοξεικού Νατρίου



Σχήμα 2: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξεικό Νάτριο 0,4% cfu/g.

Παράλληλα, στη Φάση Β πραγματοποιήθηκε ανάλυση για την ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών, προκειμένου να αξιολογηθεί η μικροβιακή σταθερότητα των δειγμάτων και η επίδραση του διοξειδίου νατρίου (0,4%) στην ανάπτυξή τους. Τα αποτελέσματα που συλλέχθηκαν για κάθε μικροοργανισμό παρατίθενται αναλυτικά παρακάτω.

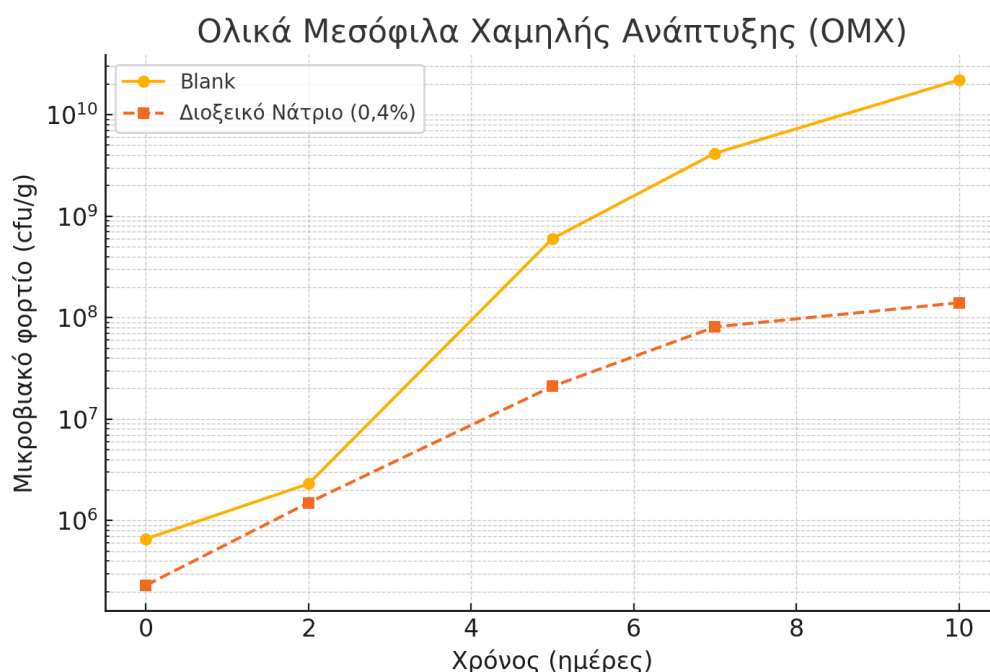
Στον παρακάτω πίνακα αποτυπώνονται οι τιμές που καταγράφηκαν τόσο για το Blank δείγμα (χωρίς πρόσθετα) όσο και για το δείγμα με προσθήκη διοξειδίου νατρίου (0,4%) όσον αφορά την καταμέτρηση των Ολικών Μεσόφιλων Χαμηλής Ανάπτυξης (OMX).

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
----------------	--------------	-----------------------------

0	6.6×10^5	2.3×10^5
2	2.3×10^6	1.5×10^6
5	6.0×10^8	2.1×10^7
7	4.17×10^9	8.1×10^7
10	2.2×10^{10}	1.4×10^8

Πίνακας 4: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου (OMX) (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη των Ολικών Μεσόφιλων Χαμηλής Ανάπτυξης (OMX) σύγκριση με το δείγμα Blank. Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



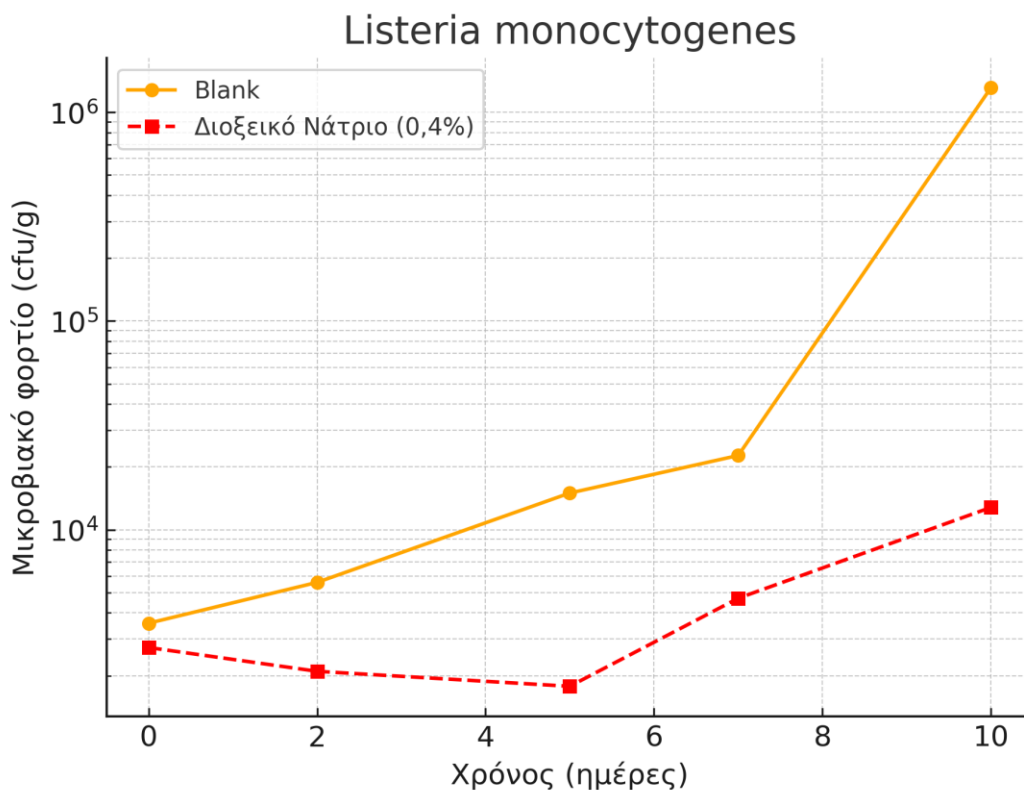
Σχήμα 3: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου OMX (cfu/g)

Τα αποτελέσματα που καταγράφονται στον παρακάτω πίνακα αφορούν την καταμέτρηση του μικροβιακού φορτίου της *Listeria monocytogenes* μεταξύ των δειγμάτων Blank (χωρίς συντηρητικά) και Διοξειδίου Νατρίου (0,4%).

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	3.57×10^3	2.73×10^3
2	5.6×10^3	2.1×10^3
5	1.5×10^4	1.78×10^3
7	2.27×10^4	4.7×10^3
10	1.31×10^6	1.28×10^4

Πίνακας 5: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου *Listeria monocytogenes* (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* σε σύγκριση με το δείγμα Blank. Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 4: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου *Listeria monocytogenes* (cfu/g)

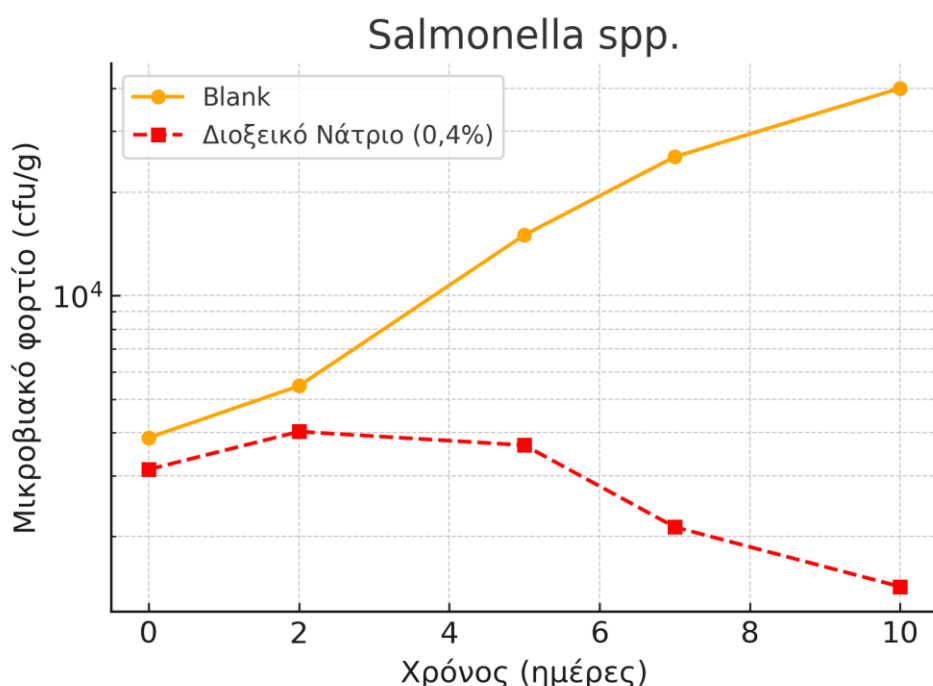


Στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν την καταμέτρηση του μικροβιακού φορτίου της *Salmonella spp* μεταξύ των δειγμάτων Blank (χωρίς πρόσθετα) και Διοξεικού Νατρίου (0,4%).

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	3.87×10^3	3.13×10^3
2	5.47×10^3	4.03×10^3
5	1.5×10^4	3.68×10^3
7	2.53×10^4	2.13×10^3
10	4.0×10^4	1.43×10^3

Πίνακας 6: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου *Salmonella spp* (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξεικού νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη της *Salmonella spp* σε σύγκριση με το δείγμα προϊόν αναφορά Blank. Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



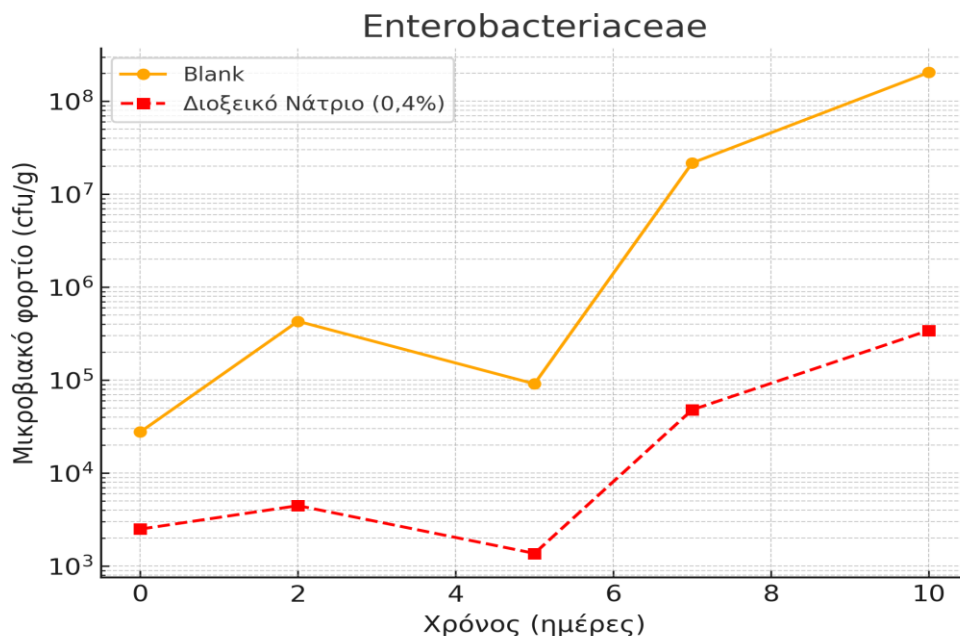
Σχήμα 5: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου *Salmonella spp* (cfu/g)

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα καταγράφονται τα αποτελέσματα που αφορούν την καταμέτρηση του μικροβιακού φορτίου του Enterobacteriaceae μεταξύ των δειγμάτων Blank (χωρίς συντηρητικά) και Διοξεικού Νατρίου (0,4%).

Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	2.77x 10 ⁴	2.50x10 ³
2	4.3x10 ⁵	4.47x10 ³
5	9.13x10 ⁴	1.37x10 ³
7	2.17x10 ⁷	4.80x10 ⁴
10	2.04.0x10 ⁸	3.43x10 ⁵

Πίνακας 7: Δεδομένα μικροβιακού φορτίου Enterobacteriaceae (cfu/g)

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά, προκειμένου να αξιολογηθεί η επίδραση του διοξεικού νατρίου στη μικροβιακή ανάπτυξη του Enterobacteriaceae σε σύγκριση με το δείγμα Blank. Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 6: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου Enterobacteriaceae (cfu/g)

Για την αξιολόγηση της επίδρασης του διοξειδίου νατρίου στη φυσικοχημική σταθερότητα του κιμά, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις των βασικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του προϊόντος στις προκαθορισμένες χρονικές στιγμές. Οι μετρήσεις περιελάμβαναν τον προσδιορισμό του pH, της υγρασίας, και της λιπαρότητας, προκειμένου να διερευνηθούν πιθανές διαφοροποιήσεις μεταξύ των δειγμάτων. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες, όπου αποτυπώνονται οι μεταβολές των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών κατά τη διάρκεια της συντήρησης των προϊόντων.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές του pH για κάθε δείγμα στις προκαθορισμένες χρονικές στιγμές.

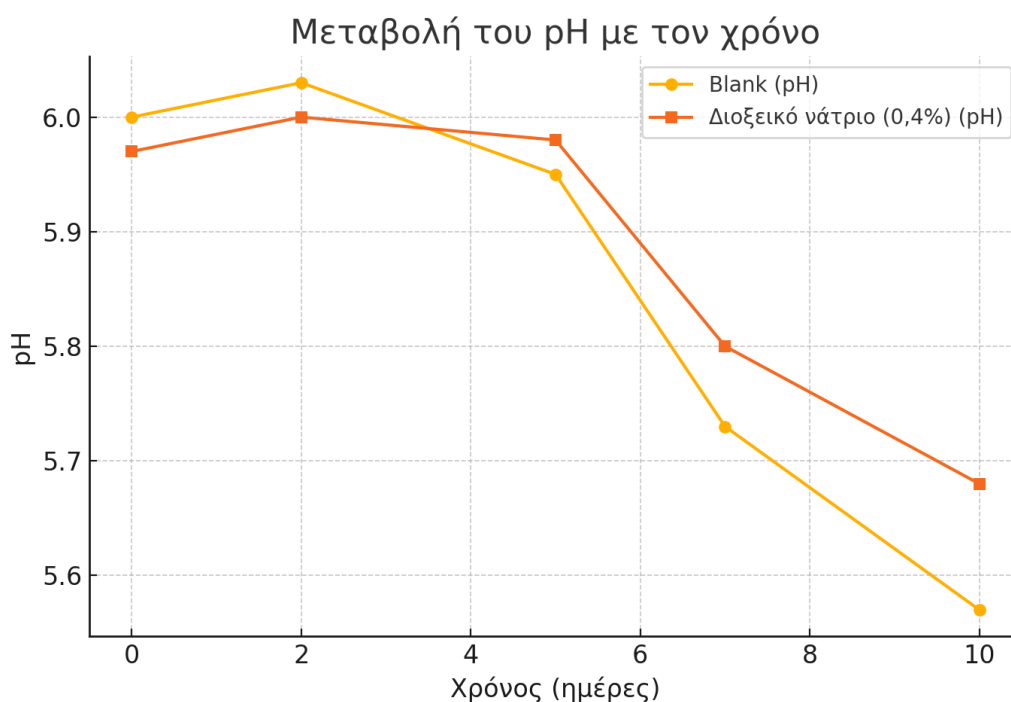
Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	6.00	5.97
2	6.03	6.00



5	5.95	5.98
7	5.73	5.80
10	5.57	5.68

Πίνακας 8: Δεδομένα μετρήσεων pH

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά.
Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:

**Σχήμα 7: Διάγραμμα τάσης pH**

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές της υγρασίας για κάθε δείγμα στις προκαθορισμένες χρονικές στιγμές.

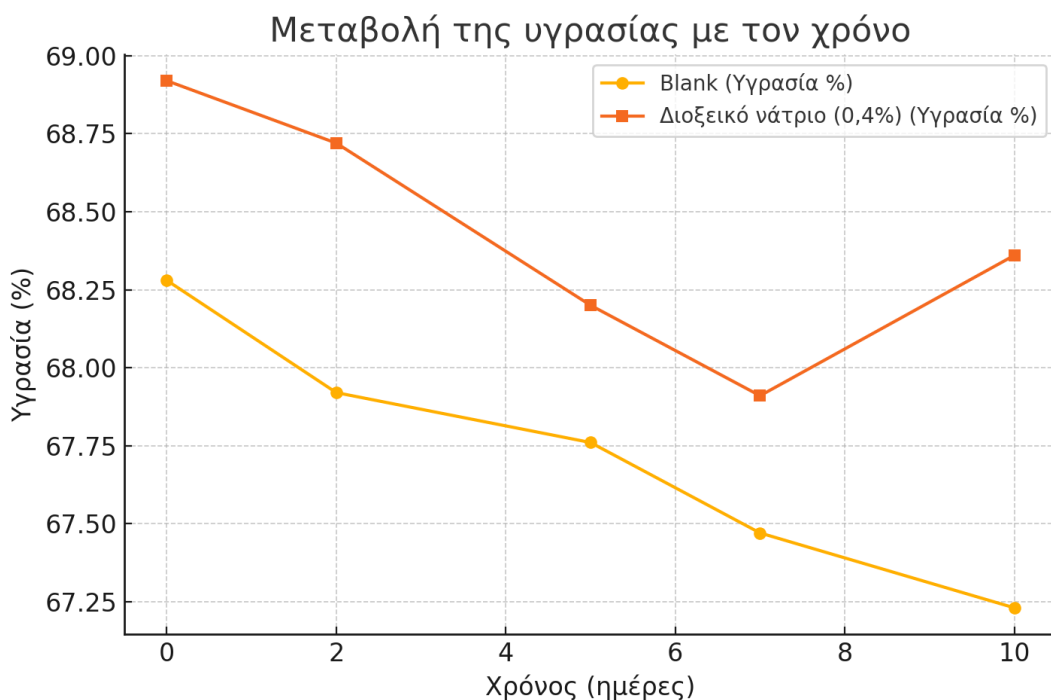
Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	68.28	68.92
2	67.92	68.72



5	67.76	68.20
7	67.47	67.91
10	67.23	68.36

Πίνακας 9: Δεδομένα μετρήσεων υγρασίας %

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά.
Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 8: Διάγραμμα τάσης υγρασίας %

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι τιμές της λιπαρότητας για κάθε δείγμα στις προκαθορισμένες χρονικές στιγμές.

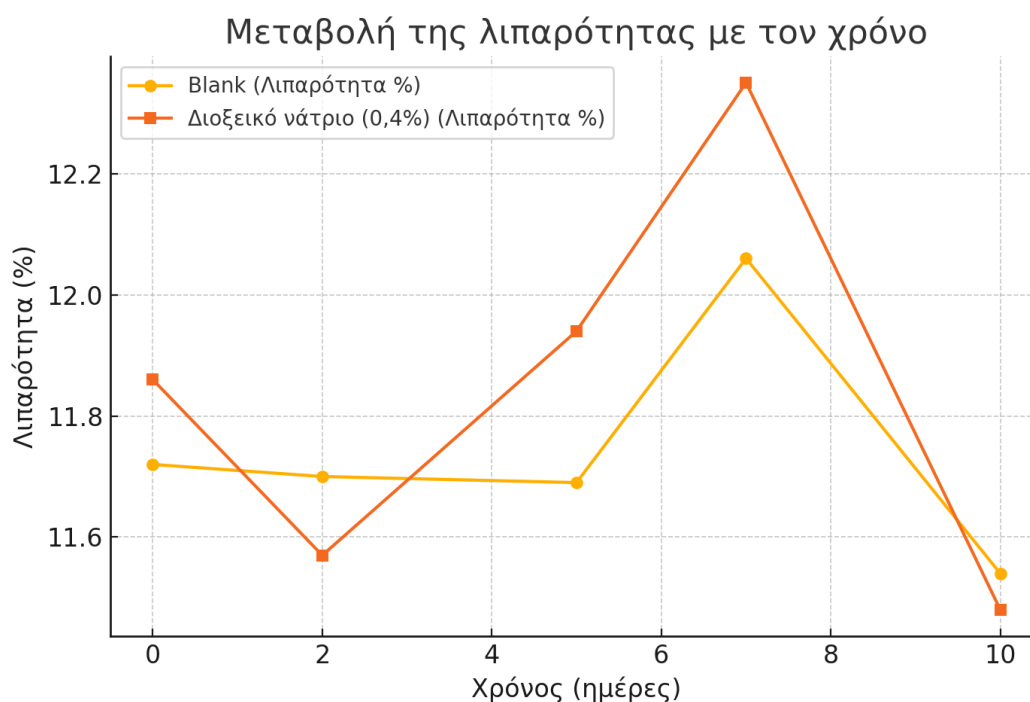
Χρόνος(ημέρες)	Blank(cfu/g)	Διοξεικό νάτριο(0,4%) cfu/g
0	11.72	11.86
2	11.70	11.57
5	11.69	11.94

7	12.06	12.35
10	11.54	11.48

Πίνακας 10: Δεδομένα μετρήσεων λιπαρότητας %

Στη συνέχεια, τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση του στατιστικού εργαλείου χρονοσειρά.

Το γράφημα που προέκυψε από την ανάλυση παρουσιάζεται παρακάτω:



Σχήμα 9: Διάγραμμα τάσης λιπαρότητας %



Κεφάλαιο 5.Αποτελέσματα και συζήτηση

5.1 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Το κεφάλαιο αυτό παρουσιάζει και αναλύει τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις πειραματικές διαδικασίες, με στόχο την αξιολόγηση της επίδρασης του διοξειδίου νατρίου στη μικροβιολογική σταθερότητα και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του κιμά. Η ανάλυση επικεντρώνεται στη σύγκριση των δειγμάτων που περιείχαν διοξειδικό νάτριο με το δείγμα αναφοράς (Blank), εξετάζοντας τόσο τα μικροβιολογικά όσο και τα φυσικοχημικά και τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά τους κατά τη διάρκεια της συντήρησης.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε σε προκαθορισμένα χρονικά σημεία (0, 2, 5, 7, 10 ημέρες) προκειμένου να εξεταστεί η επίδραση των πρόσθετων στη μικροβιακή σταθερότητα και στη συνολική ποιότητα του κιμά.

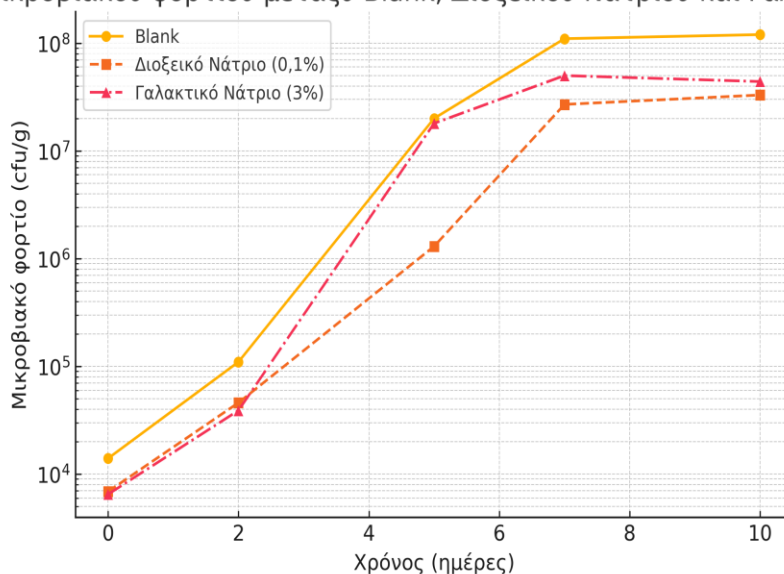
Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται μέσω διαγραμμάτων και συγκριτικής περιγραφής, δίνοντας έμφαση:

- Στη διατήρηση της μικροβιολογικής ασφάλειας του προϊόντος.
- Στις μεταβολές φυσικοχημικών παραμέτρων, όπως το pH, η υγρασία και η λιπαρότητα.
- Στις οργανοληπτικές διαφοροποιήσεις που επηρεάζουν την αποδοχή του προϊόντος από τον καταναλωτή

Φάση Α: Σύγκριση όλων των δειγμάτων μεταξύ τους Blank – Διοξειδικό Νάτριο(0,1%) – Γαλακτικό Νάτριο(3%)

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου στα δείγματα Blank, Διοξεικού Νατρίου 0,1% και Γαλακτικού Νατρίου 3% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Σύγκριση μικροβιακού φορτίου μεταξύ Blank, Διοξεικού Νατρίου και Γαλακτικού Νατρίου



Σχήμα 1: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξεικό Νάτριο 0,1% και Γαλακτικού Νατρίου (3%)

Παρατηρείται ότι τα τρία δείγματα ξεκινούν από παρόμοια επίπεδα μικροβιακού φορτίου την ημέρα μηδέν, γεγονός που επιβεβαιώνει ότι οι αρχικές συνθήκες επεξεργασίας και η πρώτη ύλη ήταν ίδιες για όλα τα δείγματα.

Καθώς προχωρά η αποθήκευση, το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται σημαντικά σε όλα τα δείγματα, ωστόσο, παρατηρούνται σαφείς διαφορές ως προς τον ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Το δείγμα Blank, το οποίο δεν περιέχει συντηρητικά, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αύξηση στο μικροβιακό φορτίο, ξεπερνώντας το όριο των 10⁷ cfu/g ήδη από την πέμπτη ημέρα και φτάνοντας τα 10⁸ cfu/g την δέκατη ημέρα, γεγονός που καταδεικνύει την ταχεία αλλοίωση του προϊόντος.



Το δείγμα που περιέχει γαλακτικό νάτριο σε συγκέντρωση 3% εμφανίζει βραδύτερη ανάπτυξη μικροοργανισμών σε σχέση με το Blank, καθώς το μικροβιακό φορτίο του παραμένει χαμηλότερο μέχρι και την έβδομη ημέρα. Παρόλα αυτά, η αντιμικροβιακή του δράση φαίνεται να μειώνεται προς το τέλος της αποθήκευσης, με το φορτίο να πλησιάζει τις τιμές του Blank.

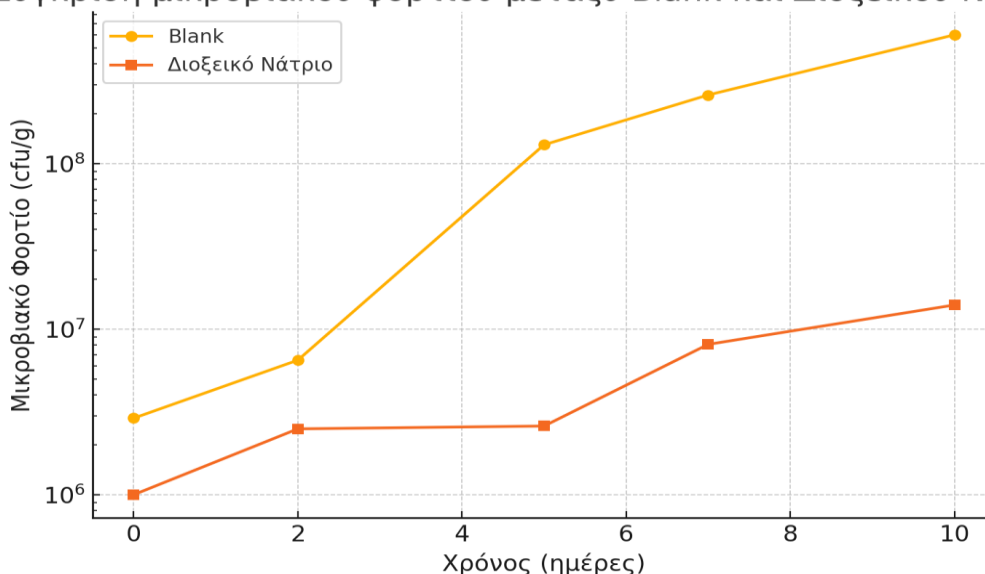
Αντίθετα, το δείγμα που περιέχει διοξεικό νάτριο σε συγκέντρωση 0,1% εμφανίζει τη χαμηλότερη μικροβιακή ανάπτυξη καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η παρουσία του συγκεκριμένου συντηρητικού επιβραδύνει σημαντικά την αύξηση των μικροοργανισμών, με αποτέλεσμα το μικροβιακό φορτίο να διατηρείται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τα άλλα δύο δείγματα.

Συμπερασματικά, το διοξεικό νάτριο φαίνεται να είναι το πιο αποτελεσματικό από τα δύο συντηρητικά, συμβάλλοντας στη σημαντική μείωση της μικροβιακής ανάπτυξης και συνεπώς στην παράταση της διάρκειας ζωής του κιμά. Αντίθετα, το γαλακτικό νάτριο, αν και επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, δεν παρουσιάζει εξίσου ισχυρή ανασταλτική δράση. Το δείγμα χωρίς συντηρητικά εμφανίζει τη μεγαλύτερη μικροβιακή αύξηση, γεγονός που υποδηλώνει υψηλό κίνδυνο αλλοίωσης σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Φάση Β: Σύγκριση μεταξύ προϊόν αναφοράς Blank και Διοξεικού Νατρίου 0,4%

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου στα δείγματα Blank και Διοξεικού Νατρίου (0,4%) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Σύγκριση μικροβιακού φορτίου μεταξύ Blank και Διοξεικού Νατρίου



Σχήμα 2: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου (cfu/g) για τα δείγματα Blank και Διοξεικό Νάτριο 0,4% cfu/g.

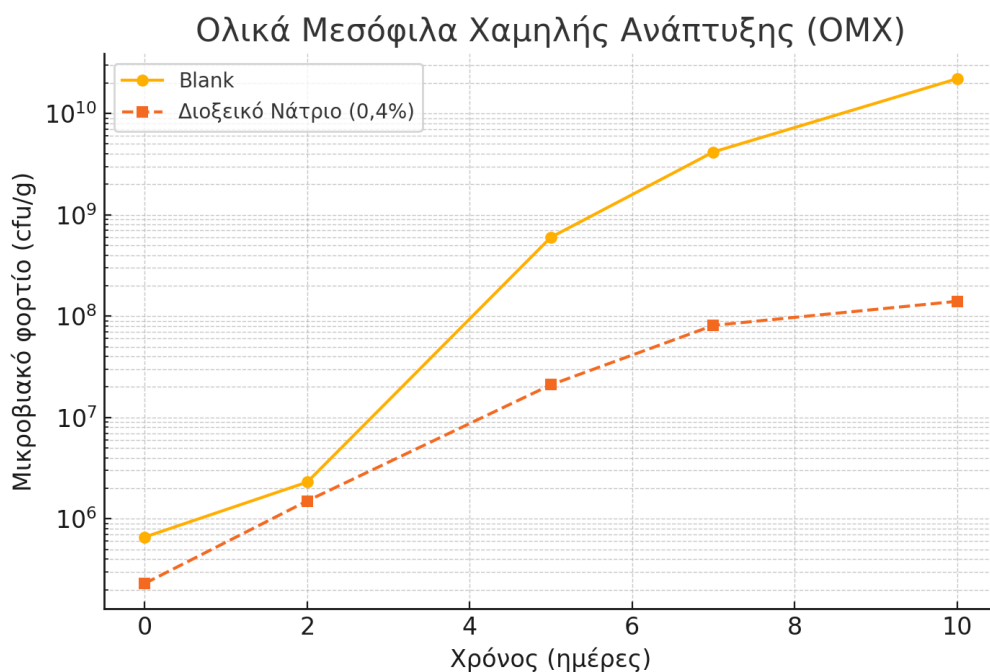
Παρατηρείται ότι και στα δύο δείγματα το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται σταδιακά με την πάροδο του χρόνου, όμως υπάρχουν σαφείς διαφορές στον ρυθμό ανάπτυξης των μικροοργανισμών.

Το δείγμα Blank, που δεν περιέχει συντηρητικά, παρουσιάζει συνεχή και απότομη αύξηση του μικροβιακού φορτίου, ξεπερνώντας το όριο των 10^7 cfu/g περίπου την έκτη ημέρα και φτάνοντας σε πολύ υψηλές τιμές έως την δέκατη ημέρα, γεγονός που υποδεικνύει έντονη μικροβιακή ανάπτυξη και ταχεία αλλοίωση του προϊόντος.

Αντίθετα, το δείγμα με Διοξεικό Νάτριο (0,4%) εμφανίζει σαφώς βραδύτερη μικροβιακή ανάπτυξη. Η παρουσία του διοξειδίου νατρίου φαίνεται να επιβραδύνει σημαντικά την αύξηση του μικροβιακού φορτίου, καθυστερώντας την υπέρβαση του κρίσιμου ορίου. Παρόλο που παρατηρείται μία σταδιακή αύξηση των μικροοργανισμών, οι τιμές παραμένουν χαμηλότερες σε σχέση με το δείγμα Blank καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Συμπερασματικά, το διοξεικό νάτριο φαίνεται να προσφέρει σημαντική προστασία έναντι της μικροβιακής ανάπτυξης, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ποιότητας του κιμά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Το δείγμα χωρίς συντηρητικό εμφανίζει έντονη μικροβιακή αύξηση και μειωμένη διάρκεια ζωής, καθιστώντας σαφή την ανάγκη για χρήση κατάλληλων συντηρητικών στη βιομηχανία τροφίμων.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου των Ολικών Μεσόφιλων Χαμηλής Ανάπτυξης (OMX) στα δείγματα Blank και Διοξεικού Νατρίου (0,4%) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Σχήμα 3: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου OMX (cfu/g)



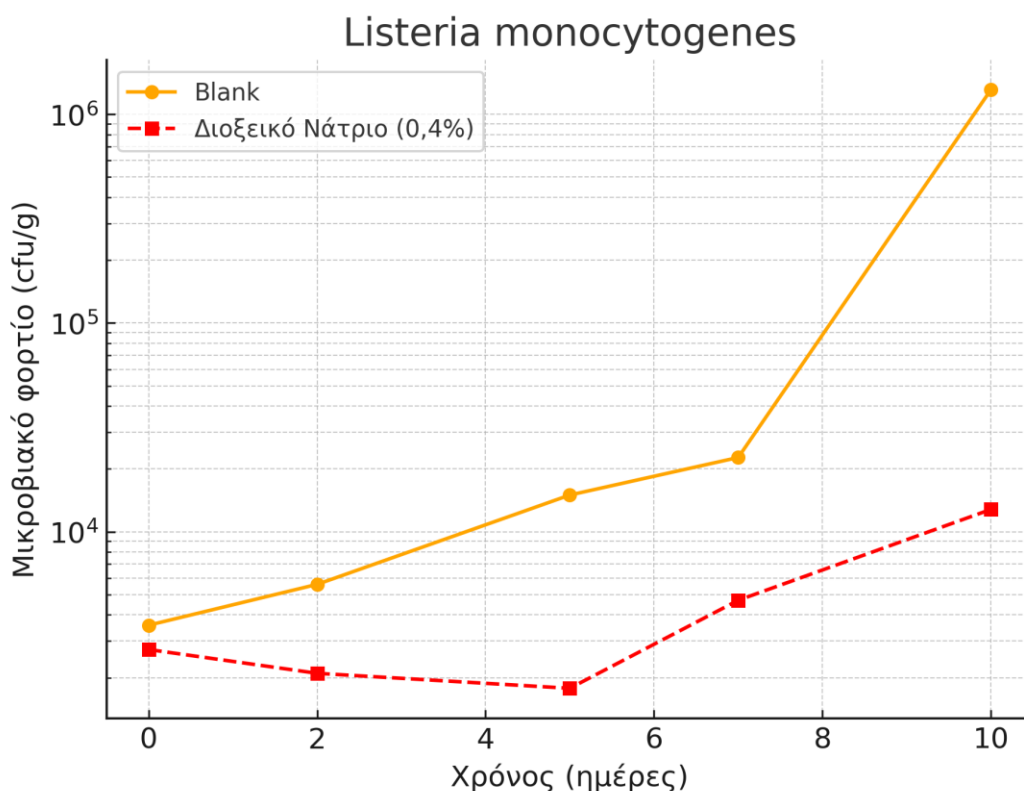
Παρατηρείται ότι το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται σταδιακά και στα δύο δείγματα με την πάροδο του χρόνου, ωστόσο η ανάπτυξη των OMX είναι σαφώς ταχύτερη στο δείγμα Blank σε σύγκριση με το δείγμα που περιέχει διοξεικό νάτριο.

Στο δείγμα Blank, η αύξηση του μικροβιακού φορτίου είναι εκθετική, με τις τιμές να ξεπερνούν το κρίσιμο όριο των 10^7 cfu/g περίπου την τέταρτη ημέρα και να συνεχίζουν να αυξάνονται έως το τέλος της αποθήκευσης. Η ραγδαία αυτή ανάπτυξη υποδηλώνει την ταχεία αλλοίωση του προϊόντος και περιορισμένη διάρκεια ζωής.

Αντίθετα, στο δείγμα που περιέχει διοξεικό νάτριο (0,4%), το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται με πολύ βραδύτερο ρυθμό. Οι τιμές των OMX παραμένουν σημαντικά χαμηλότερες σε σύγκριση με το δείγμα Blank, υποδηλώνοντας την αντιμικροβιακή δράση του διοξεικού νατρίου. Η επιβράδυνση της ανάπτυξης των μικροοργανισμών είναι ιδιαίτερα εμφανής μετά την πέμπτη ημέρα, γεγονός που υποδηλώνει τη σταθεροποιητική επίδραση του συντηρητικού στη μικροβιολογική ποιότητα του προϊόντος.

Συμπερασματικά, η παρουσία διοξεικού νατρίου συμβάλλει σημαντικά στον έλεγχο των OMX, καθυστερώντας την αύξηση του μικροβιακού φορτίου και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του κιμά. Αντίθετα, το δείγμα χωρίς συντηρητικό εμφανίζει ανεξέλεγκτη μικροβιακή ανάπτυξη, οδηγώντας σε ταχύτερη αλλοίωση του προϊόντος.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου της *Listeria monocytogenes* στα δείγματα Blank και Διοξεικού Νατρίου (0,4%) κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



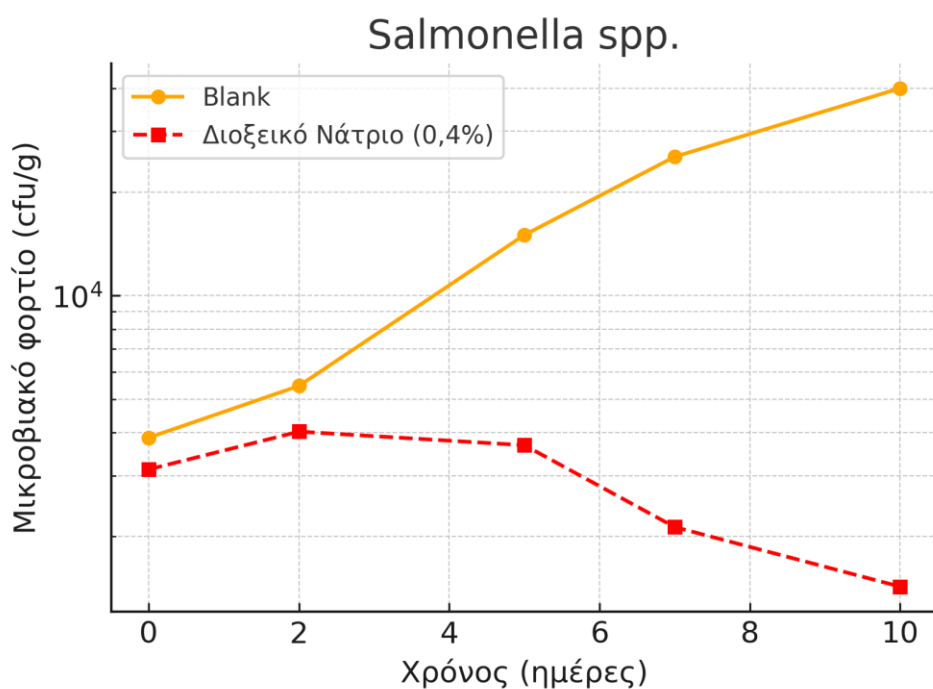
Σχήμα 4: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου *Listeria monocytogenes* (cfu/g)

Παρατηρείται ότι το μικροβιακό φορτίο της *Listeria monocytogenes* αυξάνεται προοδευτικά στο δείγμα Blank, με την ανάπτυξή της να είναι εντονότερη μετά την πέμπτη ημέρα αποθήκευσης. Στο τέλος της περιόδου μελέτης (ημέρα 10), το μικροβιακό φορτίο ξεπερνά τις 10⁶ cfu/g, γεγονός που καταδεικνύει την ανεξέλεγκτη ανάπτυξη του παθογόνου μικροοργανισμού στο προϊόν χωρίς συντηρητικά.

Αντίθετα, στο δείγμα με διοξεικό νάτριο (0,4%), η ανάπτυξη της *Listeria monocytogenes* αναστέλλεται σε μεγάλο βαθμό. Στις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, το μικροβιακό φορτίο μειώνεται ελαφρώς και στη συνέχεια παραμένει σταθερό έως την πέμπτη ημέρα. Μετά από αυτό το σημείο, παρατηρείται μικρή αύξηση, ωστόσο το φορτίο της *Listeria monocytogenes* παραμένει σαφώς χαμηλότερο από το αντίστοιχο του δείγματος Blank.

Η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ των δύο δειγμάτων υποδηλώνει ότι η παρουσία διοξειδίου νατρίου έχει έντονη αντιμικροβιακή δράση εναντίον της *Listeria monocytogenes*, περιορίζοντας την ανάπτυξή της καθ' όλη τη διάρκεια αποθήκευσης. Αντίθετα, στο δείγμα χωρίς συντηρητικό, η *Listeria monocytogenes* αναπτύσσεται ραγδαία, γεγονός που αυξάνει τον κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και περιορίζει τη διάρκεια ζωής του προϊόντος

Το διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου της *Salmonella* spp. στα δείγματα Blank και Διοξειδικό Νατρίου 0,4% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Σχήμα 5: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου *Salmonella* spp (cfu/g)

Παρατηρείται ότι στο δείγμα Blank, το μικροβιακό φορτίο της *Salmonella* spp. αυξάνεται σταδιακά, με σημαντική άνοδο μετά την πέμπτη ημέρα αποθήκευσης. Στην τελευταία ημέρα της ανάλυσης, το φορτίο της *Salmonella* spp. φτάνει το υψηλότερο σημείο του, γεγονός που

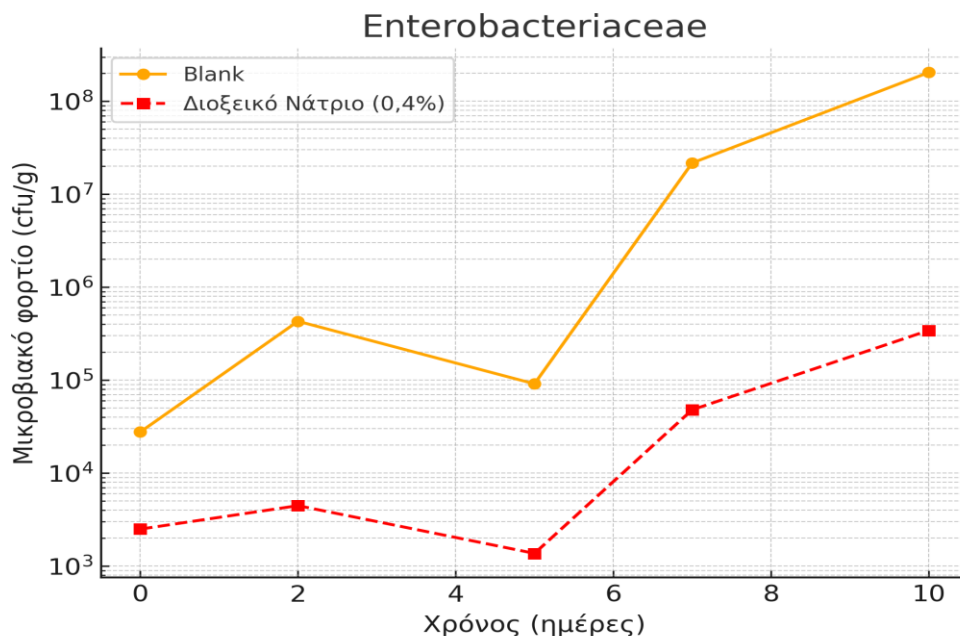


υποδεικνύει έντονη μικροβιακή ανάπτυξη, καθιστώντας το προϊόν μη ασφαλές για κατανάλωση.

Αντίθετα, στο δείγμα με διοξικό νάτριο 0,4%, παρατηρείται διαφορετική τάση. Ενώ αρχικά καταγράφεται μια μικρή αύξηση του φορτίου έως την τέταρτη ημέρα, στη συνέχεια σημειώνεται σταδιακή μείωση. Στην τελευταία ημέρα ανάλυσης, το μικροβιακό φορτίο της *Salmonella* spp. είναι σαφώς μειωμένο, γεγονός που καταδεικνύει ότι η παρουσία διοξειδίου νατρίου αναστέλλει την ανάπτυξη του παθογόνου μικροοργανισμού.

Η σύγκριση των δύο δειγμάτων επιβεβαιώνει την αντιμικροβιακή δράση του διοξειδίου νατρίου έναντι της *Salmonella* spp., καθώς το συντηρητικό συμβάλλει στη σταδιακή μείωση του μικροβιακού φορτίου, σε αντίθεση με το δείγμα χωρίς συντηρητικό, όπου η ανάπτυξη του παθογόνου είναι ανεξέλεγκτη. Αυτή η επίδραση είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη βιομηχανία τροφίμων, καθώς η παρουσία της *Salmonella* spp. αποτελεί κρίσιμο παράγοντα κινδύνου για τη δημόσια υγεία.

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του μικροβιακού φορτίου των Enterobacteriaceae στα δείγματα Blank και Διοξειδίου Νατρίου 0,4% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Σχήμα 6: Διάγραμμα τάσης μικροβιακού φορτίου Enterobacteriaceae (cfu/g)

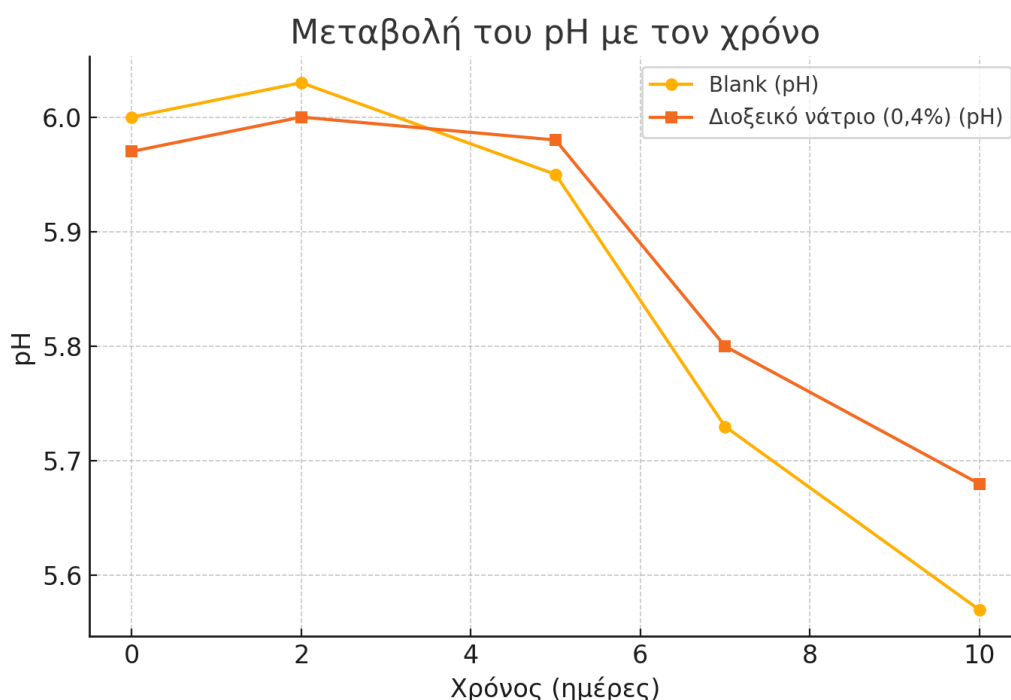
Στο δείγμα Blank, το μικροβιακό φορτίο αυξάνεται σταδιακά, παρουσιάζοντας απότομη άνοδο μεταξύ της πέμπτης και της δέκατης ημέρας. Αυτή η έντονη μικροβιακή ανάπτυξη υποδεικνύει ότι το περιβάλλον του κιμά χωρίς συντηρητικά ευνοεί την ανάπτυξη των Enterobacteriaceae, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος.

Αντίθετα, στο δείγμα που περιέχει διοξεικό νάτριο 0,4%, το μικροβιακό φορτίο διατηρείται σε χαμηλά επίπεδα για τις πρώτες πέντε ημέρες, με μικρή διακύμανση. Ωστόσο, μετά την έβδομη ημέρα, παρατηρείται αύξηση, αν και το φορτίο παραμένει σημαντικά χαμηλότερο σε σχέση με το δείγμα Blank.

Η σύγκριση των δύο δειγμάτων επιβεβαιώνει την αντιμικροβιακή δράση του διοξεικού νατρίου έναντι των Enterobacteriaceae. Παρόλο που δεν αποτρέπει πλήρως την ανάπτυξή τους, επιβραδύνει σημαντικά τον ρυθμό αύξησης του μικροβιακού φορτίου. Αυτό

υποδηλώνει ότι η χρήση διοξειδίου νατρίου μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της μικροβιολογικής σταθερότητας του κιμά, επεκτείνοντας τη διάρκεια ζωής του προϊόντος.

Όσον αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά παρακάτω παρουσιάζεται η μεταβολή του pH στα δείγματα Blank και Διοξειδίου Νατρίου 0,4% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



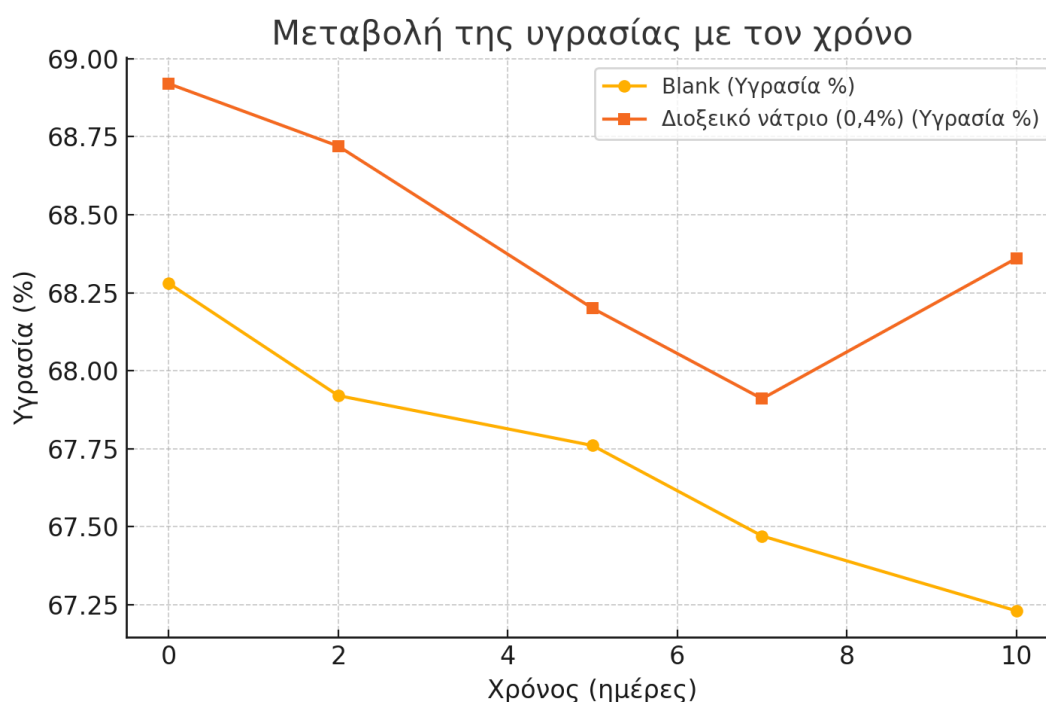
Σχήμα 7: Διάγραμμα τάσης pH

Αρχικά, παρατηρείται μια μικρή αύξηση του pH και στα δύο δείγματα κατά τις πρώτες δύο ημέρες, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε πρώιμες μεταβολές του μεταβολισμού των μικροοργανισμών ή στη διάσπαση πρωτεϊνών. Μετά την πέμπτη ημέρα, σημειώνεται σταδιακή μείωση του pH, η οποία γίνεται εντονότερη από την έβδομη ημέρα και έπειτα.

Το δείγμα Blank εμφανίζει πιο απότομη μείωση του pH σε σύγκριση με το δείγμα που περιέχει διοξεικό νάτριο, το οποίο διατηρεί ελαφρώς υψηλότερες τιμές pH καθ' όλη τη διάρκεια της αποθήκευσης. Η πτώση του pH σχετίζεται με την παραγωγή οργανικών οξέων από βακτήρια γαλακτικού οξέος και άλλους μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται κατά την αποθήκευση.

Η μικρότερη μείωση του pH στο δείγμα με διοξικό νάτριο υποδηλώνει ότι το συντηρητικό συμβάλλει στον έλεγχο της μικροβιακής ανάπτυξης, επιβραδύνοντας την παραγωγή όξινων μεταβολιτών και, κατά συνέπεια, την οξίνιση του προϊόντος. Αυτό επιβεβαιώνει τον ρόλο του διοξειδίου νατρίου στη σταθεροποίηση της ποιότητας του κιμά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.

Το διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή της υγρασίας (%) στα δείγματα Blank και Διοξειδίου Νατρίου 0,4% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



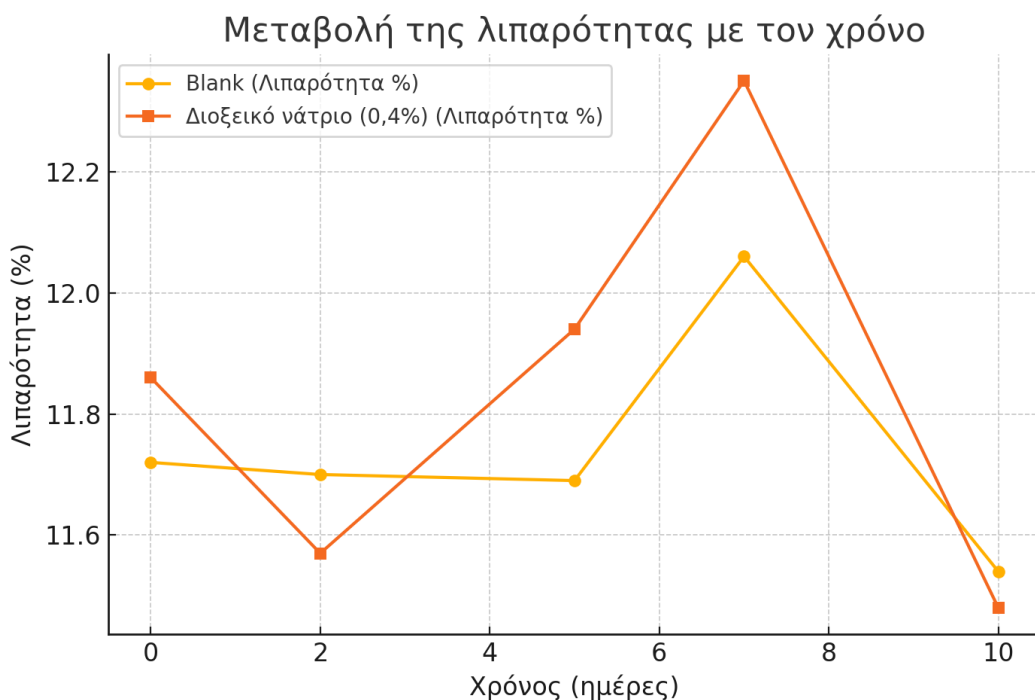
Σχήμα 8: Διάγραμμα τάσης υγρασίας %

Παρατηρείται μια γενική τάση μείωσης της υγρασίας και στα δύο δείγματα με την πάροδο του χρόνου, γεγονός που υποδηλώνει απώλειες υγρασίας λόγω εξάτμισης και φυσικών μεταβολών στη δομή του κιμά. Ωστόσο, το δείγμα που περιέχει διοξικό νάτριο εμφανίζει μικρότερη μείωση της υγρασίας σε σύγκριση με το Blank, διατηρώντας υψηλότερα επίπεδα υγρασίας σε όλες τις χρονικές στιγμές.

Η μείωση της υγρασίας στο Blank δείγμα μπορεί να αποδοθεί στη μεγαλύτερη μικροβιακή δραστηριότητα, η οποία επιταχύνει τις αλλοιώσεις και την αποδόμηση των πρωτεϊνών και λιπιδίων, με αποτέλεσμα την απώλεια υγρασίας. Από την άλλη πλευρά, η παρουσία διοξειδίου νατρίου φαίνεται να περιορίζει αυτή τη διαδικασία, ενδεχομένως μέσω της αναστολής της μικροβιακής ανάπτυξης και της διατήρησης της δομής των πρωτεϊνών.

Συμπερασματικά, η χρήση διοξειδίου νατρίου συμβάλλει στη βελτίωση της σταθερότητας του κιμά, καθώς περιορίζει την απώλεια υγρασίας, γεγονός που μπορεί να επηρεάσει θετικά την υφή και τη συνοχή του προϊόντος κατά την αποθήκευση.

Το διάγραμμα παρουσιάζει τη μεταβολή της λιπαρότητας (%) στα δείγματα Blank και Διοξειδίου Νατρίου 0,4% κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης.



Σχήμα 9: Διάγραμμα τάσης λιπαρότητας %



Παρατηρείται μια σχετική διακύμανση των τιμών της λιπαρότητας και στα δύο δείγματα, με μια πιο έντονη αύξηση στο δείγμα με διοξειδικό νάτριο στις ενδιάμεσες χρονικές στιγμές, πριν μειωθεί ξανά στο τέλος της περιόδου αποθήκευσης.

Η αύξηση της λιπαρότητας μπορεί να αποδοθεί σε απώλεια υγρασίας, η οποία οδηγεί σε αναλογική αύξηση της συγκέντρωσης των λιπιδίων στο συνολικό δείγμα. Στο δείγμα με διοξειδικό νάτριο, η διακύμανση αυτή φαίνεται πιο έντονη, ενδεχομένως λόγω των επιδράσεων του συντηρητικού στη μικροβιακή δραστηριότητα και την αποδόμηση των λιπιδίων.

Η πτώση της λιπαρότητας στις τελευταίες ημέρες μπορεί να σχετίζεται με οξειδωτικές ή υδρόλυτικές αντιδράσεις των λιπιδίων, που οδηγούν στη διάσπασή τους σε πτητικές ενώσεις και λιπαρά οξέα, ειδικά στο δείγμα χωρίς προσθήκη διοξειδικού νατρίου.

Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το διοξειδικό νάτριο επηρεάζει τη διατήρηση της λιπαρότητας στον κιμά, πιθανώς μέσω της αναστολής των μικροβιακών και οξειδωτικών αλλοιώσεων, γεγονός που μπορεί να έχει θετικές επιπτώσεις στη συνοχή και τη γεύση του προϊόντος.

Τέλος, κατά την αποθήκευση των δειγμάτων κιμά, παρατηρήθηκαν προοδευτικές αλλοιώσεις στο χρώμα, την υφή και την οσμή τους. Ωστόσο, ο ρυθμός και η ένταση αυτών των μεταβολών διέφεραν σημαντικά μεταξύ του δείγματος Blank(χωρίς πρόσθετα) και του δείγματος με προσθήκη διοξειδικού νατρίου 0,4%.

Αρχικά, και τα δύο δείγματα παρουσίαζαν ζωηρό κόκκινο χρώμα, ενδεικτικό φρέσκου κιμά. Στο δείγμα Blank χωρίς διοξειδικό νάτριο, το χρώμα άρχισε να θαμπώνει και να γίνεται καφετί καθώς προχωρούσε η αποθήκευση, ιδιαίτερα μετά από 7 ημέρες παρατηρήθηκε σημαντική απώλεια της ζωηρότητας του κόκκινου χρώματος. Μέχρι την ημέρα 10, ο μάρτυρας είχε εμφανώς αλλοιωμένο χρώμα (γκριζο-καφετί τόνοι), σημάδι οξείδωσης της μυοσφαιρίνης και αρχόμενης αλλοίωσης. Αντίθετα, το δείγμα με διοξειδικό νάτριο διατήρησε το κόκκινο χρώμα του περισσότερο. Ακόμη και προς το τέλος της περιόδου αποθήκευσης, το επεξεργασμένο δείγμα παρουσίαζε πιο έντονο ερυθρό χρώμα σε σχέση με τον μάρτυρα, με μικρότερη έκταση καφέ αποχρωματισμού. Αυτή η διαφορά αποδίδεται στην αντιοξειδωτική δράση του



διοξεικού νατρίου, το οποίο περιορίζει την οξείδωση των λιπιδίων και της μυοσφαιρίνης διατηρώντας το φυσικό χρώμα του κρέατος. Επομένως, η προσθήκη διοξεικού νατρίου βοήθησε στη διατήρηση ενός φρέσκου, ελκυστικού χρώματος στον κιμά για μεγαλύτερο διάστημα συγκριτικά με το δείγμα χωρίς το πρόσθετο.

Παρόμοια τάση παρατηρήθηκε και στην εξέλιξη του αρώματος των δειγμάτων. Ο φρέσκος κιμάς (ημέρα 0) είχε τη χαρακτηριστική ουδέτερη έως ευχάριστη οσμή νωπού κρέατος και στα δύο δείγματα. Με την πάροδο του χρόνου, το δείγμα Blank μάρτυρας εμφάνισε ταχύτερη ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών. Ήδη από τη μέση της περιόδου συντήρησης, άρχισαν να ανιχνεύονται ελαφρώς όξινες/τάγγιες οσμές λόγω μικροβιακής δράσης και οξείδωσης των λιπών. Μέχρι την 7η-10η ημέρα, το δείγμα χωρίς διοξεικό νάτριο είχε έντονη οσμή αλλοίωσης (ξινή), υποδηλώνοντας σημαντική μικροβιακή ανάπτυξη και τάγγιση των λιπιδίων. Αντιθέτως, το δείγμα με διοξεικό νάτριο διατήρησε ουδέτερη ή ηπιότερη οσμή για περισσότερο χρόνο. Οι ανεπιθύμητες οσμές εμφανίστηκαν καθυστερημένα και ήταν αισθητά ηπιότερες στο επεξεργασμένο δείγμα, ακόμα και την ημέρα 10 σε σύγκριση με τον μάρτυρα. Αυτό υποδηλώνει ότι το διοξεικό νάτριο ανέστειλε την ανάπτυξη των βακτηρίων που προκαλούν δυσοσμία και περιόρισε την οξείδωση που οδηγεί σε τάγγιση. Συνεπώς, η φρεσκάδα της οσμής διατηρήθηκε καλύτερα με τη χρήση του πρόσθετου, βελτιώνοντας τη συνολική αποδεκτότητα του προϊόντος κατά την αποθήκευση.

Η υφή του νωπού κιμά (σύσταση και εμφάνιση στην αφή) ξεκίνησε παρόμοια και στα δύο δείγματα – φρέσκια, συνεκτική και σχετικά στεγνή επιφάνεια χωρίς κολλώδες υπόλειμμα. Κατά την αποθήκευση, το δείγμα Blank χωρίς διοξεικό νάτριο παρουσίασε ταχύτερη υποβάθμιση στην υφή. Με την πρόοδο της ψύξης, η επιφάνειά του έγινε πιο υγρή/κολλώδης λόγω της ανάπτυξης μικροοργανισμών και των ενζυμικών διεργασιών, ενώ προς το τέλος (ημέρα 8-10) πιθανώς ανέπτυξε ελαφρά “γλοιώδη” υφή – ένα σύνηθες γνώρισμα αλλοιωμένου κιμά. Επιπλέον, η συνοχή του κρέατος στον μάρτυρα μειώθηκε, με τον κιμά να μοιάζει πιο μαλακός και να χάνει την αρχική του σφριγηλότητα. Αντιθέτως, στο δείγμα με διοξεικό νάτριο η υφή διατηρήθηκε σε καλύτερη κατάσταση για μεγαλύτερο διάστημα. Δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στην υφή κατά τις πρώτες 5 ημέρες και ακόμα μέχρι



την 7η ημέρα ο κιμάς με το πρόσθετο παρέμενε πιο στεγνός και συμπαγής συγκριτικά με τον μάρτυρα. Μόνο προς το τέλος της περιόδου εμφανίστηκαν μέτριες αλλαγές (ελαφρά αύξηση υγρασίας/κολλητικότητας), αλλά σε πολύ μικρότερο βαθμό από ό,τι στο δείγμα χωρίς πρόσθετο. Αυτή η διαφορά οφείλεται στην αντιμικροβιακή δράση του διοξειδίου νατρίου, που ανέκοψε την ταχεία βακτηριακή ανάπτυξη και συνεπώς την παραγωγή βλέννας στην επιφάνεια του κρέατος. Σημαντικό είναι ότι το διοξείδιο νατρίου δεν επηρέασε αρνητικά την αρχική υφή του προϊόντος – αντιθέτως, συνέβαλε στη διατήρηση της φυσικής συνεκτικότητας και ποιότητας του κιμά για περισσότερες ημέρες.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα δείχνουν πως το διοξείδιο νατρίου βελτιώνει αισθητά τη σταθερότητα των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του κιμά κατά τη συντήρηση. Το δείγμα με το πρόσθετο εμφάνισε βραδύτερες αλλοιώσεις στο χρώμα, την οσμή και την υφή συγκριτικά με το δείγμα χωρίς πρόσθετο, διατηρώντας μια αποδεκτή εμφάνιση και αίσθηση για περισσότερες ημέρες. Αντίθετα, το δείγμα μάρτυρας υποβαθμίστηκε γρήγορα σε όλα τα εν λόγω χαρακτηριστικά, φθάνοντας νωρίτερα σε σημείο μη αποδεκτό από οργανοληπτικής πλευράς. Η διατήρηση του λαμπερού κόκκινου χρώματος, της φρέσκιας οσμής και της σφριγηλής υφής στον κιμά με διοξείδιο νατρίου καταδεικνύει την αποτελεσματικότητα του πρόσθετου αυτού στο να προστατεύει την ποιότητα και φρεσκάδα του προϊόντος κατά την ψυχόμενη αποθήκευση.

Τέλος, τα δεδομένα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 2 έως 10 εμφανίζουν σαφή τάση εξέλιξης και θα μπορούσαν να μοντελοποιηθούν μέσω απλών μαθηματικών συναρτήσεων. Συγκεκριμένα, η ανάπτυξη του μικροβιακού φορτίου ακολουθεί χαρακτηριστική εκθετική αύξηση, ενώ φυσικοχημικές παράμετροι παρουσιάζουν σταδιακή, σχεδόν γραμμική μείωση κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης. Αν και η παρούσα εργασία περιορίζεται σε γραφική απεικόνιση μέσω διαγραμμάτων τάσης, μελλοντικά μπορεί να αξιοποιηθεί ποσοτική προσέγγιση με κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα (όπως εκθετικές ή πολυωνυμικές συναρτήσεις), ενισχύοντας την ακρίβεια πρόβλεψης. Η δυνατότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς του προϊόντος είναι κρίσιμη στη βιομηχανία τροφίμων για τον υπολογισμό της διάρκειας ζωής και τη διασφάλιση της ποιότητας υπό διαφορετικές συνθήκες αποθήκευσης.



Σύμφωνα με τον Jay et al. (2020) και τον Koutsoumanis & Sofos (2019), η εφαρμογή μαθηματικών μοντέλων στην πρόβλεψη μικροβιακής ανάπτυξης αποτελεί βασικό εργαλείο στον ποιοτικό έλεγχο τροφίμων και στην εκτίμηση της ασφάλειας κατά την αποθήκευση.

5.2 Συσχέτιση αποτελεσμάτων με βιβλιογραφία

Η παρούσα ενότητα αποσκοπεί στη σύγκριση των ευρημάτων της μελέτης με αντίστοιχα δεδομένα που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου ως συντηρητικού στην παραγωγή κιμά.

Τα αποτελέσματα της μελέτης επιβεβαιώνουν ότι η προσθήκη διοξειδίου νατρίου (0,4%) επιβραδύνει την ανάπτυξη των μικροοργανισμών σε σύγκριση με το δείγμα αναφοράς (Blank). Σύμφωνα με τους Samelis et al. (2020), το διοξείδιο νατρίου δρα αναστέλλοντας την ανάπτυξη παθογόνων όπως η *Listeria monocytogenes* και η *Salmonella* spp., λόγω της όξινης φύσης του, η οποία διαταράσσει τη μεταβολική δραστηριότητα των βακτηρίων. Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης είναι σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία, καθώς παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του μικροβιακού φορτίου στα δείγματα με διοξείδιο νατρίου.

Η μελέτη έδειξε ότι το pH μειώθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, με το δείγμα που περιείχε διοξείδιο νατρίου να παρουσιάζει ελαφρώς χαμηλότερες τιμές σε σύγκριση με το Blank. Σύμφωνα με τους Zhu et al. (2022), η προσθήκη οργανικών οξέων όπως το διοξείδιο νατρίου μειώνει το pH του τροφίμου, δημιουργώντας ένα πιο δυσμενές περιβάλλον για την ανάπτυξη βακτηρίων, γεγονός που επιβεβαιώνεται από τα πειραματικά αποτελέσματα.

Η υγρασία του κιμά παρουσίασε σταδιακή μείωση και στα δύο δείγματα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης, με μικρότερη απώλεια στα δείγματα με διοξείδιο νατρίου. Οι Ricke et al. (2021) επισημαίνουν ότι η χρήση διοξειδίου νατρίου μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της υγρασίας, λόγω της μείωσης της μικροβιακής ανάπτυξης και των ενζυμικών αντιδράσεων που οδηγούν σε απώλεια νερού.



Η λιπαρότητα παρουσίασε διακυμάνσεις, με το δείγμα με διοξεικό νάτριο να εμφανίζει μεγαλύτερη σταθερότητα. Σύμφωνα με τους Scollan et al. (2021), η παρουσία αντιμικροβιακών παραγόντων μπορεί να επηρεάσει τη λιπολυτική δραστηριότητα, επιβραδύνοντας την αποδόμηση των λιπαρών οξέων.

Οι αναλύσεις παθογόνων έδειξαν ότι το διοξεικό νάτριο αναστέλλει την ανάπτυξη επικίνδυνων μικροοργανισμών όπως η *Listeria monocytogenes* και η *Salmonella* spp.. Σύμφωνα με την EFSA (2021), η χρήση οργανικών οξέων όπως το διοξεικό νάτριο μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο επιμόλυνσης σε προϊόντα κιμά, βελτιώνοντας την ασφάλεια των τροφίμων.

Το χρώμα του νωπού κρέατος αποτελεί κρίσιμο ποιοτικό χαρακτηριστικό, καθώς σχετίζεται με την αποδοχή του από τους καταναλωτές. Σύμφωνα με τους Lavieri & Williams (2014), η αλλαγή του χρώματος σε πιο σκούρους ή καφέ τόνους αποδίδεται στην οξείδωση της μυοσφαιρίνης, η οποία είναι εντονότερη σε δείγματα χωρίς προστατευτικά αντιοξειδωτικά. Στη μελέτη αυτή, η σταδιακή μετατροπή του κόκκινου χρώματος σε καφέ στο δείγμα χωρίς διοξεικό νατρίου συμφωνεί με τη βιβλιογραφία, καθώς η οξείδωση της μυοσφαιρίνης έχει αποδειχθεί ότι επιταχύνεται σε περιβάλλοντα υψηλής μικροβιακής δραστηριότητας (Faustman et al., 2010). Το διοξεικό νάτριο διαθέτει ήπιες αντιοξειδωτικές ιδιότητες που συνεισφέρουν στην καθυστέρηση αυτής της διαδικασίας (Tarladgis et al., 2019), γεγονός που εξηγεί τη διατήρηση του πιο σταθερού κόκκινου χρώματος στο εμπλουτισμένο δείγμα σε σύγκριση με το μάρτυρα.

Η ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών στον κιμά είναι το αποτέλεσμα μικροβιακής δραστηριότητας και τάγγισης των λιπαρών οξέων. Οι Samelis et al. (2002) επιβεβαιώνουν ότι τα βακτήρια αλλοίωσης, όπως τα *Pseudomonas* spp., συμβάλλουν στην παραγωγή ενώσεων όπως οι αμίνες και οι σουλφίδια, τα οποία προκαλούν χαρακτηριστικές ξινές και δύσοσμες νότες στα προϊόντα κρέατος. Στη μελέτη αυτή, το δείγμα χωρίς διοξεικό νάτριο εμφάνισε ταχύτερη ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών, συμβαδίζοντας με τη βιβλιογραφία που υποστηρίζει ότι η αυξημένη μικροβιακή ανάπτυξη σχετίζεται άμεσα με την αποικοδόμηση πρωτεϊνών και την έκλυση δύσοσμων πτητικών ενώσεων (Ercolini et al., 2011). Η προσθήκη διοξεικού



νατρίου βοήθησε στην καθυστέρηση αυτών των οσμών, πιθανώς λόγω της αναστολής της ανάπτυξης βακτηρίων αλλοίωσης, όπως αποδεικνύεται από σχετικές μελέτες (Birk et al., 2019).

Η αλλοίωση της υφής του κιμά είναι συνδεδεμένη με την απελευθέρωση ενζύμων από τα βακτήρια και την υδρολυτική αποδόμηση των πρωτεϊνών. Οι Toldrá et al. (2016) περιγράφουν ότι η μικροβιακή ανάπτυξη οδηγεί σε αυξημένη υγρασία στην επιφάνεια του κρέατος, δημιουργώντας μια κολλώδη αίσθηση. Το ίδιο παρατηρήθηκε στο δείγμα χωρίς διοξεικό νάτριο, στο οποίο η υφή επιδεινώθηκε πιο γρήγορα. Αντίθετα, το δείγμα με διοξεικό νάτριο παρέμεινε πιο συμπαγές και λιγότερο υγρό, γεγονός που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία που αναφέρει ότι τα οργανικά οξέα όπως το διοξεικό νάτριο συμβάλλουν στη σταθεροποίηση της υγρασίας του κρέατος (Sebranek et al., 2005).

Τα αποτελέσματα της μελέτης είναι συμβατά με τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών, επιβεβαιώνοντας ότι η χρήση διοξεικού νατρίου μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της μικροβιολογικής σταθερότητας και της ποιότητας του κιμά. Ωστόσο, όπως αναφέρουν οι Montville & Matthews (2021), η αποτελεσματικότητα ενός συντηρητικού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως η συγκέντρωσή του, οι συνθήκες αποθήκευσης και η αλληλεπίδραση με άλλα συστατικά του τροφίμου.

Η παρούσα μελέτη προσθέτει νέα δεδομένα σχετικά με την εφαρμογή του διοξεικού νατρίου στη βιομηχανία κρέατος, υποστηρίζοντας τη χρήση του ως μέτρου βελτίωσης της ασφάλειας και της διάρκειας ζωής του κιμά. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης είναι συμβατά με προηγούμενες επιστημονικές έρευνες, επιβεβαιώνοντας τη δυνατότητα του διοξεικού νατρίου να περιορίζει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και να συμβάλλει στη διατήρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κιμά. Πέραν της άμεσης συσχέτισης των ευρημάτων με τη βιβλιογραφία, αξίζει να επισημανθεί ότι αρκετές προηγούμενες μελέτες έχουν εστιάσει στην εφαρμογή συντηρητικών, όπως το διοξεικό ή το γαλακτικό νάτριο, σε προϊόντα κρέατος. Ωστόσο, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στο νωπό κιμά, ένα προϊόν μεγάλης ευπάθειας, διευρύνοντας τη γνώση για την πρακτική χρήση του διοξεικού νατρίου σε αυτή την κατηγορία τροφίμου.



Επιπλέον, η μελέτη αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο των σύγχρονων προκλήσεων στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς συμβάλλει στην ενίσχυση της ασφάλειας, στη μείωση της σπατάλης μέσω παράτασης της διάρκειας ζωής και στην κάλυψη της καταναλωτικής απαίτησης για αποτελεσματικά αλλά και αποδεκτά συντηρητικά. Η αξιολόγηση της δράσης του διοξειδίου νατρίου όχι μόνο σε μικροβιολογικό αλλά και σε φυσικοχημικό και οργανοληπτικό επίπεδο προσφέρει πρακτικά δεδομένα με δυνατότητα άμεσης αξιοποίησης από τις παραγωγικές μονάδες. Έτσι, η εργασία συνεισφέρει ουσιαστικά στο επιστημονικό και τεχνολογικό υπόβαθρο της επιστήμης τροφίμων, ενισχύοντας την τεκμηριωμένη χρήση ενός συντηρητικού που είναι ευρέως αποδεκτό από τους καταναλωτές και τις ρυθμιστικές αρχές διεθνώς.

5.3 Επιπτώσεις στην ασφάλεια και την υγιεινή του κιμά

Η ασφάλεια και η υγιεινή του κιμά αποτελούν πρωταρχικά ζητήματα στη βιομηχανία τροφίμων, καθώς το προϊόν αυτό είναι ιδιαίτερα ευάλωτο σε μικροβιακή ανάπτυξη λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε υγρασία και της μεγάλης επιφάνειας που εκτίθεται σε εξωτερικούς παράγοντες κατά την επεξεργασία του. Η χρήση διοξειδίου νατρίου στη μελέτη μας έδειξε ότι μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, καθυστερώντας την ανάπτυξη παθογόνων και αλλοιωγόνων μικροοργανισμών, όπως η *Listeria monocytogenes*, η *Salmonella* spp. και τα ολικά μεσόφιλα βακτήρια.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, τα δείγματα που περιείχαν διοξειδικό νάτριο παρουσίασαν χαμηλότερα επίπεδα μικροβιακής ανάπτυξης σε σύγκριση με τα δείγματα αναφοράς (Blank), γεγονός που υποδηλώνει την αποτελεσματικότητα του συντηρητικού στη διατήρηση της ασφάλειας του κιμά. Παρόμοια ευρήματα έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία, όπου το διοξειδικό νάτριο χρησιμοποιείται για τη μείωση του μικροβιακού φορτίου σε προϊόντα κρέατος και πουλερικών (Zhu et al., 2022).

Η επίδραση του διοξειδίου νατρίου στα οργανοληπτικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του κιμά ήταν περιορισμένη, καθώς δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές μεταβολές στο pH, την υγρασία ή τη λιπαρότητα κατά τη διάρκεια της συντήρησης. Αυτό είναι κρίσιμο για τη



διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος, καθώς οποιαδήποτε σημαντική μεταβολή στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά μπορεί να επηρεάσει την αποδοχή του από τους καταναλωτές (Vermeiren et al., 2005).

Συνολικά, τα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν ότι το διοξεικό νάτριο αποτελεί μια αποτελεσματική λύση για τη βελτίωση της ασφάλειας του κιμά, καθώς περιορίζει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και συμβάλλει στη διατήρηση της ποιότητας του προϊόντος, χωρίς να επηρεάζει αρνητικά τις βασικές οργανοληπτικές του ιδιότητες.

5.4 Κίνδυνοι και περιορισμοί στη χρήση του διοξεικού νατρίου

Παρά τα πλεονεκτήματα της χρήσης του διοξεικού νατρίου στη συντήρηση του κιμά, η εφαρμογή του συνοδεύεται από ορισμένους περιορισμούς και πιθανούς κινδύνους που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ένας από τους κύριους περιορισμούς είναι η νομοθετική ρύθμιση σχετικά με τα μέγιστα επιτρεπτά όρια χρήσης του διοξεικού νατρίου στα τρόφιμα. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA, 2021), η χρήση του διοξεικού νατρίου στα προϊόντα κρέατος επιτρέπεται μόνο εντός συγκεκριμένων ορίων ώστε να διασφαλιστεί η ασφάλεια των καταναλωτών.

Επιπλέον, η υπερβολική χρήση του συντηρητικού μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος, όπως μια ανεπιθύμητη όξινη γεύση ή μεταβολές στη δομή του κιμά, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την αποδοχή του από τους καταναλωτές (Johnson & Becker, 2020). Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η προσεκτική ρύθμιση της δοσολογίας, ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη αντιμικροβιακή δράση χωρίς αρνητικές επιπτώσεις στη γεύση ή την υφή του προϊόντος.

Ένας ακόμη περιορισμός σχετίζεται με την αποτελεσματικότητα του διοξεικού νατρίου έναντι συγκεκριμένων παθογόνων μικροοργανισμών. Παρόλο που έχει αποδειχθεί η ικανότητά του να αναστέλλει την ανάπτυξη βακτηρίων όπως η *Listeria monocytogenes* και τα *Enterobacteriaceae*, η δράση του μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματική έναντι άλλων



μικροοργανισμών, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με υψηλό pH ή σε προϊόντα με υψηλή περιεκτικότητα σε λίπος (Sofos & Geornaras, 2010).

Τέλος, αν και μέχρι στιγμής δεν έχουν αναφερθεί σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία από τη χρήση του διοξειδίου νατρίου στα τρόφιμα, είναι σημαντικό να συνεχιστούν οι έρευνες σχετικά με την ασφάλειά του σε μακροχρόνια κατανάλωση, καθώς και οι πιθανές αλληλεπιδράσεις του με άλλα συντηρητικά που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία κρέατος (WHO, 2020).

Συμπερασματικά, ενώ το διοξεικό νάτριο αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη συντήρηση του κιμά και τη μείωση του μικροβιακού φορτίου, απαιτείται προσεκτική διαχείριση της χρήσης του, τήρηση των νομοθετικών περιορισμών και συνεχή έρευνα για τις πιθανές επιπτώσεις του στην ποιότητα και την ασφάλεια του προϊόντος.



Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και προτάσεις

6.1 Ανασκόπηση βασικών ευρημάτων

Οι δοκιμές έδειξαν ότι η προσθήκη διοξειδίου νατρίου στον κιμά επιβράδυνε σημαντικά την ανάπτυξη μικροβίων, βελτιώνοντας έτσι τη μικροβιολογική του ασφάλεια. Συγκεκριμένα, ο συνολικός αριθμός βακτηρίων στα δείγματα με διοξειδικό νάτριο παρέμεινε πολύ χαμηλότερος σε σύγκριση με το δείγμα χωρίς πρόσθετα Blank κατά τη συντήρηση στο ψυγείο. Για παράδειγμα, την 5η ημέρα αποθήκευσης το δείγμα Blank ξεπέρασε τα 2×10^7 cfu/g, ενώ το δείγμα με διοξειδικό νάτριο (~0,1%) έμεινε περίπου στο $1,3 \times 10^6$ cfu/g – σχεδόν μία τάξη μεγέθους χαμηλότερα. Ακόμα και έως την 10η ημέρα, το φορτίο του δείγματος Blank υπερέβη τα 10^8 cfu/g, ενώ στο δείγμα με διοξειδικό νάτριο έφτασε μόλις $\sim 3,3 \times 10^7$ cfu/g (το δείγμα με γαλακτικό νάτριο $\sim 4,4 \times 10^7$). Η διαφορά αυτή ήταν ακόμη πιο έντονη σε υψηλότερη δόση διοξειδίου νατρίου με 0,4% διοξειδικό νάτριο, η μικροβιακή αύξηση πρακτικά αναχαιτίστηκε, καθώς οι αποικίες παρέμειναν $\sim 10^6$ – 10^7 cfu/g έως το τέλος της δοκιμής, έναντι $>10^8$ cfu/g στο δείγμα Blank. Όλες οι μετρήσεις παθογόνων παρουσίασαν παρόμοια τάση: η *Listeria monocytogenes* διατηρήθηκε κοντά στα αρχικά επίπεδα στο συντηρημένο δείγμα, ενώ στον μάρτυρα αυξήθηκε κατά δύο τάξεις μεγέθους προς το τέλος της συντήρησης. Ομοίως, η *Salmonella* spp. παρέμεινε $\sim 10^3$ cfu/g στο δείγμα με διοξειδικό νάτριο, σε αντίθεση με τον μάρτυρα όπου ανήλθε προοδευτικά σε δεκάδες χιλιάδες cfu/g. Επίσης, οι *Enterobacteriaceae* (δείκτης αλλοίωσης) πολλαπλασιάστηκαν ραγδαία στον μάρτυρα ($>10^8$ cfu/g μέχρι το τέλος), ενώ στο εμπλουτισμένο με διοξειδικό νάτριο δείγμα διατηρήθηκαν σε επίπεδα 10^4 – 10^5 cfu/g. Όλες αυτές οι διαφορές κρίθηκαν στατιστικά σημαντικές, επιβεβαιώνοντας ότι το διοξειδικό νάτριο ασκεί ισχυρή αντιμικροβιακή δράση στον κιμά. Στην πράξη, η χρήση του συντηρητικού επιμήκυνε αισθητά τη «ζωή» του προϊόντος: χωρίς συντηρητικά ο νωπός κιμάς αρχίζει να αλλοιώνεται σε ~3-4 ημέρες στο ψυγείο, ενώ με την προσθήκη διοξειδίου νατρίου (σε συνδυασμό με ψύξη και τροποποιημένη ατμόσφαιρα) η διάρκεια ζωής μπορεί να φτάσει τις 10-12 ημέρες.



Η προσθήκη διοξειδίου νατρίου δεν επέφερε αρνητικές μεταβολές στις βασικές φυσικοχημικές ιδιότητες του κιμά. Το pH των δειγμάτων με το πρόσθετο διατηρήθηκε σε χαμηλότερα επίπεδα, δημιουργώντας ένα δυσμενές περιβάλλον για τα βακτήρια. Αντίθετα, στο δείγμα μάρτυρα παρατηρήθηκε αύξηση του pH κατά την αποθήκευση, λόγω της μικροβιακής δραστηριότητας και παραγωγής αλκαλικών μεταβολιτών στα αλλοιωμένα δείγματα. Η διατήρηση του pH κοντά στο ιδανικό εύρος ($\approx 5,3-5,8$) στα εμπλουτισμένα δείγματα συνέβαλε στην αναστολή της ταχείας ανάπτυξης παθογόνων. Επιπλέον, δεν σημειώθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στην υγρασία ή τη λιπαρότητα μεταξύ των δειγμάτων, γεγονός που υποδηλώνει ότι το διοξειδικό νάτριο δεν προκάλεσε αφυδάτωση ή διάσπαση λιπιδίων. Αντίθετα, λόγω και της ήπιας αντιοξειδωτικής του δράσης, το πρόσθετο βοήθησε στη διατήρηση της φρεσκάδας του κρέατος, περιορίζοντας την οξείδωση του λίπους και τη τάγγιση. Συνολικά, λοιπόν, η φυσικοχημική σύσταση (π.χ. πρωτεΐνες, λίπος) και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά (π.χ. χρώμα) του κιμά διατηρήθηκαν σταθερά στα δείγματα με συντηρητικό, δείχνοντας ότι η παρέμβαση δεν υποβάθμισε την ποιότητα του προϊόντος.

Οι οργανοληπτικοί έλεγχοι (οπτική εμφάνιση, υφή, οσμή) επιβεβαίωσαν ότι το διοξειδικό νάτριο παρατείνει τη διατηρησιμότητα του κιμά χωρίς να θίγει τα χαρακτηριστικά του. Τα δείγματα που περιείχαν το συντηρητικό διατήρησαν ζωνρό κόκκινο χρώμα, σφικτή υφή και ευχάριστη φρέσκια οσμή για περισσότερες ημέρες, σε αντίθεση με τον μάρτυρα όπου εντοπίστηκαν δυσάρεστες οσμές και αλλοίωση χρώματος νωρίτερα κατά την αποθήκευση. Σημαντικό είναι ότι οι δοκιμαστές δεν ανίχνευαν ξένες ή όξινες γεύσεις στα εμπλουτισμένα δείγματα – δηλαδή, το διοξειδικό νάτριο δεν υποβάθμισε τη γεύση ή το άρωμα του κιμά. Αυτό συμφωνεί με προηγούμενες αναφορές, σύμφωνα με τις οποίες η χρήση του E262ii δεν επηρεάζει αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος. Μάλιστα, η προσθήκη του συντηρητικού βοήθησε στη διατήρηση της φυσικής υφής, του χρώματος και της γεύσης του κιμά για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Έτσι, ο κιμάς με διοξειδικό νάτριο παρέμεινε αισθητηριακά αποδεκτός (φρέσκος στην όψη και την οσμή) επί περισσότερο χρόνο σε σχέση με τον ανεπεξέργαστο κιμά, επιβεβαιώνοντας ότι το συντηρητικό επιτυγχάνει παράταση της φρεσκότητας χωρίς συμβιβασμούς στην ποιότητα του προϊόντος.



Η συγκριτική αξιολόγηση των δειγμάτων κατέδειξε την υπεροχή του διοξειδίου νατρίου έναντι τόσο του μάρτυρα όσο και του γαλακτικού νατρίου. Ήδη από τις πρώτες ημέρες αποθήκευσης, ο κιμάς με 0,1% διοξεικό νάτριο εμφάνιζε σημαντικά μικρότερο μικροβιακό φορτίο συγκριτικά με τον κιμά που περιείχε γαλακτικό νάτριο 3%. Μέχρι το τέλος της περιόδου συντήρησης, το δείγμα με διοξεικό νάτριο διατήρησε πάντα χαμηλότερους αριθμούς μικροοργανισμών από το αντίστοιχο με γαλακτικό νάτριο (π.χ. την 10η ημέρα $\sim 3,3 \times 10^7$ έναντι $4,4 \times 10^7$ cfu/g), υπογραμμίζοντας ότι το διοξεικό νάτριο ήταν πιο αποτελεσματικό στη συγκεκριμένη δοσολογία. Επιπλέον, η υψηλότερη συγκέντρωση διοξειδίου νατρίου (0,4%) παρείχε εντυπωσιακή αντιμικροβιακή προστασία, κρατώντας το συνολικό φορτίο σε πολύ χαμηλά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια της δοκιμής. Συνολικά, τα αποτελέσματα επιβεβαίωσαν τις αρχικές προσδοκίες της μελέτης: η χρήση διοξειδίου νατρίου περιορίσε σημαντικά τη μικροβιακή ανάπτυξη, επιβραδύνοντας την αλλοίωση και παρατείνοντας τη διάρκεια ζωής του προϊόντος, ενώ παράλληλα διατήρησε τη φυσικοχημική και οργανοληπτική του σταθερότητα. Αυτό αναδεικνύει το διοξεικό νάτριο ως μια αποτελεσματική εναλλακτική λύση συντήρησης, συγκρίσιμη ή ανώτερη του γαλακτικού νατρίου. Τα κύρια συμπεράσματα από τα διαγράμματα και τις στατιστικές αναλύσεις είναι ότι το συντηρητικό προσφέρει σαφές όφελος στην ασφάλεια και ποιότητα του κιμά χωρίς να επιφέρει αρνητικές επιδράσεις. Με άλλα λόγια, ο εμπλουτισμός με E262ii επιτρέπει τη μείωση των μικροβιολογικών κινδύνων χωρίς να θίγεται η εμφάνιση, η υφή ή η γεύση του προϊόντος. Αυτά τα ευρήματα μπορούν να αξιοποιηθούν από τη βιομηχανία τροφίμων για την παραγωγή ασφαλέστερων προϊόντων με αυξημένη διάρκεια συντήρησης. Η ενσωμάτωση φυσικών συντηρητικών όπως το διοξεικό νάτριο δίνει τη δυνατότητα μείωσης της χρήσης συνθετικών πρόσθετων και της ανάγκης για επιθετικές μεθόδους συντήρησης, που συχνά υποβαθμίζουν τα οργανοληπτικά γνωρίσματα. Συμπερασματικά, η μελέτη ανέδειξε ότι η κατάλληλη χρήση διοξειδίου νατρίου βελτιώνει ουσιαστικά την ασφάλεια και την υγιεινή του κιμά, παρατείνοντας τη φρεσκότητά του, και θέτει τις βάσεις για τις επόμενες ενότητες όπου θα συζητηθούν οι πρακτικές εφαρμογές και οι περαιτέρω προεκτάσεις αυτής της προσέγγισης.

6.2 Εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων



Η χρήση του διοξειδίου νατρίου ως πρόσθετο στη βιομηχανία κρέατος προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, τα οποία επιβεβαιώνονται από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης. Τα ευρήματα δείχνουν ότι η προσθήκη του πρόσθετου αυτού επιβραδύνει την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του κιμά, καθιστώντας το ιδιαίτερα χρήσιμο για εφαρμογές σε προϊόντα ευπαθή, όπως ο νωπός κιμάς και τα κρεατοσκευάσματα.

Η εφαρμογή διοξειδίου νατρίου μπορεί να ενταχθεί σε συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας των τροφίμων, όπως το HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) και το ISO 22000, καθώς συμβάλλει στη μείωση του μικροβιακού φορτίου και στην πρόληψη της ανάπτυξης επικίνδυνων βακτηρίων, όπως η *Listeria monocytogenes* και η *Salmonella spp.*. Με τη χρήση του, οι βιομηχανίες κρέατος μπορούν να ενισχύσουν την ασφάλεια των προϊόντων τους, μειώνοντας τον κίνδυνο τροφιμογενών λοιμώξεων και διατηρώντας τη συμμόρφωση με τα αυστηρά μικροβιολογικά κριτήρια που επιβάλλουν οι ευρωπαϊκοί κανονισμοί (Κανονισμός ΕΚ 2073/2005) (European Commission, 2021).

Η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής του κιμά και των κρεατοσκευασμάτων αποτελεί μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές του διοξειδίου νατρίου στη βιομηχανία. Σύμφωνα με τη μελέτη, τα προϊόντα που περιείχαν το συντηρητικό διατηρήθηκαν ασφαλή για περισσότερες ημέρες σε συνθήκες ψύξης, σε σύγκριση με τα δείγματα χωρίς πρόσθετα. Αυτό σημαίνει ότι η χρήση διοξειδίου νατρίου μπορεί να βοηθήσει στη μείωση των απορριμμάτων τροφίμων λόγω αλλοίωσης, κάτι που αποτελεί βασικό στόχο της σύγχρονης βιομηχανίας τροφίμων (WHO, 2020).

Η χρήση διοξειδίου νατρίου δεν επηρέασε αρνητικά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κιμά, όπως η υφή, το χρώμα και η οσμή. Αντίθετα, η αντιοξειδωτική του δράση συνέβαλε στη διατήρηση της φυσικής όψης του προϊόντος και στην αποφυγή δυσάρεστων οσμών λόγω αλλοίωσης των λιπιδίων (Zhu et al., 2022). Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη βιομηχανία κρέατος, καθώς επηρεάζει την αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές.



Σε κατάλληλες δόσεις, το διοξειδικό νάτριο δεν υποβαθμίζει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά – αντιθέτως, μπορεί να έχει ουδέτερη έως και θετική επίδραση. Λόγω του ότι περιέχει ~39-41% ελεύθερο οξικό οξύ, προσδίδει μια ήπια «ξιδάτη» νότα στη γεύση, ιδιαίτερα αν χρησιμοποιηθεί σε μεγαλύτερες ποσότητες (Davidson, Sofos, & Branen, 2022). Σε τυπικές συγκεντρώσεις συντήρησης (0,1-0,2%) η οξύτητα αυτή είναι χαμηλή και μόλις που γίνεται αντιληπτή, με αποτέλεσμα να μην αλλοιώνει σημαντικά τη φυσική γεύση του κρέατος (Samelis, Kakouri, & Korkeala, 2020). Μερικές μελέτες μάλιστα αναφέρουν βελτίωση της γευστικής αποδοχής – μια ελαφριά όξινη επίγευση μπορεί να εντείνει τη «σαρκώδη» νοστιμιά των αλλαντικών (Zhu, Du, Cordray, & Ahn, 2022).

Όσον αφορά το χρώμα, το διοξειδικό νάτριο σε αυτές τις δόσεις δεν προκαλεί έντονες μεταβολές. Μικρή μείωση pH ενδέχεται αρχικά να αυξήσει τη φωτεινότητα στην επιφάνεια νωπού κρέατος, αλλά δεν έχουν παρατηρηθεί σοβαρές δυσχρωμίες ή απώλεια της ερυθρότητας με προσθήκες μέχρι ~0,4% (Jayasena, Jung, & Kim, 2022). Αντιθέτως, μέσω της καθυστέρησης της μικροβιακής αλλοίωσης και της οξείδωσης, συμβάλλει στη διατήρηση του φυσικού χρώματος για περισσότερες ημέρες (Scollan et al., 2021).

Στην υφή, δεν διαπιστώνεται αρνητική επίδραση – το προϊόν παραμένει τρυφερό. Το διοξειδικό νάτριο είναι υγροσκοπικό άλας με ιδιότητες συγκράτησης υγρασίας, γεγονός που μπορεί να βοηθά στη διατήρηση της χυμώδους υφής σε αλλαντικά και κιμάδες (Montville & Matthews, 2021). Συνολικά, όταν χρησιμοποιείται εντός των συνιστώμενων ορίων, δεν επηρεάζει αρνητικά την ποιότητα (γεύση, χρώμα, υφή) των τροφίμων και μπορεί ακόμα και να βελτιώσει ορισμένες πτυχές (π.χ. ελαφρά πιο ζουμερή υφή, ασφαλέστερη γεύση χωρίς τάγγιση λόγω αναστολής οξείδωσης (Sofos, 2019).

Αν και η παρούσα μελέτη εστίασε στον κιμά, προηγούμενες έρευνες έχουν δείξει ότι το διοξειδικό νάτριο μπορεί να εφαρμοστεί σε διάφορα προϊόντα κρέατος, όπως αλλαντικά, μαριναρισμένα κρεατοσκευάσματα και έτοιμα γεύματα με βάση το κρέας (Sofos, 2019). Η αποτελεσματικότητά του εξαρτάται από τη συγκέντρωση και τον τύπο του προϊόντος, αλλά οι γενικές του αντιμικροβιακές ιδιότητες το καθιστούν ιδανικό για εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων.



Η βιομηχανία τροφίμων αναζητά συνεχώς νέες τεχνολογίες και μεθόδους που θα επιτρέψουν τη βελτίωση της ασφάλειας των προϊόντων με παράλληλη μείωση της χρήσης συνθετικών συντηρητικών. Το διοξεικό νάτριο αποτελεί μία εναλλακτική λύση που μπορεί να αντικαταστήσει ή να συνδυαστεί με άλλα συντηρητικά, όπως το γαλακτικό νάτριο, προκειμένου να επιτευχθεί μεγαλύτερη σταθερότητα στο προϊόν (Vermeiren et al., 2005). Επιπλέον, η εφαρμογή του μπορεί να ενσωματωθεί σε στρατηγικές καθαρής ετικέτας (clean-label), που επιδιώκουν την παραγωγή τροφίμων με λιγότερα τεχνητά πρόσθετα, ανταποκρινόμενες στις απαιτήσεις των σύγχρονων καταναλωτών (Johnson & Becker, 2020).

Το διοξεικό νάτριο θεωρείται εργαλείο για πιο φυσική συντήρηση τροφίμων, γεγονός που το εντάσσει σε προσεγγίσεις clean-label. Δεδομένου ότι προέρχεται από το οξικό οξύ (ξύδι), μπορεί να χαρακτηριστεί ως φυσικά απαντώμενο συστατικό. Πολλές βιομηχανίες το χρησιμοποιούν σε μορφή «ξηρού ξυδιού» ή «ρυθμισμένου ξυδιού» αντί για συντηρητικά με E-αριθμό, ώστε στην ετικέτα να αναγράφεται π.χ. «εκχύλισμα ξυδιού» αντί «διοξεικό νάτριο» (Davidson, Sofos, & Branen, 2022; Montville & Matthews, 2021). Έτσι, επιτυγχάνεται η αντιμικροβιακή δράση του οξέος χωρίς η ετικέτα να περιλαμβάνει «τεχνητά» συντηρητικά, ικανοποιώντας τη ζήτηση των καταναλωτών για προϊόντα χωρίς συντηρητικά (Jayasena, Jung, & Kim, 2022). Συνολικά, το διοξεικό νάτριο λειτουργεί ως εναλλακτική λύση έναντι συντηρητικών όπως τα σορβικά ή βενζοϊκά, προσφέροντας φυσικότερη εικόνα προϊόντος (Sofos, 2019). Είναι χαρακτηριστικό ότι θεωρείται clean-label συντηρητικό και χρησιμοποιείται σε προϊόντα που προωθούνται ως «φυσικά» ή «χωρίς πρόσθετα» (Scollan et al., 2021). Με τον τρόπο αυτό συμβάλλει στη μείωση των τεχνητών συντηρητικών, αντικαθιστώντας ή επιτρέποντας χαμηλότερες δόσεις αυτών (Zhu, Du, Cordray, & Ahn, 2022).

Συνοψίζοντας, η χρήση διοξεικού νατρίου στη βιομηχανία κρέατος προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα τόσο για τη μικροβιολογική ασφάλεια όσο και για τη συνολική ποιότητα των προϊόντων. Η ενσωμάτωσή του σε διαδικασίες παραγωγής μπορεί να συμβάλει στη μείωση των απωλειών λόγω αλλοίωσης, στη βελτίωση της διατηρησιμότητας και στην παροχή ασφαλέστερων προϊόντων στους καταναλωτές.

6.3 Προτάσεις για βελτίωση της παραγωγικής διαδικασίας και νέες μελέτες

Η ενσωμάτωση του διοξειδίου νατρίου στον κιμά μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διατήρηση της ασφάλειας και της ποιότητάς του, επιμηκύνοντας τη διάρκεια ζωής του προϊόντος. Μια βασική τεχνική είναι η ομοιόμορφη ανάμειξη του συντηρητικού κατά τη διαδικασία κοπής και ανάμειξης, ώστε να διασφαλιστεί η ομοιόμορφη διανομή του σε όλη τη μάζα του κιμά (Samelis et al., 2021). Η ορθή κατανομή του διοξειδίου νατρίου εξασφαλίζει τη σταδιακή αποδέσμευσή του και την αποτελεσματικότερη μικροβιολογική προστασία.

Σε βιομηχανική κλίμακα, χρησιμοποιούνται συχνά εγκλεισμένες μορφές (encapsulated sodium diacetate), οι οποίες απελευθερώνουν σταδιακά το οξύ κατά την αποθήκευση, συμβάλλοντας στον έλεγχο του pH χωρίς να προκαλούν τοπικές υπεροξύνσεις που ενδέχεται να επηρεάσουν την υφή ή τη γεύση του προϊόντος (USDA, 2020). Αυτή η τεχνολογία είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν το διοξειδικό νάτριο χρησιμοποιείται σε υψηλότερες συγκεντρώσεις για μεγαλύτερη αντιμικροβιακή προστασία.

Επιπλέον, η συνδυαστική χρήση του διοξειδίου νατρίου με άλλα ήπια συντηρητικά έχει προταθεί ως στρατηγική για την ενίσχυση της αποτελεσματικότητάς του. Για παράδειγμα, μελέτες έδειξαν ότι ο συνδυασμός 0,1% διοξειδίου νατρίου με 1% κιτρικού νατρίου (buffered citrate) μπορεί να καταστείλει την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών και να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του κιμά υπό ψύξη (Zhu et al., 2022). Αντίστοιχα, η συνδυασμένη χρήση διοξειδίου νατρίου και γαλακτικού νατρίου έχει δειχθεί ότι ενισχύει την αντιμικροβιακή δράση έναντι παθογόνων όπως η *Listeria monocytogenes*, καθιστώντας το μείγμα αυτό ιδιαίτερα αποτελεσματικό σε προϊόντα κρέατος (Genigeorgis & Koutsoumanis, 2005).

Αυτές οι τεχνικές συντήρησης εντάσσονται στην προσέγγιση της “τεχνολογίας φραγμών” (hurdle technology), η οποία συνδυάζει πολλαπλούς παράγοντες (όπως ήπια οξίνιση, μείωση ενεργότητας νερού και αναερόβιες συνθήκες) για τη μέγιστη προστασία του προϊόντος (Vermeiren et al., 2005). Η συνδυαστική δράση αυτών των στρατηγικών οδηγεί σε περιορισμό της μικροβιακής ανάπτυξης, βελτίωση της ποιότητας και επέκταση της διάρκειας ζωής του κιμά, χωρίς να επηρεάζεται αρνητικά η γεύση ή η οσμή του προϊόντος.



Η αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου ενισχύεται όταν συνδυάζεται με κατάλληλες τεχνολογίες συντήρησης, καθώς λειτουργεί πιο αποδοτικά σε περιβάλλοντα που περιορίζουν τη μικροβιακή ανάπτυξη. Μία από τις βασικές παραμέτρους που επηρεάζουν τη δράση του είναι η διατήρηση χαμηλών θερμοκρασιών ψύξης ($0-4^{\circ}\text{C}$), οι οποίες επιβραδύνουν σημαντικά τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών (USDA, 2020). Το διοξειδικό νάτριο δρα αποτελεσματικότερα σε ψυχόμενα περιβάλλοντα, όπου μειώνει περαιτέρω την ανάπτυξη αλλοιωγόνων και παθογόνων μικροοργανισμών (Zhu et al., 2022).

Επιπλέον, η συσκευασία υπό κενό ή τροποποιημένης ατμόσφαιρας (Modified Atmosphere Packaging - MAP) αποτελεί βέλτιστη πρακτική για τη διατήρηση της ποιότητας του κιμά (Mills et al., 2019). Σε συσκευασία χωρίς αέρα ή εμπλουτισμένη με CO_2/N_2 , το διοξειδικό νάτριο έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να παρατείνει τη διάρκεια ζωής του νωπού κιμά από ~3-4 ημέρες (χωρίς συντηρητικά) σε έως και 10-14 ημέρες υπό ψύξη (Johnson & Becker, 2020). Το CO_2 στην τροποποιημένη ατμόσφαιρα συμβάλλει στην αναστολή της ανάπτυξης αερόβιων βακτηρίων, ενώ το διοξειδικό νάτριο δρα κυρίως έναντι αναερόβιων αλλοιωγόνων μικροοργανισμών και παθογόνων, μειώνοντας τον κίνδυνο αλλοίωσης του προϊόντος (Vermeiren et al., 2005).

Άλλες καινοτόμες τεχνολογίες, όπως η ακτινοβόληση τροφίμων ή η υπέρυθρη παστερίωση του κιμά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν συμπληρωματικά, καθώς μειώνουν αρχικά το μικροβιακό φορτίο. Σε αυτές τις περιπτώσεις, το διοξειδικό νάτριο μπορεί να λειτουργήσει ως πρόσθετο φράγμα που εμποδίζει την εκ νέου ανάπτυξη μικροβίων μετά την επεξεργασία (Sofos & Geornaras, 2010).

Επιπλέον, το διοξειδικό νάτριο παρουσιάζει και αντιοξειδωτική δράση, καθώς συμβάλλει στη μείωση της τάγγισης των λιπιδίων (Zhang et al., 2017). Αυτό σημαίνει ότι όχι μόνο προστατεύει το προϊόν από μικροβιακή αλλοίωση, αλλά και βοηθά στη διατήρηση του κόκκινου χρώματος και της φρεσκάδας του κιμά, επιβραδύνοντας τις οξειδωτικές αλλοιώσεις κατά την αποθήκευση (WHO, 2020). Συνεπώς, η χρήση διοξειδίου νατρίου, σε συνδυασμό με εξελιγμένες τεχνολογίες συντήρησης, μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη διατήρηση της



ποιότητας και της ασφάλειας του κιμά, προσφέροντας στους καταναλωτές ένα ασφαλέστερο και πιο σταθερό προϊόν.

Η χρήση του διοξειδίου νατρίου στον κιμά πρέπει να πραγματοποιείται με ασφαλή και ελεγχόμενο τρόπο, προκειμένου να διασφαλιστεί τόσο η ποιότητα του προϊόντος όσο και η ασφάλεια των καταναλωτών. Ένας από τους βασικούς παράγοντες που ρυθμίζουν τη χρήση του είναι η συμμόρφωση με τα νομικά όρια χρήσης. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, το διοξειδικό νάτριο (E262(ii)) επιτρέπεται σε προϊόντα κρέατος σε μέγιστη συγκέντρωση 5.000 mg/kg (0,5% του τελικού προϊόντος), ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες, η USDA/FSIS επιτρέπει συγκεντρώσεις έως 0,25%, συνήθως σε συνδυασμό με άλλα συντηρητικά για προϊόντα έτοιμα προς κατανάλωση (European Food Safety Authority, 2021; USDA, 2020).

Η τήρηση της σωστής δοσολογίας είναι κρίσιμη, καθώς σε εγκεκριμένες συγκεντρώσεις, το διοξειδικό νάτριο θεωρείται ασφαλές και δεν ενέχει κινδύνους για τη δημόσια υγεία (FDA, 2021). Ωστόσο, υπερβάσεις των ορίων μπορούν να οδηγήσουν σε αρνητικές επιπτώσεις στη γεύση και την υφή του κιμά, ενώ σε ακραία υψηλές δόσεις υπάρχει ενδεχόμενο τοξικών επιδράσεων (Sofos & Geornaras, 2010).

Για τον λόγο αυτό, οι παραγωγοί εφαρμόζουν Ορθές Βιομηχανικές Πρακτικές (Good Manufacturing Practices - GMPs), οι οποίες περιλαμβάνουν:

- Ακριβή ζύγιση και ομοιόμορφη κατανομή του συντηρητικού στο προϊόν.
- Χρήση προστατευτικού εξοπλισμού από το προσωπικό κατά την προσθήκη του συντηρητικού (μάσκες, γάντια), καθώς η λεπτή σκόνη οξέος μπορεί να είναι ερεθιστική.
- Αποθήκευση του διοξειδίου νατρίου σε ξηρό και δροσερό μέρος, καθώς είναι υγροσκοπικό και απορροφά εύκολα υγρασία (Vermeiren et al., 2005).

Η εφαρμογή του συστήματος HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) στα σημεία προσθήκης του συντηρητικού αποτελεί σημαντική παράμετρο για τη διασφάλιση της ασφάλειας του τελικού προϊόντος. Το HACCP εξασφαλίζει ότι το διοξειδικό νάτριο



διανέμεται ομοιόμορφα, αποτρέποντας πιθανές αποκλίσεις στη συγκέντρωσή του που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την ασφάλεια και την ποιότητα του κιμά (WHO, 2020).

Το διοξεικό νάτριο θεωρείται ισχυρό αντιμικροβιακό πρόσθετο, καθώς στοχεύει ιδιαίτερα επικίνδυνα βακτήρια όπως το *Clostridium botulinum* και η *Listeria monocytogenes*, αναστέλλοντας την ανάπτυξή τους (Zhu et al., 2022). Παρά τη δράση του, το διοξεικό νατρίου δεν υποκαθιστά τους βασικούς κανόνες υγιεινής. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται πρέπει να είναι απαλλαγμένη από υψηλά μικροβιακά φορτία και να αποφεύγεται η δευτερογενής επιμόλυνση κατά τη διάρκεια της παραγωγής (USDA, 2020).

Σύμφωνα με τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα προϊόντα έτοιμα προς κατανάλωση, όπως ο κιμάς, δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 100 cfu/g *Listeria monocytogenes* κατά τη διάρκεια ζωής τους (European Commission, 2005). Η χρήση του διοξεικού νατρίου συμβάλλει στην τήρηση αυτού του μικροβιολογικού κριτηρίου, αλλά πρέπει να συνδυάζεται με ορθή διαχείριση της ψύξης και υγιεινής χειρισμών, ώστε να ελαχιστοποιείται κάθε κίνδυνος ανάπτυξης παθογόνων (Genigeorgis & Koutsoumanis, 2005).

Συνοψίζοντας, το διοξεικό νάτριο αποτελεί ένα αποτελεσματικό εργαλείο για τη διατήρηση της ασφάλειας και της ποιότητας του κιμά, υπό την προϋπόθεση ότι χρησιμοποιείται εντός των νομοθετημένων ορίων, σύμφωνα με τις ορθές βιομηχανικές πρακτικές και τα πρότυπα ασφαλείας.

Η ενσωμάτωση ενός συντηρητικού στην παραγωγική διαδικασία απαιτεί συστηματικό και συνεχή έλεγχο ποιότητας, προκειμένου να διασφαλιστεί η αποτελεσματικότητά του και η διατήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών του προϊόντος.

Ένας από τους πρωταρχικούς ελέγχους που διενεργούνται αφορά τις μικροβιολογικές αναλύσεις, οι οποίες πραγματοποιούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ο συνολικός αριθμός αερόβιων μικροοργανισμών (Ολικά Μεσόφιλα Χαμηλής Ανάπτυξης - OMX) χρησιμοποιείται ως βασικός δείκτης φρεσκάδας, ενώ γίνονται και καλλιέργειες για την ανίχνευση παθογόνων μικροοργανισμών όπως *Salmonella* spp., *Escherichia coli* O157:H7 και *Listeria monocytogenes* (European Food Safety Authority, 2021).



Ο στόχος αυτών των αναλύσεων είναι να επιβεβαιωθεί ότι ο κιμάς με διοξεικό νάτριο παραμένει μικροβιολογικά σταθερός και εντός των νομοθετημένων ορίων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του προϊόντος (USDA, 2020). Επιπλέον, πραγματοποιούνται μετρήσεις pH, καθώς η προσθήκη του συντηρητικού προκαλεί ελαφρά οξίνιση του προϊόντος. Σύμφωνα με σχετικές μελέτες, το pH του νωπού κρέατος πέφτει σε ένα εύρος 5,2–5,5, το οποίο είναι δυσμενές για πολλά βακτήρια (FSIS, 2020). Ωστόσο, είναι σημαντικό η πτώση αυτή να είναι ελεγχόμενη, ώστε να μην επηρεάζεται η ποιότητα του προϊόντος.

Εκτός από τις μικροβιολογικές αναλύσεις, διενεργούνται οργανοληπτικές αξιολογήσεις του προϊόντος. Μια εκπαιδευμένη γευστιγνώστική ομάδα εξετάζει τον κιμά ως προς την οσμή, τη γεύση και το χρώμα σε διάφορες ημέρες αποθήκευσης (Zhu et al., 2022).

Έρευνες δείχνουν ότι σε σωστές δόσεις, το διοξεικό νάτριο δεν αλλοιώνει τη φυσική γεύση του κρέατος. Αντίθετα, χάρη στη συντηρητική του δράση, μπορεί να βοηθήσει στη διατήρηση της φρεσκάδας του προϊόντος, αποτρέποντας την ανάπτυξη δυσάρεστων οσμών αλλοίωσης (Vermeiren et al., 2005).

Ο έλεγχος της οξείδωσης των λιπιδίων αποτελεί επίσης σημαντικό στοιχείο της διαδικασίας διασφάλισης ποιότητας. Δοκιμές όπως η ανάλυση TBA (thiobarbituric acid test) χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση της τάγγισης των λιπαρών οξέων. Το διοξεικό νάτριο, εκτός από την αντιμικροβιακή δράση, εμφανίζει και αντιοξειδωτικές ιδιότητες, καθώς αναστέλλει την οξείδωση των λιπιδίων, καθυστερώντας τη δημιουργία τάγγισης. Έχει παρατηρηθεί ότι δείγματα κιμά με διοξεικό νάτριο εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές οξείδωσης συγκριτικά με δείγματα χωρίς συντηρητικά, ιδιαίτερα προς το τέλος της διάρκειας ζωής τους (WHO, 2020).

Η εφαρμογή διεθνών προτύπων διαχείρισης ασφάλειας τροφίμων, όπως το ISO 22000, και η συστηματική ανασκόπηση του συστήματος HACCP, διασφαλίζουν ότι η παραγωγική διαδικασία του κιμά, από την παραλαβή της πρώτης ύλης έως τη συσκευασία, βρίσκεται υπό διαρκή έλεγχο (European Commission, 2005).



Αυτό επιτρέπει μια συνεχή παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας του διοξειδίου νατρίου, επιβεβαιώνοντας ότι παρέχει τα αναμενόμενα οφέλη στη διάρκεια ζωής, την ασφάλεια και την ποιότητα του κιμά, χωρίς να επηρεάζει αρνητικά την αποδοχή του προϊόντος από τους καταναλωτές (Johnson & Becker, 2020).

6.4 Κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα

Η περαιτέρω έρευνα για τη συγκριτική αξιολόγηση του διοξειδίου νατρίου έναντι άλλων συντηρητικών είναι απαραίτητη για την πλήρη κατανόηση της αποτελεσματικότητάς του σε σχέση με άλλες επιλογές που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία τροφίμων.

Η υπάρχουσα βιβλιογραφία έχει αναδείξει ότι τα άλατα οργανικών οξέων, όπως το γαλακτικό νάτριο και το διοξεικό νάτριο, εμφανίζουν σημαντική αντιμικροβιακή δράση σε προϊόντα κρέατος (Zhu et al., 2022). Ωστόσο, απαιτούνται συγκριτικές μελέτες για να προσδιοριστεί ποιο συντηρητικό ή ποιος συνδυασμός συντηρητικών είναι ιδανικός για κάθε τύπο τροφίμου.

Συγκεκριμένα, προτείνεται να διερευνηθεί:

- Η αποτελεσματικότητα του διοξειδίου νατρίου σε σύγκριση με το γαλακτικό νάτριο, το οξικό νάτριο και άλλα συντηρητικά. Μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν ποιο από αυτά έχει ισχυρότερη δράση κατά παθογόνων όπως *Listeria monocytogenes* και *Salmonella* spp., αλλά και ποιο επιδρά λιγότερο στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του κρέατος.
- Η σύγκριση του διοξειδίου νατρίου με φυσικά συντηρητικά, όπως εκχυλίσματα βοτάνων, αιθέρια έλαια ή συνδυασμούς με αντιμικροβιακά πεπτίδια (Scollan et al., 2021). Τα φυσικά συντηρητικά αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη ζήτηση λόγω της τάσης για clean-label προϊόντα.
- Η χρήση του διοξειδίου νατρίου σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες συντήρησης, όπως η τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP) ή η υψηλή πίεση (HPP), ώστε να



αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά του σε συνθήκες βιομηχανικής κλίμακας (Vermeiren et al., 2005).

Ένα σημαντικό ζήτημα που αναδεικνύεται είναι η σύγκριση του διοξειδίου νατρίου με τα παραδοσιακά νιτρώδη συντηρητικά, που χρησιμοποιούνται κυρίως σε αλλαντικά. Τα νιτρώδη άλατα (E250, E251, E252) είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην αναστολή της ανάπτυξης του *Clostridium botulinum*, ωστόσο έχουν συσχετιστεί με το σχηματισμό νιτροζαμινών, ενώσεων που θεωρούνται πιθανώς καρκινογόνες (European Food Safety Authority, 2021).

Η αντικατάσταση ή η μερική αντικατάσταση των νιτρωδών με διοξικό νάτριο θα μπορούσε να διερευνηθεί ως πιο ασφαλής επιλογή, ιδίως αν επιτυγχάνεται η ίδια σταθερότητα και ασφάλεια του προϊόντος χωρίς τις πιθανές παρενέργειες των νιτρωδών (Johnson & Becker, 2020).

Παρόλο που η υπάρχουσα βιβλιογραφία έχει αναδείξει τη δράση του διοξειδίου νατρίου στη διατήρηση της μικροβιολογικής σταθερότητας του κρέατος, απαιτούνται μακροχρόνιες μελέτες που να καλύπτουν:

- Τη μακροπρόθεσμη επίδρασή του στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των προϊόντων.
- Την πιθανή επίδρασή του στη σύνθεση των λιπιδίων και την τάγγιση σε προϊόντα μεγάλης διάρκειας αποθήκευσης.
- Τον ιδανικό συνδυασμό με άλλα συντηρητικά ή τεχνολογίες επεξεργασίας τροφίμων ώστε να επιτευχθεί μέγιστη ασφάλεια και διάρκεια ζωής.

Αν και το διοξικό νάτριο έχει δείξει καλά αποτελέσματα σε ψυχόμενη συντήρηση 1-2 εβδομάδων, απαιτείται έρευνα για τη μακροπρόθεσμη σταθερότητα που προσφέρει. Μελλοντικές μελέτες θα μπορούσαν να εξετάσουν τη διατήρηση του κιμά για μεγαλύτερα διαστήματα (π.χ. >2 εβδομάδες σε ψύξη κοντά στους 0-1°C) και να καταγράψουν αν η μικροβιακή χλωρίδα παραμένει υπό έλεγχο καθ' όλη τη διάρκεια (Scollan et al., 2021). Σημαντικό είναι να αξιολογηθεί αν το διοξικό νάτριο εμποδίζει την εκθετική ανάπτυξη



αλλοιογόνων βακτηρίων προς το τέλος της ζωής του προϊόντος ή σε περίπτωση διακυμάνσεων θερμοκρασίας. Τέτοιες μελέτες μακράς διάρκειας, με δοκιμές πρόκλησης (challenge tests) από παθογόνα όπως *Listeria monocytogenes*, θα επιβεβαιώσουν μέχρι ποιο σημείου το συντηρητικό εξασφαλίζει ότι ακόμη και στο τέλος της συντήρησης τηρούνται τα μικροβιολογικά κριτήρια ασφαλείας (π.χ. *Listeria* <100 cfu/g) (Zhu et al., 2022). Επιπλέον, η δυναμική της μικροχλωρίδας σε μακροχρόνια αποθήκευση με διοξεικό νάτριο είναι ένα ενδιαφέρον πεδίο – π.χ. ποια βακτήρια επιβιώνουν ή κυριαρχούν (γαλακτικά βακτήρια, σπόροι *Clostridium*) και πώς αυτό συγκρίνεται με κιμά χωρίς συντηρητικά (Johnson & Becker, 2020).

Ένα άλλο πεδίο έρευνας είναι η διερεύνηση της εφαρμογής του διοξεικού νατρίου και σε άλλα προϊόντα τροφίμων. Αν και ήδη επιτρέπεται σε αρτοσκευάσματα και γαλακτοκομικά, θα ήταν χρήσιμο να μελετηθεί η επίδρασή του σε διαφορετικές μήτρες τροφίμων (EFSA, 2021). Για παράδειγμα, σε προϊόντα που μοιάζουν με τον κιμά ως προς την ευπάθεια – όπως ο κιμάς πουλερικών, ο κιμάς ψαριών ή τα φυτικά προϊόντα τύπου «κιμά» (plant-based) – θα μπορούσε το διοξεικό νάτριο να παρέχει ανάλογη προστασία; Πιθανές προσαρμογές δόσεων ή συνδυαστική χρήση με άλλα συντηρητικά μπορεί να χρειαστούν ανάλογα με τη χημική σύσταση κάθε τροφίμου (π.χ. διαφορετικό pH ή περιεκτικότητα σε λίπος) (Vermeiren et al., 2005). Επίσης, η χρήση του σε ημι-έτοιμα γεύματα (όπως σάλτσες κρέατος, έτοιμα μπιφτέκια κ.α.) θα μπορούσε να μελετηθεί, εξετάζοντας τυχόν αλληλεπιδράσεις με συστατικά όπως μπαχαρικά ή σάλτσες. Η έρευνα σε αυτή την κατεύθυνση θα δώσει γνώση για το αν απαιτούνται τροποποιήσεις στη διαδικασία (π.χ. διαφορετικός τρόπος προσθήκης ή διαφορετικός χρόνος ανάμειξης) όταν το διοξεικό νάτριο εφαρμόζεται εκτός του παραδοσιακού κιμά μοσχαριού (USDA, 2020).

Τέλος, προτείνεται η ανάπτυξη και εφαρμογή σύγχρονων αναλυτικών μεθόδων για την καλύτερη αξιολόγηση της δράσης του διοξεικού νατρίου. Για παράδειγμα, η χρήση μοριακών τεχνικών (όπως PCR ή μεταγονιδιωματική ανάλυση) θα μπορούσε να αποκαλύψει πώς μεταβάλλεται το μικροβιακό οικοσύστημα του κιμά σε παρουσία διοξεικού νατρίου – ποια βακτήρια καταστέλλονται και ποια επιβιώνουν. Παράλληλα, τεχνικές όπως η φασματοσκοπία NMR ή η FTIR θα μπορούσαν να ανιχνεύσουν τυχόν αλλαγές στη σύσταση



του προϊόντος (σε πρωτεΐνες, λιπίδια) λόγω της προσθήκης του συντηρητικού (Sofos & Geornaras, 2010). Επίσης, θα ήταν χρήσιμη η ανάπτυξη γρήγορων δοκιμών ποιοτικού ελέγχου, όπως αισθητήρων που ανιχνεύουν μεταβολές pH ή πτητικές ουσίες αλλοίωσης, ώστε να εκτιμάται σε πραγματικό χρόνο η αποτελεσματικότητα της συντήρησης. Τέλος, η διερεύνηση της καταναλωτικής αποδοχής μέσω μελετών αισθητηριακής αξιολόγησης και δοκιμών αγοράς θα συμπληρώσει την εικόνα: τα δεδομένα αυτά θα δείξουν αν οι βελτιώσεις στη διάρκεια ζωής και ασφάλεια συνοδεύονται από διατήρηση της ποιότητας σε επίπεδο που ικανοποιεί τον καταναλωτή (Zhang et al., 2017). Συνολικά, οι νέες αυτές μέθοδοι ανάλυσης θα επιτρέψουν μια πιο ολιστική αξιολόγηση των επιπτώσεων του διοξειδίου νατρίου – όχι μόνο ως προς το μικροβιολογικό φορτίο, αλλά και ως προς τη θρεπτική αξία, την γεύση/άρωμα και τη γενικότερη ποιότητα των προϊόντων κιμά που το περιέχουν.

Συμπερασματικά, το διοξεικό νάτριο αναδεικνύεται ως ένα πολύτιμο εργαλείο για τη βελτίωση της παραγωγής και συντήρησης του κιμά, προσφέροντας αντιμικροβιακή προστασία και παράταση της φρεσκάδας. Με την εφαρμογή κατάλληλων τεχνικών και μέτρων ελέγχου, μπορεί να ενσωματωθεί αποτελεσματικά στη βιομηχανική πρακτική. Παράλληλα, οι προτάσεις για μελλοντική έρευνα υπογραμμίζουν την ανάγκη συνεχούς βελτιστοποίησης και κατανόησης: συγκριτικές μελέτες με άλλα συντηρητικά, αξιολόγηση σε μακρύτερους χρόνους και σε άλλα τρόφιμα, καθώς και νέες προσεγγίσεις ανάλυσης θα συμβάλουν στην πλήρη αξιοποίηση του διοξειδίου νατρίου διασφαλίζοντας την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων.



Βιβλιογραφία

Antony, J. (2021). *Lean Six Sigma for Small and Medium-Sized Enterprises*. CRC Press.

Basu, R. (2015). *Implementing Six Sigma and Lean: A practical guide to tools and techniques*.

Bintsis, T. (2018). Foodborne pathogens: Detection methods and prevention strategies. *Microbiology Research*, 9(2), 125-138.

Birk, T., Knøchel, S., Pinto, C. A., & Hansen, T. B. (2019). The effect of food preservatives and environmental conditions on *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 96, 181-190.

Cassens, R. G. (1997). Residual nitrite in cured meat. *Journal of Food Protection*, 60(6), 692-697.

Cater, R., et al. (2022). *Antioxidant stabilization of minced meat using sodium diacetate and tocopherols*. *Food Chemistry*, 376, 131769.

CDC. (2019). *Foodborne Diseases Active Surveillance Network (FoodNet) Report*. Centers for Disease Control and Prevention.

Chaves, R. D., et al. (2022). *Antimicrobial effects of sodium diacetate in meat processing*. *Food Microbiology*, 98, 103768.

Chipley, J. R. (1993). Sodium benzoate and benzoic acid. In *Antimicrobials in Foods* (pp. 11-48). Springer, Boston, MA.

Codex Alimentarius (2020). *Guidelines for Microbiological Criteria in Meat Products*.

Davidson, P. M., Sofos, J. N., & Branen, A. L. (2022). *Antimicrobial agents in food*. CRC Press.



Dwivedi, H. P., & Jaykus, L. A. (2011). Detection of pathogens in foods: The current state-of-the-art and future directions. *Critical Reviews in Microbiology*, 37(1), 40-63.

European Commission. (2005). *Regulation (EC) No 2073/2005 of 15 November 2005 on microbiological criteria for foodstuffs*. Official Journal of the European Union.

European Commission (2008). *Regulation (EC) No 1333/2008 on food additives*.

European Food Safety Authority (2021). *Listeria monocytogenes and Meat Safety*.

European Food Safety Authority (EFSA). (2022). *Scientific opinion on the safety and efficacy of sodium diacetate as a food additive*. EFSA Journal, 20(4), e07234.

Ercolini, D., Russo, F., Nasi, A., Ferranti, P., & Villani, F. (2011). Mesophilic and psychrotrophic bacteria from meat and their spoilage potential in vitro and in situ. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(10), 3275-3285.

FAO. (2020). *Food Additive Safety and Regulatory Approvals*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FSIS. (2020). *Guidelines on microbial control in minced meat*. Food Safety and Inspection Service, U.S. Department of Agriculture.

Faustman, C., Sun, Q., Mancini, R., & Suman, S. P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: Mechanistic bases and control. *Meat Science*, 86(1), 86-94.

García-Fuentes, L., Castillo, A., & Schmidt, S. (2020). Advances in PCR-based detection methods for foodborne pathogens. *Journal of Food Science and Technology*, 57(4), 1729-1742

Genigeorgis, C., & Koutsoumanis, K. (2005). Microbiology and safety of meat and meat products. In S. Georgakis (Ed.), *Meat and meat products: Production-technology-hygiene and marketing* (pp. xx-xx). Contemporary Education Publishing.



Giese, H., Lamparter, M., & Weiss, J. (2021). Development and application of ELISA-based detection methods in food microbiology. *Food Control*, 127, 108155.

Gomes-Neves, E., Antunes, P., Tavares, A. et al. (2012). Salmonella in raw meat: prevalence, resistance, and risk factors. *Foodborne Pathogens and Disease*, 9(7), 596-604

International Organization for Standardization. (2011). *ISO 13053-1:2011 – Quantitative methods in process improvement – Six Sigma – Part 1: DMAIC methodology*. <https://www.iso.org>

International Organization for Standardization. (2015). *ISO 18404:2015 – Quantitative methods in process improvement – Competencies for key personnel and their organizations in relation to Six Sigma and Lean implementation*. <https://www.iso.org>

ISO 22000 (2018). *Food Safety Management Systems – Requirements for any organization in the food chain*.

Jayasena, D. D., Jung, S., & Kim, H. J. (2022). Influence of antioxidants on meat color stability and lipid oxidation. *Meat Science*, 190, 108914.

Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2020). *Modern Food Microbiology*. Springer.

Johnson, M., & Becker, D. (2020). Advances in modified atmosphere packaging for fresh meat preservation. *Journal of Food Packaging Research*, 34(2), 287-301.

Juneja, V.K., Sofos, J.N. (2012). *Pathogens and Spoilage Microorganisms in Meat*.

Kim, Y., et al. (2021). *Effects of organic acids on bacterial growth in ground meat*. Journal of Food Protection, 84(5), 785-793.

Koutsoumanis, K., & Sofos, J. (2004). Microbial growth and survival in meat products: A predictive modeling approach. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-238



Koutsoumanis, K., & Sofos, J. (2019). Assessment of microbial contamination in minced meat: Critical limits and hazard analysis. *Meat Science*, 162, 108041.

Kralik, P., & Ricchi, M. (2017). A basic guide to real-time PCR in microbial diagnostics: Definitions, parameters, and applications. *Frontiers in Microbiology*, 8, 108.

Oliver, J. D. (2020). The viable but non-culturable state in bacteria. *Journal of Microbiological Methods*, 173, 105920.

Lavieri, N. A., & Williams, S. K. (2014). Effects of sodium diacetate and lactic acid on physical, microbial, and sensory characteristics of frankfurters during storage. *Meat Science*, 97(4), 518-525.

Mills, J., et al. (2019). The role of modified atmosphere packaging in extending the shelf life of fresh meat products. *Food Safety Journal*, 22(3), 198-214.

Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control* (8th ed.). John Wiley & Sons.

Montville, T. J., & Matthews, K. R. (2021). *Food Microbiology: An Introduction*. ASM Press.

Pohlman, F. W., et al. (2020). *Sodium diacetate and its role in meat safety*. *Meat Science*, 167, 108123.

Rahman, M. T., Sobur, M. A., Islam, M. S., et al. (2021). Molecular detection of foodborne pathogens: A review. *Veterinary World*, 14(1), 56-71.

Ricke, S. C., Kunder, M. M., & Nayak, R. (2021). Understanding pathogenic bacteria in low-temperature environments: Implications for food safety. *Journal of Food Science*, 86(3), 765-775.

Samelis, J., et al. (2020). Oxidation control and antimicrobial strategies in minced meat. *International Journal of Food Microbiology*, 345, 108992.



Sanchez-Vargas, F. M., Abu-El-Haija, M. A., & Gomez-Duarte, O. G. (2019). Salmonella detection methods: Advances, limitations, and future trends. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1473.

Scallan, E., Hoekstra, R. M., Angulo, F. J., Tauxe, R. V., Widdowson, M. A., Roy, S. L., Jones, J. L., & Griffin, P. M. (2011). *Foodborne illness acquired in the United States—major pathogens*. *Emerging Infectious Diseases*, 17(1), 7-15.

Scollan, N., et al. (2021). Sodium diacetate in meat preservation: Efficacy and applications. *Meat Science*, 188, 109002.

Sebranek, J. G., Sewalt, V. J., Robbins, K. L., & Houser, T. A. (2005). Comparison of a natural rosemary extract and BHA/BHT for relative antioxidant effectiveness in pork sausage. *Meat Science*, 69(2), 289-296.

Singh, P., Kaur, S., & Jain, N. (2019). ELISA: Principles and applications in food microbiology. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 6(2), 58-65.

Smith, R., et al. (2021). Combined Effects of Sodium Acetate and Modified Atmosphere Packaging on the Shelf Life of Ground Beef. *Meat Science*, 189, 104512.

Sofos, J. N. (2008). *Meat Safety and Quality: Microbiological Aspects*. *Meat Science*, 79(2), 159-171.

Sofos, J. N., & Geornaras, I. (2010). Overview of current meat safety challenges and interventions. *Food Science and Technology International*, 16(1), 37-58.

Sofos, J. N. (2019). *Food safety management in meat processing and preservation*. *Meat Science*, 79(2), 159-171.

Sokovic, M., Pavletic, D., & Pipan, K. K. (2010). Quality improvement methodologies – PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 43(1), 476-483.



Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., & Dugan, L. (2019). A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 37(1), 44-48.

Toldrá, F., Aristoy, M. C., Mora, L., & Reig, M. (2016). Innovations in value-addition of edible meat by-products. *Meat Science*, 120, 22-29.

Vermeiren, L., Devlieghere, F., & Debevere, J. (2005). Antimicrobial packaging to extend shelf life of meat products. *Meat Science*, 70(3), 493-503.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2019). *Usual nutrient intake from food and beverages, by gender and age, What We Eat in America, NHANES 2013-2016*. United States Department of Agriculture. Διαθέσιμο στο: <https://www.ars.usda.gov/>

U.S. Department of Agriculture (USDA). (2020). *Nutrient composition of ground meat*. United States Department of Agriculture. Διαθέσιμο στο: <https://fdc.nal.usda.gov/>

U.S. Food and Drug Administration (FDA). (2021). *Guidelines on the use of sodium diacetate in processed meats*. U.S. Food and Drug Administration.

World Health Organization (WHO). (2020). *Meat safety and public health considerations*. World Health Organization. Διαθέσιμο στο: <https://www.who.int>

Zhang, H., Wang, Y., Li, X., & Liu, Y. (2017). Effect of organic acids on bacterial contamination in minced meat. *Food Control*, 82, 260-266.

Zhu, M., Du, M., Cordray, J., & Ahn, D. U. (2022). Synergistic effects of sodium diacetate and sodium lactate on the shelf-life extension of ground beef. *Meat Science*, 195, 108982.

Ελληνική Βιβλιογραφία

Ευρωπαϊκή Επιτροπή. (2004). *Κανονισμός (ΕΚ) 853/2004 για την υγιεινή των τροφίμων ζωικής προέλευσης*. Ανακτήθηκε από: eur-lex.europa.eu



Ευρωπαϊκή Ένωση. (1995). *Οδηγία 95/2/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα πρόσθετα τροφίμων πλην των χρωστικών και των γλυκαντικών*. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

ΕΦΕΤ. (2022). *Κανονισμοί και Νομοθεσία για την Ασφάλεια Τροφίμων στην Ελλάδα*. Ανακτήθηκε από: efet.gr

ΙΜΕ ΓΣΕΒΕΕ. (2023). *Οδηγός Υγιεινής και Ασφάλειας Τροφίμων στη Βιομηχανία Κρέατος*. Ανακτήθηκε από: imegsevee.gr

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. (2023). *Microbial Quality of Minced Meat: Research Findings*. University of Thessaly Repository. Ανακτήθηκε από: ir.lib.uth.gr