



Σχολή Επιστημών Τροφίμων
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

BSc Thesis

Εφαρμογές Machine Learning στην παραγωγή γάλακτος και των προϊόντων του

Applications of Machine Learning in dairy production



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ/ STUDENT

Πετροκόλου Αλεξάνδρα
Α.Μ 20684083
Petrokoulou Alexandra

ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ/ SUPERVISOR

Τσάκαλη Ευσταθία
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Tsakali Efstathia

Επιτροπή Αξιολόγησης Πτυχιακής Εργασίας

Οι υπογράφωντες δηλώνουμε ότι έχουμε εξετάσει την πτυχιακή εργασία με τίτλο «Εφαρμογές Machine Learning στην παραγωγή γάλακτος και των προϊόντων του» που παρουσιάστηκε από την Πετροκόλου Αλεξάνδρα και βεβαιώνουμε ότι γίνεται δεκτή.

A/A	Βαθμίδα/Ιδιότητα	Όνοματεπώνυμο	Ψηφιακή Υπογραφή
1.	Επιβλέπουσα Καθηγήτρια	Τσάκαλη Ευσταθία	
2.	Μέλος Επιτροπής	Κανέλλου Αναστασία	
3.	Μέλος Επιτροπής	Κοντελής Σπυρίδων	

Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Η Δηλούσα

A handwritten signature in black ink, consisting of stylized, overlapping loops and lines, positioned below the text 'Η Δηλούσα'.

Πετροκόλου Αλεξάνδρα

Ευχαριστίες

Μετά την επιτυχή ολοκλήρωση των προπτυχιακών μου σπουδών, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές και όλα τα μέλη του εκπαιδευτικού προσωπικού για τις πολύτιμες συμβουλές και την υποστήριξη κατά την διάρκεια της φοίτησής μου. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια Τσάκαλη Ευσταθία για την συνεργασία και την καθοδήγηση κατά την εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας. Τέλος, πολύ σημαντική ήταν και η υποστήριξη από τους φίλους και την οικογένεια μου που βοήθησαν σε όλη την ακαδημαϊκή εξέλιξη.

Πίνακας Περιεχομένων

Επιτροπή Αξιολόγησης Πτυχιακής Εργασίας.....	1
Δήλωση περί λογοκλοπής/Copyright.....	2
Ευχαριστίες.....	3
Πίνακας Περιεχομένων	4
Περίληψη	6
Abstract.....	7
Εισαγωγή.....	8
Κεφάλαιο 1 ^ο : Αναγκαιότητα της εφαρμογής της Μηχανικής Μάθησης....	10
1.1 Διαχείριση της Πρώτης Ύλης.....	11
1.2 Διαδικασία Παραγωγής των Προϊόντων.....	11
1.3 Στάδιο Συσκευασίας-Συνθήκες Αποθήκευσης-Δίκτυο Μεταφοράς	12
Κεφάλαιο 2 ^ο : Ορισμοί & Βασικές Έννοιες	13
Κεφάλαιο 3 ^ο : Εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στην Γαλακτοβιομηχανία	15
3.1 Φάρμα.....	15
3.1.1 Ενσωμάτωση αισθητήρων στο περιβάλλοντα χώρο ή στο ζώο	15
3.1.2 Ρομποτικά Συστήματα Άλμεξης-Robotic Milking System.....	16
3.1.3 Αυτόματα Συστήματα Τροφοδοσίας- Automatic Feeding Systems.....	17
3.1.4 Αυτόματη Συσκευή Ανίχνευσης Μαστίτιδας	17
3.2 Παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων σε βιομηχανική κλίμακα.....	18
3.2.1 Ανίχνευση Νοθείας Γάλακτος	19
3.2.2 Ταξινόμηση ποιότητας γάλακτος.....	20
3.2.3 Διασφάλιση υγιεινής – Αυτοματοποιημένη Οπτική Επιθεώρηση	20
3.2.4 Προβλεπτική ή Προγνωστική Συντήρηση-Predictive Maintenance	21
3.2.5 Πρόβλεψη πρωτεόλυσης σε τυρί Μοτσαρέλα και Τσένταρ.....	22
3.2.7 Μηχανική Μάθηση στην Παραγωγή Παγωτού.....	24
3.3 Συσκευασία	26
3.3.1 Smart Labelling.....	27
3.4 Αποθήκευση.....	31
3.5 Δίκτυο Διανομής-Supply Chain	32
Κεφάλαιο 4 ^ο : Μελλοντικές Βελτιώσεις και Σημεία Προσοχής.....	34

Κεφάλαιο 5 ^ο : Συμπεράσματα	36
Βιβλιογραφία	38

Περίληψη

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναλύει ποικίλες εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης (Machine Learning) στο χώρο της γαλακτοβιομηχανίας. Με την έναρξη της Τέταρτης Βιομηχανικής Επανάστασης (Industry 4.0) , ήταν αναπόφευκτο πως τα έξυπνα εργαλεία θα διευκόλυναν τις διεργασίες τόσο σε επίπεδο φάρμας (Αυτόματο Ρομποτικό Σύστημα Άλμεξης, Αυτόματα Συστήματα Τροφοδοσίας, Συσκευή Ανίχνευσης Μαστίτιδας) αλλά και στην μετ' έπειτα επεξεργασία με Αλγορίθμους Ανίχνευσης Νοθείας, Προσδιορισμού της Ποιότητας, Ελέγχου της Πρωτεόλυσης και της Παστερίωσης του Γάλακτος και τέλος με συστήματα που διασφαλίζουν την Ποιότητα και την Προβλεπτική Συντήρηση του Εξοπλισμού. Αλλαγές ακόμη γίνονται και στο στάδιο της Συσκευασίας με την χρήση της Μηχανικής Όρασης (Machine Vision), Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (RFID) και της Έξυπνης Ετικέτας (Smart Labelling). Τέλος, με την ενσωμάτωση αισθητήρων και καμερών σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού διευκολύνεται ο έλεγχος της διατήρησης της ποιότητας των γαλακτοκομικών προϊόντων που είναι ιδιαίτερα ευπαθή και επίσης γίνεται αποτελεσματικότερη διαχείριση των αποθεμάτων. Με δεδομένα που συλλέγονται από διάφορες πηγές σχετικά με τις διατροφικές προτιμήσεις των καταναλωτών, ενδυναμώνεται και ο τομέας της Καινοτομίας και της Ανάπτυξης σχεδιάζοντας ή και βελτιώνοντας προϊόντα που καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τις απαιτήσεις των καταναλωτών. Οι πολυδιάστατες αλλαγές στον τρόπο που λειτουργεί η βιομηχανία επιβάλλει και την προσαρμογή του εργατικού δυναμικού στις νέες τάσεις με την απόκτηση της απαιτούμενης τεχνογνωσίας αλλά και την αναθεώρηση της νομοθεσίας, ώστε να προστατεύονται τα Πνευματικά Δικαιώματα της εταιρείας αλλά και να οριστεί ποιος επωμίζεται την ευθύνη σε περίπτωση λάθους του μηχανισμού.

Λέξεις Κλειδιά: Τεχνητή Νοημοσύνη, Μηχανική Μάθηση, Βαθεία Μάθηση, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Γαλακτοβιομηχανία, Αισθητήρες, Μηχανική Όραση

Abstract

This thesis analyzes various applications of Machine Learning in the dairy industry. With the start of the Fourth Industrial Revolution (Industry 4.0), it was inevitable that smart tools would facilitate processes not only at the farm level but also for Adulteration Detection, Determination of the Quality of Milk, Control of Proteolysis and Pasteurization but also with applications at systems ensure the Quality and the predictive maintenance of the equipment. Changes are also being made at the Packaging with the use of Machine Vision, Radio Frequency Identification (RFID) and Smart Labelling. Finally, the integration of sensors and cameras throughout the supply chain makes it easier to control the preservation of the quality of dairy products, which are highly perishable, and also makes inventory management more efficient. The data collected from various sources about the dietary preferences of the consumers also empowers the Innovation and Development sector by designing or improving the products that largely cater to the preferences of the consumers. The multidimensional changes in the way the industry operates also require the adaptation of the workforce to the new trends by acquiring the required techniques and also the revision of the legislation to protect the copyright of the company and also to define who bears the responsibility in the event of a mistake of the mechanism.

Key Words: Artificial Intelligence, Machine Learning, Deep Learning, Natural Language Processing, Artificial Neural Network, Internet of Things, Dairy Industry, Sensors, Machine Vision

Εισαγωγή

Είναι έντονα αντιληπτό ότι τα τελευταία χρόνια η Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) βρίσκει ολοένα και μεγαλύτερη εφαρμογή στην καθημερινότητα των ανθρώπων εντείνοντας την ψηφιοποίηση και φέρνοντας την τέταρτη βιομηχανική επανάσταση, γνωστή ως Industry 4.0. (Boz 2021). Ο όρος «Τεχνητή Νοημοσύνη» αναφέρεται σε υπολογιστικά συστήματα ικανά να μιμηθούν την λειτουργία του ανθρώπινου εγκεφάλου και να είναι σε θέση να αναλύουν γρηγορότερα δεδομένα και να λαμβάνουν αποφάσεις σε σχετικά προβλήματα που παρουσιάζονται. (Cole Stryker 2024)

Συνεπώς, είναι ένα εργαλείο το οποίο μειώνει την ανθρώπινη παρέμβαση και κατ' επέκταση ελαχιστοποιεί το περιθώριο λάθους. Προσφέρει ευκολίες τόσο σε ατομικό επίπεδο με την χρήση διαφόρων ψηφιακών αλγορίθμων, αυτοματισμών και άλλων έξυπνων εργαλείων, αλλά αποδεικνύεται και σημαντικά χρήσιμο στον χώρο της βιομηχανίας και των τροφίμων. Με κύριο γνώμονα φυσικά την διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας η τεχνητή νοημοσύνη και υποκατηγορίες αυτής (Machine Learning, Deep Learning και Natural Language Processing) , όπως θα αναφερθούν αναλυτικά παρακάτω, μπορούν εύκολα να δώσουν λύσεις στις προκλήσεις μιας επιχείρησης καθώς και να συνδράμουν στην αποτελεσματικότερη διαχείριση των κεφαλαίων.

Μάλιστα, η εφαρμογή των εργαλείων αυτών στην γαλακτοβιομηχανία, που αποτελεί οικονομική δύναμη για τον Ελλαδικό χώρο, μπορεί να φέρει μια νέα τάξη πραγμάτων και ραγδαία ανάπτυξη.

Πιο συγκεκριμένα, τόσο στην Ελλάδα όσο και σε παγκόσμιο επίπεδο το γάλα και τα προϊόντα αυτού αποτελούν κύρια τροφή στο καθημερινό διαιτολόγιο του ανθρώπου. Το γάλα που αποτελεί την πρώτη ύλη στον χώρο της γαλακτοβιομηχανίας, εξάγεται από τους μαστικούς αδένες των θηλαστικών, και τα προϊόντα αυτού, όπως το τυρί, η γιαούρτη, το κεφίρ κ.α , προτιμώνται λόγω της πλούσιας σύστασης τους σε πρωτεΐνες, μέταλλα (Ca, K, P, Mg) και βιταμίνες (A, D, B₂, B₁₂) (Hanna Gorska-Warsewicz 2019). Η κατανάλωσή του συμβάλει στην ορθή ανάπτυξη του οργανισμού, στην διατήρηση της μικροχλωρίδας του εντέρου, στην σωστή λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος αλλά και στην υγεία των οστών.

Επομένως, λόγω της ιδιαίτερης προτίμησης των γαλακτοκομικών προϊόντων από το καταναλωτικό κοινό, κρίνεται σημαντικό να κυριαρχεί η ορθή διαχείριση των ζώων αλλά και των προϊόντων αυτών τόσο στο στάδιο της πρωτογενούς παραγωγής αλλά και κατά την τυποποίηση. Συχνά προβλήματα που απασχολούν την επιστημονική κοινότητα κατά την παραγωγή προϊόντων είναι η καλή διαβίωση των ζώων και η εξάλειψη των ασθενειών, η νοθεία των προμηθειών, η ύπαρξη ξένων υλών, η μικροβιολογική επιμόλυνση και οι χημικοί κίνδυνοι, η ορθή διαχείριση των αποβλήτων αλλά και προβλήματα κατά την συσκευασία και στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Η εξέλιξη του τεχνολογικού κλάδου είναι σε θέση να δώσει λύσεις σε πολλά από τα παραπάνω με την χρήση του Machine Learning, της Μηχανικής Μάθησης η οποία βασίζεται στην ανάλυση δεδομένων και την κατηγοριοποίηση αυτών (π.χ αριθμητικές τιμές συστατικών γάλακτος) μέσω αλγορίθμων που έχει δημιουργήσει ο άνθρωπος αλλά και του Deep Learning, της Βαθιάς Μάθησης η οποία βασίζεται σε πιο περίπλοκες διαδικασίες, όπως η αναγνώριση τροφίμων μέσω λήψης εικόνας. Η ποικιλία, ο όγκος και η ταχύτητα με την οποία συλλέγονται και επεξεργάζονται αυτά τα δεδομένα (-δομημένα και μη- όπως κείμενο, εικόνα, ήχος) ,συνοψίζονται στον όρο «Big data», τα οποία αποθηκεύονται σε «υπολογιστικά σύννεφα» ασφαλείας, «Clouds Computing», για την περαιτέρω επεξεργασία και αξιολόγηση τους σε βάθος χρόνου. Η πηγή των δεδομένων μπορεί να είναι από έξυπνες συσκευές, από το διαδίκτυο αλλά και τα μέσα κοινωνικής δικτύωσης τα οποία συλλέγονται και επικοινωνούνται σε πραγματικό χρόνο μέσω του «Διαδικτύου των Πραγμάτων», Internet of Things (IoT). Όσον αφορά την κοινοποίηση των δεδομένων μέσω του IoT, υπάρχει δυνατότητα τόσο δημόσιας (Public Cloud) όσο και ιδιωτικής διάθεσης (Private Cloud), περιορίζοντας τις πληροφορίες στα πλαίσια της βιομηχανίας και των πελατών της. Εναλλακτικά υπάρχει και η επιλογή του υβριδικού μοντέλου (Hybrid Cloud), που συνδυάζει τις δύο παραπάνω δυνατότητες. (Akram 2021)

Το μοντέλο της τεχνητής νοημοσύνης μπορεί σαφώς να ενισχύει την βιωσιμότητα, την αποδοτικότητα και την αποτελεσματικότητα των διαδικασιών κατά την παραγωγή προϊόντων, όμως χρειάζεται ακόμα μελέτη και έρευνα που να αντιμετωπίζει αλλά και να προλαμβάνει πιθανούς αναδυόμενους κινδύνους και να διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων. Με τις συνεχείς βελτιώσεις και της αναβαθμίσεις των έξυπνων αυτών εργαλείων, οι εκάστοτε βιομηχανία έχει ένα ισχυρό προβάδισμα στην τρέχουσα ανταγωνιστική αγορά, γεγονός που βοηθά στην ανάπτυξη τόσο της εταιρείας αλλά και της παγκόσμιας οικονομίας.

Κεφάλαιο 1^ο : Αναγκαιότητα της εφαρμογής της Μηχανικής Μάθησης

Καταστάσεις στην βιομηχανία που δυσχεραίνουν την ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων και απαιτούν την ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης

Λόγω της αυξημένης προτίμησης του γάλακτος και των προϊόντων του σε παγκόσμιο επίπεδο, κρίνεται αναγκαίο να διασφαλίζεται τόσο η ποιότητα, αλλά πρωτίστως η ασφάλεια των τροφίμων σε κάθε στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας. Η ποιότητα των γαλακτοκομικών προϊόντων απαρτίζεται από ένα πλήθος παραγόντων που στοχεύουν στην ικανοποίηση των αναγκών του καταναλωτή αλλά και την τήρηση των νομικών και βιομηχανικών απαιτήσεων. Για την διασφάλιση ποιοτικών και ορθά παρασκευασμένων προϊόντων εφαρμόζονται συστήματα διαχείρισης ποιότητας που βασίζονται σε πρότυπα όπως το ISO 22000:2018, το BRC (British Retail Consortium) και το IFS (International Features Standards) με παρόμοιες απαιτήσεις, στοχεύοντας στην ανάλυση και την αξιολόγηση κινδύνων (φυσικών, βιολογικών, χημικών) από την παραλαβή της πρώτης ύλης στην βιομηχανία μέχρι και το δίκτυο μεταφοράς και διάθεσης στην αγορά. Η τήρηση των προτύπων αυτών όμως βασίζεται σε μελέτες που αν και πραγματοποιούνται από το εξειδικευμένο προσωπικό της βιομηχανίας είναι αδύνατο να εξασφαλιστεί ο απόλυτος έλεγχος σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας. Αυτό έχει ως συνέπεια να καθυστερεί η παραγωγή και να ζημιώνεται η βιομηχανία, γεγονός που απαιτεί μια πιο δραστική προσέγγιση που να ελαχιστοποιεί το περιθώριο λάθους και την σπατάλη των πόρων.

1.1 Διαχείριση της Πρώτης Ύλης

Πιο συγκεκριμένα κατά την παρασκευή γαλακτοκομικών προϊόντων, επιβάλλεται η πρώτη ύλη να είναι όσο το δυνατόν πιο ποιοτική και κοντά στα πρότυπα της εταιρείας και να συλλέγεται από υγιή ζώα, χωρίς συμπτώματα λοιμωδών νοσημάτων, τα οποία έχουν τραφεί κατάλληλα και έχουν καλή ποιότητα διαβίωσης απαλλαγμένη από στρες. Παράλληλα, είναι απαραίτητο στο στάδιο της άλμεξης να τηρούνται οι απαιτούμενες συνθήκες υγιεινής και το γάλα να φυλάσσεται και να μεταφέρεται κάτω από συνθήκες ψύξης.

Για την εξασφάλιση ότι όλα τα παραπάνω έχουν τηρηθεί σε επίπεδο φάρμας, κατά την παραλαβή απαιτείται μικροβιακός (π.χ εξέταση Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας, *E. coli*, *Salmonella* spp.) και βιοχημικός έλεγχος (π.χ εντοπισμός ανασταλτικών παραγόντων, αντιβιοτικών, περιβαλλοντικών επιμολυντών, έλεγχος νοθείας, μέτρηση pH, έλεγχος μυκοτοξινών), βάση νομοθεσίας και προδιαγραφών της βιομηχανίας αλλά και να διασφαλιστεί ότι η πρώτη ύλη να είναι η κατάλληλη για το εκάστοτε προϊόν που θα δημιουργηθεί. (Kleiss 1994) Σημαντική συνεπώς είναι και η σύνθεση/σύσταση του γάλακτος (περιεκτικότητα σε λίπος, πρωτεΐνες, λακτόζη, ΣΥΑΛ κ.α) που θα αξιοποιηθεί, διότι κάθε φορά επιδιώκεται διαφορετικό θρεπτικό και οργανοληπτικό προφίλ για τους διάφορους τύπους τυριών (π.χ σκληρά, ημίσκληρα, μαλακά) και γιαουρτιών και άλλων γαλακτοκομικών προϊόντων που παράγονται. Πολλές από τις παραπάνω εργαστηριακές δοκιμές απαιτούν περισσότερο χρόνο διότι ενδέχεται να χρειαστεί και επανέλεγχος της πρώτης ύλης ή περαιτέρω αναλύσεις, γεγονός που μειώνει την ταχύτητα παραγωγής.

1.2 Διαδικασία Παραγωγής των Προϊόντων

Είναι αναμφίβολα σημαντικό να τηρούνται και τα προαπαιτούμενα προγράμματα (Prerequisite Programs - PRP's) τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα και περιλαμβάνουν την ορθή τοποθέτηση των μηχανημάτων παραγωγής στον χώρο ώστε να επιτυγχάνεται αποτελεσματικά η λειτουργία τους, την διατήρηση της υγιεινής του προσωπικού, αρχείο απολυμάνσεων και καθαρισμού αλλά και την ορθή διαχείριση των αποβλήτων και των απορριμμάτων. (ΕΚ 852/2004)

Αφού πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι έλεγχοι που αναφέρθηκαν παραπάνω, ξεκινά το στάδιο της επεξεργασίας του νωπού γάλακτος, με ποικίλα κρίσιμα σημεία τα οποία χρειάζονται συνεχή επιτήρηση. Είναι σημαντικό να έχει πραγματοποιηθεί ορθά η διαδικασία της παστερίωσης (χρόνος, θερμοκρασία) και η μετ' έπειτα πτώση της θερμοκρασίας, ώστε είτε να παρασκευαστεί απλό γάλα, είτε να ακολουθήσει προσθήκη καλλιιεργειών για την παρασκευή ζυμώμενων προϊόντων. Μάλιστα, κρίσιμο είναι και στο στάδιο της επώασης της καλλιέργειας, οι απαραίτητοι χειρισμοί του τυροπήγατος (αναθέρμανση, τεμαχισμός κ.ά) αλλά και οι συνθήκες ωρίμανσης. (Kleiss 1994) Κάθε τέτοια διεργασία απαιτεί συνέπεια και ακρίβεια, ώστε να γίνει σωστά η παραγωγή, τα προϊόντα να ταξινομηθούν ορθά και ο αριθμός των μη συμμορφούμενων να είναι χαμηλός.

1.3 Στάδιο Συσκευασίας-Συνθήκες Αποθήκευσης-Δίκτυο Μεταφοράς

Μετά την ολοκλήρωση της παραγωγικής διαδικασίας ακολουθεί η συσκευασία η οποία πρέπει να είναι τόσο λειτουργική κατά την χρήση, ελκυστική στον καταναλωτή αλλά και να συνοδεύεται από τις απαραίτητες αναγραφόμενες πληροφορίες της ετικέτας. Τα προϊόντα μόλις περάσουν και από τον τελευταίο ποιοτικό έλεγχο είτε διατίθενται στην αγορά κάτω από καθορισμένες συνθήκες ψύξης-υγρασίας, είτε αποθηκεύονται σε χώρους του εργοστασίου μέχρι την τελική διάθεσή τους. Όμως στο στάδιο της συσκευασίας, δεν είναι λίγες οι φορές που εντοπίζονται ελαττωματικές συσκευασίες με σχισμές, χτυπήματα, λάθος διαστάσεις, ανεπαρκές κλείσιμο των περιεκτών, αλλά και λάθη στις ετικέτες (πίνακας συστατικών, ημερομηνία λήξης κ.α). (Cheung 2018) Ακόμα, λάθη και καθυστερήσεις συμβαίνουν και στο δίκτυο διανομής που κατά περιπτώσεις δεν εφαρμόζεται ορθά το σύστημα logistics και δεν γίνεται αποτελεσματική διαχείριση των αποθεμάτων μπορεί να οδηγήσει σε ζημία τόσο για την βιομηχανία παραγωγής όσο και για τον αγοραστή.

Κεφάλαιο 2^ο : Ορισμοί & Βασικές Έννοιες

Ορισμοί και Βασικές Έννοιες κατά την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης και ειδικότερα της Μηχανικής Μάθησης στην βιομηχανία

Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) = Είναι η τεχνολογία που επιτρέπει στις μηχανές να προγραμματίζονται με ακρίβεια, ώστε να λειτουργούν προσομοιάζοντας την ανθρώπινη σκέψη και νοημοσύνη με σκοπό να επιλύουν περίπλοκα προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις, αυτοματοποιώντας διαδικασίες και εξαλείφοντας το ανθρώπινο σφάλμα. (Raquib 2024)

Υποκατηγορίες Τεχνητής Νοημοσύνης:

1. Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) = Είναι μοντέλο που βασίζεται στην ανάπτυξη αλγορίθμων και στατιστικών αναλύσεων, το οποίο έχει την ικανότητα να μαθαίνει ώστε να λαμβάνει αποφάσεις και να ταξινομεί, εντοπίζοντας επαναλαμβανόμενα μοντέλα και συνδυασμούς παραμέτρων, χωρίς να έχει προγραμματιστεί πλήρως.

A. Με επίβλεψη (Supervised Learning) που παρέχεται στο μοντέλο ένα σύνολο δεδομένων αλλά και οι πιθανές απαντήσεις (ταξινόμησης ή πρόβλεψης) που προκύπτουν με βάση το εκάστοτε ζητούμενο. Με τον τρόπο αυτό το μοντέλο εκπαιδεύεται ώστε να επεξεργάζεται κάποια δεδομένα και να τα ταξινομεί σε προκαθορισμένες κατηγορίες.

B. Χωρίς επίβλεψη (Unsupervised Learning) που παρέχεται στο μοντέλο ένα οποιοδήποτε σύνολο δεδομένων και να μπορέσει από μόνο του να τα κατηγοριοποιήσει και να ανιχνεύσει συσχέτιση μεταξύ των τιμών.

Γ. Ενισχυτική Μάθηση (Reinforcement Learning) η οποία βασίζεται στην συνεχή ανατροφοδότηση. Κατά την διαδικασία αυτή το μοντέλο επεξεργάζεται τον όγκο δεδομένων και προσπαθεί να προσδιορίσει την συσχέτιση και για κάθε επιτυχία επιβραβεύεται ώστε να μπορέσει να επαναλάβει την συγκεκριμένη συμπεριφορά.

1α. Βαθεία Μάθηση (Deep Learning) & Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα (Artificial Neural Network) = Όλα τα συστήματα βαθιάς μάθησης αποτελούνται από νευρωνικά δίκτυα. Κατασκευάστηκαν για να μιμούνται τις βιολογικές λειτουργίες των νευρώνων του ανθρώπινου εγκεφάλου και να μπορούν να επεξεργάζονται σύνθετα ερεθίσματα όπως ήχος, εικόνα, κείμενο.

Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας (Natural Language Processing-NLP) = Η επεξεργασία φυσικής γλώσσας είναι εφαρμογή των τεχνητών νευρικών δικτύων και επιτρέπει την παραγωγή κειμένου, την ανάλυση συναισθημάτων και την απάντηση ερωτήσεων.

Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things-IoT) = Είναι ένα δίκτυο πολλών συνδεδεμένων συσκευών (αισθητήρες, κάμερες κ.α) οι οποίες ανταλλάζουν δεδομένα

μεταξύ τους τα οποία αποθηκεύονται σε Cloud και μπορούν μετ' έπειτα να αξιολογηθούν από τους χρήστες ή τις μηχανές ώστε να ληφθεί κάποια απόφαση.

Παρακάτω αναλύονται βασικά σημεία από Αλγόριθμους στους οποίους στηρίζεται η ανάπτυξη της Μηχανικής Μάθησης και εφαρμόζονται συχνότερα στην Βιομηχανία Τροφίμων:

1. **Support Vector Machine (SVM):** Είναι εποπτευόμενος αλγόριθμος μάθησης που χρησιμοποιείται για την κατηγοριοποίηση γραμμικών και μη γραμμικών δεδομένων όπως εικόνων, κειμένων αλλά και για την αναγνώριση προσώπων και σφαλμάτων-αποκλίσεων κατά την παραγωγή.
2. **Logistic Regression:** Είναι εποπτευόμενος αλγόριθμος που ταξινομεί δυαδικά ένα σύνολο δεδομένων, δηλαδή τα κατατάσσει σε μία από τις δύο επιθυμητές κατηγορίες.
3. **K-nearest Neighbors (KNN):** Είναι εποπτευόμενος αλγόριθμος ο οποίος μπορεί να ταξινομήσει δεδομένα με βάση προηγούμενες μετρήσεις που έχουν συλλεχθεί και να τα κατατάξει στο σύνολο που είναι πιο κοντά στην κάθε μέτρηση. Για παράδειγμα μπορεί να ανιχνεύσει ανωμαλίες μέσω σύγκρισης με δεδομένα από προϊόντα που πληρούν τις προδιαγραφές ή ακόμα και να αναπτύξει νέες συνταγές με βάση προϊόντα που επιλέγουν περισσότερο οι καταναλωτές , δηλαδή με παρόμοια συστατικά.
4. **K-means:** Είναι αλγόριθμος ο οποίος χρησιμοποιείται χωρίς επίβλεψη και δίνει την δυνατότητα ταξινόμησης δεδομένων σε ομάδες βάση κοινών μοτίβων, χωρίς όμως να έχουν προκαθοριστεί οι κατηγορίες ταξινόμησης.
5. **Decision Tree:** Με την χρήση αυτού του αλγορίθμου κατασκευάζονται «δέντρα»-διαγράμματα ροής όπου τα δεδομένα διαιρούνται σε υποσύνολα με σκοπό να ληφθεί ένα τελικό αποτέλεσμα.
6. **Random Forest (RF):** Είναι εποπτευόμενος αλγόριθμος που χρησιμοποιείται για να λύσει προβλήματα ταξινόμησης και στηρίζεται στην ανάλυση πολλών δέντρων απόφασης ώστε να καταλήξει σε ένα αποτέλεσμα. Για παράδειγμα μπορεί να αναπτύξει στρατηγική για την βελτίωση διαδικασιών παραγωγής στην βιομηχανία. (Geeks 2024)

Κεφάλαιο 3ο: Εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης στην Γαλακτοβιομηχανία

3.1 Φάρμα

Αναμφίβολα, μια ποιοτική και πλούσια σε θρεπτικά συστατικά πρώτη ύλη αποτελεί προϋπόθεση για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων που επιλέγουν οι καταναλωτές. Για αυτό, ακόμη και από το στάδιο της εκτροφής και του αρμέγματος των ζώων, είναι σημαντικό να εκτελούνται ορθά οι διαδικασίες, με ταχύτητα και έχοντας τον πλήρη έλεγχο των συνθηκών της φάρμας. Προς αυτή τη κατεύθυνση, η εφαρμογή της Μηχανικής Μάθησης ενισχύει τον αυτοματισμό και επιτρέπει την παρακολούθηση της υγείας των ζώων, των συνθηκών διαβίωσης αλλά και των επιπέδων σίτισης. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω καταγραφής δεδομένων σε λογισμικά συστήματα, τα οποία αναλύονται κατάλληλα, ώστε να δίνουν συμπεράσματα σχετικά με την λειτουργικότητα της φάρμας και ο παραγωγός να λαμβάνει τις κατάλληλες ενέργειες για την βελτίωση της παραγωγής. Παρακάτω αναλύονται ορισμένα μέτρα για την τεχνολογική αναβάθμιση της παραδοσιακής φάρμας και την μετατροπή της σε ένα πλήρως ελεγχόμενο και λειτουργικό οικοσύστημα.

3.1.1 Ενσωμάτωση αισθητήρων στο περιβάλλοντα χώρο ή στο ζώο

Κρίνεται αναγκαίο ο παραγωγός να γνωρίζει και να μεριμνεί κατάλληλα για τις συνθήκες που επικρατούν στην φάρμα όπου εκτρέφει τα ζώα που προορίζονται για παραγωγή γάλακτος. Αυτό στην πλειοψηφία των περιπτώσεων συμβαίνει με επισκέψεις με φυσική ανθρώπινη παρουσία, ώστε να εξασφαλίζεται ότι τα ζώα έχουν επαρκή τροφή και ότι είναι υγιή. Συνεπώς, ο παραγωγός δεσμεύει τον χρόνο του, οποίος θα μπορούσε διατεθεί σε άλλες εργασίες για την ανάπτυξη και την βελτίωση της διαχείρισης. Μάλιστα, πολλές φορές, συμβαίνει καθυστερημένα η διάγνωση ασθενειών και η χορήγηση αντιβιοτικών επιφέροντας ζημιογόνες συνέπειες τόσο στην υγεία του ζώου, αλλά και του υπόλοιπου κοπαδιού. Όμως, με την εγκατάσταση βιντεοκαμερών, αναέριων drone αλλά και αισθητήρων μπορούν να ελέγχονται σε πραγματικό χρόνο οι συνθήκες της φάρμας ασύρματα. (Neethirajan 2023). Τα μηχανήματα έχουν ως βασικό προαπαιτούμενο να είναι ανθεκτικής κατασκευής, να αντέχουν σε έντονες καιρικές συνθήκες και όχι με υψηλή ευαισθησία, η οποία μπορεί πολύ εύκολα να παραποιήσει τις πραγματικές τιμές. Μετά την εγκατάσταση γίνεται καταμέτρηση της θερμοκρασίας, των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα, της υγρασίας του χώρου αλλά και της ηλιακής ακτινοβολίας στην οποία εκτίθενται τα εκτρεφόμενα ζώα. Ακόμα, με την ενσωμάτωση αισθητήρων σε κάποιο μέρος του σώματος των ζώων, το οποίο δεν πρέπει να παρεμποδίζει την φυσική του κίνηση, ανιχνεύεται εύκολα η τοποθεσία του, η κινητικότητά του με ειδικά βηματόμετρα (VC Souza 2022), καταγράφονται οι παλμοί και η θερμοκρασία του αλλά και τα επίπεδα κατανάλωσης ζωοτροφής του κάθε ζώου μεμονωμένα. (Neethirajan 2023). Μπορεί ακόμα να παρακολουθείται το επίπεδο του μεταβολισμού της τροφής τους, το βάρος τους και τα επίπεδα άγχους, τα οποία

κυριεύουν το ζώο και φυσικά επηρεάζουν την ποιότητα και την θρεπτικότητα του προϊόντος. Φυσικά, με την ανάλυση των δεδομένων αυτών, προβλέπεται εάν ένα ζώο δείχνει σημάδια ότι πρόκειται να ασθενήσει ή πάσχει από κάποιο νόσημα, ώστε να υπάρξει έγκυρη αντιμετώπιση για την αποκατάσταση της υγείας του. (Cockburn 2020). Σημαντικό επίσης είναι πως δίνεται η δυνατότητα καταγραφής της συχνότητας κήσης για κάθε ζώο, ώστε να αξιολογείται η απόδοση και η συχνότητα παραγωγής γάλακτος. (Cockburn 2020)

3.1.2 Ρομποτικά Συστήματα Άλμεξης-Robotic Milking System

Είναι σημαντικό κατά την άλμεξη τα ζώα να μην καταπονούνται και να μην δημιουργούνται βλάβες και ερεθισμοί στους μαστούς, καθώς μπορεί να επηρεάσουν τόσο την ψυχική και φυσική υγεία του ζώου, όσο και το περιεχόμενο σε συστατικά του γάλακτος. Για αυτό τον σκοπό, έχουν δημιουργηθεί αυτοματοποιημένα συστήματα αρμέγματος, τα οποία φροντίζουν με

ακρίβεια, ταχύτητα και προσοχή την παραλαβή γάλακτος από τους μαστούς του ζώου. Τα συστήματα αυτά συνοδεύονται από ανθεκτικούς αισθητήρες και κάμερες υψηλής ανάλυσης σε δισδιάστατη (2-D) και τρισδιάστατη μορφή (3-D), έτσι ώστε να καταγράφεται η αναπνοή, η συμπεριφορά, η θερμοκρασία και τα



Εικόνα 1: Ρομποτικό Σύστημα Άλμεξης

επίπεδα θερμικού στρες κατά την άμελξη. (Cockburn 2020) Ακόμα, μπορούν να καταγραφούν δεδομένα στο διάστημα δύο τοκετών τα οποία σχετίζονται με την απόδοση γάλακτος, την λιποπεριεκτικότητα, το περιεχόμενο της πρωτεΐνης και τα σωματικά κύτταρα. (VC Souza 2022)



Εικόνα 2 : Περιτροφικό Ρομποτικό Σύστημα Άλμεξης

Μπορεί να προβλεφθεί ποιο είναι το ιδανικό χρονικό διάστημα από άμελξη σε άμελξη, ώστε να μειωθεί η καταπόνηση και η πιθανότητα ανάπτυξης μαστίτιδας στο ζώο. Τέλος, τόσο κατά την άμελξη, όσο και τις υπόλοιπες ώρες της ημέρας, σχεδιάζονται μοντέλα που παρακολουθούν και αναγνωρίζουν τα συναισθήματα των ζώων, (Sofia Broome 2022) με σκοπό να γίνουν οι απαραίτητες αλλαγές στον τρόπο διαβίωσης τους, ώστε να είναι σωματικά και ψυχικά. Η ευζωία και οι ομαλές συνθήκες σε μια φάρμα είναι σημαντικοί παράμετροι για την απόδοση και την ποιότητα του γάλακτος.

3.1.3 Αυτόματα Συστήματα Τροφοδοσίας- Automatic Feeding Systems

Από τα πιο κοστοβόρα έξοδα ενός παραγωγού, αποτελούν οι ζωοτροφές, διότι δεν υπάρχει ο έλεγχος ότι όλα τα ζώα τρέφονται επαρκώς σύμφωνα με τις διατροφικές τους ανάγκες. Αυτό δημιουργεί προβλήματα υποσιτισμού ή υπερσιτισμού. Με την εγκατάσταση ρομποτικών συστημάτων σίτισης, προσδιορίζεται με ακρίβεια η κατανάλωση τροφής που χρειάζεται κάθε ζώο ανάλογα με την ηλικία του, το βάρος του, την κινητικότητα του ή το στάδιο τοκετού. Εφαρμόζοντας την τεχνική σίτισης ακριβείας (precision feeding), εξασφαλίζεται η διατροφή και η ορθή πρόσληψη σε θρεπτικά συστατικά για το κάθε ζώο μεμονωμένα, γεγονός που οδηγεί και στην σταθερή ποιότητα γάλακτος που συλλέγεται. Για την αποτελεσματική διαδικασία της σίτισης, επιβάλλεται να γίνει πλήρης χαρτογράφηση του χώρου, ώστε η ρομποτική συσκευή να γνωρίζει σε ποια σημεία να διανέμει την τροφή. Η εκπαίδευση της συσκευής γίνεται σε τρία στάδια, τα οποία περιλαμβάνουν την εκπαίδευση της συσκευής με την συλλογή δεδομένων, την ανάπτυξη αλγορίθμων και τέλος μια πιλοτική περίοδο δοκιμής και την λήψη αποτελεσμάτων. (VC Souza 2022)



Εικόνα 3: Αυτόματο Σύστημα Τροφοδοσίας

Η επεξεργασία και η στατιστική ανάλυση των παραπάνω παραμέτρων από την Μηχανική Μάθηση μπορεί να συλλέξει δεδομένα χρήσιμα για τον παραγωγό που θα επιφέρουν αύξηση και βελτίωση της ποιότητας της γαλακτοπαραγωγής του.

3.1.4 Αυτόματη Συσκευή Ανίχνευσης Μαστίτιδας

Η εμφάνιση μαστίτιδας στα ζώα της φάρμας αποτελεί μεγάλη ανησυχία για τους γαλακτοπαραγωγούς. Πρόκειται για μια ασθένεια, η οποία προκαλείται από βακτηριακή μόλυνση μέσω της θηλής, εμφανίζοντας φλεγμονή, ή από τραυματισμό των μαστών του ζώου. Κάποια από τα βακτήρια που ευθύνονται για την εμφάνιση της ασθένειας είναι *Staphylococcus aureus*, *E. coli*, *Streptococcus agalactiae* κ.α. (Han 2020). Η μαστίτιδα, όπως είναι λογικό, επηρεάζει τόσο την υγεία του ίδιου του ζώου, όσο και την υγεία του κοπαδιού, μειώνοντας την ποιότητα του παραγόμενου γάλακτος. Το μαστιτικό γάλα φέρει τελείως διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά από το φυσιολογικό και διαφορές στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά (γεύση, χρώμα, μυρωδιά), περιέχοντας υψηλό αριθμό σωματικών κυττάρων (SCC). Είναι ένα γάλα φτωχό σε λιπαρά, καζεΐνη και λακτόζη, ενώ όσον αφορά τις τιμές της πρωτεΐνης του ορού γάλακτος και του pH είναι



Εικόνα 4: Συσκευή Ανίχνευσης Μαστίτιδας

αυξημένες. Συνεπώς, πρόκειται για ένα γάλα το οποίο είναι επικίνδυνο προς κατανάλωση και παρουσιάζει δυσκολίες κατά την επεξεργασία και ιδιαίτερα με την θέρμανση και την πήξη, παρεμποδίζοντας έτσι την παραγωγή προϊόντων και μειώνοντας την ποιότητα. (Ana Marti-De Olives 2020). Η παραδοσιακή μέθοδος για την αντιμετώπιση της μαστίτιδας είναι η χορήγηση αντιβιοτικών φαρμάκων (Han 2020), η οποία όμως εγκυμονεί κινδύνους σχετικά με την ανθεκτικότητα των μολυσματικών στελεχών για το ζώο και για τον άνθρωπο. Για τον λόγο αυτό, έχουν αρχίσει να αναπτύσσονται διαφορετικά μέτρα προστασίας για την εξάπλωση της μαστίτιδας με την χρήση συσκευών έγκαιρης προειδοποίησης. Πιο συγκεκριμένα, με την χρήση αυτοματοποιημένων μηχανών για την ανίχνευση της μαστίτιδας, μπορούν έγκαιρα τα ζώα να λάβουν περίθαλψη, ώστε να διατηρηθεί η υγεία των μαστών σε φυσιολογικά επίπεδα. Η συσκευή αυτή ενσωματώνεται σε μηχανές αρμέγματος και μπορεί να ειδοποιήσει με έγχρωμες λυχνίες ή φωνητικές ειδοποιήσεις μέσω του λογισμικού που είναι εγκατεστημένο για την παρακολούθηση, για την εμφάνιση μαστίτιδας στο αρχικό της στάδιο με βάση την αύξηση των ιόντων Na και Cl στο γάλα. (MilkingCloud 2024)

3.2 Παραγωγή γαλακτοκομικών προϊόντων σε βιομηχανική κλίμακα

Όπως τονίστηκε και στο Κεφάλαιο 1, είναι σημαντικό κατά την παραγωγική διαδικασία να υπάρχει πλήρης έλεγχος, χωρίς προβλήματα και μηχανικές αδυναμίες για όσο το δυνατό ακριβέστερα αποτελέσματα στην ποιότητα του προϊόντος και φυσικά μειωμένη κατασπατάληση των πόρων. Αναμφίβολα, τα γαλακτοκομικά είναι μια κατηγορία τροφίμων ιδιαίτερα ευπαθή, με αυξημένες τεχνολογικές απαιτήσεις. Κάθε προϊόν έχει εξειδικευμένους χειρισμούς με πολλά κρίσιμα σημεία, τα οποία επιβάλλεται να παρακολουθούνται και να καταγράφονται τακτικά για ενδεχόμενες αποκλίσεις από τα πρότυπα της εταιρείας π.χ θερμοκρασία, χρόνος παστερίωσης και επώασης, ποσοστά σχετικής υγρασίας, συνθήκες ωρίμανσης και συντήρησης, λάθη κατά την συσκευασία, παρουσία ξένων σωμάτων, βιολογική ή χημική επιμόλυνση. Παρακάτω αναφέρονται ορισμένα κρίσιμα σημεία κατά την παραγωγή τυριών, γάλακτος και άλλων προϊόντων του. Με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης είναι εφικτό να εξαλειφθούν ανθρώπινα σφάλματα λόγω έλλειψης εμπειρίας ή κόπωσης αλλά και να αυτοματοποιηθούν διαδικασίες, εξοικονομώντας ενέργεια και χρόνο, σε συνδυασμό με την αύξηση της απόδοσης και της βιωσιμότητας.

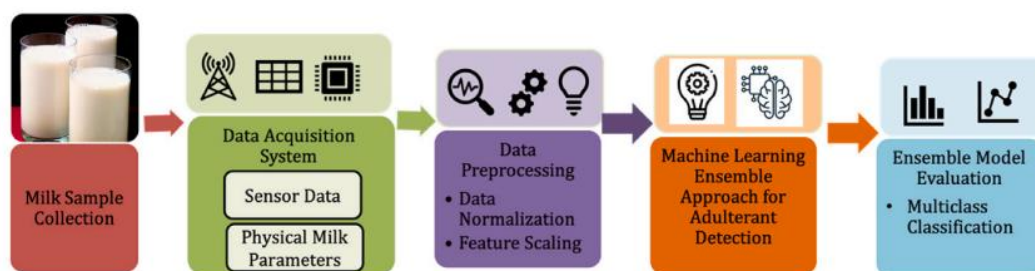
3.2.1 Ανίχνευση Νοθείας Γάλακτος

Ένα φαινόμενο το οποίο απασχολεί έντονα της Επιστημονική κοινότητα είναι η νοθεία και η παραποίηση των τροφίμων. Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται συχνά διότι έχουν αυξηθεί οι τιμές στην παγκόσμια αγορά και έτσι ο παραγωγός προμηθεύεται φθηνότερες και χαμηλότερης ποιότητας ύλες αναμιγνύοντας τες με το αυθεντικό προϊόν, ώστε να μειώσει το κόστος παραγωγής και να διατηρήσει την τιμή του προϊόντος σε υψηλά επίπεδα. Ακόμη, απώτερος στόχος είναι η αύξηση του όγκου του γάλακτος και η αύξηση κάποιων συστατικών του, όπως για παράδειγμα το ποσοστό των πρωτεϊνών ή του λίπους που τα κάνουν πιο θρεπτικά και θελκτικά για τον καταναλωτή. Άλλοτε γίνεται και για την αύξηση της διατηρησιμότητάς του. Οι πιο συχνές νοθείες είναι η αραίωση με νερό, η ανάμειξη μερικώς αποβουτυρωμένου γάλακτος με αποβουτυρωμένο, η προσθήκη ορού γάλακτος, η ανάμειξη γάλακτος διαφορετικών ειδών, η προσθήκη αμύλου και βενζοϊκού οξέος, που υποβαθμίζουν την ποιότητα του προϊόντος. Γίνεται προσθήκη όμως και άλλων ουσιών, οι οποίες απειλούν την υγεία του καταναλωτή, όπως η ουρία και η φορμαλδεΐδη, που εντείνουν την ανάγκη για την δημιουργία ακριβέστερων και πιο αποτελεσματικών μεθόδων ανίχνευσης της νοθείας.

Είναι σημαντική η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης για να αποφεύγονται οι οικονομικές καταστροφές και η σπατάλη των τροφίμων και για να διασφαλίζεται η υγεία των καταναλωτών αποφεύγοντας την πρόκληση δυσανεξιών, αλλεργικών αντιδράσεων και τροφικών δηλητηριάσεων από κάποιο συστατικό που μπορεί να προκαλέσει μη αναστρέψιμες συνέπειες. Η υποβαθμισμένη ποιότητα γάλακτος που αποτελεί πρώτη ύλη για πληθώρα γαλακτοκομικών προϊόντων, μπορεί εύκολα να δημιουργήσει δυσκολίες κατά την τυροκόμηση αλλά και χαμηλή απόδοση κατά την παραγωγή γιαούρτης.

Για τον σκοπό αυτό η Τεχνητή Νοημοσύνη και πιο συγκεκριμένα η Μηχανική Μάθηση διαθέτει συστήματα αισθητήρων που διασφαλίζουν την ποιότητα καταγράφοντας σε πραγματικό χρόνο τις κρίσιμες παραμέτρους για τον εντοπισμό της νοθείας. Καταγράφονται μέσω του IoT τιμές pH, ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC), θερμοκρασίας, αερίων αλλά και Πτητικών Οργανικών Ενώσεων (VOC). Μπορούν ακόμα να προσδιοριστούν τιμές των βασικών συστατικών του γάλακτος ώστε να ανιχνευτεί η απόκλιση από τις πραγματικές τιμές. Οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται με δεδομένα φυσιολογικών τιμών που έχουν συλλεχθεί, ώστε να μπορούν ακόμα και χωρίς επίβλεψη και ανθρώπινη, να προσδιορίζουν την νοθεία. (Kashish Goyal 2024). Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους που έχουν αδυναμίες όσον αφορά την ακρίβεια και απόδοση, η Μηχανική Μάθηση φαίνεται περισσότερο λειτουργική και

αποτελεσματική.



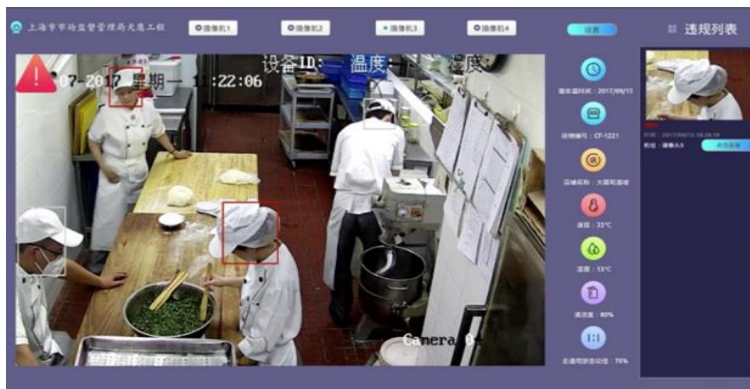
Εικόνα 5: Πορεία Ανάπτυξης Αλγορίθμου

3.2.2 Ταξινόμηση ποιότητας γάλακτος

Είναι σημαντικό όταν η βιομηχανία δέχεται δείγματα γάλακτος από συνεργαζόμενους παραγωγούς, να μπορεί να αξιολογήσει την ποιότητά τους βάση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών και του οργανοληπτικού τους προφίλ. Με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης είναι εφικτό να αναπτυχθεί μοντέλο το οποίο να ταξινομεί το γάλα σε 3 κατηγορίες που να προσδιορίζουν υψηλή, χαμηλή ή μεσαία ποιότητα. Το μοντέλο αρχικά εκπαιδεύεται δίνοντας του πληροφορίες σχετικά με τις παραμέτρους και τις τιμές αυτών που χαρακτηρίζουν ένα ποιοτικό γάλα. Πιο συγκεκριμένα, γίνεται εισαγωγή τιμών (εισροές) pH, θερμοκρασίας, λίπους αλλά και τιμές που αφορούν την αξιολόγηση της οσμής, της γεύσης, του χρώματος και της θολότητας. Πιθανά αποτελέσματα κατά την επεξεργασία των δεδομένων είναι ο βαθμός ποιότητας με τις διαβαθμίσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω. Εφαρμόζεται πιλοτική δοκιμή συγκρίνοντας τις πραγματικές με τις προβλεπόμενες τιμές της ποιότητας και προσδιορίζεται η ακρίβεια της κατηγοριοποίησης καθώς και το ποσοστό σφάλματος. (Rodriguez 2023)

3.2.3 Διασφάλιση Υγιεινής – Αυτοματοποιημένη Οπτική Επιθεώρηση

Εκτός από την καλή ποιότητα της πρώτης ύλης που παραλαμβάνει το εργοστάσιο, εξίσου σημαντική είναι και η διασφάλιση της υγιεινής του χώρου και του προσωπικού εργασίας. Οι κάμερες με υπερφασματική απεικόνιση (Hyperspectral Images) μπορούν να εντοπίζουν ανωμαλίες στα προϊόντα που βρίσκονται στις μεταφορικές ταινίες αλλά και υπολείμματα τροφών που μπορεί να προκαλέσουν σοβαρό πρόβλημα κατά την διάθεση τους στην αγορά. (Hui Huang 2014). Παράλληλα, με ειδικά λογισμικά αναγνώρισης



Εικόνα 6: Κάμερες Τεχνητής Νοημοσύνης που παρακολουθούν τη συμμόρφωση του προσωπικού με τους κανόνες υγιεινής

προσώπου, είναι δυνατό να ελέγχεται εάν τηρούνται πλήρως οι απαιτούμενοι κανονισμοί για την υγιεινή του προσωπικού (φόρμες εργασίας, σκούφοι, γάντια, προστατευτικά καλύμματα ποδιών, γυαλιά προστασίας) αλλά και του εργασιακού χώρου. Πολύ χρήσιμο επίσης είναι, ότι μπορούν να καταγράφουν βιολογικά φαινόμενα, όπως βακτηριακή δραστηριότητα και τον έλεγχο της σύνθεσης και του χρώματος του προϊόντος. (M.T Munir 2018). Είναι μια μέθοδος, η οποία περιορίζει το ανθρώπινο λάθος κατά την επιθεώρηση, είναι μη καταστροφική, αποδοτική, ακριβής και ταχύτατη. (Tadhg Brosnan 2004)

3.2.4 Προβλεπτική ή Προγνωστική Συντήρηση-Predictive Maintenance

Ένα μοντέλο το οποίο ενισχύει κατακόρυφα την αποδοτικότητα και βοηθά στην εξοικονόμηση χρήσιμων κεφαλαίων, είναι η καθιέρωση της προβλεπτικής συντήρησης στην βιομηχανία γάλακτος. Με την εγκατάσταση αισθητήρων και υψηλής ανάλυσης καμερών στον βιομηχανικό εξοπλισμό μπορούν να προληφθούν σημαντικές μηχανικές βλάβες που εμποδίζουν την ομαλή ροή της παραγωγής και ενδεχομένως να οδηγήσουν στην απώλεια πολλών πρώτων υλών. Με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης, η οποία μπορεί να επεξεργαστεί τα δεδομένα, είναι δυνατό να προσδιοριστεί μέχρι και ο υπολειπόμενος χρόνος ζωής των μηχανών παραγωγής. (Riccardo Rosati, 2023). Ο βασικός εξοπλισμός για την δημιουργία συσκευασμένου γάλακτος αλλά και των παράγωγων αυτού είναι πολύπλοκος καθώς μεσολαβούν διαδικασίες πολλών σταδίων. Μερικές συσκευές που διαθέτει η γαλακτοβιομηχανία είναι η φυγόκεντρη αντλία γάλακτος, ο παστεριωτής (milk pasteurization), ο πλακοειδής εναλλάκτης γάλακτος, ο κορυφολόγος, η δεξαμενή πήξεως, ο ομογενοποιητής, βουτυρόκαδοι, οι μηχανές πληρώσεως και συσκευασίας. Γίνεται αντιληπτό πως πρόκειται για μια γραμμή παραγωγής, η οποία απαιτεί συνεχή μηχανολογική επίβλεψη. Στην πραγματικότητα όμως, η παρουσία κάποιου μηχανικού στον χώρο της παραγωγής δεν είναι αρκετή, ώστε να προβλέψει ή να επιδιορθώσει βλάβες σε μικρό χρονικό διάστημα. Αντίθετα, οι έξυπνες συσκευές ιδίως με την χρήση της Μηχανικής Όρασης και αισθητήρων, έχουν την ικανότητα να καταγράφουν και να αποθηκεύουν χρήσιμα δεδομένα, όπως θερμοκρασίες, κραδασμούς, πιέσεις, την παροχή ρεύματος αλλά τον εκπεμπόμενο ήχο των μηχανών. Με την λήψη φωτογραφιών ή βίντεο μπορεί να ανιχνευτεί οποιαδήποτε εξωτερική αλλαγή και φθορά στον μηχανολογικό εξοπλισμό. Με τους αλγόριθμους που κατασκευάζονται βάση των κρίσιμων παραμέτρων, η μηχανική μάθηση εκπαιδεύεται να ανιχνεύει μοντέλα και μοτίβα που σχετίζονται με ζημιές και βλάβες. Έτσι, προβλέπεται οποιαδήποτε μηχανική αδυναμία προκύψει στην παραγωγή, εκτιμάται η σοβαρότητά της και ο αρμόδιος για την συντήρηση ειδοποιείται με SMS ή email ώστε να προβεί στην επισκευή. (Serhii Leleko 2024).

3.2.5 Πρόβλεψη πρωτεόλυσης σε τυρί Μοτσαρέλα και Τσένταρ

Η πρωτεόλυση των καζεϊνών είναι ένα φαινόμενο που προκαλείται από την δράση των ενζύμων πήξης του γάλακτος (MCEs) (Xiao Zhao 2019). Επηρεάζεται από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η σύνθεση του τυριού (%πρωτεΐνη, %λίπος, %NaCl, %υγρασία, ποσότητα ασβεστίου), τον τύπο και η ποσότητα της πρωτεΐνης και το pH. (L. Costabel 2007). Ακόμα, η διάρκεια και ο τύπος της ωρίμανσης καθώς και οι συνθήκες παρασκευής σχετίζονται με τον βαθμό πρωτεόλυσης του τυριού. (Mohammad Golzarijalal 2024). Κατά την ωρίμανση και την αποθήκευση των τυριών, λαμβάνουν μέρος βιοχημικές αντιδράσεις οι οποίες καθορίζουν την υφή, το χρώμα, το άρωμα και την γεύση των γαλακτοκομικών προϊόντων. Συγκεκριμένα για την παρασκευή του Cheddar γίνεται κατηγοριοποίηση βάση του βαθμού ωρίμανσης σε ήπια (mild cheddar) με 1-3 μήνες ωρίμανσης, μέτρια (semi-matured) με 3-6 μήνες ωρίμανσης και ώριμα (matured or tasty matures) με 6-12 μήνες ωρίμανσης. Το επιθυμητό χρώμα ποικίλει από ανοιχτό κίτρινο έως πορτοκαλί και η γεύση μπορεί να είναι πιο απαλή αλλά και περισσότερο έντονη όταν έχουν προηγηθεί μήνες ωρίμανσης. Με την παρασκευή της Mozzarella παράγεται ένα τυρί λευκό και κρεμώδες και λεία υφή. Η γεύση του είναι ήπια και ελαφρά όξινη. Η πρωτεόλυση της πραγματοποιείται από πρωτεολυτικές και πεπτιδολυτικές δραστηριότητες των βακτηρίων εκκίνησης αλλά και από ένζυμα όπως είναι η πλασμίνη. (L. Costabel 2007) Όμως, η επέκταση της διάρκειας της πρωτεόλυσης κατά την ωρίμανση των τυριών οδηγεί στην παραγωγή ποσότητας πτητικών ενώσεων που προκαλούν πικρή επίγευση στο τελικό προϊόν και το τυρόπηγμα δεν έχει υψηλή συνεκτικότητα.

Πίνακας 1: Τεχνολογικοί παράγοντες των τυριών που επηρεάζονται από την πρωτεόλυση (Mohammad Golzarijalal, 2024)

Ελαστικότητα	Φαινομενικό Ιξώδες
Χρόνος-Θερμοκρασία τήξης	Σταθερότητα
Ρευστότητα	Σκληρότητα

Αναμφίβολα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο να υπάρχει ο πλήρης έλεγχος της πρωτεόλυσης των τυριών καθώς αυτό βοηθάει στην εξασφάλιση ποιοτικών προϊόντων με τα σωστά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά. Επίσης, με την ανάλυση των δεδομένων μπορούν να ληφθούν μέτρα και για την βελτιστοποίηση των διεργασιών αλλά και για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των παρτίδων. Με την βοήθεια της μηχανικής μάθησης έχουν αναπτυχθεί μοντέλα πρόβλεψης της πρωτεόλυσης που βασίζονται στην εισαγωγή φυσικοχημικών δεδομένων, όπως η χημική σύνθεση, οι συνθήκες και ο χρόνος αποθήκευσης, ο τύπος οξίνισης αλλά και το σύμπλοκο των ενζύμων που χρησιμοποιήθηκαν για την πήξη. (Mohammad Golzarijalal 2024). Ο ανεπτυγμένος αλγόριθμος μπορεί να προβλέψει με ακρίβεια το επίπεδο του διαλυτού αζώτου (ως δείκτης για πρωτεόλυση) στο τυρί Mozzarella και Cheddar. Ακόμα, εξετάζεται πως επιδρά η αλληλεπίδραση των συστατικών στο φαινόμενο της πρωτεόλυσης. Τα

αναπτυγμένα μοντέλα που βασίζονται στην μηχανική μάθηση μπορούν να βοηθήσουν τους παραγωγούς να ευθυγραμμίζουν την παραγωγή με τις προτιμήσεις του καταναλωτικού κοινού.

3.2.6 Παρακολούθηση & Πρόβλεψη Ποιότητας Παστερίωσης

Όπως έχει τονιστεί και στις προηγούμενες ενότητες η πρώτη ύλη είναι σημαντικό να είναι ποιοτικά και μικροβιολογικά σταθερή για την δημιουργία και εξαγωγή εμπορικών προϊόντων. Αυτό επιτυγχάνεται με την ελάχιστη θερμική επεξεργασία –παστερίωση- που μπορεί να υποστεί το γάλα, ώστε να διατηρήσει τα θρεπτικά του συστατικά και τις πολύτιμες βιταμίνες του. Η παστερίωση αποσκοπεί στην θανάτωση μικροοργανισμών, οι οποίοι μπορούν να υποβαθμίσουν, όχι μόνο την ποιότητα του προϊόντος αλλά και φέρουν σε κίνδυνο και την υγεία των καταναλωτών προκαλώντας τροφογενείς λοιμώξεις. Κύριοι μικροοργανισμοί που οποίοι αναπτύσσονται στο γάλα είναι το βακτήριο *Mycobacterium tuberculosis* που προκαλεί φυματίωση καθώς και κάποια ψυχρότροφα όπως *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Alcaligenes*, *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, ορισμένα κολοβακτηρίδια και *Bacillus spp.* Η επιμόλυνση του γάλακτος πριν την θερμική επεξεργασία μπορεί να συμβεί μέσω των μαστών των ζώων, από τον περιβάλλοντα αέρα και τις συνθήκες της φάρμας, από μολυσμένα δοχεία συλλογής αλλά και κατά την μεταφορά του προς το εργοστάσιο παραγωγής. Πέρα από την μικροβιολογική σταθερότητα που επιτυγχάνεται μέσω της επεξεργασίας αυτής, πραγματοποιείται και αδρανοποίηση ενζύμων τα οποία βρίσκονται φυσικά στο γάλα αλλά μπορούν να υποβαθμίσουν τεχνολογικά το προϊόν, όπως οι πρωτεάσες, οι λιπάσες και οι φωσφολιπάσες.

Ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος που παράγεται με πρώτη ύλη το γάλα –γιαούρτη, κρέμα γάλακτος, παγωτό, τυρί κ.α, οι συνθήκες τις παστερίωσης διαφέρουν σε θερμοκρασία και χρόνου. Κάποιοι βασικοί συνδυασμοί είναι : 1. Η Κλασική Παστερίωση 63°C (145°F) για 30 λεπτά 2. 72°C (161°F) για 15 δευτερόλεπτα (HTST) και 3. 138–150 °C (280–302 °F) για ένα ή δυο δευτερόλεπτα (UHT). (The Editors of Encyclopaedia Britannica 2024)

Κατά την παραγωγή όμως, είναι σχεδόν αδύνατο οι επιθυμητές θερμοκρασίες να παραμένουν σταθερές και αυτό απαιτεί συνεχή παρακολούθηση από το ανθρώπινο δυναμικό. Με την ενσωμάτωση ψηφιακών αλγορίθμων στον ήδη υπάρχοντα μηχανισμό μπορεί αυτοματοποιημένα να παρακολουθείται και να προβλέπεται η ποιότητα της παστερίωσης σε κάθε κύκλο παραγωγής. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση Τεχνητών Νευρωνικών Δικτύων (Artificial Neural Network-ANN), που βασίζονται στον αλγόριθμο Multilayer Perceptron-MLP, οποίος έχει αποδειχθεί ότι δίνει αποτελέσματα με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σχέση με άλλους αλγόριθμους Μηχανικής Μάθησης. Χρησιμοποιούνται δεδομένα εισόδου όπως η θερμοκρασία, η πίεση, οι συνθήκες περιβάλλοντος (ρυθμός ροής) οι οποίες έχουν συλλεχθεί από συσκευές καταγραφής και αισθητήρες και έχουν προεπεξεργαστεί για τυχόν σφάλματα και ανακρίβειες. Το μοντέλο Μηχανικής Μάθησης δεν προγραμματίζεται πλήρως αλλά εκπαιδεύεται να

ανιχνεύει μοτίβα και συνδυασμούς τιμών τα οποία αποκλίνουν από τις απαιτούμενες συνθήκες και ενημερώνει έγκαιρα ώστε να πραγματοποιηθεί διόρθωση της βλάβης. (Chang 2022)

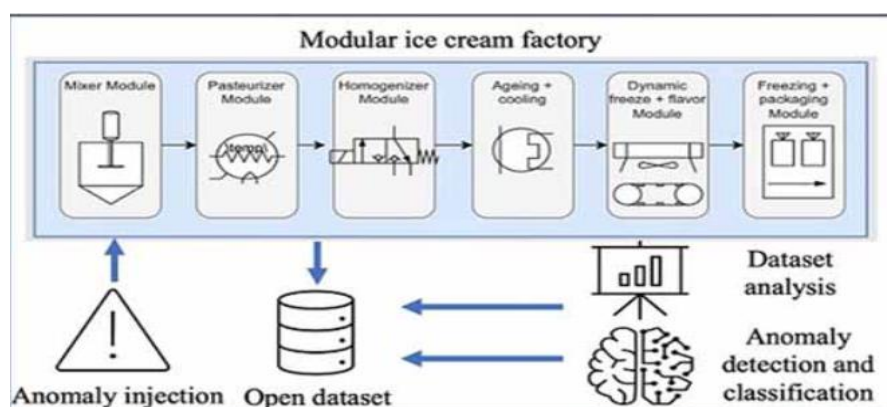
Είναι μια εφαρμογή που στοχεύει στην ομοιόμορφη παρασκευή προϊόντων βασισμένα στα πρότυπα και στις απαιτήσεις της εταιρείας και των καταναλωτών. Διασφαλίζονται τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά που συνδυάζουν το άρωμα, τη γεύση και την τελική υφή του τροφίμου μειώνοντας τα σφάλματα και την άσκοπη σπατάλη των παρτίδων που αποκλίνουν από τις προδιαγραφές.

3.2.7 Μηχανική Μάθηση στην Παραγωγή Παγωτού

Το καταναλωτικό κοινό που έχει η βιομηχανία του Παγωτού είναι αρκετά αυξημένο. Αυτό οφείλεται στην ποικιλία που υπάρχει σε επιλογές σε γεύσεις αλλά και στην προσαρμογή στις διατροφικές απαιτήσεις του καταναλωτή καθώς για παράδειγμα υπάρχουν Lactose-Free επιλογές που καλύπτουν τα άτομα με δυσανεξία στην λακτόζη, Gluten-Free για άτομα με κοιλιοκάκη αλλά και πιο φυσικές επιλογές για εκείνους που προτιμούν παγωτά χωρίς πρόσθετα και χρωστικές ή και χωρίς ζάχαρη. Αυτό απαιτεί πολλές και διαφορετικές γραμμές παραγωγής και τεχνικές παρασκευής. Σκοπός είναι η δημιουργία ενός προϊόντος το οποίο θα είναι εξισορροπημένο σε γεύση, υφή, γλυκύτητα αλλά και εμφάνιση.

Αυτό προϋποθέτει ομαλή ροή και λειτουργία κατά την παραγωγή τηρώντας τις κατάλληλες θερμοκρασίες και χρόνους. Με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης μπορεί να γίνει πρόβλεψη της ευαισθησίας σε θερμικό σοκ και της σταθερότητας αποθήκευση. Τόσο η αναλογία των συστατικών όσο και η υπερχείλιση (ενσωμάτωση αέρα) , η ανάδευση, η παστερίωση, η ομογενοποίηση, η ωρίμανση αποτελούν κρίσιμες παραμέτρους για ένα άρτιο προϊόν. Η μηχανική μάθηση μπορεί να προβλέψει πως μπορεί να επηρεάζει το τελικό προϊόν μια αλλαγή σε ποσότητα ή σε είδος υλικού με προσομοίωση. Είναι σημαντικό επίσης κατά την κατάψυξη να μην δημιουργούνται μεγάλοι κρύσταλλοι πάγου.

Έχει δημιουργηθεί ένα μοντέλο προσομοίωσης παρασκευής παγωτού που ονομάζεται MIDAS (Modular Ice Cream Factory Dataset on Anomalies in Sensors). Είναι ένα μοντέλο που χρησιμεύει στον εντοπισμό (AD) και την ταξινόμηση

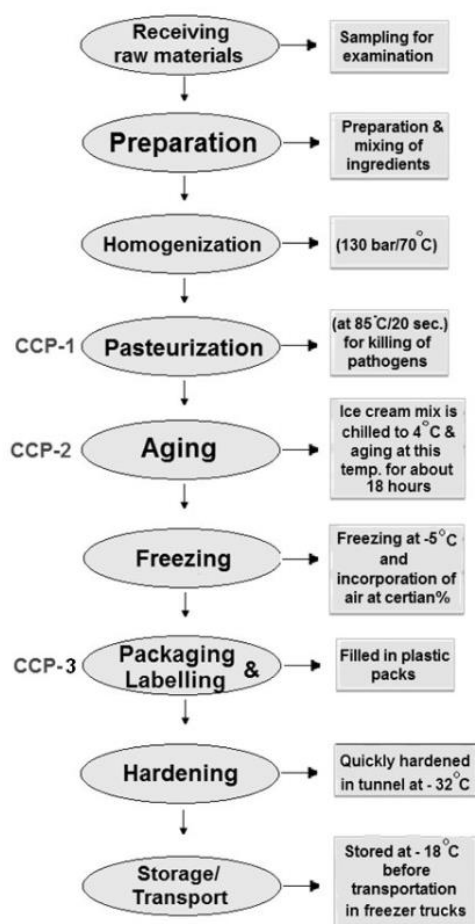


Εικόνα 7: Ένα αρθρωτό σύνολο δεδομένων εργοστασίου παγωτού για ανωμαλίες σε αισθητήρες για υποστήριξη της έρευνας μηχανικής μάθησης στα συστήματα παραγωγής

ανωμαλιών (AC). Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης που εξετάζονται είναι 4 (Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest και Multilayer Perceptron) με τον Multilayer Perceptron- MLP να είναι ο πιο αποτελεσματικός. (TIJANA MARKOVIC 2023)

Με αυτό το μοντέλο γίνεται γραφική αναπαράσταση όλων των σταδίων παραγωγής παγωτού, αρχικά χωρίς να ανιχνεύονται ανωμαλίες, εισάγοντας τις κατάλληλες θερμοκρασίες σε κάθε μηχανήμα. Ύστερα γίνανε πολλαπλές δοκιμές με ανωμαλίες για να δουν πως επηρεάζεται ο αλγόριθμος σε κάθε σφάλμα που προκύπτει. Πρακτικά αυτές οι μεταβολές στην βιομηχανία μπορούν να ανιχνεύονται από αισθητήρες όρασης.

Στην αγορά κυκλοφορεί ήδη σύστημα γραμμής Gram Equipment @ Smart που αυτοματοποιεί τις διαδικασίες από την κατάψυξη έως και την συσκευασία. Καταγράφει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο τα οποία αξιοποιούνται για τον απόλυτο έλεγχο της παραγωγής και την ακριβέστερη δημιουργία προϊόντων. Η εισαγωγή αυτοματοποιημένων διαδικασιών αυξάνει την απόδοση μειώνοντας τα έξοδα αλλά και εξοικονομώντας ενέργεια. Ακόμα, βοηθά στην μείωση αποβλήτων και στην ενίσχυση της βιωσιμότητας.



Η διαδικασία παρασκευής παγωτού αποτελείται από μερικά στάδια τα οποία απαιτούν συνδυασμό χρόνου και θερμοκρασίας, όπως φαίνεται στην εικόνα.

Εικόνα 8: Διάγραμμα Ροής Παγωτού

3.3 Συσκευασία

Η εφαρμογή των έξυπνων εργαλείων –έξυπνη ετικέτα, μηχανική όραση, βιώσιμη συσκευασία- μπορεί να αλλάξει τα δεδομένα και στον τομέα της συσκευασίας και επισήμανσης των τροφίμων. Η συσκευασία εξυπηρετεί όχι μόνο εμπορικούς σκοπούς αλλά λειτουργεί ως μέσο προστασίας του περιεχόμενου τροφίμου (Xiaoquan Li 2023) από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς κινδύνους, προσδίδει αντοχή, ασφάλεια και σταθερότητα κατά την διανομή και τέλος λειτουργεί ως κανάλι χρήσιμων πληροφοριών για το προϊόν και τον παραγωγό του.

Διατηρώντας φυσικά τις απαραίτητες νομοθετικές ενδείξεις της ετικέτας, η τεχνητή νοημοσύνη έχει την δυνατότητα να εμπλουτίσει με χρήσιμες πληροφορίες την ετικέτα των προϊόντων, ενημερώνοντας εκτενέστερα τους καταναλωτές τόσο για την ακριβή προέλευση των συστατικών του προϊόντος αλλά και ενισχύοντας την διαφάνεια παρασκευής αυτού, αφού θα διατίθενται προς γνώση του καταναλωτή πληροφορίες από τα στάδια παραγωγής αρχίζοντας από την παραλαβή του γάλακτος μέχρι και την τελική διάθεση του εκάστοτε προϊόντος στο ράφι. (Laslo Tarjan 2014) Με τον τρόπο αυτό ο καταναλωτής θα γνωρίζει ακριβώς την πορεία και την ροή της παραγωγής και της διακίνησης, τις θερμοκρασίες διατήρησης των προϊόντων, την επεξεργασία αυτών, το επίπεδο φρεσκάδας τους καθώς και θα λαμβάνεται υπόψιν και το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του εργοστασίου παραγωγής, στοχεύοντας σε μια πιο βιώσιμη νοοτροπία. Οι αλλαγές στην τεχνολογία κατασκευής ετικετών έχουν ως αποτέλεσμα να ενισχύεται η σχέση εμπιστοσύνης παραγωγού και καταναλωτή, αφού τα προϊόντα θα διατίθενται ποιοτικά και ασφαλή με χαμηλό περιβαλλοντικό αποτύπωμα και παράλληλα θα διευκολύνεται η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων και η απόσυρση των μη συμμορφούμενων τεμαχίων. Ακόμα, με την χρήση δέντρων αποφάσεων και εργαλείων προσομοιώσεων είναι εφικτό να γίνουν δοκιμές σε διάφορα υλικά συσκευασίας και συνδυασμούς αυτών, καθώς και πρόβλεψη της αντοχής τους. Τέλος, με την χρήση της μηχανικής όρασης ανιχνεύονται αυτόματα και πιο εύκολα ελαττωματικά προϊόντα τα οποία παρεκκλίνουν από τις προδιαγραφές και απομακρύνονται από την παραγωγή.

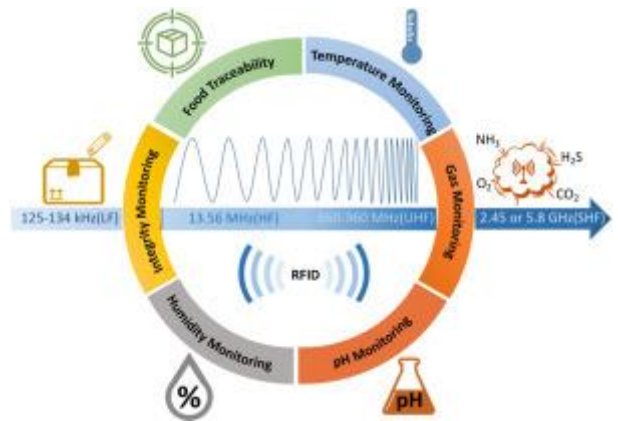
Η νέα τάξη πραγμάτων στον τομέα της συσκευασίας με την χρήση των παραπάνω εργαλείων έχει ως στόχο να ενισχύσει την ταχύτητα παραγωγής, να μειώσει το κόστος κατασκευής αλλά και να εξοικονομήσει πόρους και ενέργεια εξαλείφοντας σφάλματα και ασυνέπειες.

3.3.1 Smart Labelling

- i. Ενσωμάτωση κωδικού γρήγορης απόκρισης - QR**
- Μία ανερχόμενη και στον Ελλαδικό χώρο αλλαγή είναι η μετατροπή παραδοσιακής ετικέτας των προϊόντων σε μια ενισχυμένη μορφή με την αναγραφή ενός QR κωδικού, διδιάστατος (2-D) γραμμικός κώδικας, ο οποίος καταγράφει και αποθηκεύει χρήσιμα δεδομένα τόσο για την βιομηχανία παραγωγής όσο και για τον καταναλωτή. (Jianping Qian 2021). Με μία απλή σάρωση του QR κωδικού στην επιφάνεια του προϊόντος, μέσω κινητού τηλεφώνου ο καταναλωτής μπορεί να δει τα στάδια που μεσολαβούν από την στιγμή της παραλαβής τους γάλακτος από την φάρμα μέχρι και την τελική διάθεση στο σημείο πώλησης. (Laslo Tarjan 2014). Ακόμα, είναι δυνατό να εκτιμηθεί και η φρεσκάδα των προϊόντων με ακρίβεια και ταχύτητα, χωρίς να καταστρέφεται το προϊόν, μειώνοντας έτσι το φαινόμενο της σπατάλης τροφίμων. Η φρεσκάδα μπορεί να προσδιοριστεί, εκτός από την χρήση χρωμογόνων που μεταβάλλεται το χρώμα ανάλογα με τις αλλαγές στα επίπεδα CO₂, πτητικού αζώτου και θείου, εκτελείται και με καταγραφή δεδομένων μέσω αισθητήρων θερμοκρασίας, υγρασίας και μετρήσεις αερίων (Xiaoxuan Li 2023) σε συνδυασμό με την τεχνολογία αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων, όπως θα αναφερθεί παρακάτω. Μάλιστα ιδιαίτερα στα προϊόντα γάλακτος τα οποία στην πλειοψηφία τους έχουν μικρή διάρκεια ζωής, ο καταναλωτής θέλει να γνωρίζει αν πρόκειται για ασφαλές ή όχι προϊόν. Γίνονται επίσης φανερές πληροφορίες που αφορούν την διατροφική αξία των συστατικών του προϊόντος και των αλλεργιογόνων, βοηθώντας τον καταναλωτή να κατανοήσει το περιεχόμενο του τροφίμου και να αλλάξει ή να διατηρήσει σε υγιή επίπεδα τον τρόπο που τρέφεται. (Xiao Li, 2022) Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που ενσωματώνονται στο κωδικό που σαρώνει ο καταναλωτής εξάγονται με την χρήση μηχανικής μάθησης. Πιο συγκεκριμένα, οι αλγόριθμοι εκπαιδεύονται στην αναγνώριση εικόνας και μοτίβων και την παραγωγή σχετικού κειμένου μέσω τεχνικών επεξεργασίας φυσικής γλώσσας (NLP) ώστε να παρασκευάσουν την διατροφική ετικέτα με τον κατάλογο των συστατικών, τις ποσότητες των μακροθρεπτικών και μικροθρεπτικών στοιχείων και των αλλεργιογόνων. (Rouzbeh Razani 2023)

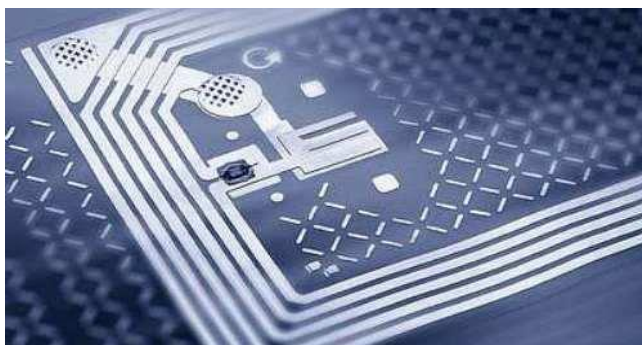
ii. **Τεχνολογία Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification- RFID)**

Σε αντίθεση με την σάρωση των προϊόντων για την λήψη πληροφοριών που αναφέρεται παραπάνω, η τεχνολογία αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων από την συσκευασία δίνει την δυνατότητα ασύρματης συλλογής δεδομένων. (Χιαοxuan Li 2023). Τα δεδομένα που λαμβάνονται, όπως θα αναφερθούν παρακάτω, δίνουν στην εταιρεία παραγωγής απόλυτη αξιοπιστία ότι τα προϊόντα διακινούνται ασφαλής προς πώληση.

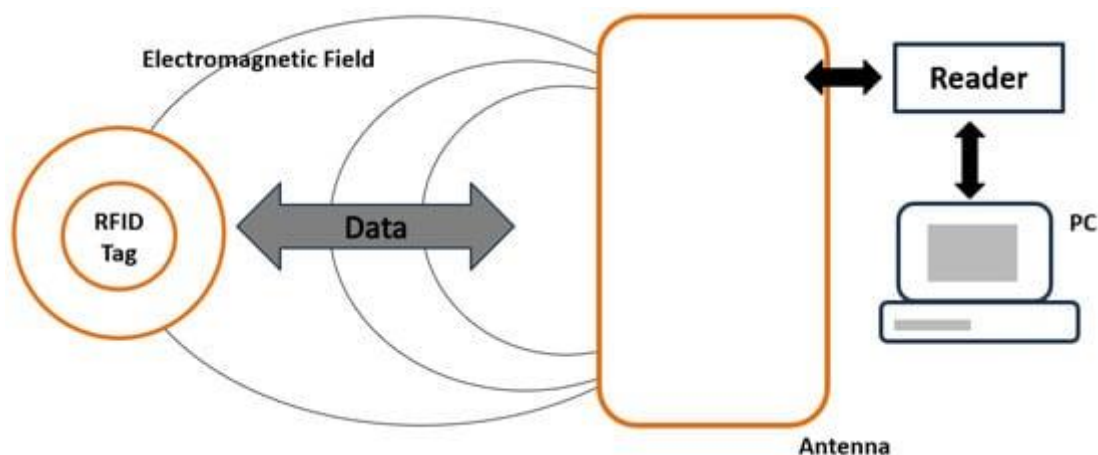


Εικόνα 9: Τεχνολογία Αναγνώρισης Ραδιοσυχνοτήτων

Μεταδίδοντας σήμα μέσω κεραίας είναι εφικτός ο εντοπισμός και έλεγχος του προϊόντος σε οποιοδήποτε στάδιο της πορείας διανομής του. Παράλληλα, επιτρέπει την ενσωμάτωση αισθητήρα θερμοκρασίας, υγρασίας αλλά και μικροβιακής δραστηριότητας, δίνοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο γεγονός, γεγονός που μειώνει τις πιθανότητες τα προϊόντα να έχουν υποστεί επιμόλυνση, αλλοίωση, μεταπτώσεις θερμοκρασίας ή να έχουν εκτεθεί σε ανεπίτρεπτες συνθήκες αποθήκευσης (Jinsong Zuo 2022) και ύστερα ο καταναλωτής μετά το άνοιγμα να φέρει σε κίνδυνο την υγεία του. Πρόκειται για μία αλλαγή η οποία επίσης επηρεάζει τα μέχρι τώρα δεδομένα του τρόπου διενέργειας της ιχνηλάτησης και της κωδικοποίησης των προϊόντων, καθώς με την εκπομπή ραδιοσυχνοτήτων επιτρέπεται ο άμεσος εντοπισμός του μη συμμορφούμενου τεμαχίου και η ανάκληση του και όχι η απόσυρση ολόκληρης της παρτίδας, όπως συμβαίνει σύμφωνα με τα τρέχοντα πρότυπα. Επίσης, ο ρόλος της είναι βοηθητικός καθώς εντοπίζονται αδύναμα σημεία κατά την διανομή κα τα οποία μπορούν να βελτιωθούν. (Jinsong Zuo 2022). Αυτό κρίνεται ιδιαίτερα σημαντικό στην βιομηχανία γάλακτος και των προϊόντων αυτού, διότι είναι τρόφιμα ευπαθή και χρήζουν καθορισμένες συνθήκες συντήρησης.



Εικόνα 10: Ετικέτα Ταυτοποίησης μέσω Ραδιοσυχνοτήτων



Εικόνα 11: Αρχή λειτουργίας της ετικέτας αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων

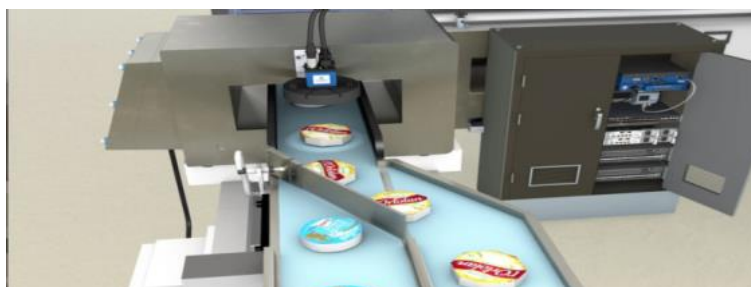
iii. Βιομηχανική Όραση-Μηχανική Όραση-Machine Vision για τον εντοπισμό ελαττωμάτων συσκευασίας

Κατά την παραγωγή των προϊόντων είναι προαπαιτούμενο για μια βιομηχανία να υπάρχει ομοιομορφία και σταθερότητα σε κάθε τεμάχιο ξεχωριστά. Αυτό περιλαμβάνει καθορισμένες διαστάσεις συσκευασίας, με συγκεκριμένο καθαρό βάρος, διαφοροποιούμενη ετικέτα για κάθε κωδικό προϊόντος και φυσικά τις απαραίτητες συνθήκες στο εσωτερικό της συσκευασίας ώστε να διασφαλιστεί η υγιεινή και η ποιότητα. Τα παραπάνω πολύ συχνά παραβλέπονται κατά τον προγραμματισμό της παραγωγής και συμβαίνουν ανακρίβειες οι οποίες αχρηστεύουν ολόκληρες παρτίδες προϊόντων, αυξάνοντας τα απόβλητα και την σπατάλη τροφίμων. Με την μηχανική όραση όμως είναι εφικτό πολλά τέτοια λάθη να προληφθούν μειώνοντας την κατάχρηση πόρων και ενέργειας της εταιρίας. Εγκαθιστώντας ένα

σύστημα από κάμερες σάρωσης με υπερφασματική απεικόνιση -συνδυασμός μηχανικής όρασης και φασματοσκοπικών τεχνικών-, υπερήχους, ακτίνες X και αισθητήρες (Zhifei Xiao 2022) και τα απαραίτητα λογισμικά προγράμματα, είναι δυνατόν να ελέγχεται η πρωτογενής αλλά και η δευτερεύουσα συσκευασία για ενδεχόμενες σχισμές ή λάθη κατά το κλείσιμο των περιεκτών, διαρροές, διαφοροποιήσεις στις διαστάσεις ή βαθουλώματα, εντοπίζονται ξένες ύλες αφού το προϊόν εξετάζεται σε



Εικόνα 12: Σύστημα Μηχανική Όρασης



Εικόνα 13: Γραμμή Συσκευασίας

βάθος και όχι μόνο επιφανειακά, αλλά γίνεται να αναγνωριστούν και λάθη στο κείμενο της ετικέτας και ελλείψεις στον κωδικό παρτίδας με οπτική αναγνώριση χαρακτήρων (Optical Character Recognition). Ακόμα, είναι ένας τρόπος ταξινόμησης του εμπορεύματος για ευκολότερη και πιο αποδοτική αποθήκευση και μεταφορά. Μάλιστα διασφαλίζεται η θέση και ο προσανατολισμός των προϊόντων στην γραμμή συσκευασίας και εμφιάλωσης καθώς με την λήψη εικόνων και βίντεο, η βαθειά μάθηση μπορεί να ανιχνεύσει την αλλαγή πορείας κάποιου τεμαχίου και ειδοποιεί ώστε να εμποδιστεί η επανάληψη και στα επόμενα εμπορεύματα. (Χρήστος 2022) Σημειώνεται ότι χρειάζεται προσοχή στις συνθήκες φωτισμού και εστίασης οι οποίες πρέπει να είναι ικανοποιητικές για την λήψη των βίντεο και των φωτογραφιών. (Zhifei Xiao 2022)

iv. Ανάπτυξη Βιώσιμης Συσκευασίας

Με την εφαρμογή της μηχανικής μάθησης και την χρήση καθορισμένων αλγορίθμων, δίνεται η δυνατότητα στις βιομηχανίες παραγωγής συσκευασιών να κάνουν εργαστηριακές δοκιμές με διάφορα εναλλακτικά υλικά ή συνδυασμούς αυτών ώστε να δοθεί το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, περιορίζοντας την χημική μετανάστευση, στοχεύοντας η συσκευασία να λειτουργήσει ως φραγμός για το τρόφιμο από ανεπιθύμητα αέρια, υγρασία και ακατάλληλες θερμοκρασίες του περιβάλλοντος, να το κάνει πιο ανθεκτικό κατά την μεταφορά αλλά και να αποτελέσει μέτρο ενίσχυσης της βιωσιμότητας. Ακόμα πρέπει να διατηρεί σταθερά τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του προϊόντος όπως άρωμα, γεύση, δομή και εμφάνιση αλλά την φρεσκάδα τους. Η προσομοίωση συσκευασίας με την χρήση έξυπνων εργαλείων πρόκειται για μια τεχνική μη καταστρεπτική και γρήγορη η οποία συμβάλλει στην ταχύτερη ανάπτυξη της καινοτομίας και της εξέλιξης στον τομέα αυτό. (Piotrowski, 2023). Η επιλογή της κατάλληλης συσκευασίας για σκληρά και πολύ σκληρά τυριά εξαρτάται κυρίως από τη διάρκεια ωρίμανσης, τη θερμοκρασία, την αναλογία της επιφάνειας του τυριού προς τον όγκο του, τη μορφή του τυροκομικού προϊόντος και τη διαπερατότητα της συσκευασίας. Οι απαιτήσεις συσκευασίας για τυριά που ωριμάζουν με βακτήρια επηρεάζονται από την παρουσία φωτός, υγρασίας, το επίπεδο pH και τα αέρια. Στα μη ωριμασμένα τυριά με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα για την αποφυγή απώλειας ορού και αφυδάτωσης. (Sinigaglia M 2008) Το υλικό συσκευασίας για τη γιαούρτη, πρέπει να περιορίζει την απορρόφηση οσμών από το περιβάλλοντα χώρο και να διατηρεί άρωμα του κάθε γιαουρτιού π.χ φρουτώδες αν περιέχει φρούτα. (A.Saint-Eve 2008)

3.4 Αποθήκευση

Αφού έχουν προηγηθεί τα απαιτούμενα στάδια για την παραγωγή των γαλακτοκομικών προϊόντων σύμφωνα με τις Ορθές Πρακτικές Υγιεινής, ακολουθεί η συντήρησή τους στους ψυκτικούς θαλάμους μέχρι να γίνει η διανομή. Είναι σημαντικό να ελέγχονται ορισμένοι παράμετροι, οι οποίοι μπορεί να ευνοήσουν την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών καθιστώντας έτσι τα προϊόντα ακατάλληλα προς κατανάλωση. Ακόμα, σε λανθασμένες συνθήκες διατήρησης συμβαίνουν ανεπιθύμητες φυσικοχημικές μεταβολές, οι οποίες παραποιούν την πραγματική ποιότητα των προϊόντων.

Παράμετροι όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ροή του αέρα και οι συνθήκες φωτός επιβάλλεται να διατηρούνται σε επιθυμητά επίπεδα ανάλογα με τον τύπο του προϊόντος που αποθηκεύεται. Ο έλεγχος των συνθηκών αποθήκευσης βοηθά στην διατήρηση των επιθυμητών οργανοληπτικών χαρακτηριστικών όπως υφή, άρωμα, γεύση, αλλά και της φρεσκάδας, τα οποία στο σύνολό τους έλκουν τον καταναλωτή.

Πιο συγκεκριμένα, είναι σημαντικό, στους θαλάμους συντήρησης των τυριών πέρα από χαμηλή θερμοκρασία και κατάλληλη υγρασία, να υπάρχει η σωστή ροή του αέρα, η οποία δεν θα είναι υψηλή, ώστε να τα αφυδατώνει τα τυριά και να χάνεται η ελαστική υφή τους αλλά ούτε πρέπει να είναι και χαμηλή, ώστε να συσσωρεύεται υγρασία και να αναπτύσσεται μούχλα. (Mahmoud Ibrahim El-Sayed 2020). Ομοίως, κατά την συντήρηση της γιαούρτης πρέπει να διατηρείται η σταθερότητα και η συνεκτικότητα του πλέγματος καζεΐνης για την μείωση αποβολής του ορού, που αλλοιώνει την υφή και την δομή του τελικού προϊόντος. Η θερμοκρασίες στους θαλάμους πρέπει να είναι χαμηλές, ώστε να μειώνεται η συναίρεση και το ιξώδες να παραμένει σταθερό. (Aysun Ozac 2019). Η τήρηση της ψυκτικής αλυσίδας είναι σημαντική και στην κατάψυξη του παγωτού, διότι σε περίπτωση απόψυξης και επανακατάψυξης του μίγματος, σχηματίζονται ανεπιθύμητοι κρύσταλλοι οι δημιουργούν δυσάρεστη υφή. (J.R Buysck 2011)

Οι αποκλίσεις στις συνθήκες συντήρησης, οι οποίες μπορεί να οφείλονται σε σφάλμα του μηχανισμού ψύξης ή σε λανθασμένο προγραμματισμό, είναι δυνατό να εξαλειφθούν με την ενσωμάτωση τεχνολογιών ασύρματων αισθητήρων (WST), ασύρματων δικτύων αισθητήρων (WSN) και της τεχνολογίας αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Η παρακολούθηση και λήψη δεδομένων σε πραγματικό χρόνο βοηθά στον απόλυτο έλεγχο της ψυχρής αλυσίδας. Ακόμα πιο σημαντικό, όμως είναι ότι εξετάζεται η κατανομή της θερμοκρασίας σε όλη την έκταση της παρτίδας των προϊόντων. Τέλος, με την εγκατάσταση των αισθητήρων καταγράφεται και η κατανάλωση ενέργειας των ψυκτικών θαλάμων και η εξωτερική θερμοκρασία περιβάλλοντος. (Julie Loisel 2021)

3.5 Δίκτυο Διανομής-Supply Chain

Το γάλα ως προϊόν αλλά και τα παράγωγά του έχουν μικρή διάρκεια ζωής καθώς είναι επιρρεπή σε μικροοργανισμούς και ακατάλληλες συνθήκες αποθήκευσης. Για αυτό κρίνεται σημαντικό να διατηρείται ομαλή ροή και λειτουργικότητα σε όλη την αλυσίδα ανεφοδιασμού ώστε να μην διαταράσσεται η ποιότητα και η διατηρησιμότητα των προϊόντων.

Με την ενσωμάτωση αυτόματων λογισμικών παρακολούθησης της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι εφικτό σε πραγματικό χρόνο να παρακολουθούνται και να καταγράφονται διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της ψυκτικής αλυσίδας, τα επίπεδα της υγρασίας και η κατάσταση της αποθήκευσης. Είναι απαραίτητο να υπάρχει πλήρης έλεγχος των συνθηκών ψύξης καθώς σε οποιαδήποτε απόκλιση ή βλάβη λαμβάνονται μέτρα για άμεση διόρθωση και αποφυγή αναστρέψιμης αλλοίωσης.

Ακόμα, η βελτιστοποίηση των διαδρομών παράδοσης μπορεί να δώσει λύσεις σε ανεπιθύμητες καθυστερήσεις οι οποίες αναστέλλουν την παραγωγή οδηγώντας σε έλλειψη διαθεσιμότητας των προϊόντων στα ράφια των καταναλωτών.

Τέλος, το λογισμικό παράδοσης ενισχύει την ιχνηλασιμότητα και την διαφάνεια γεγονός που αυξάνει την σχέση εμπιστοσύνης παραγωγού και καταναλωτή.

3.6 Καινοτομία & Ανάπτυξη Προϊόντων

Η πλούσια θρεπτική αξία των γαλακτοκομικών προϊόντων καθώς και η ποικιλία αυτών που προσαρμόζεται στις διατροφικές απαιτήσεις των καταναλωτών, ωθούν την βιομηχανία τροφίμων να σχεδιάζει και να προωθεί συνεχώς νέα προϊόντα με εμπλουτισμένο περιεχόμενο συστατικών. Η αυξημένη μάλιστα ζήτηση εντείνει και τον ανταγωνισμό μεταξύ των εταιρειών για την κυκλοφορία ακόμα πιο ποιοτικών προϊόντων με ελάχιστο περιβαλλοντικό αποτύπωμα τόσο στην διαδικασία παραγωγής όσο και στα υλικά συσκευασίας. Επομένως ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων αποτελεί πρόκληση για τις βιομηχανίες και τις ωθεί να αναπτύσσουν συνεχώς νέα εργαλεία και τεχνικές ώστε να κατασκευάζουν προϊόντα που να ταιριάζουν στην πλειονότητα του καταναλωτικού κοινού αλλά ταυτόχρονα να αυτοματοποιούν και διεργασίες κατά τον σχεδιασμό.

Τα εργαλεία αυτά αξιοποιούνται ήδη από μεγάλες εταιρείες στον τομέα των τροφίμων και κυρίως των snacks όπως είναι η *Unilever*, *Pepsico*, *Mondelez*, *Kellogg*, *Nestle*.

Με την χρήση της Μηχανικής Μάθησης είναι εφικτό να αναλυθούν οι διατροφικές προτιμήσεις των καταναλωτών και οι τάσεις στην αγορά μέσω Αλγορίθμων Σύστασης, Αλγορίθμων Ανάλυσης της Συμπεριφοράς και του Data Mining. Τα δεδομένα που αξιολογούνται και αναλύονται προέρχονται από την δραστηριότητα των χρηστών στα Μέσα Κοινωνικής Δικτύωσης, τις κριτικές τους αλλά και από τις αναζητήσεις στους στο διαδίκτυο. Με τον τρόπο αυτό συλλέγονται πολύτιμες πληροφορίες για τις ανάγκες των καταναλωτών, αυτές ταξινομούνται ανάλογα με το προφίλ τους και εξάγονται

συνολικά συμπεράσματα για την αγορά πάνω στα οποία δρα η επιστημονική ομάδα του τμήματος Έρευνας και Ανάπτυξης νέων γαλακτοκομικών προϊόντων.

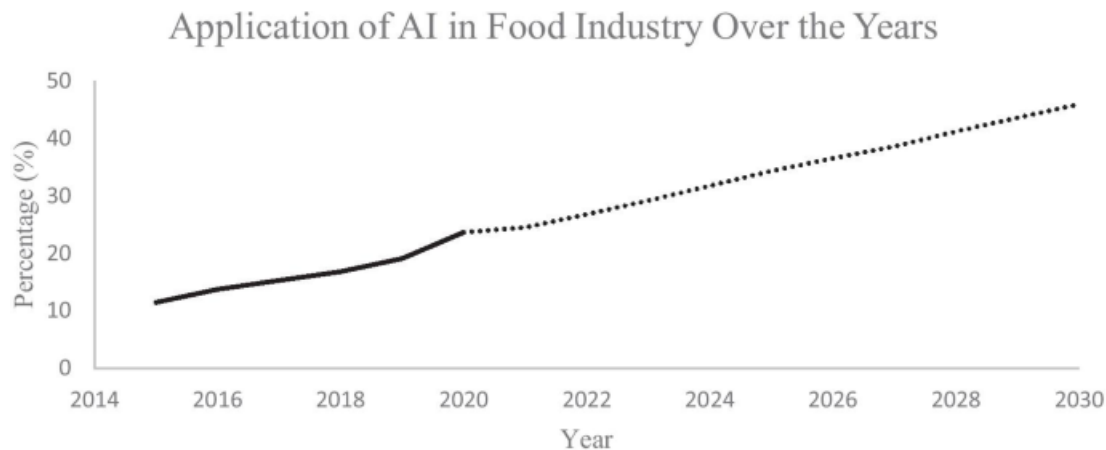
Δεν είναι λίγες επίσης οι φορές που οι επιστήμονες της βιομηχανίας επιχειρούν την βελτίωση κάποιου χαρακτηριστικού αλλάζοντας την υφή, αντικαθιστώντας κάποιο συστατικό ή μειώνοντας την χρήση ενός άλλου. Μία ακόμα χρήσιμη αλλαγή που μπορεί να μεταμορφώσει τα δεδομένα στον χώρο της ανάπτυξης προϊόντων είναι η αξιοποίηση Προβλεπτικών Μοντέλων - Predictive Models κατά την σύνθεση και την ανάπτυξη των συνταγών. Για παράδειγμα, με την χρήση κατάλληλων αλγορίθμων μπορεί να γίνει η πρόβλεψη του τελικού προϊόντος όταν συμβεί αντικατάσταση κάποιου συστατικού ή αλλαγή στην ποσότητα που χρησιμοποιείται. Με την χρήση αυτών των προσομοιωτικών μοντέλων προκύπτει ακόμα και η ακριβής αναλογία των συστατικών δίχως επαναλαμβανόμενες πειραματικές δοκιμές που κοστίζουν χρόνο, πόρους και πολύτιμη ενέργεια. (Ding 2023) Το προσομοιωτικό μοντέλο γνωρίζει την διαδικασία παραγωγής, γεγονός που μπορεί με τον κατάλληλο συνδυασμό των δεδομένων και τις τάσεις της αγοράς να προτείνει λύσεις σχετικά με την αξιοποίηση των παραπροϊόντων από την βιομηχανία γάλακτος, ενισχύοντας την νοοτροπία του μηδενικού περιβαλλοντικού αποτυπώματος.

Τέλος, είναι σημαντικό η εταιρεία να μπορεί να προβλέψει την απόδοση και την απήχηση του νέου προϊόντος στην αγορά. Με την ανάλυση δεδομένων που αφορούν την κοινωνική κατάσταση των ανθρώπων στις περιοχές που κυκλοφορεί το προϊόν, την οικονομική τους υπόσταση, τα κανάλια διανομής του προϊόντος αλλά και την διαφημιστική στρατηγική, η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να συνδυάσει τις παραπάνω παραμέτρους (Predictive Analytics) και να κάνει πρόβλεψη σχετικά με τις επερχόμενες πωλήσεις του νέου τροφίμου. Αυτό αναμφίβολα βοηθά και της διαχείριση των αποθεμάτων αλλά και στην ορθή αξιοποίηση του χώρου των ψυκτικών θαλάμων που συντηρούνται τα γαλακτοκομικά. (Yasin Tadayonrad 2023)

Κεφάλαιο 4^ο : Μελλοντικές Βελτιώσεις και Σημεία Προσοχής

Η Τέταρτη Βιομηχανική Επανάσταση 4.0 βρίσκει ποικίλες εφαρμογές όπως αναφέρθηκε παραπάνω στον χώρο της Γαλακτοβιομηχανίας αλλά και της παραγωγής γενικότερα. Τα εργαλεία της Τεχνητής Νοημοσύνης και οι πολλαπλές πτυχές της βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορους κλάδους των τροφίμων αυτοματοποιώντας και αναβαθμίζοντας τον τρόπο του διασφαλίζεται η ποιότητα των τροφίμων. Μάλιστα, όπως φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα μελλοντικά θα υπάρξει διαδεδομένη εφαρμογή στον χώρο, γεγονός που θα αλλάξει ριζικά τα μέχρι τώρα δεδομένα.

Διάγραμμα 1: Μελλοντική Εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην Βιομηχανία Τροφίμων



Όπως κάθε νέα τεχνολογία, έτσι και οι εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης και της Τεχνητής Νοημοσύνης ευρύτερα απαιτούν προσοχή και συνεχείς βελτιώσεις κατά την χρήση τους. Από τα βασικότερα κρίσιμα σημεία κατά την ενσωμάτωση έξυπνων λογισμικών είναι η τήρηση της ιδιωτικότητας των δεδομένων και η προστασία τους από κακόβουλες εισβολές. Αυτό απαιτεί εγκατάσταση συστημάτων Κυβερνοασφάλειας (Cybersecurity), ώστε να διατηρείται το απόρρητο ορισμένων δεδομένων της εταιρείας παραγωγής και να προληφθούν ακόμα και φαινόμενα λογοκλοπής. Σε συνδυασμό με την ασφάλεια των δεδομένων είναι και η αξιοπιστία και η αντικειμενικότητα κατά την επεξεργασία τους. Ως συνέπεια αυτού, απαιτείται στα πρώτα στάδια, μέχρι την πλήρη εκπαίδευση του αλγορίθμου, να υπάρχει επανεξέταση των επιστημονικών δεδομένων και επιτήρηση από τον αρμόδιο Τεχνολόγο Τροφίμων κατά την καταγραφή, ώστε να διασφαλιστεί η ορθή λειτουργία του συστήματος για την τελική λήψη αποφάσεων. Όπως αναφέρθηκε και στα πρώτα κεφάλαια, κάθε αλγόριθμος που αναπτύσσεται έχει ξεχωριστό τρόπο λειτουργίας και εξυπηρετεί διαφορετικούς σκοπούς. Για αυτό κρίνεται αναγκαίο κατά την εγκατάσταση των λογισμικών συστημάτων να επιλέγεται ο σωστός αλγόριθμος για κάθε στάδιο παραγωγής, όπως για παράδειγμα για την ταξινόμηση, την ομαδοποίηση, την έγκαιρη προειδοποίηση σε περίπτωση σφάλματος και ανωμαλιών κ.α. (Nidhi Rajesh Mavani 2021). Ως προτέρημα μπορεί να αναφερθεί ότι σε γραμμές παραγωγής σχετικά νέας τεχνολογίας, δεν απαιτείται εξ' ολοκλήρου αλλαγή του εξοπλισμού, απλώς μια απλή εγκατάσταση του νέου καταγραφικού με τα

συστήματα καμερών και αισθητήρων. Αποτέλεσμα αυτού, είναι και η εξοικονόμηση χρήσιμων κεφαλαίων και η επένδυσή τους σε άλλες εσωτερικές αλλαγές.

Πέρα από το τεχνολογικό κομμάτι όμως, αξίζει να αναφερθεί πως πρωταρχικός στόχος της ενσωμάτωσης της Μηχανικής Μάθησης στην Γαλακτοβιομηχανία, είναι η αύξηση της ευημερίας των ζώων, η αναβάθμιση της ποιότητας ζωής τους και η αντιμετώπιση του έντονου στρες ή της κακομεταχείρισης. Κάθε τεχνολογική αλλαγή δεν θα πρέπει να παρεμβαίνει στην φύση των ζώων αλλά θα πρέπει να αφήνονται ελεύθερα και να ζουν υγιή προλαμβάνοντας ζωνόσους και ασθένειες που μπορούν να ανατρέψουν τα δεδομένα της βιομηχανίας του γάλακτος και να φέρουν σε κίνδυνο και την υγεία του ανθρώπου. Ακόμα, αυτή η πρακτική στοχεύει σε πιο βιώσιμα μοντέλα παραγωγής που θα μειώνουν τους περιβαλλοντικούς ρύπους και την σπατάλη τροφίμων, αυξάνοντας παράλληλα της ποιότητα και εξελίσσοντας την καινοτομία. Αυτό απαιτεί αναμφίβολα και την εκπαίδευση τους προσωπικού του εργοστασίου και την προσαρμογή του στα νέα δεδομένα. Με πολυδιάστατη επιμόρφωση από σεμινάρια και διδασκαλία σε πραγματικό χρόνο τους δίνεται η δυνατότητα να κατανοήσουν τον τρόπο λειτουργίας του νέου μοντέλου και να τους απελευθερώσει περισσότερο χρόνο για έρευνα και ανάπτυξη προϊόντων που θα αναβαθμίσουν των αγορά. Παράλληλα, θα αυξηθεί και η ζήτηση των προγραμματιστών και των επιστημόνων πληροφορικής ώστε να επιβλέπουν την λειτουργία των συστημάτων και την ορθή τήρηση του αλγορίθμου.

Τέλος, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αλλαγή της ισχύουσας νομοθεσίας η οποία θα έχει ως στόχο να προστατεύει τα πνευματικά δικαιώματα της εταιρείας σχετικά με την συλλογή των δεδομένων, να θέτει αυστηρότερα όρια όσον αφορά την ποιότητα και τα κρίσιμα σημεία ελέγχου. Παράλληλα, πρέπει να προασπίζεται και την διαφάνεια στις πρακτικές που χρησιμοποιούνται καθ' όλη τη διάρκεια της αλυσίδας, ώστε να μην προκαλείται παραπληροφόρηση και λανθασμένη ενημέρωση του καταναλωτή. Αυτό με την σειρά του απαιτεί την εκπαίδευση του καταναλωτικού κοινού σχετικά με τις νέες τεχνολογίες και τους αυτοματισμούς, ώστε να αναπτυχθεί σχέση εμπιστοσύνης και αξιοπιστίας μεταξύ του παραγωγού και του καταναλωτή. Ακόμα, η νομοθεσία επιβάλλεται να ορίζει σε ποιον θα αποδοθεί η ευθύνη σε περίπτωση σημαντικού σφάλματος κατά την παραγωγή.

Αναμφίβολα, δεν είναι εφικτό να υπάρξει τυφλή εμπιστοσύνη στα συστήματα τεχνητής νοημοσύνης για αυτό χρειάζεται επίβλεψη και αξιολόγηση των αποφάσεων και από το επιστημονικό προσωπικό, ώστε να γίνουν και οι κατάλληλες διορθώσεις. Είναι λογικό επόμενο η αλλαγή αυτή να επιφέρει ορισμένες αντιδράσεις και ενδοιασμούς αλλά αν πρωταρχικός στόχος είναι η διατήρηση της ηθικής του ανθρώπου και των πρακτικών που χρησιμοποιούνται στα ζώα, δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας.

Κεφάλαιο 5^ο : Συμπεράσματα & Συζήτηση

Οι ταχύτερες εξελίξεις της τεχνολογίας, έχουν οδηγήσει στην αλλαγή του τρόπου εργασίας σε πολλούς κλάδους της κοινωνίας. Ιδιαίτερα, οι εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης είναι πλέον μέρος της καθημερινότητάς κάθε ανθρώπου, αφού ο κόσμος του διαδικτύου αποτελείται από αλγόριθμους που εμφανίζει αποτελέσματα ανάλογα με τις συχνότερες προτιμήσεις του χρήστη. Αυτό, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι από τις βασικές εφαρμογές της Μηχανικής Μάθησης, η οποία αποτελούμενη από στατιστικά μοντέλα και εποπτευόμενους ή μη αλγορίθμους, βοηθά στην συλλογή χρήσιμων δεδομένων.

Είναι λογικό επόμενο λοιπόν, ότι και στην Βιομηχανία Τροφίμων σταδιακά θα αρχίσει να αλλάζει η πολιτική εργασίας, με απώτερο στόχο την αύξηση της απόδοσης και την αποτελεσματικότερη διαχείριση των διαθέσιμων πόρων. Ο συνδυασμός αυτός είναι προαπαιτούμενος για την λειτουργία μιας βιομηχανίας παραγωγής τροφίμων, αφού κάθε κλάδος της απαιτεί ακρίβεια και ορθή λήψη αποφάσεων. Μάλιστα, για παραγωγές με ιδιαίτερα αυξανόμενη καταναλωτική ζήτηση, όπως είναι η παραγωγή γάλακτος και των προϊόντων του, η αύξηση της κλίμακας παρασκευής τροφίμων είναι απαραίτητη. Η αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού, αποτελεί σημαντική πρόκληση για τις βιομηχανίες καθώς οι ανάγκες για σίτιση ολοένα και μεγαλώνουν, γεγονός που απαιτεί από τις επιχειρήσεις προσαρμοστικότητα και γρήγορες λύσεις στα προβλήματα που παρουσιάζονται.

Τα σφάλματα και οι ανακρίβειες όμως από το ανθρώπινο δυναμικό, δεν είναι δυνατό να περιοριστούν στο σημείο που μπορεί η Τεχνητή Νοημοσύνη. Με την αξιοποίηση της Μηχανικής Μάθησης αλλά και των υποκατηγοριών της, όπως η Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας, η Βαθεία Μάθηση και τα Τεχνητά Νευρωνικά Δίκτυα, προλαμβάνονται αναστρέψιμα λάθη και εφαρμόζονται πιο αποτελεσματικές πρακτικές διαχείρισης σε όλη την αλυσίδα παραγωγής. Οι αλλαγές αυτές στοχεύουν στην ενίσχυση της ποιότητας των τροφίμων και στην τήρηση των υψηλών προδιαγραφών, που θα ξεχωρίσουν το προϊόν από τα υπόλοιπα της αγοράς. Η επένδυση των πόρων για την αλλαγή αυτή, θα φέρει αύξηση της βιωσιμότητας και ως εταιρεία θα πρωτοπορεί έναντι του ανταγωνισμού. Φυσικά, επειδή οι εταιρείες ποικίλλουν σε μέγεθος, μικρές, μεσαίες και μεγάλες, η κάθε μια προσαρμόζεται ανάλογα με τον χαρακτήρα, τις απαιτήσεις και τον τρόπο λειτουργίας της.

Όπως προκύπτει και από τις πολυδιάστατες εφαρμογές που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες ενότητες, οι δυνατότητες της Μηχανικής Μάθησης μπορεί όχι μόνο να αυξήσει της παραγωγικότητα αλλά και να συμβάλει στην αποτελεσματικότερη αξιοποίηση του χρόνου παραγωγής και παράδοσης των προϊόντων, ώστε να διασφαλίζεται η φρεσκάδα τους και η επιθυμητή σύστασή τους. Μάλιστα, είναι σημαντικό που ενισχύεται και ο τομέας της Καινοτομίας και της Ανάπτυξης δημιουργώντας νέους και βελτιωμένους κωδικούς προϊόντων. Αυτή η τάση αναμφίβολα μπορεί να αυξήσει το πελατολόγιο της εταιρείας κι να προσφέρει

περισσότερα κεφάλαια για περαιτέρω επένδυση σε υποδομές και στην εκπαίδευση του προσωπικού.

Η αναγκαιότητα απόκτησης νέων γνώσεων σχετικά με τα έξυπνα συστήματα οφείλεται στις αλλαγές από τον πρωτογενή τομέα μέχρι και την αλυσίδα εφοδιασμού και απαιτούν προσαρμοστικότητα και εγρήγορση. Μάλιστα, με αυτόν τον τρόπο δεν υπάρχει ο κίνδυνος για κατάργηση της παραδοσιακής γνώσης και την αντικατάσταση της από συστήματα τεχνητής νοημοσύνης, αφού η παροχή δεδομένων στα συστήματα αυτά βασίζεται σε υπάρχουσες επιστημονικές έρευνες. Η Μηχανική Μάθηση αξιοποιεί τα δεδομένα αυτά και συμβάλλει στην αυτοματοποίηση, στην ταχύτερη επεξεργασία των μεταβλητών και την αποτελεσματικότερη εύρεση λύσης σε προβλήματα που απαιτούν πολλές ώρες ανθρώπινης εργασίας.

Φυσικά, οι εξελίξεις προχωρούν και η ασφάλεια και το απόρρητο των αρχείων της εταιρείας είναι πρωταρχική ανάγκη. Για τον λόγο αυτό, απαιτείται και ο συνδυασμός συστημάτων Κυβερνοασφάλειας για εξωτερικές εισβολές που μπορούν να αμαυρώσουν το έργο της εταιρείας. Με γνώμονα της ενίσχυση της βιωσιμότητας, την μείωση αποβλήτων τροφίμων και την λανθασμένη διαχείριση των πόρων, σταδιακά οι ενδιαρμοί για την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης στον χώρο των τροφίμων, μπορεί να εξαλειφθεί καθώς στόχος είναι η αυτοματοποίηση διεργασιών και όχι ο περιορισμός του ανθρώπινου δυναμικού. Οι γνώσεις και η έρευνα των επιστημόνων λειτουργούν συνεργατικά με την Μηχανική Μάθηση δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα.

Βιβλιογραφία

1. A.Saint-Eve, C.Levy, M.Le Moigne, V.Ducruet, I.Souchon. «Quality changes in yogurt during storage in different packaging materials.» *Food Chemistry*, 15 September 2008: 285-293.
2. Akram, Mohamed Wasim. «IoT-Types of Cloud.» *Medium*, 6 November 2021.
3. Ana Marti-De Olives, Cristofol Peris, Maria Pilar Molina. «Effect of subclinical mastitis on the yield and cheese-making properties of ewe’s milk.» *Small Ruminant Reasearch*, March 2020.
4. Aysun Orac, Nihat Akin. «How do different cooling temperatures affect the characteristics of set-type yoghurt gel?» *International Dairy Journal*, October 2019: 49-56.
5. Boz, Ziyet. «Moving Food Processing to Industry 4.0 and Beyond.» *FOOD TECHNOLOGY MAGAZINE*, 1 July 2021.
6. *Britannica*. «The Editors of Encyclopaedia Britannica.» 4 July 2024.
7. Chang, Thi Thu Huyen and Tai - Woo. «ARTIFICIAL NEURAL NETWORK-BASED MILK PASTEURIZATION.» *ICIC Express Letters*, February 2022.
8. Cheung, Dirk Schaefer and Wai M. «Smart Packaging: Opportunities and Challenges.» *Procedia CIRP* 72, 2018: 1022-1027.
9. Cockburn, Marianne. «Review: Application and Prospective Discussion of Machine Learning for the Management of Dairy Farms.» *MDPI Journal, Animals* , 18 September 2020.
10. Cole Stryker, Eda Kavlakoglu. «What is artificial intelligence (AI)?» *IBM*, 16 August 2024.
11. Ding, Hui. *Application of Data Science in Food Recipe Optimization*. China , 2023.
12. Geeks, Geeks for. «Machine Learning Algorithms.» 19 June 2024.
13. Han, Wei Nee Cheng and SUNg Gu. «Bovine mastitis: risk factors, therapeutic strategies, and alternative treatments — A review.» *Australasian Journal of Animal Sciences*, 12 May 2020.
14. Hanna Gorska-Warsewicz, Krystyna Rejman, Wacław Laskowski and Maksymilian Czczotko. «Milk and Dairy Products and Their Nutritional Contribution to the Average Polish Diet.» *Nutrients*, 1 August 2019.
15. Hui Huang, Li Liu and Michael O.Ngadi. «Recent Developments in Hyperspectral Imaging for Assessment of Food Quality and Safety.» *MDPI,Sensors*, 22 April 2014.

16. J.R Buyck, R.J Baer, J.Choi. «Effect of storage temperature on quality of light and full-fat ice cream.» *Journal od Dairy Science*, May 2011: 2213-2219.
17. Jianping Qian, Bin Xing, Baohui Zhang, Han Yang. «Optimizing QR code readability for curved agro-food packages using response surface methodology to improve mobile phone-based traceability.» *Food PACKaging and Shelf Life* , June 2021.
18. Jinsong Zuo, Jinxia Fend, Marcelo Goncalver Gameiro, Yaling Tian, Jing Liang, Yingying, Jianjua Ding, Quanguo He. «RFID-based sensing in smart packaging for food applications: A review.» Στο *Future Foods*, του/της Jinxia Fend, Marcelo Goncalver Gameiro, Yaling Tian, Jing Liang, Yingying, Jianjua Ding, Quanguo He Jinsong Zuo. 2022.
19. Juliana S. Lima, Baniela C.S.Z. Ribeiro, Habib Asseiss Neto, Sergio V.A Campos, Monica O. Leite, Marcia E. de R. Fortini, Beatriz Pinho artins de Carvalho, Marcos Vinicius Oliveira Almeida, Leorges M. Fonseca. «a machine learning proposal method to detect milk tainted with cheese whey.» *Journal of Dairy Science*, December 2022.
20. Julie Loisel, Steven Duret, Antoine Cornuejols, Dominique Cagnon, Margon Tardet, Evelyne Derens-Bertheau, Onraweee Laguerre. «Cold chain break detection and analysis: Can machine learning help? .» *Trends in Food Science & Technology*, 19 April 2021.
21. Kashish Goyal, Parteek Kumar, Karun Verma. «XAI-empowered IoT multi-sensor system for real-time milk adulteration detection.» *Food Control*, October 2024.
22. Kleiss, M. van Schothorst and T. «HACCP iin the dairy industry.» *Food Control*, 1994.
23. L. Costabel, M.S. Pauletti, E.Hynes. «Proteolysis in Mozzarella Cheeses Manufactured by Different Industrial Processes.» *Journal of Dairy Science*, May 2007: 2103-2112.
24. Laslo Tarjan, Ivana Senk, Srdajan Tegeltija, Stevan Stankonski, Gordana Ostojic. «A readability analysis for QR code application in a traceability system.» *Computers and Electronics in Agriculture*, November 2014.
25. M.T Munir, David I. Wilson, W. Yu, B.R Young. «An evaluation of hyperspectral imaging for characterising milk powders.» *Journal of Food Engineering* , March 2018: 1-10.
26. Mahmoud Ibrahim El-Sayed, Sameh Awad, Amel Ahmed. «The Effect of Storage Conditions on Physicochemical, Microbial and Textural Properties of UHT-Processed Cheese.» *ACTA SCIENTIFIC NUTRITIONAL HEALTH*, 24 June 2020.

27. MilkingCloud. «MastiPro: Revolutionizing Mastitis Treatment in Dairy Cows for MilkingCloud.com.» *MilkingCloud*, 06 March 2024.
28. Mohammad Golzarjalal, Lydia Ong, Chen R. Neoh, Dalton J.E Harvie, Sally L. Gras. «Machine learning for the prediction of proteolysis in Mozzarella and Cheddar cheese.» *Food and Bioproducts Processing*, March 2024: 132-144.
29. Neethirajan, Suresh. «Artificial Intelligence and Sensor Technologies in Dairy Livestock Export: Charting a Digital Transformation.» *MDPI Journals, Sensors*, 9th August 2023.
30. Nidhi Rajesh Mavani, Jarinah Mohd Ali, Suhaili Othman, M. A. Hussain, Haslaniza Hashim & Norliza Abd Rahman. «Application of Artificial Intelligence in Food Industry—a Guideline.» *Springer*, 09 August 2021: 134-175.
31. Piotrowski, Nobert. «Machine learning approach to packaging compatibility testing in the new product development process.» *Journal of Intelligent Manufacturing* , 17 February 2023.
32. Raquib, Manash Jyoti Chutia and Masuk. «Application of Artificial Intelligence (AI) In Dairy Industry.» *Bione*, 18 June 2024.
33. Riccardo Rosati, Luca Romeo, Gianalberto Cecchini, Flavio Tonetto, Paolo Viti, Adriano Mancini & Emanuele Frontoni. «From knowledge-based to big data analytic model: a novel IoT and machine learning based decision support system for predictive maintenance in Industry 4.0.» *Journal of Intelligent Manufacturing*, 24 May 2023: 107-121.
34. Rodrigez, Roberto. «Inspect milk quality using machine learning.» *neural designer*, 31 August 2023.
35. Rouzbeh Razani, Guisen Xue. «Predicting Unreported Micronutrients From Food Labels: Machine Learning Approach.» *Journal of Medical Internet Research* , 12 April 2023.
36. Serhii Leleko, Roman Chupryna. «Predictive Maintenance with Machine Learning: A Complete Guide.» *SPD TECHNOLOGY*, 19 April 2024.
37. Sinigaglia M, Bevilacqua A, Corbo MR, Pati S, Del Nobile MA. «Use of active compounds for prolonging the shelf life of mozzarella cheese.» *International Dairy Journal*, 2008: 624-630.
38. Sofia Broome, Marcelo Feighelstein, Anna Zamansky, Gabriel Carreira Lencioni, Pia Haobro Andersen, Francisca Pessnha, Marwa Mahmoud, Hedvig Kjellstrom, Labert Ali Salah. «Going Deeper than Tracking: A Survey of Computer-Vision Recognition of Animal Pain and Emotions.» *International Journal Of Computer Vision*, 25 November 2022: 572-590.

39. Tadhg Brosnan, Da-Wen Sun. «Improving quality inspection of food products by computer vision—a review.» *Journal of Food Engineering*, January 2004: 3-16.
40. TIJANA MARKOVIC, MIGUEL LEON, BJORN LEANDER AND SASIKUMAR. «A Modular Ice Cream Factory Dataset on Anomalies in Sensors to Support Machine Learning Research in Manufacturing Systems.» *IEEE Xplore*, 29 March 2023.
41. VC Souza, D.M Liebe, T.P Price, M.D. Ellett, T.c Davis, C.B. Gleason, K.M. Daniels, R.R. White. «Algorithm development for individualized precision feeding of supplemental top dresses to influence feed efficiency of dairy cattle.» *Journal of Dairy Science*, 02 March 2022.
42. Xiao Li, Huizji Liang, Chris Ryder, Rodney Jones & Zehao Liu. «Attractiveness Analysis for Health Claims on Food Packages.» n.d.
43. Xiao Zhao, Zhe Zheng, Jian Zhang, Abid Sarwar, Tariq Aziz and Zhennai Yang. «Change of proteolysis and sensory profile during ripening of Cheddar-style cheese as influenced by a microbial rennet from rice wine.» *Food Science and Nutrition*, 25 March 2019.
44. Xiaoxuan Li, Danfei Liu, Yumei Pu and Yunfei Zhong. «Recent Advance of Intelligent Packaging Aided by Artificial Intelligence for Monitoring Food Freshness.» *MDPI, Foods*, 7 August 2023.
45. Yasin Tadayonrad, Alassane Balle Ndiaye. «A new key performance indicator model for demand forecasting in inventory management considering supply chain reliability and seasonality.» *Supply Chain Analytics*, September 2023.
46. Zhifei Xiao, Jilai Wang, Lu Han, Shubiao Guo, Qinghao Cui. «Application of Machine Vision System in Food Detection.» *Frontiers*, 2022 May 2022.
47. Χρήστος, Γκόγκος. «Εξελιξη της μηχανικής μάθησης και της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και η επίδραση τους στην οικονομία.» 2022.