



**Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού
Τμήμα Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας
Κατεύθυνση Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ

Φοιτήτρια : ΑΡΓΥΡΩ ΖΑΖΑΝΗ

Επιβλέπων Καθηγητής : ΣΑΒΒΑΣ ΒΑΣΙΛΕΙΑΔΗΣ

Αθήνα 2022

Τα μέλη της Επιτροπής Αξιολόγησης της Πτυχιακής Εργασίας

Σάββας Βασιλειάδης

Χρυσούλα Γάτσου

Μάριος Τσιγώνιας

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η κάτωθι υπογεγραμμένη ΑΡΓΥΡΩ ΖΑΖΑΝΗ του ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ, με αριθμό μητρώου 14047 φοιτήτρια του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής της Σχολής του Τμήματος Γραφιστικής και Οπτικής Επικοινωνίας και κατεύθυνση Τεχνολογίας Γραφικών Τεχνών, δηλώνω υπεύθυνα ότι: «Είμαι συγγραφέας και σχεδιαστής αυτής της πτυχιακής/διπλωματικής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, σχεδίων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, σχεδιαστές/δημιουργούς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Φ/Η Δηλών/ούσα
ΖΑΖΑΝΗ ΑΡΓΥΡΩ

Υπογραφή


ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως θέμα την τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification) στη συσκευασία τροφίμων. Στόχος της εργασίας είναι η επεξήγηση και η ανάλυση της συγκεκριμένης τεχνολογίας.

Πιο συγκεκριμένα, στην εισαγωγή γίνεται αναφορά στον ορισμό της έξυπνης συσκευασίας, στις ανάγκες και τους στόχους.

Έπειτα, θα γίνει ανάλυση της τεχνολογίας RFID ως προς τον τρόπο λειτουργίας, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τέλος τον ρόλο και τον στόχο της χρήσης της τεχνολογίας στις συσκευασίες τροφίμων.

Ολοένα και περισσότερο οι τεχνολογικές εξελίξεις στο κλάδο της συσκευασίας προχωρούν με πολύ γρήγορο ρυθμό και οι βιομηχανίες προσπαθούν να ενσωματώσουν τεχνολογίες με καινοτόμες ιδέες στη συσκευασία ώστε να αποτελέσουν κομμάτι των τεχνολογικών και αναπτυξιακών εξελίξεων. Για να χαρακτηριστεί μια συσκευασία έξυπνη, θα πρέπει να φέρει κάποια μορφή τεχνολογίας πληροφοριακών συστημάτων, με πιο βασική και συνηθισμένη την ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (RFID). Η τεχνολογία RFID μας παρέχει τη δυνατότητα γρήγορης και εύκολης ανάγνωσης και αποθήκευσης πληροφοριών.

Η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή και ανάπτυξη στο βιομηχανικό και εμπορικό κλάδο καθώς αποτελεί τη πιο σύγχρονη εφαρμογή ταυτοποίησης και καλύπτει ανάγκες ιδιαίτερης σημασίας στις συσκευασίες τροφίμων, όπως την ιχνηλασιμότητα, τη καταλληλότητα και την βιωσιμότητα του προϊόντος.

Η έξυπνη συσκευασία χαρακτηρίζεται σαν μια καινοτομία, που παρέχει προστασία στα προϊόντα από ανεπιθύμητες ενέργειες, διαφυλάσσει την ποιότητα τους και συνάμα εμπνέει εμπιστοσύνη στους καταναλωτές για την αξιοπιστία των προϊόντων με την παροχή πληροφοριών για αυτά. Αυτό συμβαίνει με την χρήση χαρακτηριστικών υψηλής τεχνολογίας που ενσωματώνονται στις συσκευασίες.

Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται και καθιστούν μια συσκευασία “έξυπνη”, παρέχουν ασφάλεια και προστασία από χημικές, βιολογικές και φυσικές αλλοιώσεις του προϊόντος ενώ ταυτόχρονα τα τρόφιμα προστατεύονται από ενδεχόμενες μηχανικές βλάβες. Ακόμα, καθοριστικό ρόλο παίζει και η συσκευασία στη πώληση του προϊόντος καθώς καλείται να

πείσει τον καταναλωτή για την επιλογή του. Η έξυπνη συσκευασία εξυπηρετεί τόσο τον καταναλωτή, όσο και τον κατασκευαστή, τον πρώτο για την ασφάλεια που του προσφέρει λόγω των αυξημένων πληροφοριών αλλά και για την ευχρηστία και τον δεύτερο γιατί η έξυπνη συσκευασία συμβάλλει στο να προλαμβάνονται ή και να μειώνονται τυχόν προβλήματα κατά την παραγωγή, την αποθήκευση και την μεταφορά του προϊόντος.

Λέξεις Κλειδιά : Τεχνολογία RFID, τεχνολογική εξέλιξη, έξυπνη συσκευασία, συσκευασία τροφίμων, καταναλωτής, εφοδιαστική αλυσίδα, λιανικό εμπόριο

ABSTRACT

This dissertation is about the RFID technology of food packaging. The aim of this paper is to analyze this certain technology and its role while being used in the food packaging.

More specifically, the notion of smart packaging, its needs and goals are mentioned under the introductory section.

Afterwards, the RFID technology will be analyzed in terms of its operation, its technical characteristics and at the end the role and the goal of the usage of this technology for food packaging.

More and more technological advances in the sector of packaging are moving forward in a fast pace and the industries are trying to apply technologies with innovative ideas in regards to packaging so that they can be part of the technological and growth advances.

This certain technology can be applied and grow under the business and trade sector since it consists the most updated identification application and covers the needs of particular importance for food packaging as well as the sustainability of the product.

Smart packaging is described as an innovation that provides protection from unwanted actions for the products, safeguards their quality and inspires confidence to the consumers for the trustworthiness of the products as it provides information about them. This happens with the usage of high technology characteristics.

The systems used to make the packaging “smart”, provide security and protection from chemical, biological and natural product damage as well as food are protected from mechanical damages that may occur. Moreover, packaging plays a definitive role on selling the product, since it means to persuade the consumer for his choice. Smart packaging facilitates not only the consumer but also the constructor, the first one in terms of the protection that offers because of the increased information and ease to use, and for the second one because smart packaging contributes to prevent even to decrease any problems that might occur while producing and transferring the products.

Keywords: RFID technology, technological development, smart packaging, food packaging, consumer, supply chain, retail

Περιεχόμενα

Ευρετήριο Εικόνων	8
1 Εισαγωγή	11
1.1 Ορισμός έξυπνης συσκευασίας	11
1.2 Στόχος χρήσης έξυπνης συσκευασίας	12
1.3 Κατηγορίες Τεχνολογιών έξυπνης συσκευασίας	13
1.3.1 Τεχνολογία RFID	13
1.3.2 Ασύρματα δίκτυα αισθητήρων	14
1.3.3 Έξυπνα Υλικά και Συστήματα Χρονο-θερμοκρασιακών Δεικτών (TTI)	15
2 Η Τεχνολογία RFID	19
2.1 Ιστορική Εξέλιξη της Τεχνολογίας RFID	20
2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά της Τεχνολογίας RFID	21
2.2.1 Ετικέτες RFID	21
2.2.2 Κατηγορίες Ετικετών	21
2.2.3 Συσκευές Ανάγνωσης	24
2.2.4 Συχνότητες Λειτουργίας	25
2.3 Προβλήματα της Τεχνολογίας RFID	27
2.4 Πρότυπα	28
2.4.1 Κατηγορίες Πρότυπων	28
2.5 Πρωτόκολλα	29
2.6 Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα	29
3 Συσκευασίες Τροφίμων με Τεχνολογία RFID	32
3.1 Η χρήση της Τεχνολογίας κατά την εφοδιαστική αλυσίδα	33
3.2 Η χρήση της Τεχνολογίας στη συσκευασία τροφίμων	35
3.3 Υλικά Συσκευασίας Τροφίμων	37
3.4 Μελλοντικές Εφαρμογές της Τεχνολογίας	37
4 Επίλογος	40
5 Βιβλιογραφικές Αναφορές	43

Ευρετήριο Εικόνων

Εικ. 1 Δείκτης αλλαγής χρώματος που ελέγχει και δηλώνει τη φρεσκάδα του τροφίμου. Ο δείκτης σκουραίνει κατά τον προτεινόμενο χρόνο ζωής του προϊόντος.

(https://www.google.com/search?q=fresh+check+indicator&tbm=isch&ved=2ahUKEwiImfXwIYD2AhWSiP0HHc99DPoQ2-cCegQIABAA&oq=fresh+check+&gs_lcp=CgNpbWcQARgAMgQIABATMgQIABATMgQIABATMgYIABAEbMyCAgAEAUQHhATMggIABAIEB4QEzoHCCMQ7wMQJzoICAAQgAQQsQM6CwgAEIAEEL EDEIMBOgUIABCABDoKCCMQ7wMQ6gIQJzoHCAAQsQMQQzoECAAQzoECAAQHIDIBFizlQFgr Z8BaAFwAHgAgAHtBIgBkRySAQgwLjEzLjUtM5gBAKABAaoBC2d3cy13aXotaW1nsAEKwAEB&sclicent=img&ei=Bc4KYsiCBpKR9u8Pz_ux0A8&bih=730&biw=1517#imgrc=cKZNXQqce8dNoM&imgdii=IglG_dbh8ZZChM)

Εικ. 2 Δείκτης αλλαγής χρώματος σε συσκευασία τροφίμου που μεταβάλλεται ανάλογα με την προτεινόμενο χρόνο ζωής, το πότε ανοίχτηκε η συσκευασία και αν πρέπει να καταναλωθεί άμεσα.

(<https://www.printweek.com/news/article/insignia-fast-tracks-innovative-food-labelling-with-new-funding>)

Εικ. 3 Σύστημα λειτουργίας τεχνολογίας RFID

(https://www.researchgate.net/figure/A-System-model-of-RFID-systems_fig1_290194159)

Εικ. 4 Συσκευή ανάγνωσης χειρός και προϊόν με ενσωματωμένη ετικέτα RFID

(<https://ieeexplore.ieee.org/document/9084141>)

Εικ. 5 Σύστημα απομακρυσμένης ανάγνωσης ετικετών RFID σε πολλές ταυτόχρονα

(<https://www.atlasrfidstore.com/rfid-insider/create-optimal-short-range-rfid-system>)

Εικ. 6 Τοποθέτηση προϊόντων σε κατάσταση λιανικής πώλησης

(<https://www.jungheinrich.gr/%CF%83%CF%87%CE%B5%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC-%CE%BC%CE%B5-%CE%B5%CE%BC%CE%AC%CF%82/blog/%CE%B5%CF%86%CE%BF%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE-%CE%B1%CE%BB%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B4%CE%B1-%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CE%AF%CE%BC%CF%89%CE%BD-874840>)

Εικ. 7 Έλεγχος καταμέτρησης αποθέματος με την χρήση της τεχνολογίας RFID

(<https://tse4.explicit.bing.net/th?id=OIP.TDRp6DjSo3KcHPTLHWOnZQHaEe&pid=Api&P=0&w=269&h=162>)

Εικ. 8 Συσκευασία τροφίμου με ενσωματωμένη ετικέτα RFID και συγκεκριμένη θερμοκρασία συντήρησης

(<https://www.designerpeople.com/blog/food-packaging-demand-booms/>)

Εικ. 9 Συσκευασία κρέατος με διαδραστική ετικέτα λήξης του τροφίμου

(<https://www.printedelectronicsworld.com/articles/22394/fighting-food-waste-with-printed-intelligent-expiry-date-label>)

Εικ. 10 Δείκτης αλλαγής χρώματος ανάλογα με την φρεσκότητα του τροφίμου

(<https://www.nanopack.eu/2018/02/09/future-packaging-already/>)

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας θα γίνει αναφορά στο τι ορίζεται ως έξυπνη συσκευασία και τι μετατρέπει μια κλασική συσκευασία σε έξυπνη και την καθιστά καινοτόμα, τα οφέλη, τις δυνατότητες και που αποσκοπεί η χρήση της έξυπνης συσκευασίας στα προϊόντα. Ακόμα θα γίνει ανάλυση σχετικά με τις τεχνολογίες χρησιμοποιούνται στις συσκευασίες αυτές, που τις μετατρέπουν σε έξυπνες. Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση της τεχνολογίας RFID, από ποια μέρη απαρτίζεται, πως λειτουργεί και ποια είναι τα απαραίτητα χαρακτηριστικά για την λειτουργία της. Επιπλέον θα γίνει αναφορά για το ποια πρότυπα διακρίνονται και ποια πρωτόκολλα ακολουθούνται αλλά και τεχνικά προβλήματα που εμφανίζονται. Επίσης ένα ακόμα σημαντικό κομμάτι που θα γίνει αναφορά είναι η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα που παρέχει η τεχνολογία. Τέλος, θα γίνει εκτενής αναφορά στα χαρακτηριστικά που προσδίδει και στα οφέλη που παρέχει η τεχνολογία στις συσκευασίες τροφίμων.

1.1 Ορισμός Έξυπνης Συσκευασίας

Μιλώντας για μια συσκευασία κάποιος, έχει στο νου του γνωρίζοντας τη χρήση αυτής, ότι οι καταναλωτές μπορούν να αντλούν πληροφορίες σχετιζόμενες με το προϊόν. Η ενσωμάτωση επιπλέον χαρακτηριστικών και τεχνολογιών έδωσε νέες διαστάσεις στον όρο συσκευασία, καθιστώντας τέτοιες συσκευασίες με αυτά τα χαρακτηριστικά ενεργητικές και έξυπνες.

Έτσι, ως έξυπνες συσκευασίες χαρακτηρίζονται εκείνες οι συσκευασίες στις οποίες τοποθετούνται υπολογιστικά συστήματα, τα οποία δίνουν τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν και να δίνουν πληροφορίες για το προϊόν για τη φρεσκότητα, τη ποιότητα και οποιαδήποτε αλλοίωση στο προϊόν ή και στη συσκευασία, στον καταναλωτή και στον προμηθευτή.[1]

1.2 Στόχος Χρήσης Έξυπνης Συσκευασίας

Οι ανάγκες των καταναλωτών και των παραγωγών μεταβάλλονται συνεχώς, καθώς εξελίσσεται τεχνολογικά η καθημερινότητα, έτσι αυξάνονται και οι απαιτήσεις στη συσκευασία.

Σε μια καθημερινότητα όπου εισβάλλουν όλο και περισσότερο τα τεχνολογικά μέσα και οι συσκευές, γίνεται προσπάθεια για την αξιοποίηση τους σε σχέση με τις ανάγκες της καθημερινότητας ώστε να μας βοηθήσουν σε πρακτικά θέματα, όπως για παράδειγμα η ανάγνωση ετικετών, μέσω της τεχνολογίας RFID, με την χρήση τεχνολογικών μέσων.

Στόχος της έξυπνης συσκευασίας ως προς τους καταναλωτές είναι η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων, παρέχοντας επιπλέον πληροφορίες για το ποια είναι η κατάσταση του προϊόντος φεύγοντας από την βιομηχανία παραγωγής και καταλήγοντας στο σημείο διανομής. Τεχνολογίες όπως το RFID, τα δίκτυα αισθητήρων και οι ειδικές τεχνικές ένδειξης φρεσκάδας, όπως για παράδειγμα δείκτες χρόνου και θερμοκρασίας, παρέχουν μεγαλύτερη αίσθηση ασφάλειας στον καταναλωτή, καθώς αναγνωρίζουν αλλοιώσεις στα τρόφιμα όταν δεν είναι διακριτό.

Σαφέστατα όμως και ως προς τον παραγωγό η επιλογή χρήσης της έξυπνης συσκευασίας στα προϊόντα του αποφέρει πολλά οφέλη. Μπορεί το κόστος που επωμίζονται οι κατασκευαστές για τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών να είναι αρκετά μεγάλο αλλά τα πλεονεκτήματα συγκριτικά με μια κλασική συσκευασία είναι πολλά. Ως στόχο λοιπόν οι συσκευασίες αυτές θέτουν την αποτροπή λαθών καθ' όλη τη διάρκεια της παραγωγής μέχρι και το προϊόν να φτάσει στο σημείο διανομής.

Κατά τη διαδικασία μεταφοράς του προϊόντος από το σημείο παραγωγής στο σημείο παράδοσης με τη χρήση της τεχνολογίας RFID προλαμβάνονται δυσμενείς καταστάσεις όπως λάθος διαχείριση αποθεμάτων, αξιοπιστία παράδοσης – παραλαβής καθώς η ιχνηλασιμότητα και η ανάκληση προϊόντων.

Με τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας η διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας τείνει να γίνει πιο ευέλικτη και ολοένα και περισσότερο να εκσυγχρονίζεται, να παρέχει ταχύτητα, ασφάλεια και ευχρηστία, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλη πρόοδος στη παραγωγικότητα.[1,8,12,14]

1.3 Κατηγορίες Τεχνολογιών Έξυπνης Συσκευασίας

Οι έξυπνες συσκευασίες διαφοροποιούνται από τις κλασσικές συσκευασίες διότι φέρουν τεχνολογίες που τους παρέχουν επιπλέον λειτουργίες και χαρακτηριστικά, τα οποία τους επιτρέπουν να συνδέονται με πληροφοριακά συστήματα. Η τεχνολογία RFID και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι αυτά τα οποία φαίνεται να είναι πιο συχνή η χρήση τους. Τα δίκτυα αισθητήρων και η RFID τεχνολογία πολλές φορές έχουν συνδυαστεί σε εφαρμογές που αφορούν την συσκευασία. Ακόμα, στις έξυπνες συσκευασίες χρησιμοποιούνται και τα έξυπνα υλικά τα οποία έχουν αφήσει και αυτά το στίγμα τους σε αρκετές εφαρμογές.

1.3.1 Τεχνολογία RFID

Η τεχνολογία RFID (Radio Frequency Identification) είναι ένα σύστημα ταυτοποίησης μέσω ραδιοσυχνοτήτων, έχει δηλαδή την ικανότητα μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων να επιτυγχάνεται η ανταλλαγή δεδομένων. Η τεχνολογία αυτή παρέχει ευκολία στον τρόπο διαχείρισης και ανίχνευσης σε προϊόντα και αντικείμενα κατά την εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και σε εφαρμογές της καθημερινότητας.

Η τεχνολογία έχει βρει εφαρμογή σε πολλούς κλάδους όπως στην ιατρική, στη μηχανική, στην εφοδιαστική αλυσίδα προϊόντων αλλά και σε διάφορες συναλλαγές. Ακόμα, στον έλεγχο διακίνησης εξοπλισμού και σε έξυπνες κάρτες. Τέλος, μια ακόμα εφαρμογή που βρίσκεται σε εξέλιξη είναι αυτή της ετικέτας που τοποθετείται πάνω στις συσκευασίες και παρέχει πληροφορίες για το προϊόν .[14,16,18,23,27,29]

1.3.2 Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν μονοπωλήσει το ενδιαφέρον, καθώς σε συνεργασία με την τεχνολογία RFID έχουν εξελίξει την χρήση τους στον τομέα της συσκευασίας.

Η τεχνολογία αυτή στοχεύει στη προστασία της ποιότητας των προϊόντων αλλά και στη παρακολούθηση τους.

Η τεχνολογία αυτή βασίζεται στους κόμβους όπου αποτελείται ένα δίκτυο αισθητήρων, οι κόμβοι είναι μεταξύ τους συνδεδεμένοι και επικοινωνούν. Οι αισθητήρες έχουν την ικανότητα να ελέγχουν και να καταγράφουν διάφορες καταστάσεις, όπως για παράδειγμα τη θερμοκρασία, την πίεση αλλά και την ένταση του φωτός. Οι κόμβοι συλλέγουν τα στοιχεία τα οποία καταλήγουν στον κεντρικό κόμβο, και μεταβιβάζονται στα συστήματα διαχείρισης. Ο κόμβος φέρει έναν μικροεπεξεργαστή που είναι υπεύθυνος για το σύνολο των διαδικασιών που διενεργούνται και επιτρέπουν στον κόμβο να επικοινωνεί με τους υπόλοιπους μέσω ραδιοσυχνοτήτων.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων έχουν βρει εφαρμογή σε πολλούς τομείς όπως για παράδειγμα η μέτρηση σταθερότητας κτηρίων, οι κλιματικές αλλαγές αλλά και ο έλεγχος κυκλοφορίας. Ακόμα, η συγκεκριμένη τεχνολογία εξυπηρετεί σε πολύ μεγάλο βαθμό στην ανάγνωση της ετικέτας της έξυπνης συσκευασίας καθώς καλύπτει μεγαλύτερη απόσταση.

Ο συνδυασμός της τεχνολογίας αυτής με την τεχνολογία RFID παρέχει καλύτερο αποτέλεσμα, δηλαδή η ετικέτα και η συσκευή ανάγνωσης έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν από μεγαλύτερη απόσταση.

Η ανάγκη αυτή, συνεχούς καταγραφής στοιχείων της ποιότητας του προϊόντος θέτει σε εφαρμογή το συνδυασμό των δυο τεχνολογιών και στη συσκευασία τροφίμων όπου πρέπει να παρέχει συνεχή πληροφόρηση κατά τη μεταφορά αλλά και την αποθήκευση των προϊόντων για τυχόν αλλοίωση ή αποσύνθεση του τρόφιμου. [1,16,17,18]

1.3.3 Έξυπνα Υλικά και Συστήματα Χρονο-θερμοκρασιακών Δεικτών (TTI)

Η χρήση έξυπνων υλικών στη συσκευασία προσδίδει ιδιότητες και χαρακτηριστικά που αναδεικνύονται σε συνδιασμό με τις παραπάνω τεχνολογίες (RFID και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων). Επίσης, κάποια συστήματα όπως οι δείκτες, προσφέρουν στην συσκευασία επιπλέον δυνατότητες, όπως τον έλεγχο της θερμοκρασίας του προϊόντος τη δεδομένη στιγμή και την σήμανση της ποιότητα του τρόφιμου. Τα έξυπνα υλικά και οι δείκτες είναι αυτά που καθίστανται υπεύθυνα και επιτρέπουν σε μία συσκευασία να χαρακτηριστεί έξυπνη, όταν αυτά αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον αλλά και με το ίδιο το προϊόν μπορούν να μας παρέχουν πληροφορίες για τη θερμοκρασία, την υγρασία ή για το pH. Κάποια έξυπνα υλικά είναι τα παρακάτω[1,12,13,14,22] :

Θερμοχρωμικά μελάνια

Τα θερμοχρωμικά μελάνια λειτουργούν με κύριο γνώμονα την υπεριώδη ακτινοβολία, καθώς αλληλοεπιδρούν με το περιβάλλον έχουν την ικανότητα να μεταβάλλουν το χρώμα τους στις θερμικές αλλαγές. Στις έξυπνες συσκευασίες τα θερμοχρωμικά μελάνια έχουν βρει εφαρμογή, καθώς αλλάζουν χρώμα όταν η θερμοκρασία του εσωτερικού της συσκευασίας μεταβάλλεται. [34]

Πιεζοηλεκτρικά υλικά

Ο πιεζοηλεκτρισμός είναι ικανότητα που έχουν κάποια υλικά στο να παράγουν ηλεκτρική τάση όταν τους ασκείται μηχανική πίεση. Καθώς όμως μπορεί να συμβεί και το αντίθετο, τα

υλικά να χάνουν το σχήμα τους όταν δεχθούν ηλεκτρική τάση. Τα υλικά αυτά έχουν βρει εφαρμογή στο κλάδο της συσκευασίας όντας ένα είδος πηγής ενέργειας. Ακόμα η χρήση τέτοιων υλικών σε ετικέτες μπορεί να μας ενημερώσει για το αν στο προϊόν έχει ασκηθεί πίεση ή για το αν το προϊόν έχει υποστεί βλάβες καθώς μετά από τέτοιες συνθήκες μεταβάλλεται το σχήμα της συσκευασίας του. [35]

Χρονο-θερμοκρασιακοί Δείκτες (TTI)

Οι δείκτες σε μια συσκευασία είναι η πρώτη ένδειξη που θα μπορούσε να επισημάνει στον καταναλωτή δεδομένα για την ποιότητα του προϊόντος, μέσω μιας ορατής χρωματικής μεταβολής. Οι δείκτες έχουν την ικανότητα να ενημερώνουν για τη ακεραιότητα του προϊόντος, για τη φρεσκάδα αλλά και για τη θερμοκρασία. Στην έξυπνη συσκευασία παίζουν καθοριστικό ρόλο για την εξασφάλιση ποιότητας και ασφάλειας, καθώς μας δηλώνουν αν η συσκευασία έχει υποστεί κάποια φθορά και το προϊόν είναι εκτεθειμένο αλλά και αν το προϊόν έχει υποστεί κάποια μεταβολή που ευθύνεται για την αλλοίωση του. [1,9,12,15,22]

Fresh-Check[®] Indicator

Extra Check ✓ for freshness™



Εικόνα 1 : Δείκτης αλλαγής χρώματος που ελέγχει και δηλώνει τη φρεσκάδα του τροφίμου. Ο δείκτης σκουραίνει κατά τον προτεινόμενο χρόνο ζωής του προϊόντος.

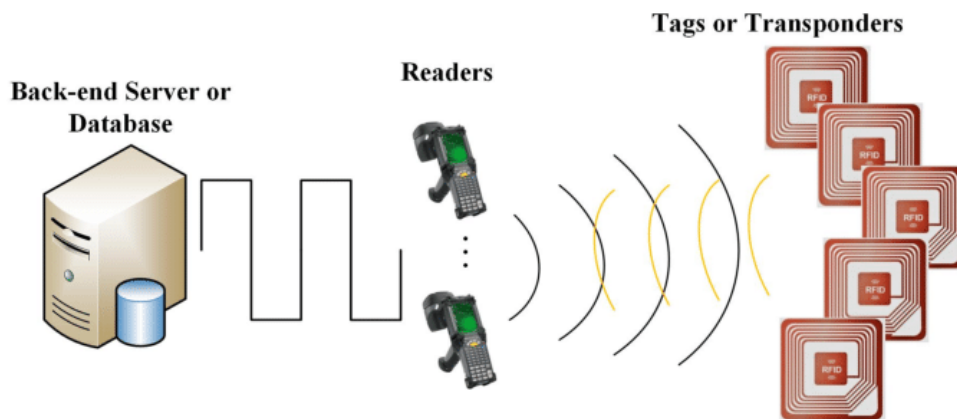


Εικόνα 2 : Δείκτης αλλαγής χρώματος σε συσκευασία τροφίμου που μεταβάλλεται ανάλογα με την προτεινόμενο χρόνο ζωής, το πότε ανοίχτηκε η συσκευασία και αν πρέπει να καταναλωθεί άμεσα.

Κεφάλαιο 2 – Η Τεχνολογία RFID

Η Τεχνολογία RFID

Το RFID είναι η συντομογραφία του όρου Radio Frequency Identification, όπου στα ελληνικά αποδίδεται ως σύστημα ταυτοποίησης μέσω των ραδιοσυχνοτήτων. Η εν λόγω τεχνολογία χαρακτηρίζεται πλέον ως το πιο αποτελεσματικό και σύγχρονο μέσο ηλεκτρονικής ταυτοποίησης και ανήκει στις τεχνολογίες αυτόματης αναγνώρισης και συλλογής δεδομένων. Χρησιμοποιείται για την αναγνώριση αντικειμένων με τη χρήση ραδιοκυμάτων και μάλιστα θεωρείται η εξέλιξη του γραμμωτού κώδικα (barcode). Με τη τεχνολογία αυτή μεταφέρονται τα δεδομένα της ετικέτας του αντικειμένου στη συσκευή ανάγνωσης και σαν ασύρματο σύστημα επικοινωνίας, δίνει τη δυνατότητα στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές να εντοπίζουν την ταυτότητα των ετικετών από απόσταση. Ένα σύστημα RFID απαρτίζεται από δύο βασικά μέρη, μια συσκευή ανάγνωσης (reader) και μια ετικέτα (tag). [5,14,18,26,29,32]



Εικόνα 3 : Σύστημα λειτουργίας τεχνολογίας RFID

2.1 Ιστορική Εξέλιξη της Τεχνολογίας RFID

Η τεχνολογία της ηλεκτρονικής ταυτοποίησης πρωτοεμφανίστηκε και χρησιμοποιήθηκε σε πολεμικά αεροσκάφη της Βρετανίας στον Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο, το 1935 ο σκωτσέζος φυσικός Robert Alexander Watson-Watt εφηύρε και κατασκεύασε το πρώτο σύστημα σε όφελος του να μπορούν να αναγνωρίζονται τα φιλικά ή εχθρικά αεροσκάφη.

Από εκεί και έπειτα ακολούθησαν πολλές δεκαετίες που έγιναν προσπάθειες για τη βελτίωση της τεχνολογίας, καθώς γινόντουσαν έρευνες και πειράματα για τα χαρακτηριστικά και τις τεχνικές της.

Τη δεκαετία 1980 τέθηκε σε εφαρμογή πλέον ολοκληρωμένη η τεχνολογία. Στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη κίνησε αρκετά το ενδιαφέρον και εφαρμόστηκε σε πολλούς κλάδους.

Σημείο σταθμό για τη τεχνολογία αποτέλεσε η δεκαετία του 1990 γιατί αναπτύχθηκε η ηλεκτρονική συλλογή διοδίων στις ΗΠΑ, που το 1991 άνοιξε το πρώτο σύστημα συλλογής διοδίων παγκόσμια σε αυτοκινητόδρομο. Τη δεκαετία αυτή επακολούθησαν και άλλες σημαντικές εφαρμογές της RFID, ενώ από εκεί και ύστερα άρχισε να γίνεται εκτεταμένη χρήση της τεχνολογίας και σήμερα είναι πλέον μέρος της καθημερινότητας.[3,29]

2.2 Τεχνικά χαρακτηριστικά της Τεχνολογίας RFID

2.2.1 Ετικέτες (tags) RFID

Στην τεχνολογία αυτή, για να μπορέσει να αναγνωριστεί ένα αντικείμενο στο σύστημα RFID, θα πρέπει να φέρει μια ετικέτα (tag) που εκεί αποθηκεύονται πληροφορίες για το αντικείμενο όπως και ένας σειριακός αριθμός αναγνώρισης. Τα μέρη από τα οποία αποτελείται μια τέτοια ετικέτα είναι ένα ένθεμα που φέρει ένα ηλεκτρονικό τσιπ και αποτελεί ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα για την αποθήκευση και την επεξεργασία των πληροφοριών. Το τσιπ συνδέεται με μία κεραία για τη λήψη και τη μετάδοση σήματος. Επιπλέον βασικό μέρος μιας ετικέτας είναι το προστατευτικό κάλυμμα, στο οποίο είναι και ενσωματωμένη. Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη δημιουργία αυτού του προστατευτικού καλύμματος είναι είτε πλαστικό είτε γυαλί, ανάλογα με το αν η εφαρμογή της απαιτεί εύκαμπτο ή άκαμπτο κάλυμμα. Συνήθως, το γυάλινο κάλυμμα χρησιμοποιείται στις ετικέτες που έχουν τη μορφή μικροτσίπ και ονομάζονται γυάλινοι σωλήνες (glass tubes). Ακόμα, ένα μέρος που θα μπορούσε να έχει μια ετικέτα είναι η μπαταρία, ανάλογα σε ποια κατηγορία συγκαταλέγεται και αυτός είναι ο λόγος που διαχωρίζονται. Οι τέσσερις κατηγορίες είναι οι ενεργές, οι παθητικές, οι ημι-παθητικές ετικέτες και οι ετικέτες χωρίς τσιπ. [5,21,26,45,33]

2.2.2 Κατηγορίες Ετικετών

1. Ενεργές Ετικέτες (Active tags)

Οι ενεργές ετικέτες αποτελούνται από ένα κύκλωμα, μια κεραία και μια μπαταρία. Η λειτουργία του κυκλώματος και η μετάδοση του σήματος στον αναγνώστη βασίζεται στη μπαταρία. Οι ενεργές ετικέτες έχουν τη δική τους πηγή ενέργειας, και αυτό ωφελεί στην

εμβέλεια αναμετάδοσης. Ωστόσο, η χρήση της μπαταρίας στην ετικέτα αυξάνει κατά πολύ το κόστος παραγωγής. Επιπλέον, ο χρόνος λειτουργίας και η διάρκεια ζωής της είναι περιορισμένα.[5,26]

2. Παθητικές Ετικέτες (Passive tags)

Οι παθητικές ετικέτες συγκριτικά με τις ενεργές, δεν διαθέτουν μπαταρία. Έτσι, για να δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα μέσω της κεραίας, αντλεί ενέργεια από τον αναγνώστη ο οποίος στέλνει ραδιοκύματα τα οποία προκαλούν ηλεκτρικό ρεύμα στο κύκλωμα της ετικέτας. Μπορεί οι παθητικές ετικέτες να είναι απλούστερες στη χρήση και πολύ πιο οικονομικές σε σχέση με τις ενεργές και το μέγεθός τους πολύ μικρότερο λόγω του ότι δεν διαθέτουν δική τους πηγή ενέργειας, αλλά το μέγεθος των δεδομένων που αποθηκεύει και αναμεταδίδει είναι πολύ περιορισμένο όπως και τα μέτρα εμβέλειας που αναμεταδίδει περιορίζονται.[5,26]

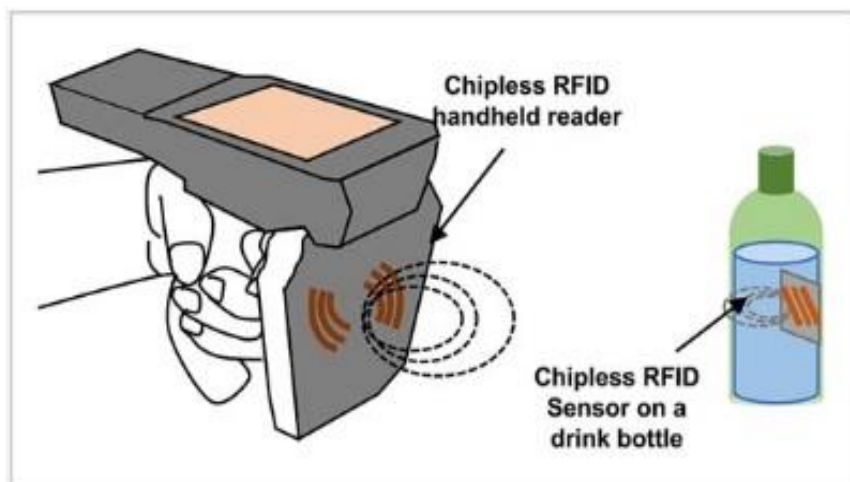
3. Ημι-παθητικές (Semi passive tags)

Οι ημι-παθητικές ετικέτες είναι δομημένες και επικοινωνούν όπως οι παθητικές, με τη μόνη διαφορά ότι οι ημι-παθητικές έχουν μπαταρία όπως οι ενεργές. Παρ' όλα αυτά στις ημι-παθητικές ετικέτες η πηγή ενέργειας δεν μεταδίδει σήμα στον αναγνώστη αλλά επιτρέπει τη λειτουργία του κυκλώματος όταν λαμβάνει σήμα από αυτόν.[5,26]

4. Ετικέτες χωρίς τσιπ (Chipless tags)

Οι ετικέτες που δεν διαθέτουν τσιπ, εκτυπώνονται απευθείας στα προϊόντα και στις συσκευασίες και βασίζονται στην τεχνολογία surface acoustic wave (SAW), που στα ελληνικά αποδίδεται ως επιφανειακά ακουστικά κύματα. Η ετικέτα σε αυτή την περίπτωση

έχει έναν κωδικό ταυτοποίησης και τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε αυτή χρησιμοποιούνται μόνο για ανάγνωση και δεν μπορούν να μεταβληθούν. [32]



Εικόνα 4 : Συσκευή ανάγνωσης χειρός και προϊόν με ενσωματωμένη ετικέτα RFID

Γενικές Πληροφορίες των Ετικετών

Η λειτουργία της ετικέτας επηρεάζεται άμεσα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν. Για παράδειγμα, η θερμοκρασία και η υγρασία είναι βασικοί παράγοντες για την μη σωστή λειτουργία τους, καθώς οι ετικέτες προϋποθέτουν συγκεκριμένες τιμές και ποσοστά ανάλογα με το τι ορίζει ο εκάστοτε κατασκευαστής. Ο παραπάνω λόγος αποτελεί βασικό μειονέκτημα της χρήσης τους λόγω του ότι οι παράγοντες αυτοί αυξομειώνονται και μεταβάλλονται κατά την αποθήκευση και μεταφορά του προϊόντος.

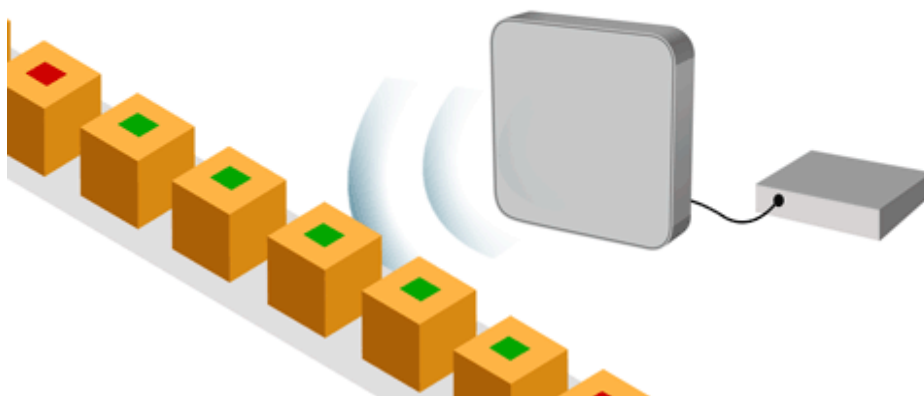
Ακόμα ένα χαρακτηριστικό που διαθέτουν οι ετικέτες είναι η μνήμη που περιέχουν. Στις ετικέτες χρησιμοποιείται μνήμη ανάγνωσης-γραφής τυχαίας προσπέλασης (random access memory – RAM), η συγκεκριμένη μνήμη είναι προσωρινής αποθήκευσης ψηφιακών δεδομένων, όπου επιτρέπεται η πρόσβαση στα αποθηκευμένα δεδομένα και η μεταβολή αυτών. Αν η ετικέτα δεν έχει μνήμη, η χρήση της περιορίζεται στο να ενημερώνει για την ύπαρξη του προϊόντος.

2.2.3 Συσκευές Ανάγνωσης

Οι συσκευές ανάγνωσης είναι ένα ακόμα βασικό μέρος της RFID τεχνολογίας καθώς με αυτές γίνεται η αναγνώριση των ετικετών, δηλαδή διαβάζουν και συλλέγουν τα δεδομένα που περιέχουν. Η συσκευή ανάγνωσης αποτελείται από δύο μέρη. Μια κεραία, που είτε είναι ενσωματωμένη στη συσκευή είτε βρίσκεται εξωτερικά και μια μονάδα ελέγχου, που ευθύνεται για την αποστολή και τη λήψη σημάτων, την ανάγνωση και εγγραφή ετικετών που πραγματοποιούνται μέσω ενδιάμεσου λογισμικού αλλά και την επικοινωνία με το πληροφοριακό σύστημα. Μια τέτοια συσκευή μπορεί να είναι είτε φορητή είτε σταθερή. Τη φορητή συσκευή ανάγνωσης τη διαχειρίζεται ο χρήστης χειροκίνητα ενώ οι σταθερές τοποθετούνται σε σημεία που διέρχονται τα προϊόντα και με το πέρασμα αυτών από κοντινή απόσταση ανιχνεύονται.

Ακόμα δυο κατηγορίες συσκευών είναι οι γραμμικές και οι κυκλικές συσκευές ανάγνωσης.

Οι δύο αυτές κατηγορίες λαμβάνουν τα σήματα από τις κεραίες των ετικετών ωστόσο διαχωρίζονται μεταξύ τους στον τρόπο με τον οποίο εκπέμπουν η καθεμιά τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Οι γραμμικές συσκευές έχουν μεγαλύτερη εμβέλεια ανάγνωσης γιατί παίρνουν σήματα από τις κεραίες που έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση που εκπέμπουν ραδιοκύματα, ενώ οι κυκλικοί αναγνώστες παίρνουν σήμα από τις ετικέτες που δεν έχουν συγκεκριμένη θέση λόγω του ότι τα πεδία που εκπέμπουν δεν έχουν συγκεκριμένη κατεύθυνση. [5,26]



Εικόνα 5 : Σύστημα απομακρυσμένης ανάγνωσης ετικετών RFID σε πολλές ταυτόχρονα

2.2.4 Συχνότητες Λειτουργίας

Η συσκευή ανάγνωσης και η ετικέτα επικοινωνούν μέσω ραδιοκυμάτων, των οποίων οι συχνότητες που εκπέμπουν είναι συγκεκριμένες. Αντίστοιχα με την περίπτωση της εφαρμογής η τιμή συχνότητας διαφοροποιείται λόγω του ότι κάθε σύστημα RFID ανάλογα με τη ζώνη συχνότητας λειτουργεί διαφορετικά. Η ταχύτητα ανταλλαγής δεδομένων, η λειτουργικότητα και η επαφή των ραδιοκυμάτων με το προϊόν μεταβάλλεται ανάλογα με τη συχνότητα που επιλέγεται. Η νομοθεσία της κάθε χώρας επιτρέπει συγκεκριμένες ζώνες συχνότητας, έτσι από χώρα σε χώρα οι τιμές αλλάζουν.[11,26,32]

Βασικές Ζώνες Συχνότητας :

1) Χαμηλή Συχνότητα (Low Frequency)

Σε μια συσκευή RFID το εύρος χαμηλής συχνότητας διαφοροποιείται ανάλογα με την επιλογή του κατασκευαστή. Το εύρος κυμαίνεται από 30 μέχρι 500 kHz, το πιο σύνηθες όμως είναι περίπου 125 kHz.

Τα συστήματα που εκπέμπουν σε αυτή την συχνότητα, έχουν εμβέλεια μικρότερη, αλλά και χαμηλό κόστος. Συνήθως, η λειτουργία τους δεν απαιτεί τη χρήση μπαταρίας από τις ετικέτες, λόγω του ότι απαιτούν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.

Δεν επηρεάζονται από την ύπαρξη περιβαλλοντικών στοιχείων, όπως χιόνι, λάσπη, σκόνη, υγρών αλλά και μετάλλων. Η χρήση των ετικετών χαμηλής συχνότητας ενδείκνυται για αντικείμενα όπου έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία, όπως για παράδειγμα τα φρούτα.[11,26,32]

2) Υψηλή Συχνότητα (High Frequency)

Τα συστήματα υψηλής συχνότητας κυμαίνονται στα 10-15 MHz, αλλά πιο σύνηθες είναι στα 13,56 MHz. Τα συστήματα αυτά καλύπτουν μεγαλύτερη εμβέλεια και έχουν μεγαλύτερες ταχύτητες. Το κόστος του δεν διαφέρει πολύ από τα συστήματα χαμηλής συχνότητας.

Σε ένα σύστημα υψηλής συχνότητας χρησιμοποιούνται παθητικές ετικέτες και χρησιμοποιούνται σε μεταλλικά αντικείμενα με εξαιρετική απόδοση. Η μέγιστη απόσταση εμβέλειας είναι από 10 cm μέχρι 1,5 m.[11,26,32]

3) Πολύ Υψηλή Συχνότητα (Ultra High Frequency)

Τα συστήματα πολύ υψηλής συχνότητας εκπέμπουν από 400 MHz μέχρι 1000 MHz και από 2.4 GHz έως και 2.5 GHz. Το κόστος του είναι αρκετά μεγαλύτερο, αλλά και το εύρος ανάγνωσης και η ταχύτητα πολύ υψηλή. Σε σχέση με τις προηγούμενες δυο συχνότητες, στην Ultra High Frequency χρησιμοποιούνται και παθητικές και ενεργές ετικέτες αλλά και δεν αποδίδουν στην παρουσία υγρού και μετάλλου.[11,26,32]

4) Μικροκυματική Συχνότητα (Microwave Frequency)

Στη ζώνη της μικροκυματικής συχνότητας εκπέμπει από 2.45 GHz έως και 5,8 GHz. Τα συστήματα αυτής της κατηγορίας είναι αρκετά μεγάλα λόγω της χρήσης συγκεκριμένου υλικού, χρησιμοποιούνται παθητικές και ημι-παθητικές ετικέτες και ένα περιβάλλον με υγρά και μέταλλα δεν ευνοεί στην απόδοσή τους.[11,26]

2.3 Προβλήματα της Τεχνολογίας RFID

Η τεχνολογία πέρα από τα πολλά πλεονεκτήματα που προσφέρει στο κλάδο της συσκευασίας εμφανίζει και πολλά τεχνικά προβλήματα. Παρουσιάζονται αρκετά προβλήματα όσο αναφορά την επικοινωνία της ετικέτας με τη συσκευή ανάγνωσης και αυτό συμβαίνει γιατί οι ραδιοσυχνότητες που λειτουργεί η τεχνολογία επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, όπως το μέρος που είναι τοποθετημένο το σύστημα αλλά και από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν, όπως η υγρασία ή η θερμοκρασία, μπορεί εξίσου να επηρεάσουν την επικοινωνία. Η ανάγνωση των ετικετών που είναι τοποθετημένες σε αγώγιμα υλικά όπως το μέταλλο, επίσης αντιμετωπίζουν πρόβλημα.

Ακόμα, η διασφάλιση της ιδιωτικότητας αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα, αλλά και το υψηλό κόστος υλοποίησης της τεχνολογίας είναι κάτι που απασχολεί.

Επιπλέον, δεν υπάρχουν ετικέτες που καλύπτουν όλες τις εφαρμογές και για κάθε μια από αυτές θα πρέπει να προγραμματίζεται και να σχεδιάζεται ανάλογα με χρήση του υλικού του αντικειμένου αλλά και από το περιβάλλον που προορίζεται η χρήση του.

2.4 Πρότυπα

Λόγω του ότι η τεχνολογία λειτουργεί με ραδιοσυχνότητες, απαιτούνται πρότυπα για την υιοθέτηση εύρους συχνοτήτων για την τεχνολογία αλλά και για τα επίπεδα εκπομπής.

Οργανισμοί ανάπτυξης πρότυπων [23] :

- Παγκόσμιος Οργανισμός Προτυποποίησης (International Organization for Standardization, ISO)
- Παγκόσμιο Ηλεκτροτεχνικό Συμβούλιο (International Electro-technical Council, IEC)
- Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Πρότυπων Τηλεπικοινωνιών (European Telecommunications Standards Institute, ETSI)
- Ηλεκτρονικών Κωδικών Προϊόντων (Electronic Product Code, EPC)

2.4.1 Κατηγορίες Προτύπων

Τα πρότυπα που έχουν ορισθεί για την τεχνολογία RFID, χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με το ποια είναι η αρμοδιότητα του καθενός. [23]

1. Για τα δεδομένα που περιέχονται στο ενδιάμεσο λογισμικό της τεχνολογίας RFID, τα πρότυπα είναι ISO/IEC 15961, ISO/IEC 15962, ISO/IEC 15963, ISO/IEC 15418, ISO/IEC 15434
2. Τα τεχνικά πρότυπα λειτουργίας και η επικοινωνία του αναγνώστη με τη ετικέτα ορίζονται από το ISO/IEC 18000
3. Τα πρότυπα για την εφαρμογή και την υλοποίηση της τεχνολογίας είναι ISO/IEC 18001, ISO/IEC 18185, ISO/IEC 23389, ISO 10374, ISO11785, ISO 21007

4. Τα πρότυπα που ορίζουν τους κανόνες ελέγχου είναι ISO/IEC TR 18046, ISO/IEC 18047
5. Τα πρότυπα που ορίζουν την ορολογία είναι ISO/IEC 19762

2.5 Πρωτόκολλα

Τα πρότυπα που θέτουν οι παραπάνω οργανισμοί, απαιτούν τον ορισμό πρωτοκόλλων.

Τα πρωτόκολλα αφορούν το ενδιαμέσο λογισμικό που καθορίζει τον τρόπο λειτουργίας των δεδομένων και των οδηγιών. Τα προϊόντα θα πρέπει να υπακούν και να προσαρμόζονται στα πρότυπα που ορίζονται για τη μεταφορά, την αποθήκευση, τη μορφή δεδομένων που αποθηκεύεται στις ετικέτες ραδιοσυχνοτήτων και τον τρόπο επικοινωνίας της ετικέτας και του αναγνώστη.[23,30]

2.6 Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα

Στη τεχνολογία RFID, λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της λειτουργίας της, δημιουργούνται ορισμένα ζητήματα ασφάλειας.

Η ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων αφορά τη διασφάλιση των πληροφοριών και την εξασφάλιση της χρήσης αποκλειστικά και μόνο εξουσιοδοτημένων συσκευών, με σκοπό την προστασία των δεδομένων αλλά και τη διάθεση αξιόπιστων πληροφοριών. Όπως επίσης θα πρέπει να διασφαλίζεται και το ιδιωτικό απόρρητο καθώς παραβιάζεται όταν χρησιμοποιούνται μη πιστοποιημένες συσκευές ανάγνωσης αλλά και για τη μη ενημέρωση ανάγνωσης προσωπικών στοιχείων του ιδιοκτήτη μέσω του αναμεταδότη. Τα γεγονότα αυτά επιδρούν στη διαρροή προσωπικών δεδομένων.

Η ανάπτυξη συστημάτων που θα παρέχουν εμπιστοσύνη, υπευθυνότητα, ακεραιότητα και ιδιωτικότητα, χρήζει άμεσης ανάγκης σχεδίασης για την επίλυση των ζητημάτων αυτών καθώς δημιουργείται προβληματισμός και από την πλευρά των εμπόρων λιανικής πώλησης αλλά και των καταναλωτών. Από την πλευρά των καταναλωτών υπάρχει δυσαρέσκεια για το τι πληροφορίες θα μπορούν να επεξεργάζονται οι επιχειρήσεις, όπως για παράδειγμα η παρακολούθηση των αγορών και οι προτιμήσεις των προϊόντων που επιλέγονται από τους καταναλωτές ή ενδεχομένως ακόμα και ποιος έχει στη κατοχή του κάποιο προϊόν μεγάλης αξίας.

Μπορεί η διαρροή προσωπικών δεδομένων να συμβεί ανά πάσα στιγμή καθώς οι καταναλωτές δεν ξέρουν που υπάρχουν αναγνώστες αλλά και σε ποια προϊόντα υπάρχουν τοποθετημένες ετικέτες. Τις λιγότερες επιπτώσεις όσο αναφορά τη προστασία των προσωπικών δεδομένων, φαίνεται να έχει η εφαρμογή της τεχνολογίας, στην εφοδιαστική αλυσίδα.[18,27,28]

Κεφάλαιο 3 - Η Τεχνολογία RFID στις Συσκευασίες Τροφίμων

Η εφαρμογή της τεχνολογίας RFID στη συσκευασία τροφίμων διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες, η μια εφαρμογή είναι κατά τη εφοδιαστική αλυσίδα και η άλλη είναι στις συσκευασίες στην μετέπειτα πορεία του προϊόντος στο κατάστημα λιανικής πώλησης ή όταν βρίσκεται στη κατοχή του καταναλωτή. Αυτό συμβαίνει διότι η εφοδιαστική αλυσίδα σχετίζεται με τη διαχείριση, τη μεταφορά και την αποθήκευση των προϊόντων από το σημείο προέλευσης έως και το σημείο πώλησης, μέχρι δηλαδή το τελικό στάδιο των δραστηριοτήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας και όχι για όλο το χρόνο ζωής του προϊόντος. Στις συσκευασίες τροφίμων η εφαρμογή της τεχνολογίας, έπειτα από την εφοδιαστική αλυσίδα, έχει στόχο την ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με την ποιότητα του προϊόντος αλλά και τη παροχή πληροφοριών για αυτό.



Εικόνα 6 : Τοποθέτηση προϊόντων σε κατάστημα λιανικής πώλησης

3.1 Η χρήση της τεχνολογίας κατά την εφοδιαστική αλυσίδα

Στις συσκευασίες έχει ενσωματωθεί η τεχνολογία και η χρήση της προσδίδει στη συσκευασία επιπλέον ικανότητες και χαρακτηριστικά που την καθιστά έξυπνη, λειτουργική και εύχρηστη. Οι έξυπνες ετικέτες τοποθετούνται στις συσκευασίες για την αναγνώριση του προϊόντος από τους κατασκευαστές και τους λιανοπωλητές. Η δημιουργία διαδραστικών ετικετών γίνεται με τη μέθοδο ηλεκτρονικής εκτύπωσης καθώς η κεραία τους εκτυπώνεται στη χάρτινη ή πολυμερή ετικέτα και έπειτα τοποθετείται στο προϊόν. Πέρα από τα σημαντικά οφέλη που χαρίζει η έξυπνη συσκευασία στον καταναλωτή εξίσου επωφελείται και η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε αυτό το στάδιο τα οφέλη τα λαμβάνουν οι λιανοπωλητές, οι προμηθευτές και οι μεταφορείς καθώς η παραγωγή και η διανομή γίνεται σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος λόγω της αυτοματοποίησης της διαδικασίας. Κατά την εφοδιαστική αλυσίδα όταν ένα προϊόν εισέρχεται στον χώρο αποθήκευσης περνάει από την συσκευή ανάγνωσης όπου βρίσκεται στην είσοδο, η ετικέτα ανιχνεύεται από τη συσκευή ανάγνωσης και μεταφέρει στο πληροφοριακό σύστημα τις αποθηκευμένες πληροφορίες. Στο κέντρο διανομής γίνεται ο ποιοτικός και ο ποσοτικός έλεγχος των προϊόντων μέσω της φορητής ή σταθερής συσκευής ανάγνωσης των ετικετών, καθώς εκεί είναι αποθηκευμένο το ιστορικό συνθηκών αποθήκευσης και διακίνησης των προϊόντων αλλά και στοιχεία της παρτίδας παραγωγής. Ο έλεγχος που διενεργείται μπορεί να γίνει είτε σε κάθε προϊόν ξεχωριστά είτε στο σύνολο, καθώς η κάθε παλέτα φέρει ετικέτα. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία του ελέγχου γίνεται η αποστολή στα καταστήματα λιανικής πώλησης. Στα καταστήματα λιανικής πώλησης καταγράφονται, ταξινομούνται και αποθηκεύονται τα νέα προϊόντα μέσω της τεχνολογίας RFID. Έτσι, με την αποθήκευση των πληροφοριών στη βάση δεδομένων και στο ηλεκτρονικό κατάλογο είναι πιο εύκολη η διαχείριση των αποθεμάτων.

Στις συσκευασίες τροφίμων η χρήση της τεχνολογίας παίζει καθοριστικό ρόλο αφού κύριο μέλημα είναι η διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων. Έτσι η χρήση της τεχνολογίας αποσκοπεί στη μείωση επιστροφών προϊόντων που λόγω ανεπάρκειας της συντήρησης ή αποθήκευσης αλλοιώθηκαν. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η ασφάλεια των καταναλωτών και χτίζεται μια σχέση εμπιστοσύνης καθώς παρέχονται έγκυρες πληροφορίες που ωφελούν καταναλωτές και εμπόρους. Η συνεχής παρακολούθηση των προϊόντων απαιτεί τη χρήση

ενός συστήματος ιχνηλασιμότητας για την ασφάλεια των τροφίμων. Εάν συμβεί το οποιοδήποτε πρόβλημα με τα προϊόντα θα πρέπει να προβούν σε άμεση ανάκληση της παρτίδας, για αυτό το κάθε προϊόν κωδικοποιείται και ταυτοποιείται ώστε να είναι πιο εύκολη και άμεση η επίλυση έκτακτων γεγονότων. Με την τεχνολογία RFID η κωδικοποίηση που γίνεται στις συσκευασίες των τροφίμων παρέχει πληροφορίες όπως η ημερομηνία παραγωγής και λήξης, αριθμός παρτίδας παραγωγής, επωνυμία κατασκευαστή, βάρος, ποσότητα αλλά και γενικές πληροφορίες και περιγραφή του τρόφιμου. Έτσι, φαίνεται πως επωφελείται σε μεγάλο βαθμό τόσο ο προμηθευτής όσο και ο καταναλωτής καθώς επακόλουθο της μείωση όλων των παραπάνω είναι να μειώνεται και το τελικό κόστος των προϊόντων.[4,7,18,19,22,24,25]



Εικόνα 7 : Έλεγχος καταμέτρησης αποθέματος με την χρήση της τεχνολογίας RFID

3.2 Η χρήση της τεχνολογίας στη συσκευασία τροφίμων

Η συσκευασία παίζει πρωταρχικό ρόλο για τη διατήρηση της ποιότητας του τρόφιμου, για την προστασία του από εξωγενείς περιβαλλοντικούς παράγοντες και βλάβες καθώς διευκολύνει τη χρήση του τρόφιμου αλλά και επικοινωνεί όλες τις απαραίτητες πληροφορίες στον καταναλωτή. Η συσκευή ανάγνωσης, μέσω της ετικέτας, ενημερώνει σε αληθινό χρόνο το σύστημα πληροφόρησης και συλλογής δεδομένων στο οποίο συγκεντρώνονται οι πληροφορίες. Οι ετικέτες RFID μπορούν να αποθηκεύσουν μεγάλο ή μικρό όγκο πληροφοριών, από έναν μοναδικό κωδικό αναγνώρισης μέχρι περισσότερες πληροφορίες όπως η θερμοκρασία, τα ποσοστά υγρασίας και διατροφικές πληροφορίες. Η ετικέτα καθ' όλη τη διάρκεια της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορεί να ενημερώνεται και να δημιουργεί αρχεία με πληροφορίες για όλες τις διαδικασίες που περνάει το προϊόν όπως την επεξεργασία, τη συσκευασία, τη μεταφορά αλλά και την αποθήκευση του. Η ασφάλεια και η ποιότητα των τροφίμων χρήζει μεγάλης προσοχής καθώς είναι μια κατηγορία πολύ ευαίσθητη. Η ποιότητά τους ελέγχεται από το αρχικό στάδιο παραγωγής τους, κατά τη διαδικασία της εφοδιαστικής αλυσίδας, κατά τη διάρκεια παραμονής του στο κατάστημα λιανικής πώλησης αλλά ακόμη και όταν το προϊόν αγοραστεί θα πρέπει να ελέγχεται από τον καταναλωτή για την ποιότητα του. Η χρήση της τεχνολογίας στη συσκευασία έχει την ικανότητα ενημέρωσης του καταναλωτή για τυχόν αλλοιώσεις. Αν για παράδειγμα κάποιο προϊόν εκτεθεί σε συνθήκες που μπορεί να προκαλέσουν την αλλοίωση του, μπορεί να αναγνωριστεί από τον αγοραστή μέσω της ετικέτας. Όταν ένα

τρόφιμο αλλοιώνεται αυτό συνήθως συμβαίνει κατά τη διαδικασία μεταφοράς ή αποθήκευσης του και σπάνια κατά τη παραγωγή του και γι' αυτό υπάρχει συνεχής έλεγχος και παρακολούθηση της κατάστασης των προϊόντων που αφορούν την ποιότητα του.



Εικόνα 8 : Συσκευασία τροφίμου με ενσωματωμένη ετικέτα RFID και συγκεκριμένη θερμοκρασία συντήρησης

Οι συσκευασίες αυτές έχουν την ικανότητα να αποτυπώνουν ότι τα επηρεάζει και να ενημερώνουν τους κατασκευαστές και τους πωλητές ώστε να μην φτάσει στον καταναλωτή αλλοιωμένο. Αν παρ' όλα αυτά καταλήξει σε εκείνον, θα ενημερώσει τον καταναλωτή για την αποφυγή κατανάλωσης του, με την ένδειξη της διαδραστικής ετικέτας ή με τον δείκτη αλλαγής χρώματος. Ακόμα, πολύ περισσότερο έχει δείξει τη χρησιμότητα της σε πιο ευαίσθητα προϊόντα, όπως το κρέας και το ψάρι, καθώς με την χρήση της τεχνολογίας RFID σε συνδυασμό με τους δείκτες και τους αισθητήρες, είναι πιο εύκολη η ένδειξη αλλοιώσεων είτε μέσω των αισθητήρων μέτρησης pH και θερμοκρασίας είτε με δείκτες αλλαγής χρώματος και φρεσκάδας.[4,7,10,18,21,22]



Εικόνα 9 : Συσκευασία κρέατος με διαδραστική ετικέτα λήξης του τροφίμου



Εικόνα 10 : Δείκτης αλλαγής χρώματος ανάλογα με την φρεσκότητα του τροφίμου

3.3 Υλικά Συσκευασίας Τροφίμων

Στις συσκευασίες τροφίμων επιλέγεται το κατάλληλο υλικό συσκευασίας ανάλογα με το προϊόν που θα συσκευαστεί, τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι :

- Τα συνθετικά πολυμερή, τα οποία χρησιμοποιούνται σε τρόφιμα με μεγάλο βάρος
- Το χαρτί ή χαρτόνι συσκευασίας, είναι το υλικό που χρησιμοποιείται περισσότερο στη συσκευασία, καθώς μορφοποιείται, τυπώνεται εύκολα με διάφορες επιστρώσεις και είναι φιλικό προς το περιβάλλον
- Τα μέταλλα (λευκοσίδηρος, αλουμίνιο, χάλυβας) συνήθως με το μέταλλο κατασκευάζονται δοχεία, στα οποία όπως χρησιμοποιείται μια επίστρωση πολυμερούς υλικού για να έρθει σε επαφή με το τρόφιμο και όχι σε άμεση επαφή με το μέταλλο
- Το γυαλί, είναι το πιο ασφαλές υλικό συσκευασίας για την προφύλαξη του τροφίμου [13,31]

3.4 Μελλοντικές Εφαρμογές της Τεχνολογίας

Η τεχνολογία RFID εξελίσσεται όλο και περισσότερο στα πλαίσια της βιομηχανίας τροφίμων καθώς ολοένα εφευρίσκονται εφαρμογές που η τεχνολογία απογειώνει την υλοποίησή τους. Ερευνητές ήδη μελετούν και αναπτύσσουν την επόμενη εφαρμογή με τη χρήση της τεχνολογίας, που θα καταστήσει την επίσκεψή μας σε ένα κατάστημα λιανικής πώλησης τροφίμων μια μοναδική εμπειρία. Η RFID θα διευκολύνει σημαντικά την εμπειρία του καταναλωτή με σημαντικότερη την εξοικονόμηση πολύ χρόνου από την αναμονή στα ταμεία. Συγκεκριμένα, στην έξοδο του κάθε καταστήματος, θα είναι τοποθετημένοι αναγνώστες που θα σαρώνουν αυτόματα την ετικέτα RFID που θα είναι ενσωματωμένη στο εκάστοτε προϊόν του καλαθιού του καταναλωτή. Στη συνέχεια θα γίνεται η πληρωμή του ποσού που θα εμφανίζεται στην

οθόνη του σαρωτή και με αυτόν τον απλό και εύκολο τρόπο ολοκληρώνεται το ταξίδι του καταναλωτή. Ακόμα μια εφαρμογή που μελετάται για την ένταξη της RFID στη σύγχρονη βιομηχανία του λιανικού εμπορίου τροφίμων είναι ένας συνδυασμός της τεχνολογίας αυτής με την τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας (AR). Με τη χρήση του συνδυασμού αυτού σε μία ηλεκτρονική συσκευή, θα μπορούμε να έχουμε πραγματική εικόνα σύμφωνα με τις πληροφορίες και δεδομένα που μας παρέχουν οι ετικέτες RFID των προϊόντων. Για παράδειγμα εάν κάποιο προϊόν έχει έκπτωση αλλά ακόμα και αν η τιμή που έχει είναι η χαμηλότερη σε σχέση με το σύνολο των καταστημάτων που κυκλοφορεί. Αυτό το εγχείρημα έχει ήδη αρχίσει να επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής NFC που πολλοί κατασκευαστές έξυπνων κινητών έχουν ενσωματώσει στις συσκευές τους.

Κεφάλαιο 4 – Επίλογος

Επίλογος

Στη παραπάνω εργασία με θέμα «Η ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ RFID ΣΤΗ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ» έγινε αναφορά στην έξυπνη συσκευασία, στο τι την ορίζει, που αποσκοπεί αλλά και στο τι οφέλη παρέχει η έξυπνη συσκευασία. Επίσης, περιγραφικά παρουσιάστηκαν κάποιες τεχνολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν συνδυαστικά με την RFID τεχνολογία αλλά και κάποια υλικά που χρησιμοποιούνται στις έξυπνες συσκευασίες. Ακόμα, έγινε ανάλυση της τεχνολογίας RFID ως προς τα χαρακτηριστικά της, τη λειτουργία της αλλά και τα μειονεκτήματά της, με το μεγαλύτερο της πρόβλημα να αφορά το κόστος της τεχνολογίας επηρεάζοντας και τη κοστολόγηση του τελικού προϊόντος, μια τεχνολογία όμως που έχει αρκετές δυνατότητες και σταδιακή εξέλιξη με πολλές παραμέτρους και πλεονεκτήματα για μελλοντική χρήση σε διάφορους τομείς . Τα βασικά μέρη της τεχνολογίας όπου και στηρίζεται η λειτουργία της μέσω της επικοινωνίας είναι οι ετικέτες και η συσκευή ανάγνωσης. Οι ετικέτες χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργία τους, των οποίων έγινε και ανάλυση. Οι συσκευές ανάγνωσης που επικοινωνούν με τις ετικέτες μέσω ραδιοκυμάτων εκπέμπουν σε συγκεκριμένες συχνότητες, όπου και έγινε ανάλυση υπό ποιες προϋποθέσεις χρησιμοποιούνται οι βασικές ζώνες συχνότητας αλλά και ποια πρότυπα και πρωτόκολλα ακολουθούνται. Λόγω της ιδιαίτερης λειτουργίας της τεχνολογίας προκύπτουν ζητήματα που αφορούν την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα , τα οποία διασφαλίζονται μέσω πληροφοριακών συστημάτων. Η τεχνολογία βρίσκει εφαρμογή στο κλάδο της συσκευασίας τροφίμων προσφέροντας διασφάλιση της ποιότητας, καινοτομία, έλεγχο των προϊόντων κατά την εφοδιαστική αλυσίδα αλλά και στη μετέπειτα πορεία του προϊόντος προσφέροντας στους κατασκευαστές, στους προμηθευτές, στους μεταφορείς, στους λιανοπωλητές και στους καταναλωτές πολλαπλά οφέλη. Η χρήση της τεχνολογίας στη συσκευασία τροφίμων συνεχώς εξελίσσεται και προάγει ολοένα και περισσότερα πλεονεκτήματα σε αυτές τις συσκευασίες δίνοντας τους ιδιότητες και χαρακτηριστικά που θα συντελέσουν στη τεχνολογική εξέλιξη καθιστώντας τις καινοτομία στον τομέα της συσκευασίας.

Οι επόμενες καινοτόμες εφαρμογές στη βιομηχανία του λιανικού εμπορίου τροφίμων μελετώνται ήδη και θα μονοπωλήσουν το ενδιαφέρον του κλάδου με πολλές και ιδιαίτερα ευφυείς τεχνολογικά προτάσεις, οι οποίες θα αναδείξουν την RFID ως τεχνολογία του μέλλοντος.

Κεφάλαιο 5 – Βιβλιογραφικές Αναφορές

1. https://www.researchgate.net/publication/273504500_Smart_packaging_systems_for_food_applications_a_review/link/5698d96508ae34f3cf207248/download
2. <https://clutejournals.com/index.php/JABR/article/view/8582/8581>
3. <https://pandora.lib.unipi.gr/jspui/bitstream/unipi/1794/1/09-Peppas-V.pdf>
4. http://www.packagingtechnologyandresearch.com/uploads/2/4/1/1/24118835/innovative_food_packaging_solutions.pdf
5. <http://home.cse.ust.hk/~qianzh/MSBD6000F/notes/2-RFID.pdf>
6. <https://w3sdev.com/chapter-8-intelligent-packaging-to-enhance-food-safety-and-quality-emerging-food-packaging-technologies.html>
7. https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-642-37291-9_17.pdf
8. Active and intelligent packaging food - research and development - a review
Dobrucka R., Cierpiszewski R. - agro.icm.edu.pl
9. An overview of the intelligent packaging technologies in the food sector
Masoud Ghaani, Carlo A. Cozolino, Giulia Castelli and Stefano Farris - air.unimi.it
10. Cost-Effective Implementation of a Temperature Traceability System Based on Smart RFID Tags and IoT Services
by Oscar Urbano, Angel Perles, Cesar Pedraza, Susana Rubio-Arreaz, María Luisa Castelló, María Dolores Ortola and Ricardo Mercado - mdpi.com
11. RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications
Stephen A. Weis - <http://stitics.com/EN/RFID/RFID%20Principles%20and%20Applications.pdf>
12. Smart packaging and food industry
Sandeep P Dawange, Sanjaya K Dash and Swati B Patil, 2010 - researchgate.net
13. Smart Packaging Technologies for Fast Moving Consumer Goods
Joseph Kerry and Paul Butler - books.google.gr
14. Innovative and Safe Packaging Technologies for Food and Beverages: Updated Review
Ishrat Majid, Mamta Thakur, Vikas Nanda, April 2018 - www.researchgate.net
15. Innovations in Smart Packaging Concepts for Food: An Extensive Review
Emanuela Drago, Roberta Campardelli, Margherita Pettinato and Patrizia Perego, 2020 - mdpi.com

16. RFID and Wireless Sensor Networks
Dr.P.C.Jain, K.P.Vijaygopalan, 2010 - idc-online.com
17. A Review of IoT Sensing Applications and Challenges Using RFID and Wireless Sensor Networks
Hugo Landaluce ,Laura Arjona ,Asier Perallos ,Francisco Falcone ,Ignacio Angulo and Florian Murralter, 2020 - mdpi.com
18. RFID and sensor network automation in the food industry: Ensuring quality and safety through supply chain visibility
Selwyn Piramuthu, Wei Zhou - 2016 - books.google.com
19. Research on the Food Safety Supply Chain Traceability Management System Base on the Internet of Things
Kefei Liu , 2015 - gvpress.com
20. RFID: Frequency, standards, adoption and innovation
M Ward, R Van Kranenburg, G Backhouse , 2006 - citeseerx.ist.psu.edu
21. Development of printed RFID sensor tags for smart food packaging
Edsger Smits, Jeroen Schram, Matthijs Nagelkerke, R.H.L. Kusters , January 2012 - www.researchgate.net
22. Intelligent Packaging in the Food Sector: A Brief Overview
Patricia Müller and Markus Schmid, 2019 - .mdpi.com
23. EPC radio frequency identity protocols
https://www.gs1.org/sites/default/files/docs/epc/Gen2_Protocol_Standard.pdf
24. A food traceability system based on blockchain and radio frequency identification technologies
M Deng, P Feng , 2020 - scirp.org
25. The Use of Intelligent Packaging in Supply Chain of Food Products
A Grubor, J Končar, R Marić, G Vukmirović and Nicola Milicević, 2020 - hrcak.srce.hr
26. Handbook of Research on Food Processing and Preservation Technologies
Preeti Birwal, Megh R. Goyal, Monika Sharma
Chapter 1 - Radio Frequency Identification (RFID): Basic Principles and Applications in the Food Industry
Varsha Kanojia, Swati Kapoor and Gagandeep Kaur Sidhu, 2021 - books.google.com

27. RFID Security and Privacy: Concepts, Protocols, and Architectures
Dirk Henrici, 2008 - books.google.com
28. RFID Handbook: Applications, Technology, Security, and Privacy
Syed A. Ahson and Mohammad Ilyas, 2017 - books.google.com
29. RFID: The right frequency for government
DC Wyld , 2005 - <https://www.businessofgovernment.org/sites/default/files/RFIDReport.pdf>
30. RFID Security
Frank Thornton and Chris Lanthem, 2006 - books.google.com
31. Innovations in Food Packaging
Jung H. Han, 2005 - books.google.com
Chapter 2 – General Characteristics of Packaging Materials for Food System
Young Teck Kim,Byungjin Min and Kyung Won Kim
32. Handbook of Smart Antennas for RFID Systems
Nemai Chandra Karmakar , 2011 - books.google.com
33. Technologies and fabrication of intelligent packaging for perishable products
L Wang, Z Wu, C Cao - Applied Sciences, 2019 - mdpi.com
34. Thermochromic inks make smart packages smarter by communicating temperature
Chris Mc Loone – 2007 , <https://www.packagingimpressions.com/article/smart-packaging-thermochromic-inks-53226/all/>
35. Rfid tag with piezoelectric sensor for power and input data
Kelly Gravelle,Charles A. Johnson, Dale L. Scott – 2009, <https://patents.google.com/patent/US20100079238A1/en>