



Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Αξιοποίηση Αγρο-Διατροφικών Αποβλήτων

Μέρος I: Απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων - Εισαγωγικά

Ενότητα I.1: Διαχείριση αποβλήτων και αειφορία στη βιομηχανία τροφίμων

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής

dimitrismakris@uth.gr

1. Απόβλητα τροφίμων / απώλεια τροφίμων - Ορισμοί

Η εφοδιαστική αλυσίδα των τροφίμων (food supply chain) ξεκινάει από τον πρωτογενή αγροτικό τομέα, περνάει στον τομέα παραγωγής και διακίνησης και τελειώνει στην οικιακή κατανάλωση. Κατά την διάρκεια αυτού του κύκλου, υπάρχουν απώλειες και δημιουργία αποβλήτων που σχετίζονται με τεχνολογικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς παράγοντες.

Σύμφωνα με την οδηγία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (Κομισιόν) της Ε.Ε. (2008/98/EC), **«απόβλητο»** (waste) ορίζεται ως *«οποιαδήποτε ουσία ή αντικείμενο απορρίπτεται από τον κάτοχό του, ή προορίζεται προς απόρριψη ή απαιτείται η απόρριψή του»*.

Ως **«απώλεια τροφίμων»** (food loss) ορίζεται η ποιοτική και ποσοτική μείωση της αξίας και της μάζας των τροφίμων. Η ποιοτική απώλεια αναφέρεται η θερμιδική και διατροφική απώλεια, η απώλεια ποιότητας και εδωδιμότητας. Ως ποσοτική απώλεια αναφέρεται η απώλεια εδωδιμης μάζας τροφίμων μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας, που οδηγεί ειδικά σε εδώδιμα τρόφιμα για ανθρώπινη κατανάλωση.

2. Ποσοτικοί δείκτες απωλειών / αποβλήτων

Τα απόβλητα των τροφίμων έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην ασφάλεια και την ποιότητα των τροφίμων και της διατροφής, στους φυσικούς πόρους και στην προστασία του περιβάλλοντος. Επίσης, επιδρούν και στην αειφορικότητα και την οικονομία της ανάπτυξης της παραγωγής των τροφίμων.

Γι' αυτόν τον λόγο, οι απώλειες και τα απόβλητα των τροφίμων, καθώς και η διαχείριση των ύπο- και πάρα-προϊόντων έχουν έλξει το ενδιαφέρον των επιστημόνων και την βιομηχανίας τροφίμων.

Σύμφωνα με τον FAO (2011), περίπου το 1/3 της παραγωγής των τροφίμων παγκοσμίως που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, καταλήγει ως απώλεια ή απόβλητα. Μια τεχνική έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (2010) υπέδειξε ότι περίπου 90 εκατ. τόνοι αποβλήτων τροφίμων δημιουργούνται κάθε χρόνο στην Ε.Ε.

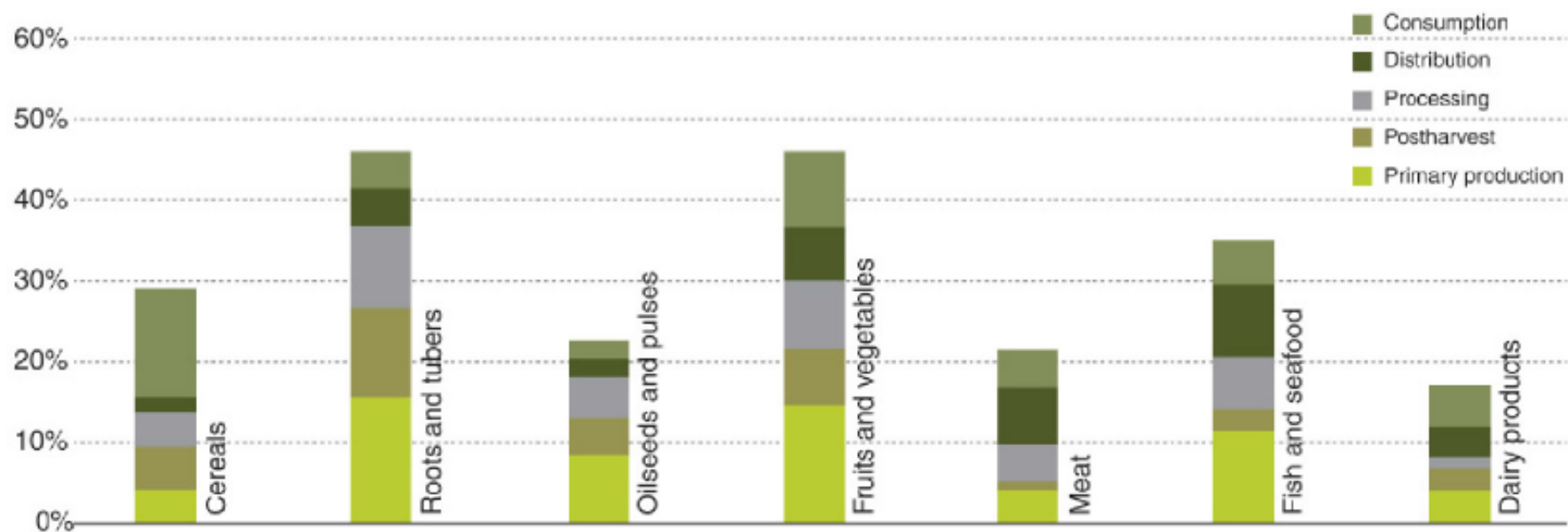


FIGURE 1.1 The Percentage of Food Loss and Waste Along the Food Supply Chains

3. Προοπτικές

Καθώς η παραγωγή επεξεργασμένων τροφών αυξάνει, υπάρχει άμεση ανάγκη για την εξεύρεση ευκαιριών σχετικά με την μείωση της εξάντλησης των φυσικών πόρων, περιορισμών των ενεργειακών αναγκών, ελαχιστοποίηση του κόστους και μείωση των απωλειών και των αποβλήτων.

Το μεγαλύτερο κέρδος στις βιομηχανίες τροφίμων και την κοινωνία προέρχεται από μια στρατηγική βελτιστοποίησης των πόρων, μέσω μείωσης των αποβλήτων στην πηγή δημιουργίας τους (FAO, 2014).

Πρόσφατες μεταβολές στο νομικό πλαίσιο, την περιβαλλοντική μέριμνα και την αυξανόμενη τάση για αειφορικότητα έχουν οδηγήσει την βιομηχανία τροφίμων στο να λάβει σοβαρά υπόψη την έννοια της «ανάκτησης» ως μια σημαντική ευκαιρία.

3. Προοπτικές

Οι βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων δημιουργούν πολύ υψηλές ποσότητες αποβλήτων, τα οποία αποτελούνται κυρίως από οργανικά κατάλοιπα των επεξεργασμένων πρώτων υλών.

Τα περισσότερα απ' αυτά τα υλικά, που περιγράφονται ως «απόβλητα» από τις νομοθεσίες των Ευρωπαϊκών χωρών, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας.

«**Υποπροϊόν**» είναι ένας κοινός όρος της βιομηχανίας τροφίμων και αντιπροσωπεύει ένα υλικό που δημιουργείται κατά την διάρκεια της επεξεργασίας και δεν αποτελεί ευθέως έναν χρήσιμο πόρο για τον παραγωγό.

Ως «**απόβλητο**» χαρακτηρίζεται οποιαδήποτε μορφή απώλειας, όπως π.χ. πρώτη ύλη, επεξεργασμένο προϊόν, ενέργεια, ακόμα και χρόνος.

4. Προέλευση απωλειών / αποβλήτων τροφίμων

Τα απόβλητα τροφίμων δημιουργούνται κυρίως, αλλά όχι αποκλειστικά, στο τελικό στάδιο κατανάλωσης της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων (π.χ. οικιακή κατανάλωση). Οι απώλειες τροφίμων συμβαίνουν κατά την διάρκεια της επεξεργασίας, διανομής, πώλησης, τελικής κατανάλωσης και σε μετα-καταναλωτικό στάδιο.

Απώλειες υπάρχουν:

- Κατά την συγκομιδή
- Μετασυλλεκτικά
- Κατά την αποθήκευση
- Κατά την βιομηχανική επεξεργασία
- Στα σημεία πώλησης
- Από τους καταναλωτές

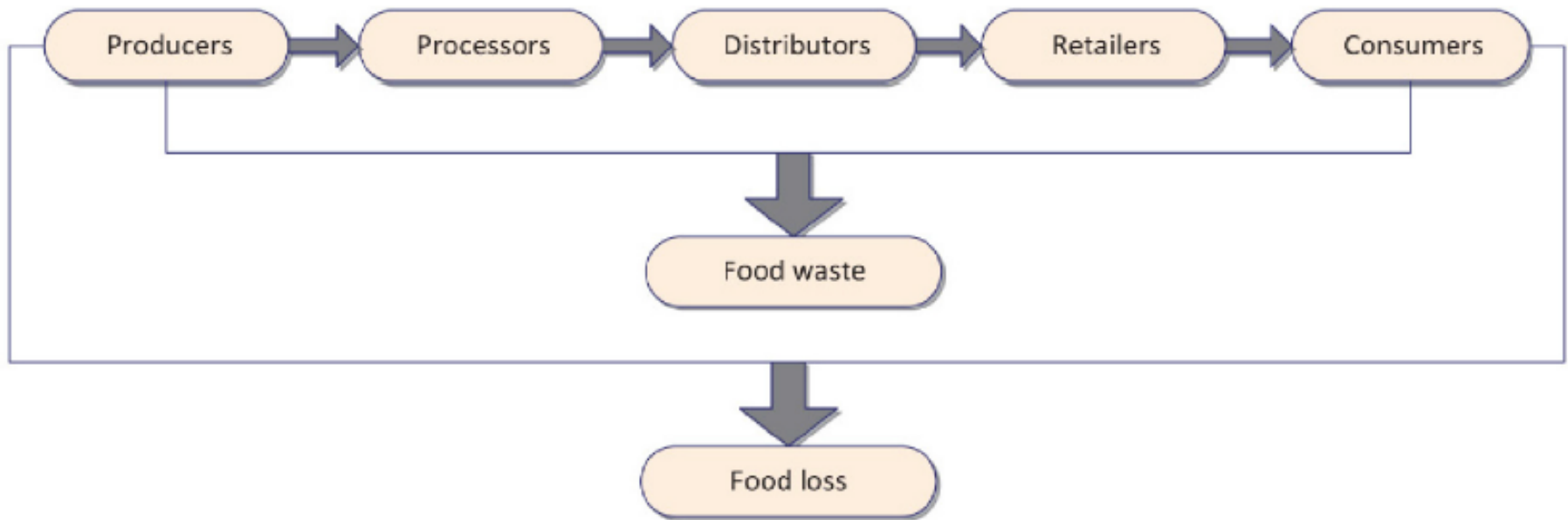


FIGURE 1.3 Food Supply Chain and Stages of Food Loss and Food Waste Occurrence

5. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

Οι κύριοι λόγοι που οδηγούν σε αειφορική διαχείριση και αξιοποίηση των αγρο-διατροφικών αποβλήτων σε παγκόσμιο επίπεδο είναι οι εξής:

- Νέοι, αυστηροί νόμοι σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος και οι αυξανόμενες περιβαλλοντικές ανησυχίες.
- Αειφορική χρησιμοποίηση των φυσικών πόρων μέσω ανάπτυξης νέων τεχνολογιών.
- Κόστος απόθεσης αποβλήτων.

5. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

Η βιομηχανία των τροφίμων δημιουργεί υψηλές ποσότητες βιοαποικοδομήσιμων αποβλήτων και απορρίπτει υπολείμματα με υψηλό BOD και COD. Γι' αυτόν τον λόγο, οι νομικές απαιτήσεις όσον αφορά στην απόθεση αποβλήτων έχουν γίνει αυστηρότερες.

Οι οδηγίες και οι κανονισμοί προτρέπουν σε διαχείριση και επεξεργασία των υλικών που χαρακτηρίζονται ως απόβλητα. Εντούτοις, η διαχείριση των αποβλήτων παρουσιάζει εγγενείς δυσκολίες, όπως:

- Ανεπαρκής βιολογική σταθερότητα και ύπαρξη παθογόνων
- Υψηλή περιεκτικότητα σε νερό (κόστος μεταφοράς)
- (Βιο)χημική αστάθεια (π.χ. επιρρέπεια στην οξείδωση)

5. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

Οι γενικές μέθοδοι αξιοποίησης είναι οι κάτωθι:

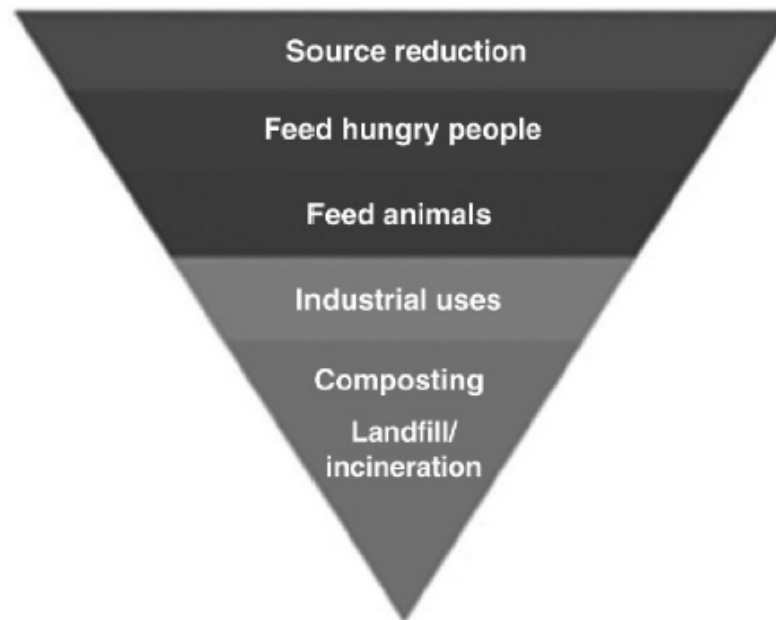
- Αποτέφρωση
- Αναερόβιος ζύμωση
- Κομποστοποίηση
- Χωματερές
- Γεωργικές εφαρμογές (λίπασμα, ζωοτροφή)

Η νέα γενιά αξιοποίησης όμως, περιλαμβάνει εργαλεία και μεθοδολογίες αξιοποίησης, με σκοπό την παραγωγή προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας, όπως:

ένζυμα, πρωτεΐνες, χρωστικές, πηκτίνες, αντιοξειδωτικά, έλαια, βιο-διαλύτες, βιο-καύσιμα κ.α.

6. Πολιτική στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η πρόληψη δημιουργίας/ελαχιστοποίηση των αποβλήτων είναι η πρώτη προτεραιότητα στην ιεραρχία της Ευρωπαϊκής Επιτροπής σχετικά με την Στρατηγική Διαχείρισης των Αποβλήτων.



7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Αξιοποίηση ως ζωοτροφή

Είναι μία από τις πιο παραδοσιακές πρακτικές. Απόβλητα πλούσια σε λίπη και πρωτεΐνες είναι κατάλληλα για παμφάγα ζώα (π.χ. πουλερικά), ενώ υλικά πλούσια σε ημικυτταρίνη και κυτταρίνη είναι κατάλληλα για μηρυκαστικά.

Η ύπαρξη τοξικών ή αντι-διατροφικών ουσιών ή μη-ισορροπημένη αναλογία συστατικών, μπορεί να αποβεί επικίνδυνη για αμφότερα τα ζώα και τους ανθρώπους.

Επίσης, το κόστος μεταφοράς μεταξύ του τόπου παραγωγής των αποβλήτων και του σημείου αξιοποίησης μπορεί να καταστήσει την όλη διαδικασία οικονομικά ασύμφορη.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Χωματερές

Είναι μία κοινή μέθοδος απόρριψης των αποβλήτων γιατί αποτελεί μια φθηνή διαχειριστική λύση. Ορίζεται ως η απόρριψη, συμπίεση και το ανάχωμα των αποβλήτων σε συγκεκριμένες περιοχές και συμπεριλαμβάνει 4 κοινά στάδια:

1. Υδρόλυση/αερόβια αποικοδόμηση
2. Υδρόλυση και ζύμωση
3. Ακετογένεση
4. Μεθανογένεση

Κατά την διάρκεια της όλης διεργασίας η οξείδωση οδηγεί στην δημιουργία μεθανίου (αέριο θερμοκηπίου) και ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα με οργανικές ουσίες και βαρέα μέταλλα.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Χωματερές

Οι στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων της Ε.Ε. επικεντρώνονται σε έναν αριθμό πολιτικών που στοχεύουν στην αποφυγή απόρριψης σε χωματερές και την διοχέτευσή τους σε άλλες κατευθύνσεις.

Γενικά, οι περισσότερες πολιτικές έχουν ως σκοπό την πρόληψη, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση των αποβλήτων, έτσι ώστε ν' αποφεύγεται η απόρριψή τους σε χωματερές.

Αυτό επιτυγχάνεται με έναν συνδυασμό δράσεων, όπως (i) την μη-απόρριψη των αγρο-διατροφικών αποβλήτων σε χωματερές, (ii) φορολογικά αντικίνητρα για την ενθάρρυνση εναλλακτικών μεθόδων διαχείρισης, (iii) ανάπτυξη μεθόδων κομποστοποίησης και αναερόβιας χώνευσης, (iv) ανάπτυξη της απαιτούμενης υποδομής και (v) ανάπτυξη ενός δικτύου επεξεργασίας.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Βιοκαύσιμα

Τα απόβλητα της επεξεργασίας τροφίμων περιέχουν υψηλές ποσότητες οργανικών ουσιών, οι οποίες μπορούν να μετατραπούν σε ενέργεια υπό την μορφή θερμότητας ή ηλεκτρισμού.

Η αναερόβια χώνευση και οι θερμοχημικές επεξεργασίες (πυρόλυση, αεριοποίηση, καύση) είναι οι κύριες μέθοδοι παραγωγής βιοκαυσίμων. Τα απόβλητα που περιέχουν < 50% υγρασία είναι κατάλληλα για θερμοχημική επεξεργασία, η οποία μετατρέπει την ενεργειακά πλούσια βιομάζα σε υγρά ή αέρια ενδιάμεσα.

Η αναερόβια χώνευση χρησιμοποιείται ευρέως για απόβλητα με υγρασία > 50%. Μια ποικιλία μικροοργανισμών χρησιμοποιείται για την σταθεροποίηση των αποβλήτων υπό την απουσία οξυγόνου. Οι οργανικές ουσίες αποικοδομούνται και το υπόλειμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα, γιατί περιέχει φώσφορο, αμμωνιακά και ιχνοστοιχεία.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Κομποστοποίηση

Είναι μια αερόβια διεργασία αποικοδόμησης οργανικής ύλης σε σχετικά σταθερά προϊόντα, μέσω ενός εύρους μικροοργανισμών, όπως βακτήρια, μύκητες και πρωτόζωα.

Η διαδικασία που μετατρέπει οργανική ύλη σε υλικό που προσομοιάζει χούμο (humus) με την χρήση γαιοσκωλήκων ονομάζεται vermicomposting (κομποστοποίηση με γαιοσκώληκες).

Με την κομποστοποίηση παράγεται βιομάζα που μπορεί να βελτιώσει την δομή του εδάφους, ν' αυξήσει την ικανότητα κατακράτησης νερού, να εμπλουτίσει τα θρεπτικά συστατικά και να υποστηρίξει την μικροχλωρίδα του εδάφους.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Ανάκτηση και αξιοποίηση

Το δυναμικό των αγρο-διατροφικών αποβλήτων για την δημιουργία νέων ευκαιριών και αγορών είναι γενικά υποτιμημένο. Εντούτοις, η πίεση από τους καταναλωτές και την νομοθεσία έχει αυξήσει τις απαιτήσεις για την ανάπτυξη μεθοδολογιών ανάκτησης και αξιοποίησης, έτσι ώστε ν' αποφευχθεί η απόρριψή τους.

Συμβατικές μέθοδοι που μετατρέπουν τ' απόβλητα σε ζωοτροφές ή κομπόστα επιτρέπουν μόνο μερική χρησιμοποίησή τους. Η ανάκτησή του όμως και η δημιουργία οικονομικώς βιώσιμων προϊόντων εγκαθιστώντας εφικτές στρατηγικές, είναι μια ελκυστική προοπτική.

7. Επεξεργασία των αγρο-διατροφικών αποβλήτων

Ανάκτηση και αξιοποίηση

Ανάμεσα σε διάφορες πρώτες ύλες, τα υποπροϊόντα της επεξεργασίας τροφίμων είναι τα κύρια υλικά που ανακτώνται. Αυτά τα υλικά παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί περιέχουν μια πληθώρα χρήσιμων ουσιών και παράγονται σε υψηλές ποσότητες, σε συγκεκριμένες περιοχές.

Οι φλοιοί, τα περιβλήματα, οι σπόροι, οι ρίζες, τα φύλλα κ.α. είναι μερικά από τα απόβλητα τα οποία περιέχουν σημαντικές αναλογίες ουσιών που θεωρούνται υψηλής προστιθέμενης αξίας και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν.

8. Ανάκτηση αγρο-διατροφικών αποβλήτων & αιφορικότητα

Σ' ένα σύστημα τροφίμων, η αιφορικότητα μπορεί να διαφανεί μέσω της αντίληψης της διαφύλαξης προϊόντος (product stewardship concept). Η διαφύλαξη προϊόντος μπορεί να ορισθεί ως οι από κοινού ευθύνες που έχουν όλοι οι συμμετέχοντες στον κύκλο ζωής ενός προϊόντος, που σχετίζονται με την ελαχιστοποίηση των συνεπειών στο περιβάλλον και την υγεία.

Οι ευθύνες που σχετίζονται μ' ένα προϊόν δεν σταματάνε όταν το προϊόν αυτό παραδοθεί στον καταναλωτή. Αυτό σημαίνει ότι οι παρασκευαστές, έμποροι, χρήστες και συλλέκτες απορριμμάτων είναι υπεύθυνοι για την υγεία, την ασφάλεια και τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο των προϊόντων κατά την διάρκεια του κύκλου ζωής αυτών (από την πρώτη ύλη μέχρι την χρήση και την απόρριψη).

8. Ανάκτηση αγρο-διατροφικών αποβλήτων & αιφορικότητα

Υπάρχει η ανάγκη εξισορρόπησης των ευθυνών για την παραγωγή τροφίμων (π.χ. οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική) καθ' όλη την εφοδιαστική αλυσίδα. Η επίτευξη ενός αιφορικού συστήματος τροφίμων σημαίνει το να ληφθούν υπόψη οι πολιτικές, οικονομικές περιβαλλοντικές, κοινωνικές και τεχνολογικές συνέπειες σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, δηλαδή από την παραγωγή έως την απόρριψη, αλλά και μετά την απόρριψη των αποβλήτων.

Έτσι, είναι επιβεβλημένη η μείωση των απωλειών τροφίμων καθ' όλη την εφοδιαστική αλυσίδα, αλλά και η ταυτοποίηση μεθόδων για βέλτιστη χρησιμοποίηση των αποβλήτων. Αν και τα απόβλητα δημιουργούνται σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας των τροφίμων, οι αιτίες δημιουργίας ποικίλουν ανάλογα με το στάδιο.

Μια αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων θα ωφελήσει όλους όσοι εμπλέκονται στην αλυσίδα. Η μείωση των αποβλήτων επεξεργασίας τροφίμων μέσω της ανάκτησης συστατικών υψηλής προστιθέμενης αξίας και η ανάπτυξη νέων προϊόντων μπορεί να βελτιώσει σημαντικά την αιφορικότητα των συστημάτων παραγωγής τροφίμων.

9. Βελτιώσεις στην οικονομική αιφορικότητα

Η αποτελεσματική διαχείριση των αποβλήτων είναι ουσιαστική για την αύξηση του κέρδους των εμπλεκόμενων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Η μείωση των αναγκών σε ενέργεια και πρώτες ύλες μπορεί να μειώσει σημαντικά το κόστος, ενώ παράλληλα θ' αυξήσει την περιβαλλοντική απόδοση του συστήματος των τροφίμων.

Αυτό θα επιτευχθεί μέσω της επαρκούς χρήσης των υλικών και της ενέργειας που απαιτούνται για την παραγωγή τροφίμων. Η αποτελεσματική χρήση των υλικών που ανακτώνται από τα απόβλητα έχει διττή σημασία: πρώτον, χρησιμοποιούνται υλικά που διαφορετικά θα απορρίπτονταν και δεύτερον, η επεξεργασία αυτών των υλικών με πιο αποτελεσματικό τρόπο.

Τελικά, η ανάκτηση υλικών υψηλής προστιθέμενης αξίας θα έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων και άλλων υλών. Εδώ υπεισέρχεται η ανάγκη για καινοτομία βασισμένη στην επιστημονική έρευνα, με σκοπό την δημιουργία αειφορικών συστημάτων τροφίμων.

Βιβλιογραφία

Otles S., Despoudi S., Bucatariu C., Kartal C., 2015. Food waste management, valorization, and sustainability in the food industry. In “*Food Waste Recovery – Processing Technologies & Industrial Techniques*”, Galanakis C.M. ed., Academic Press.