

Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΑΓΡΟΤΙΚΩΝ ΥΠΟΠΡΟΪΟΝΤΩΝ & ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Ενότητα 1^η: Απόβλητα τροφίμων & απόβλητα της βιομηχανίας τροφίμων –
Πηγές και χαρακτηρισμός

Δημήτρης Π. Μακρής *PhD DIC*

Αναπληρωτής Καθηγητής



© 2022 - 2023

1. Απόβλητα τροφίμων και απώλεια τροφίμων

Απόβλητα τροφίμων (food waste - FW) ορίζονται τα υποπροϊόντα ή απόβλητα που προέρχονται από οικιακή κατανάλωση, ξενοδοχεία, εστιατόρια και βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων. FW θεωρούνται υπολείμματα που δεν αποτελούν προϊόν, έχουν αξία χαμηλότερη του κόστους συλλογής και ανάκτησης, και επομένως απορρίπτονται ως απόβλητα (United Nations Industrial Development Organization, 2012).

Περίπου 89 εκατομμύρια τόνοι FW παράγονται ετησίως στην EU-27 (European Commission, 2010). Από αυτό το σύνολο, το 80% έχει καταγραφεί, με το 38% να δημιουργείται από τον τομέα παραγωγής και το 42% από την οικιακή επεξεργασία/κατανάλωση. Αυτό δίνει μια εικόνα της δημιουργίας FW σε κάθε φάση της **εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων** (food supply chain - FSC).

Έτσι λοιπόν, ο όρος FW αναφέρεται σε οποιοδήποτε τρώσιμο ή μη-εδώσιμο μέρος τρώσιμου (π.χ. φλούδες φρούτων) που αποτελεί απόβλητο της FSC και μπορεί ν' ανακτηθεί ή να απορριφθεί. Στον όρο FW συμπεριλαμβάνονται υλικά που προορίζονται για χωματερές, αναερόβια χώνευση, αποτέφρωση για παραγωγή βιο-ενέργειας, καύση, ή εναπόθεση σε υδάτινους όγκους.

1. Απόβλητα τροφίμων και απώλεια τροφίμων

Τα υπολείμματα των τροφίμων συμπεριλαμβάνουν μη-εδώδιμα και εν μέρει ανεπιθύμητα τμήματα, όπως π.χ. φλοιοί, κουκούτσια, βόστρυχοι κτλ. Επιπλέον, περιλαμβάνουν υπολείμματα (απομεινάρια) της κατανάλωσης σε ταχυφαγεία, ξενοδοχεία, καφετέριες, και επισιτιστικές μονάδες (catering).

Απώλεια τροφίμων (food loss) ορίζεται ως το τρόφιμο που εσφαλμένα υποβαθμίζεται είτε ποσοτικά είτε ποιοτικά, εξ' αιτίας διαρροών (υγρά τρόφιμα), της τροφικής αλλοίωσης και της καταστροφής (π.χ. από πτώση). Η καταστροφή μπορεί να προέλθει και κατά την επεξεργασία, συσκευασία, αποθήκευση, χειρισμό και μεταφορά των τροφίμων σε διάφορα στάδια της FSC.

Το **υποπροϊόν** είναι υλικό που έχει θρεπτική αξία, μπορεί να εμπορευματοποιηθεί, και προέρχεται από τα στάδια παραγωγής των τροφίμων, αλλά δεν αποτελεί το κύριο προϊόν. Τα εδώδιμα παράγωγα των τροφίμων που δημιουργούνται κατά την παραγωγή και επεξεργασία συνήθως εξέρχονται της FSC και χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφές.

1. Απόβλητα τροφίμων και απώλεια τροφίμων

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή (The European Commission, 2014) έχει εκδώσει στόχους για την βιο-οικονομία και τον χειρισμό των FW. Έχει ορίσει ως “food waste” προϊόντα τροφίμων (αλλά και μη-εδώδιμα μέρη) που χάνονται από την FSC. Αυτός ο ορισμός δεν συμπεριλαμβάνει τρόφιμα που χρησιμοποιούνται για προστιθέμενης αξίας βιο-υλικά, ζωοτροφές ή αυτά που κατευθύνονται σε επανεφοδιασμό.

Ο Οργανισμός Τροφίμων & Γεωργίας (The Food and Agricultural Organization - FAO, 2014) εξέδωσε μια παγκόσμια ατζέντα προσδιορίζοντας “food loss” ως την μείωση των τροφίμων, ποσοτικά και ποιοτικά, που ξεκινάει κυρίως από την δημιουργία των τροφίμων και τα συστήματα εφοδιασμού. Συνεπώς, η απώλεια τροφίμων λαμβάνει χώρα κατά την FSC.

Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, τα FW έχουν κατηγοριοποιηθεί σε τρεις ομάδες:

1. Απώλεια τροφίμων: τρόφιμα που χάνονται κατά το στάδιο παραγωγής.
2. Αναπόφευκτα FW: τρόφιμα που χάνονται κατά το στάδιο της κατανάλωσης (π.χ. φλούδες, κουκούτσια).
3. Μη απαραίτητα FW: τρόφιμα που δεν καταναλώνονται, αλλά χάνονται κατά το στάδιο της κατανάλωσης.

2. Χαρακτηρισμός αποβλήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων

Ο FAO έχει αναφέρει ότι περίπου το 51% των τροφίμων που παράγονται απορρίπτονται ή δεν χρησιμοποιούνται πριν ή μετά την αγορά από τους καταναλωτές. Σχεδόν 1300 εκατομμύρια τόνοι τροφίμων παράγονται ετησίως, σε παγκόσμια κλίμακα. Αυτό αναδεικνύει τις κοινωνικο-οικονομικές και οικολογικές διαστάσεις του προβλήματος.

Η FSC περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος διεργασιών παραγωγής τροφίμων, που δημιουργούν αύξουσες ποσότητες διαφόρων FW, κυρίως οργανικών υπολειμμάτων.

Οι κλιμακούμενες απαιτήσεις για προϊόντα προστιθέμενης αξίας και βιοκαύσιμα, μαζί με διάφορα άλλα κίνητρα, αποτελούν έμπνευση για την επαναχρησιμοποίηση των FW και την δημιουργία επαρκών βιο-διυλιστηρίων, για την παραγωγή νέων βιο-υλικών, υψηλής αξίας χημικών ουσιών, σε αρμονία με παραδοσιακές προσεγγίσεις, όπως η αποτέφρωση, η κομποστοποίηση, οι ζωοτροφές και οι χωματερές.

Οι βιομηχανίες μετακινούνται προς την κατεύθυνση μεγαλύτερης αειφορικότητας με σκοπό την μείωση του κόστους και την αύξηση την αποτελεσματικότητας των διεργασιών, και την υιοθέτηση καινοτομικών στρατηγικών που θα είναι οικονομικώς πιο στέρεες, για την επαναχρησιμοποίηση των FW.

Οι προοδευτικά αυστηρότεροι Ευρωπαϊκοί κανονισμοί και αρχές, και τα κόστη που σχετίζονται με την συμμόρφωση σε αυτούς (Landfill Directive in Europe) είναι τα σημαντικότερα κίνητρα για την χρησιμοποίηση των FW ως πρώτη ύλη για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας.

2. Χαρακτηρισμός αποβλήτων της εφοδιαστικής αλυσίδας τροφίμων

Πολλές μέθοδοι εφαρμόζονται με χρήση τεχνολογιών αιχμής, για την αξιοποίηση των FW. Οι ουσίες που ανακτώνται είναι βιομόρια, όπως πρωτεΐνες, λίπη, πολυφαινόλες, καρροτενοειδή, πηκτίνες κτλ. Επίσης, πολλά FW μπορούν να θεωρηθούν ως δεξαμενές προϊόντων προστιθέμενης αξίας, τα οποία μπορούν ν' ανακτηθούν και να επαναχρησιμοποιηθούν ως τρόφιμα, έλαια, αρωματικές ουσίες, αντιοξειδωτικά κτλ.

Η επέκταση των μεθόδων αξιοποίησης μπορεί να επιλύσει σημαντικά προβλήματα της βιομηχανίας τροφίμων, κατευθύνοντας την πρόοδο σε βιώσιμα σχήματα επεξεργασίας των FW. Τα ζητήματα που πρέπει να επιλυθούν σχετίζονται με αμφότερα την πηγή των FW και την επεξεργασία τους, καθώς οι ανησυχίες σχετικά με τα FW είναι υψίστης σημασίας και περιλαμβάνουν:

- Μείωση της απόρριψης σε χωματερές
- Μείωση της ρύπανσης υδάτων με ανόργανα υλικά
- Ενίσχυση της αποτελεσματικότητας παραδοσιακών προσεγγίσεων επεξεργασίας (π.χ. κομποστοποίηση, αποτέφρωση)

3. Πηγές και προέλευση των αποβλήτων τροφίμων

Τα FW παράγονται κυρίως, αλλά όχι αποκλειστικά, κατά το στάδιο της κατανάλωσης, στο τέλος της FSC (οικιακά απόβλητα). Η απώλεια τροφίμων συμβαίνει κατά την επεξεργασία, παράδοση, διανομή, και χρήση των τροφίμων. Η απώλεια τροφίμων κατά την επεξεργασία προκαλείται από μηχανικά πλήγματα και απώλειες κατά την συγκομιδή (π.χ. διαλογή, συλλογή, κατηγοριοποίηση).

Αιτίες απώλειας τροφίμων μπορεί να είναι περιβαλλοντικοί παράγοντες (π.χ. θερμοκρασιακές διακυμάνσεις), οικονομικά θέματα (διατήρηση τιμών, κανονισμοί, πολιτικές), καθώς και ιδιωτικές και καταναλωτικές αρχές σχετικά με τα χαρακτηριστικά ποιότητας (σχήμα, όψη).

Τα στάδια κατά τα οποία συμβαίνει απώλεια τροφίμων είναι η μετασυλλεκτική διαχείριση, αποθήκευση, χειρισμοί και διανομή. Η απώλεια αυτές συμβαίνουν κατά το μετασυλλεκτικό στάδιο λόγω αποικοδόμησης, έλλειψης υποδομών αποθήκευσης και μεταφοράς από τους αγρούς.

Μια πολύ σημαντική ποσότητα τροφίμων χάνεται κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, κυρίως εξ' αιτίας των εντόμων, των τρωκτικών και των μικροβιακών προσβολών. Κατά την επεξεργασία, τα FW δημιουργούνται εξ' αιτίας διαρροών (υγρά τρόφιμα) ή αποικοδόμησης. FW μπορούν επίσης να δημιουργηθούν κατά τον καθαρισμό, τεμαχισμό, ζεμάτισμα κτλ.

3. Πηγές και προέλευση των αποβλήτων τροφίμων

Κατά το στάδιο της διανομής, τα FW δημιουργούνται λόγω ακατάλληλης μεταφοράς, ακατάλληλης συσκευασίας, χρονικών περιορισμών και προβληματικής οργάνωσης (logistics).

Κατά το στάδιο της πώλησης, τα FW δημιουργούνται εξ' αιτίας των άστοχων εκτιμήσεων ζήτησης, άστοχων χειρισμών των αρχείων καταγραφής, θερμοκρασιακών μεταβολών, απόρριψης τροφίμων που δεν πωλήθηκαν, και ακατάλληλης συσκευασίας.

Κατά το στάδιο της κατανάλωσης, τα FW δημιουργούνται λόγω έλλειψης ενημέρωσης, έλλειψης επίγνωσης της αποτελεσματικής χρήσης τροφίμων και έλλειψης επίγνωσης κατάλληλης εκτίμησης αγορών.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, λαμβάνονται αποφάσεις που αποσκοπούν στην μείωση των FW που απορρίπτονται σε χωματερές, μέσω οδηγιών, φορολογικών πολιτικών και κοινοτικής ευαισθητοποίησης.

Κατά την μετα-καταναλωτική φάση (postconsumer phase), τα FW κατηγοριοποιούνται ως εξής:

1. Αποφευκτά (avoidable) FW (τρόφιμα που απορρίπτονται γιατί δεν είναι επιθυμητά ή έχουν λήξει)
2. Πιθανώς αποφευκτά (probably avoidable) FW (τρόφιμα που θα καταναλωθούν μόνο από κάποιους ανθρώπους)
3. Μη-αποφευκτά (unavoidable) FW (τρόφιμα που απορρίπτονται κατά την προετοιμασία και δεν καταναλώνονται υπό οποιεσδήποτε συνθήκες).

5. Ποσοτικοποίηση αποβλήτων τροφίμων

Η ποσοτικοποίηση της έκτασης των FW είναι κρίσιμη για την πρόοδο ενεργών και καλά οργανωμένων στρατηγικών επεξεργασίας των FW. Η ποσοτικοποίηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ν' αποφασισθεί αν μελλοντική ανάκτηση και αποτρεπτικά μέτρα τροποποιούν σημαντικά τα υπολείμματα.

Η γνώση σχετικά με τις ποσότητες των FW θα μπορούσε να επιφέρει κίνητρα στην κοινωνία να μεταβάλλουν την οπτική τους και πιθανώς τις δραστηριότητές τους ως προς τα FW.

Από την άλλη πλευρά, περιγραφικά προβλήματα, η έλλειψη ποσοτικών προσεγγίσεων, και η συνολική έλλειψη πολιτικής βούλησης έχουν οδηγήσει σε ουσιαστική έλλειψη αρχείων σχετικών με την ποσοτικοποίηση των FW.

Μερικές μεθοδολογίες που περιλαμβάνουν ταξινόμηση με βάση των χαρακτηρισμό των FW και μοντελοποίηση της ανάλυσης ροής των υλικών (material flow analysis), έχουν επιχειρήσει να υπολογίσουν την ποσότητα των FW μαζί με τα αστικά απόβλητα (π.χ. απόβλητα από εμπορικές δραστηριότητες, νοικοκυριά και κρατικούς οργανισμούς).

Άλλες προσεγγίσεις, όπως οι καταγραφές των τροφίμων και στατιστικές μελέτες που σχετίζονται με την FSC, δίνουν έμφαση στις συνολικές ποσότητες των FW που παράγονται από ειδικές κατηγορίες (π.χ. οικιακά απόβλητα και εστιατόρια).

6. Ιεραρχία των αποβλήτων τροφίμων



6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

Οι κύριοι λόγοι που οδηγούν σε αειφορική διαχείριση και αξιοποίηση των FW 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.

6. 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)

6. 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. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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.

6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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.

6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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 αποβλήτων τροφίμων 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.

6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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.

6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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.

6. Στρατηγικές διαχείρισης και αξιοποίησης

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.

Βιβλιογραφία

Kavitha S., Yukesh Kannah R., Kumar G., Gunasekaran M., Banu J.R., 2020. Chapter I: Introduction - Sources and characterization of food waste and food industry wastes. In **“Food Waste to Valuable Resources - Applications and Management”**, Elsevier, London, U.K.

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.