



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ (ΔΙΑ)

Διπλωματική Εργασία

Διαχείριση – αξιοποίηση αποβλήτων μονάδας επεξεργασίας
ντομάτας

Νικόλαος Κακαβελάκης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Βαρβάρα Συγγούνη

Πάτρα, Ιούνιος 2022

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



Διαχείριση – αξιοποίηση αποβλήτων μονάδας επεξεργασίας
ντομάτας

Νικόλαος Κακαβελάκης

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Βαρβάρα Συγγούνη

Σ.Ε.Π. στο ΕΑΠ

Συν-Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Σοφία Μάη

Σ.Ε.Π στο ΕΑΠ

Πάτρα, Ιούνιος 2022

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με το πέρας των μεταπτυχιακών μου σπουδών, θεωρώ αναγκαίο να ευχαριστήσω όλους τους διδάσκοντες του παρόντος προγράμματος, οι οποίοι με τις γνώσεις, την εμπειρία και την προσωπικότητά τους συνέβαλαν στην ολοκλήρωση των σπουδών μου.

Ιδιαιτέρως πρέπει να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της παρούσας διπλωματικής εργασίας, κυρία Συγγούνη Βαρβάρα, για την διαρκή υποστήριξη και καθοδήγηση.

Τέλος, ευχαριστώ την σύζυγο και την οικογένειά μου για την συνεχή βοήθεια και υποστήριξη τους.

Περίληψη

Η βιομηχανία τροφίμων παράγει μεγάλες ποσότητες αποβλήτων/παραπροϊόντων με αποτέλεσμα να απαιτείται ορθή διαχείριση, ώστε η μετέπειτα απόρριψή τους να μην προκαλεί προβλήματα στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Ειδικότερα, οι μονάδες επεξεργασίας ντομάτας, παράγουν τους μεγαλύτερους όγκους αποβλήτων σε σχέση με άλλους κλάδους της βιομηχανίας τροφίμων. Οι μονάδες αυτές έχοντας σχετικά μικρά περιθώρια κέρδους, επιβαρύνονται με το επιπλέον κόστος διαχείρισης των παραγόμενων αποβλήτων. Επομένως η αξιοποίηση των συγκεκριμένων αποβλήτων/παραπροϊόντων, συμβάλλει ώστε να περιοριστεί το κόστος αυτό, αλλά και να προσδώσει νέα έσοδα. Η σύσταση των παραπροϊόντων ντομάτας προσφέρεται για ανάκτηση χρήσιμων βιοδραστικών συστατικών. Συστατικά τα οποία αξιοποιούνται στην παραγωγή ζωοτροφών, βιοκαυσίμων, αλλά και ως πρόσθετα τροφίμων. Τα τελευταία χρόνια, αυξάνεται η χρήση τους ως πρόσθετα στην βιομηχανία καλλυντικών και στην φαρμακευτική βιομηχανία, καθώς η ανάκτηση βιοδραστικών συστατικών από τα παραπροϊόντα ντομάτας, πραγματοποιείται πλέον με μεθόδους σύγχρονες, καινοτόμες και φιλικές προς τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη διαχείρισης και αξιοποίησης των αποβλήτων/παραπροϊόντων που παράγονται από τις κονσερβοποιίες ντομάτας. Η εργασία αποτελείται από την εισαγωγή και τρία κεφάλαια. Η εισαγωγή αναφέρεται στα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, ενώ στο πρώτο κεφάλαιο αναπτύσσεται η παραγωγική διαδικασία και τα στάδια επεξεργασίας της ντομάτας. Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαχείριση των αποβλήτων/παραπροϊόντων και οι βασικότερες μέθοδοι επεξεργασίας τους. Τέλος, στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας και των βιοδραστικών συστατικών τους σε διάφορους τομείς, καθώς και οι κυριότερες μέθοδοι ανάκτησης των συστατικών αυτών.

Λέξεις – Κλειδιά

Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα, απόβλητα επεξεργασίας ντομάτας, βιοκαύσιμα, καινοτόμες τεχνικές εκχύλισης, θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας, αξιοποίηση παραπροϊόντων ντομάτας

Management and utilization of wastes from tomato processing industry

Nikolaos Kakavelakis

Abstract

Food industry produces large quantities of wastes / by-products and proper management is required, to reduce the bad environmental effects of their disposal. Tomato processing industries in particular, produce the largest volumes of waste compared to other vegetables in food industry. These industrial units, having relatively small profit margins, are burdened with the additional costs of managing the generated waste. Therefore, the utilization of specific waste / by-products, would reduce this cost, but also could provide new revenue. The composition of tomato by-products is suitable for the recovery of useful bioactive ingredients. Ingredients used in the production of animal feed, biofuels, but also as food additives. In recent years, their use as additives in cosmetics industry and pharmaceutical industry is increasing, as the recovery of bioactive ingredients from tomato by-products is now carried out by modern, innovative and environmentally friendly methods. The purpose of this work is the study of management and utilization of waste / by-products produced by tomato canning. The work consists of an introduction and three chapters. The introduction refers to the agro-industrial waste, while in the first chapter the production process and the stages of processing of the tomato are developed. The second chapter presents the management of waste / by-products and the main treatment methods. Finally, the third chapter analyzes the utilization of tomato by-products and their bioactive ingredients in various sectors, as well as the main methods of recovery of these ingredients.

Keywords

Agroindustrial wastes, tomato processing wastes, thermal processing methods, biofuels, nonel extraction techniques, tomato waste – byproducts valorization

Περιεχόμενα

Περίληψη	v
Abstract	vi
Περιεχόμενα	Vii
Κατάλογος Εικόνων/Σχημάτων	viii
Κατάλογος Πινάκων	ix
Συνομογραφίες και Ακρωνύμια	x
1. Εισαγωγή: Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα	1
1.1. Γενικά στοιχεία	1
1.2. Τύποι αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων	2
2. Κεφάλαιο 1: Παραγωγική διαδικασία και στάδια επεξεργασίας ντομάτας	4
2.1. Γενικά στοιχεία	4
2.2. Προϊόντα παραγωγικής διαδικασίας και στάδια επεξεργασίας ντομάτας	11
2.2.1. Προϊόντα μεταποίησης	11
2.2.2. Στάδια επεξεργασίας βιομηχανικής ντομάτας	11
2.3. Κομματιασμένη αποφλοιωμένη ντομάτα (κονκασέ)	18
2.4. Κέτσαπ	18
2.5. Σκόνη ντομάτας	18
2.6. Νιφάδες αφυδατωμένης ντομάτας	19
3. Κεφάλαιο 2: Διαχείριση αποβλήτων/παραπροϊόντων	21
3.1. Γενικά στοιχεία	21
3.2. Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων/παραπροϊόντων	22
3.2.1. Υγειονομική ταφή	22
3.2.2. Αναερόβια χώνευση	23
3.2.3. Αερόβια χώνευση	24
3.2.4. Αεριοποίηση	25
3.2.5. Πυρόλυση	26
3.2.6. Αποτέφρωση	26
3.2.7. Χημική καθίζηση	28
3.2.8. Πήξη – κροκίδωση	29
3.2.9. Επεξεργασία αποβλήτων σε μονάδα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	29
3.3. Αέρια απόβλητα επεξεργασίας ντομάτας	31

3.4. Στερεά απόβλητα/παραπροϊόντα επεξεργασίας ντομάτας	32
3.4.1. Σύσταση αποβλήτων/παραπροϊόντων	32
3.4.2. Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων/παραπροϊόντων	33
3.5. Διαχείριση στερεών αποβλήτων επεξεργασίας ντομάτας στην Ελλάδα	37
3.6. Υγρά απόβλητα εργοστασίου επεξεργασίας ντομάτας	37
3.6.1. Γενικά στοιχεία	37
3.6.2. Χαρακτηριστικά και σύσταση	38
3.7. Κατανομή νερού στις μονάδες	41
3.8. Διαχείριση και επεξεργασία υρών αποβλήτων	42
3.9 Διαχείριση υγρών αποβλήτων κονσερβοποιίας ντομάτας στην Ελλάδα	43
3.10 Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων	44
4. Κεφάλαιο 3: Αξιοποίηση στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων	46
4.1. Γενικά στοιχεία	46
4.2. Χημικά χαρακτηριστικά (σύσταση) παραπροϊόντων ντομάτας	46
4.3. Βιώσιμη αξιοποίηση των παραπροϊόντων	47
4.4. Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ως ζωοτροφή	48
4.5. Αξιοποίηση παραπροϊόντων ως λειτουργικά συστατικά στα τρόφιμα	49
4.6. Προσθήκη – χρήση των παραπροϊόντων	51
4.7. Αξιοποίηση παραπροϊόντων ως βιοκαύσιμο	53
4.8. Αξιοποίηση στην βιομηχανία καλλυντικών	54
4.9. Αξιοποίηση στην βαρμακευτική βιομηχανία	54
4.10. Άλλες χρήσεις	56
4.11. Τεχνικές εκχύλισης και ανάκτηση συστατικών από τα παραπροϊόντα	56
5. Συμπεράσματα	63
6. Βιβλιογραφία	65

Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων

Σχήμα 1: Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και οι τύποι τους	3
Σχήμα 2: Παγκόσμια κατανομή βιομηχανικής ντομάτας	6
Γράφημα 1: Παραγωγή βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα 2001 – 2018	8
Γράφημα 2: Καλιεργήσιμη έκταση βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα 2001 – 2018 ...	8
Γράφημα 3: Απόδοση βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα 2001 – 2018	9
Σχήμα 3: Στάδια κονσερβοποίησης ντομάτας	12
Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας κονσερβοποίησης ντομάτας	20
Σχήμα 5: Στάδια αποδόμησης στερεών αποβλήτων	23
Σχήμα 6: Βιοχημικές διεργασίες κατά την αναερόβια χώνευση	24
Σχήμα 7: Διεργασία κομποστοποίησης	25
Σχήμα 8: Διάγραμμα ροής της πυρόλυσης	26
Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής της αποτέφρωσης	28
Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων	31
Σχήμα 11: Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στις ΗΠΑ	45
Σχήμα 12: Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας και των κλασμάτων τους	48

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1: Καλλιέργεια ντομάτας στον κόσμο	4
Πίνακας 2: Χώρες παραγωγής ντομάτας	5
Πίνακας 3: Στοιχεία μεταποίησης βιομηχανικής ντομάτας 2001 – 2018	7
Πίνακας 4: Διατροφική σύσταση νωπής ντομάτας	10
Πίνακας 5: Παράμετροι στερεών αποβλήτων	27
Πίνακας 6: Σύσταση στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων	33
Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων	38
Πίνακας 8: Σύσταση υγρών αποβλήτων	39
Πίνακας 9: Παροχή υγρών αποβλήτων	42
Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά μονάδας επεξεργασίας ντομάτας	44
Πίνακας 11: Χημικά χαρακτηριστικά παραπροϊόντων (πυρήνα) ντομάτας	47
Πίνακας 12: Εφαρμογές παραπροϊόντων ντομάτας σε τρόφιμα	53
Πίνακας 13: Μέθοδοι εκχύλισης	60
Πίνακας 14: Παραδείγματα εκχύλισης συστατικών	62

Συντομογραφίες & Ακρωνύμια

BOD: Biochemical Oxygen Demand (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)

BOD₅: Biochemical Oxygen Demand 5 days (Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο 5 ημερών)

COD: Chemical Oxygen Demand (Χημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο)

TS: Total Solids (Ολικά Στερεά)

TSS: Total Suspended Solids (Ολικά Αιωρούμενα Στερεά)

DS: Dissolved Solids (Διαλυτά Στερεά)

SS: Suspended Solids (Αιωρούμενα Στερεά)

TOC: Total Organic Carbon (Ολικός Οργανικός Άνθρακας)

PH: Οξύτητα υδάτινου διαλύματος

HHV: Higher Heating Value (Υψηλή Τιμή Θέρμανσης)

EPA: Environmental Protection Agency (Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος)

IIFPT: Indian Institute of Food Processing Technology

AΘΔ: Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη

KΘΔ: Κατώτερη Θερμογόνος Δύναμη

ΣΗΘ: Συμπαγωγή Ηλεκτρισμού και Θερμότητας

ΕΠΠΔΑ: Εθνικό Πρόγραμμα Πρόληψης Δημιουργίας Αποβλήτων

ΕΚ: Ευρωπαϊκός Οργανισμός

ΕΕ: Ευρωπαϊκή Ένωση

ΥΠΑΑΤ: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

ΥΠΕΝ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

ΥΠΕΚΑ: Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής

A.X: Αναερόβια Χώνευση

ΜΕΛ: Μονάδα Επεξεργασίας Λυμάτων

ΜΕΥΑ: Μονάδα Επεξεργασίας Υγρών Αποβλήτων

Υ.Τ: Υγειονομική Ταφή

ΧΥΤΑ: Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων

ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΑΓΡΟΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ

1) Γενικά

Τα αγροτοβιομηχανικά απόβλητα προέρχονται κυρίως από τα στάδια παραγωγής, διακίνησης, αποθήκευσης προϊόντων των διαφόρων βιομηχανικών μονάδων, όπως κονσερβοποιείες, γαλακτοβιομηχανίες, βιομηχανίες μετάλλων κ.α. (Sadh et al., 2018). Έχουν σημαντικό ρυπαντικό φορτίο ανάλογα με τον κλάδο – είδος της βιομηχανίας. Η παραγωγική διαδικασία, ο βαθμός και οι μέθοδοι επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών, επηρεάζουν την ποιότητα αλλά και τον όγκο που θα καταλήξει στον τελικό αποδέκτη. Οι ποσότητες και τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων είναι διαφορετικά για κάθε βιομηχανία και εξαρτώνται από την πρώτη υλη, την διαδικασία παραγωγής και το είδος του τελικού προϊόντος (Νατσούρα, 2015). Τα απόβλητα που προκύπτουν μπορεί να είναι ετήσια (όλο το χρόνο), ή μόνο συγκεκριμένες εποχές του χρόνου, όπως η κονσερβοποιεία φρούτων, τα ελαιουργεία κ.α. (Ασυμομύτης και Βλαχάκη, 2021).

Η βιομηχανία τροφίμων παράγει τεράστιες ποσότητες αποβλήτων το χρόνο. Αν τα απόβλητα αυτά απελευθερωθούν στο περιβάλλον χωρίς τη κατάλληλη διαχείριση (επεξεργασία), μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντική ρύπανση και επιβλαβείς επιπτώσεις στους ανθρώπους και τα ζώα. Τα ακατέργαστα απόβλητα επίσης επιδρούν αρνητικά στις ισορροπίες του κλίματος και της φύσης (Sadh et al., 2018).

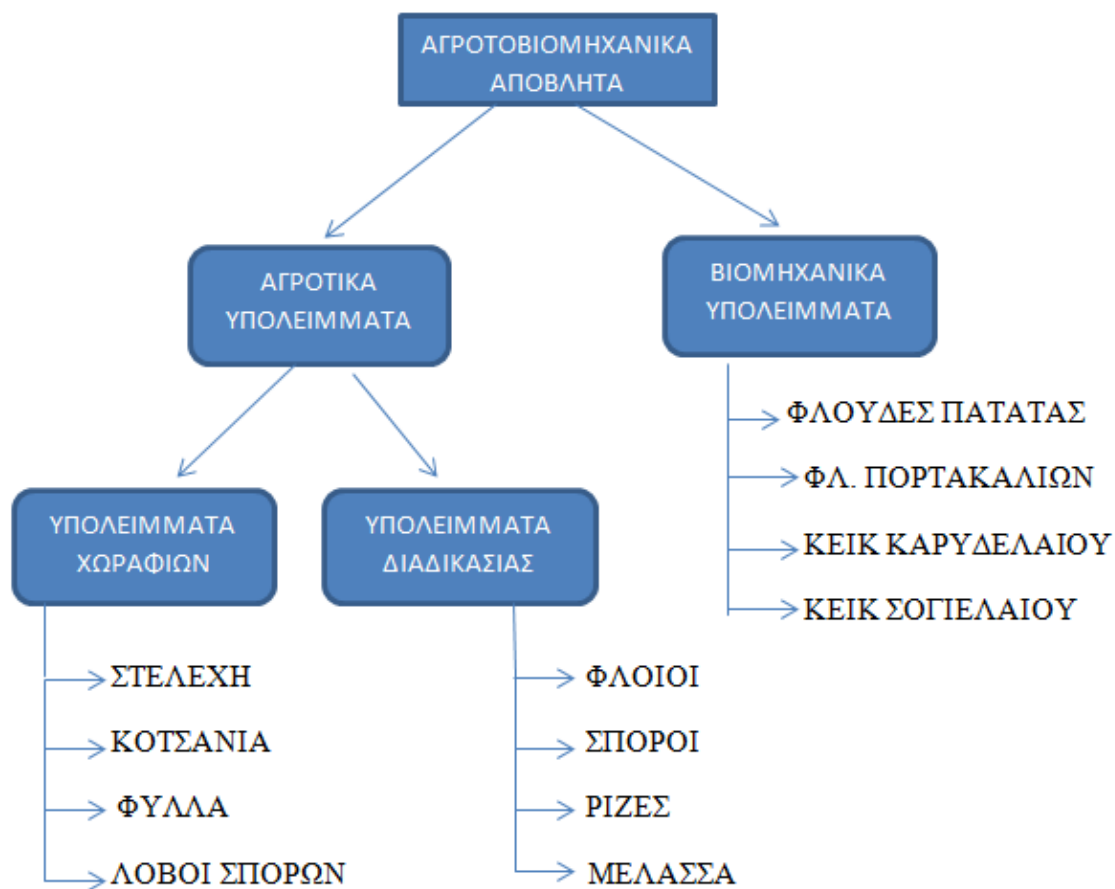
Εκτιμάται ότι στην Ευρωπαϊκή Ένωση των 27, παράγονται 88 εκατομμύρια τόνοι αποβλήτων, ή 179 κιλά κατά κεφαλήν. Από αυτά τα απόβλητα, το 42% είναι οικιακά, το 39% προέρχονται από την βιομηχανική επεξεργασία, το 14% από την εστίαση και το 5% από την διανομή (Mirabella et al., 2013). Οι απώλειες τροφίμων στην Ευρώπη και στην Βόρεια Αμερική είναι της τάξης των 280 – 300 kg/έτος. Αντίθετα οι απώλειες στην Αφρική, Ασία και Νότια Αμερική είναι 120 – 170 kg/έτος (Aragon et al., 2013).

Τα απόβλητα που προκύπτουν από τη βιομηχανία που επεξεργάζεται φρούτα και λαχανικά, περιέχουν υψηλές ποσότητες αιωρούμενων στερεών (SS), υψηλό βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD) και χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD). Έχουν 80 – 90% υγρασία και χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπη και πρωτεΐνες, ενώ η οργανική τους σύσταση είναι περίπου 75% σάκχαρα και ημικυτταρίνη, 9% κυτταρίνη και 5% λιγνίνη. Η απουσία

σωστής διαχείρισης και επεξεργασίας των αποβλήτων αυτών, οδηγεί στην ανεξέλεγκτη αποικοδόμηση τους, η οποία είναι επικίνδυνη για το περιβάλλον, επειδή παράγονται μεθάνιο και τοξικές ουσίες (Mirabella et al., 2013).

2) Τύποι αγροτοβιομηχανικών αποβλήτων

Στο σχήμα που ακολουθεί παρατηρούμε δύο διαφορετικούς τύπους αποβλήτων: α) τα υπολείμματα γεωργίας (συγκομιδή και πρώτη διεργασία) και β) τα αγροτοβιομηχανικά υπολείμματα. Αποτελούνται από σπόρους, φλούδες, άχυρα, φύλλα, ρίζες, μίσχους, μελάσα, κέικ από παραγωγή φυτικών ελαίων, κ.α. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για ζωοτροφές, βελτιωτικά εδάφους, λιπάσματα, αλλά και για την παραγωγή χρήσιμων υποπροϊόντων για διάφορους άλλους τομείς της βιομηχανίας. Δυστυχώς όμως το μεγαλύτερο ποσοστό απορρίπτεται σε χωματερές, ΧΥΤΑ, ή σε άλλες ευαίσθητες περιβαλλοντικά περιοχές (Sadh et al., 2018).



Σχήμα 1: Αγροτοβιομηχανικά απόβλητα και οι τύποι τους (Sadh et al., 2018).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο : Παραγωγική διαδικασία και στάδια επεξεργασίας ντομάτας κατά την βιομηχανική παραγωγή.

1) Γενικά στοιχεία

Η ντομάτα (*Solanum Lycopersicum*) θεωρείται και φρούτο και λαχανικό. Προέρχεται από την Νότια Αμερική και ήρθε στην Ευρώπη μέσω των Ισπανικών αποικιών το 1500 μΧ. μαζί με άλλα φυτά όπως καπνός, πατάτες κ.α. (Lovdal et al., 2019). Είναι η καλλιέργεια με την μεγαλύτερη κατανάλωση στον κόσμο, καθώς είναι μια θρεπτική τροφή η οποία περιέχει πολύτιμες βιταμίνες και έχει σπουδαίο ρόλο στη διατροφή μας (Anastasiadis et al., 2020). Οι ντομάτες περιέχουν κάλιο, σίδηρο, φώσφορο, βιταμίνη Β και αποτελούν σημαντική πηγή διατροφικών ινών. Το κόκκινο χρώμα της ώριμης ντομάτας οφείλεται στην περιεκτικότητα της σε λυκοπένιο, καροτίνη, βιταμίνη C, βιταμίνη E, φαινόλες κ.α. Τα παραπάνω αντιοξειδωτικά έχουν αντιφλεγμονώδεις και αντιθρομβωτικές ιδιότητες, συμβάλλοντας στην μείωση καρδιαγγειακών νοσημάτων ή καρκίνου. Επίσης συμβάλλουν στην ρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα και έχουν αντιαλλεργικές ιδιότητες ή παρέχουν προστασία από ηλιακά εγκαύματα κ.α. (Mirabella et al., 2013; FME IIFPI, 2020).

Σήμερα παγκοσμίως, καλλιεργούνται περίπου 50 εκατομμύρια στρέμματα ντομάτας και η παραγωγή κυμαίνεται κοντά στους 180 εκατομμύρια τόνους. Οι περιοχές καλλιέργειας με τις αντίστοιχες ποσότητες παραγωγής, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΠΕΡΙΟΧΕΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (εκ. τόνοι)	% ΠΟΣΟΣΤΟ ΕΠΙ ΤΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ
Ασία	112	62
Αμερική	23,8	13,2
Ευρώπη	22,8	12,6
Αφρική	21,7	11
Ωκεανία	0,4	1,2

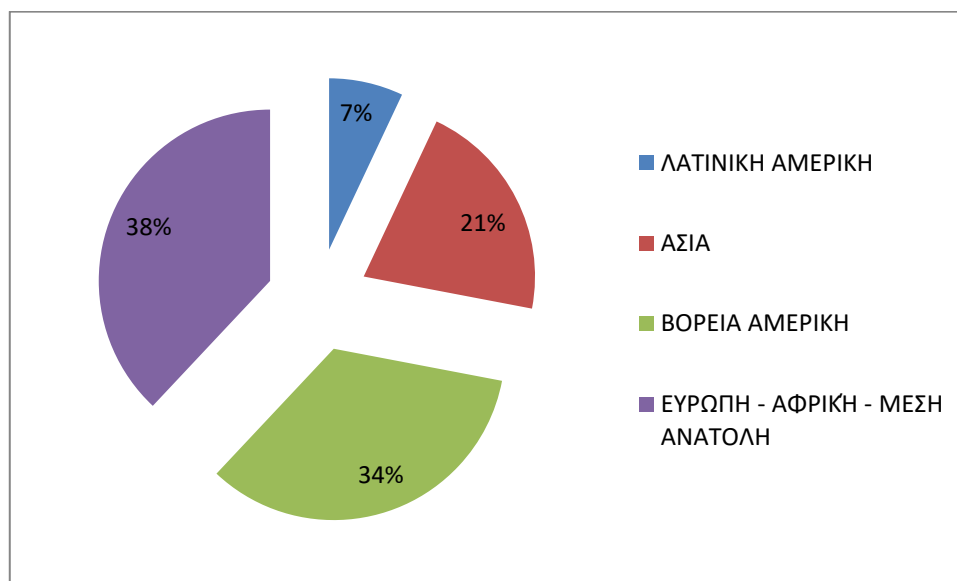
Πίνακας 1: Καλλιέργεια ντομάτας στον κόσμο (Science Agriculture, 2022).

Οι κυριότερες χώρες παραγωγής ντομάτας στον κόσμο είναι η Κίνα, Ινδία, ΗΠΑ και Τουρκία, ενώ η Ελλάδα βρίσκεται στην εικοστή θέση με 1,044 εκατομμύριο τόνους. Οι πέντε πρώτες από αυτές παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΧΩΡΕΣ	ΠΑΡΑΓΩΓΗ (εκ. τόνοι)	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ (ΗΑ)
Κίνα	56,42	1003992
Ινδία	18,40	760000
ΗΠΑ	13,04	144410
Τουρκία	12,60	188270
Αίγυπτος	7,95	199712

Πίνακας 2: Χώρες παραγωγής ντομάτας (Atlas Big, 2020).

Η επεξεργασία της βιομηχανικής ντομάτας στην παγκόσμια αγορά θα παρουσιάσει μέτρια ανάπτυξη κατά τα έτη 2020 – 2025. Ο όγκος παραγωγής υπολογίζεται σε 43,8 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως, ενώ το 2026 υπολογίζεται να είναι 52,6 εκατομμύρια τόνοι. Περίπου το 80% της ποσότητας της ντομάτας που παράγεται παγκοσμίως καταναλώνονται φρέσκες, ενώ το υπόλοιπο 20% στην βιομηχανία επεξεργασίας ντομάτας (IMARC, 2021).



Σχήμα 2: Παγκόσμια κατανομή βιομηχανικής ντομάτας (Δελυμπαλαδάκης, 2021)

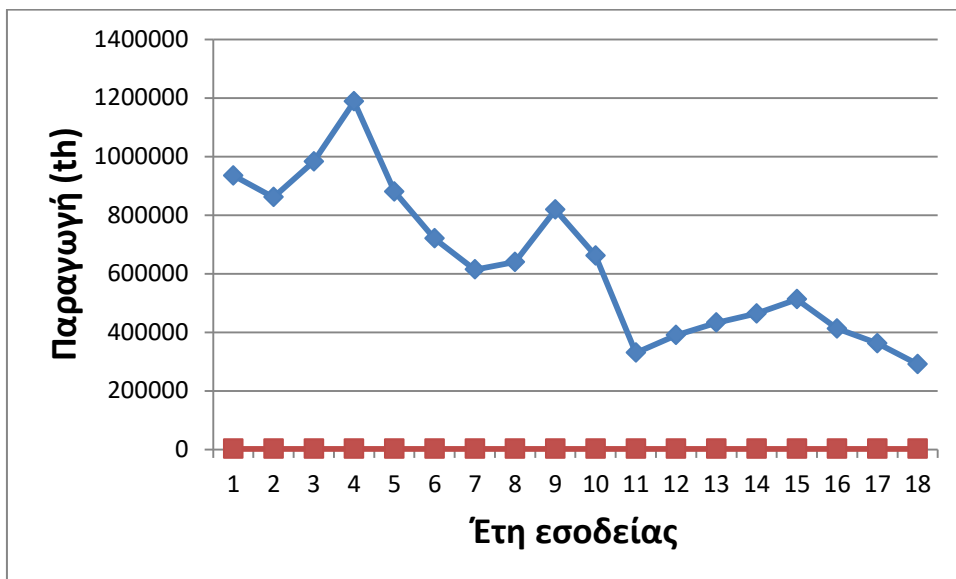
Η πρώτη καλλιέργεια ντομάτας στην Ελλάδα, έγινε το 1818 στην Αθήνα. Σήμερα καλλιεργούνται περίπου 70000 – 80000 στρέμματα, όπου το 50% προορίζεται για μεταποίηση και το υπόλοιπο για νωπή κατανάλωση. Η Ελλάδα κατέχει μόνο το 2% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σημαντική μείωση στην καλλιεργήσιμη έκταση, καθώς και στην παραγωγή (Δελυμπαλαδάκης, 2021)

ΕΣΟΔΕΙΑ ΕΤΗ	ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΟΣ ΚΑΡΠΟΣ (τόνοι)	ΚΑΛΛΙΕΡΓΗΣΙΜΗ ΕΚΤΑΣΗ (στρ)	ΜΕΣΗ ΑΠΟΔΟΣΗ (kg/στρ)
2001	935006	148284	6306
2002	861246	169207	5009
2003	983050	178435	5517
2004	1187592	183163	6484
2005	880450	127630	6898
2006	720400	105587	6823

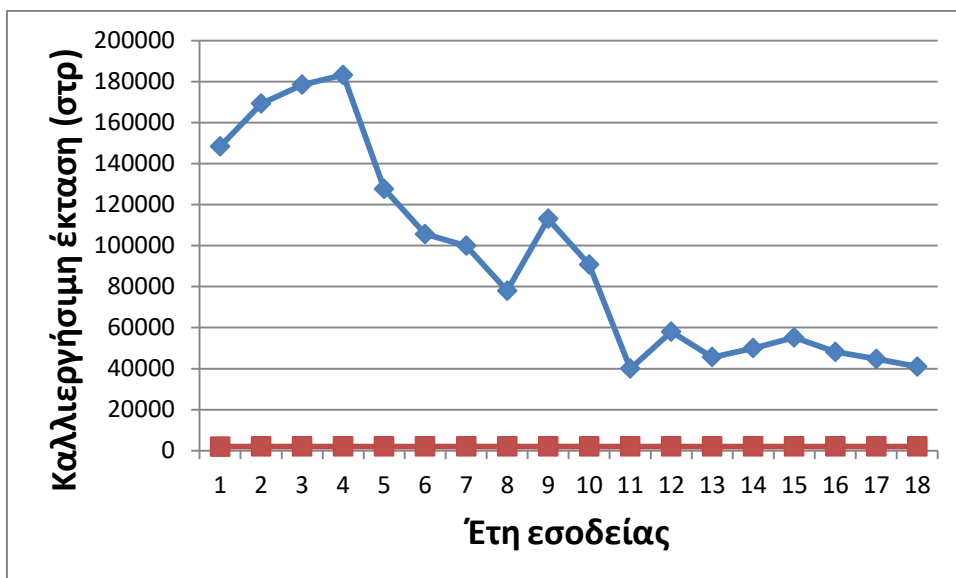
2007	614203	99877	6150
2008	639748	77994	8084
2009	818556	113001	7200
2010	661915	90800	7290
2011	330000	40000	8250
2012	390000	58000	6724
2013	432554	45554	9500
2014	463961	49923	9200
2015	512695	55200	9200
2016	412509	48139	8600
2017	362116	44751	8100
2018	291225	41022	7100

Πίνακας 3: Στοιχεία μεταποίησης βιομηχανικής ντομάτας 2001 – 2018 (ΥΠΙΑΑΤ, 2021)

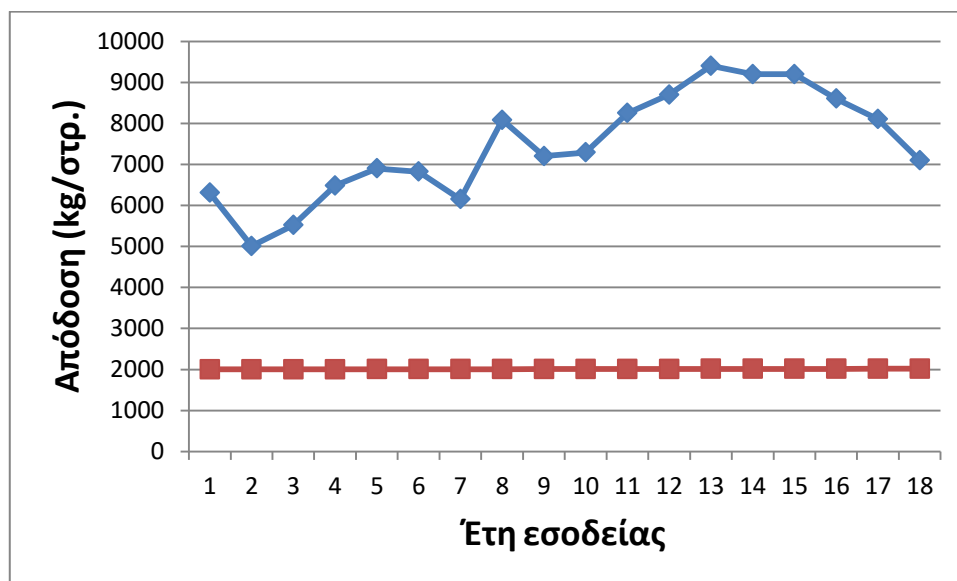
Στα γραφήματα που ακολουθούν, απεικονίζονται τα στατιστικά στοιχεία του παραπάνω πίνακα (Γράφημα 1, 2,3): (Δέδε, 2015)



Γράφημα 1: Παραγωγή βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα τα έτη 2001 – 2018.



Γράφημα 2: Καλλιεργήσιμη έκταση βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα τα έτη 2001 – 2018.



Γράφημα 3: Αποδόσεις βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα τα έτη 2001 – 2018.

Από τα παραπάνω παρατηρούμε, ότι η μεταποιηθείσα πρώτη ύλη ήταν περίπου 935.000 τόνοι το 2001 – 2002 και μειώθηκε στους 291.000 τόνους το 2018. Αντίστοιχα η καλλιεργηθείσα έκταση που ήταν 148.000 στρέμματα το 2001 – 2002, μειώθηκε στα 41.000 στρέμματα το 2018. Επίσης παρατηρούμε μια σταθεροποίηση τα τελευταία χρόνια.

Ο καρπός αποτελείται από χυμό και σάρκα σε ποσοστό 96 – 97%, σπόροι 2 – 3% και φλούδες 1- 2%. Η σύστασή της είναι 94 - 95% νερό και το υπόλοιπο 5% του βάρους είναι βιταμίνες, σάκχαρα, πρωτεΐνες, οξέα κ.α. (πίνακας 2), ενώ μια ντομάτα (150 gr) περιέχει 35 θερμίδες περίπου (Δέδε, 2015).

ΣΥΣΤΑΣΗ ΑΝΑ 100 gr	ΝΟΠΗ ΝΤΟΜΑΤΑ
ΝΕΡΟ	94,5 gr
ΠΡΩΤΕΙΝΕΣ	0,88 gr
ΤΕΦΡΑ	0,50 gr
ΛΙΠΟΣ	0,20 gr
ΔΙΑΙΤΗΤΙΚΕΣ ΙΝΕΣ	1,20 gr

ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ	3,89 gr
ΣΑΚΧΑΡΑ	2,63 gr
ΕΝΕΡΓΕΙΑ	18 kcal

Πίνακας 4: Διατροφική σύσταση νωπής ντομάτας (Δέδε, 2015).

Η βιομηχανική ντομάτα καλλιεργείται ως μονοετές φυτό, δεν ζει αρκετά χρόνια και ο βιολογικός κύκλος της είναι 4 – 6 μήνες. Φτάνει από 1 – 3 μέτρα ύψος ανάλογα με το κλίμα ή την ποικιλία και είναι ένα αυτογονιμοποιούμενο φυτό. Βέβαια η επιστήμη έχει προχωρήσει στην διασταύρωση φυτών ντομάτας και την παραγωγή υβριδίων για μεγαλύτερη παραγωγή (Gaiapedia, 2015).

Η καλλιέργεια της βιομηχανικής ντομάτας, αποφέρει αρκετό οικονομικό κέρδος στους παραγωγούς. Με βάση και την νομοθεσία, η πρώτη ύλη θα πρέπει να είναι κατάλληλη για μεταποίηση, δηλαδή να είναι υγιής (να μην είναι προσβεβλημένη από ασθένειες και έντομα), ανόθευτη και εμπορεύσιμη ποιότητας. Η συγκομιδή πρέπει να γίνεται όταν ο βαθμός BRIX (διαλυτά στερεά ντομάτας) υπερβαίνει το 4% και ιδανικά προσεγγίζει το 8,5%. Τα ολικά στερεά να είναι πάνω από 5,5% και το PH έως 4,4. Επίσης, το ποσοστό της πράσινης ντομάτας θα πρέπει να μην ξεπερνάει το 10% του συνόλου της παραδοτέας ποσότητας προς επεξεργασία. Κατά την παράδοσή της δεν θα πρέπει να υπάρχουν φυτικά υπολείμματα (χόρτα, φύλλα, κλαδιά) και ανόργανα υλικά (χώμα, πέτρες, χαλίκια κ.α.). Με βάση τις παραπάνω προϋποθέσεις, οι παραγωγοί μπορούν να ευεργετηθούν από το καθεστώς της συνδεδεμένης ενίσχυσης, με στόχο την διατήρηση της παραγωγής τους και των κερδών τους. Ο βαθμός BRIX είναι το ποσοστό των σακχάρων στον χυμό, δηλαδή τα γραμμάρια σακχαρόζης ανά 100 gr διαλύματος (% w/w) (Δέδε, 2015; Παπαδοπούλου, 2005; ΥΠΑΑΤ, 2021; Gaiapedia, 2015).

Οι κυριότερες καλλιεργήσιμες περιοχές στην Ελλάδα είναι η Θεσσαλία, η Δυτική Πελοπόννησος και η Μακεδονία. Αρκετές σύγχρονες βιομηχανίες επεξεργασίας ντομάτας δραστηριοποιούνται στην Ελλάδα ιδιαίτερα μετά το 1975, παράγοντας διάφορα προϊόντα για εγχώρια κατανάλωση και για εξαγωγές (Αμβροσιάδου, 2007; Παπαδοπούλου, 2005).

2) Προϊόντα παραγωγικής διαδικασίας και στάδια επεξεργασίας βιομηχανικής ντομάτας

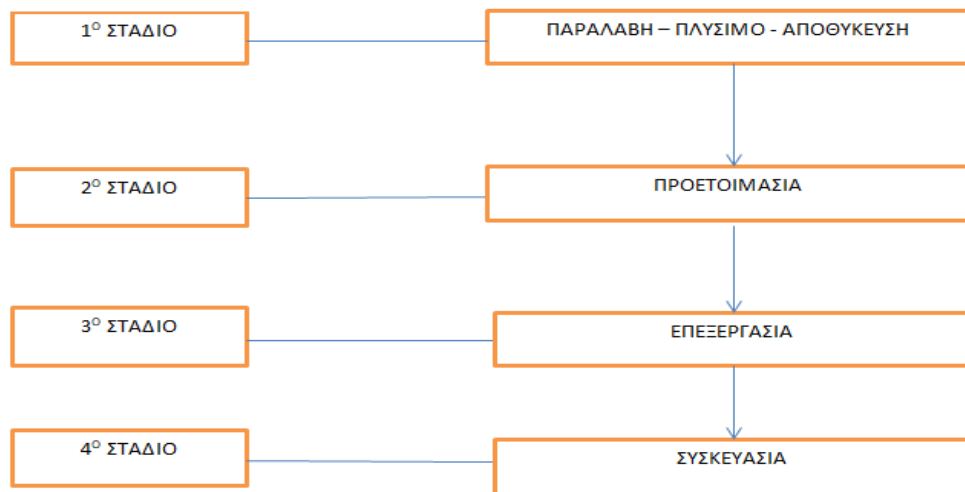
2.1) Τα προϊόντα που προκύπτουν από την μεταποίηση (παραγωγική διαδικασία) της ντομάτας είναι: (Μπάτζιος, 2014)

- α) Αποφλοιωμένες ντομάτες ολόκληρες ή τεμαχισμένες (κονκασέ) σε φέτες ή κύβους
- β) Ντοματοπολτός διαφόρων συμπυκνώσεων
- γ) Κέτσαπ, παρασκευάσματα με βάση το ντοματοπολτό
- δ) Χυμός ντομάτας και παράγωγα
- ε) Σκόνη ντομάτας
- στ) Νιφάδες αφυδατωμένης ντομάτας

Επίσης τα τελευταία χρόνια κυρίως στο εξωτερικό, παράγονται διάφορα καινοτόμα προϊόντα όπως: κρασί ντομάτας, σιρόπι ντομάτας, κρέμα ντομάτας, ντοματοβούτυρο, καλλυντικά ντομάτας (Saran et al., 2017).

2.2) Στάδια επεξεργασίας της βιομηχανικής ντομάτας:

- Συγκομιδή και μεταφορά στο εργοστάσιο
- Παραλαβή – ποιοτικός έλεγχος
- Τροφοδοσία - πλύσιμο – διαλογή
- Πολτοποίηση (σπάσιμο) – προθέρμανση
- Διήθηση (φιλτράρισμα) – παραγωγή χυμού
- Συμπύκνωση χυμού
- Παστερίωση ντοματοπολτού
- Γέμισμα και κλείσιμο κουτιών – συμπληρωματική παστερίωση
- Τοποθέτηση ετικετών - αποθήκευση – συσκευασία - διάθεση



Σχήμα 3: Στάδια κονσερβοποίησης ντομάτας (Νταρακάς, 2006)

2.2.1) Συγκομιδή – μεταφορά

Η παραπάνω διαδικασία γίνεται με σταδιακό τρόπο όταν έχουν πλέον ωριμάσει οι ντομάτες, δηλαδή αποκτήσουν έντονο κόκκινο χρώμα, χαμηλή οξύτητα, μεγάλη περιεκτικότητα στερεού υπολείμματος και σακχάρων. Η συγκομιδή γίνεται μηχανικά, δηλαδή με ειδικά μηχανήματα συλλογής, όπου οι ντομάτες απορρίπτονται την ίδια στιγμή σε ανατρεπόμενα φορτηγά, καθώς κινούνται παράλληλα με την μηχανή συλλογής. Οι μηχανές αυτές διαθέτουν φωτοκύτταρα που ανιχνεύουν τις άγουρες ή ακατάλληλες ντομάτες ώστε να απορρίπτονται έξω από το μηχάνημα συλλογής. Η μεταφορά της ντομάτας στο εργοστάσιο πρέπει να γίνεται αυθημερόν και απαιτείται ειδική εγκατάσταση υποδοχής και εκφόρτωσης. Τα παλαιότερα χρόνια η συλλογή και η μεταφορά της ντομάτας από το χωράφι στο εργοστάσιο, γινόταν με πλαστικά ή ξύλινα τελάρα των 25 κιλών περίπου.

2.2.2) Παραλαβή ντομάτας και ποιοτικός έλεγχος

Η πρώτη ύλη πρέπει να παραλαμβάνεται με τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει ομαλή τροφοδοσία του εργοστασίου όλο το 24ώρο, χωρίς να υπάρχει κίνδυνος να παραμείνουν οι ντομάτες για τις επόμενες μέρες. Στη συνέχεια ζυγίζονται, γίνεται αντιπροσωπευτική δειγματοληψία και ποιοτική εκτίμηση του προϊόντος με βάση τις προδιαγραφές. Ο σωστός ποιοτικός έλεγχος εξασφαλίζει καλή ποιότητα πρώτης ύλης, με αποτέλεσμα και τα

προϊόντα μεταποίησης να είναι υψηλών προδιαγραφών, άρα και εμπορεύσιμα. Ο ποιοτικός έλεγχος θα πρέπει να περιλαμβάνει τον βαθμό ωριμότητας της ντομάτας, την υγιή κατάσταση της και το στερεό υπόλειμμα. Η απόδοση της βιομηχανικής ντομάτας, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το στερεό υπόλειμμα (αυτό που μένει μετά την αφαίρεση του νερού) και για το λόγο αυτό θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ντομάτες με υψηλό στερεό υπόλειμμα. Η μέτρηση του στερεού υπολείμματος στον χυμό ντομάτας, γίνεται με διαθλασίμετρο στους 20°C και μας δείχνει την περιεκτικότητα των στερεών διαλυτών συστατικών.

2.2.3) Τροφοδοσία – πλύσιμο – διαλογή

2.2.3.1) Τροφοδοσία ντομάτας

Μετά την παραλαβή και το ζύγισμα, κάθε φορτηγό κατευθύνεται σε μια ειδική ράμπα με κανάλι υποδοχής. Καθώς το φορτηγό αρχίζει να αδειάζει τις ντομάτες προς το κανάλι υποδοχής, ένας χειριστής μέσω ειδικής μάνικας ρίχνει μεγάλες ποσότητες νερού στην καρότσα. Με τον τρόπο αυτό, η διοχέτευση των ντοματών γίνεται σταδιακά προς το κανάλι χωρίς να τραυματίζονται. Μετά από εκεί οι ντομάτες μεταφέρονται στο φρεάτιο των υδραυλικών διανομέων (αναβατόρια), ώστε να τροφοδοτηθούν τα προπλυντήρια των γραμμών μεταποίησης. Επίσης λόγω κατασκευής του καναλιού υποδοχής, τα ξένα αντικείμενα (πέτρες, χαλίκια κ.α.) παραμένουν εκεί και δεν μεταφέρονται στα υδραυλικά αναβατόρια.

2.2.3.2) Πλύσιμο ντομάτας

Θεωρείται ένα σημαντικό στάδιο κατά την επεξεργασία της βιομηχανικής ντομάτας. Όλη η διαδικασία ολοκληρώνεται σε τρία στάδια:

- α) Στα προπλυντήρια, όπου παρακρατούνται στελέχη, χώματα, φύλλα.
- β) Στα κυρίως πλυντήρια, όπου μέσω ενός αεροσυμπιεστή εκτοξεύεται αέρας με μεγάλη πίεση προς το νερό πλύσης από σωλήνες που βρίσκονται στο κάτω μέρος του πλυντηρίου. Έτσι οι ντομάτες αναδεύονται συνεχώς με αποτέλεσμα να πλένονται πολύ καλά.

γ) Στο τρίτο στάδιο, εκτοξεύεται νερό από εκτοξευτήρες που βρίσκονται στο πάνω μέρος μιας μεταφορικής ταινίας, η οποία μεταφέρει τις ντομάτες από το πλυντήριο στην ταινία διαλογής των σκάρτων πρώτων υλών. Το νερό πλύσης σε όλα τα στάδια είναι ζεστό, θερμοκρασίας 35°C - 40°C. Για λόγους οικονομίας του νερού, η προέλευσή του είναι επιστροφές του συμπυκνωτή. Για νερό πλύσης, πρέπει να χρησιμοποιείται πόσιμο νερό, με βάση την οδηγία 93/83/ΕΚ της ΕΕ.

2.2.4) Διαλογή ντομάτας

Πρέπει κατά την διαλογή να εξασφαλίζεται η άριστη ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων μεταποίησης. Μετά την πλύση τους οι ντομάτες μεταφέρονται σε τράπεζα διαλογής με περιστρεφόμενους κυλίνδρους (ράουλα). Έτσι οι ντομάτες καθώς μεταφέρονται, ταυτόχρονα περιστρέφονται, βοηθώντας την διαλογή από τους εργάτες. Παράλληλα, πάνω ή κάτω από την τράπεζα διαλογής και με αντίθετη φορά, κινείται μια μεταφορική ταινία όπου απορρίπτονται οι κακές ντομάτες (άρρωστες, ηλιοκαμένες, πράσινες κ.α.). Στο τέλος, όλες οι μη κατάλληλες ντομάτες που προκύπτουν από τα στάδια επεξεργασίας μεταφέρονται σε ειδικούς χώρους αποθήκευσης και στην συνέχεια επαναχρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή ή απορρίπτονται σε ΧΥΤΑ.

2.2.5) Πολτοποίηση (σπάσιμο) – προθέρμανση ντομάτας

2.2.5.1) Σπάσιμο ντομάτας

Οι κατάλληλες ντομάτες που προκύπτουν από την προηγούμενη διαδικασία οδηγούνται στον σπαστήρα, ο οποίος αποτελείται από κυλίνδρους με περιστρεφόμενες λεπίδες ή δόντια όπου και τεμαχίζονται. Κατόπιν οι τεμαχισμένες ντομάτες οδηγούνται στον προθερμαντήρα μέσω αντλίας. Σε περίπτωση που το εργοστάσιο συλλέγει και τους σπόρους, τότε χρησιμοποιείται ειδικός σπαστήρας και διαλογέας σπόρων.

2.2.5.2) Προθέρμανση ντομάτας

Η διαδικασία αυτή γίνεται σε πλήρως αυτοματοποιημένα μηχανήματα (εναλλάκτες κελύφους με σωληνώσεις). Η τεμαχισμένη ντομάτα με τον χυμό της, οδηγείται μέσα στους σωλήνες αυτούς, που παράλληλα θερμαίνονται εξωτερικά με ζεστό ατμό και παραμένει εκεί όσο χρονικό διάστημα χρειαστεί για την θέρμανση της. Εφαρμόζονται δύο τεχνικές, η ψυχρή (cold break) και η θερμή θραύση (hot break).

Στη πρώτη περίπτωση οι ντομάτες τεμαχίζονται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μετά ακολουθεί η προθέρμανσή τους στους 65°C - 85°C. Έτσι επιτυγχάνεται ο διαχωρισμός των πτηκτινολυτικών ενζύμων, οι σπόροι ελευθερώνονται από τις κολλώδεις ουσίες και μεγαλύτερο ποσοστό κόκκινου χρώματος μεταφέρεται από τον φλοιό στον χυμό. Λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας της τεχνικής, διατηρείται η γεύση, το άρωμα και τα θεραπευτικά συστατικά της ντομάτας. Επίσης ο ντοματοπολτός που προκύπτει, έχει υδαρή υφή και ιξώδες μεγαλύτερο του 10 (το ιξώδες δείχνει το μέτρο της αντίστασης που προβάλλει ένα ρευστό στην σταδιακή παραμόρφωση του από διατμητική τάση, που εκφράζεται επίσης και με την αντίσταση που προβάλλει κατά την ροή του και μετριέται με το ιξωδόμετρο).

Στην δεύτερη περίπτωση (hot break), η διαδικασία γίνεται στους 86°C - 90°C. Εδώ επιτυγχάνεται αδρανοποίηση των πτηκτινολυτικών ενζύμων και η μη διάσπαση τους, με αποτέλεσμα να δίνουν μια συνεκτική υφή στον ντοματοπολτό, με ιξώδες μικρότερο του 9. Βέβαια λόγω της υψηλής θερμοκρασίας που απαιτεί η διαδικασία αυτή, προκύπτει αλλοίωση του χρώματος, το οποίο δεν είναι επιθυμητό.

2.2.6) Διήθηση – παραγωγή χυμού

Η τεμαχισμένη ντομάτα οδηγείται στο μηχάνημα διήθησης, το οποίο αποτελείται από τρία διαφορετικής διαμέτρου κόσκινα (1 – 1.2mm, 0.6 – 0.7mm, 0.4 – 0.5mm). Στο εσωτερικό του κυλινδρικού κόσκινου υπάρχει άξονας περιστροφής με πτερύγια. Καθώς περιστρέφονται τα πτερύγια αυτά με ταχύτητες της τάξης των 700 – 850 rpm, πιέζουν τις ντομάτες στα τοιχώματα των κόσκινων ώστε να εξέλθει ο χυμός από τις τρύπες που υπάρχουν. Στη συνέχεια ο χυμός συγκεντρώνεται σε ανοξείδωτες δεξαμενές με πλωτήρα για αποφυγή υπερχειλίσεως και με αναδευτήρες για αποφυγή καθίζησης του χυμού. Επίσης τα παραπροϊόντα που προκύπτουν (ίνες, φλούδες, σπόροι), μέσω μεταφορικής ταινίας οδηγούνται σε ειδικό πιεστήριο, για συλλογή του επιπλέον χυμού που έχει παραμείνει και

κατόπιν μεταφέρονται προς ξήρανση. Μετά την ξήρανσή τους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σπορέλαιο ή ζωοτροφή.

2.2.7) Συμπύκνωση χυμού ντομάτας

2.2.7.1) Η θερμική συμπύκνωση γίνεται σε χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση (σε κενό), όπου ο ντοματοπολτός βράζει σε χαμηλή θερμοκρασία (42°C - 62°C), με αποτέλεσμα να διατηρούνται αναλλοίωτα τα βιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά της ντομάτας (γεύση, άρωμα, χρώμα, βιταμίνες). Τα είδη των συμπυκνωτών είναι:

- Απλής ενεργείας
- Διπλής ενεργείας
- Τριπλής ενεργείας
- Τετραπλής ενεργείας

Επίσης χρησιμοποιούνται συνεχούς ροής συμπυκνωτές (στην Ελλάδα από το 1957), διότι έχουν χαμηλό κόστος και παράγουν ντοματοπολτό πολύ καλής ποιότητας. Η ροή του χυμού μέσα σε αυτό το είδος συμπυκνωτή είναι αδιάλειπτη, και στην έξοδο παραλαμβάνεται συμπυκνωμένος ντοματοπολτός στα επιθυμητά επίπεδα. Η κυκλοφορία του χυμού γίνεται μέσα σε σωλήνες, εξωτερικά των οποίων κυκλοφορεί ατμός σε θερμοκρασία 103°C. Επίσης, η συμπύκνωση στον προσυμπυκνωτή γίνεται σε κενό 60 – 70 cm Hg και θερμοκρασία 42°C, ενώ το τελικό στάδιο της στους 61°C - 62°C.

2.2.7.2) Αντίστροφη όσμωση

Είναι μια νέα μέθοδος συμπύκνωσης, χρησιμοποιώντας το σύστημα μεμβρανών μικρής διατομής (1.3 mm²). Με το σύστημα αυτό και μέσω συμπίεσης, αφαιρείται το νερό από τον χυμό της ντομάτας. Η διαδικασία αυτή μειώνει το κόστος παραγωγής, λόγω εξοικονόμησης ενέργειας και παράγει συμπυκνωμένο ντοματοπολτό με πολύ καλά χαρακτηριστικά.

2.2.8) Παστερίωση ντοματοπολτού

Ο ντοματοπολτός μεταφέρεται μέσω αντλίας σε ανοξείδωτη δεξαμενή, όπου γίνεται συνεχώς ανάδευση μέσω αναδευτήρα προς αποφυγή καθιζήσεων. Από εκεί μεταφέρεται στον παστεριωτή, όπου γίνεται η παστερίωση στους 90°C και στη συνέχεια οδηγείται στο μηχάνημα γεμίσματος. Όταν χρησιμοποιούνται κουτιά (κονσέρβες) κατά το γέμισμα του ντοματοπολτού, θα πρέπει η θερμοκρασία να παραμένει σταθερή στους 90°C, προς αποφυγή τυχόν αλλοιώσεων των χαρακτηριστικών του. Για το γέμισμα των βαρελιών θα πρέπει ο ντοματοπολτός να ψυχθεί πρώτα και να μειωθεί η θερμοκρασία του στους 35°C - 40°C. Η παστερίωση γενικά βοηθάει ώστε να επιτευχθούν οι συνθήκες υγιεινής που απαιτούνται για το προϊόν.

2.2.9) Γέμισμα και κλείσιμο κουτιών – συμπληρωματική παστερίωση.

Τα κουτιά που χρησιμοποιούνται είναι από λευκοσίδηρο, ενώ εσωτερικά έχουν ειδική βερνίκωση. Τα κουτιά παστεριώνονται εσωτερικά με χρήση ατμού. Όταν γεμίσουν μεταφέρονται στο ειδικό μηχάνημα κλεισίματος, όπου τοποθετείται το καπάκι και σφραγίζονται ερμητικά. Στα καπάκια των κουτιών γίνεται συμπληρωματική παστερίωση μέσω ψυκτήρα, με εκτόξευση κρύου νερού για σύντομο χρονικό διάστημα. Έτσι μειώνεται η θερμοκρασία άμεσα, από τους 90°C στους 40°C. Στη συνέχεια τα κουτιά θα πρέπει να στεγνώσουν για να απομακρυνθεί η εξωτερική υγρασία, προς αποφυγή σκουριάς. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιείται μια νέα μέθοδος γεμίσματος των προϊόντων ντομάτας. Είναι οι μεγάλες ασηπτικές συσκευασίες σε βαρέλια ή σάκους με χωρητικότητα έως και 1140 λίτρα. Η μέθοδος αυτή προσφέρει πολλά οικονομικά και ποιοτικά πλεονεκτήματα, όπως εξασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων, χαμηλό κόστος συσκευασίας, μεταφοράς, διακίνησης κ.α.

2.2.10) Τοποθέτηση ετικετών – Αποθήκευση – συσκευασία - διάθεση

Μετά το γέμισμα και στέγνωμα των κουτιών, επικολλούνται οι ετικέτες και στην συνέχεια τοποθετούνται σε χαρτοκιβώτια και παλέτες. Κατόπιν οδηγούνται σε αποθήκες όπου θα πρέπει να παραμείνουν για κάποιο χρονικό διάστημα (25 – 30 ημέρες). Στις αποθήκες δεν θα πρέπει να υπάρχει υγρασία και η θερμοκρασία να είναι 10°C. Κατά τον χρόνο

παραμονής των κουτιών στις αποθήκες, γίνονται τακτικοί έλεγχοι για να διασφαλιστεί η άριστη ποιότητα των προϊόντων. Μετά την πάροδο του προβλεπόμενου χρονικού διαστήματος, οι συσκευασίες προωθούνται προς την τελική τους διάθεση. Επίσης όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, εκτός από κουτιά, γεμίζονται με ασηπτικές διαδικασίες βαρέλια και σάκοι (Kumari and Singh, 2018; Vidyarthi, et al., 2020; Βαρζάκας και Παπαδοπούλου, 2005; Σιτάρα, 2011; Χρυσάφοπουλος, 2019).

3) Κομματιασμένη αποφλοιωμένη ντομάτα (κονκασέ)

Ένα προϊόν με μεγάλη κατανάλωση που χρησιμοποιείται στις πίτσες κυρίως. Η ντομάτα αποφλοιώνεται, τεμαχίζεται και ακολουθεί η διαδικασία κονσερβοποίησης σε κουτιά. Οι ντομάτες που χρησιμοποιούνται, θα πρέπει να είναι αρκετά ώριμες ώστε να έχουν ζωντανό κόκκινο χρώμα.

4) Κέτσαπ

Είναι ένα παρασκεύασμα που προκύπτει από τον ντοματοπολτό, στο οποίο έχει προστεθεί ξύδι, αλάτι, ζάχαρη, κρεμμύδι, σκόρδο, πιπέρι, διάφορα άλλα μπαχαρικά και έχει πολλές χρήσεις. Το στερεό υπόλειμμα κυμαίνεται μεταξύ 16 – 35%, ενώ ο ντοματοπολτός θα πρέπει να είναι συμπύκνωσης 30%. Συσκευάζεται σε μπουκάλια ή σε κουτιά από λευκοσίδηρο με εσωτερική βερνίκωση, προς αποφυγή της οξείδωσης. Αν το γέμισμα των κουτιών ή των μπουκαλιών γίνει στους 85 - 90°C και η συμπύκνωση είναι πάνω από 30%, δεν χρειάζεται αποστείρωση.

5) Σκόνη ντομάτας

Προέρχεται από αφυδατωμένο χυμό ντομάτας. Η σκόνη που προκύπτει, θα πρέπει να διαλύεται στο νερό και να δημιουργείται ένα προϊόν, όμοιο με τον φυσιολογικό χυμό ντομάτας (χρώμα, γεύση, χημική και φυσική σύσταση). Η πρώτη ύλη είναι ντοματοπολτός με διαδικασία Hot Break (86 - 90°C) και με συμπύκνωση 30%. Καθώς απαιτούνται ειδικές συνθήκες αποθήκευσης (υγρασίας, φωτός), το προϊόν αυτό αλλοιώνεται σε

σύντομο χρονικό διάστημα, με αποτέλεσμα η διάθεση του να είναι περιορισμένη. Η παραγωγή της σκόνης ντομάτας γίνεται με διάφορες μεθόδους όπως:

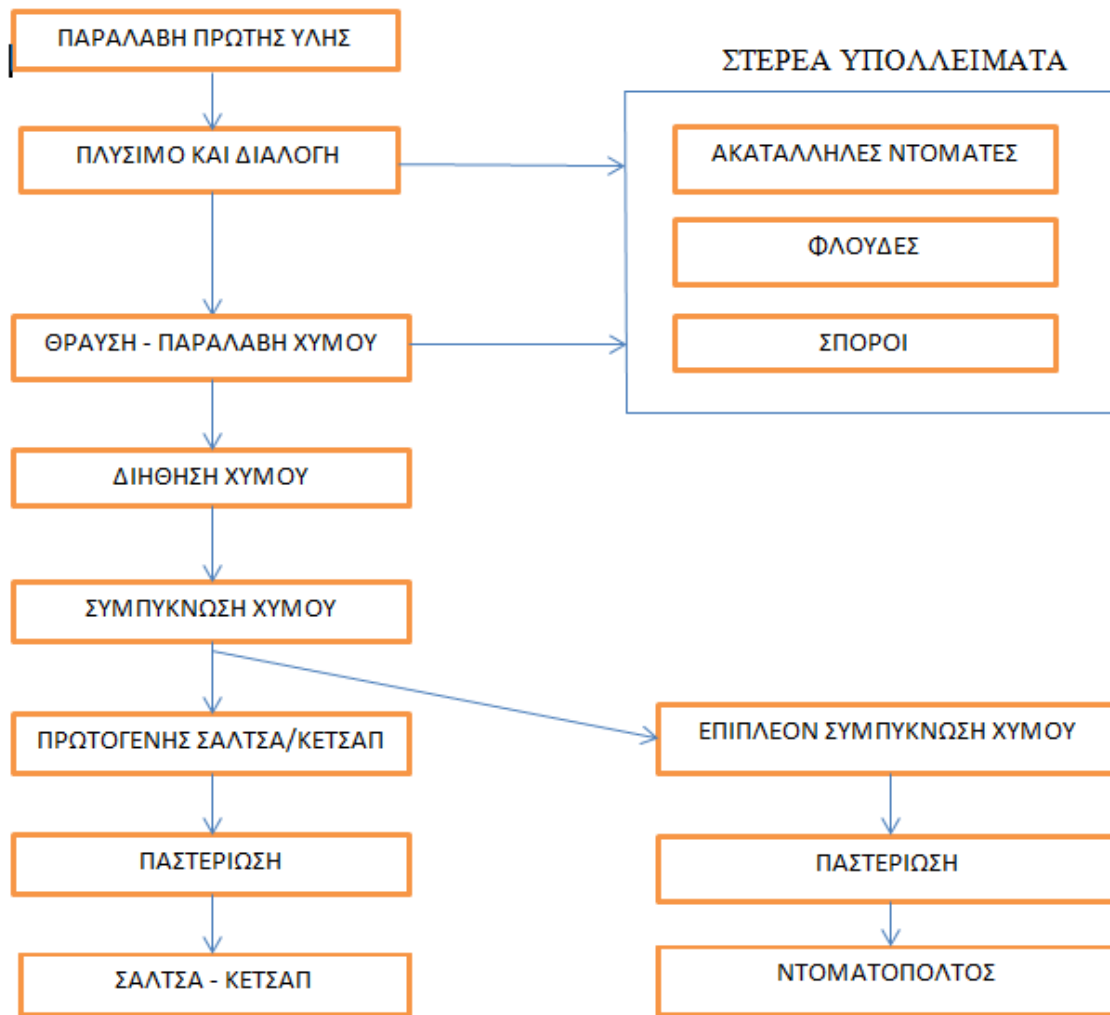
α) Με προσθήκη όξινου θειικού νατρίου (NaHSO_3), άλατος (NaCl) και στην συνέχεια αφυδάτωση του ντοματοπολτού και ξήρανση.

β) Καταιονισμός σε πύργους Birs

γ) Φυγοκεντρικός διαχωρισμός χυμού πριν συμπυκνωθεί και συσκευασία της σκόνης σε στεγνά δοχεία, σε συνθήκες απόλυτης ξηρασίας.

6) Νιφάδες αφυδατωμένης ντομάτας

Οι ντομάτες μετά την διαλογή και το πλύσιμο, τεμαχίζονται σε κύβους 10x10 mm και γίνεται η αφυδάτωση τους σε ειδικά ξηραντήρια. Για την αφυδάτωση απαιτείται θερμοκρασία 70°C και κενό 75mm Hg, για τέσσερις ώρες. Συσκευάζονται σε ειδικά χάρτινα κουτιά και τοποθετούνται σε αποθήκες δροσερές και ξηρές. Το τελικό προϊόν θα πρέπει να πληροί ορισμένες προϋποθέσεις όπως: ομοιόμορφο μέγεθος με διαστάσεις 10x8x1 mm, και χρώμα κόκκινο. Η γεύση και η οσμή τους, να είναι ίδια με την ντομάτα, η υγρασία να είναι το πολύ 5%, ενώ το όριο για τυχόν ελαττωματικά τεμάχια (κάψιμο, αποχρωματισμός κ.α.) να είναι σε ποσοστό μέχρι 2% (Βαρζάκας, 2005; Μπάτζιος, 2014; ΠΦΡΤ, 2020).



Σχήμα 4: Διάγραμμα ροής της παραγωγικής διαδικασίας κονσερβοποίησης ντομάτας
(Μαστροδημήτρης, 2020)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Διαχείριση αποβλήτων/παραπροϊόντων

1) Γενικά στοιχεία

Σύμφωνα με την οδηγία 2008/98/ΕΚ της ΕΕ, τα υλικά που χαρακτηρίζονται ως απόβλητα, θα πρέπει να υπόκεινται σε ένα πλήθος ρυθμίσεων και οδηγιών που αφορά τον χειρισμό και την επεξεργασία τους. Επομένως τα παραπροϊόντα που θεωρούνται απόβλητα και απορρίπτονται, επιβάλλεται να ανευρίσκονται εναλλακτικές μορφές αξιοποίησης και χρήσης τους.

Οι επιλογές για την διαχείριση των αποβλήτων συνοψίζονται παρακάτω:

Α) Περιορισμός – μείωση των παραγόμενων αποβλήτων/παραπροϊόντων, αλλάζοντας τον τρόπο – τεχνική της παραγωγικής διαδικασίας.

Β) Ανάκτηση και ανακύκλωση των αποβλήτων/παραπροϊόντων και παραγωγή χρήσιμων υποπροϊόντων.

Γ) Την κατάλληλη επεξεργασία τους, με σκοπό την απομάκρυνση όλων των τοξικών ουσιών που πιθανόν να περιέχουν (Μακρής, 2020; ΕΠΠΔΑ, ΥΠΕΝ, 2021).

Η παραπάνω οδηγία προβλέπει ότι η διαχείριση των αποβλήτων/παραπροϊόντων, πρέπει να βασίζεται σε διαδικασίες και τεχνικές που δεν επιβαρύνουν το περιβάλλον. Δηλαδή να εφαρμόζονται τεχνικές πρόληψης της ρύπανσης, όπως συστήματα ανακύκλωσης των ποσοτήτων νερού που προκύπτουν από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας των προϊόντων, παραλαβή κατάλληλων πρώτων υλών ώστε να περιορίζεται η ρύπανση κατά την παράδοση και παραλαβή, σωστός υπολογισμός των αναγκών της μονάδας σε ενέργεια και νερό κ.α. Τέλος, απαραίτητες είναι οι τεχνικές περιορισμού της ρύπανσης, όπως η επιλογή της κατάλληλης μεθόδου επεξεργασίας των αποβλήτων και της ιλύος, η σωστή συντήρηση της μονάδας επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων κ.α. (Γκριζόπουλος, 2012).

Σύμφωνα με τους Scherhauser et al. (2018) στην ΕΕ στο 74.5% των αποβλήτων της επεξεργασίας τροφίμων εφαρμόζεται κομποστοποίηση, στο 18.7% αναερόβια χώνευση,

στο 3.4% συμπαραγωγή με άλλα απόβλητα, στο 2.8% απόρριψη στους ΧΥΤΑ, ενώ ένα ελάχιστο ποσοστό της τάξης του 0.4% οδηγείται προς αποτέφρωση.

2) Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων/παραπροϊόντων

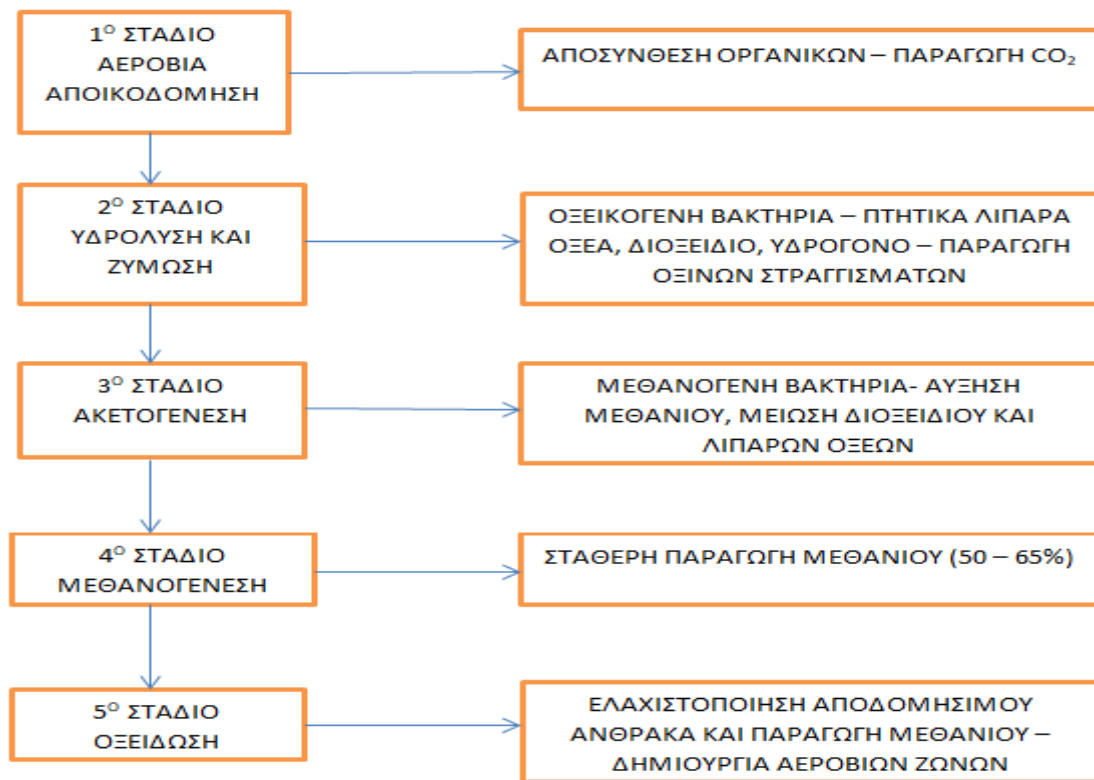
Οι κυριότερες τεχνικές διαχείρισης των αποβλήτων/παραπροϊόντων είναι:

- A) Απόρριψη σε χωματερές, υγειονομική ταφή σε ΧΥΤΑ
- B) Βιολογικές μέθοδοι: Αερόβια χώνευση (κομποστοποίηση) και αναερόβια χώνευση
- Γ) Θερμικές μέθοδοι: Πυρόλυση, αεριοποίηση, αποτέφρωση
- Δ) Χρήση τους ως ζωοτροφές μετά από κατάλληλη επεξεργασία
- E) Χημικές διεργασίες υγρών αποβλήτων (χημική καθίζηση, πήξη/κροκίδωση κ.α.)
- ΣΤ) Επεξεργασία των υγρών αποβλήτων στις μονάδες επεξεργασίας λυμάτων (ΜΕΛ) (Ασημομύτης και Βλαχάκη, 2021).

Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των κυριότερων αυτών μεθόδων:

2.1) Υγειονομική ταφή (Y.T)

Είναι μια μέθοδος που χρησιμοποιείται αρκετά συχνά, παρά τα προβλήματα που προκαλεί στο περιβάλλον (μόλυνση) από τυχόν κακή λειτουργία του ΧΥΤΑ. Συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους έχει χαμηλό κόστος λειτουργίας και από τα βιοαπόβλητα παράγεται διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μεθάνιο (CH_4), το οποίο δύναται να χρησιμοποιηθεί για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Όταν τα βιοαπόβλητα αυτά έρχονται σε επαφή με άλλου είδους απορρίμματα, που μπορεί να περιέχουν κάποιες τοξικές ουσίες, τότε μέσω βιολογικών και φυσικοχημικών διεργασιών, παράγονται πολύ επικίνδυνα λύματα μολύνοντας το έδαφος και τον υδροφόρο ορίζοντα. Τα στραγγίσματα αυτά έχουν υψηλά ποσοστά σε χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), σε βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD), σε βαρέα μέταλλα κ.α. (Mojiri et al., 2021).



Σχήμα 5: Στάδια αποδόμησης στερεών αποβλήτων (Μπέλου – Στούπα, 2014)

2.2) Αναερόβια χώνευση (Α.Χ)

Πραγματοποιείται χωρίς την παρουσία οξυγόνου και θεωρείται αρκετά αποδοτική τεχνολογία για παραγωγή βιοαερίου. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες, μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ευρύ φάσμα υποστρωμάτων, όπως υποστρώματα από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφίμων και λαχανικών, γεωργικά και κτηνοτροφικά απόβλητα, με μεγάλη περιεκτικότητα σε υγρασία και ακαθαρσίες. Η διαδικασία μπορεί να επιτευχθεί σε μικρής ή μεγάλης κλίμακας χωνευτές. Κατά την φάση της αναερόβιας χώνευσης, τα αναερόβια μικρόβια μετατρέπουν τα απόβλητα σε βιοαέριο (60 – 70% μεθάνιο και 30 – 40% διοξείδιο του άνθρακα) και σε μικρές ποσότητες υδρογόνου και υδρόθειου. Το μεθάνιο χρησιμοποιείται για παραγωγή θερμικής και ηλεκτρικής ενέργειας ή για παραγωγή αερίου σύνθεσης. Επίσης παράγεται και ένα στερεό υπόλειμμα, το οποίο μετά από κατάλληλη επεξεργασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κομπόστ (Xu et al., 2018).

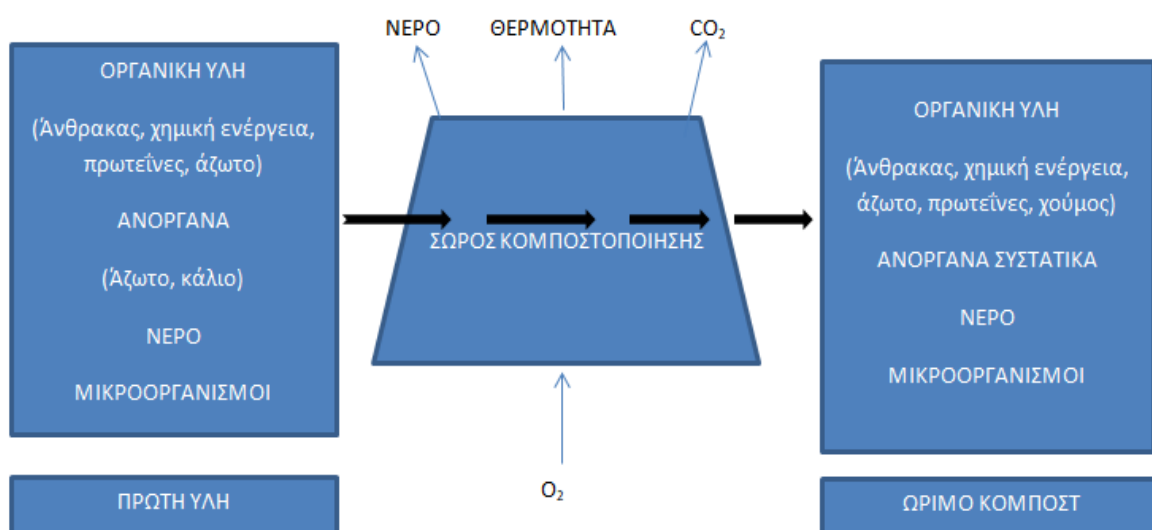


Σχήμα 6: Βιοχημικές διεργασίες κατά την αναερόβια χώνευση (Σαρηγιάννης, 2015)

2.3) Αερόβια χώνευση (κομποστοποίηση)

Η διεργασία αυτή πραγματοποιείται σε αερόβιες συνθήκες με παρουσία οξυγόνου. Λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά του κάθε αποβλήτου, θα πρέπει να ρυθμιστούν σωστά οι παράμετροι κομποστοποίησης προς αποφυγή δημιουργίας οσμών και κακής ποιότητας κομπόστ. Τα βιοαπόβλητα αυτά περιέχουν υψηλό ποσοστό άνθρακα ενώ το παραγόμενο κομπόστ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εδαφοβελτιωτικό. Οι παράμετροι αυτοί είναι το pH (μέτρο οξύτητας ή αλκαλικότητας χημικής ουσίας), η αναλογία άνθρακα προς άζωτο (C/N), το ποσοστό υγρασίας, ο ρυθμός αερισμού, το μέγεθος των σωματιδίων και το πορώδες των αποβλήτων αυτών. Το pH θα πρέπει να είναι μεταξύ του 7 – 7.5, ενώ η αναλογία πτητικών στερεών προς ολικά στερεά (VT/TS) να είναι 80 – 97%. Τα επίπεδα υγρασίας πρέπει να είναι της τάξης του 74 – 90% και ιδανικά 55 – 60%. Ο λόγος C/N να ρυθμίζεται μεταξύ του 14.7 – 36 και επιθυμητό μεταξύ του 25 προς 1 και 30 προς 1, διότι σε χαμηλότερους λόγους προκαλείται εξάτμιση αμμωνίας. Η θερμοκρασία στο αρχικό στάδιο να είναι μεταξύ του 50 - 55°C και στο τελικό στάδιο 55 - 60°C. Το πορώδες των αποβλήτων να είναι μεγάλο, ώστε να διοχετεύεται ευκολότερα η απαιτούμενη ποσότητα αέρα στα προς κομποστοποίηση απόβλητα. Επομένως το ελάχιστο πορώδες πρέπει να είναι της τάξης του 30%.

Οι μέθοδοι κομποστοποίησης κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες, τις μεθόδους κλειστών και ανοικτών συστημάτων. Στα ανοικτά συστήματα παρουσιάζεται διαφυγή μεθανίου προς το περιβάλλον, ενώ στα κλειστά συστήματα υπάρχει δυνατότητα συλλογής του μεθανίου προς καύση (Cerda et al., 2018; Μαστροδημήτρης, 2020; ΕΠΠΕΡΑΑ, ΥΠΕΚΑ, 2012).



Σχήμα 7: Διεργασία κομποστοποίησης (Μουτάφης, 2018)

2.4) Αεριοποίηση

Θεωρείται μια διεργασία μερικής οξείδωσης, όπου τα βιοαπόβλητα αντιδρούν με οξυγόνο ή ατμό και μετατρέπονται σε αέριο σύνθεσης, αποτελούμενο κατά κύριο λόγο από υδρογόνο (H_2) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και λιγότερο από μεθάνιο (CH_4). Επίσης παράγονται στερεά υπολείμματα, πλούσια σε αδρανή υλικά και άνθρακα. Το υγρό συμπυκνωμένο υπόλειμμα έχει σύσταση παραπλήσια του υγρού υπολείμματος της διεργασίας της πυρόλυσης. Η τεχνολογία της αεριοποίησης χρησιμοποιεί αντιδραστήρες σταθερής κλίνης, ρευστοποιημένης κλίνης και συμπαρασυρόμενης ροής. Είναι μια αυτοσυντηρούμενη μέθοδος που δεν εξαρτάται από εξωτερική πηγή ενέργειας, ενώ χρησιμοποιεί πρόσθετο αέριο καύσιμο (ατμός, οξυγόνο, αέρας κ.α.) για την μετατροπή των βιοαποβλήτων σε αέρια προϊόντα (Molino et al., 2018; Κορνάρος, 2014; Χαλεβελάκης, 2019).

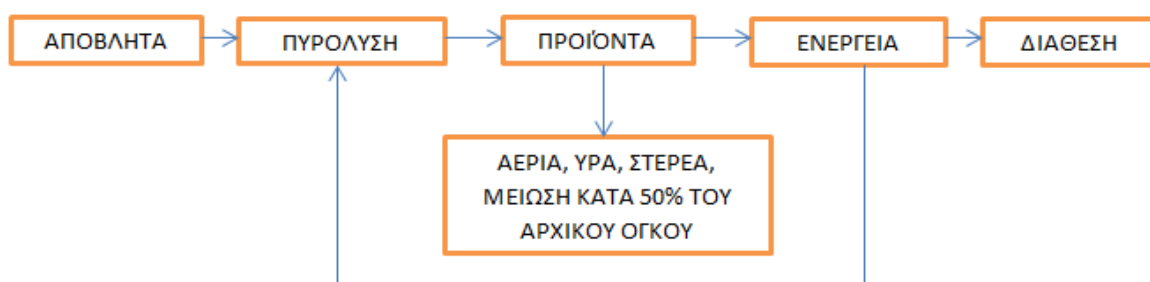
2.5) Πυρόλυση

Είναι μια θερμική επεξεργασία των βιοαποβλήτων με απουσία οξυγόνου. Πραγματοποιείται θερμικός διαχωρισμός των οργανικών ενώσεων και η μετατροπή τους σε αέρια, υγρά και στερεά ρεύματα (κλάσματα). Πρόκειται για μια ενδοθερμική διεργασία και απαιτεί εξωτερική πηγή ενέργειας. Ανάλογα με τα προϊόντα που θέλουμε να προκύψουν, χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες της τάξης των 250°C – 1000°C. Οι παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη για την διεξαγωγή της πυρόλυσης είναι η σύσταση των αποβλήτων, τα ποσοστά υγρασίας, η θερμογόνος δύναμη τους κ.α. Τα προϊόντα που παράγονται είναι:

A) Στερεά (char): Τα υπολείμματα αποτελούνται κυρίως από καθαρό άνθρακα, αλλά και από αδρανή υλικά που περιέχονταν αρχικά στα στερεά απόβλητα.

B) Υγρά: Είναι κυρίως λάδι ή πίσσα με υψηλό ιξώδες και πυκνότητα ενώ περιέχουν ακετόνη, μεθανόλη, οξικό οξύ κ.α.

Γ) Αέρια: Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των βιοαποβλήτων, αποτελούνται κατά κύριο λόγο από διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), μεθάνιο (CH₄), υδρογόνο (H₂) και μονοξείδιο του άνθρακα (CO) (Hu and Gholizadehb, 2019; Κορνάρος, 2014).



Σχήμα 8: Διάγραμμα ροής της διεργασίας της πυρόλυσης (Κορνάρος, 2014)

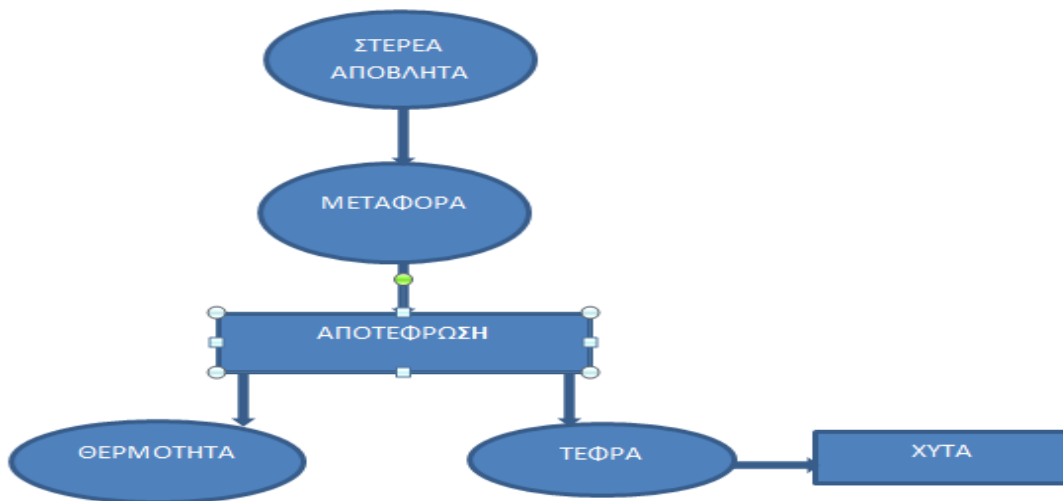
2.6) Αποτέφρωση

Η αποτέφρωση είναι μια θερμική μέθοδος επεξεργασίας των στερεών αποβλήτων, με κύριο σκοπό την ανάκτηση ενέργειας (θερμική – ηλεκτρική). Επίσης, πρόσθετα οφέλη της αποτέφρωσης είναι η μείωση του όγκου των αποβλήτων έως και 90%, μείωση του

κόστους μεταφοράς σε μακρινούς χώρους απόρριψης (ΧΥΤΑ) και μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος. Το κόστος επένδυσης και οι τεχνολογίες που απαιτούνται για να είναι μια μονάδα αποτέφρωσης περιβαλλοντικά ασφαλής, είναι πολύ υψηλό. Για την επιλογή της παραπάνω διεργασίας, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ο όγκος των αποβλήτων, η θερμότητα καύσης, η τοποθεσία του εργοστασίου, το κόστος εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησή του. Η αποτέφρωση είναι μια διεργασία άμεσης ελεγχόμενης καύσης στερεών αποβλήτων, παρουσία οξυγόνου σε θερμοκρασίες από 8.000°C και άνω. Απελευθερώνονται αέρια, θερμική ενέργεια και αδρανής τέφρα. Η καθαρή ενεργειακή απόδοση, εξαρτάται από την σύνθεση των αποβλήτων, το ποσοστό υγρασίας, την θερμοκρασία, τον σχεδιασμό του συστήματος καύσης κ.α. Οι επιθυμητές παράμετροι των αποβλήτων για βιώσιμη ανάκτηση ενέργειας, όπως και το διάγραμμα ροής της διεργασίας παρουσιάζονται παρακάτω:

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ	ΕΠΙΘΥΜΗΤΑ ΟΡΙΑ
Υγρασία	< 45%
Οργανική – Πτητική ύλη	> 40%
Σταθερός άνθρακας	< 15 %
Σύνολο αδρανών	< 35%
Θερμογόνος δύναμη	> 1200 kcal/kg

Πίνακας 5: Παράμετροι στερεών αποβλήτων (Patil et al., 2015)



Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής της αποτέφρωσης (Patil et al., 2015)

2.7) Χημική καθίζηση

Είναι μια διεργασία που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία των υγρών αποβλήτων με χρήση μεταλλικών αλάτων, όπως χλωριούχος σίδηρος (FeCl_3), ασβέστης κ.α. Έτσι επιτυγχάνεται απομάκρυνση των συνολικών αιωρούμενων στερεών (TSS), του βιοχημικά απαιτούμενου οξυγόνου 5 ημερών (BOD_5), του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου (COD) και των θρεπτικών συστατικών φωσφόρου (P) και αζώτου (N). Με την χημική καθίζηση οι διαλυμένες ουσίες μετατρέπονται σε αδιάλυτα σωματίδια, τα οποία μπορεί να κροκιδωθούν και να διαχωριστούν από το υγρό ρεύμα. Η αποτελεσματικότητα της παραπάνω διεργασίας, εξαρτάται από την πηκτική ουσία (τύπος – δόση) και την χρονική διάρκεια της ανάμιξης. Με την χημική καθίζηση μπορεί να αφαιρεθεί το 80 – 90% του TSS, το 50 – 80% του BOD_5 , το 30 – 70% του COD, το 80 – 95% του φωσφόρου και το 20 – 25% του αζώτου στην πρωτοβάθμια δεξαμενή καθίζησης. Η ποσότητα των χημικών που απαιτούνται για την επεξεργασία, εξαρτάται από την φύση των υγρών αποβλήτων, την τιμή του pH, το επίπεδο των φωσφορικών αλάτων, το σημείο έγχυσης και τον τρόπο ανάμιξης. Ως αποτέλεσμα παράγεται μεγάλος όγκος πρωτογενούς λάσπης και μετά την επεξεργασία της μπορούν να παραχθούν μεγάλες ποσότητες βιοαερίου (Rashed et al., 2013).

2.8) Πήξη – κροκίδωση

Τα υγρά απόβλητα που παράγονται από διάφορες βιομηχανίες περιέχουν αιωρούμενα στερεά πολύ μικρής διαμέτρου, διαλυμένα στερεά, ανόργανα και οργανικά σωματίδια, μέταλλα κ.α. Λόγω του μικρού μεγέθους των σωματιδίων αυτών και της επιφανειακής φόρτισής τους, δεν προσκολλούνται μεταξύ τους. Επομένως δεν αυξάνεται η μάζα τους για να επιτευχθεί η καθίζηση και η διήθηση τους. Η απομάκρυνση των σωματιδίων αυτών πραγματοποιείται με διάφορες τεχνολογίες, όπως διήθηση με μεμβράνες, ανταλλαγή ιόντων, επίπλευση, καθίζηση, πήξη, κροκίδωση, προσρόφηση κ.α.

Η πήξη – κροκίδωση είναι μια ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία διαχωρισμού στερεών και υγρών, για την απομάκρυνση των αιωρούμενων και διαλυτών στερεών, των κολλοειδών και της οργανικής ύλης από τα υγρά απόβλητα της βιομηχανίας. Χρησιμοποιείται για διάφορους τύπους αποβλήτων, όπως λύματα από ελαιουργεία, από κλωστοϋφαντουργίες, επεξεργασίας χαρτοπολτού, στραγγισμάτων υγειονομικής ταφής κ.α. Στην διεργασία αυτή απαιτείται προσθήκη πηκτικού ή και κροκιδωτικού μέσου, ώστε τα διαιρεμένα ή διασκορπισμένα σωματίδια να συσσωματώνονται, σχηματίζοντας μεγαλύτερα σωματίδια (flocs). Τα flocs με την σειρά τους καθιζάνουν, δημιουργώντας διαυγή λύματα. Η πήξη προκαλείται κυρίως από άλατα ανόργανων μετάλλων, όπως θειικό αλουμίνιο και χλωριούχος σίδηρος. Σε ορισμένες περιπτώσεις στα μέταλλα αυτά μπορεί να προστεθούν πολυμερή κροκιδωτικά. Ανάλογα με το είδος των κροκιδωτικών και των πηκτικών ουσιών, μπορεί να επιτευχθεί μείωση οργανικού φορτίου (άνω του 90%), της θολότητας, των TSS, του BOD και του χρώματος (Lee et al., 2014).

2.9) Επεξεργασία αποβλήτων σε μονάδες επεξεργασίας υγρών αποβλήτων (Μ.Ε.Υ.Α).

Οι συνήθεις τεχνολογίες που εφαρμόζονται είναι φυσικές, βιολογικές και χημικές. Παρακάτω θα περιγράψουμε συνοπτικά την μέθοδο της ενεργούς ιλύος (activated sludge), μια βιολογική διεργασία που εφαρμόζεται με μεγάλη συχνότητα στα εργοστάσια επεξεργασίας ντομάτας.

Τα υγρά απόβλητα στο στάδιο της προεργασίας, εισέρχονται σε περιστρεφόμενο διαχωριστή στερεών (με αυτοκαθαριζόμενο φίλτρο), όπου εκεί γίνεται η κατακράτηση όλων των στερεών σωματιδίων διαμέτρου μεγαλύτερης των 0.5 mm. Τα σωματίδια αυτά απομακρύνονται και υπόκεινται σε διαδικασία ξήρανσης. Με την συγκεκριμένη

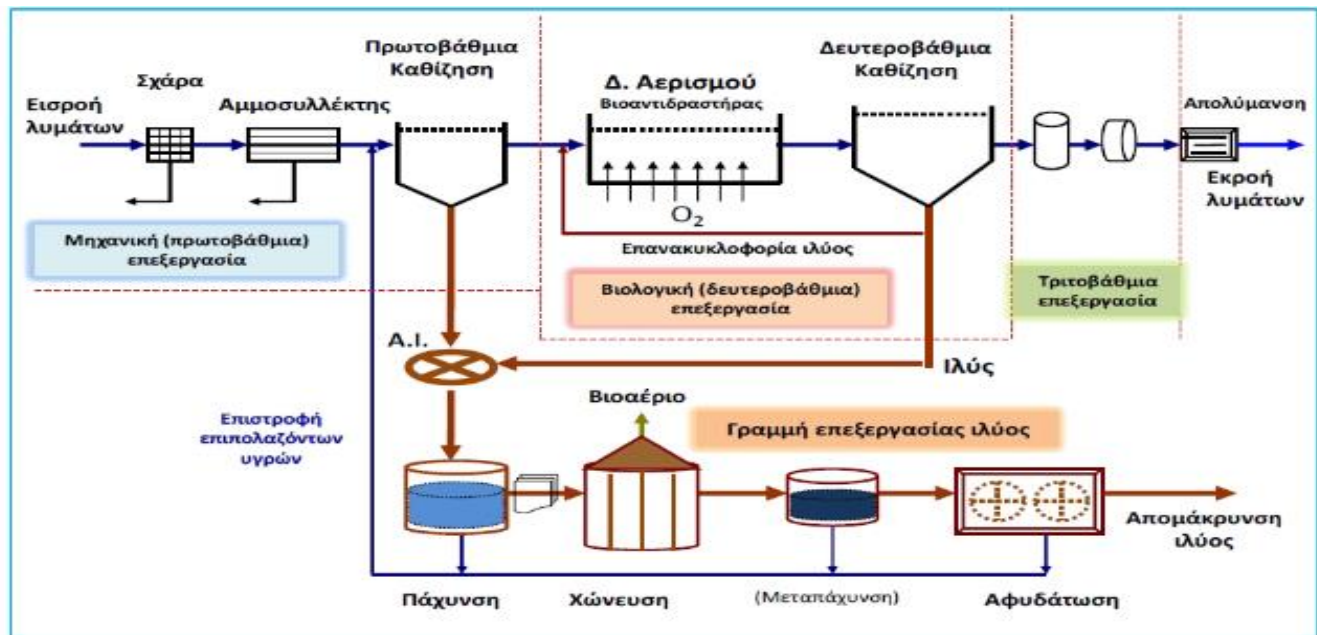
προεργασία επιτυγχάνεται μείωση των αιωρούμενων στερεών (φλοιοί, σπόροι κ.α.), άρα και της οργανικής ύλης κατά 30% περίπου. Ως αποτέλεσμα το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο πέντε ημερών (BOD_5) μειώνεται κατά 20 – 30%. Στο επόμενο στάδιο τα υγρά απόβλητα οδηγούνται στην δεξαμενή αερισμού, όπου ξεκινάει η βιολογική επεξεργασία τους με την διαδικασία του παρατεταμένου αερισμού (extended aeration). Οι λειτουργίες της δεξαμενής αυτής είναι:

A) Λειτουργεί σαν δεξαμενή εξισορρόπησης των υγρών αποβλήτων σε τυχόν αυξομειώσεις που μπορεί να υπάρξουν όσο αφορά το BOD_5 , το pH και την παροχή, με αποτέλεσμα τα χαρακτηριστικά αυτά να παραμένουν σταθερά.

B) Μέσω επιφανειακών συστημάτων αερισμού δημιουργείται έντονος αερισμός (κυματισμός) των αποβλήτων, τα οποία έρχονται σε επαφή με το αέρα και προσλαμβάνουν το απαραίτητο διαλυμένο οξυγόνο. Διαμέσου των αερόβιων συνθηκών που δημιουργούνται, αναπτύσσονται μικροοργανισμοί που μειώνουν στα επιθυμητά επίπεδα το BOD_5 και τα διαλυμένα στερεά σωματίδια.

Στην συνέχεια τα υγρά απόβλητα οδηγούνται προς την επόμενη δεξαμενή για την τελική καθίζηση της βιολογικής ιλύος (λάσπης). Ένα ποσοστό της ιλύος αυτής επιστρέφει μέσω αντλίας στην δεξαμενή αερισμού, ώστε να διατηρούνται σε σταθερό επίπεδο οι μικροοργανισμοί μέσα στην δεξαμενή, ενώ το υπόλοιπο ποσοστό προωθείται στην εγκατάσταση επεξεργασίας της. Το σύνολο της ιλύος, δηλαδή αυτό που προκύπτει από την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια καθίζηση μετά την επεξεργασία της, οδηγείται στην δεξαμενή πάχυνσης για να επιτευχτεί μείωση του όγκου της. Έπειτα στην δεξαμενή σταθεροποίησης και τέλος οδηγείται προς αφυδάτωση μέσου του συστήματος φίλτρου - πρέσας. Στην τριτοβάθμια επεξεργασία (όπου λειτουργεί), επιτυγχάνεται περαιτέρω μείωση του ρυπαντικού φορτίου, η οποία μπορεί να φτάσει στο 99% των ρύπων που περιέχουν τα υγρά απόβλητα. Τα καθαρά υγρά (νερά) που προκύπτουν από το τελικό στάδιο, κατευθύνονται στον υπερχειλιστή του μετρητή παροχής. Εκεί υπόκεινται σε έλεγχο των ποιοτικών χαρακτηριστικών τους, τα οποία δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα προκαθορισμένα βάση νομοθεσίας όρια. Τα νερά αυτά μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν ή να οδηγηθούν στον τελικό αποδέκτη (Σιτάρα, 2011).

Στο παρακάτω σχήμα παρουσιάζεται το διάγραμμα ροής του συστήματος επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ενεργού ιλύος:



Σχήμα 10: Διάγραμμα ροής εγκατάστασης επεξεργασίας υγρών αποβλήτων ενεργούς ιλύος (Νταρακάς, 2014).

3) Αέρια απόβλητα επεξεργασίας ντομάτας

Τα αέρια απόβλητα προκύπτουν από διάφορες διεργασίες όπως:

- A) Εκπομπές από την καύση του καυσίμου (φυσικό αέριο, υγραέριο, μαζούτ) στους λέβητες παραγωγής ατμού.
- B) Εκπομπές από καθαρισμό και επεξεργασία της πρώτης ύλης. Αποτελούνται κυρίως από αιωρούμενα στερεά τοπικού χαρακτήρα και περιορισμένης ποσότητας.
- Γ) Εκπομπές από την παραγωγική διαδικασία κονσερβοποίησης.
- Δ) Οσμές, που προκαλούνται από μη σωστή διαχείριση των στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων, από λιμνάζοντα νερά, από σήψη των πρώτων υλών, από κακή λειτουργία της Μ.Ε.Υ.Α κ.α.
- Ε) Εκπομπές από εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού. Προέρχονται κατά κύριο λόγο από την κακή επεξεργασία (σήψη) της παραγόμενης ιλύος. Τα αέρια που εκλύονται είναι πτητικοί υδρογονάνθρακες και κυρίως υδρόθειο (H₂S).

Οι εκπομπές των αέριων αποβλήτων προς το περιβάλλον από εργοστάσια επεξεργασίας ντομάτας, θεωρούνται αμελητέες και για τον λόγο αυτό δεν υπόκεινται σε συγκεκριμένες τεχνικές διαχείρισης και επεξεργασίας (Νταρακάς, 2006).

4) Στερεά απόβλητα/παραπροϊόντα επεξεργασίας ντομάτας.

4.1) Σύσταση αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας

Τα μη αξιοποιήσιμα στερεά απόβλητα, όπως υλικά συσκευασίας (κούτες, κουτιά, πλαστικά κ.α.) απορρίπτονται σε κάδους ανακύκλωσης, ενώ τα υπόλοιπα μη αξιοποιήσιμα οδηγούνται στους κάδους απορριμμάτων μαζί με τα υπόλοιπα σκουπίδια του εργοστασίου. Επίσης οι πράσινες (άγουρες) ντομάτες μετά από την διαλογή απορρίπτονται στον ΧΥΤΑ, καθώς δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ζωοτροφή (Νταρακάς, 2006).

Τα οργανικά υπολείμματα (παραπροϊόντα) όπως οι φλούδες, οι σπόροι, οι πυρήνες, τα φύλλα, οι μίσχοι κ.α., προέρχονται από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας (καθαρισμού, αποφλοιώσης, τεμαχισμού κ.α.) και αποτελούν το 2 - 3% της πρώτης ύλης Υπολογίζονται στους 320.000 τόνους το χρόνο. Ο πυρήνας της ντομάτας αποτελεί το κύριο μέρος των απορριμμάτων επειδή περιέχει 33% σπόρους, 27% φλοιό και 40% πολτό (Kaur et al., 2004).

Το υψηλό ποσοστό πτητικών στερεών δηλαδή άνθρακα, υδρογόνου και οξυγόνου στα παραπροϊόντα αυτά, επιτρέπει την ενεργειακή αξιοποίησή τους για ανάκτηση ενέργειας. Όμως λόγω του υψηλού ποσοστού υγρασίας και της υψηλής περιεκτικότητας τους σε κάλιο, φώσφορο, φαινόλες κ.α. εμποδίζεται η γρήγορη αποικοδόμησή τους, με αποτέλεσμα η τυχόν απόρριψή τους στο έδαφος να επιβαρύνει το περιβάλλον. Επίσης τα λιπάσματα με βάση τα στερεά απόβλητα/παραπροϊόντα εργοστασίων ντομάτας, θεωρούνται ως μη αποδοτικά (Khiari et al., 2019).

Η σύσταση των στερεών αποβλήτων ντομάτας παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Υγρασία (υ.β.)	70%
Τέφρα (υ.β.)	11%
Πτητικά στερεά (υ.β.)	76%
Ανωτέρα θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ)	19,5 MJ.kg ⁻¹
Πυκνότητα (ρ)	52,2 Kg.m ⁻³
Ενεργειακή πυκνότητα	10,2 GJ.m ⁻³
Άζωτο (N) (υ.β.)	1,5%
Οξυγόνο (O) (υ.β.)	20,2%
Άνθρακας (C) (υ.β.)	54,2%
Θείο (S) (υ.β.)	0,3%
Κάλιο (K) (υ.β.)	0,03%
Υδρογόνο (H) (υ.β.)	7%
Νάτριο (Na)	1,95 g.kg ⁻¹
Ασβέστιο (Ca)	8,1 g.kg ⁻¹
Φωσφόρος (P)	5,2 g.kg ⁻¹

Πίνακας 6: Σύσταση στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων (Khiari et al., 2019).

4.2) Τεχνικές διαχείρισης αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας.

Η διαχείριση των παραπροϊόντων ντομάτας αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα για την κονσερβοποιεία, λόγω της χαμηλής εμπορικής τους αξίας. Για τον λόγο αυτό τις περισσότερες φορές απορρίπτονται στους ΧΥΤΑ ή χρησιμοποιούνται ως ζωοτροφή, ενώ ένα μικρό ποσοστό σπόρων αξιοποιείται από την ελαιουργία (παραγωγή σπορέλαιου). Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές διαχείρισης, με σκοπό την ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση τους. Παράλληλα γίνεται προσπάθεια αξιοποίησης

των υποπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας από την βιομηχανία, καθώς περιέχουν ωφέλιμα συστατικά για την υγεία του ανθρώπου (Preedy and Watson, 2008). Η αξιοποίηση των υποπροϊόντων ντομάτας θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Ένα από τα συστήματα που χρησιμοποιούνται για την ανάκτηση χρήσιμων συστατικών κατά την επεξεργασία των παραπροϊόντων ντομάτας, είναι οι διαχωριστές αέρα. Η αρχή λειτουργίας ενός τέτοιου διαχωριστή βασίζεται στην διαφοροποίηση της τελικής ταχύτητας. Η ταχύτητα αυτή ορίζεται ως η ταχύτητα ενός ανερχόμενου ρεύματος αέρα, ώστε ένα συστατικό να παραμένει αιωρούμενο στον αέρα. Οι κύριες παράμετροι που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του συστήματος αυτού, είναι η ταχύτητα αέρα, ο ρυθμός τροφοδοσίας και τα ποσοστά υγρασίας των παραπροϊόντων (Liadakis et al., 2022). Σύμφωνα με τους Shao et al. (2015) οι βέλτιστες συνθήκες για απόδοση του συστήματος διαχωρισμού στο 69%, είναι ποσοστό υγρασίας 8%, ταχύτητα αέρα 6.4 m/sec και ρυθμός τροφοδοσίας 40 kg/h.

Οι Kaur et al. (2004) εφάρμοσαν το σύστημα επίπλευσης – καθίζησης για τον διαχωρισμό φλοιών και σπόρων. Χρησιμοποίησαν νερό και επέτυχαν αποδόσεις διαχωρισμού της τάξης του 50 έως 71% για τους φλοιούς και 42 έως 65% για τους σπόρους. Μειονέκτημα όμως της διαδικασίας ήταν ο μεγάλος όγκος νερού που απαιτήθηκε, καθώς και η απώλεια χρήσιμων συστατικών από την έκπλυση τους στο νερό.

4.2.1) Ξήρανση αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας

Τα υπολείμματα από την επεξεργασία ντομάτας περιέχουν υψηλά ποσοστά υγρασίας, με αποτέλεσμα όταν μείνουν ανεπεξέργαστα να αλλοιωθούν και να προκληθεί δυσσομία. Θα πρέπει να αποξηραίνονται πριν την αποθήκευση ή την περαιτέρω χρήση τους, ώστε να επιβραδύνεται η διαδικασία αλλοίωσης και να αυξάνεται η διάρκεια ζωής τους (Muhtaseb et al., 2009). Υπάρχουν διάφορες τεχνικές ξήρανσης για τα παραπροϊόντα ντομάτας, όπως ξήρανση σε τύμπανο, με ψεκασμό, με κατάψυξη, με ζεστό αέρα και ξήρανση σε κενό μικροκυμάτων (Famurewa and Raji, 2011).

Η πιο συνηθισμένη μέθοδος ξήρανσης των παραπροϊόντων ντομάτας είναι η τοποθέτηση τους σε σωρούς με κλίση ώστε να αποστραγγιστεί το νερό. Στην συνέχεια συμπιέζονται με πρέσα και ξηραίνονται με τη διοχέτευση ζεστού αέρα. Αν δεν υπάρχει τέτοιος εξοπλισμός, τα υπολείμματα απλώνονται σε τσιμεντένιο δάπεδο σε σωρούς πάχους 5 –

7cm και αποξηραίνονται με την ηλιακή ακτινοβολία. Το υλικό ανακινείται δύο φορές ημερησίως, ώσπου το ποσοστό ξήρανσης να φτάσει στο 90% (Liadakis et al., 2022).

4.2.2) Αεριοποίηση αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας

Οι Brachi et al. (2018) χρησιμοποίησαν υπολείμματα ντομάτας (φλοιούς) από την κονσερβοποιεία, επειδή θεωρούνται κατάλληλα για την παραγωγή ενέργειας. Η αεριοποίηση πραγματοποιήθηκε σε αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης, αντί για αντιδραστήρα σταθερής κλίνης. Προχώρησαν σε τρεις πειραματικές διαδικασίες: στους 200°C με χρόνο παραμονής 5 λεπτά, στους 240°C με χρόνο παραμονής 15 λεπτά και στους 285°C με χρόνο παραμονής 30 λεπτά. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι βελτιώθηκε σημαντικά η ενεργειακή τους απόδοση σε σχέση με τον αντιδραστήρα σταθερής κλίνης. Συγκεκριμένα, η αύξηση της θερμογόνου δύναμης παρατηρήθηκε με υψηλές θερμοκρασίες (285°C) και στους μεγαλύτερους χρόνους παραμονής (30 λεπτά), ενώ προέκυψε μείωση κατά 40% του στοιχειομετρικού λόγου οξυγόνου προς άνθρακα (O/C).

Επίσης οι παραπάνω ερευνητές προχώρησαν σε μια επιπλέον πειραματική διεργασία αεριοποίησης των φλοιών της ντομάτας, σε αντιδραστήρα παρασυρόμενης ροής υψηλής θερμοκρασίας. Χρησιμοποιήθηκε ένα μείγμα οξυγόνου – ατμού, ως παράγοντας αεριοποίησης. Τα υπολείμματα περιείχαν C, H, N, O σε συγκεκριμένες αναλογίες και ποσοστό υγρασίας 5%. Οι θερμοκρασίες ανέρχονταν στους 200°C, 240°C και 285°C και ο χρόνος παραμονής 30 λεπτά. Τα αποτελέσματα των ερευνών κατέδειξαν ότι ο συγκεκριμένος αντιδραστήρας παράγει αέριο σύνθεσης (syngas) με ανώτερα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μικρό βαθμό, συγκρινόμενα με το παραγόμενο αέριο του αντιδραστήρα ρευστοποιημένης κλίνης και η διαδικασία χρήζει περαιτέρω μελέτης.

4.2.3) Πυρόλυση αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας

Θεωρείται μια πολλά υποσχόμενη θερμική μέθοδος. Μετατρέπει τα παραπροϊόντα ντομάτας σε αέρια βιοκαύσιμα για παραγωγή ενέργειας και σε ένα στερεό υπόλειμμα, πλούσιο σε άνθρακα που ονομάζεται βιοκάρβουνο (Bio char). Το βιοκάρβουνο αυτό, ενισχύει την ανάπτυξη των φυτών όταν χρησιμοποιείται ως λίπασμα, ενώ θεωρείται ένα προσροφητικό υλικό χαμηλού κόστους (Jellali et al., 2022).

Επίσης οι Encinar et al. (2008) πραγματοποίησαν μελέτη για την συμβατική πυρόλυση, με χρήση παραπροϊόντων από εργοστάσιο επεξεργασίας ντομάτας. Σκοπός τους ήταν να μελετήσουν τα στερεά, υγρά και αέρια προϊόντα που προέκυψαν με την μέθοδο αυτήν και τις δυνατότητες ενεργειακής αξιοποίησής τους. Ερεύνησαν την επίδραση των επιμέρους παραμέτρων της πυρόλυσης, αξιολογώντας τα εκάστοτε ενεργειακά περιεχόμενα. Στις παραμέτρους αυτές συμπεριλαμβάνεται η θερμοκρασία (400 - 800°C), η αρχική μάζα δείγματος (2.5 - 10g υπολειμμάτων) και η διάμετρος των σωματιδίων (0.63 - 2mm). Η αύξηση της θερμοκρασίας, οδήγησε σε μείωση της απόδοσης στη στερεή και υγρή φάση και σε αύξηση στην αέρια φάση. Η διακύμανση της αρχικής μάζας του δείγματος και του μεγέθους των σωματιδίων, δεν έδειξε να επηρεάζει την ενεργειακή απόδοση. Η Ανώτερη Θερμογόνος Δύναμη (ΑΘΔ), δηλαδή η υψηλή τιμή θέρμανσης (HHV) της στερεάς φάσης μετρήθηκε στα 26 MJ/kg⁻¹, της υγρής φάσης στα 7.8 MJ/kg⁻¹ και της αέριας φάσης μεταξύ 0.5 - 8 MJ/kg⁻¹. Η στερεά φάση αποτελείται από άνθρακα (βιοκάρβουνο), ενώ η αέρια φάση κυρίως από CO, CO₂, H₂, CH₄ και λιγότερο από αιθάνιο και αιθυλένιο. Σύμφωνα λοιπόν με το ενεργειακό τους περιεχόμενο και τα χαρακτηριστικά τους, τα προϊόντα της στερεάς φάσης είναι κατάλληλα για χρήση ως καύσιμη ύλη και για παραγωγή ενεργού άνθρακα (προσροφητικό υλικό). Τα προϊόντα της υγρής φάσης χρησιμοποιούνται ως υγρό καύσιμο και ως πηγή οργανικών ενώσεων. Τέλος, τα αντίστοιχα της αέριας φάσης αξιοποιούνται στην παραγωγή θερμοηλεκτρικής ενέργειας σε συστήματα συμπαραγωγής (ατμοστρόβιλοι/αεριοστρόβιλοι) και για την θέρμανση του αντιδραστήρα πυρόλυσης,

4.2.4) Κομποστοποίηση αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας

Τα απόβλητα επεξεργασίας τροφίμων θεωρούνται κατάλληλα για κομποστοποίηση. Το παραγόμενο κομπόστ παρέχει δέσμευση άνθρακα, βελτιώνει την δομή, την ποιότητα και την απόδοση του εδάφους, βοηθάει στην ανάπτυξη των φυτών, μειώνει τις χημικές ανάγκες, προστατεύει το έδαφος από διάβρωση, αυξάνει την κατακράτηση του νερού στο έδαφος και βελτιώνει την ποιότητα του νερού (EPA, 2018).

Σύμφωνα με τους Vidyarthi and Simmons (2020) στην Καλιφόρνια πραγματοποιήθηκαν δοκιμές τροποποίησης του εδάφους, με χρήση κομπόστ από υπολείμματα ντομάτας εργοστασίου κονσερβοποιίας. Τα υπολείμματα αυτά αποτελούνταν από πυρήνα και υγρά απόβλητα ντομάτας όπως και ντομάτες ακατάλληλες προς κονσερβοποίηση. Το

παραγόμενο κομπόστ δοκιμάστηκε σε 5 γεωργικές εκτάσεις, με αποτέλεσμα την σημαντική αύξηση της απόδοσης τους. Μετά από τις πειραματικές δοκιμές όσον αφορά την ενδεικνύομενη ποσότητα κομπόστ, κατέληξαν ότι η χρήση 6 τόνων κομπόστ ανά στρέμμα, παρέχει την βέλτιστη απόδοση.

5) Διαχείριση στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων επεξεργασίας ντομάτας στην Ελλάδα

Οι Valta et al. (2016) μελέτησαν ένα μεγάλο αριθμό Ελληνικών μονάδων κονσερβοποιίας φρούτων και λαχανικών, όπως η ντομάτα. Σε μια τυπική μονάδα επεξεργασίας ντομάτας, που λειτουργεί από Μάιο έως και Νοέμβριο, η μέση ημερήσια δυναμικότητα της καταμετρήθηκε σε 1.000 τόνους πρώτης ύλης (φρέσκιας ντομάτας). Τα στερεά απόβλητα που προκύπτουν είναι της τάξης των 2.915 τόνων ανά έτος και περιλαμβάνουν τον πυρήνα, τους σπόρους, τους φλοιούς, τα φύλλα και τους μίσχους της ντομάτας, με 60 – 70% περιεκτικότητα σε νερό. Τα απόβλητα αυτά, υπόκεινται σε επεξεργασία σύνθλιψης και ξήρανσης με προορισμό την χρήση τους ως ζωοτροφή. Επιπλέον από το πλύσιμο και την αποφλοίωση της ντομάτας, όπως και από την Μ.Ε.Υ.Α. παράγεται λάσπη που αντιστοιχεί σε 375 τόνους ανά έτος. Η λάσπη ξηραίνεται σε κλίνες ξήρανσης και στην συνέχεια παραδίδεται σε εταιρία αρμόδια για περαιτέρω επεξεργασία και διάθεση.

6) Υγρά απόβλητα εργοστασίου επεξεργασίας ντομάτας

6.1) Γενικά στοιχεία

Οι κονσερβοποιίες ντομάτας παράγουν ένα μεγάλο όγκο υγρών αποβλήτων, καθώς οι απαιτήσεις τους σε νερό κυμαίνονται στα 5 – 15 m³/τόνο νωπής ντομάτας. Οι ποσότητες αυτές διαφέρουν από μονάδα σε μονάδα, ειδικά σε περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συστήματα επανακυκλοφορίας νερού. Επίσης στους παραπάνω όγκους των αποβλήτων, θα πρέπει να προστεθούν οι ποσότητες των αστικών αποβλήτων των εργαζομένων. Η ποιότητα και ο όγκος των υγρών αποβλήτων επηρεάζεται επίσης από τις καιρικές συνθήκες της περιοχής του εκάστοτε εργοστασίου, με αποτέλεσμα τις διακυμάνσεις στον όγκο τους. Επομένως οι μονάδες επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων (Μ.Ε.Υ.Α)

οφείλουν να έχουν σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να ανταπεξέρχονται στις εκάστοτε διακυμάνσεις (Γριζόπουλος, 2012).

6.2) Χαρακτηριστικά και σύσταση υγρών αποβλήτων εργοστασίου ντομάτας

Τα κυριότερα φυσικοχημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά των υγρών αποβλήτων, παρουσιάζονται στον πίνακα που ακολουθεί:

ΦΥΣΙΚΑ	ΧΗΜΙΚΑ	ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ
Ολικά στερεά	Ολικός φώσφορος	Μικροοργανισμοί
Αιωρούμενα στερεά	Ολικό άζωτο	Κολοβακτηρίδια
Διαλυτά στερεά	Μέταλλα	
Χρώμα	Χλωριούχα	
Θερμοκρασία	Θειικά	
Οσμή	COD	
Θολότητα	BOD	
Πυκνότητα	PH	

Πίνακας 7: Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων (Βλυσίδης, 2007)

Οι τυπικές συγκεντρώσεις (σύσταση) των υγρών αποβλήτων, παρουσιάζονται στο παρακάτω πίνακα:

ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ
Αιωρούμενα στερεά (Α.Σ)	450 Mg/L
Διαλυτά στερεά (Δ.Σ)	2500 Mg/L

BOD ₅	1150 Mg/L
COD	1500 Mg/L
PH	4,9 – 5,5

Πίνακας 8: Σύσταση υγρών αποβλήτων (Γριζόπουλος, 2012)

6.2.1) Ως ολικά στερεά TS (Total Solids), ορίζουμε το στερεό υπόλειμμα ενός προζυγισμένου δείγματος αποβλήτου, που προκύπτει μετά από εξάτμιση στους 103°C - 105°C. Τα ολικά στερεά αποτελούνται από τα διαλυτά DS (Dissolved Solids) και τα αιωρούμενα στερεά SS (Suspended Solids). Τα τελευταία μπορούν να διακριθούν σε καθιζάνοντα και μη καθιζάνοντα στερεά SS (Settle able Solids) (Βλυσίδης, 2007).

6.2.2) Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία των υγρών αποβλήτων κυμαίνεται μεταξύ των 10°C - 21°C, ανάλογα με την γεωγραφική θέση της περιοχής. Ο έλεγχος της θερμοκρασίας αυτών είναι ουσιώδης, γιατί έχει φυσικοχημική επίδραση στην υδρόβια ζωή, στην καταλληλότητα του νερού κ.α. Η υψηλή θερμοκρασία μειώνει το διαλυμένο οξυγόνο, επηρεάζοντας αρνητικά διάφορους ζωντανούς οργανισμούς στα υδάτινα περιβάλλοντα.

6.2.3) Οσμή

Οι οσμές των υγρών αποβλήτων οφείλονται σε αέρια που προκύπτουν από την αποσύνθεση του οργανικού φορτίου και μετριοούνται οργανοληπτικά. Η οσμή των αποβλήτων αποτελεί σημαντική παράμετρο και είναι πιθανός δείκτης υπολειτουργίας μιας μονάδας επεξεργασίας. Ο αργός ρυθμός επεξεργασίας προκαλεί αύξηση των αναερόβιων αντιδράσεων και κατά συνέπεια αύξηση δυσάρεστων οσμών.

6.2.4) Χρώμα

Το χρώμα όπως και η οσμή μας δείχνουν τον χρόνο παραγωγής, δηλαδή την ηλικία των υγρών αποβλήτων. Στο αρχικό στάδιο έχουν καφέ και γκριζο χρώμα, στην συνέχεια σκουραίνουν και καταλήγουν να έχουν μαύρο χρώμα λόγω αναερόβιων συνθηκών. Επομένως όταν τα υγρά απόβλητα έχουν μαύρο χρώμα, θεωρούνται σηπτικά.

6.2.5) Πυκνότητα

Η πυκνότητα των υγρών αποβλήτων επιδρά σημαντικά στις διαδικασίες της καθίζησης και χλωρίωσης, καθώς επηρεάζει την χρονική διάρκεια και την απόδοση των διαδικασιών αυτών (Λέκκα, 2013; Μπομπότη, 2021).

6.2.6) Βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (BOD): Μετράει το οξυγόνο που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς, για την βιολογική σταθεροποίηση των υγρών αποβλήτων. Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD), μετράει το οξυγόνο που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς, για την χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων των υγρών αποβλήτων. Το BOD₅ μας δείχνει το οξυγόνο που καταναλώνεται από τους μικροοργανισμούς σε 5 μέρες και σε θερμοκρασία 20°C. Ο ολικός οργανικός άνθρακας (TOC), μετράει τις πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις της οργανικής ύλης και χρησιμοποιείται συμπληρωματικά με το BOD (Νταρακάς, 2014).

6.2.7) Οργανικά συστατικά (N, P)

Το άζωτο και ο φώσφορος είναι βασικά θρεπτικά συστατικά για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών που απαιτούνται για την βιοαποδόμηση των υγρών αποβλήτων. Επιβάλλεται όμως ο έλεγχος των συγκεντρώσεών τους. Σε χαμηλές συγκεντρώσεις είναι απαραίτητα για την συγκεκριμένη βιολογική διεργασία, αντίθετα σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλούν φαινόμενα ευτροφισμού (Λέκκα, 2013).

6.2.8) Οξύτητα (pH)

Αποτελεί επίσης σημαντικό παράγοντα για την βιολογική επεξεργασία των υγρών αποβλήτων. Συνήθως η τιμή του pH στα υγρά απόβλητα της κονσερβοποίησης ντομάτας κυμαίνεται μεταξύ του 6 - 9. Για την απόρριψή τους στο περιβάλλον τα επιτρεπτά όρια pH είναι 6.5 - 8.5. Όταν όμως κατά την αποφλοιώση των προϊόντων κονσερβοποίησης χρησιμοποιείται καυστικό νάτριο, το pH αυξάνεται (Ασημομύτης και Βλαχάκη, 2021).

6.3) Κατανάλωση νερού στις μονάδες επεξεργασίας ντομάτας

Οι εγκαταστάσεις αυτές αξιοποιούν συμπυκνώματα γλυκού νερού παραγόμενα από τους εξατμιστές, καθώς και ανακυκλώσιμο νερό πλύσης προερχόμενο από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας, όπως μεταφορά ντομάτας, πλύση, παραγωγική διαδικασία, ψύξη και αποσκλήρυνση νερού κ.α. Τα ρεύματα νερού που παράγονται είναι:

A) Συμπυκνωμένος ατμός από το ρεύμα του εξατμιστή (συμπύκνωμα διεργασίας) το οποίο οδηγείται κυρίως σε πύργους ψύξης.

B) Νερό πλύσης από την μεταφορά ντομάτας, το οποίο συγκεντρώνεται σε δεξαμενή καθίζησης.

Γ) Νερό πλύσης από τον καθαρισμό των εγκαταστάσεων και των μηχανημάτων, το οποίο αναμειγνύεται με το τελικό ρεύμα νερού πλύσης που εξέρχεται από το εργοστάσιο (Liadakis et al., 2022; Vidyarthi and Simmons, 2020).

Τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τα διάφορα στάδια επεξεργασίας είναι:

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΑΠΟΒΛΗΤΑ (m ³) / ton προϊόντος
Πλύσιμο	1,47
Αποφλοιώση	0,183
Τεμαχισμός	0,455
Σφράγισμα κουτιών	0,274
Ψύξη κουτιών	3,6

Πλύσιμο κιβωτίων	0,275
------------------	-------

Πίνακας 9: Παροχή υγρών αποβλήτων (Νταρακάς, 2006)

6.4) Διαχείριση και επεξεργασία υγρών αποβλήτων μονάδας επεξεργασίας ντομάτας

Για την διαχείριση και επεξεργασία των υγρών αποβλήτων βασικό πρόβλημα είναι το υψηλό οργανικό φορτίο τους. Τα απόβλητα αυτά περιέχουν φλοιούς, σπόρους, αιωρούμενα σωματίδια και πολτό ντομάτας. Οι τιμές του BOD είναι υψηλές και πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες τιμές των αστικών αποβλήτων. Οφείλονται στο οργανικό φορτίο που παράγεται από τα στάδια πλυσίματος και αποφλοιώσης. Το BOD₅ είναι επίσης υψηλό, λόγω των βιοαποδομήσιμων οργανικών ενώσεων που περιέχονται στον φλοιό της ντομάτας. Τέλος, οι τιμές του COD είναι αυξημένες λόγω παρουσίας οργανικών ενώσεων οι οποίες δεν οξειδώνονται, αλλά και λιπαντικών ελαίων που προέρχονται από τα μηχανήματα.

Στην Ελλάδα τα κολλοειδή αιωρούμενα σωματίδια αποτελούν το 60% του συνολικού BOD και το 70% του COD. Σε γενικές γραμμές τα υγρά απόβλητα ντομάτας εμπεριέχουν χαμηλά ποσοστά τοξικών και επικινδύνων ουσιών (κυρίως υπολείμματα εντομοκτόνων). Η επεξεργασία τους πραγματοποιείται σε εγκαταστάσεις βιολογικού καθαρισμού και οι εκροές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως άρδευση καλλιεργειών ή να απορριφθούν σε ποτάμια, λίμνες ή στο αποχετευτικό δίκτυο. Επίσης, μια άλλη τεχνική διαχείρισης των υγρών αποβλήτων είναι η λιπασματοποίηση τους με προσθήκη ασβεστίου ή τύρφης, για παραγωγή εδαφοβελτιωτικού (Τεο, 2016; Ασημομύτης και Βλαχάκη, 2021).

Για να επιλεγεί το βέλτιστο σύστημα επεξεργασίας υγρών αποβλήτων λαμβάνεται υπόψη η μορφή και η ποιότητα του ρυπαντικού φορτίου, καθώς και τα όρια διάθεσης στον τελικό αποδέκτη με βάση την νομοθεσία. Η οδηγία 91/271/EK ορίζει αυτά τα επιτρεπτά όρια διάθεσης ως εξής:

$$\text{COD} \leq 125 \text{ Mg/L}, \text{ TSS} \leq 35 \text{ Mg/L}, \text{ BOD}_5 \leq 25 \text{ Mg/L}.$$

Συγκεκριμένα, τα στάδια επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ντομάτας περιλαμβάνουν τον εσχαρισμό και το κοσκίνισμα για αφαίρεση μεγάλων ξένων σωμάτων, την ρύθμιση του pH και της θερμοκρασίας, την βιολογική επεξεργασία για μείωση του οργανικού

φορτίου και την απολύμανση. Όλα τα παραπάνω πραγματοποιούνται κατά κύριο λόγο σε εγκαταστάσεις δεξαμενών ενεργούς ιλύος και σε χαλκοδυλιστήρια. Τέλος, η επεξεργασία της λάσπης που προκύπτει από τον βιολογικό καθαρισμό επιτυγχάνεται μέσω πύκνωσης, σταθεροποίησης και αφυδάτωσης. Στις περιπτώσεις που η λάσπη έχει χρώμα, θα πρέπει να απομακρυνθεί μέσω χλωρίωσης ή χρήσης ασβεστίου. Συνοπτικά, τα στάδια επεξεργασίας είναι τα εξής:

α) Προεπεξεργασία ή μηχανική επεξεργασία β) εξισορρόπηση ροής γ) εσχάρωση δ) αμμοσυλλογή ε) ρύθμιση οξύτητας pH στ) λιποσυλλογή ζ) πρωτοβάθμια η) δευτεροβάθμια θ) τριτοβάθμια επεξεργασία ι) απολύμανση (Πέτρου, 2017).

6.5) Διαχείριση υγρών αποβλήτων κονσερβοποιίας ντομάτας στην Ελλάδα

Σύμφωνα με τους Valta et al. (2016) σε μια συγκεκριμένη μονάδα κονσερβοποιίας στην Ελλάδα η οποία διαχειρίζεται 1.000 τόνους φρέσκιας ντομάτας ημερησίως, η κατανάλωση νερού ανέρχεται στα 300 m³/h. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται για την ψύξη του συμπυκνωτή και για την υπόλοιπη παραγωγική διαδικασία. Το νερό ψύξης διοχετεύεται απευθείας σε ένα κανάλι επιφανειακών υδάτων, ενώ το υπόλοιπο οδηγείται στην μονάδα επεξεργασίας λυμάτων (ΜΕΛ) της βιομηχανίας. Λαμβάνοντας υπόψη, ότι η υπόλοιπη λειτουργία της μονάδας απαιτεί 10 m³/d, η ετήσια κατανάλωση νερού ανέρχεται στα 326.000 m³/y. Τα υγρά απόβλητα της μονάδας υπολογίζονται σε 150 m³/h και προέρχονται περισσότερο από το πλύσιμο της ντομάτας και λιγότερο από την διαδικασία χυμοποίησης.

Τα παραπάνω στοιχεία καθώς και οι τυπικές συγκεντρώσεις των ρύπων στα υγρά απόβλητα παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗ ΤΑ ΜΟΝΑΔΑΣ	ΚΑΤΑΝΑΛΩΣΗ ΝΕΡΟΥ	ΥΓΡΑ ΑΠΟΒΛΗΤΑ	ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟ ΤΗΤΑ
1.000 t/d	326.000 m ³ /y	Q =150 m ³ /h	COD	1500 Mg/L
			BOD ₅	500 Mg/L
			TSS	400 Mg/L

			PH	6.5 – 8
--	--	--	----	---------

Πίνακας 10: Χαρακτηριστικά μονάδας επεξεργασίας ντομάτας (Valta et al., 2016)

Η ΜΕΛ που λειτουργεί στην συγκεκριμένη βιομηχανία, περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια: α) διαλογή β) βιολογική επεξεργασία με τη χρήση της διαδικασίας ενεργούς ιλύος και παρατεταμένου αερισμού γ) καθίζηση δ) χλωρίωση των επεξεργασμένων λυμάτων. Τα λύματα αυτά στην συνέχεια οδηγούνται σε αποστραγγιστικό κανάλι.

6.6) Επαναχρησιμοποίηση επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων

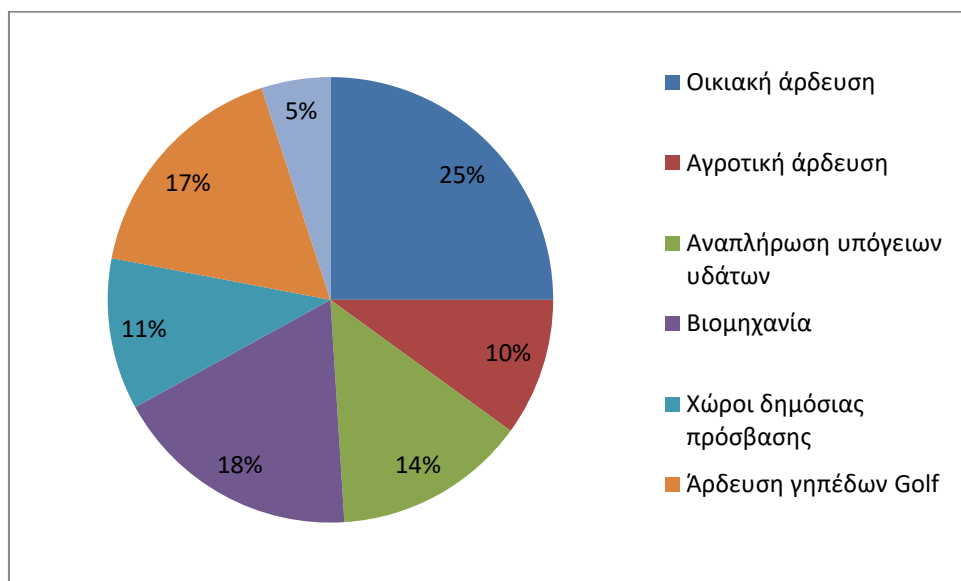
Θεωρείται μια καλή εναλλακτική λύση για περιοχές στις οποίες είτε υπάρχει έλλειψη, είτε περιορισμένη πρόσβαση σε υδάτινους πόρους. Η επαναχρησιμοποίησή τους είναι επιτρεπτή μόνο εάν εξασφαλίζεται υγειονομική και περιβαλλοντική ασφάλεια. Μόνο με αυστηρή τήρηση των υφιστάμενων κανόνων δεν προκαλούνται κίνδυνοι για το οικοσύστημα, το έδαφος, τα φυτά και προστατεύεται η υγεία του πληθυσμού. Τα υγρά απόβλητα θα πρέπει να έχουν υποστεί επεξεργασία για μείωση ρυπογόνων ουσιών. Η επαναχρησιμοποίησή τους βρίσκει εφαρμογή στα παρακάτω:

A) Στην άρδευση καλλιεργειών που προορίζονται για παραγωγή τροφών που καταναλώνονται από ανθρώπους και ζώα, πότισμα κήπων κ.α.

B) Για δημόσια χρήση, όπως πλύσιμο πεζοδρομίων, πάρκων, αθλητικών εγκαταστάσεων, παροχή νερού σε δίκτυα θέρμανσης και κλιματισμού, σε δευτερεύοντα δίκτυα νερού (μη πόσιμο νερό) κ.α.

Γ) Στην βιομηχανία, όπως στην πλήρωση συστημάτων πυρασφάλειας βιομηχανικών δικτύων, σε συστήματα πλύσης, σε θερμικά συστήματα κ.α. (Μυρωνίδης, 2017; Galkina and Vasyutina, 2018).

Στο γράφημα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι διάφοροι τομείς επαναχρησιμοποίησης των υγρών αποβλήτων στις Η.Π.Α.



Σχήμα 11: Επαναχρησιμοποίηση υγρών αποβλήτων στις Η.Π.Α. (Galkina and Vasyutina, 2018).

Κεφάλαιο 3^ο: Αξιοποίηση στερεών αποβλήτων/παραπροϊόντων

1) Γενικά στοιχεία

Οι μονάδες επεξεργασίας ντομάτας παράγουν μεγάλο όγκο αποβλήτων, αποτελούμενο κυρίως από τον πυρήνα -φλοιούς, σπόρους, πολτό- και είναι της τάξης του 10% - 40% της συνολικής ποσότητας της πρώτης ύλης. Στην Ελλάδα τα απόβλητα αυτά καταλήγουν ως ζωοτροφή ή λίπασμα. Λόγω όμως της υψηλής περιεκτικότητας τους σε καροτενοειδή, είναι δυνατόν να ανακτηθούν και να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για παραγωγή βιοδραστικών συστατικών (Στρατή, Γώγου, Ωραιοπούλου, 2013).

Ο πυρήνας της ντομάτας και τα συστατικά του είναι πλούσια σε λυκοπένιο, β-καροτίνη, φαινολικές ενώσεις, διαιτητικές ίνες, βιταμίνες, καθώς και υψηλά ποσοστά ελαίου και πρωτεΐνης. Όλα τα παραπάνω μπορεί να αξιοποιηθούν σε ένα ευρύ πεδίο, όπως στην βιομηχανία τροφίμων ως πρόσθετα, στην βιομηχανία παραγωγής καλλυντικών και αλλού. Όμως ένα μεγάλο μέρος των παραπροϊόντων ντομάτας, απορρίπτονται στους ΧΥΤΑ με αποτέλεσμα την σπατάλη πολύτιμων πόρων και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος (Zouoro et al., 2011).

Η κύρια πρόκληση στην διαχείριση και αξιοποίηση των αποβλήτων, είναι η αναθεώρηση της άποψης που τα αντιμετωπίζει ως πρόβλημα και η επικράτηση της εκμετάλλευσής τους αναζητώντας νέες χρήσεις. Κάποιες εφαρμογές είναι η χρήση τους στα καλλυντικά, στα φαρμακευτικά προϊόντα, στην βιοενέργεια, στην ανάκτηση συστατικών χρήσιμων για τον εμπλουτισμό και διατήρηση διάφορων τροφίμων κ.α. (Kumar et al., 2017).

2) Χημικά χαρακτηριστικά (σύσταση) πυρήνα παραπροϊόντων ντομάτας

Η χημική σύσταση και η ποσότητα ενός συστατικού στον πυρήνα της ντομάτας διαφέρει από δείγμα σε δείγμα. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του πυρήνα ντομάτας:

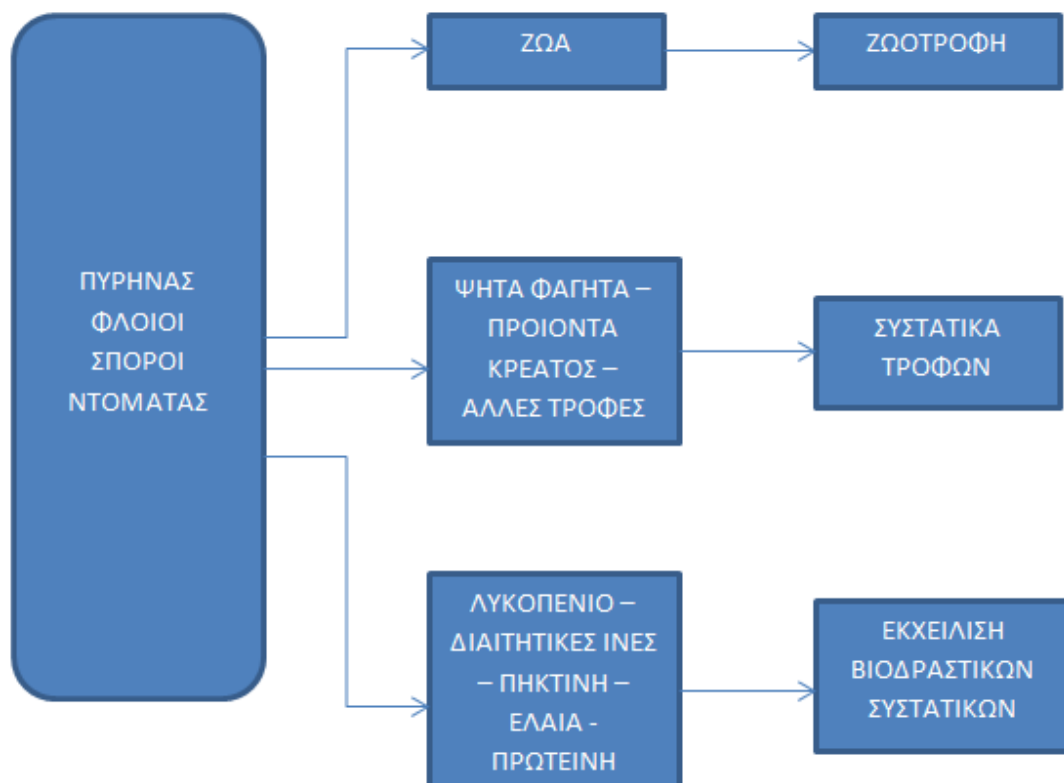
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ
Άμυλο	10 – 18 %	Hegde et al., 2018
Κυτταρίνη	27 – 32 %	
Ημικυτταρική σελουλόζη	5 – 18 %	
Άλλα σάκχαρα	11 – 26 %	
Πηκτίνη	7 – 8 %	
Λιγνίνη	28 – 31 %	
Πρωτεΐνη	12 – 13 %	
Λίπος	5 – 20 %	
Τέφρα	4 – 6 %	
Διαιτητικές ίνες	63 – 88,5 g/100g προϊόντος	
Λυκοπένιο	≤ 288 mg/100g προϊόντος	Zuorro et al., 2011
Φαινόλες	157.8 mg GA/100g	Navaro – Gonzalez et al., 2011
Έλαια	17.8 – 24.5 g/100g	Mechmeche et al., 2017
Λυσίνη	3.4 – 5.9 %	

Πίνακας 11: Χημικά χαρακτηριστικά παραπροϊόντων (πυρήνα) ντομάτας.

3) Βιώσιμη αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας

Όπως έχει αναφερθεί, τα συστατικά των παραπροϊόντων ντομάτας μπορούν να αξιοποιηθούν με πολλαπλούς τρόπους και ιδιαίτερα στην ανάκτηση συστατικών προστιθέμενης αξίας (Lu et al., 2019). Ειδικότερα, οι βιομηχανίες θα πρέπει να βασιστούν στην χρήση των ανανεώσιμων πρώτων υλών, για την παραγωγή προϊόντων που προκύπτουν με αειφόρο τρόπο. Η αειφόρος χρήση των παραπροϊόντων ντομάτας για την ανάκτηση συστατικών προστιθέμενης αξίας, με αξιοποίησή τους στην βιομηχανία

τροφίμων, ζωοτροφών, στην βιοτεχνολογία και στην φαρμακευτική βιομηχανία, θα βοηθήσει στην αντιμετώπιση των προκλήσεων του αιώνα μας (Agariou et al., 2020). Ένα γενικό περίγραμμα της συνολικής χρήσης των παραπροϊόντων αυτών παρουσιάζεται παρακάτω:



Διάγραμμα 12: Εκχύλιση των παραπροϊόντων ντομάτας και των κλασμάτων τους (Lu et al., 2019).

4) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας ως ζωοτροφή

Ο πυρήνας της ντομάτας αποτελείται από πλούσια θρεπτικά συστατικά και υψηλά επίπεδα πρωτεΐνης. Χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στις ζωοτροφές βοοειδών, κοτόπουλων, χοίρων κ.α. Έχει παρατηρηθεί σημαντική αύξηση του βάρους των ζώων, της απόδοσης και της ποιότητας των προϊόντων που παράγονται από αυτά (γάλα, κρέας, αυγά). Ωστόσο, το υψηλό ποσοστό υγρασίας των παραπροϊόντων αυτών, τα καθιστά ευπαθή σε αλλοίωση

κατά την αποθήκευσή τους για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επομένως, απαιτείται είτε η ενσίρωσή τους (ζύμωση υπό αναερόβιες συνθήκες) για βόσκηση, είτε η ξήρανσή τους για ζωοτροφή, ώστε να αυξηθεί η διάρκεια ζωής τους. Στην δεύτερη περίπτωση, ξηραίνονται τόσο, ώστε το ποσοστό υγρασίας να μειωθεί στο 8% περίπου. Η αποδοτικότητα του πυρήνα της ντομάτας ως συστατικό ζωοτροφής, εξαρτάται από το είδος των ζώων, την παρεχόμενη ποσότητα, την παρεχόμενη μορφή (φρέσκο, αποξηραμένο ή ενσιρωμένο) και τέλος την διάρκεια σίτισής τους (Kraiem et al., 2016 ; Lu et al., 2019).

5) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας ως λειτουργικά συστατικά στα τρόφιμα

Στην βιομηχανία τροφίμων, ο πυρήνας της ντομάτας και τα συστατικά του έχουν χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετα σε τρόφιμα με την μορφή σκόνης. Έχει διερευνηθεί η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους σε αρτοσκευάσματα, ζυμαρικά, μπισκότα, μπιφτέκια, πάστα ντομάτας κ.α. με θετικά κυρίως αποτελέσματα. Γενικότερα η ενσωμάτωση των παραπροϊόντων ντομάτας σε τρόφιμα, αύξησε τα θρεπτικά τους συστατικά (πρωτεΐνες, λυκοπένιο, διαιτητικές ίνες) και την αντιοξειδωτική δράση των τροφών αυτών. Όμως, σε μερικές περιπτώσεις η προσθήκη αυτή, είχε ως αποτέλεσμα την αλλοίωση των φυσικών και γευστικών χαρακτηριστικών των παραπάνω τροφίμων (Lu et al., 2019).

5.1.1) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας σε τρόφιμα με βάση το αλεύρι

Η εφαρμογή έγινε σε προϊόντα αρτοποιίας κυρίως. Τα αποτελέσματα έδειξαν αύξηση των θρεπτικών συστατικών τους, ενώ αυξήθηκε και ο χρόνος διατήρησής τους. Οι Isik and Topkaya (2016) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι η ενσωμάτωση σκόνης του πυρήνα ντομάτας σε ποσοστό 12% σε μπισκότα τύπου κράκερ, αύξησε σε μεγάλο βαθμό τα θρεπτικά συστατικά και την αντιοξειδωτική τους δράση. Σύμφωνα με τους Bhat and Ahsan (2016) η προσθήκη σκόνης πυρήνα ντομάτας σε μπισκότα σε ποσοστό 5%, είχε μικρή επίδραση στην γεύση τους. Επίσης οι Nour et al. (2015) κατέδειξαν ότι η προσθήκη σκόνης του πυρήνα ντομάτας έως και 10% σε ψωμί, παρουσίασε μικρή βελτίωση στα θρεπτικά συστατικά του.

Οι Karthika et al. (2016) πρόσθεσαν σε ρυζάλευρο και καλαμποκάλευρο σκόνη φλοιού ντομάτας, σε ποσοστό έως 30% και σκόνη σπόρων ντομάτας έως 5%, για την παραγωγή διογκωμένων σνακ (extruded – puffed snack). Λόγω του υψηλού ποσοστού διαιτητικών ινών που περιέχονται στον φλοιό της ντομάτας (29%), η προσθήκη της σκόνης αυτής στα παραπάνω προϊόντα αύξησε το ποσοστό των διαιτητικών ινών τους. Όμως παρουσιάστηκε μεταβολή στο χρώμα και το άρωμα του τελικού προϊόντος, καθώς και αύξηση της σκληρότητας του.

5.2.2) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας σε προϊόντα με βάση το κρέας

Οι μελέτες που έχουν δημοσιευτεί για την ενσωμάτωση του πυρήνα της ντομάτας και των συστατικών του, αναφέρονται σε αλλαντικά όπως λουκάνικα ή ζαμπόν και σε μπιφτέκια. Στα προϊόντα αυτά χρησιμοποιείται κυρίως η σκόνη του φλοιού ντομάτας. Το λυκοπένιο ως κόκκινη χρωστική ουσία, βελτίωσε σημαντικά την εμφάνιση των κόκκινων κρεάτων (Yadav et al., 2016).

Οι Garcia et al. (2009) ανακάλυψαν ότι η προσθήκη σκόνης από τον φλοιό ντομάτας σε ποσοστό 4.5 – 5%, οδήγησε σε σημαντική αύξηση της σκληρότητας και συνοχής (λόγω της κυτταρίνης και της λιγνίνης) και της ελαστικότητας (λόγω της πηκτίνης) των χάμπουργκερ βοδινού. Η έρευνα των Savodkoohi et al. (2014) κατέδειξε ότι η ενσωμάτωση πηκτίνης που περιέχεται στην σκόνη φλοιού ντομάτας σε ποσοστό 7%, μείωσε αρκετά την σκληρότητα των λουκάνικων.

Τέλος, οι Seigas et al. (2009) ανέδειξαν ότι η ενσωμάτωση της σκόνης του φλοιού ντομάτας σε ποσοστό 6%, αναστέλλει την αλλοίωση του χρώματος και μειώνει την οσμή των ακτινοβολημένων χάμπουργκερ για περισσότερες από 17 ημέρες αποθήκευσης.

5.3.3) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας σε ντοματοπολτό

Ο πυρήνας της ντομάτας όπως έχει ήδη αναφερθεί, προέρχεται από την παραγωγή του ντοματοπολτού. Παρόλα αυτά, ενδείκνυται και συνιστάται να ανακυκλώνεται και να επαναχρησιμοποιείται ως συστατικό στο ντοματοπολτό. Η πάστα ντοματοπολτού εμπλουτισμένη με τον πυρήνα της ντομάτας, είναι ποιοτικά ανώτερη σε θρεπτικά συστατικά σε σχέση με την απλή πάστα (Previtera et al., 2016).

Ο πολτός ντομάτας εμπλουτισμένος με θρυμματισμένο φλοιό ντομάτας σε ποσοστό 6%, αυξάνει την διατροφική του αξία, ανεβάζοντας το επίπεδο της β καροτίνης και του λυκοπένιου στον ανθρώπινο οργανισμό κατά 74% και 34% αντίστοιχα (Reboul et al., 2005).

5.3.4) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας στο τυρί

Οι Zayan et al. (2020) μελέτησαν την πιθανότητα χρήσης ελαίου λυκοπένιου στην παραγωγή επεξεργασμένων τυριών, αντικαθιστώντας το βούτυρο. Πρόσθεσαν διαφορετικά ποσοστά ελαίου στα τυριά και τα σύγκριναν με τυριά που παράγονται μόνο με βούτυρο. Το προϊόν που προέκυψε είχε αυξημένη αντιοξειδωτική δράση, ικανοποιητικά χαρακτηριστικά, εύκολο λιώσιμο, με αποτέλεσμα αυτή η υποκατάσταση να θεωρείται χρήσιμη για την μείωση των κορεσμένων λιπαρών στα τυροκομικά προϊόντα.

6) Προσθήκη – χρήση των παραπροϊόντων ντομάτας

Σχεδόν όλες οι μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, κατέδειξαν ότι η προσθήκη της σκόνης του πυρήνα της ντομάτας και των βιοδραστικών του συστατικών στα τρόφιμα, είναι περιορισμένη λόγω των αρνητικών επιπτώσεων στην αισθητική ποιότητα των τροφίμων αυτών. Αυτό οφείλεται στην σωματιδιακή φύση και την περιορισμένη διαλυτότητα του πυρήνα και των συστατικών του. Για να επιλυθεί το παραπάνω πρόβλημα, ο πυρήνας και τα συστατικά του τροποποιήθηκαν πριν από την χρήση τους. Μία από τις τροποποιήσεις ήταν η μικρονοποίηση, με σκοπό την βελτίωση της διαλυτότητάς τους (Hua et al., 2017). Οι παραπάνω ερευνητές διαπίστωσαν ότι με την παραπάνω διεργασία, κατέστη δυνατό να μετατρέψουν το 8% των αδιάλυτων ουσιών του πυρήνα ντομάτας, σε διαλυτές ουσίες. Επίσης εφηύραν μια νέα μέθοδο τροποποίησης του πυρήνα ντομάτας. Πρόκειται για την εξώθηση με διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), η οποία είχε πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην βελτίωση της διαλυτότητας της σκόνης του φλοιού της ντομάτας.

Γενικά η χρήση των προϊόντων και των συστατικών τους, που έχουν ανακτηθεί από τα παραπροϊόντα ντομάτας και χρησιμοποιούνται ως πρόσθετα στα τρόφιμα, έχουν σχετικά

μικρή αποδοχή από τους καταναλωτές. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται μερικές εφαρμογές σε τρόφιμα:

ΤΡΟΦΙΜΑ	ΠΡΟΣΘΕΤΑ	ΜΕΤΑΒΟΛΗ	ΑΠΟΔΟΧΗ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΙΣ
Ψωμί	Αντικατάσταση αλεύρου με προσθήκη 10% σκόνης ντομάτας	A) Βελτίωση των διατροφικών χαρακτηριστικών (αύξηση πρωτεΐνης) B) Μεταβολή των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του ψωμιού	Μη αποδοχή από τους καταναλωτές λόγω μεταβολής του χρώματος και της γεύσης	Szabo et al. (2018) Nour et al. (2015)
Λουκάνικα	Προσθήκη φλοιού ντομάτας	A) Αύξηση ποσοστών λυκοπένιου B) Περιορισμός της τάγγισης κατά την συντήρηση – ωρίμανση	Αποδοχή από τους καταναλωτές	Szabo et al. (2018) Calvo et al. (2008)
Παγωτά	Προσθήκη εκχυλίσματος καροτενοειδών 3% από φλοιό ντομάτας	Βελτιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά	Αποδοχή από τους καταναλωτές	Szabo et al. (2018) Rizk et al. (2014)
Φέτες ντομάτας	Προσθήκη σπορέλαιου από σπόρους	A) Διατήρηση της υγρασίας και του χρώματος	Αποδοχή από τους καταναλωτές	Coman et al. (2020)

	ντομάτας	B) Αντιοξειδωτική δράση – μείωση των μικροβίων		
Λαζάνια	Προσθήκης σκόνης από σπόρους	A) Αύξηση σε πρωτεΐνες, φυτικές ίνες και λυσίνη	Αποδοχή από τους καταναλωτές	Coman et al. (2020)

Πίνακας 12: Εφαρμογές παραπροϊόντων ντομάτας σε τρόφιμα.

7) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας ως βιοκαύσιμο

Μια δυνατότητα που παρέχεται από τα παραπροϊόντα ντομάτας είναι η παραγωγή ανανεώσιμων βιοκαυσίμων σε υγρή ή αέρια μορφή, όπως βιοαέριο, βιοντίζελ, βιοαιθανόλη και στερεό βιοκαύσιμο. Η ενέργεια αυτή, είναι μια πολλά υποσχόμενη και ανεξάντλητη πηγή, ικανή να αντιμετωπίσει τις όλο και αυξανόμενες ενεργειακές απαιτήσεις, αλλά και την εξάντληση των ορυκτών καυσίμων (Li et al., 2016 ; Kraiem et al., 2016). Η έρευνα των Giuffre et al. (2017) για την παραγωγή βιοκαυσίμων από την αξιοποίηση του πυρήνα της ντομάτας, κατέδειξε ότι θα μπορούσε να μετατραπεί αποτελεσματικά το ντοματέλαιο σε βιοντίζελ. Το παραγόμενο προϊόν είχε ιξώδες $4.95 \text{ mm}^2/\text{s}$ και ήταν εντός των τυπικών ορίων του ευρωπαϊκού κανονισμού EN114124 ($< 5.00 \text{ mm}^2/\text{s}$).

Επίσης οι Li et al. (2016) ανέδειξαν ότι μέσω της αναερόβιας χώνευσης στους 35°C και για χρονική διάρκεια 45 ημερών, το μείγμα πυρήνα ντομάτας (13%), κοπριάς ζώων (54%) και καλαμποκιού (33%), επιτυγχάνει απόδοση μεθανίου έως και 415.5 L/kg και παραγωγή ενέργειας έως 222.5 GJ .

Οι Kraiem et al. (2016) κατασκεύασαν σφαιρίδια pellet από 100% πυρήνα ντομάτας και μείγματα πυρήνα με πριονίδι σε αναλογίες 50:50 και 25:75. Διαπίστωσαν ότι η απόδοση της καύσης των παραπάνω, ήταν της τάξης του 87.3% - 89.2%, παραπλήσια της απόδοσης καύσης του ξύλου pellet που ήταν 83.4% - 91%. Όμως η καύση των σφαιριδίων αυτών, προκάλεσε υψηλές εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του άνθρακα, οξείδια

του αζώτου, πτητικών οργανικών ενώσεων και σωματιδίων σε σύγκριση με την καύση ξύλου pellet.

Οι Hijosa – Valsero et al. (2019) ερεύνησαν την παραγωγή αιθανόλης από τον πυρήνα της ντομάτας, με την μέθοδο της ενζυματικής υδρόλυσης. Επιτεύχθηκαν ποσοστά σακχαροποίησης 60% - 67%, ενώ η αποτελεσματικότερη αναλογία στερεού προς διαλύτη ήταν έως και 20% (w/w). Οι συγκεντρώσεις αιθανόλης που προέκυψαν από την ζύμωση του πυρήνα της ντομάτας ήταν οι υψηλότερες έως τώρα. Όμως οι ποσότητες αυτές θεωρούνται ανεπαρκείς για βιομηχανική εκμετάλλευση και απαιτούνται περαιτέρω έρευνες για την βελτιστοποίηση της όλης διεργασίας.

8) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας στην βιομηχανία καλλυντικών

Η βιομηχανία καλλυντικών τα τελευταία χρόνια αξιοποίησε τα παραπροϊόντα της ντομάτας και τα βιοδραστικά συστατικά τους, στα παρασκευάσματά τους. Η χρήση των καροτενοειδών στα καλλυντικά προϊόντα, όχι μόνο αυξάνει την διάρκεια ζωής τους, αλλά επιπλέον παρέχει προστασία στο δέρμα από οξειδωτικές βλάβες. Ωστόσο μια τέτοια προσθήκη μπορεί να οδηγήσει σε μεταβολή του χρώματος και της οσμής του σκευάσματος, με αποτέλεσμα να μην γίνεται αποδεκτό από τους καταναλωτές (Melendez et al., 2019).

Οι Costa et al. (2021) παρασκεύασαν γαλάκτωμα για τοπική χρήση με προσθήκη εκχυλίσματος, το οποίο είχε εμπλουτιστεί με λυκοπένιο. Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν ότι το εκχύλισμα λυκοπένιου προσέθεσε ένα κιτρινωπό χρώμα και μια απροσδιόριστη οσμή στα σκευάσματά τους, ενώ έγιναν αποδεκτά από τους καταναλωτές λόγω της παρουσίας της αντιοξειδωτικής ουσίας (λυκοπένιο).

9) Αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας στην φαρμακευτική βιομηχανία

Παράλληλα με την αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας στην βιομηχανία τροφίμων και καλλυντικών, αυξανόμενη είναι η χρήση τους στην παραγωγή εκχυλισμάτων με φαρμακευτικές ιδιότητες. Τα συστατικά της ντομάτας έχουν συσχετιστεί με την μείωση

των καρδιαγγειακών νοσημάτων, για τον λόγο αυτό αρκετές μελέτες έχουν διεξαχθεί για την πιθανή χρήση εκχυλισμάτων ντομάτας στην παραγωγή φαρμακευτικών σκευασμάτων.

Οι Concha – Meyer et al. (2020) αξιολόγησαν τις αντιθρομβωτικές ιδιότητες των εκχυλισμάτων του πυρήνα της ντομάτας με διάφορους συνδυασμούς (με ολόκληρο πυρήνα, χωρίς σπόρους, με σπόρους). Τα εκχυλίσματα παρασκευάστηκαν με την βοήθεια υπέρηχων, χρησιμοποιώντας νερό ή αιθανόλη/νερό ως διαλύτη σε αναλογία 1:1. Η έρευνα κατέδειξε ότι ο χρόνος επεξεργασίας και ο διαλύτης που χρησιμοποιήθηκε, έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην δράση κατά της συσσωμάτωσης των αιμοπεταλίων. Τα εκχυλίσματα χωρίς σπόρους, παρουσιάζουν πιο αποτελεσματική δράση λόγω των μεγαλύτερων ποσοστών φλαβονοειδών, τα οποία είναι γνωστά για την θεραπευτική τους δράση κατά της καρδιακής νόσου.

Πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι οι βιοδραστικές ιδιότητες των καροτενοειδών μπορούν να διαδραματίσουν σπουδαίο ρόλο για την θεραπεία του σακχαρώδη διαβήτη, βελτιώνοντας την αντίσταση στην ινσουλίνη, η οποία είναι ο κύριος παράγοντας κινδύνου για την ανάπτυξη σακχαρώδη διαβήτη τύπου 2. Οι Tenore et al. (2020) παρασκεύασαν ένα διατροφικό σκεύασμα που περιλάμβανε σκόνη αποξηραμένου φλοιού ντομάτας και ενσωματώθηκε σε ένα τυπικό ρόφημα γλυκόζης. Στην συνέχεια δοκιμάστηκε από υγιή άτομα προκειμένου να αξιολογηθούν οι επιδράσεις της σκόνης αυτής στις γλυκαιμικές και ινσουλιναϊκές αποκρίσεις. Το σκεύασμα αυτό, κατέδειξε ότι μπορεί να επηρεάσει την μεταγευματική υπεργλυκαιμία μέσω ενός μηχανισμού εξοικονόμησης ινσουλίνης, παράγοντας χαμηλότερες συγκεντρώσεις σε σχέση με το διάλυμα γλυκόζης αναφοράς.

Σύμφωνα με τους Kumar et al. (2021) τα παραπροϊόντα ντομάτας και τα βιοδραστικά συστατικά τους, παρέχουν αρκετά οφέλη στην υγεία του ανθρώπου. Όλες οι μελέτες δείχνουν ότι η χρήση τους προσφέρει αντιοξειδωτικές, αντιαιμοπεταλικές, αντικαρκινικές, αντιμικροβιακές και νευροπροστατευτικές δράσεις.

Το λυκοπένιο παρέχει στους πνεύμονες αντικαρκινική προστασία, από την επίδραση του NO₂ που βρίσκεται στον καπνό των τσιγάρων (Nasir et al., 2015). Το β-καροτένιο ενεργεί σαν πρόδρομη ένωση της ρετινόλης, που είναι απαραίτητη για το μεταβολισμό των πρωτεϊνών στους ιστούς και προσφέρει επιπρόσθετη αντιοξειδωτική δράση. Η έλλειψή της μπορεί να προκαλέσει περιορισμένη ανάπτυξη των εμβρύων και παιδιών, ακόμη και τύφλωση. Η λουτεΐνη βοηθάει στην καλή λειτουργία της όρασης

προστατεύοντας τα μάτια από την UV ακτινοβολία και μειώνει τον κίνδυνο εμφάνισης καταρράκτη (Eggersdorfer et al., 2018).

10) Άλλες χρήσεις των παραπροϊόντων ντομάτας

Τα παραπροϊόντα ντομάτας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υλικά προς ζύμωση για την παραγωγή προϊόντων, όπως λακκάση και ξυλάνση (Umsza - Guez et al., 2011) και για την παραγωγή προσροφητικών υλικών (Mallampati end Valiyaveettil, 2012).

Στην Ιταλία, ερευνητές χρησιμοποίησαν τα παραπροϊόντα από εργοστάσιο κονσερβοποιίας ντομάτας, για παρασκευή ενός συντηρητικού κονσερβοποιημένων τροφίμων. Κατά την πειραματική διαδικασία απομόνωσαν την «cutina», ένα φυσικό πολυμερές που βρίσκεται στον φλοιό της ντομάτας. Θεωρούν ότι η «cutina» μπορεί να αντικαταστήσει εξίσου αποτελεσματικά, κάποιες χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται έως τώρα στην συντήρηση κονσερβών. Η φυσική «cutina» αναμειγνύεται με άλλα συστατικά για την παραγωγή μιας βιολογικής λακ, όπως ονομάζεται. Το προστατευτικό αυτό επίχρισμα έχει τα ίδια τεχνολογικά χαρακτηριστικά με τα υπάρχοντα συντηρητικά. Είναι μια αδρανής ουσία χωρίς γεύση, οσμή, η οποία δεν επηρεάζει το διατροφικό προϊόν της κονσέρβας. Μέσα στα επόμενα χρόνια ευελπιστούν να αρχίσει η μαζική παραγωγή του προϊόντος αυτού (Euro news, 2014).

11) Τεχνικές εκχύλισης και ανάκτησης συστατικών από τα παραπροϊόντα ντομάτας

Η εκχύλιση – ανάκτηση των συστατικών όπως καροτενοειδή, φαινόλες, τερπένια, λιπίδια κ.α. θεωρείται ένα σημαντικό βήμα για την περαιτέρω επεξεργασία και χρήση τους. Οι παραδοσιακές (συμβατικές) διεργασίες όπως η απόσταξη με νερό, ατμό ή και τα δύο, καθώς και η εκχύλιση με χρήση διαλύτη, χρησιμοποιούν οργανικούς διαλύτες. Η χρήση αυτών των διαλυτών προκαλεί προβλήματα υγείας στον άνθρωπο και περιβαλλοντικά προβλήματα. Η ανάγκη για την διασφάλιση της καταλληλότητας των διατροφικών προϊόντων, έχει αυξήσει το ενδιαφέρον των ερευνητών για πράσινες (καινοτόμες) τεχνικές εκχύλισης. Η επιλογή της εκάστοτε μεθόδου, πρέπει να γίνεται με βάση την απόδοση, την ποιότητα του τελικού προϊόντος, το επενδυτικό και λειτουργικό κόστος (Trombino et al., 2021 ; Madia et al., 2021).

Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι πιο πρόσφατες διεργασίες εκχύλισης (κύρια χαρακτηριστικά, πλεονεκτήματα, μειονεκτήματα), για την ανάκτηση των βιοδραστικών συστατικών από τα παραπροϊόντα ντομάτας:

Μέθοδος εκχύλισης	Κύρια χαρακτηριστικά	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Κλασική εκχύλιση με οργανικό διαλύτη	Διαλυτοποίηση των συστατικών που ενδιαφέρουν σε οργανικούς διαλύτες που προστίθενται στην φυτική μήτρα	1) εύκολα τροποποιήσιμες παράμετροι (αναλογία διαλύτη/μήτρας, θερμοκρασία, χρόνος εκχύλισης) 2) μεγάλη παραγωγική ικανότητα 3) συνεχής λειτουργία	1) μεγάλος χρόνος διεργασίας 2) τοξικότητα από τους διαλύτες που παραμένουν 3) υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις 4) μεγάλος κίνδυνος για την υγεία (χρήση πολύ εύφλεκτων και τοξικών διαλυτών)
Εκχύλιση με παλμικά ηλεκτρικά πεδία	Εφαρμογή παλμών ηλεκτρικού πεδίου σε φυτικές μήτρες που ηλεκτροδιαπερατότητα	1) υψηλές αποδόσεις εκχύλισης 2) χαμηλό κόστος λειτουργίας 3) σύντομος χρόνος διεργασίας 4) χωρίς ισομερισμό ή αποδόμηση	1) εξάρτηση από την αγωγιμότητα 2) υψηλό κόστος του εξοπλισμού

Εκχύλιση με την βοήθεια ενζύμων	Χρήση ενζύμων που καταλύουν την υδρολυτική διάσπαση των δομικών συστατικών του κυτταρικού τοιχώματος των παραπροϊόντων	1) υψηλές αποδόσεις εκχύλισης 2) μείωση του χρόνου εκχύλισης 3) μειωμένη χρήση οργανικού διαλύτη 4) υψηλή εκλεκτικότητα	1) υψηλό κόστος ενζύμων 2) τα διαθέσιμα ένζυμα δεν μπορούν να υδρολύσουν πλήρως τα κυτταρικά τοιχώματα 3) μεγάλη εξάρτηση από την θερμοκρασία, το pH κ.α.
Εκχύλιση με υπερκρίσιμα υγρά	Χρήση υπερκρίσιμων υγρών ως διαλύτες εκχύλισης για τον διαχωρισμό συστατικών από την μήτρα	1) φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος 2) υψηλή καθαρότητα 3) χαμηλές θερμοκρασίες λειτουργίας 4) χωρίς υπολείμματα οργανικού διαλύτη 5) υψηλή απόδοση	1) μεγάλη κατανάλωση ενέργειας 2) πολύ ακριβός και πολύπλοκος εξοπλισμός 3) αυξημένες πιέσεις λειτουργίας
Εκχύλιση με υπερήχους	Τα υπερηχητικά κύματα προκαλούν μηχανική κρούση	1) φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος	1) η κλιμάκωση δεν είναι εφικτή 2) πιθανή

	<p>επιτρέποντας μεγαλύτερη διείσδυση του διαλύτη στο σώμα του φυτού</p>	<p>2) υψηλή απόδοση 3) χαμηλό κόστος εξοπλισμού 4) χαμηλή κατανάλωση ενέργειας 5) υψηλές αποδόσεις εκχύλισης 6) μειωμένος χρόνος εκχύλισης 7) χρήση μικρής ποσότητας οργανικών διαλυτών</p>	<p>αποικοδόμηση ενώσεων 3) παραγωγή ελεύθερων ριζών με υψηλή αντίδραση 4) περιορισμένος όγκος εκχύλισης 5) έλλειψη ομοιομορφίας στην κατανομή της ενέργειας υπερήχων</p>
<p>Εκχύλιση με μικροκύματα</p>	<p>Τα μικροκύματα θερμαίνουν τους διαλύτες που περιέχουν δείγματα κατανέμοντας έτσι τους αναλυτές από την μήτρα στον διαλύτη</p>	<p>1) φιλική προς το περιβάλλον μέθοδος 2) μειωμένη χρήση οργανικών διαλυτών 3) σύντομοι χρόνοι εκχύλισης 4) μεγάλες αποδόσεις εκχύλισης</p>	<p>1) δυσκολία κλιμάκωσης 2) πιθανός κίνδυνος έκρηξης 3) υψηλό κόστος εγκατάστασης 4) περιορισμένη επιλογή διαλυτών 5) περιορισμένος όγκος εξαγωγής</p>

<p>Εκχύλιση με την τεχνική μικρογαλακτώματος</p>	<p>Θερμοδυναμικά σταθερή διασπορά δύο μη αναμιξιμων υγρών παρουσία επιφανειοδραστικών ουσιών (μικρογαλακτώματα) που βελτιώνουν την ικανότητα διαλυτοποίησης και των δύο υγρών</p>	<p>1) υψηλή απόδοση εκχύλισης 2) αποτελεσματική σε θερμοκρασία δωματίου 3) σύντομοι χρόνοι εκχύλισης 4) μειωμένη χρήση οργανικών διαλυτών 5) σταθερότητα έναντι της οξείδωσης</p>	<p>1) τα μικρογαλακτώματα μπορεί να είναι επικίνδυνα για την υγεία 2) απαιτούνται πολύπλοκα συστήματα που μπορεί να είναι χρονοβόρα 3) αναστροφή φάσης</p>
<p>Υδροκολλοειδής συμπλοκοποίηση που προκαλείται από το νερό</p>	<p>Συμπλοκή λυκοπένιου και πηκτίνης σε υδατικό περιβάλλον που μπορεί να ανακτηθούν με καθίζηση ή φυγοκέντρηση</p>	<p>1) μικρή ποσότητα οργανικού διαλύτη 2) υψηλή εκλεκτικότητα 3) υψηλή καθαρότητα</p>	<p>1) ανάγκη μεταγενέστερου σταδίου ανάκτησης 2) απόδοση εκχύλισης συγκρίσιμη με αυτή της κλασικής εκχύλισης με οργανικό διαλύτη</p>

Πίνακας 13: Μέθοδοι εκχύλισης (Madia et al., 2021)

Επίσης στον επόμενο πίνακα παρατίθενται μερικά παραδείγματα εκχύλισης κάποιων συστατικών με διάφορες μεθόδους:

Μέθοδος	Πρώτη ύλη	Συστατικά ανάκτησης	Συνθήκες πειράματος	Απόδοση	Συγγραφείς
Εκχύλιση με μικροκύματα	Αποξηραμένη φλούδα ντομάτας	Πηκτίνη	900 W 3.34 λεπτά 88.7°C	25.42%	Sengar et al. (2020)
Εκχύλιση με υπέρηχους	Παραπροϊόντα κονσερβοποιίας ντομάτας	Πηκτίνη	Αφυδάτωση κονιορτοποιήση 90 λεπτά 60°C οξαλικό αμμώνιο οξαλικό οξύ (διαλύτες)	36 gr/100g ξ.υ.	Grassino et al. (2016)
	Παραπροϊόντα ντοματοπολτού	Λυκοπένιο	Αφυδάτωση κονιορτοποιήση 30 λεπτά 90 W εξάνιο μεθανόλη ακετόνη 2:1:1	90 mg/kg ξ. υ.	Kumcuglu et al. (2014)
Εκχύλιση με υπερκρίσιμο υγρό CO ₂	Παραπροϊόντα ντομάτας	Λυκοπένιο και β καροτένιο	300 bar 80°C διαλύτης CO ₂ /5% αιθανόλη παροχή διαλύτη 13.20 ml/min	88% 80%	De Andrade Lima et al. (2019)
Εκχύλιση με	Ντομάτες που	Βενζυλική	200 W 5.51	8.99 ±	Pinela et al.

μικροκύματα	έχουν υποστεί λυοφιλίωση	αλκοόλη	λεπτά 146.69°C δείγμα προς διαλύτη 45:1 (100% νερό)	0.58 mg/g	(2016)
		Κουμαρικό οξύ	200 W 3.15 λεπτά 144.64°C δείγμα προς διαλύτη 45:1 (100% νερό)	24.8 ± 0.9 mg/g	
Εκχύλιση με παλμικά ηλεκτρικά πεδία	Παραπροϊόντα ντομάτας	Λυκοπένιο	30 kv/cm 8 παλμοί θερμοκρασί α δωματίου	96.7% υψηλότε ρη σε σχέση με μικροκύ ματα (78.4%) υπερήχο υς (92.5%) κλασική εκχύλιση (40.2%)	Xi et al. (2021)

Πίνακας 14: Παραδείγματα εκχύλισης συστατικών

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μονάδες επεξεργασίας ντομάτας παράγουν μεγάλους όγκους αποβλήτων και παραπροϊόντων, με υψηλή περιεκτικότητα σε νερό. Λόγω της εποχιακής λειτουργίας των μονάδων αυτών, μεγάλες ποσότητες αποβλήτων συσσωρεύονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Λόγω της υψηλής αποικοδόμησής τους, δημιουργούνται περιβαλλοντικά προβλήματα κατά την τυχόν απόρριψη τους σε ΧΥΤΑ. Η διαχείριση των αποβλήτων/παραπροϊόντων αποτελεί ένα παγκόσμιο ζήτημα τόσο για οικονομικούς όσο και για περιβαλλοντικούς λόγους. Επίσης, η προστασία των φυσικών πόρων από την ανεξέλεγκτη απόρριψη, εντάσσεται στις βασικές προτεραιότητες της σύγχρονης οικολογίας.

Στόχος είναι να αναβαθμιστούν οι κλασικές μέθοδοι διαχείρισης, να αναπτυχθούν καινοτόμες και σύγχρονες, παρέχοντας στις βιομηχανίες μια επιπλέον πηγή εσόδων. Υπάρχει η αναγκαιότητα κρατικών επιχορηγήσεων ως ένα επιπλέον κίνητρο για την εφαρμογή των μεθόδων αυτών. Τα υγρά επεξεργασμένα απόβλητα που προκύπτουν από τους βιολογικούς καθαρισμούς των μονάδων αυτών, ενδείκνυται να επαναχρησιμοποιούνται για άρδευση καλλιεργειών, ενώ τα νερά ψύξης των μηχανημάτων, να ανακυκλώνονται.

Από τα παραπροϊόντα ντομάτας υπάρχει δυνατότητα ανάκτησης πολύτιμων βιοδραστικών ενώσεων, αντιοξειδωτικών ή χρωστικών ουσιών, οι οποίες συνεισφέρουν στην ανάπτυξη νέων ή βελτιωμένων προϊόντων υψηλής εμπορικής και θρεπτικής αξίας (τρόφιμα, φαρμακευτικά προϊόντα, καλλυντικά). Η αξιοποίηση των βιοδραστικών συστατικών από τα παραπροϊόντα ντομάτας θεωρείται δύσκολη. Καθώς υπόκεινται σε μια σειρά από βιοχημικές, χημικές και μικροβιολογικές μεταβολές, καθίστανται ευπαθή υποβαθμίζοντας έτσι την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Επομένως πρέπει η αξιοποίησή τους να πραγματοποιείται έγκαιρα, γεγονός που μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε μεγάλες μονάδες επεξεργασίας με συνεχή παραγωγή. Αν και έχει πραγματοποιηθεί μεγάλος αριθμός μελετών για αξιοποίηση των βιοδραστικών συστατικών των παραπροϊόντων ντομάτας, παρατηρείται μια έλλειψη στην χρήση τους σε μεγάλη κλίμακα. Θα πρέπει να αναδειχτούν περαιτέρω τα ευεργετικά αποτελέσματά τους ως πρόσθετα στους παραπάνω τομείς.

Μια άλλη εναλλακτική λύση, είναι η αξιοποίηση των παραπροϊόντων ντομάτας στην παραγωγή βιοκαυσίμου, αποτελώντας μια πολύτιμη πηγή ανανεώσιμης ενέργειας. Βέβαια όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, λόγω της εποχικότητας των μονάδων επεξεργασίας και του περιορισμένου όγκου στερεών αποβλήτων, ενδείκνυται η συνεπεξεργασία με άλλα στερεά απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, ώστε το οικονομικό κόστος να κατανέμεται και η παραγωγή βιοαερίου να καθίσταται συμφέρουσα για όλους.

Στις περισσότερες χώρες όπως και στην Ελλάδα, τα παραπροϊόντα ντομάτας χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ζωοτροφών. Στην Ελλάδα παραδίδονται σε συγκεκριμένες ιδιωτικές εταιρίες επεξεργασίας και παραγωγής ζωοτροφών. Ενδεχομένως μια συνεργασία ανάμεσα σε κονσερβοποιίες της ίδιας περιφέρειας, ως συνεταιριστική μονάδα συλλογής και επεξεργασίας των παραπροϊόντων για παραγωγή ζωοτροφών (με χρηματοδότηση από προγράμματα της περιφέρειας ή και από άλλες χρηματικές πηγές), θα παρείχε ένα επιπρόσθετο κέρδος. Εκτός από τα παραπάνω έχουν προταθεί και άλλες φιλόδοξες λύσεις για την σωστή διαχείριση των αποβλήτων και των παραπροϊόντων αυτών, στα πλαίσια της προστασίας του περιβάλλοντος και της κυκλικής οικονομίας. Η εφαρμογή τους όμως απαιτεί προσπάθεια της επιστημονικής και ερευνητικής κοινότητας, αλλά και βούληση των κυβερνήσεων να εφαρμόσουν κανονισμούς και οδηγίες που θα οδηγήσουν σε μια πράσινη και βιώσιμη αξιοποίηση των αποβλήτων/παραπροϊόντων ντομάτας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Arangon, R.A.D., Lin, C.S.K., Chan, K.M., Kwan, T.H. and Luque, R. (2013). Advances on waste valorization: new horizons for a more sustainable society. *Energy Science and Engineering*, 1 (2) (53 – 71).
- 2) Mirabella, N., Castelani, V., Sala, S. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production* 65 (28 – 41).
- 3) Sacdh, K.P., Duhan, S. and Duhan, J.S. (2018). Agro – industrial waste and their utilization using solid state fermentation: a review. *Bioresour, Bioprocess* 5:1.
- 4) Ασημομύτης, Γ. και Βλαχάκη, Δ. (2021). Μελέτη αξιοποίησης αποβλήτων φυτικής προέλευσης για την παραλαβή συστατικών προστιθέμενης αξίας. Κλασικές και καινοτόμες τεχνικές. Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- 5) Νάτσουρα, Π. (2015). Βελτιστοποίηση και λειτουργία εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων από εργοστάσια παραγωγής χυμών και κομπόστας. ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.
- 6) Anastasiadis, F., Apostolidou, I. and Michailidis, A. (2020). Mapping Sustainable Tomato Supply Chain in Greece A framework for research *MDPI Foods* (9, 539).
- 7) Indian Institute of Food Processing Technology (IIFPT). (2020). Processing of tomato products.
- 8) Kumari, A. and Singh, J. (2018). Physical and Chemical Evaluation of Tomato and its Value Addition, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7(4) Q (2851 – 2862).
- 9) Lovdal, T., Drogenbroeck, V.B., Eroglu, E., Kaniszewski, S., Agati, G., Verheul, M., Skipnes, D. (2019). Valorization of tomato surplus and waste fractions: A case study using Norway, Belgium, Poland and Turkey as examples, *MDPI Foods* (8, 229).
- 10) Mirabella, N., Castellani, V., Sala, S. (2013). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Creamer Production* 65 (28 – 41).
- 11) Saran, S., Jayanth, A.S., Anand, S., Pandey, V., Sunathy, N. (2017). Tomato processing industry management: *International Journal of Latest Technology in Engineering Management and Applied Science (IJLTEMAS)* ISSN (2278 – 2540).

- 12) Αμβροσιάδου, Σ. (2007). Η διαχείριση της καλλιέργειας βιομηχανικής ντομάτας στα πλαίσια της συμβολαιακής γεωργίας. Μεταπτυχιακή εργασία ΑΠΘ.
- 13) Δέδε, Α. (2015). Επίδραση της οργανικής λίπανσης στα αγρονομικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά της βιολογικής καλλιέργειας βιομηχανικής ντομάτας. Μεταπτυχιακή διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- 14) Μπάτζιος, Α. (2014). Το κόστος μεταποίησης της βιομηχανικής ντομάτας. Μελέτη περίπτωσης του εργοστασίου ΝΟΜΙΚΟΣ Δ. ΑΒΕΚ, ΑΠΘ.
- 15) Νταρακάς, Ε. (2006). Επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, Α.Π.Θ.
- 16) Παπαδοπούλου, Α. (2005). Η συμβολαιακή γεωργία της βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα και η μεταποίησή της: κόστος και οικονομικά αποτελέσματα στην περίπτωση του Νομού Καρδίτσας. Πτυχιακή εργασία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- 17) Σιτάρα, Ι. (2011). Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εργοστασίου βιομηχανίας ντομάτας. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καβάλας.
- 18) Χρυσυφάκης, Π. (2019). Περιβαλλοντικές επιπτώσεις μονάδας παραγωγής προϊόντων ντομάτας. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- 19) Βαρζάκας, Χ.Θ. (2005). Επεξεργασία προϊόντων ντομάτας ΤΕΙ Καλαμάτας.

<https://docplayer.gr/80889673-Epexergasia-proionton-tomatas.html>

Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

- 20) Δεληπαλατάκης, Μ. (2021). Η καλλιέργεια της βιομηχανικής ντομάτας στην Ελλάδα και τον κόσμο. Syngenta Hellas. <https://www.syngenta.gr/news/sto-horafi/i-kalliergeia-tis-viomihanikis-tomatas-stin-ellada-kai-ston-kosmo> . Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

- 21) Atlas big, (2020). World's leading tomato producing countries

<https://www.atlasbig.com/en-cn/countries-by-tomato-production> . Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

- 22) Science Agriculture, (2022). Top world's biggest tomato producing countries

<https://scienceagri.com/top-10-worlds-biggest-tomato-producing-countries/>

Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

23) IMARC group, (2021). Tomato processing market: global industry, trends, share, size, growth opportunity and forecast 2022 – 2027. <https://www.imarcgroup.com/tomato-processing-plant> . Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

24) Caiapedia, (2015). Στάδια βιομηχανικής επεξεργασίας της βιομηχανικής ντομάτας.

http://www.gaiapedia.gr/gaiapedia/index.php/%CE%A3%CF%84%CE%AC%CE%B4%CE%B9%CE%B1_%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82_%CE%B5%CF%80%CE%B5%CE%BE%CE%B5%CF%81%CE%B3%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%B2%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CE%AE%CF%82_%CE%BD%CF%84%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CF%84%CE%B1%CF%82 . Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

25) ΥΠΑΑΤ, (2021). Ισχύουσα νομοθεσία για την βιομηχανική ντομάτα.

<http://www.minagric.gr/index.php/el/for-farmer-2/crop-production/oporokipeytika/876-tomata> . Ανακτήθηκε 17/01/22.

26) ΥΠΑΑΤ, (2021). Στοιχεία μεταποίησης βιομηχανικής ντομάτας 2001 – 2018.

http://www.minagric.gr/images/stories/docs/agrotis/Oporokipeytika/stat_tomata_2001eos2018.pdf . Ανακτήθηκε στις 17/01/22.

27) Brachi, P., Chirone, R., Miccio, F., Miccio, M., Ruoppolo, G. (2018). Entrained – flow gasification of torrefied tomato peels: Combining torrefaction experiments with chemical equilibrium modeling for gasification. Fuel 220 (744 – 753).

28) Cerda, A., Artola, A., Font, X., Barrenel, R., Gea, T., Sancher, A. (2018). Bioresource Technology 248 (57 – 67).

29) Calkina, E. and Vasyatina, O. (2018). Reuse of treated wastewater. Iop conf. series: Materials Science and Engineering 365 (022047).

30) Emcinar, J. M., Conzalez, J. F., Mrtinez, G. (2008). Energetic use of the tomato plant waste: Fuel Processing Technology 89 (1193 – 1200).

- 31) Famurewa, J. A. V. and Razi, A. O. (2011). Physicochemical characteristics of osmotically dehydrated tomato under different common drying methods: *J. Biol. Chem. Sci.* 5 (3): (1304 – 1309).
- 32) Jellali, S., Hamdi, N., Riahi, K., Handi, H. (2022). Environmental applications of tomato processing by – products.
- 33) Kaur, D., Sogi, D. S., Garg, S. K., Bawa, A. S. (2004). Flotation – cum – sedimentation system for skin and seed separation from tomato pomace: *Journal of Food Engineering* 71 (341 – 344).
- 34) Khiari, B., Mossaoui, M. and Jeguirim, M. (2019). Tomato processing by – product combustion: Thermal and kinetic analysis, *MDPI Materials* 12 (553).
- 35) Lee, C. S., Rombison, J., Chong, M. F. (2014). A review on application of flocculants in wastewater treatment: *Process Safety and Environmental Protection* 92 (489 – 508).
- 36) Li, X., Pan, Z., Atungula, G. G., Zheng, X., Wood, D. (2014). Peeling of tomatoes using novel infurated radiation heating technology *Innovative Food Science and Emerging Technologies* 21 (123 – 130)
- 37) Liadakis, G., Katsouli, M., Chanioti, S., Giannou, V., Tzia, C. (2022). Identification, quantification and characterization of tomato processing by – products.
- 38) Muhtaseb, A. H. A., Harahshch, M. A., Hararah, M., Magee, T. L. A. (2010). Drying characteristics and quality change of unutilized – protein rich – tomato pomace with and without osmotic pretreatment. *Industrial Crops and Products* 31 (171 – 177).
- 39) Mojiri, A., Zhou, J. L., Ratmaweera, H., Ohashi, A., Ozaki, N., Kindaichi, I. and Asakara, H. (2021). Treatment of landfill leachate with different techniques: An overview, *Water Reuse* 11 (1).
- 40) Molino, A., Lovocca, V., Chianese, S. and Musnara, D. (2018). Biofuels production by biomass gasification: A review, *MDPI energies* 11 (811).
- 41) Patil, A. A., Kulkarni, A.A., Patil, B.B. (2014). Waste tomato energy by incineration. *Journal of Computing Technologies* 14 (2278 – 3814)
- 42) Preedy, V. R. and Watson, R.R. (2008). Tomatoes and tomato products: Nutritional, Medical and Therapeutic Properties.

- 43) Rashed, I. G., Afify, H.A., Ahmed, A. E. M. and Ayoub, M. A. E. (2013). Optimization of chemical precipitation to improve the primary treatment of wastewater, *Desalination and Water Treatment* 51 (7048 – 7056)
- 44) Scherhauser, S., Moates, G., Hartikainen, H., Waldron, K. (2018). Environmental impacts of food waste in Europe. *Waste Management* 77 (98 – 113).
- 45) Shao, D., Venkitasany, C. I., Li, X., Yiokohama, W., Pan, Z. (2015). Optimization of tomato pomace separation using air aspirator system by response surface methodology, *Trans ASABE* 58 (6): (1885 – 1894).
- 46) Teo, S. S. (2016). Food canning waste in industrial processes
- 47) Valta, K., Damala, P., Panaretou, V., Orli, E., Moustakas, K., Loizidou, M. (2017). Review and assessment of waste and wastewater treatments from fruits and vegetables processing industries in Greece, *Waste Biomass Valor* 8 (1629 – 1648)
- 48) Vidyarthi, S. K., Simmons, C. W. (2020). Characterization and management strategies for process discharge streams in California industrial tomato processing. *Science of the Total Environment* 723 (137976)
- 49) Hu, X., Cholizadeh, M. (2019). Biomass pyrolysis: A review of the process development and challenges from initial researches up to the commercialization stage. *Journal of Energy Chemistry* 39 (109 – 143).
- 50) Hu, F., Li, Y., Ge, X., Yang, L., Li, Y. (2018). Anaerobic digestion of food waste, challenges and opportunities, *Bioresour Technol* 247 (1047 – 1058)
- 51) Ασυμοτύτης, Γ. και Βλαχάκη, Δ. (2021). Μελέτη αξιοποίησης αποβλήτων φυτικής προέλευσης για την παραγωγή συστατικών προστιθέμενης αξίας: Κλασικές και καινοτόμες τεχνικές. Πτυχιακή εργασία. Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- 52) Βλυσίδης, Α. (2007). Χαρακτηριστικά υγρών αποβλήτων και νερών. Αθήνα, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (Ε.Μ.Π.).
- 53) Γριζόπουλος, Ε. (2012). Χαρακτηριστικά και τρόποι επεξεργασίας των αποβλήτων από βιομηχανίες τροφίμων. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καβάλας.
- 54) ΕΠΠΔΑ, (2021). Εθνικό πρόγραμμα πρόληψης δημιουργίας αποβλήτων 2021 – 2030. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ).

- 55) ΕΠΠΕΡΑΑ, (2012). Οδηγός εφαρμογής προγράμματος διαλογή στην πηγή και συστημάτων διαχείρισης των βιοαποβλήτων. Υπουργείο Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (ΥΠΕΚΑ).
- 56) Κορνάρος, Μ. (2014). Θερμική επεξεργασία απορριμμάτων. Τεχνολογία Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- 57) Λέκκα, Θ. (2013). Επεξεργασία υγρών αποβλήτων. Περιγραφή και λειτουργία μονάδας επεξεργασίας λυμάτων στην πόλη των Ιωαννίνων. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Κρήτης.
- 58) Μπέλου – Στούπα, Α. (2014). Υγειονομική ταφή. Κατασκευή και λειτουργία ΧΥΤΑ. Διαχείριση αστικών στερεών αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 59) Μπομπότης, Α. (2021). Διαχείριση και διάθεση υγρών λυμάτων βιομηχανίας τροφίμων. Επεξεργασία υγρών αποβλήτων των τυροκομείων του Νομού Τρικάλων. Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 60) Μυρονίδης, Κ. Γ. (2017). Άρδευση καλλιεργειών με την χρήση επεξεργασμένων αστικών λυμάτων. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.).
- 61) Μακρής, Δ. Π. (2020). Αξιοποίηση αποβλήτων μονάδων επεξεργασίας τροφίμων. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- 62) Μαστροδημήτρης, Α. (2020). Τεχνοοικονομική μελέτη συστημάτων διαχείρισης στερεών αποβλήτων βιομηχανίας επεξεργασίας ντομάτας και επιλογή του βέλτιστου σεναρίου. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό πανεπιστήμιο (Ε.Α.Π.).
- 63) Νταρακάς, Ε. (2014). Στοιχεία βιοτεχνολογίας, Τεχνική Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 64) Νταρακάς, Ε. (2006). Επεξεργασία βιομηχανικών αποβλήτων. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 65) Νταρακάς, Ε. (2014). Βιολογικές διεργασίες αιωρούμενης μάζας, Τεχνική Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 66) Πέτρου, Ι. Σ. (2017). Επεξεργασία υγρών αποβλήτων μονάδας κονσερβοποίησης φρούτων. Διπλωματική εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).

- 67) Σαρηγιάννης, Δ. (2015). Διαχείριση υγρών αποβλήτων – αναερόβια χώνευση. Περιβαλλοντική μηχανική, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.).
- 68) Σιτάρα, Ι. (2011). Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων εργοστασίου ντοματοβιομηχανίας. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καβάλας.
- 69) Χαλακατεβάκης, Ι. (2019). Καταλυτική αεριοποίηση βιομάζας. Μεταπτυχιακή εργασία. Πολυτεχνείο Κρήτης.
- 70) EPA, (2018). Reducing the impact of wasted food by feeding the soil and composting [.https://www.epa.gov/sustainable-management-food/reducing-impact-wasted-food-feeding-soil-and-composting](https://www.epa.gov/sustainable-management-food/reducing-impact-wasted-food-feeding-soil-and-composting). Ανακτήθηκε στις 12/03/2022.
- 71) Στρατή, Ε., Γώγου, Ε., Ωραιοπούλου, Β. (2013). Εναλλακτικές μέθοδοι εκχύλισης για την ανάκτηση καροτενοειδών από απόβλητα βιομηχανικής ντομάτας. Σχολή χημικών μηχανικών Ε.Μ.Π.
- 72) Alancay, M.M., Lobo, M.D., Quinzio, C.M., Ituraga, L.B. (2017). Extraction and physicochemical characterization of pectin from tomato processing waste, Journal of Food Measurement and Characterization 11 (2119 – 2130)
- 73) Zuoro, A., Fidaleo, M., Lavecchia, R. (2011). Enzyme – assisted extraction of lycopene from tomato processing waste. Enzyme and Microbial Technology 49 (567 – 573)
- 74) Hegde, S., Lodge, J., Trabold, T. (2018). Characteristics of food processing wastes and their use in sustainable alcohol production, Renew Sust Emerg Rev 81 (510 – 523)
- 75) Kumar, K., Yadar, A.N., Kumar, V., Vyas, P., Dhaliwal, H.S. (2017). Food waste: A potential bioresource for extraction of nutraceuticals and bioactive compounds. Bioreour Bioprocess 4 (18)
- 76) Navaro – Gonzalez, I., Garcia – Valverde, V., Garcia, J., Peruago, M.J. (2011). Chemical profile, functional and antioxidant properties of tomato peel fiber. Food Research International 44 (1528 – 1535)
- 77) Mechmete, M., Kachouri, F., Chautabi, M., Ksontini, H., Setti, K., Hamdi, M. (2017). Optimization of extraction parameters of protein, solute from tomato seed using response surface methodology, Food Analytical Methods 10 (809 – 819)

- 78) Szabo, K., Gatoi, A.F., Vodnar, D.C. (2018). Bioactive compounds extracted from tomato processing by – products as a source of valuable nutrients. *Plant Foods for Human Nutrition* 73 (268 – 277)
- 79) Galvo, M.M., Garcia, M.L., Selgas, M.D. (2008). Dry fermented sausages enriched with lycopene from tomato peel. *Meat Science* 80 (167 – 172)
- 80) Rizk, E.M., El – Kandy, A.T., El – Bialy, A.R. (2014). Characterization of carotenoids (lyco – red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream. *Annals of Agricultural Sciences* 59 (53 – 61)
- 81) Lu, Z., Wang, J., Gao, R., Ye, F., Zhao, G. (2019) Sustainable valorization of tomato pomace: A comprehensive review, *Trends in Food Science and Technology* 86 (172 – 187)
- 82) Agapiou, A., Vasileiou, A., Stylianou, M., Mikioti, K., Zorpas, A.A. (2020). Waste aroma profile in the framework of food waste management through household composting, *J. Clean. Prod.* 257 (120340)
- 83) Kraiem, N., Lajili, M., Limousy, L., Said, R., Jequirim, M. (2016). Energy recovery from Tunisian agri – food wastes: Evaluation of combustion performance and emissions characteristics of green pellets prepared from tomato residues and grape marc. *Energy* 107 (409 – 418)
- 84) Isik, F. and Topkaya, C. (2016). Effects of tomato pomace supplementation on chemical and nutritional properties of crackers, *Italian Journal of Food Science* 28 (525 – 535)
- 85) Bhat, M.A. and Ahsan, H. (2016). Physicochemical characteristics of cookies prepared with tomato pomace powder. *Journal of Food Processing and Technology* 7 (543)
- 86) Nour, V., Ionica, M.E., Trandafir, I. (2015). Bread enriched in lycopene and other bioactive compounds by addition of dry tomato waste. *Journal of Food Science and Technology* 52 (8260 – 8267)
- 87) Katthika, D.B., Kuriakose, S.P., Krishnun, A.V.C., Choudhary, P., Pawson, A. (2016). Utilization of by – product from tomato processing industry for the development of new product, *Journal of Food Processing and Technology* 7 (371 – 377)

- 88) Yodar, S., Malik, A., Pathera, A., Islam, P.V., Sharma, D. (2016). Development of dietary fiber enriched chicken sausages by incorporating corn, bran, dried apple pomace and dried tomato pomace. *Nutrition and Food Science* 46 (16 – 29)
- 89) Garcia, M.L., Calvo, M.M., Selgas, M.D. (2009). Beef hamburgers enriched in lycopene using dry tomato peel as an ingredient. *Meat Science* 83 (45 – 490)
- 90) Savadkoohi, S., Hoogenkamp, H., Shanci, K., Farahmaky, A. (2014). Color sensory and textual attributes of beef frankfurter, beef ham and meet – free sausage containing tomato pomace. *Meat Science* 97 (410 – 418)
- 91) Selgas, M.D., Garcia, M.L., Calvo, M.M. (2009). Effects of irradiation and storage on the physicochemical and sensory properties of hamburgers enriched with lycopene. *International Journal of Food Science and Technology* 44 (1983 – 1989)
- 92) Previtiera, L., Fucci, G., De Marco, A., Romanucci, V., Di Fabio, G., Zarrelli, A. (2016). Chemical and organoleptic characteristics of tomato puree enriched with lyophilized tomato pomace. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 96 (1953 – 1958)
- 93) Reboul, E., Mikail, C., Abou, L., Charbonnier, M., Garis – Veyrat, C. (2005). Enrichment of tomato paste with 6% tomato peel increases lycopene and beta – carotene bioavailability in men. *Journal of Nutrition* 135 (790 – 794)
- 94) Zayan, A.F., Bakry, A.M., Abdul Alim, T.S., Radwan, H.M.M., Safdar, W., Compelo, P.H., Rashed, M.A., Rahman, M.R.T., Muhammad, Z., Taha, A. (2020). Novel processed cheese production using lycopene oil obtained by green extraction technique of tomato peels waste. *J. Nutr. Food Process* 4
- 95) Hua, X., Xu, S., Wang, M., Chen, Y., Yang, H., Yang, R. (2017). Effects of high – speed homogenization and high – pressure homogenization on structure of tomato residue fibers. *Food Chemistry* 232 (443 – 449)
- 96) Coman, V., Teleky, B.E., Matrea, L., Matrau, G.A., Szabo, K., Galinoiu, L.F., Vodnar, D.C. (2020). Bioactive potential of fruit and vegetable wastes *Adv. Food Nutr. Res.* 91 (157 – 225)
- 97) Li, Y., Zhang, D., Li, G., Lu, J., Li, S. (2016). Solid state anaerobic co – digestion of tomato residues with dairy manure and corn Stover for biogas production, *Bioresource Technology* 217 (50 – 55)

- 98) Giuffre, A.M., Zappia, G., Capocasele, M. (2017). Tomato seed oil: A comparison of extraction systems and solvents on its biodiesel and edible properties. *Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse* 94 (149 – 160)
- 99) Hijosa – Valsero, M., Carita – Cambronero, J., Paniaqua – Garcia, A.I., Diez – Antolimez, R. (2019). Tomato waste from processing industries as a feedstock for biofuel production, *Bioenergy Research* 12 (1000 – 1011)
- 100) Melendez – Martinez, A.J., Stinco, C.M., Mapelli – Brahm, P. (2019). Skin carotenoids in public health and nutricosmetics: The emerging roles and applications of the UV radiation – absorbing colorless carotenoids photogene and phytofluene. *Nutrients* 11 (1093)
- 101) Costa, a., Marques, M., Conqiu, F., Paiva, A., Simoes, P., Ferreira, A., Brouze, M.R., Marto, J., Ribeiro, H.M., Simoes, S. (2021). Evaluating the presence of lycopene enriched extracts from tomato on topical emulsions: Physicochemical characterization and sensory analysis. *Appl. Sci.* 11 (5120)
- 102) Concha – Meyer, A., Palomo, I., Plaza, A., Gadioli, A., Junior, M.R.M., Sayago – Ayerdi, S.G., Fuentes, E. (2020). Platelet anti – aggregant activity and bioactive compounds of ultrasound assisted extracts from whole and seedless tomato pomace. *Foods* 9 (1564)
- 103) Trombino, S., Cassano, R., Procopio, D., Di Gicia, N.L., Barone, E. (2021). Valorization of tomato waste as a source of carotenoids, *Molecules* 26 (5062)
- 104) Tenore, G.G., Caruso, D., Avino, M., Buomono, G., Caruso, G., Ciampaglia, R., Schiano, E., Maistro, M., Annanziata, G., Novellino, E. (2020). A pilot screening of agro – food waste products as a source of nutraceutical formulations to improve simulated post prandial glycaemia and insulinaemia in healthy subjects, *Nutrients* 12 (1292)
- 105) Kumar, M., Tomar, M., Bhayan, D.J., Pania, S., Grosso, S. et al. (2021). Tomato (*solanum lycopersicum*) seed: A review on bioactives and biometrical activities. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 142 (112018)
- 106) Eggersdorfer, M., Wyss, A. (2018). Carotenoids in human nutrition and health, *Archives of Biochemistry and Biophysics* 652 (18 – 26)

- 107) Nasir, M.U., Hussain, S., Jabbar, S. (2015). Tomato processing lycopene and health benefits: A review, *Science Letters* 3 (1 – 5)
- 108) Mallampati, R., and Valiyaveetil, S. (2012). Application of tomato peel as an efficient absorbent for water purification – alternative biotechnology, *RSG Advances* 2 (9914 – 9920)
- 109) Umsza – Guez, M.A., Diaz, A.B., Ory, L.D., Blandino, A., Gomes, E., Gavo, I. (2011). Xylanase production by aspergillums awamori under solid state fermentation conditions on tomato pomace. *Brazilian Journal of Microbiology* 42 (1585 – 1597)
- 110) Madia, V.N., De Vita, D., Ialongo, D., Tudino, V., De Leo, A., Scipione, L., Disanto, R., Costi, R., Messore, A. (2021). Recent advances in recovery of lycopene from tomato waste: A potent antioxidant with endless benefits. *Molecules* 26 (4495)
- 111) Xi, J., Li, Z., Fan, Y. (2021). Recent advances in continuous extraction of bioactive ingredients from food processing wastes by pulsed electric fields. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61 (1738 – 1750)
- 112) Sengar, A.S., Rawson, A., Muthiah, M., Karakandan, S.K. (2020). Comparison of different ultrasound assisted extraction techniques for pectin from tomato processing waste. *Ultrasonic Sonochemistry* 61 (104812)
- 113) Grassino, A.A., Bracic, M., Topic, D.R., Roza, S., Dent, M., Bracic, S.R. (2016). Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste. *Food Chemistry* 198 (93 – 100)
- 114) Kumcuglu, S., Yilmaz, T., Tarman, S. (2014). Ultrasound assisted extraction of lycopene from tomato processing wastes. *Journal of Food Science and Technology* 51 (4102 – 4107)
- 115) Pinela, J., Prieto, M.A., Carvalho, A.M., Barreiro, M.F., Oliveira, M.B., Barros, L., Ferreira, I. (2016). Microwave – assisted extraction of phenolic acids and flavonoids and production of antioxidant ingredients from tomato: A nutraceutical – oriented optimization study. *Separation and Purification Technology* 164 (114 – 124)
- 116) Lima, M., Kestekoglou, I., Charalampopoulos, D., Chatzifrangkou, A. (2019). Supercritical fluid extraction of carotenoids from vegetable waste matrices, *Molecules* 24 (466)

117) Euro news (2014). Δημιουργώντας μία βιολογική λακ για τις Ντομάτες.

<https://gr.euronews.com/next/2014/09/29/tomatoes-with-a-can-do-attitude> . Ανακτήθηκε
στις 10/5/22

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.