

Πολυτεχνείο Κρήτης



Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας

Απαλλακτική εργασία για το μάθημα Επιστήμη και Τεχνολογίες
Περιβάλλοντος από τους
Αγνή Αργύρη, 2017010115
Αλέξανδρος Ρασούλης 2015010123 &
Χαριστή Σύρπη, 2017010065

Επιβλέπων Καθηγητές: Μιχάλης Κονσολάκης & Σπυρίδων Παπαευθυμίου

Περίληψη

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται τις τεχνολογίες αξιοποίησης της βιομάζας. Με το πέρας των χρόνων, οι άνθρωποι στρέφονται σε νέες μορφές ενέργειας, αφού η βασική μέχρι τώρα μορφή, το πετρέλαιο, ολοένα και λιγοστεύει. Η αξιοποίηση της βιομάζας μπορεί να καλύψει ως ένα μέρος τις ενεργειακές ανάγκες της ανθρωπότητας, αν και προς το παρόν δεν είναι ευραίως χρησιμοποιούμενη. Αρχικά, δίνονται βασικές πληροφορίες για την βιομάζα, αλλά και μια εκτενέστερη αναφορά στο τι καλείται να αντιμετωπίσουμε τόσο εμείς όσο και ο πλανήτης σε τωρινό και μελλοντικό χρόνο. Η συνέχεια αφιερώνεται στους τρόπους αξιοποίησης της βιομάζας αναλύοντας δύο βασικές κατηγορίες, την θερμοχημική και την βιοχημική τροποποίηση της βιομάζας. Στην πρώτη κατηγορία έχουμε τέσσερις βασικές μεθόδους: καύση, ανθρακοποίηση, πυρόλυση και αεριοποίηση. Στην δεύτερη κατηγορία εστιάζουμε στην αλκοολική ζύμωση, την αναερόβια χώνευση και την εστεροποίηση. Σε όλες τις παραπάνω διαδικασίες εκτός από τον τρόπο και τα στάδια αξιοποίησης της βιομάζας, παρατίθενται και οι λόγοι για την χρήση ή όχι της εκάστοτε μεθόδου.

Περιεχόμενα

Περίληψη	2
1. Βιομάζα	4
1.1 Ορισμός	4
1.2 Κατηγορίες Βιομάζας.....	4
1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά Βιομάζας	4
1.4 Ενεργειακό & Περιβαλλοντικό Πρόβλημα	5
2. Θερμοχημική Μετατροπή Βιομάζας.....	6
2.1 Καύση	7
2.2 Ανθρακοποίηση	7
2.3 Πυρόλυση	8
2.4 Αεριοποίηση	9
3. Βιοχημικές Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας.....	10
3.1 Αλκοολική Ζύμωση.....	10
3.2 Αναερόβια Χώνευση	11
3.3 Εστεροποίηση	12
Επίλογος.....	13
Πηγές	14

1. Βιομάζα

1.1 Ορισμός

Ο όρος Βιομάζα περιλαμβάνει οποιοδήποτε υλικό προέρχεται από ζωντανούς οργανισμούς. Ειδικότερα, η βιομάζα για ενεργειακούς σκοπούς, περιλαμβάνει κάθε τύπο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή στερεών, υγρών και/ ή αέριων καυσίμων. [1]

Η βιομάζα αποτελείται από ενώσεις που έχουν ως βασικά στοιχεία τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο, οι οποίες παράγονται από το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό με την βοήθεια της φωτοσύνθεσης. Αναλυτικότερα, η ενέργεια που είναι δεσμευμένη στις φυτικές ουσίες προέρχεται από τον ήλιο. Με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, τα φυτά μετασχηματίζουν την ηλιακή ενέργεια σε βιομάζα. Οι ζωικοί οργανισμοί αυτή την ενέργεια την προσλαμβάνουν με την τροφή τους και αποθηκεύουν ένα μέρος της. Αυτή την ενέργεια αποδίδει τελικά η βιομάζα, μετά την επεξεργασία και τη χρήση της. [2]

1.2 Κατηγορίες Βιομάζας

Υπάρχουν δύο κατηγορίες βιομάζας. Η βιομάζα που προέρχεται από τις υπολειμματικές μορφές και η βιομάζα που προέρχεται από τις ενεργειακές καλλιέργειες. Οι υπολειμματικές μορφές της βιομάζας μπορούν να χωριστούν στα εξής:

- Γεωργικής προέλευσης: περιλαμβάνονται υπολείμματα γεωργικών καλλιεργειών (στελέχη, κλαδιά, φύλλα, άχυρο) και επεξεργασίας γεωργικών προϊόντων (υπολείμματα εκκοκκισμού βαμβακιού, πυρήνες φρούτων)
- Ζωικής προέλευσης: απόβλητα εντατικής κτηνοτροφίας (ζωικά περιττώματα, απόβλητο γάλα)
- Δασικής προέλευσης: περιλαμβάνονται υπολείμματα καλλιέργειας και καθαρισμού των δασών (αραίωση, υλοτομή)
- Ελαιούχες ύλες: περιλαμβάνονται τα εξουδετερωμένα φυτικά έλαια και ζωικά λίπη
- Αστικά απόβλητα: περιλαμβάνουν στερεά απορρίματα και αστικά λύματα

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις ενεργειακές καλλιέργειες, οι οποίες βασίζονται στην χρήση παραδοσιακών καλλιεργειών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή υγρών, αέριων και στερεών βιοκαυσίμων. Οι καλλιέργειες που χρησιμοποιούνται είναι το γλυκό σόργο, η αγριαγκινάρα, το κέναφ, ο μίσχανθος, ο ευκάλυπτος κ.α.

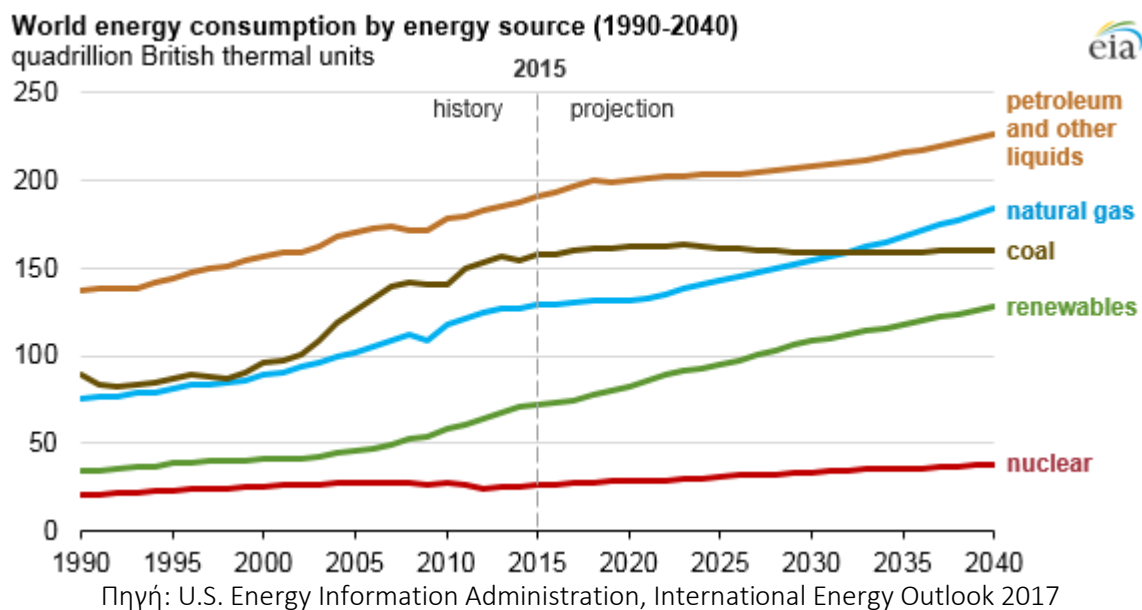
1.3 Βασικά Χαρακτηριστικά Βιομάζας

Οι τρόποι αξιοποίησης της βιομάζας βασίζονται στην επεξεργασία των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών της. Παρακάτω αναφέρονται οι πιο βασικές ιδιότητες της βιομάζας [3]:

- Η περιεκτικότητα σε υγρασία:
Οι βιοχημικές διεργασίες (αναερόβια χώνευση) απαιτούν υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε υγρασία ώστε να επιτύχουν την αποδοτική μετατροπή τους σε ενέργεια, σε αντίθεση με τις θερμοχημικές (καύση) όπου η υψηλή υγρασία έχει αρνητική επίδραση στην ενεργειακή απόδοσή τους.
- Η περιεκτικότητα σε τέφρα:
Σε κάθε περίπτωση, υψηλή περιεκτικότητα σε τέφρα έχει αρνητική επίπτωση στην ενεργειακή αξιοποίηση της βιομάζας.
- Η περιεκτικότητα σε πτητικά στερεά:
Πτητικά στερεά είναι οι ουσίες στην βιομάζα προς επεξεργασία οι οποίες έχουν την ιδιότητα να εξατμίζονται με ιδιαίτερη ευκολία υπό κανονικές συνθήκες. Επομένως, η βιομάζα που χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποσότητα πτητικών στερεών, αναφλέγεται και καίγεται εύκολα. Τα πτητικά στερεά, όταν καούν, έχουν την ιδιότητα να επικάθονται πάνω στους λέβητες καύσης, δημιουργώντας επιζήματα, που φθείρουν τους λέβητες. [4]
- Η περιεκτικότητα σε αλκαλικά μέταλλα:
Η αντίδραση των αλκαλικών μετάλλων (Na, K, Mg, P, Ca) με το περιεχόμενο στην στάχτη πυρίτιο παράγει κολλώδες υγρό, το οποίο μπορεί να φράξει τους αεραγωγούς του λέβητα και του κλιβάνου, εμφανίζοντας δυσλειτουργίες. [5]
- Η θερμογόνος δύναμη:
Η θερμογόνος δύναμη του υλικού χωρίζεται σε 2 κατηγορίες: Την ΑΘΔ (Ανώτερη Θερμογόνο δύναμη) και την ΚΘΔ (κατώτερη θερμογόνο δύναμη) του υλικού. Η πρώτη εκφράζει, ουσιαστικά, το ενεργειακό περιεχόμενο του καυσίμου. Επομένως, είναι απαραίτητη η γνώση της θερμογόνου δύναμης της πρώτης ύλης διότι είναι ένα μέτρο έκφρασης της ενέργειάς της. [4]

1.4 Ενεργειακό & Περιβαλλοντικό Πρόβλημα

Σύμφωνα με έρευνες του κυβερνητικού οργανισμού των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής U.S Energy Information Administration (IEO2017) προβλέπεται ότι η παγκόσμια κατανάλωση ενέργειας θα αυξηθεί κατά 28% από 575 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2015 σε 736 τετράκις εκατομμύρια Btu το 2040.



Τα ορυκτά καύσιμα εξακολουθούν να αντιπροσωπεύουν τα τρία τέταρτα της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας μέχρι το 2040. Το πετρέλαιο και τα παράγωγά του, προβλέπεται να έχουν αύξηση 18% και αναμένεται να είναι το κυρίαρχο καύσιμο το διάστημα 2015 – 2040. Από τα ορυκτά καύσιμα, το φυσικό αέριο προβλέπεται να παρουσιάσει το μεγαλύτερο ρυθμό εκμετάλλευσης στην παραγωγή ενέργειας με παγκόσμια αύξηση 1,4% για το αντίστοιχο διάστημα. Για να συνεχίσει η ανθρωπότητα να καλύπτει τις ενεργειακές της ανάγκες θα πρέπει να αξιοποιηθούν άλλες μορφές παραγωγής ενέργειας, όπως η βιομάζα.

Στην παραπάνω κατάσταση ωστόσο, έρχεται να προστεθεί και το περιβαλλοντικό πρόβλημα. Η υπερθέρμανση του πλανήτη ή αλλιώς το φαινόμενο του θερμοκηπίου, είναι ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα του σήμερα. Επίσης, οι παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που σχετίζονται με την ενέργεια, αναμένεται να αυξηθούν κατά μέσο όρο κατά 0,6% / έτος μεταξύ 2015 και 2040, κατά 1,3% / έτος χαμηλότερα από το επίπεδο από το 1990 έως το 2015. Η αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα για την παραγωγή ενέργειας επιβραδύνεται από αποτελεσματικότερες μορφές ενέργειας και την σταδιακή μετάβαση από τον άνθρακα στο φυσικό αέριο καθώς και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [4]

2. Θερμοχημική Μετατροπή Βιομάζας

Η βιομάζα μπορεί να αξιοποιηθεί για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών, είτε με απ' ευθείας καύση, είτε με μετατροπή της σε στερεά, υγρά και αέρια καύσιμα.

2.1 Καύση

Η άμεση καύση της βιομάζας είναι η απλούστερη διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας. Χρησιμοποιούνται ξηρά απόβλητα και υπολείμματα από δάση, αγροκτήματα και πόλεις. Στην διαδικασία αυτή γίνεται θερμική οξείδωση παρουσία περίσσειας οξυγόνου. Η καύση του άνθρακα όπως θα δούμε και παρακάτω, διαφέρει με την καύση της βιομάζας, καθώς το 75% της ενέργειας της βρίσκεται στα πτητικά συστατικά της βιομάζας, ενώ στον άνθρακα η ενέργεια αυτή είναι μικρότερη από 50%. Κατά την άμεση καύση εγείρεται πρόβλημα τόσο από το ότι τα καύσιμα αυτά έχουν υψηλή υγρασία και είναι ογκώδη, όσο και από τη ρύπανση που προκαλούν λόγω των αερίων και στερεών που εκλύονται. Για να λυθούν τα παραπάνω προβλήματα χρειάζεται η εφαρμογή κάποιων διαδικασιών:

- Καθαρισμός πρώτης ύλης από πέτρες, μεταλλικά μέρη κ.α.
- Ξήρανση, για αφαίρεση της επιβλαβούς υγρασίας
- Τεμαχισμός των μεγάλων και ακανόνιστων κομματιών
- Πυκνοποίηση, η ξηρή βιομάζα φυτικής προέλευσης, συνήθως υπολείμματα ξύλου, μετατρέπεται σε μια συμπιεσμένη μορφή αρκετά πιο πυκνή λόγω συσσωμάτωσης των σωματιδίων και με γεωμετρικό σχήμα. Ο στόχος της διαδικασίας είναι η αύξηση της πυκνότητας και της ομοιογένειας του υλικού ως προς τη μορφή και το μέγεθος σωματιδίων. [4]
- Ψύξη, για προσθήκη μαλακότητας

Η καύση της βιομάζας παράγει θερμότητα, η θερμοκρασία της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 800-1000 βαθμών Κελσίου. Χρησιμοποιείται κυρίως για θέρμανση χώρων λόγω της μικρής ενεργειακής ισχύος που παράγεται. Οι μεγάλοι σταθμοί καύσης της βιομάζας μπορούν να έχουν συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με αυτούς των ορυκτών καυσίμων, όμως το κόστος είναι υψηλό και άμεσα εξαρτώμενο από τα επίπεδα υγρασίας της πρώτης ύλης.

2.2 Ανθρακοποίηση

Η ανθρακοποίηση είναι μία διεργασία όπου η βιομάζα (π.χ. ξύλο) θερμαίνεται παρουσία αέρα σε αναλογία μικρότερη από τη στοιχειομετρική και σαν προϊόν παράγεται το κάρβουνο καθώς και υγρά και αέρια παραπροϊόντα. Ουσιαστικά, είναι μία μορφή πυρόλυσης, η αργή πυρόλυση. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται σε τέσσερα στάδια:

1. Ξήρανση (κυρίως ξύλου):
Σε αυτό το στάδιο γίνεται η ξήρανση της βιομάζας, σε θερμοκρασία περίπου 200 °C.
2. Προανθρακοποίηση:
Το στάδιο αυτό απαιτεί κατανάλωση ενέργειας και παράγονται υγρά και αέρια προϊόντα. Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται είναι της τάξης 200-300 °C.
3. Ανθρακοποίηση:

Στο τρίτο στάδιο παράγεται ενέργεια, εκλύονται υγρά και αέρια παραπροϊόντα, ενώ η βιομάζα (π.χ. το ξύλο) ανθρακοποιείται πλήρως. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες είναι αντίστοιχες με το προηγούμενο στάδιο.

4. Αποστέγνωση:

Απομακρύνονται όλες οι πτητικές ουσίες από το κάρβουνο και το προϊόν είναι έτοιμο. Η τελική θερμοκρασία αυτής της φάσης είναι πάνω από 300 °C.

Το τελικό προϊόν μετά το τέλος της διαδικασίας, μπορεί να είναι είτε κάρβουνο είτε εξανθράκωμα. Η χρήση του κάρβουνου περιορίζεται στο μαγείρεμα και στην παραγωγή ατσαλιού.

[3] Οι ιδιότητες του κάρβουνου εξαρτώνται από:

- Την υγρασία της βιομάζας
- Τον τύπο του ξύλου και τη χημική αντίδραση
- Τη θερμοκρασία της ανθρακοποίησης

Η σύσταση κάρβουνου ικανοποιητικής ποσότητας είναι:

- Άνθρακας περισσότερο από 70%
- Πτητικές ουσίες 25%
- Στάχτη 5%

Το βιοεξανθράκωμα παράγεται με κύριο σκοπό την εφαρμογή του στο έδαφος ως λίπασμα.

Συμπερασματικά, η ανθρακοποιημένη βιομάζα ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, δεν έχει νόημα για ενεργειακούς και οικολογικούς λόγους καθώς η διαδικασία ανθρακοποίησης απαιτεί κατανάλωση ενέργειας και οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα είναι υψηλές.

2.3 Πυρόλυση

Σαν πυρόλυση ορίζουμε την θερμική αποδόμηση (διάσπαση) ενός οργανικού υλικού, από την οποία διαδικασία απουσιάζει οξυγόνο. Η πυρόλυση διακρίνεται σε δύο κατηγορίες, την ταχεία και την αργή. Η αργή πυρόλυση είναι η ανθρακοποίηση. Σε αντίθεση με την αργή πυρόλυση, η ταχεία πυρόλυση διαφέρει αρκετά. Χαρακτηρίζεται από υψηλή ταχύτητα θέρμανσης της βιομάζας περίπου 100 °C/min, ενώ η θερμοκρασία του αντιδραστήρα κυμαίνεται από 400 °C – 600 °C με καλύτερα αποτελέσματα σε θερμοκρασίες κοντά στους 500 °C. [4]

Οι μονάδες πυρόλυσης λειτουργούν με τον εξής τρόπο. Η βιομάζα αποξηραίνεται στον κάδο τροφοδοσίας και περνάει στον αντιδραστήρα πυρόλυσης για να εξατμιστεί όλη η υγρασία. Στην φάση της αεριοποίησης αφαιρούνται οι πτητικές ουσίες και πραγματοποιείται η ενανθράκωση στον θάλαμο του κυκλώνα. Παράγονται συμπυκνώσιμα και μη αέρια. Τα πρώτα υγροποιούνται δίνοντας βιοέλαιο, ενώ τα δεύτερα αποσύρονται. Τέλος, το εξανθράκωμα, το αέριο που παράχθηκε, ψύχεται δίνοντας στερεό προϊόν.

Από τα προϊόντα που παράγονται το βιοέλαιο έχει την πιο ευρεία εφαρμογή, αφού είναι ένα ομογενοποιημένο μίγμα οργανικών συνθετικών και νερού. Η στοιχειακή ανάλυση ενός τυπικού

βιοελαίου σε υγρή μορφή, μας δίνει περιεκτικότητες 56% σε άνθρακα (C), 6,5% σε υδρογόνο (H), 37,1% σε οξυγόνο (O), 0,1% σε άζωτο, ενώ περιέχει ποσά στάχτης που κυμαίνονται από 1 – 16%. Το κάρβουνο που παράγεται χρησιμοποιείται για ορισμένες θερμικές ανάγκες της διαδικασίας ή πωλείται. Το παραγόμενο αέριο είναι μέτριας θερμαντικής ισχύος και χρησιμοποιείται για παροχή θερμότητας.

Το τεράστιο πλεονέκτημα της διεργασίας είναι ότι μετατρέπει οποιαδήποτε προβληματική στη διαχείριση βιομάζα, διαφορετικής προέλευσης, σε ένα καθαρό και ομοιογενές υγρό καύσιμο. Η ενεργειακή πυκνότητα του ελαίου (δηλαδή η ενέργεια που αποδίδει ανά μονάδα όγκου) είναι έως πέντε φορές μεγαλύτερη από εκείνη της αρχική βιομάζας. Από την άλλη πλευρά ωστόσο, υπάρχει απειρία στην χρήση αυτών των εφαρμογών. Σε αυτό έρχεται να προστεθεί το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης που είναι μεγάλο, καθώς και το ότι η διαχείριση των παραγόμενων καυσίμων είναι σχετικά επικίνδυνη. Αυτό συμβαίνει γιατί η θερμική σταθερότητα της διαδικασίας είναι χαμηλή και η πιθανότητα διάβρωσης του βιοελαίου υψηλή. Η πιο διαδεδομένη τεχνική βελτίωσης του βιοελαίου είναι η καταλυτική πυρόλυση της βιομάζας.

2.4 Αεριοποίηση

Αεριοποίηση είναι η χρήση της θερμότητας για να μετασχηματιστεί στερεή βιομάζα ή άλλα ανθρακούχα στερεά σε ένα συνθετικό αέριο, εύφλεκτο καύσιμο. Το καύσιμο προϊόν της διεργασίας αεριοποίησης ονομάζεται αέριο σύνθεσης (syngas). Το παραγόμενο αυτό αέριο αποτελεί μίγμα πολλών καυσίμων αερίων όπως μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα, υδρογόνο, μεθάνιο, υδρατμοί, ίχνη υδρογονανθράκων και άζωτο σε περίπτωση που για τη διεργασία χρησιμοποιείται αέρας και όχι καθαρό οξυγόνο. Πέραν των παραπάνω ενώσεων στο αέριο προϊόν εμφανίζονται και διάφοροι επιμολυντές κυριότεροι εκ των οποίων είναι σωματίδια πίσσας, τέφρα, αμμωνία, οξέα και σύνθετοι υδρογονάνθρακες.

Οι τεχνολογίες αεριοποίησης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες. Υπάρχουν οι αεριοποιητές ομοροής και αντιροής. Διακρίνονται με βάση την κατεύθυνση μεταφοράς των στερεών βιομάζας και του αερίου, καθώς και της ανερχόμενης ή κατερχόμενης ροής. Ανάλογα με τον σχεδιασμό του αντιδραστήρα αεριοποίησης υπάρχουν οι εξής κατηγορίες:

- Αντιδραστήρας σταθερής κλίνης:
Είναι απλές διατάξεις που στο εσωτερικό τους φέρουν στερεό αδρανές ή καταλυτικό πληρωτικό υλικό, με το οποίο αναμιγνύεται η εισερχόμενη, μέσω κοχλίας τροφοδοσίας βιομάζα.
- Αντιδραστήρας ρευστοποιημένης κλίνης:
Επιτυγχάνουν ικανοποιητικό έλεγχο θερμοκρασίας και υψηλούς ρυθμούς αντίδρασης, ωστόσο έχουν υψηλό κόστος και τη μερική απώλεια άνθρακα με την τέφρα.
- Αντιδραστήρας εξαναγκασμένης ροής:
Είναι περισσότερο αποδοτικοί σε σχέση με τους δύο προηγούμενους, όσον αφορά στη μετατροπή στερεών. Εμφανίζουν όμως υψηλότερο κόστος κατασκευής.

Οι αντιδραστήρες αεριοποίησης παρά την παραπάνω διάκρισή τους αποτελούνται από ορισμένες περιοχές επεξεργασίας:

- **Περιοχή Θέρμανσης και Ξήρανσης:**
Σε αυτό το στάδιο, η βιομάζα θερμαίνεται μέχρι 200 °C. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η μείωση της υγρασίας για ξήρανση του καυσίμου.
- **Περιοχή Πυρόλυσης:**
Όπως και στην αναλυτική διαδικασία πυρόλυσης που περιγράφηκε παραπάνω, οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι της τάξης 200-600 °C. Απελευθερώνονται αέρια και ατμοί, ενώ παραμένει μία στερεή μάζα που περιέχει coke, κάρβουνο και στάχτη.
- **Περιοχή Αεριοποίησης:**
Προκειμένου να μετατραπεί ο σπένθρακας (coke), το κάρβουνο, η στάχτη και τα άλλα προϊόντα που απομένουν μετά την πυρολυτική διαδικασία σε ένα αέριο καύσιμο, παρέχεται ένας παράγοντας με βάση το οξυγόνο όπως καθαρό οξυγόνο, αέρας ή ατμός και θερμαίνεται σε υψηλότερες θερμοκρασίες. Το στάδιο αεριοποίησης περιλαμβάνει θερμοκρασίες από 700–1500°C και έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός αερίου που μπορεί να αποτελέσει την πρώτη ύλη για την παραγωγή του συνθετικού αερίου. [4]
- **Περιοχή Οξειδωσης:**
Γίνεται πλήρης οξείδωση των αέριων προϊόντων, με υψηλές θερμοκρασίες για γρήγορη και πλήρη οξείδωση.

Το κύριο πλεονέκτημα αυτής της διαδικασίας είναι η μεγάλη αύξηση της ενεργειακής απόδοσης της μονάδας που παρέχει, κάτι που φαίνεται ότι με το πέρασμα των χρόνων θα λειτουργήσει καθοριστικά στον τρόπο αξιοποίησης της βιομάζας από αυτήν την μέθοδο. Ωστόσο, προς το παρόν είναι αρκετά περίπλοκη και δεν έχει πολλές εμπορικές εφαρμογές, καθιστώντας τη μη προτιμητέα.

3. Βιοχημικές Τεχνολογίες Αξιοποίησης Βιομάζας

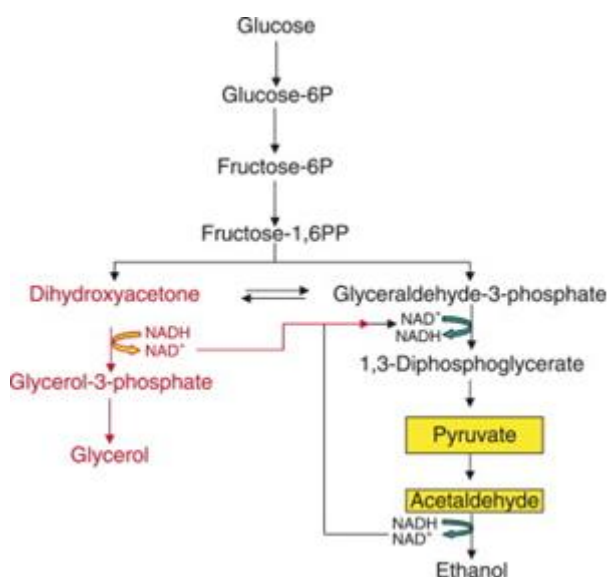
Οι τεχνολογίες βιοχημικής μετατροπής βιομάζας αναφέρονται στη μετατροπή της βιομάζας σε αντίστοιχα προϊόντα μέσω ορισμένων φυσικών, χημικών και βιολογικών προεργασιών.

Η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε διαφορετικά προϊόντα, όπως υδρογόνο, βιοαέριο, αιθανόλη, ακετόνη, βουτανόλη, οργανικά οξέα (πυροσταφυλικό, γαλακτικό, οξαλικό οξύ, λεβουλινικό οξύ, κιτρικό οξύ), 2,3-βουτανοδιόλη, 1,4-βουτανοδιόλη και ισοβουτανόλη επιλέγοντας διαφορετικούς μικροοργανισμούς στη διαδικασία της βιοχημικής μετατροπής. Από τη μία πλευρά, τέτοια προϊόντα μπορούν να συνθέσουν αντικαταστάσεις προϊόντων με βάση το πετρέλαιο. Από την άλλη πλευρά, τα προϊόντα μπορούν να αντικαταστήσουν προϊόντα που προέρχονται από δημητριακά, όπως η αιθανόλη.

Επιπλέον, η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε διάφορα ενδιάμεσα με διαλογή διαφορετικών ενζύμων ή μικροοργανισμών μέσω τεχνολογιών βιοχημικής μετατροπής, παρέχοντας έτσι πολλές ουσίες πλατφόρμας για τη μετατροπή ανανεώσιμων υλικών, καυσίμων και χημικών. [6]

3.1 Αλκοολική Ζύμωση

Η αλκοολική ζύμωση είναι η πιο γνωστή από τις διαδικασίες ζύμωσης και εμπλέκεται σε πολλές σημαντικές διαδικασίες μετατροπής, σταθεροποίησης και συντήρησης για πλούσια σε ζάχαρη υποστρώματα, όπως φρούτα και χυμούς φρούτων και λαχανικών. Η αλκοολική ζύμωση πραγματοποιείται από μερικούς άλλους μύκητες και βακτήρια. Το πρώτο βήμα της αλκοολικής ζύμωσης περιλαμβάνει εστέρα πυρουβικό οξύ. Στο επόμενο βήμα, το πυροσταφυλικό οξύ απανρθακοποιείται σε ακεταλδεΐδη σε αντίδραση που καταλύεται από το ένζυμο πυροσταφυλική αποκαρβοξυλάση (Σχήμα 2). Το οξειδοαναγωγικό ισοζύγιο αλκοολικής ζύμωσης επιτυγχάνεται με την αναγέννηση του NAD⁺ κατά τη διάρκεια της αναγωγής της ακεταλδεΐδης σε αιθανόλη, η οποία καταλύεται από αλκοόλη δεϋδρογενάση. Η απόδοση ATP της αλκοολικής ζύμωσης είναι 1 ή 2 mol ATP ανά γραμμομόριο οξειδωμένης γλυκόζης. [7]



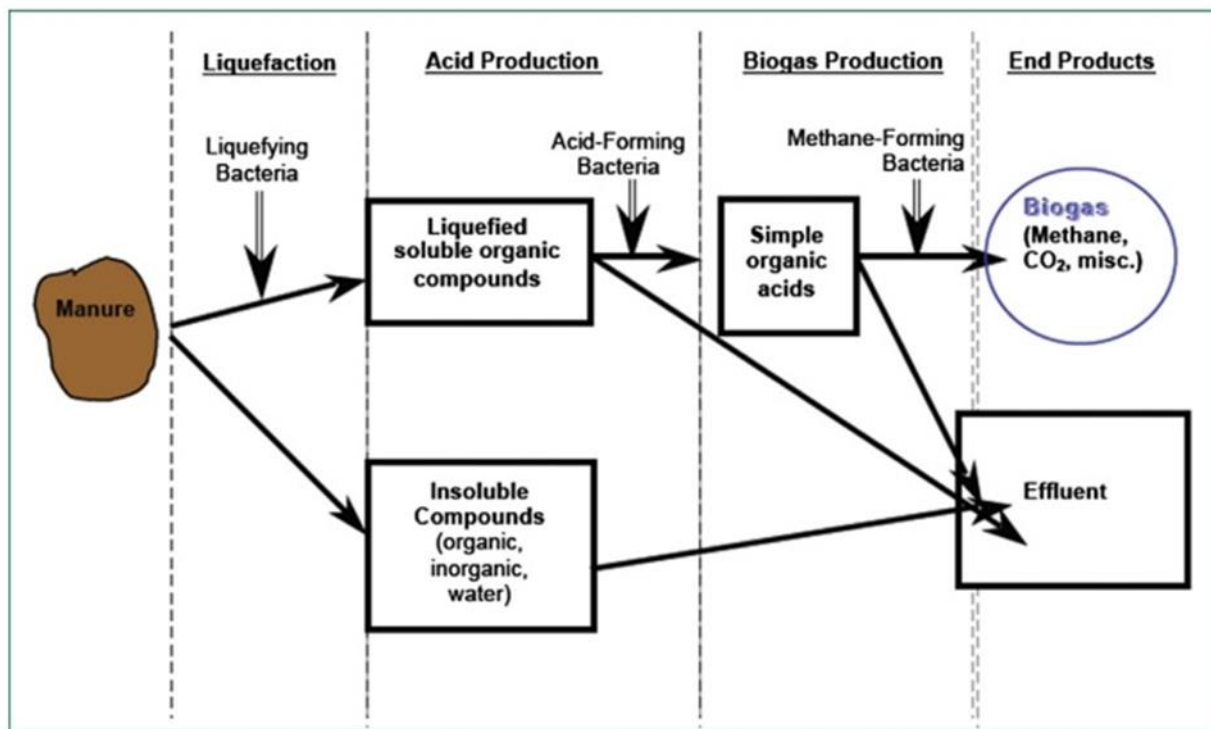
Αλκοολική ζύμωση και απόκλιση από αλκοολικό στη ζύμωση γλυκεροπυρβικού. Μαύρη γραμμή: Διαδρομή αλκοόλης; κόκκινη γραμμή: Γλυκερο-πυρουβικό μονοπάτι. Κίτρινο κουτί: ενδιάμεσοι μεταβολίτες που εμπλέκονται στο μπλοκ αλκοολικής ζύμωσης.

3.2 Αναερόβια Χώνευση

Η αναερόβια χώνευση συμβαίνει όταν οργανικό υλικό αποσυντίθεται με φυσικό τρόπο απουσία οξυγόνου. Αυτή η διαδικασία απελευθερώνει βιοαέριο ενώ μετατρέπει ένα ασταθές, πλούσιο σε παθογόνα και θρεπτικά συστατικά οργανικό υπόστρωμα, όπως η κοπριά, σε ένα πιο σταθερό και πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά υλικό με μειωμένο φορτίο παθογόνου. Το βιοαέριο αποτελείται από περίπου 65% μεθάνιο, ενώ το υπόλοιπο είναι κυρίως διοξείδιο του άνθρακα και άλλα ιχνοστοιχεία. Το υπόλειμμα μπορεί να είναι μια καλή πηγή λιπάσματος, ή σε ορισμένες περιπτώσεις, κομποστοποιείται και επαναχρησιμοποιείται ως υλικό για σεντόνια και παπλώματα.

Ένας αναερόβιος χωνευτής είναι η μονάδα λειτουργίας που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μεθανίου από κοπριά. Σε έναν αναερόβιο χωνευτή, το οργανικό υπόστρωμα πρώτα υγροποιείται από βακτήρια. Αυτό ακολουθείται από μια διαδικασία δύο σταδίων που περιλαμβάνει

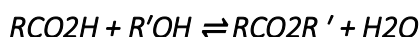
παραγωγή οξέος από βακτηρίδια οξέωσης (acidogenesis) και παραγωγή μεθανίου από τα οξέα με βακτήρια που σχηματίζουν μεθάνιο (μεθανογένεση). Στις περισσότερες περιπτώσεις, μετά την πέψη τα απόβλητα μπορούν να διαχωριστούν σχετικά εύκολα σε στερεά και υγρά (σχήμα 3) . Το στερεό υπόλοιπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ανακυκλωμένα κλινοσκεπάσματα και το υπόλοιπο υλικό που έχει υποστεί πέψη μπορεί να εφαρμοστεί για να καλύψει τις ανάγκες του εδάφους και των καλλιεργειών. Το βιοχημικό δυναμικό μεθανίου (BMP) κοπριάς ποικίλλει ανάλογα με τα είδη ζώων και είναι ένα μέτρο του δυναμικού παραγωγής μεθανίου της κοπριάς. [8]



3.3 Εστεροποίηση

Η εστεροποίηση είναι η ο γενικός όρος που χρησιμοποιείται για την περιγραφή της χημικής αντίδρασης όπου 2 αντιδρώντα, που συνήθως είναι μια αλκοόλη και ένα οξύ, σχηματίζουν έναν εστέρα ως προϊόν αντίδρασης. Η εστεροποίηση χρησιμοποιείται για την παραγωγή βιοκαύσιμων και biodiesel, χρησιμοποιώντας ως πρώτη ύλη φυτικά ή ζωικά λίπη και έλαια που αντιδράνε με αλυσίδες αλκοόλης όπως αιθανόλη ή μεθανόλη.

Η κλασική σύνθεση είναι η εστεροποίηση Fischer, η οποία περιλαμβάνει επεξεργασία ενός καρβοξυλικού οξέος με αλκοόλη παρουσία ενός αφυδατικού παράγοντα:

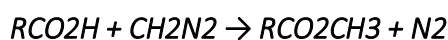


Η σταθερά ισορροπίας για τέτοιες αντιδράσεις είναι περίπου 5 για τυπικούς εστέρες. Η αντίδραση είναι αργή απουσία καταλύτη. Πολλά άλλα οξέα χρησιμοποιούνται επίσης όπως πολυμερή σουλφονικά οξέα. Δεδομένου ότι η εστεροποίηση είναι εξαιρετικά αναστρέψιμη, η απόδοση του εστέρα μπορεί να βελτιωθεί χρησιμοποιώντας την αρχή του Le Chatelier:

- Χρήση της αλκοόλης σε περίσσεια (δηλ. Ως διαλύτης).
- Χρησιμοποιώντας έναν παράγοντα αφυδάτωσης
- Απομάκρυνση νερού με φυσικά μέσα

Τα αντιδραστήρια είναι γνωστά που οδηγούν στην αφυδάτωση μιγμάτων αλκοολών και καρβοξυλικών οξέων. Ένα παράδειγμα είναι η εστεροποίηση Steglich, η οποία είναι μια μέθοδος σχηματισμού εστέρων υπό ήπιες συνθήκες. Η μέθοδος είναι δημοφιλής στη σύνθεση πεπτιδίων, όπου τα υποστρώματα είναι ευαίσθητα σε σκληρές συνθήκες όπως η υψηλή θερμότητα. Το DCC (δικυκλοεξυλοκαρβοδιιμίδιο) χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του καρβοξυλικού οξέος σε περαιτέρω αντίδραση. Η 4-διμεθυλαμινοπυριδίνη (DMAP) χρησιμοποιείται ως καταλύτης μεταφοράς ακυλίου.

Τα καρβοξυλικά οξέα μπορούν να εστεροποιηθούν χρησιμοποιώντας διαζομεθάνιο:



Χρησιμοποιώντας αυτό το διαζομεθάνιο, μίγματα καρβοξυλικών οξέων μπορούν να μετατραπούν στους μεθυλεστέρες τους σε σχεδόν ποσοτικές αποδόσεις. Η μέθοδος είναι χρήσιμη σε εξειδικευμένες οργανικές συνθετικές λειτουργίες, αλλά θεωρείται πολύ επικίνδυνη και δαπανηρή για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας.[9]

Επίλογος

Στη μακροπρόθεσμη ιστορία της ανθρώπινης ανάπτυξης, οι άνθρωποι έχουμε προκαλέσει μια σειρά προβλημάτων που αν θέλουμε να μειωθούν κρίνεται απαραίτητη η ανάπτυξη μιας καινούργιας βιομηχανικής αλυσίδας που θα μπορούσε να αντικαταστήσει προϊόντα με βάση το πετρέλαιο, η αξιοποίηση της βιομάζας. Η θερμοχημική διαδικασία αξιοποίησης της βιομάζας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βιοκαύσιμο, στον ηλεκτρισμό και στην θέρμανση, αποφεύγοντας την εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα/ θείου. Ωστόσο, η δυσκολία συλλογής, μεταποίησης, μεταφοράς και αποθήκευσης της βιομάζας με αυτές τις διαδικασίες σε συνδυασμό με τον δαπανηρό εξοπλισμό, καθιστούν την θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας λιγότερο προτιμητέα προς το παρόν. Οι βιοχημικές τεχνολογίες μετατροπής της βιομάζας έχουν εφαρμοστεί στο βιομηχανικό σύστημα, επειδή μπορούμε να αποκτήσουμε βιολογική ενέργεια, υλικά και χημικές ουσίες που μπορούν να αντικαταστήσουν προϊόντα με βάση το πετρέλαιο. Οι τεχνολογίες βιοχημικής μετατροπής της βιομάζας είναι καθαρές με πρώτη ύλη ανανεώσιμη βιομάζα. Επομένως είναι μια σημαντική μέθοδος για να κάνουμε την κοινωνία να συμβιώνει σε αρμονία με τη φύση.

Πηγές

[1] Aid4b, 'Τι είναι Βιομάζα;'

<http://www.ai4b.gr/what-is-biomass/>

[2] Βικιπαίδεια, 'Βιομάζα'

<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%BC%CE%AC%CE%B6%CE%B1>

[3] Μπαρμπετσέα Ιωάννα, 'Ενέργεια από βιομάζα και εφαρμογές', Χανιά 2014, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης

<http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/sefe/sdfp/2015/Barmpetsealoanna/attached-document-1429862398-284349-14631/Barmpetsealoanna2015.pdf>

[4] Βασίλειος Τσιαντής, 'Περιγραφή και ανάλυση λειτουργίας μονάδας βιοαερίου 1MW', Θεσσαλονίκη Ιούνιος 2018, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

<https://ikee.lib.auth.gr/record/298779/files/%CE%A4%CF%83%CE%B9%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AE%CF%82%20%CE%94%CE%B9%CF%80%CE%BB%CF%89%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE.pdf>

[5] Ντογκούλης Α. Παναγιώτης, 'Αξιοποίηση των υπολειμμάτων βάμβακος του Ν. Λάρισας για τηλεθέρμανση', Θεσσαλονίκη 2008, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο

<http://ikee.lib.auth.gr/record/113304/files/dog.pdf>

[6] Chen, H., & Wang, L. (2017) Technologies for Biochemical Conversion of Biomass

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802417-1.00001-6>

[7] Ciani, M., Comitini, F., & Mannazzu, I. (2008). Fermentation. Encyclopedia of Ecology, 1548-1557

<https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00272-X>

[8] Ileleji, K. E., Martin, C., & Jones D. (2015). Basics of Energy Production through Anaerobic Digestion of Livestock Manure: Bioenergy, 287-295

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407909-0.00017-1>

[9] Wikipedia Ester

<https://en.wikipedia.org/wiki/Ester>